

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAÖKOLOGISCHE STELLUNGNAHME ZUM BEBAUUNGSPLAN „MILCHPFAD (O 70)“ DER LANDESHAUPTSTADT MAINZ



Auftraggeber:



Landeshauptstadt
Mainz

Landeshauptstadt Mainz
67 – Grün- und Umweltamt
Geschwister-Scholl-Straße 4
55131 Mainz

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Patrick Burst

Dr. Wolfgang Lähne

Mannheim, den 29. Oktober 2018

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

Geschäftsführer:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

www.oekoplana.de

Deutsche Bank Mannheim
IBAN:
DE73 6707 0024 0046 0600 00
BIC: DEUTDE33

Inhalt		Seite
1	Aufgabenstellung	1
2	Planungsgebiete	4
3	Untersuchungsmethodik	6
4	Klimaökologische Funktionsabläufe	7
4.1	Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Mainz	7
4.2	Ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation	9
4.2.1	Ergebnisse stationärer Windmessungen	9
4.2.2	Ergebnisse mobiler Windmessungen – Fesselballonaufstiege und Rauchschwadenbeobachtungen	12
4.2.3	Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen	17
4.2.4	Synopse - ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation	19
4.3	Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetter- lagen	21
5	Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe und Planungsempfehlungen	25
	Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften	34

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage der Bebauungsplangebiete „Milchpfad (O 70)“ und „Am Schaftriebweg (B 73)“ sowie des unbebauten Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 im Stadtgebiet von Mainz
- Abb. 2:** Reliefsituation im Bereich der r Bebauungsplangebiete „Milchpfad (O 70)“ und „Am Schaftriebweg (B 73)“ sowie im Bereich des unbebauten Grundstücks Flur 18, Flurstück 182
- Abb. 3:** Luftbild von den Planungsgebieten
- Abb. 4:** Fotografische Dokumentation, Parkplatz im Bereich der Flur 18, Flurstück 182 und Grünanlage am Treppenaufgang zur An-nabergstraße
- Abb. 5.1:** Bebauungsplan „Bretzenheimer Straße (Z 71)“, Stand: 29.05.1991
- Abb. 5.2:** Bebauungsplan „Schaftriebweg (B 73)“, Stand: 18.04.1990
- Abb. 6:** Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“, Stand: 13.07.2018
- Abb. 7.1:** Kartenausschnitt – Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz
- Abb. 7.2:** Legende – Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz
- Abb. 8.1:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit. Zeitraum: März – Juli 2006, alle Tage - Tagsituation
- Abb. 8.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit. Zeitraum: März – Juli 2006, alle Tage - Nachtsituation
- Abb. 9.1:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit. Zeitraum: März – Juli 2006, Strahlungstage - Tagsituation
- Abb. 9.2:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit. Zeitraum: März – Juli 2006, Strahlungstage - Nachtsituation
- Abb. 10:** Fotografische Dokumentation – Fesselballonaufsteige am 11./12.09.2018
- Abb. 11:** Standorte der Fesselballonaufsteige am 11./12.09.2018
- Abb. 12:** Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 11./12.09.2018. ZIMEN-Luftmessstation Mainz-Mombach
- Abb. 13.1:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 11./12.09.2018 – Standort Schülerpfad

- Abb. 13.2:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 11./12.09.2018 – Standort Bretzenheimer Straße
- Abb. 13.3:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 11.09.2018 – Standort Mühlweg
- Abb. 14.1:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 – Standort Schülerpfad
- Abb. 14.2:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 – Standort Mühlweg
- Abb. 14.3:** Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 – Standort Römersteine
- Abb. 15:** Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 28./29.08.2018. ZIMEN-Luftmessstation Mainz-Mombach
- Abb. 16.1:** Ergebnisse der Rauchschwadenbeobachtungen am 28./29.08.2018
- Abb. 16.2:** Fotografische Dokumentation - Ergebnisse der Rauchschwadenbeobachtungen am 28./29.08.2018
- Abb. 17.1:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G., 6 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung in einer Sommernacht
- Abb. 17.2:** Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen. Kaltluftmächtigkeit, 6 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung in einer Sommernacht
- Abb. 18:** IR-Thermalbildaufnahme vom 11.08.1998, 05:17 – 06:04 Uhr
- Abb. 19:** Fotografische Dokumentation – Messequipment Lufttemperaturmessfahrten
- Abb. 20.1:** Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrten am 28.08.2018, 21:30 Uhr
- Abb. 20.2:** Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrten am 28.08.2018 / 29.08.2018, 00:00 Uhr

1 Aufgabenstellung

Die Landeshauptstadt Mainz strebt im Stadtteil Mainz-Oberstadt die Aufstellung des Bebauungsplans „Milchpfad (O 70)“ an. Er überplant den rechtskräftigen Bebauungsplan „Bretzenheimer Straße (Z 71)“ und die nördlich anschließende Bebauung zwischen Milchpfad und Zahlbacher Steig. Die Bebauungsplanänderung wird erforderlich, um eine städtebaulich verträgliche Entwicklung zu sichern. Es ist geplant, die städtebauliche Qualität in dem bestehenden Wohngebiet durch ergänzende Regelungen / Festsetzungen zu gewährleisten.

Östlich des Bebauungsplangebiets „O 70“ befinden sich öffentliche Grünflächen. Sie bilden zusammen mit weiteren Grünflächen im Bebauungsplangebiet „Am Schaftriebweg (B 73)“ und dem aktuell nicht bebaubaren Grundstück Flur 18, Flurstück 182 westlich der Bretzenheimer Straße nach einer Klimastudie von PROF. KANDLER (1975)¹ ein stadtklimatisch bedeutsames Freiraumgefüge entlang des Wildgrabens (Lage der Planungsgebiete siehe **Abbildung 1**). Im Bereich der Grün-/Freiflächen kann die Kalt-/Frischluftrömung im Wildgrabental in das Untere Zahlbachtal vordringen. Untersuchungen von ÖKOPLANA (2006)² bestätigen die örtlichen Kaltluftbewegungen in windschwachen Strahlungsächten.

Im Rahmen der klimaökologischen Stellungnahme ist auf Grundlage vorhandener Klimadaten, Ergebnissen von Kaltluftabflusssimulationen (u.a. ÖKOPLANA 2006: *Klimagutachten zum Bebauungsplan „Römersteine (O 57)“*, ÖKOPLANA 2018: *Klimagutachten zum Bebauungsplan „Wohnpark Hildegardis“ in der Landeshauptstadt Mainz*) und ergänzender Klimamessungen zu prüfen, welche thermischen und strömungsdynamischen Positiveffekte von den bestehenden öffentlichen Grün-/Freiflächen im Bebauungsplangebiet „O 70“ und im Bereich der Flur 18, Flurstück 182 (Parkplatz und Grünfläche) ausgehen.

Die Messungen dienen dabei zur Vertiefung und Aktualisierung der bisherigen Erkenntnisse zum ortsspezifischen Klimageschehen, das eine bedeutsame Rolle bei den anstehenden Planungsentscheidungen spielt.

¹ **KANDLER, OTTO (1975)**: Bioklimatische Analyse. Bericht zum Flächennutzungsplan Mainz. Mainz.

STADT MAINZ (1989): Begründung zum Bebauungsplan „Am Schaftriebweg (B 73)“. Mainz.

² **ÖKOPLANA (2006)**: Klimagutachten zum Bebauungsplan „Römersteine (O 57)“.

Der Kalt- und Frischluftzufuhr in dicht bebauten Stadtstrukturen kommt zunehmende Bedeutung zu. Laut den Prognosen des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (2017)³ ist in Mainz am Planungsstandort Bretzenheimer Straße / Milchpfad im Zeitraum 2031 - 2060 mit bis zu ca. 16 zusätzlichen heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und ca. 22 zusätzlichen Sommertagen ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)⁴ zu rechnen. Damit steigt auch die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen und von Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$).

Die zunehmende Wärmebelastung wird durch den Wärmeinseleffekt der Städte mit erhöhter Wärmeabstrahlung versiegelter Flächen und reduzierter Durchlüftungsintensität noch verstärkt.

Um Städte langfristig tolerant gegenüber Hitzeereignissen zu entwickeln, hat der DEUTSCHE STÄDTETAG (2012) in seinem Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“ in Anbetracht der prognostizierten stadtklimatischen und wasserhaushaltlichen Veränderungen im Lebensraum Stadt gegensteuernde Maßnahmen vorgeschlagen.

Zum Beispiel:

- Im gesamten Stadtgebiet sollten die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen ermittelt, erhalten und in ihrer Funktionsfähigkeit entwickelt und verbessert werden.
- Die innerstädtischen Grün- und Freiflächen sollten über „grüne Strahlen und Speichen“ als Biotopverbindungen mit dem Umland verbunden werden.
- Es sind neue Parkanlagen als Erholungsflächen zu schaffen. Sie verbessern zudem das lokale Klima im Stadtquartier.
- Der innerstädtische Baumbestand sollte nachhaltig gesichert und weiterentwickelt werden.

³ **DEUTSCHER WETTERDIENST (2017):** Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Berichte des Dt. Wetterdienstes Nr. 249. Offenbach a. M.

⁴ Die zusätzlichen Sommertage und heißen Tage bilden das 75. Perzentil der berechneten Zunahme ab.

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

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

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

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

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

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

Für das Mainzer Stadtgebiet liegt auf Grundlage einer Analyse der Flächennutzung, des Reliefs und vertiefender Klimauntersuchungen ein Umweltbericht (1994) vor, aus dem klimaökologische Zielvorstellungen für die weitere Stadtentwicklung im Gesamtstadtgebiet abzuleiten sind.

Laut Klimafunktionskarte der LANDESHAUPTSTADT MAINZ profitieren die in **Abbildung 1** gekennzeichneten Planungsgebiete, die dem Stadt-/Ortsrandklimatop zuzuordnen sind, in bedeutendem Maße von der lokalen Kaltluftzufuhr über das Wildgrabental. Dieses zeichnet sich durch nächtliche Kaltluftproduktion, hoher Verdunstungsleistung, Filterfunktion/Frischluffproduktion und mäßiger Oberflächenrauigkeit aus. Eine zusätzliche Kalt-/Frischluffzufuhr ist aus den Grünflächen im Bereich „Lindenmühle“ zu erwarten, die sich in nordöstlicher Verlängerung des Tiefentals befinden.

Ziel der Untersuchungen ist es, den messtechnisch und modellhaft bereits ermittelten Nachweis der o.a. Klimafunktionen für das Planungsgebiet und dessen Umfeld nochmals zu überprüfen, um belastbare klimaökologische Grundlagendaten für den anstehenden Planungsprozess bereitstellen zu können.

2 Planungsgebiete

Das Planungsgebiet „Milchpfad (O 70)“ und das davon südlich gelegene, aktuell nicht bebaubare Grundstück Flur 18, Flurstück 182 befinden sich im Mainzer Stadtteil Mainz-Oberstadt zwischen Milchpfad im Osten und Am Wildgraben (K 1) im Westen.

Der südliche Teilbereich des Bebauungsplangebiets „Milchpfad (O 70)“ liegt im Bereich der Bretzenheimer Straße in einer Höhenlage von ca. 106 m ü.NN. In Richtung Zahlbacher Steig fällt das Gelände entlang der Bretzenheimer Straße bis auf ca. 102 m ü.NN. Östlich des Milchpfads steigt das Gelände bis zur Anabergstraße auf ca. 124 m ü.NN an (siehe **Abbildung 2**).

Wie das Luftbild und die fotografischen Dokumentationen (**Abbildungen 3 und 4**) zeigen, ist der Bereich entlang der Bretzenheimer Straße von recht dichter Bebauung (2-geschossig) geprägt. Der rechtskräftige Bebauungsplan „Bretzenheimer Straße (Z 71)“ - **Abbildung 5.1** - setzt dort als Art der baulichen Nutzung „besonderes Wohngebiet“ (WB) fest.

Entlang des Straßenzugs Am Wildgraben (K 1) ist im Bebauungsplan „Z 71“ Mischgebietenutzung (MI) ausgewiesen, während am Ostrand des Planungsgebiets (Milchpfad) allgemeines Wohnen (WA) festgesetzt ist.

Zwischen den einzelnen Nutzungstypen sind im Bebauungsplan „Z 71“ zur städtebaulichen Gliederung nicht überbaubare Grundstücksteilflächen ausgewiesen, die zumeist als Gärten sowie als Erschließungs-/Stellplatzflächen genutzt werden.

Das bislang nicht überbaubare Grundstück Flur 18, Flurstück 182 zwischen Bretzenheimer Straße und Wildgraben wird von dichtem Baum-/Strauchbestand und der Teilnutzung als Parkplatz geprägt (siehe **Abbildung 4**). Nordwestlich schließt das Gelände der Kindertagesstätte Zahlbach an. Südlich befindet sich die Vereinsturnhalle des TV Mainz-Zahlbach 1862 e.V.

Östlich der Flur 18 / Bretzenheimer Straße grenzt das Bebauungsplangebiet „Schaftriebweg (B 73)“ an (**Abbildung 5.2**). In dessen Westteil ist ein reines Wohngebiet (WR) festgesetzt. Die z.T. relativ niedrigen Ausnutzungsziffern (GRZ = 0.15, GFZ 0.2) sowie die Ausweisung von Flächen für Landwirtschaft und Gärten im Südosten und Norden des Planungsgebiets sollen den klimaökologischen Belangen im Kaltluftabflussgebiet Wildgrabental entgegenkommen.

Tabelle 1 dokumentiert, dass Landwirtschaftsflächen und Gärten in reliefiertem Gelände nicht nur als raugkeitsarme Kaltluftabflussgebiete fungieren, sondern auch lokal einen bedeutsamen Beitrag zur Kalt- und Frischluftentstehung liefern.

Nutzung	Kaltluftproduktionsrate in m ³ /m ² ·Std.	Bewertung
Forstwirtschaftsfläche	9 - 40	mittel – sehr hoch
Landwirtschaftsfläche	12 - 15	hoch – sehr hoch
Grünfläche	9 - 15	mittel – sehr hoch
Parkfläche	6	mittel
Kleingärten	6	mittel
Friedhofsfläche	6	mittel
Grünflächen in Verkehrsknotenbereichen	3	gering
Sport-/Freizeitfläche	3 - 6	gering – mittel
Wasserfläche	0	-

Tabelle 1: Klimaökologische Ausgleichsflächen und die Bewertung ihres thermischen Ausgleichsvermögens (aus: ÖKOPLANA 2010)

Wie in Kap. 1 bereits angeführt, strebt die Landeshauptstadt Mainz eine Aufstellung des Bebauungsplans „Milchpfad (O 70)“ - **Abbildung 6** - an, um eine städtebaulich verträgliche Entwicklung zu sichern. Es ist geplant, die städtebauliche Qualität in dem bestehenden Wohngebiet durch ergänzende Regelungen / Festsetzungen zu gewährleisten.

So sollen Festsetzungen zur absoluten Höhe baulicher Anlagen (Trauf- und Firsthöhen) als auch zur Beschränkung der zulässigen Wohneinheiten getroffen werden. Da Nachverdichtungstendenzen auch im nördlichen Teil des Milchpfads zu erwarten sind, wird das Planungsgebiet gegenüber dem bestehenden Bebauungsplan „Z 71“ nach Norden hin ausgedehnt.

Die Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz (**Abbildungen 7.1 und 7.2**) weist den Planungsgebieten ein sogenanntes Stadtrand-/Ortsrandklima zu.

Es zeichnet sich nach STADT MAINZ (1995)⁵ durch geringe mittägliche Aufheizung und durch intensive nächtliche Abkühlung aus, was im Wesentlichen auf den vergleichsweise geringen Bodenversiegelungsgrad zurückzuführen ist. Die Bebauung sollte in diesen Bereichen nicht weiter verdichtet werden. Zudem ist die Sicherung von Ventilationskorridoren nachhaltig voranzutreiben.

3 Untersuchungsmethodik

Zur Analyse der lokalklimatischen Situation und zur Erarbeitung klimatisch relevanter Planungsempfehlungen erfolgt zunächst eine Bestandsaufnahme der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe. Hierbei wird auf Erkenntnisse aus früheren Klimauntersuchungen zurückgegriffen:

STADT MAINZ 1995: Umweltbericht 1994. Teil „Stadtklima“ Mainz. Mainz.

ÖKOPLANA 2006: Klimagutachten zum Bebauungsplan „Römersteine (O57)“ der Stadt Mainz. Mannheim.

DEUTSCHER WETTERDIENST 2017: Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Berichte des Dt. Wetterdienstes Nr. 249. Offenbach a. M.

ÖKOPLANA 2018: Klimagutachten zum Bebauungsplan „Wohnpark Hildegardis“ in der Landeshauptstadt Mainz. Mannheim.

Zur Vertiefung der Datengrundlage werden ortsspezifische Klimamessungen durchgeführt.

Mit Hilfe von kleinaerologischen Messungen (Fesselballonaufstiege und Rauchschwadenbeobachtungen) werden in einer sommerlichen Strahlungsnacht Strömungsverlauf, Intensität und Mächtigkeit bodennaher Luftbewegungen erfasst. Die Fesselballonsondierungen beschränken sich aus Gründen der Flugsicherung im vorliegenden Fall auf max. 80 m ü.G. Bei den Rauchschwadenbeobachtungen werden Rauchkörper gezündet. Die Rauchschwaden dokumentieren die bodennahen Kaltluftbewegungen. Die Windgeschwindigkeitsmessung erfolgt mit einem Hitzdrahtanemometer

⁵ STADT MAINZ (1995): Umweltbericht 1994, Teil „Stadtklima“, Textteil, S. 75. Mainz.

Zur Ergänzung vorhandener Daten zur Lufttemperaturverteilung werden in einer windschwachen Strahlungsnacht an zwei Messterminen mit einem speziell ausgestatteten Fahrzeug Profiltemperaturmessfahrten durchgeführt. In Teilbereichen des Untersuchungsgebiets, die mit dem Messfahrzeug nicht angefahren werden können, erfolgt die Messung zu Fuß.

4 Klimaökologische Funktionsabläufe

4.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Raum Mainz

Nach DWD (2017) befindet sich die Landeshauptstadt Mainz in der warmgemäßigten, feuchten Westwindzone. Das Klima wird überwiegend von milden, feuchten und damit wolkenreichen Luftmassen geprägt, die mit den am häufigsten vorkommenden Südwest- bis Westwinden herangeführt werden.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt nach STADT MAINZ (1994) ca. 10°C, wobei zwischen Stadt und Umland in den Jahren 1982 – 1984 Lufttemperaturdifferenzen bis ca. 2.4 K zu verzeichnen waren (= Wärmeinseleffekt).

Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) mit erhöhter bioklimatischer Belastung sind im Bereich der Bretzenheimer Straße/Flur 18 nach DWD (2017) an ca. 59 Tagen im Jahr zu erwarten (1971 – 2000). Die Anzahl heißer Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) beläuft sich im Durchschnitt der Jahre 1971 – 2000 auf ca. 18 Tage/Jahr. Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) treten an ca. 10 Tagen/Jahr auf.

Windmessungen von 1988 (ÖKOPLANA 1991) und des LFUG RHEINLAND-PFALZ von 1982 – 1984 (STADT MAINZ 1995) dokumentieren, dass in Mainz im Allgemeinen großwetterlagenbedingte südwestliche bis westsüdwestliche sowie ostnordöstliche bis östliche Luftströmungen vorherrschen. Dabei werden in den Höhenlagen mittlere Windgeschwindigkeiten bis 3.8 m/s (Station Mainz-Ebersheim) erreicht. Im Planungsumfeld (Station Römersteine, ÖKOPLANA 2006) weisen mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.6 m/s auf deutlich reduzierte Durchlüftungsverhältnisse hin.

Insgesamt ist das Stadtgebiet von Mainz als bioklimatisch belasteter Verdichtungsraum einzustufen, der durch folgende Eigenschaften charakterisiert ist:

- hohe Wärmebelastung im Sommer (nach DWD 2017 erreichen ca. 16% der Tage im Jahr Tageshöchsttemperaturen von über 25°C),

- allgemein niedrige mittlere Windgeschwindigkeiten mit hoher Anzahl schwachwindiger Wetterlagen.

Durch die bauliche Verdichtung in Teilen des Stadtgefüges werden die o.a. negativen Klimaeigenschaften (hohe Wärmebelastung, geringer bodennaher Luftaustausch) weiter verschärft.

Regionalisierte Berechnungen des DWD (2017) zu den Folgeerscheinungen des globalen Klimawandels dokumentieren, dass im Raum Mainz die sommerliche Wärmebelastung in den nächsten Jahrzehnten (→ Häufung von Sommer- und Hitzetagen sowie von Tropennächten) auffallend ansteigen wird.

Entsprechend den Prognosen des DWD (2017) ist im Zeitraum 2031 - 2060 im Bereich der Planungsgebiete mit ca. 3 (25 Perzentil) – 16 (75 Perzentil) zusätzlichen heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und ca. 14 (25 Perzentil) – 22 (75 Perzentil) zusätzlichen Sommertagen ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) zu rechnen. Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) nehmen um ca. 4 (25 Perzentil) – 17 (75 Perzentil) Nächte/Jahr zu. Damit steigt auch die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen.

In diesem Jahr (2018), das durch außergewöhnlich warme Sommermonate gekennzeichnet war, wurden bis zum 14.10.2018 an der DWD-Station Mainz-Lerchenberg 92 Sommertage und 31 heiße Tage gezählt (Datenquelle: DWD - CLIMATE DATA CENTER). Damit wurden die durchschnittlichen Prognosewerte für den Zeitraum 2031 – 2060 bereits nahezu erreicht (heiße Tage) bzw. übertroffen (Sommertage).

Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress.

Die LANDESHAUPTSTADT MAINZ hat diese Problematik schon früh erkannt und weist bereits in ihrem Umweltbericht 1994 (STADT MAINZ 1995) darauf hin, dass insbesondere stadtklimatisch relevante Kaltluftentstehungsgebiete sowie Kalt- und Frischluftbahnen (z.B. Wildgraben, Gonsbachtal) möglichst vor zusätzlicher Überbauung zu schützen sind. In Gebieten mit besonderer klimatischer Vorbelastung und Gefährdungsempfindlichkeiten sind weitere Barrierewirkungen und Oberflächenversiegelungen zu vermeiden.

Derartige Vorgaben werden in der Stadtplanung aktuell in vielen deutschen Städten formuliert (vgl. FRIEDRICH, S. ET AL. 2014).

Um dem prognostizierten vermehrten Auftreten von Hitzeereignissen entgegen zu wirken, sollen insbesondere Maßnahmen

- zum Erhalt oder zur Schaffung von Freiflächen (Klimaoasen) und Frischluftschneisen,
- zur Flächenentsiegelung, zur Begrünung (Verschattung) von Straßenzügen und Freiflächen,
- zur Förderung von Dach- und Fassadenbegrünungen,
- zum Erhalt oder zur Schaffung offener Wasserflächen und
- zur Optimierung der Gebäudeausrichtung

ergriffen werden.

4.2 Ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation

4.2.1 Ergebnisse stationärer Windmessungen

Zur vertiefenden Beurteilung des lokalen Strömungsgeschehens im Planungsumfeld kann auf ortsspezifische stationäre Windmessungen aus dem Jahr 2006 (ÖKOPLANA 2006) zurückgegriffen werden.

Das örtliche Ventilationsgeschehen wird durch die Leitlinienwirkung des Wildgrabens und des Zahlbachtals, die über die Mittelterrasse flächenhaft zuströmende Kaltluft sowie durch ortsspezifische Lokalströmungen entlang des Wildgrabentals geprägt. Markanteste Erscheinung ist dabei der tagesperiodische Wechsel der Windrichtung, vor allem an Tagen mit erhöhtem Strahlungseinfluss.

Die **Abbildungen 8.1** und **8.2** geben die Richtungsverteilung für den Gesamt-messzeitraum März - Juli 2006 (alle Tage) wieder. In diesen Darstellungen sind sowohl lokalklimatisch relevante Strahlungstage als auch Nichtstrahlungstage (bei Nichtstrahlungstagen wird das Klimageschehen vorwiegend advektiv, d.h. von großräumigen Effekten bestimmt) zusammengefasst.

Während der Tagstunden ist das Strömungsgeschehen weitgehend von der vorherrschenden Großwetterlage, der Stationslage und deren Umgebung (Flächennutzung, Relief, Art der Bebauung, Lage im Stadtgebiet) abhängig.

Entlang der Untere Zahlbacher Straße (Umfeld des Planungsgebietes – Stationen *Römersteine*) überwiegen am Tag großwetterlagenbedingte südwestliche und nordöstliche bis östliche Windrichtungen, wobei im Straßenraum mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.0 – 2.3 m/s gemessen werden. Auf dem Dach des ehemaligen Weifert-Janz-Heims zeigen sich mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 2.3 – 2.7 m/s.

Im Bereich des Bebauungsplangebiets „O 70“ schränkt die dichte Bebauung örtlich die bodennahe Belüftung ein.

An der Station *Schülerpfad* (Wildgraben) zeigen sich die Führungseffekte des Reliefs, wodurch vermehrt westliche und östliche Windrichtungen gemessen werden. Entsprechend ist im Bereich der Bretzenheimer Straße eine Ausrichtung des Windes in straßenparallele Richtungen zu erwarten.

Bereits anhand des Datenkollektivs „alle Tage“ zeigt sich Umfeld des Planungsgebietes nach Sonnenuntergang die Ausbildung eines ortsspezifischen Strömungsgeschehens.

An der Station *Römersteine* ist nach Sonnenuntergang der Einfluss südöstlicher Kaltluftbewegungen aus dem Wildgrabental zu erkennen, die auch das Planungsgebiet „O 70“ und die Flur 18, Flurstück 182 durchdringen. Die Strömungsgeschwindigkeiten von durchschnittlich unter 1.0 m/s und die vergleichsweise hohe Anzahl an Windstillen (ca. 7% der Nachtstunden) zeigen allerdings, dass die Lokalströmung in diesen Bereichen nur schwach ausgeprägt ist.

Auf dem Dach des ehemaligen Weifert-Janz-Heimes ist vor allem in der zweiten Nachthälfte eine Häufung südwestlicher bis südlicher Winde zu registrieren. Dies lässt vermuten, dass nördlich der Planungsgebiete der Einfluss lokaler Kaltluftzuströme über die Mittelterrasse (unterstützt von überregionalen Südwestwinden) wirksam wird.

Die **Abbildungen 9.1** und **9.2** dokumentieren die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen bei lokalklimatisch besonders relevanten Strahlungstagen⁶.

An Strahlungstagen (Häufigkeit: ca. 25% der Tage im Untersuchungszeitraum März - Juli 2006) kommt es am Tag infolge intensiver Sonneneinstrahlung zu starker Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu starker Abkühlung der bodennahen Luftschichten mit intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen.

⁶ Strahlungstag - Gesamtbedeckungsgrad im Mittel aller Stunden des Gesamtages $\leq 2/8$. Während der Nacht wird der Gesamtbedeckungsgrad von $4/8$ nicht überschritten. Am Tag treten nur bis zu 3 Stunden thermisch bedingt Quellwolken bis zu einem Gesamtbedeckungsgrad von $6/8$ auf.

Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist vermindert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Regional- und Lokalströmungen bestimmt, deren Existenz der Kaltluftbewegung über die Hänge und Täler sowie dem Luftdruckgefälle zwischen kühlerem Freiland und wärmerer Bebauung zu verdanken ist.

Am Tag dominieren großwetterlagenbedingt Winde aus östlichen Richtungssektoren das lokale Luftaustauschgeschehen, wobei mittlere Windgeschwindigkeiten von 1.4 – 1.8 m/s (Station *Römersteine*) auch in den Planungsgebieten keine intensive Taldurchlüftung ermöglichen. Dies unterstreicht, dass im Planungsgebiet „O 70“ eine zunehmende bauliche Verdichtung aus klimaökologischer Sicht kritisch zu bewerten ist.

Nach Sonnenuntergang entwickeln sich im Bereich der Mittelterrasse lokale und regionale Windsysteme, die auch das Strömungsgeschehen im Bebauungsplangebiet „O 70“ und auf dem Grundstück Flur 18, Flurstück 182 mitbestimmen.

Wie bereits Ergebnisse früherer Untersuchungen im westlichen Stadtgebiet von Mainz belegen, entwickelt sich entlang des Wildgrabens ein autochthoner Kaltluftstrom, der vom Kesseltal-Windsystem und von Kaltluft aus der Hangzone südwestlich von Marienborn gespeist wird (LFUG 1989, ÖKOPLANA 2001). Die sich bodennah bewegende Kaltluft strömt dem Verlauf des Wildgrabens folgend über die Pariser Straße hinweg bis nach Zahlbach (Am Wildgraben). Die recht geringen Strömungsgeschwindigkeiten (Anteil extremer Schwachwinde unter 0.6 m/s: 49%) weisen auf die Empfindlichkeit der Lokalströmung gegenüber Strömungshindernissen (Bauwerke, dichtgestaffelte Gehölze etc.) hin.

Wie die Windaufzeichnungen zeigen, setzt sich die Kaltluft aus dem Wildgraben (siehe Station *Schülerpfad*) über das Zahlbacher Tal bis in Richtung des Hauptfriedhofs durch, wobei talparallele Straßen und Grünflächen als Strömungsleitbahnen fungieren (Am Wildgraben/Untere Zahlbacher Straße, Bretzenheimer Straße). Mittlere Windgeschwindigkeiten von 0.4 m/s bewirken allerdings nur geringe Ventilationseffekte. Wesentliche Positivwirkung der Lokalströmung ist die Intensivierung der örtlichen Abkühlung.

4.2.2 Ergebnisse mobiler Windmessungen – Fesselballonaufstiege und Rauchschwadenbeobachtungen

Zur Erfassung der Geschwindigkeit, Mächtigkeit und Richtung lokaler Kaltluftbewegungen wurden in einer sommerlichen Strahlungsnacht (11./12.09.2018) an ausgewählten Standorten Vertikalsondierungen mittels Fesselballon durchgeführt (**Abbildung 10**). Während die Ausrichtung des Fesselballons die Windrichtung anzeigt, werden die Windgeschwindigkeit und die Lufttemperatur mit dem Messgerät „Skywatch“ der Fa. JDC Electronica SA erfasst. Die Messungen wurden aus Flugsicherungsgründen auf max. 80 m ü.G. begrenzt.

Vergleichbare Untersuchungen wurden bereits am 03./04.07.2006 durchgeführt (ÖKOPLANA 2006). Auch diese Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

Zur räumlichen Vertiefung der Erkenntnisse zu lokalen Kaltluftbewegungen im Planungsgebiet „O 70“ und im Bereich der Flur 18, Flurstück 182 erfolgten am 28./29.08.2018 zudem Windmessungen mittels Rauchschwadenbeobachtungen. Die Rauchschwaden zeigen die bodennahen Windrichtungen. Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit wurde zeitgleich mit einem hochempfindlichen Hitzdrahtanemometer durchgeführt.

Fesselballonaufstiege am 11./12.09.2018

Am 11./12.09.2018 wurden an drei Standorten (Schülerpfad, Bretzenheimer Straße und Mühlweg – siehe **Abbildung 11**) Vertikalsondierungen durchgeführt. Wie der Tagesgang des Windes an der ZIMEN-Luftmessstation Mainz-Mombach belegt (**Abbildung 12**), war es zum Zeitpunkt der Messungen zwischen 21:45 Uhr und 01:00 Uhr bei klarem Himmel und vorherrschenden Winden aus südwestlichen bis westlichen Richtungen in den bodennächsten Luftschichten windschwach, so dass sich kaltluftbedingte lokale/regionale Luftströmungen ausbilden konnten.

Am **Standort 1 Schülerpfad (Abbildung 13.1)** werden bei den Messungen gegen 21:45 Uhr und 00:30 Uhr bis in eine Höhe von ca. 15 und 18 m ü.G. schwache südsüdöstliche bis südöstliche Luftbewegungen mit Geschwindigkeiten von ca. 0.2 – 0.6 m/s registriert, die auf lokale Kaltluftbewegungen entlang des Wildgrabens zurückzuführen sind. Gegen 21:45 Uhr werden innerhalb dieser Luftschicht Lufttemperaturen von ca. 16.2 – 17.3°C gemessen. Oberhalb von 15 m ü.G. dreht der Wind zunehmend zu großwetterlagenbedingten westlichen Richtungen, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit auf Werte von über 3.0 m/s und die Lufttemperatur bis auf 21.6°C (80 m ü.G.) ansteigt.

Bei nahezu vergleichbarer lokaler Kaltluftmächtigkeit (18 m ü.G.) und Windgeschwindigkeit steigt die Lufttemperatur bei den Sondierungen um 00:30 Uhr von ca. 14.6°C (5 m ü.G.) bis zum Übergangsbereich lokale Kaltluftströmung / großwetterlagenbedingte Höhenströmung auf ca. 15.6°C an, darüber erfolgt bis 80 m ü.G. eine deutlicher Temperaturanstieg bis auf ca. 20.1°C. Die Kühlwirkung der lokalen Kaltluftbewegungen entlang des Wildgrabens wird offenbar.

Die Messergebnisse am **Standort 2 Bretzenheimer Straße (Abbildung 13.2)** dokumentieren, dass gegen 22:30 Uhr im Kreuzungsbereich Bretzenheimer Straße / Schaftriebweg bis in eine Höhe von ca. 17 m eine südliche Kaltluftströmung vorherrscht. Sie ist auf die Kaltluftzufuhr über den Wildgraben zurückzuführen, die zwischen Schaftriebweg und Mühlweg/Am Wildgraben in das Zahlbachtal einströmt. Die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluftbewegungen beträgt ca. 0.3 – 1.0 m/s. Oberhalb von 17 m dreht der Wind vermehrt zu großwetterlagenbedingten westlichen Richtungen. Damit ist ein deutlicher Windgeschwindigkeits- und Lufttemperaturanstieg verbunden.

Die Einwirkung der lokalen Kaltluft zeigt sich auch im vertikalen Temperaturverlauf. Zwischen 5 und 17 m ü.G. werden Lufttemperaturen von ca. 15.6 – 16.5°C gemessen. Zwischen 17 und 20 m ü.G. steigt die Lufttemperatur um ca. 1.1 K an, was die Einwirkung der wärmeren Höhenluft belegt.

Gegen 01:00 Uhr weist die Talkaltluft eine noch vergleichbare vertikale Mächtigkeit auf, wobei mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0.3 – 0.6 m/s auf eine zunehmende Tendenz zu Luftstagnation hinweisen.

Bei Fesselballonaufstieg am **Standort 3 Mühlweg (Abbildung 13.3)** wird in der bodennächsten Luftschicht (5 – 10 m ü.G.) eine leichte Talaufwärtsbewegung registriert, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit mit 0.1 – 0.2 m/s extrem gering ist. Über der Grünanlage Lindenmühle bildet sich ein Kaltluftsee, da die zum Teil dichten Gehölzbestände entlang des Milchpfads im Nordwesten und am Mühlweg im Südosten intensivere bodennahe Kaltluftabflüsse in Richtung Nordosten unterbinden.

Oberhalb von 10 m ü.G. beginnt der Ballon zu pendeln und dreht über Süd zu großwetterlagenbedingten westlichen Richtungen. Die Windgeschwindigkeit steigt über 1.3 m/s (20 m ü.G.) bis auf ca. 3.5 m/s (70 m ü.G.) an.

Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006

Die Ergebnisse der Fesselballonaufstiege vom 03./04.07.2006 beschreiben die örtlichen Kaltluftbewegungen bei vorherrschenden östlichen bis nordöstlichen Höhenwinden (siehe ÖKOPLANA 2006).

Am **Standort 1 Schülerpfad (Abbildung 14.1)** nordwestlich der Pariser Straße zeigt sich gegen 21:30 Uhr bis ca. 20 m ü.G. eine östliche Luftströmung, die auf lokale Kaltluftabflüsse entlang des Wildgrabens zurückzuführen sind. Die Windgeschwindigkeit beträgt in diesen Höhenschichten nur ca. 0.2 – 0.5 m/s. Darüber dreht der Wind zu nordöstlichen Richtungen und die Windgeschwindigkeit steigt auffallend an. Dies markiert den Einfluss des vorherrschenden Höhenwindes.

Die über den Wildgraben zuströmende Kaltluft sorgt nach Sonnenuntergang in Bodennähe für rasche Abkühlung. Während im Einflussbereich des Höhenwindes in 25 m ü.G. noch Lufttemperaturen von ca. 26.0°C registriert werden, ist die Lufttemperatur in 5 m ü.G. bereits auf Werte um 21.0°C gesunken. Die thermische Wohlfahrtswirkung der lokalen Kaltluftströmung wird offenbar.

Auch gegen 23:45 Uhr ist der Kaltluftstrom entlang des Wildgrabens noch deutlich zu registrieren. Bis ca. 25 m ü.G. herrschen östliche Windrichtungen vor, wobei bereits in dieser Höhe zeitweise der nordöstliche Höhenwind durchgreifen kann. Dies zeigt sich auch an den Windgeschwindigkeitsschwankungen zwischen 15 m ü.G. und 25 m ü.G.

Am **Aufstiegsstandort 3 Mühlweg (Abbildung 14.2)** südwestlich des Wildgrabens tendiert die bodennächste Luftschicht zu Stagnation, was durch extrem geringe Windgeschwindigkeiten dokumentiert wird (< 0.5 m/s). Zwischen 5 m ü.G. und 20 m ü.G. zeigt sich der wechselnde Einfluss von südlichen und südwestlichen Luftströmungen, die Windgeschwindigkeiten zwischen 0.3 und 1.2 m/s erreichen. Offensichtlich kann sich die über die Mittelterrasse nach Westen abfließende Kaltluft (Südwestwind) über die Bebauung von Bretzenheim hinweg bis zum Mühlweg durchsetzen und zusammen mit der Kaltluft aus dem Wildgraben die ortsspezifische Klimasituation bestimmen.

Oberhalb von 20 m ü.G. setzt sich der großwetterlagenbedingte Nordostwind durch.

Zu Beginn der zweiten Nachthälfte (00:40 Uhr) werden in 5 m ü.G. schwache Luftbewegungen aus nordnordöstlichen Richtungen gemessen. Die sich örtlich sammelnde bodennahe Kaltluft wird offenbar an der dichten Talbebauung von Zahlbach vermehrt aufgestaut, so dass sich eine schwach ausgeprägte Rückströmung einstellt. Dies korreliert mit den Beobachtungen vom 11.09.2018.

Zwischen 10 m ü.G. und 20 m ü.G. dokumentieren Winde aus südwestlichen Richtungssektoren den Einfluss der Kaltluftabflüsse über die Mittelterrasse.

Im Bereich des Hildegardis-Krankenhauses (**Standort 4 Römersteine, Abbildung 14.3**) werden in der ersten Nachthälfte (23:00 Uhr) zwischen 5 m ü.G. und 30 m ü.G. Winde aus südlichen bis südsüdwestlichen Richtungen beobachtet, die allerdings nur mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0.3 – 0.8 m/s aufweisen. Sie lassen auf den wechselnden Einfluss der Kaltluft aus dem Wildgraben / Zahlbacher Tal und dem Kaltluftzustrom über die Mittelterrasse westlich der K 3 schließen. Oberhalb von 30 m ü.G. steigt die mittlere Windgeschwindigkeit deutlich an und der Wind dreht zu nordnordöstlichen Richtungen (→ Höhenwind). Zwischen 5 m ü.G. und 50 m ü.G. ist die Ausbildung einer Bodeninversion zu erkennen. Hier steigt die Lufttemperatur mit der Höhe von 20.4°C (5 m ü.G.) auf 24.7°C (50 m ü.G.) an. Darüber stellt sich weitgehend Isothermie ein.

In der zweiten Nachthälfte (01:30 Uhr) zeigt sich bis ca. 10 m ü.G. der Kaltluftzustrom über den Wildgraben (südliche Luftströmung). Zwischen 10 und 25 m ü.G. macht sich der Zufluss lokaler Kaltluft über die Mittelterrasse westlich der K 3 bemerkbar. Die Intensität dieser Strömungen ist allerdings sehr gering (< 1.0 m/s).

Oberhalb von 25 m ü.G. dokumentieren starke Richtungsschwankungen den Übergangsbereich zur nordnordöstlichen Höhenströmung, die an der Messobergrenze (120 m ü.G.) mittlere Geschwindigkeiten von ca. 5.0 m/s erreicht.

Der zunehmende Einfluss des Höhenwindes im bodennächsten Strömungsgeschehen macht sich auch an der vertikalen Temperaturverteilung bemerkbar. Ein deutlicher Temperaturanstieg, der die Bodeninversion kennzeichnet, ist nur noch bis ca. 30 m ü.G. zu registrieren.

Rauchschwadenbeobachtungen am 28./29.08.2018

Neben Fesselballonaufstiegen wurden zur Erfassung lokaler Kaltluftbewegungen in der Nacht 28./29.08.2018 zusätzlich umfangreiche Rauchschwadenbeobachtungen (siehe **Abbildungen 16.1** und **16.2**) durchgeführt. Die Rauchschwaden zeigen über ihre Ausbreitung die bodennahe Windrichtung an.

Die Beobachtungen und Messungen zeigen, dass der Wildgraben südöstlich des Mühlwegs / Bretzenheimer Straße als lokale Kaltluftabflussbahn in Richtung Zahlbach fungiert. Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Nachthälfte (siehe u.a. Messpunkte 2 und 9) werden südöstliche Kaltluftbewegungen mit Fließgeschwindigkeiten von ca. 0.4 – 0.6 m/s bestimmt. Die Rauchschwaden zeigen eine deutlich laminare Luftschichtung ohne auffallende Verwirbelungen (siehe **Abbildung 16.2**, Standort 1 Schaftriebweg).

Im Bereich des aktuell nicht bebaubaren Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 (Standorte 4, 8 und 11) zeigen sich schwache südliche bis südöstliche Kaltluftbewegungen, die im Wesentlichen auf die Kaltluftabflüsse über den Wildgraben zurückzuführen sind. Die Rauchschwaden zeigen zeitweise leichte Verwirbelungen, was auf die etwas labilere Luftschichtung innerhalb der Bebauung und im Nahbereich von Bäumen zurückzuführen ist. Die nur geringen Strömungsgeschwindigkeiten von unter 0.5 m/s verdeutlichen die Empfindlichkeit der Kaltluftbewegungen gegenüber Strömungshindernissen in Form von riegelartiger Bebauung und dichten Gehölzstrukturen.

Die aus dem Wildgraben ins Zahlbachtal einströmende Kaltluft, die auch die mittlere Hangzone zur Annabergstraße (Standort 5) erfasst, durchsetzt das B-Plangebiet „Milchpfad (O 70)“ zwischen Am Wildgraben und Milchpfad (siehe Standort 7 und 12). Hierbei bilden strömungsparallele Straßenzüge (Am Wildgraben, Bretzenheimer Straße und Milchpfad) und Gebäudeabstandsflächen die wesentlichen Kaltluftzugbahnen.

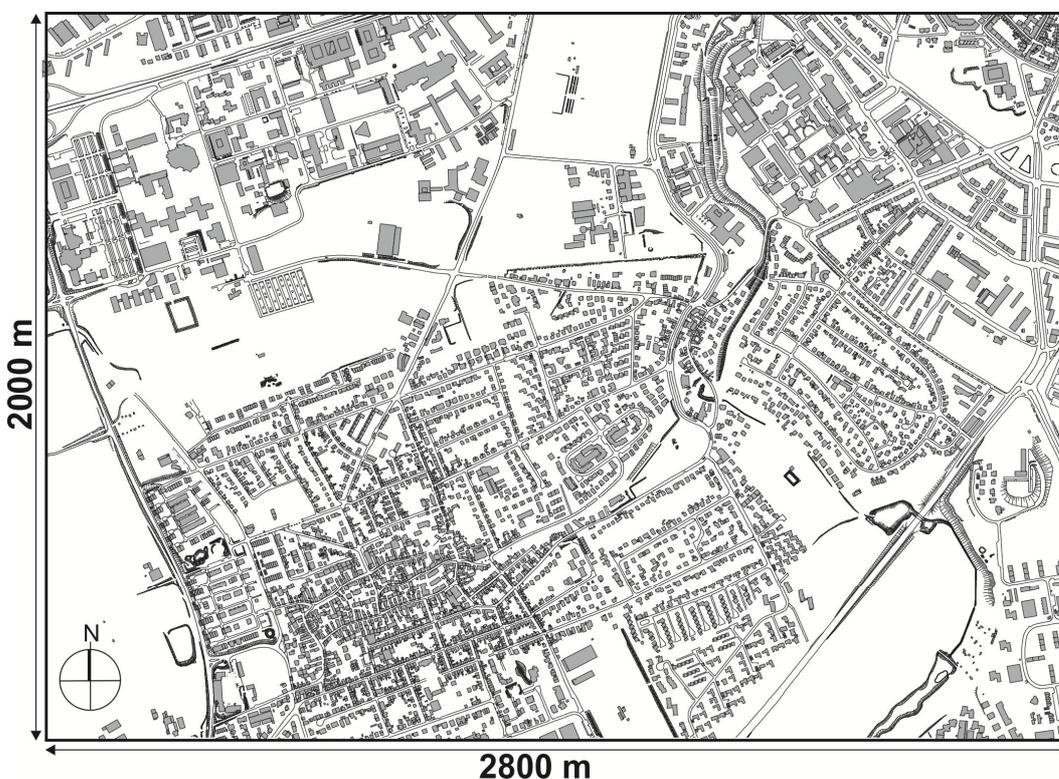
Im Bereich der Annabergstraße (Standort 13) und am Standort 6 oberhalb des Milchpfads zeigt sich der zunehmende Einfluss übergeordneter Strömungen. Die beobachteten Rauchschwaden zeigen keine laminare Ausbreitung und die Windgeschwindigkeit erreicht Werte von über 0.5 m/s.

Auf der Grünfläche „Lindenmühle“ (Standort 10) werden gegen 01:05 Uhr deutliche Kaltluftstagnationstendenzen beobachtet. Die Rauchfahne (siehe **Abbildung 16.2**) breitet sich zunächst nach Süden hin aus und schwenkt dann am Mühlweg vermehrt in nördliche bis nordöstliche Richtungen. Die Strömungsgeschwindigkeit ist mit 0.2 m/s äußerst gering. Dies weist darauf hin, dass sich die wesentlichen Ventilationseffekte im Planungsgebiet „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 über die Kaltluftbewegungen entlang des Wildgrabens entwickeln.

4.2.3 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen

Zur weiteren Vertiefung der örtlichen Datenlage kann auf Ergebnisse mesoskalige Kaltluftabflusssimulationen, die im Rahmen eines Klimagutachtens von ÖKOPLANA 2018 (Klimagutachten zum Bauvorhaben „Wohnpark Hildegardis“ in der Landeshauptstadt Mainz) durchgeführt wurden.

Grundlage der Modellrechnungen mit dem Modell KLAM_21⁷ bildet hierbei ein digitales Geländehöhenmodell im 5 m-Raster. Diese Daten wurden vom GRÜN- UND UMWELTAMT DER LANDESHAUPTSTADT MAINZ bereitgestellt. Die erforderlichen Flächennutzungsstrukturen wurden Luftbildern entnommen. Das Rechengebiet umfasst bei einer Abmessung von 2.8 x 2.0 km eine Fläche von insgesamt 5.6 km² (siehe **Grafik 1**).



Grafik 1: Modellgebiet für die Kaltluftabflusssimulationen. Grundkarte bereitgestellt vom Grün- und Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz

⁷ DEUTSCHER WETTERDIENST (2008): Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms. Offenbach a. M.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen werden für den Zeitpunkt sechs Stunden⁸ nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt.

Bioklimatisch ist vor allem eine möglichst rasche nächtliche Abkühlung von Bedeutung, damit tagsüber überwärmte Wohnungen in den Nachtstunden durchgelüftet werden können und kühle Umgebungsverhältnisse die bioklimatische Entlastungswirkung intensivieren.

Die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen für den Zeitpunkt sechs Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung (**Abbildung 17.1**) zeigen, dass sich bei einem Vorherrschen schwacher südwestlicher Höhenwinde (1.0 m/s, 210°) im Wildgraben eine auffallende Kaltluftströmung einstellt, die südwestlich des Rodelbergs über die Pariser Straße hinweg nach Nordwesten einschwenkt und damit auch im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 wirksam wird. Es zeigen sich mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 0.2 – 1.0 m/s, was recht gut mit den durchgeführten Messungen übereinstimmt. Zusätzliche Kaltluftbewegungen aus südwestlichen Richtungen stellen sich über den Grünflächen der Lindenmühle ein. Diese korrelieren mit den Ergebnissen von Fesselballonaufstiegen am Standort Mühlweg vom 03./04.07.2006 (**Abbildung 14.2**). Sie zeigen ebenfalls zeitweise südwestlichen Luftströmungen, die auf Kaltluftbewegungen über die Mittelterrasse zurückzuführen sind und sich über die Bebauung von Bretzenheim hinweg bis zum Mühlweg durchsetzen können.

Die Kaltluftmächtigkeit (**Abbildung 17.2**) beträgt bei der vorgegeben wind-schwachen Situation im Bereich der Bretzenheimer Straße ca. 30 – 35 m und ist damit als max. Ausprägung zu definieren.

⁸ In den Monaten Juni/Juli entspricht dies ca. dem Zeitpunkt 02:00 (MEZ)

4.2.4 Synopse - ortsspezifisches Strömungsgeschehen und Ventilation

Zur vertiefenden Beurteilung des lokalen Strömungsgeschehens im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 wurden neben der Auswertung vorhandener Messdaten (u.a. ÖKOPLANA 2006) und numerischer Modellrechnungen (ÖKOPLANA 2018) an 28./29.08.2018 und 11./12.09.2018 ergänzende Windmessungen mittels Rauchschwadenbeobachtungen und Fesselballonaufsteigen durchgeführt.

Am Tag ist das Strömungsgeschehen im Allgemeinen weitgehend von der vorherrschenden Großwetterlage, der Stationslage und deren Umgebung (Flächennutzung, Relief, Art der Bebauung, Lage im Stadtgebiet) abhängig. Im Untersuchungsgebiet zwischen Am Wildgraben im Westen und Milchpfad im Osten überwiegen tagsüber großwetterlagenbedingte südwestliche und nordöstliche bis östliche Windrichtungen, wobei im Bereich der Römersteine mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.0 – 2.3 m/s zu erwarten sind. Da die Wiesen im Bereich Römersteine auf Grund ihrer vergleichsweise geringen Oberflächenrauigkeit als Ventilationsflächen fungieren, die eine intensivierete Querbelüftung des Talzugs erlauben, ist im Bereich des Zahlbacher Steigs und entlang der Bretzenheimer Straße durch die örtliche Bebauung und den z.T. dichten Gehölzbestand mit mittleren Windgeschwindigkeiten von unter 2.0 m/s zu rechnen. Die bodennahe Belüftung ist demgemäß als gering bis mäßig einzustufen.

An sogenannten Strahlungstagen (Häufigkeit an der DWD Station Frankfurt Flughafen im Zeitraum 1981 – 2010 ca. 22% - siehe **Tabelle 2**) kommt es am Tag infolge intensiver Sonneneinstrahlung zu starker Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu intensiver Abkühlung der bodennahen Luftschichten mit Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen. Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist vermindert oder weitgehend unterbunden.

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
3,1	4,8	5,8	6,9	9,2	7,9	10,1	11,1	9,4	5,8	2,8	2,5	79,4

Tabelle 2: Mittlere monatliche und jährliche Anzahl windschwacher Strahlungsnächte an der DWD Station Frankfurt a.M. / Flughafen im Zeitraum 1981 – 2010. Datenquelle: DWD 2017, S. 74

Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Regional- und Lokalströmungen bestimmt, deren Existenz der Kaltluftbewegung über die Hänge und Täler sowie dem Luftdruckgefälle zwischen kühlerem Freiland und wärmerer Bebauung zu verdanken ist.

Wie bereits Ergebnisse früherer Untersuchungen im westlichen Stadtgebiet von Mainz belegen, entwickelt sich entlang des Wildgrabens ein autochthoner Kaltluftstrom, der vom Freiraumsystem südlich der A 60 gespeist wird (LFUG 1989, ÖKOPLANA 2001). Die sich bodennah bewegende Kaltluft strömt dem Verlauf des Wildgrabens folgend die Pariser Straße querend bis nach Zahlbach (Am Wildgraben). Die recht geringen Strömungsgeschwindigkeiten (Anteil extremer Schwachwinde unter 0.6 m/s: 49%) weisen auf die Empfindlichkeit der Lokalströmung gegenüber Strömungshindernissen (Bauwerke, dichtgestaffelte Gehölze etc.) hin.

Rauchschwadenbeobachtungen und Ergebnisse von Vertikalsondierungen mittels Fesselballon bestätigen die stationären Windmessungen.

Unter dem Einfluss von großwetterlagenbedingten Südwest- bis Westwinden wird am 11./12.09.2018 im Bereich des Bebauungsplangebiets „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 bis in eine Höhe von ca. 17 m eine südliche Kaltluftströmung registriert. Sie ist im Wesentlichen auf die Kaltluftzufuhr über den Wildgraben zurückzuführen, die zwischen Schaftriebweg und Mühlweg/Am Wildgraben in das Zahlbachtal einströmt. Die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluftbewegungen beträgt ca. 0.3 – 1.0 m/s. Oberhalb von 17 m dreht der Wind vermehrt zu großwetterlagenbedingten westlichen Richtungen. Damit ist ein deutlicher Windgeschwindigkeits- und Lufttemperaturanstieg verbunden. Zeitweise kann sich die über die Mittelterrasse nach Westen abfließende Kaltluft (Südwestwind, Mächtigkeit bis ca. 20 m) über die Bebauung von Bretzenheim hinweg bis zum Mühlweg durchsetzen und zusammen mit der Kaltluft aus dem Wildgraben die ortsspezifische Klimasituation bestimmen. Die Kaltluft kann somit die zumeist 2-geschossige (+DG) Bebauung zwischen Am Wildgraben und Milchpfad nur knapp überströmen. Die Einwirkung der Kaltluft in der örtlichen Bebauung ist daher vor allem von der Durchlässigkeit der Bebauungsstrukturen (= Gebäudeabstandsflächen) abhängig. Auch dichte Gehölzbestände, wie sie z.B. auf dem Grundstück Flur 18, Flurstück 182 anzutreffen sind (siehe **Abbildung 4**), wirken als Barriere.

Nur in extrem windschwachen Strahlungsnächten erreicht die Kaltluft in den Planungsgebieten vertikale Mächtigkeiten bis ca. 30 m (Ergebnis mesoskaliger Modellrechnungen).

Da die ortsspezifischen Kaltluftbewegungen über die örtliche Bebauung und das Untere Zahlbachtal bis zum Übergang zur Mainzer City (Kreuzungsbereich Untere Zahlbacher Straße / Saarstraße) das örtliche Ventilationsgeschehen mitbestimmen, ist der Sicherung von Durchlüftungsachsen in der Bebauung zwischen Am Wildgraben und Milchpfad von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

4.3 Thermische Situation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen

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

Bei klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlagen (ca. 32% der Tage in den Sommermonaten Juni – August, siehe **Tabelle 2**) ergeben sich im Untersuchungsraum lokalklimatische Differenzierungen. Typisch für diese Situationen ist, dass sich in der Bebauung verminderte Ventilation (→ Tendenz zu lufthygienischen Belastungen) und durch die Aufheizung von Baukörpern und befestigten Flächen starke Erwärmung und Wärmestaus (→ Tendenz zu bioklimatischen Belastungen) einstellen. Nach Sonnenuntergang kommt es innerhalb der Bebauung zu verzögerter Abkühlung, im Freiland hingegen zu intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen und zur Ausbildung stabiler Luftschichtung (Bodeninversionen).

Sowohl bei Tag als auch verstärkt in der Nacht stellen sich relief- und flächennutzungsbedingt Temperaturunterschiede ein, die zur Zeit der nächtlichen Abkühlungsphase im Untersuchungsgebiet Werte von ca. 5 – 6 K zeigen.

Zur Verdeutlichung der klimaökologischen Funktionsabläufe kann zunächst ein Ausschnitt der IR-Thermalkartierung Mainz von 1998 (05:17 – 06:04 Uhr) herangezogen werden - **Abbildungen 18**. Er vermittelt einen Eindruck vom thermischen Verhalten (Oberflächenstrahlungstemperaturen) der unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen im Untersuchungsgebiet.

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

Deutlich erkennbar ist, dass sich die Wiesen und Ackerflächen im Wildgraben südwestlich des Schaftriebwegs als Band mit reduzierten Oberflächenstrahlungstemperaturen von der Pariser Straße bis zur Bretzenheimer Straße erstrecken.

Auch die Grünfläche „Lindenmühle“ südwestlich der Planungsgebiete zeigt anhand sehr niedriger Oberflächenstrahlungstemperaturen ihre Funktion als Kaltluftproduktionsfläche mit Tendenz zur Ausbildung eines ortsfesten Kaltluftsees. Straßenzüge und großflächig versiegelte Stellplatzflächen bilden sich als wärmste Bereiche ab. Sie weisen gegenüber Wiesen um ca. 10 K höhere Oberflächenstrahlungstemperaturen auf.

In Waldflächen/dichten Gehölzflächen bleibt die Luft im Bestand am Tag aufgrund der Beschattung vergleichsweise kühl. In den Nachtstunden wird im Kronendach Kaltluft gebildet. Diese sinkt in den Stammraum ab und strömt in Hanglagen dem Gefälle folgend zu den tiefer gelegenen Geländeteilen. Aufgrund der reduzierten Ausstrahlung im Bestand ist die „Kaltluft“ jedoch wärmer als über Wiesen und Ackerflächen. Das thermische Ausgleichspotenzial ist dennoch, abhängig von der Flächengröße, nicht zu unterschätzen.

Zur vertiefenden Beurteilung der thermischen Situation im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 wird nachfolgend auf Ergebnisse mobiler Messungen vom 28./29.08.2018 zurückgegriffen.

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

Der gewählte Messtermin orientiert sich daher an folgenden Vorgaben:

- Geringe Bewölkung, d.h. intensive Ein- und Ausstrahlung,
- Geringe Windgeschwindigkeit, mittlere Windgeschwindigkeit während der Messfahrt unter 2.0 m/s,
- Witterungsverlauf in den letzten sechs Stunden - heiter, höchstens wechselnd bewölkt.

Wie **Abbildung 15** dokumentiert, herrschen während der beiden Messfahrtermine schwache Winde vor. Da es zudem wolkenlos ist, liegen ideale Kaltluftbildungsverhältnisse vor.

Die profilhaft angelegten Messfahrten werden mit einem Messfahrzeug durchgeführt, das mit einem ventilierten Psychrometer der Fa. Ahlborn ausgestattet ist (siehe **Abbildung 19**). Entlang festgelegter Routen werden kontinuierlich die Lufttemperaturwerte aufgezeichnet. In Teilbereichen werden die Messungen durch Messgänge zu Fuß ergänzt. Die Korrektur der Messwerte auf einen einheitlichen Zeitpunkt erfolgt mit Hilfe von sogenannten „Schleifpunkten“ die mehrfach angefahren werden.

Die Messfahrendergebnisse für die Situation gegen 21:30 Uhr (21:00 – 22:15 Uhr) sind in der **Abbildung 20.1** dargestellt.

Die niedrigsten Lufttemperaturwerte (13.3°C) werden im Wildgraben über den dortigen Wiesenflächen registriert. Die über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen sich bildende Kaltluft sorgt örtlich für eine intensive nächtliche Abkühlung.

Auffallende Kaltlufteinwirkbereiche mit Lufttemperaturen unter 16.0°C sind auch entlang der Wildgraben-begleitenden Straßenzüge Schaftriebweg im Nordosten und Mühlweg/Alfred-Mumbächer-Straße im Südwesten zu identifizieren.

Eine örtlich bedeutsame Kaltluftquelle stellen auch die Grünflächen im Bereich der Lindenmühle dar. Über den Wiesen werden gegen 21:30 Uhr Lufttemperaturen von 13.6°C gemessen.

Die über den Wildgraben in Richtung Bretzenheimer Straße abfließende Kaltluft macht sich im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 thermisch positiv bemerkbar. Zwischen der Kindertagesstätte Zahlbach und der Vereinsturnhalle des TV Mainz Zahlbach 1862 e.V. zeigen sich Lufttemperaturen zwischen ca. 15.0 und 16.0°C.

Im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ steigt die Lufttemperatur entlang der Bretzenheimer Straße bis auf ca. 17.8°C an, während an dessen Ostrand (Milchpfad) Werte von ca. 15.0 – 16.4°C zu registrieren sind.

Im Bereich der Treppenanlage zwischen Bretzenheimer Straße und Annabergstraße steigt die Lufttemperatur von ca. 15.8°C (106 m ü.NN) auf ca. 17.5°C (124 m ü.NN) an, was auf den nachlassenden Einfluss der Talkaltluft hinweist. Im Schlesischen Viertel der Oberstadt zeigen sich Lufttemperaturen von ca. 17.0 – 19.1°C. Hier wirkt bereits der wärmere Höhenwind ein. Die höchste Lufttemperatur im Zuge der Messfahrt wird in der Obere Zahlbacher Straße am Universitätsklinikum gemessen.

In Bretzenheim sind westlich des Straßenzugs Am Wildgraben ähnliche Lufttemperaturwerte zu erfassen wie entlang der Bretzenheimer Straße (ca. 16.0 – 17.4°C).

Bei den Messfahrten gegen 00:00 Uhr (23:30 – 0:45 Uhr) beträgt die max. Lufttemperaturdifferenz im Untersuchungsgebiet 5.0 K (**Abbildung 20.2**). Die höchste Lufttemperatur (16.6°C) wird nochmals in der Mainzer Oberstadt (Schillstraße) in Nähe des Universitätsklinikums gemessen.

Durch den intensiven Einfluss lokaler Kaltluft werden wiederum im Wildgraben am Schülerpfad die niedrigsten Lufttemperaturwerte (11.6°C) bestimmt.

Die vom Wildgraben nach Nordwesten strömende lokale Kaltluft macht sich auch im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 sowie im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ thermisch positiv bemerkbar. Sie forciert die nächtliche Abkühlung (= bioklimatischer Positiveffekt), so dass gegen 00:00 Uhr an den Parkplätzen vor der Kindertagesstätte Zahlbach Lufttemperaturen von ca. 13.2°C gemessen werden. Entlang der Bretzenheimer Straße steigt die Lufttemperatur in Richtung Zahlbacher Steig bis auf ca. 14.9°C an. Die zuströmende Kaltluft aus südlicher Richtung durchdringt die Bebauung, wobei nicht nur die strömungsparallelen Straßenzüge (Bretzenheimer Straße, Milchpfad und Am Wildgraben) bedeutsame Kaltluftleitbahnen sind, sondern auch die Hausgärten in der Hangzone zwischen Bretzenheimer Straße und Milchpfad.

5 Zusammenfassende Darstellung der klimaökologischen Funktionsabläufe und Planungsempfehlungen

Wie sich aus den vorliegenden Darstellungen der Messdaten temporärer Klimamessstationen, mobiler Klimadaten und mesoskaliger Modellrechnungen entnehmen lässt, bildet sich im Planungsgebiet „Milchpfad (O 70)“ und in dessen Umfeld durch die topographische Gliederung des Geländes (Wildgraben, Zahlbachtal) und die Flächennutzung (Bebauung, Gärten, Grünanlagen, Landwirtschaftsflächen etc.) ein ortsspezifisches Lokalklima aus. Dies dokumentiert sich einerseits in der von der Orographie abhängigen Verteilung der Lufttemperatur und andererseits im Strömungsgeschehen des Raumes, das bei klimarelevanten Strahlungswetterlagen nach Sonnenuntergang sowohl durch überregionale und regionale Luftströmungen als auch durch lokale Kaltluftbewegungen bestimmt wird.

Anhand der Lufttemperaturverteilung während durch Hochdruck beeinflusster Wetterlagen werden die Auswirkungen lokaler Faktoren auf das Klima deutlich erkennbar (siehe Kap. 4). Schwache Windbewegung und länger anhaltende Einstrahlung am Tag führen zu intensiver Erwärmung, ungehinderte Ausstrahlung bei Nacht hingegen zu intensiver Abkühlung der unteren Luftschichten.

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

Besonders im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten beeinflussen regionale / lokale Luftströmungen, deren Existenz auf die Kaltluftproduktion von größeren Freiraumgefügen und auf die Kaltluftbewegungen entlang der Ober- und Mittelterrasse zurückzuführen sind, in hohem Maße das Ventilationsgeschehen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld. Da diese Luftzirkulationen nur begrenzte horizontale und vertikale Reichweiten entwickeln, in ihrer Summenwirkung aber das Ventilationsgeschehen bei windschwachen, austauscharmen Wetterlagen wesentlich bestimmen, ist dem Erhalt ihrer stadtinternen Zugbahnen und zur Regeneration beitragender Grünflächen besondere Beachtung zu schenken.

Wie die Auswertungen der vorliegenden Klimadaten für das Planungsumfeld belegen, herrschen am Tag im Allgemeinen vermehrt südwestliche und nordöstliche bis östliche Windrichtungen vor, wobei im Bereich der Römersteine mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.0 – 2.3 m/s gemessen werden. Da die Wiesen im Bereich Römersteine auf Grund ihrer vergleichsweise geringen Oberflächenrauigkeit als Ventilationsflächen fungieren, die eine intensivierete Querbelüftung des Talzugs erlauben, ist im Bereich des Zahlbacher Steigs und entlang der Bretzenheimer Straße durch die örtliche Bebauung und den z.T. dichten Gehölzbestand mit mittleren Windgeschwindigkeiten von unter 2.0 m/s zu rechnen. Die bodennahe Belüftung ist demgemäß als gering bis mäßig einzustufen.

Im Verlauf von lokalklimatisch besonders relevanten Strahlungsnächten (Häufigkeit ca. 22% im Zeitraum 1981 – 2010) kommt es am Tag infolge intensiver Sonneneinstrahlung zu starker Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu starker Abkühlung der bodennahen Luftschichten mit intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen. Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist vermindert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Regional- und Lokalströmungen bestimmt, deren Existenz der Kaltluftbewegung über die Hänge und Täler sowie dem Luftdruckgefälle zwischen kühlerem Freiland und wärmerer Bebauung zu verdanken ist.

Die Auswertung der stationären Windmessungen von 2006 (ÖKOPLANA 2006) und der mesoskaligen Kaltluftabflusssimulationen von 2018 (ÖKOPLANA 2018) zeigen, dass sich in Strahlungsnächten entlang des Wildgrabens ein autochthoner Kaltluftstrom entwickelt, der vom Freiraumsystem südlich der A 60 gespeist wird. Die sich bodennah bewegende Kaltluft strömt dem Verlauf des Wildgrabens folgend und die Pariser Straße querend bis nach Zahlbach (Am Wildgraben). Die recht geringen Strömungsgeschwindigkeiten (Anteil extremer Schwachwinde unter 0.6 m/s: 49%) und Kaltluftmächtigkeiten von nur ca. 17 m bis max. 30 m weisen auf die Empfindlichkeit der Lokalströmung im Wildgraben gegenüber Strömungshindernissen (Bauwerke, dichtgestaffelte Gehölze etc.) hin.

Dies korrespondiert auch näherungsweise mit den Ergebnissen von PROF. KANDLER, der im Rahmen des Planungsprozesses zum Bebauungsplan „Schaftriebweg (B 73)“ auf die recht geringe Kaltluftmächtigkeit im Wildgraben und die kaltluftbremsende Wirkung von Bebauung und dichten Gehölzstrukturen hinweist. Der Bebauungsplan „Schaftriebweg (B 73)“ setzt daher nur Wohnbebauung in offener Bauweise (GRZ = 0.15 / GFZ = 0.2, **Abbildung 5.2**) fest, was eine Durchlässigkeit für bodennahe Kaltluftströmungen gewährleistet.

Die Sicherung von Landwirtschaftsflächen in Richtung Schülerpfad und von Gartenbauflächen entlang des Schaftriebwegs dient der Einbindung der Siedlungsflächen in die freie Landschaft, ohne die lokalen Kaltluftabflüsse gravierend zu behindern [vgl. STADT MAINZ (1989): Begründung zum Bebauungsplan „Schaftriebweg (B 73)“].

Im Bereich des Bebauungsplangebiets „Milchpfad (O 70)“ und im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 zeigen sich bei den Messungen im Sommer 2018 bis in eine Höhe von ca. 17 m Einflüsse lokaler Kaltluftbewegungen. Sie sind im Wesentlichen auf die Zufuhr von Kaltluft über den Wildgraben zurückzuführen, die zwischen Schaftriebweg und Mühlweg/Am Wildgraben in das Zahlbachtal einströmt. Die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluftbewegungen beträgt ca. 0.3 – 1.0 m/s. Oberhalb von 17 m dreht der Wind vermehrt zu großwetterlagenbedingten Richtungen. Damit ist ein deutlicher Windgeschwindigkeits- und Lufttemperaturanstieg verbunden. Zeitweise kann sich die über die Mittelterrasse nach Westen abfließende Kaltluft (Südwestwind, Mächtigkeit bis ca. 20 m) über die Bebauung von Bretzenheim hinweg bis zum Mühlweg durchsetzen und zusammen mit der Kaltluft aus dem Wildgraben die ortsspezifische Klimasituation bestimmen. Die Bebauung entlang der Straßenzugs Am Wildgraben auf Höhe der Grünfläche „Lindenmühle“ bildet allerdings bereits eine deutliche Barriere (siehe **Foto 1**), so dass die bodennah zufließende Kaltluft vermehrt über die Straßenzüge Am Wildgraben und Bretzenheimer Straße sowie über den Fuß- / Radweg Milchpfad nach Norden in die Bebauung von Zahlbach [B-Plangebiet „Milchpfad (O 70)“] vordringt.



Foto 1: Blick die Bebauung Am Wildbraben auf Höhe der Grünanlage Lindenmühle im Süden Fotoaufnahme: ÖKOPLANA 10/2018.

In Zahlbach kann die lokale Kaltluft die dortige, zumeist 2-geschossige (+DG) Bebauung zwischen Am Wildgraben und Milchpfad nur knapp überströmen. Die Einwirkung der Kaltluft in der örtlichen Bebauung ist daher vor allem von der Durchlässigkeit der Bebauungsstrukturen (= Gebäudeabstandsflächen) abhängig. Dichte Gehölzbestände, wie sie z.B. auf dem Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 anzutreffen sind (siehe **Foto 2**), wirken als Strömungshindernis.

Da die ortsspezifischen Kaltluftbewegungen über die örtliche Bebauung und das Untere Zahlbachtal bis zum Übergang zur Mainzer City (Kreuzungsbereich Untere Zahlbacher Straße / Saarstraße) das örtliche Ventilationsgeschehen mitbestimmen ist der Sicherung von Durchlüftungsachsen in der Bebauung zwischen Am Wildgraben und Milchpfad von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

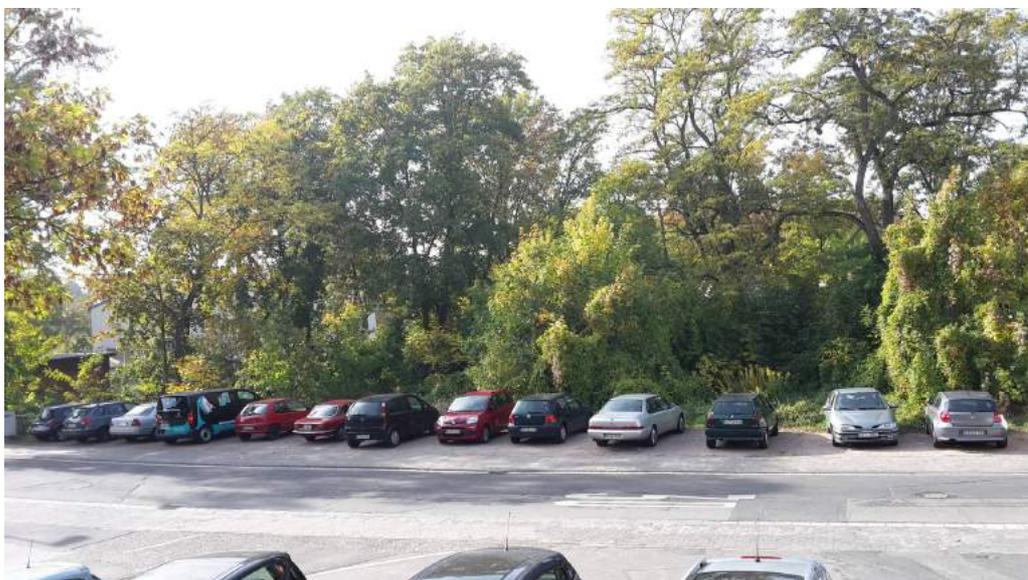


Foto 2: Blick auf den Parkplatz und Grünstrukturen im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182. Fotoaufnahme: ÖKOPLANA 10/2018.

Die thermische Gunstwirkung der örtlichen Kaltluftbewegungen spiegeln die Ergebnisse der durchgeführten Lufttemperaturmessfahrten von 2018 wider.

Die niedrigsten Lufttemperaturen (13.3°C) werden in der ersten Nachthälfte im Wildgraben über den dortigen Wiesenflächen registriert. Die über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen sich bildende Kaltluft sorgt örtlich für eine intensive nächtliche Abkühlung.

Markante Kaltlufteinwirkbereiche mit Lufttemperaturen unter 16.0°C sind auch entlang der Wildgraben-begleitenden Straßenzüge Schaftriebweg im Nordosten und Mühlweg/Alfred-Mumbächer-Straße im Südwesten zu identifizieren.

Eine örtlich bedeutsame Kaltluftquelle stellen zudem die Grünflächen im Bereich Lindenmühle dar. Über den Wiesen werden gegen 21:30 Uhr Lufttemperaturen von 13,6°C gemessen.

Die über den Wildgraben in Richtung Bretzenheimer Straße abfließende Kaltluft macht sich im Bereich des Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 thermisch positiv bemerkbar. Zwischen der Kindertagesstätte Zahlbach und der Vereinsturnhalle TV Mainz Zahlbach 1862 e.V. zeigen sich Lufttemperaturen zwischen ca. 15.0 und 16.0°C.

Im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ steigt die Lufttemperatur entlang der Bretzenheimer Straße bis auf ca. 17.8°C an, während an dessen Ostrand (Milchpfad) Werte von ca. 15.0 – 16.4°C zu registrieren sind. Dies offenbart die thermische Gunstwirkung großzügiger Hausgärten gegenüber den dichter bebauten Grundstücken entlang der Bretzenheimer Straße (siehe **Foto 3**).



Foto 3: *Dichte Bebauung entlang der Bretzenheimer Straße im B-Plangebiet „Milchpfad (O 70)“.* Fotoaufnahme: ÖKOPLANA 10/2018.

Zu Beginn der zweiten Nachthälfte (00:00 Uhr) beträgt die max. Lufttemperaturdifferenz zwischen dem kühlen Freiraumgefüge Wildgraben und dem Grundstück Flur 18, Flurstück 182 ca. 1.6 K. Im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ zeigen sich gegenüber dem Wildgraben um bis zu ca. 3.4 K höhere Lufttemperaturen.

Die vorwiegend aus dem Wildgraben zuströmende Kaltluft forciert die nächtliche Abkühlung (= bioklimatischer Positiveffekt) im Bebauungsplangebiet „Milchpfad (O 70)“ wobei nicht nur die strömungsparallelen Straßenzüge (Bretzenheimer Straße, Milchpfad und Am Wildgraben) bedeutsame Kaltluftzugbahnen sind, sondern auch die Hausgärten in der Hangzone zwischen Bretzenheimer Straße und Milchpfad, die zugleich kühle „Trittsteine“ bilden. Ein prägnantes Aufzehren der Kaltluft in Richtung Römersteine wird somit unterbunden.

Die im Bebauungsplan „Bretzenheimer Straße (Z 71)“ festgesetzten nicht überbaubaren Grundstücksflächen (siehe **Abbildung 5.1**) sind somit als Teil stadtklimatisch bedeutsamer Gunsträume einzustufen.

Wie in Kap. 4.1 angeführt, ist im Raum Mainz im Zuge des globalen Klimawandels in den nächsten Jahrzehnten mit einer deutlichen Zunahme bioklimatisch belastender heißer Tage zu rechnen. Der Sommer 2018 offenbarte bereits die bestehende Tendenz. Im Zuge einer vorausschauenden Stadtentwicklungsplanung ist es daher zu begrüßen, dass die LANDESHAUPTSTADT MAINZ mit dem Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“ insbesondere entlang des Milchpfads ergänzende Regelungen zur Vermeidung einer baulichen Nachverdichtung (detaillierte Festsetzung der GRZ und GFZ) und zur Beschränkung der max. baulichen Höhe der Bebauung mittels festgesetzter Trauf- und Firsthöhe (z.B. $TH_{\max} = 4$ m, $FH_{\max} = 7$ m) festschreibt.

Mit der Ergänzung der Baugrenzen im Bereich des Zahlbacher Steigs wird die Durchströmbarkeit der Bebauung parallel und senkrecht zum begleitenden Hang langfristig gesichert.

In den MI-/WB-Gebieten entlang der Bretzenheimer Straße wäre aus klimaökologischer Sicht zusätzlich zu empfehlen, dass bei möglichen Neubauten (z.B. nach Abrisse einer vorhandenen Bebauung), vor allem bei Nebengebäuden wie Garagen oder Werkstatt-/Bürobauten, extensive Dachbegrünungen festgesetzt werden, um zusätzliches thermisches Gunstpotenzial in der verdichteten Bebauung zu generieren.

Die öffentlichen Grünflächen östlich des Milchpfads (Treppenaufgang zur Anabergstraße, Hangzone parallel zum Milchpfad) sind dauerhaft als bebauungsinterne, klimaökologisch wirksame Ausgleichsräume zu sichern (Funktionen: Bioklimatischer Erholungs-/Gunstraum an Sommertagen, nächtliche Kaltluftproduktionsflächen, Belüftungsbahnen). Damit wird den Empfehlungen des DEUTSCHEN STÄDTETAG (siehe Kap. 1) gefolgt, die eine Sicherung klimarelevanter Kaltluftentstehungsflächen und Kaltluftzugbahnen anmahnen.

Gleiches gilt für die im Bebauungsplan „Schaftriebweg (B 73)“ festgesetzten Garten- und Landwirtschaftsflächen. Sie stellen sich stadtklimatisch als hoch bedeutsam einzustufende Kaltflutleitbahnen und Belüftungsachsen dar.

Das Grundstück Flur 18, Flurstück 182 liegt aktuell nicht im Geltungsbereich des „O 70“. Klimaökologisch kommt dem Grundstück als Übergang von Freiland zum Siedlungskörper eine hohe Bedeutung zu.

Das Grundstück ist von der Bretzenheimer Straße und dem betonierten Bachlauf des Wildgrabens (siehe **Foto 4**) begrenzt und größtenteils dicht mit Gehölzen bewachsen (siehe **Foto 2**). Es befindet sich am unmittelbaren Übergang des Wildgrabens in das Zahlbachtal.

Wie bereits o.a. erreichen die hier einwirkenden lokalen Kaltluftabflüsse vertikale Mächtigkeiten von ca. 17 m. Während ausgeprägter Strahlungswetterlagen mit schwachen Gradientwinden sind auch vertikale Mächtigkeiten bis ca. 30 m möglich (siehe **Abbildung 17.2**). Anhand der Ergebnisse der Fesselballonaufstiege vom 11./12.09.2018 in der Bretzenheimer Straße wird ersichtlich, dass die abkühlende Wirkung der lokalen Kaltluft besonders zwischen 0 und 17 m ü.G. wirksam ist. Zwischen 17 und 20 m ü.G. steigt die Lufttemperatur um ca. 1.1 K an, was die Einwirkung der wärmeren Höhenluft belegt.

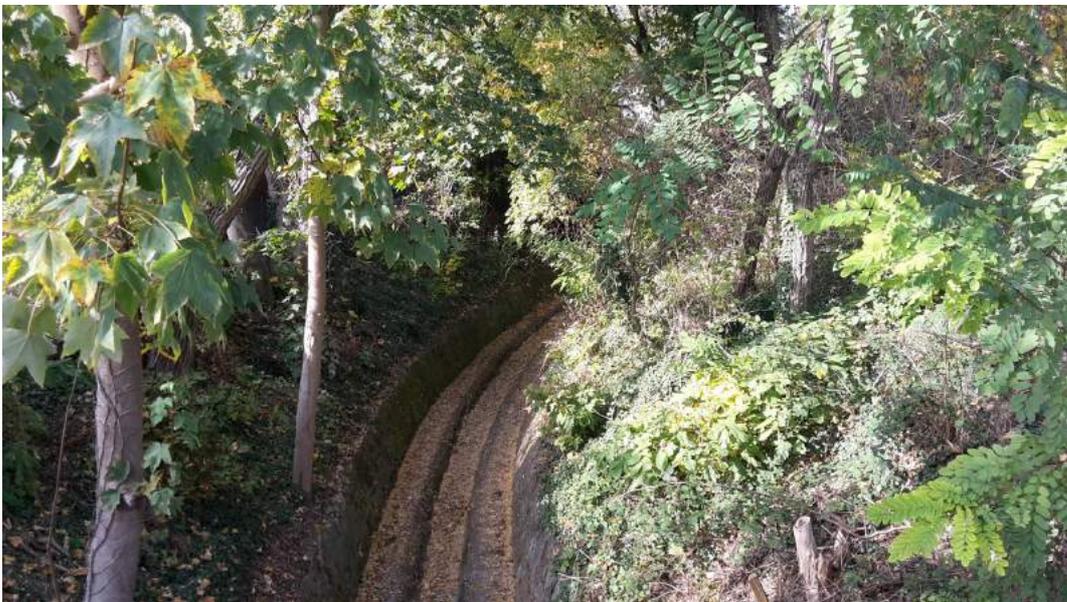


Foto 4: Wildgrabenbach im Bereich des Grundstück Flur 18, Flurstück 182.
Fotoaufnahme: ÖKOPLANA 10/2018.

Die Gehölze im Planungsgebiet wirken an Sommertagen einer übermäßigen Aufheizung der Fläche entgegen und dienen auch der Frischluftentstehung und Luftschadstofffilterung (z.B. Feinstäube), was angesichts der benachbarten Kita von Bedeutung ist. In den Nachtstunden bilden die Gehölze zwar ein Strömungshindernis für örtlich abfließende Kaltluft, tragen jedoch zugleich örtlich zur Kaltluftentstehung bei (siehe Kap. 2, **Tabelle 1**).

Bei einer baulichen Inanspruchnahme des Grundstücks ist daher zu fordern, dass sich die strömungsdynamischen und thermischen Umgebungsbedingungen nicht entscheidend verschlechtern. Dies würde die Festsetzungen in den Bebauungsplangebieten „Milchpfad (O 70) und „Schaftriebweg (B 73)“ konterkarieren.

Es wird empfohlen zu prüfen, inwieweit das Grundstück Flur 18, Flurstück 182 nach § 34 (BauGB („Zulässigkeit von Vorhaben innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile“) einer Bebauung zugeführt werden kann.

Sofern eine Gebäudehöhe von mehr als 4 m möglich ist, wird empfohlen das Flurstück in den „O 70“ zu integrieren und die Baurechte im Bebauungsplan zu regeln.

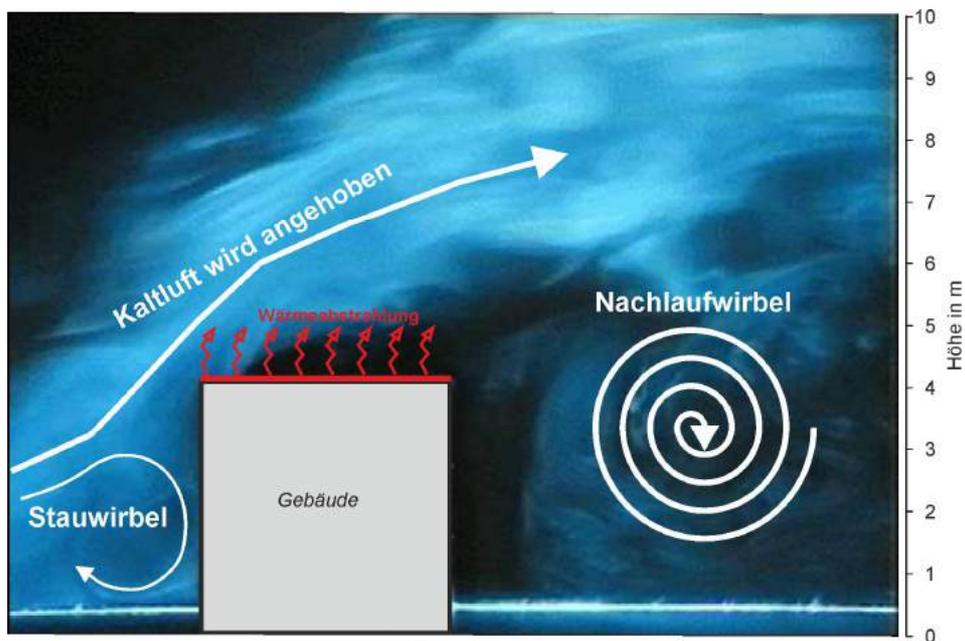
Wie **Grafik 2** anhand von Rauchschwadenbeobachtungen im Windkanal dokumentiert, wird Kaltluft vor einem Gebäude angehoben, wobei sich im Luv Stauwirbel und im Lee Nachlaufwirbel ausbilden.

Bei einer ca. 1-geschossigen Bebauung wird die Kaltluft um ca. 6 – 8 m angehoben (~ doppelte Bauwerkshöhe). Wie anhand der Ergebnisse der vertikalen Lufttemperaturmessungen im Rahmen von Fesselballonaufstiegen gezeigt werden kann, gelangt die bodennah zuströmende Kaltluft dadurch in wärmere Luftschichten. Die Kühlwirkung der Lokalströmung wird reduziert, wobei zusätzlich die „warme Dachfläche“ negativ wirkt.

Damit die aus dem Wildgraben und dem Bereich Lindenmühle zuströmende Kaltluft möglichst ohne zusätzlichen Kaltluftvolumenverlust in das Zentrum der Zahlbachbebauung entlang der Bretzenheimer Straße einfließen kann, ist auf dem Grundstück allenfalls eine 1-geschossige Bebauung (max. Gebäudehöhe ca. 4 m) entsprechend der bestehenden Kita in nordwestlicher Nachbarschaft vorstellbar. Damit wird die zuströmende Kaltluft nicht über die Kaltluftobergrenze von ca. 17 m angehoben. Mit einer zusätzlichen Dachbegrünung kann die Wärmeabstrahlung minimiert werden, so dass die lokal zuströmende Kaltluft ihre Kühlwirkung weitgehend beibehält.

Die GRZ sollte ein Maß von 0.4 nicht überschreiten, um noch Raum für grünordnerische Maßnahmen zu sichern. Der alte Baumbestand am Bachlauf ist möglichst zu sichern.

Werden im Rahmen des stadtplanerischen Abwägungsprozesses auf dem Grundstück Flur 18, Flurstück 182 Baumaßnahmen in Erwägung gezogen, sollten die o.a. Planungshinweise Beachtung finden.



Grafik 2: Aufgleiten und Verwirbelung von Luftmassen im Bereich von Gebäuden. Ergebnis von Winkanalsimulationen (© Prof. Bodo Ruck, KIT – Institut Hydromechanik, Arbeitsgruppe Gebäude- und Umweltaerodynamik)

Burst

.....
gez. Achim Burst (Dipl.-Geogr.)
ÖKOPLANA

Mannheim, den 29.10.2018

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn

DEUTSCHER STÄDTETAG (2012): Positionspapier Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte. Köln.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2017): Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Berichte des Dt. Wetterdienstes Nr. 249. Offenbach a. M.

FRIEDRICHS, J. ET AL. (2014): Klimaanpassung in Kommunen und Regionen – eine Praxishilfe des Umweltbundesamtes. In: UVP-Report 28 (3 + 4). Hamm. S. 133 - 138

GEO TOP 1992: Klimagutachten westlicher Freiraum Mainz. Mainz.

KANDLER, O. 1975: Bericht zum Flächennutzungsplan als integrierte Gesamtplanung der Stadt Mainz – Bioklimatische Analyse. Mainz.

LFUG RHEINLAND-PFALZ 1989: Stadtklima Mainz. Hrsg. Stadt Mainz. Mainz.

ÖKOPLANA 1991: Klimaökologische Analyse im westlichen Stadtgebiet von Mainz unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens.

ÖKOPLANA 2000: Vertiefende Untersuchung klimaökologischer Funktionsabläufe im Zuge der geplanten Steinbruchfortentwicklung Laubenheim-Süd der Heidelberger Zement AG. Mannheim.

ÖKOPLANA 2001: Vertiefende Untersuchung klimaökologischer Funktionsabläufe in Mainz-Marienborn – Bebauungsplan „Hinter den Wiesen“. Mannheim.

ÖKOPLANA (2006): Klimagutachten zum Bebauungsplan „Römersteine (O 57)“. Mannheim.

ÖKOPLANA (2010): Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Mannheim.

ÖKOPLANA (2018): Klimagutachten zum Bebauungsplan „Wohnpark Hildegardis“ in der Landeshauptstadt Mainz. Mannheim.

STADT MAINZ (1989): Begründung zum Bebauungsplan „Am Schaftriebweg (B 73)“. Mainz.

STADT MAINZ 1995: Umweltbericht 1994. Teil „Stadtklima“ Mainz.

Internetinformationen:

<http://www.dwd.de> ; <http://www.klimafolgenonline.de> ; <http://www.mainz.de> ;
<http://www.blogs.uni-mainz.de>

Abb. 1 Lage der Bebauungsplangebiete „Milchpfad (O 70)“ und „Am Schaftriebweg (B 73)“ sowie des unbebauten Grundstücks Flur 18, Flurstück 182 im Stadtgebiet von Mainz



Planungsgebiete

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



M.:
0 200 800 m

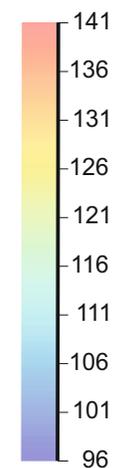
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

ÖKOPLANA

Abb. 2 Reliefsituation im Bereich der Bebauungsplangebiete „Milchpfad (O 70)“ und „Am Schaftriebweg (B 73)“ sowie im Bereich des unbebauten Grundstücks Flur 18, Flurstück 182



Geländehöhe in m ü. NN



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



Grundlagenkarte und DGM_5 bereitgestellt von:
Landeshauptstadt Mainz

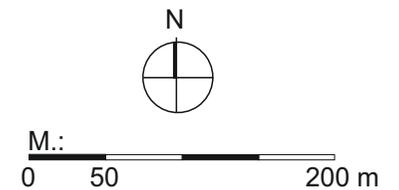
Abb. 3 Luftbild von den Planungsgebieten



Luftbild bereitgestellt von:
Grün- und Umweltamt der
Landeshauptstadt Mainz

 Planungsgebiete

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



**Abb. 4 Fotografische Dokumentation,
Parkplatz im Bereich der Flur 18, Flurstück 182 und Grünanlage am Treppenaufgang zur Annabergstraße**



1 Öffentlicher Parkplatz Bretzenheimer Straße
Blickrichtung nach Südwesten



2 Öffentlicher Parkplatz Bretzenheimer Straße
Blickrichtung nach Westen



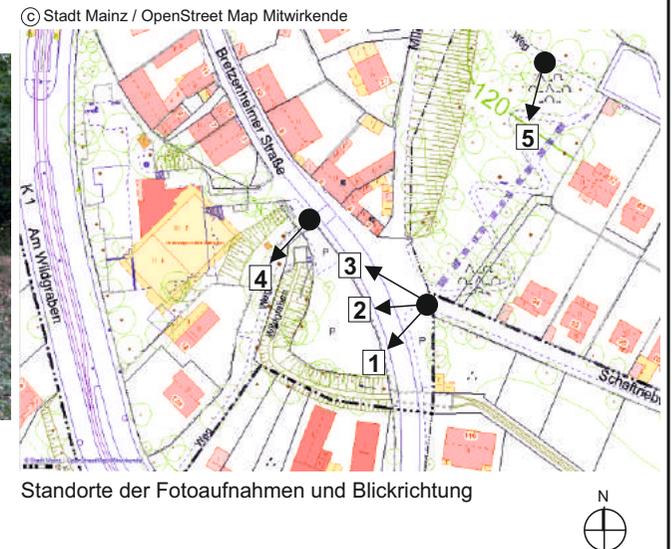
3 Öffentlicher Parkplatz Bretzenheimer Straße
Blickrichtung nach Nordwesten



4 Fuß-/Radweg am Wildgraben
Blickrichtung nach Südwesten



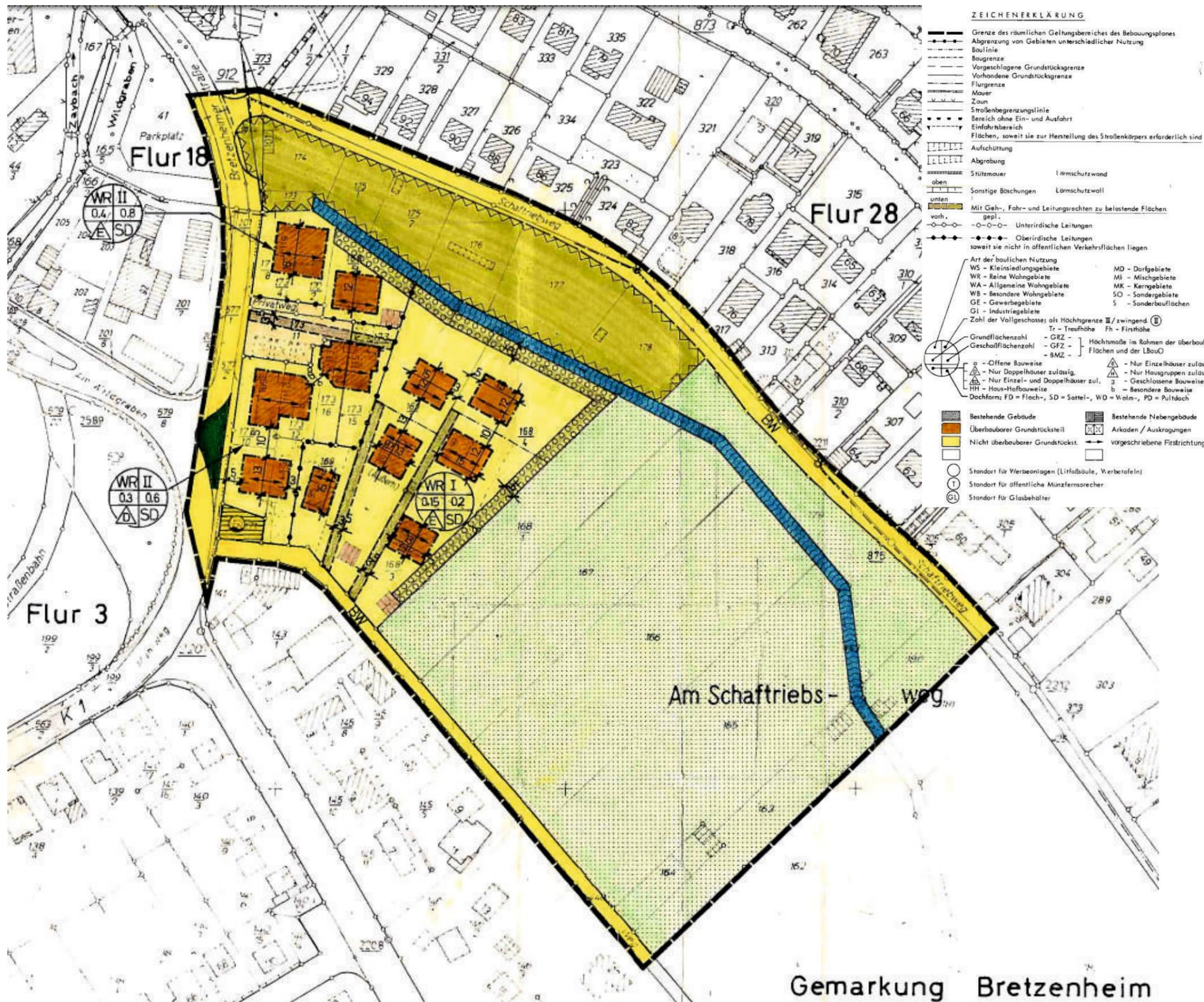
5 Grünanlage am Treppenaufgang zur Annabergstraße
Blickrichtung nach Südsüdwesten



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA 08/2018

Abb. 5.2 Bebauungsplan „Schafftriebweg (B 73)“, Stand: 18.04.1990



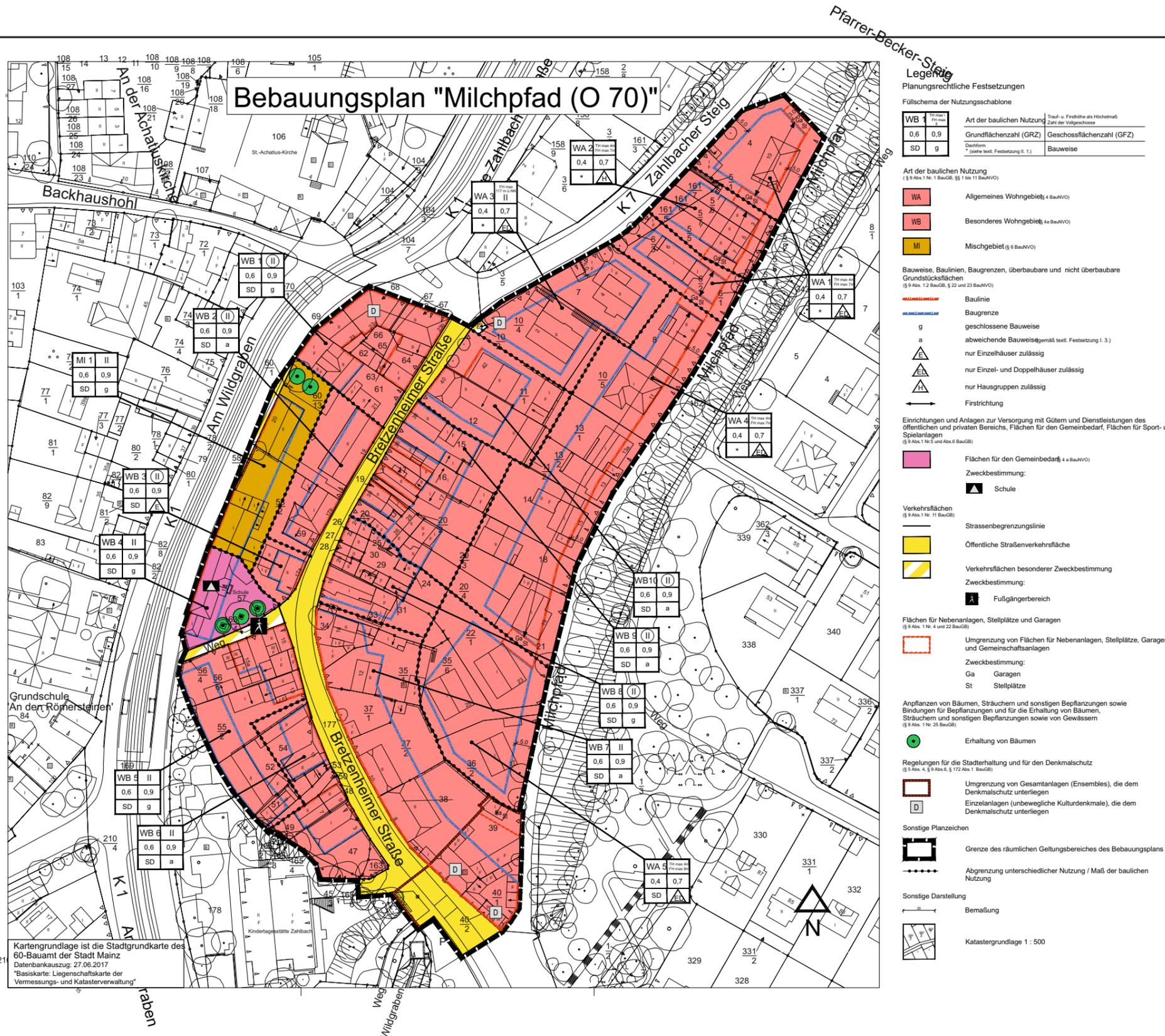
Grafik bereitgestellt von:
Grün- und Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



Abb. 6 Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“, Stand: 13.07.2018



Kartengrundlage ist die Stadtgrundkarte des 60-Bauamt der Stadt Mainz
Datenbankauszug: 27.06.2017
"Basiskarte: Liegenschaftskarte der Vermessungs- und Katasterverwaltung"

Grafik bereitgestellt von:
Grün- und Umweltamt der Landeshauptstadt Mainz

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

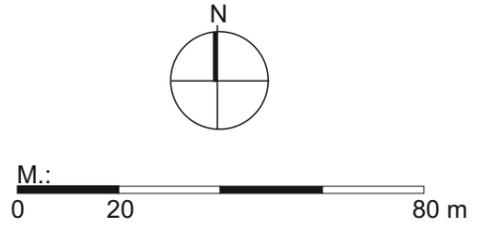
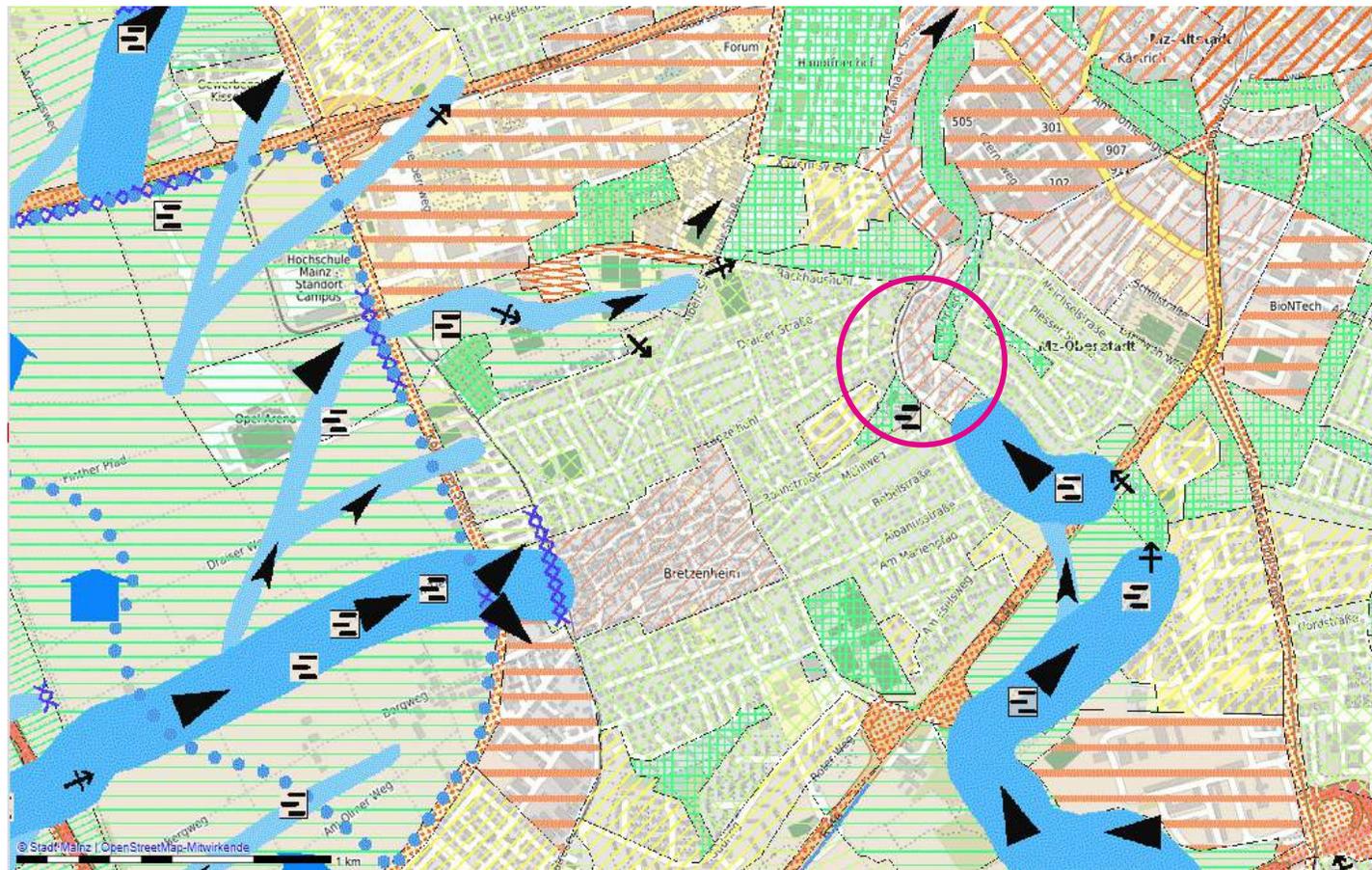


Abb. 7.1 Kartenausschnitt - Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz



Grafik aus: www.mainz.de

 Lage des Untersuchungsgebiets

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



Abb. 7.2 Legende - Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Mainz

Datenquelle: www.mainz.de

Klimafunktionsräume

Klimafunktionsräume von höchster Wertigkeit mit sehr hoher Ausgleichswirkung

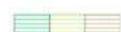
-  Ventilationsbahn, regional
-  Ventilationsbahn, lokal
-  Gewässerklima

Klimafunktionsräume von sehr hoher Wertigkeit mit sehr hoher Ausgleichswirkung

-  Waldklima
-  Auenklima, Feuchtbereiche
-  Parkklima

Klimafunktionsräume von hoher Wertigkeit mit sehr hoher/hoher/mäßiger Ausgleichswirkung

Im Außenbereich

-  Hangbereiche, geringe Grünmasse
-  Hangbereiche, hohe Grünmasse
-  Ebene/Hochfläche, geringe Grünmasse
-  Ebene/Hochfläche, hohe Grünmasse

Im Innenbereich

-  Stadtrand-/Ortsrandklima geringe Baumasse, hohe Grünmasse
-  Stadtrand-/Ortsrandklima hohe Baumasse, hohe Grünmasse
-  Klima großer Sport- und Freizeitanlagen

Klimafunktionsräume von mittlerer Wertigkeit mit geringer Ausgleichswirkung

-  Weinbergklima
-  Sand- u. Aufbauflächenklima

Klimafunktionsräume von geringer Wertigkeit mit gering bis stark belastendem Klima

-  Stadtrand-/Ortsrandklima hohe Baumasse, geringe Grünmasse
-  Klima von Gleisanlagen
-  Stadtrand-/Ortsrandklima
-  Innenstadtklima
-  Cityklima
-  Gewerbeklima
-  Industrieklima
-  Klima bes. Großparkplätze
-  Klima der Hauptverkehrsachsen

Ventilation

 Kaltluftabfluss, regional

 Kaltluftabfluss, lokal

 Kaltluftabfluss, flächenhaft

 Ventilationsbahn, unterbrochen

 Zeitweilige Luftstagnation

 Kaltluftstau

 Abgrenzung Kaltlufteinzugsgebiet

 Abgrenzung Ventilationsbahn, variabel

 Kaltluftsee herausragende Bedeutung

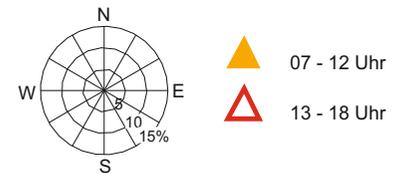
 Baublöcke

 Stadtgrenze

Projekt:

Klimaökologische Stellungnahme zum Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“ in der Landeshauptstadt Mainz

**Abb. 8.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit
Zeitraum: März - Juli 2006, alle Tage - Tagsituation**



4.2 | 3.3
Mittlere Windgeschwindigkeit in m/s
1. TH / 2. TH

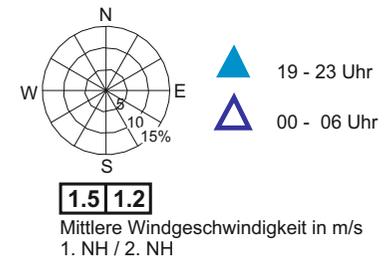
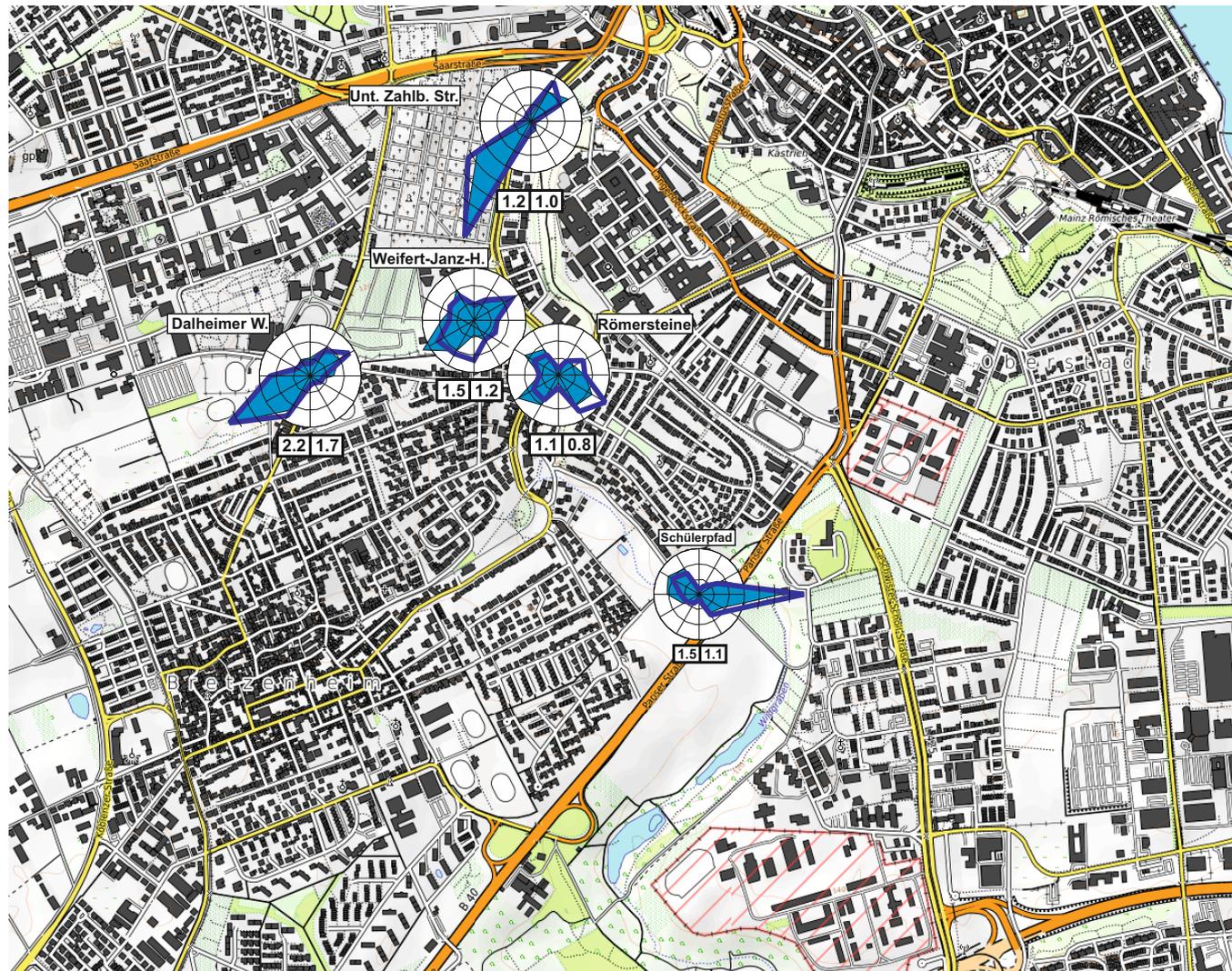


Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

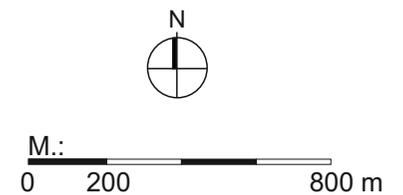


M.:
0 200 800 m

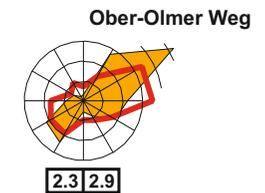
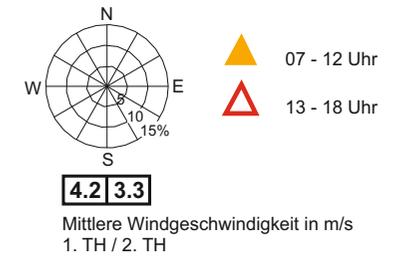
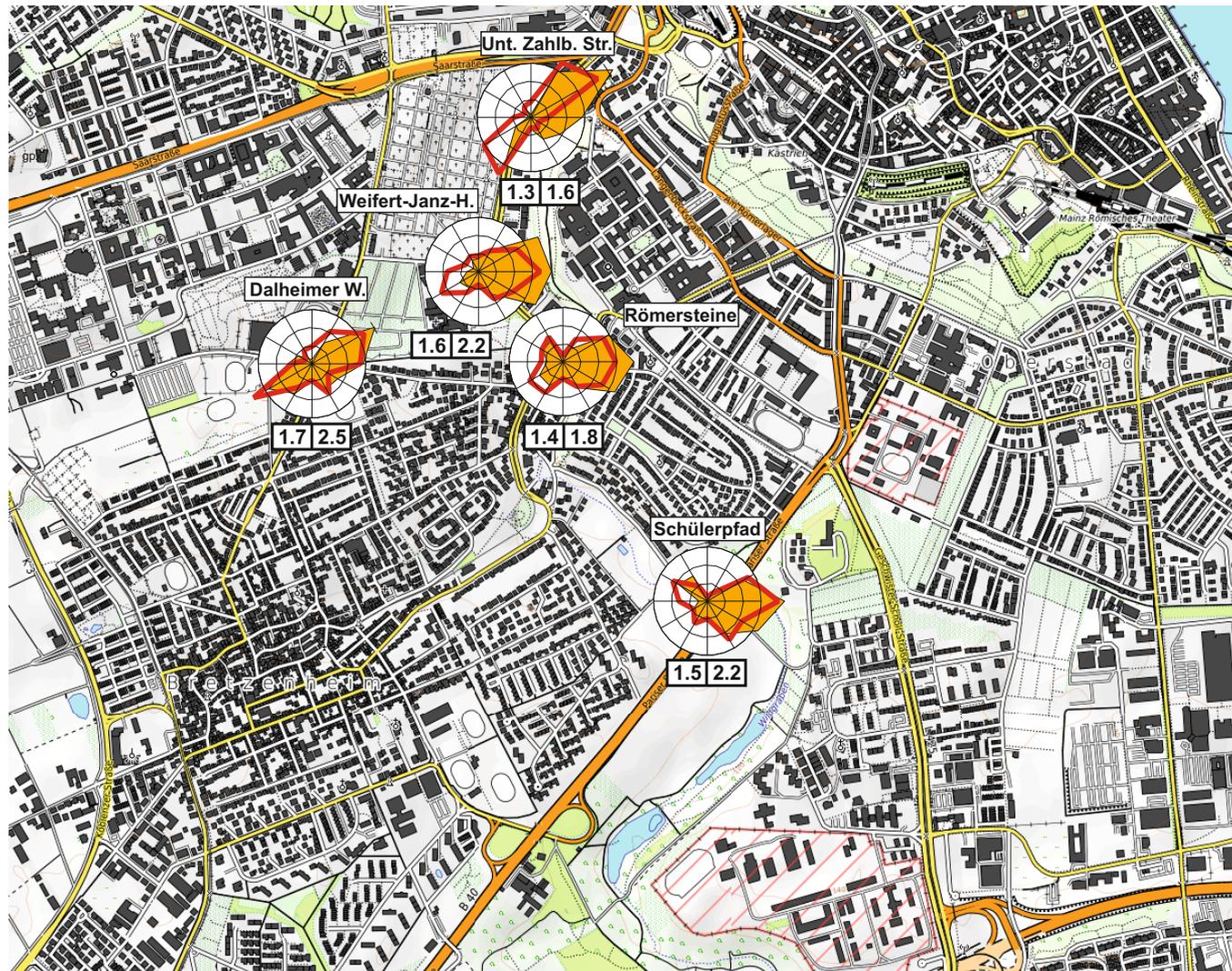
**Abb. 8.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit
Zeitraum: März - Juli 2006, alle Tage - Nachtsituation**



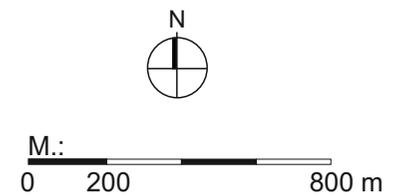
Projekt:
 Klimaökologische Stellungnahme zum
 Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
 in der Landeshauptstadt Mainz



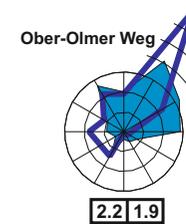
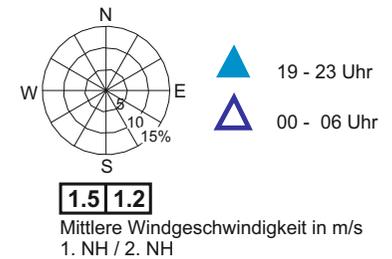
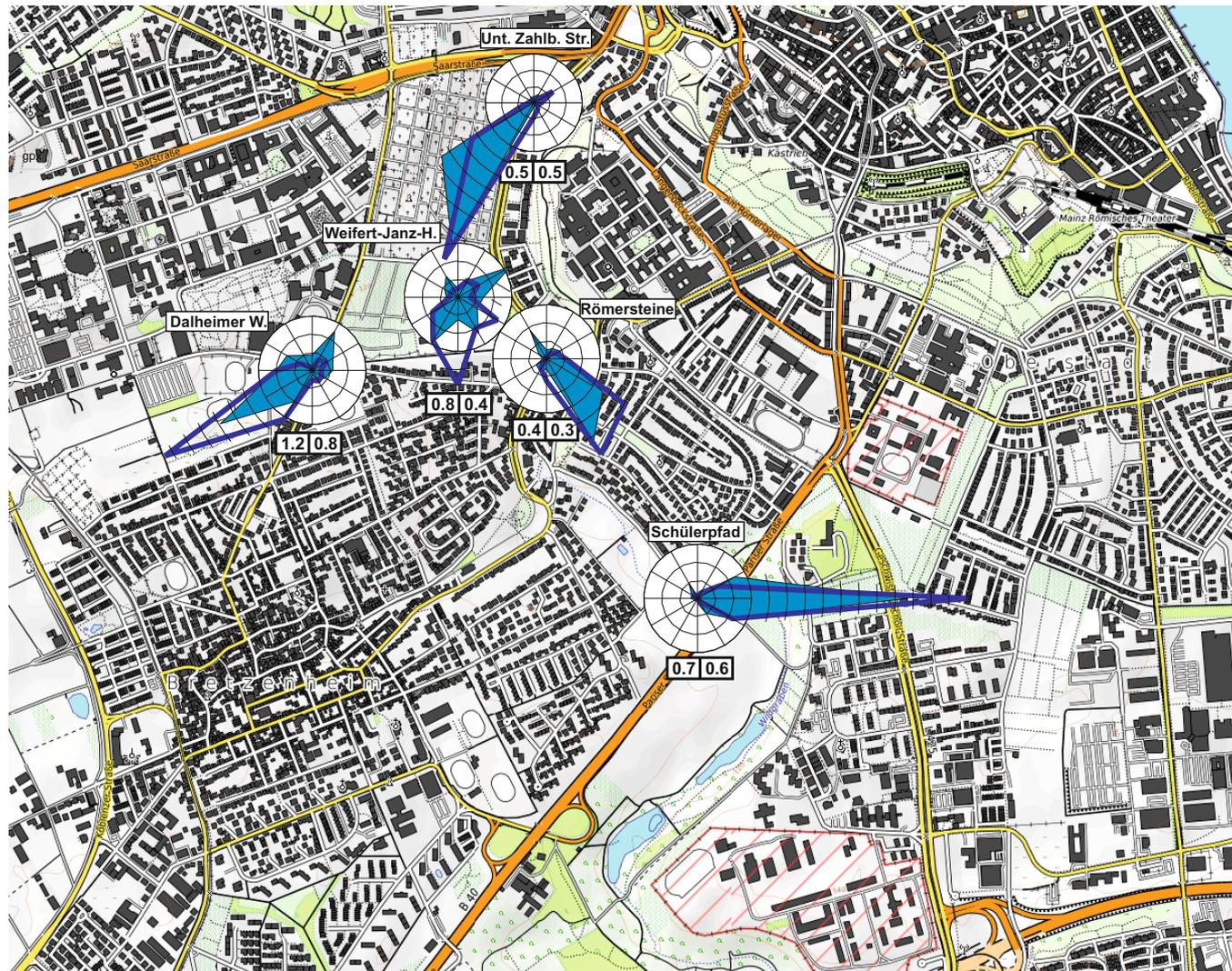
**Abb. 9.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit
Zeitraum: März - Juli 2006, Strahlungstage - Tagsituation**



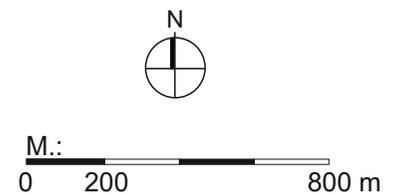
Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



**Abb. 9.2 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit
Zeitraum: März - Juli 2006, Strahlungstage - Nachtsituation**



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



Kartendaten: © [OpenStreetMap](#)-Mitwirkende, [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Abb. 10 Fotografische Dokumentation - Fesselballonaufstiege am 11./12.09.2018

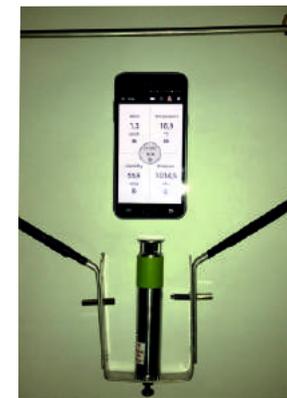
Standort Bretzenheimer Straße



Standort Schülerpfad



Messgerät am Fesselballon
(Skywatch BL)



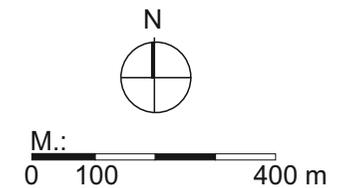
Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“ der
Landeshauptstadt Mainz

Abb. 11 Standorte der Fesselballonaufstiege am 11./12.09.2018 und 03./04.07.2006



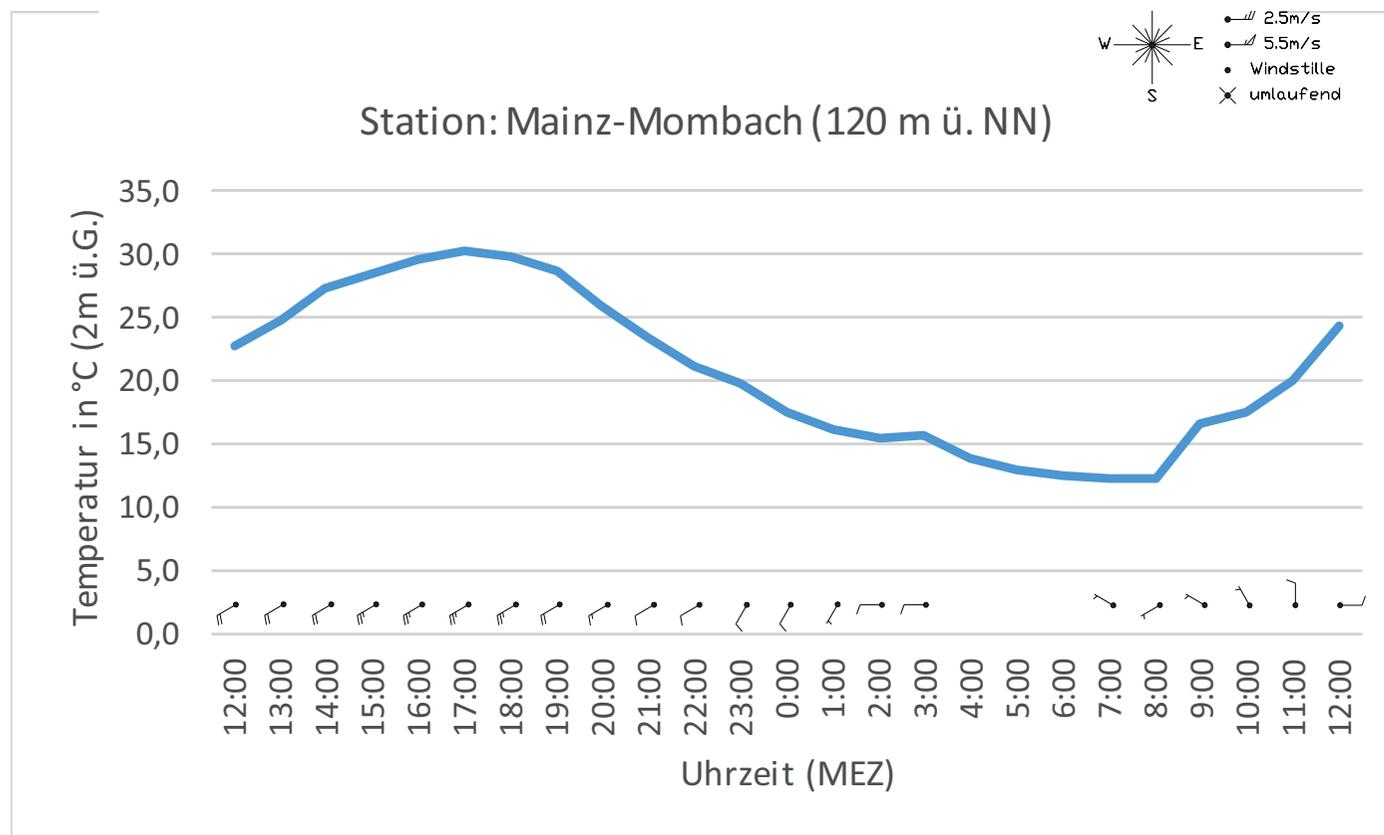
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



ÖKOPLANA

**Abb. 12 Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 11.-12.09.2018
ZIMEN-Luftmessstation Mainz-Mombach**



Datenquelle: www.luft-rlp.de

Messstationslage Mz.-Mombach:
Dr.-Falk-Weg, 120 m ü.NN

Foto: ÖKOPLANA



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

Abb. 13.1 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege vom 11./12.09.2018 - Standort Schülerpfad

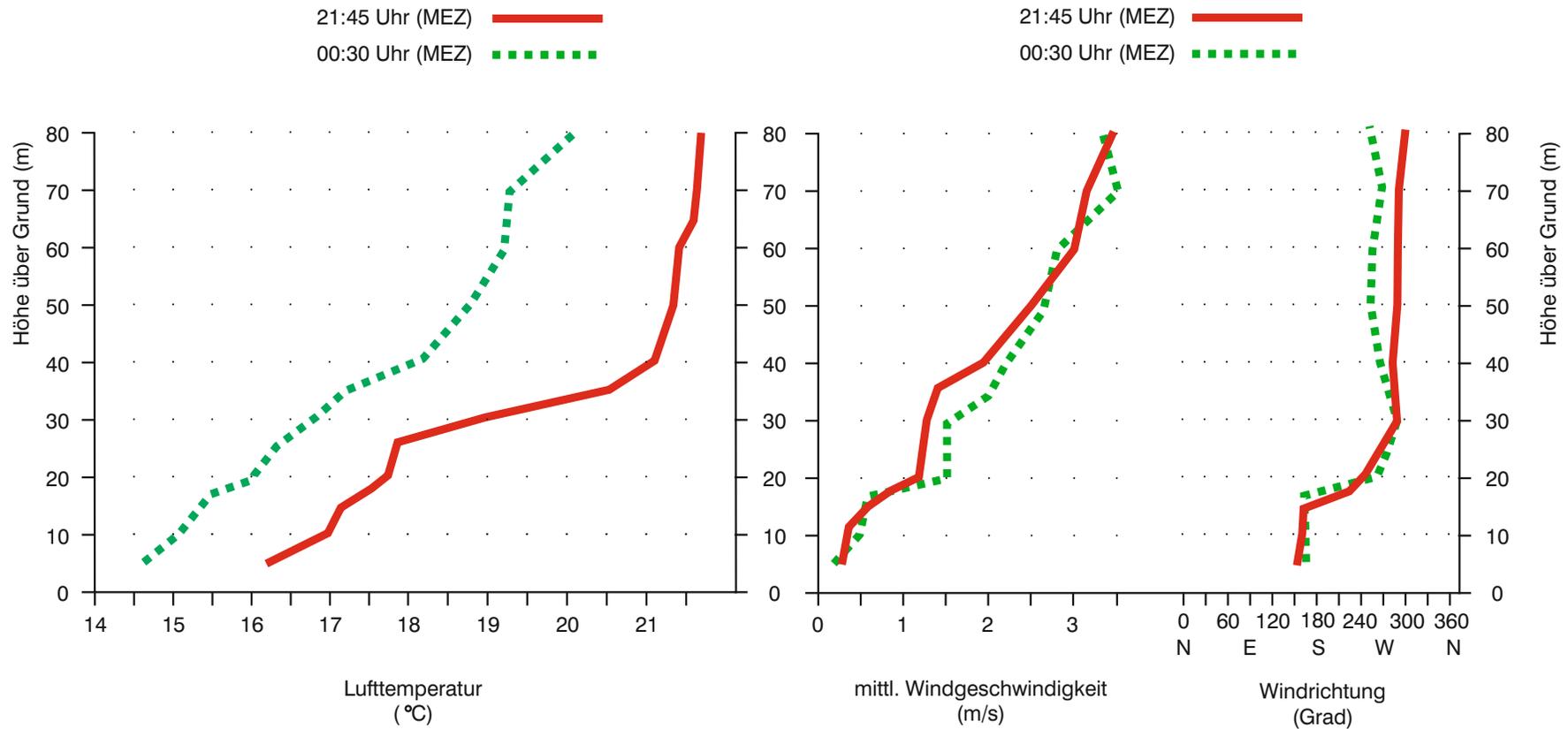


Abb. 13.2 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege vom 11./12.09.2018 - Standort Bretzenheimer Straße

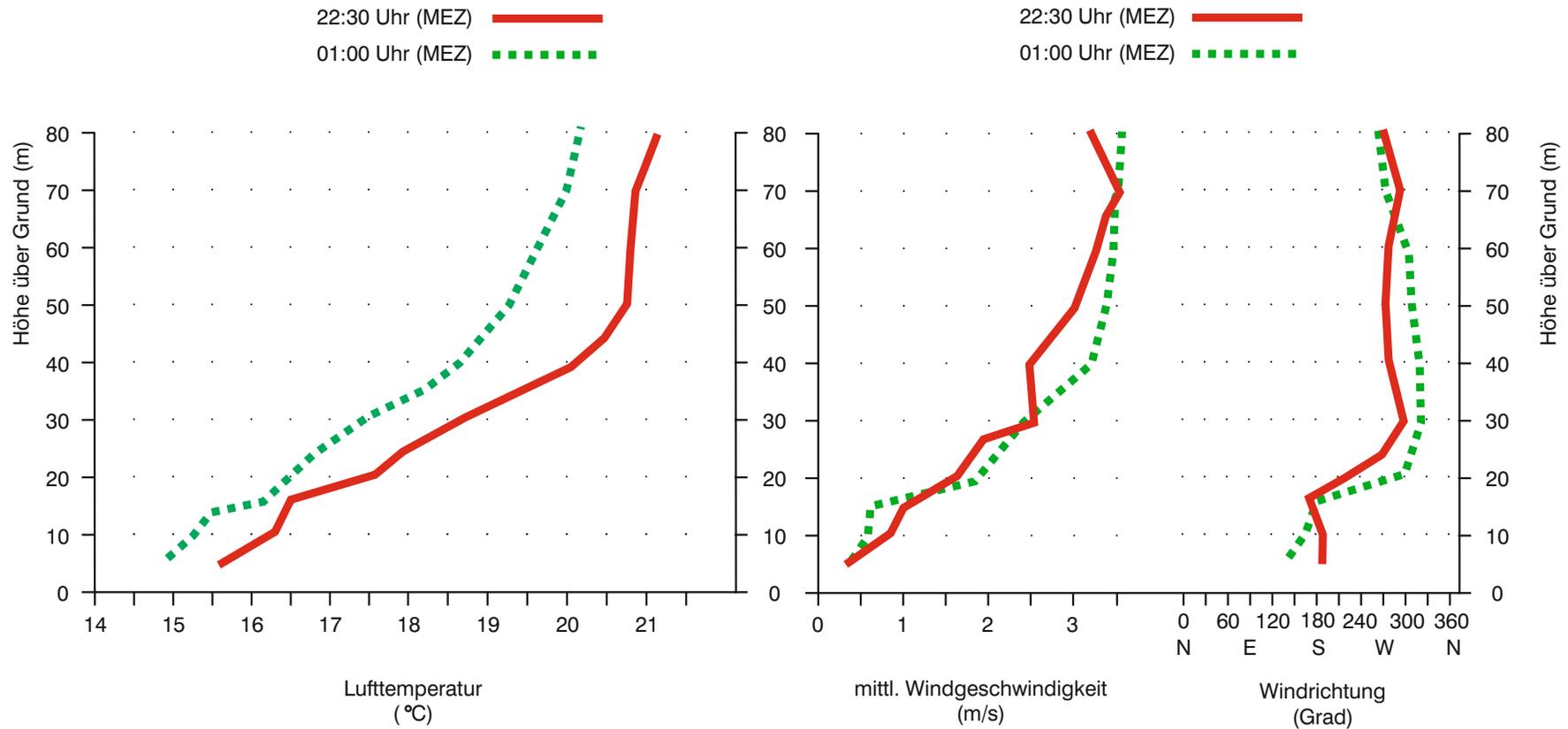


Abb. 13.3 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege vom 11.09.2018 - Standort Mühlweg

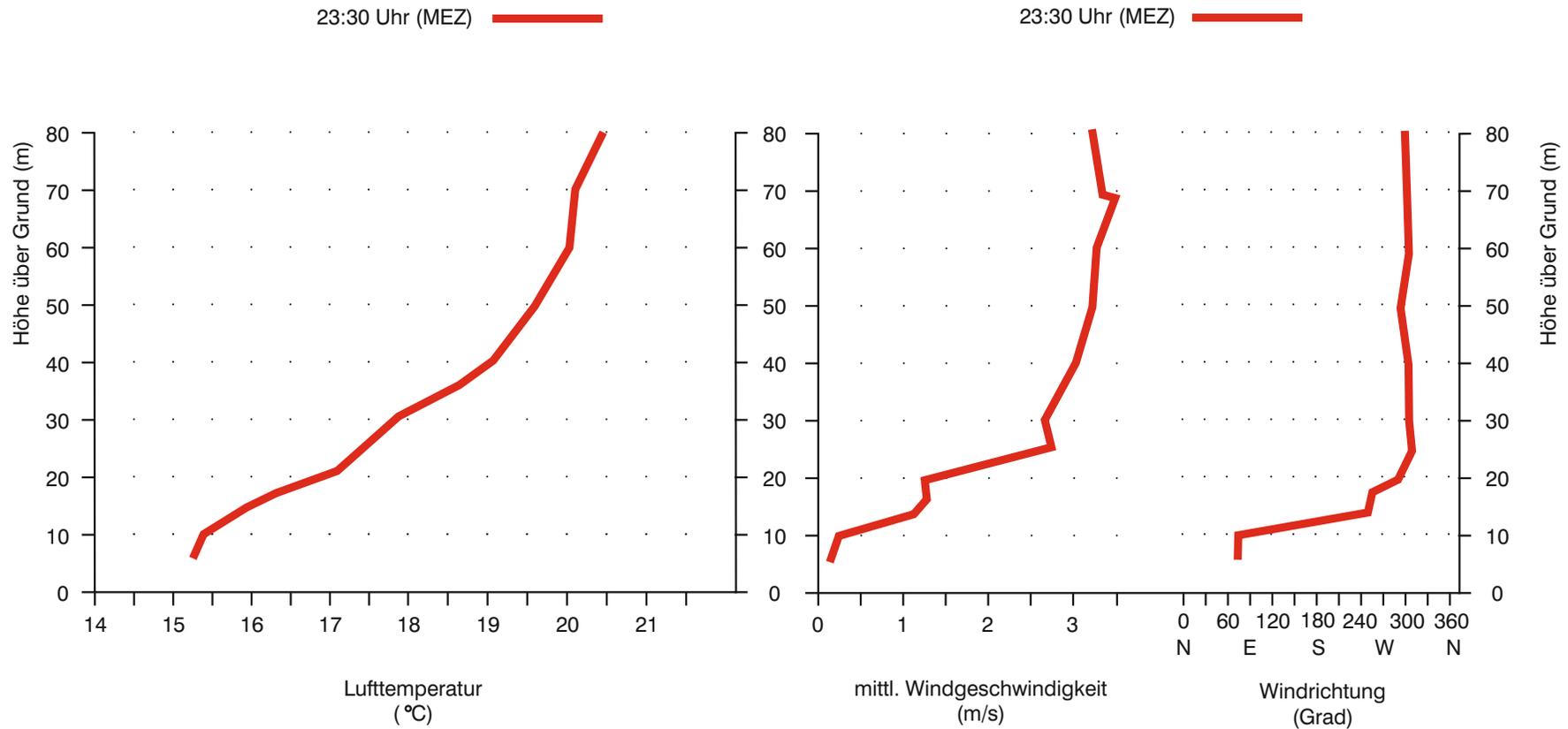
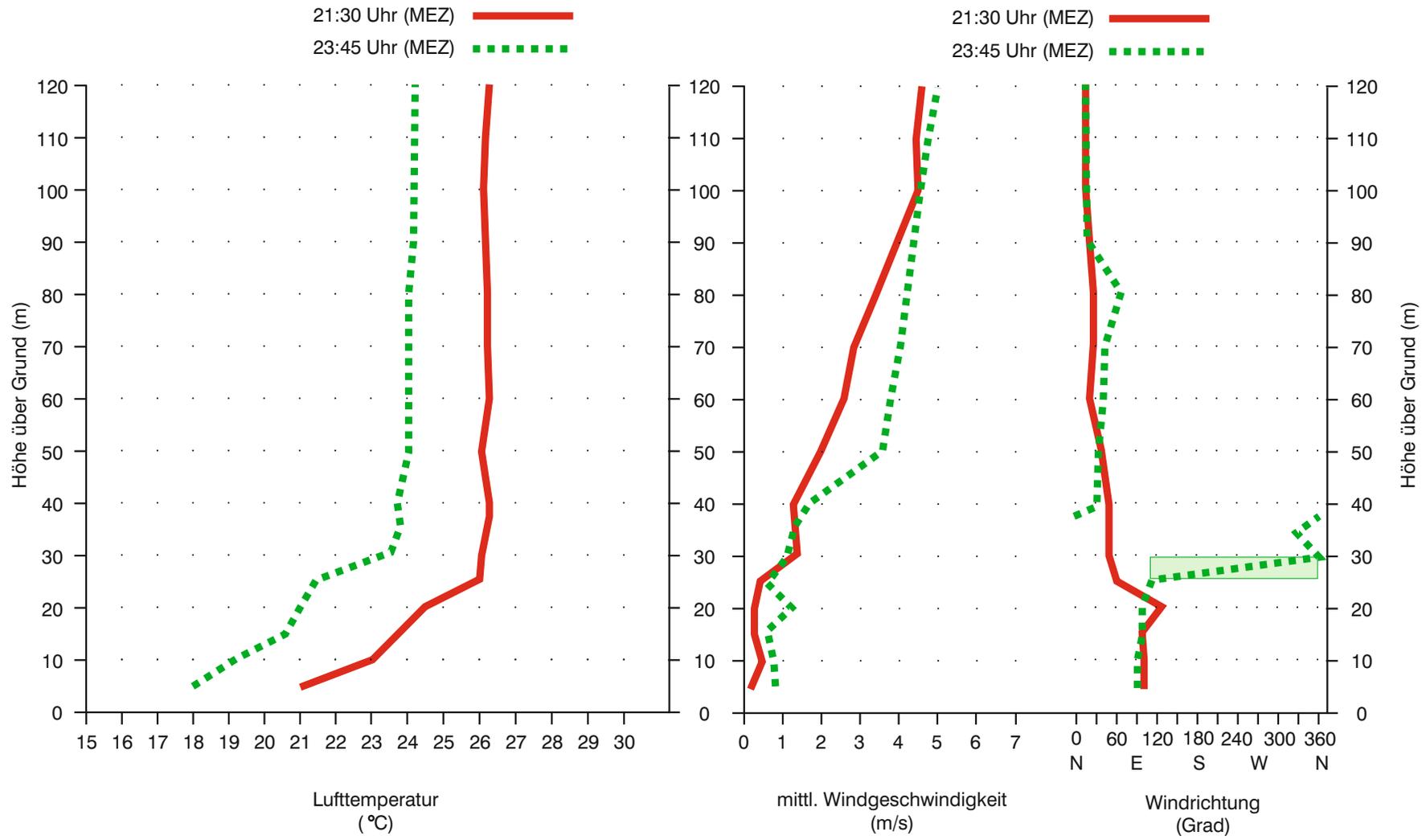


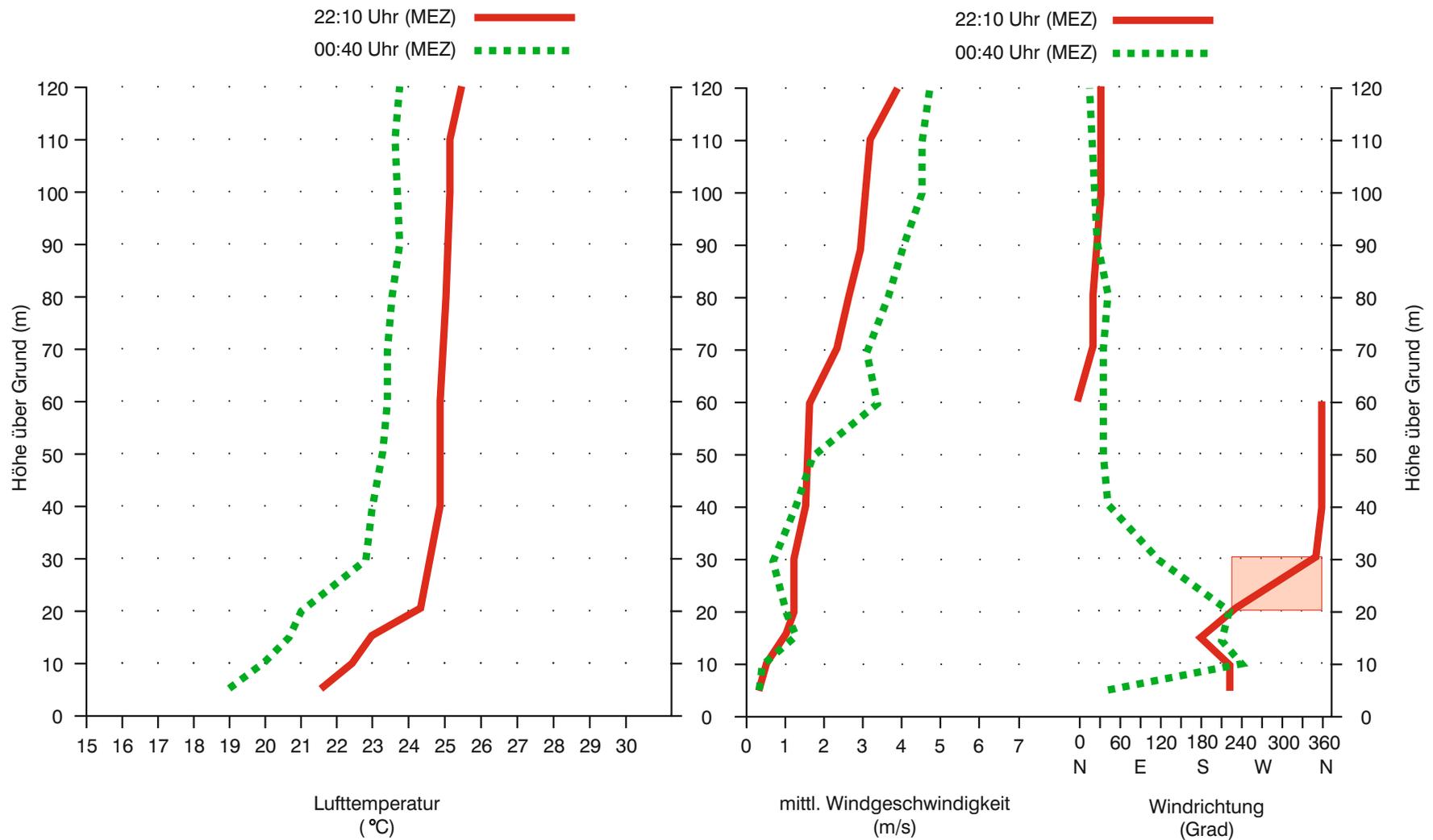
Abb. 14.1 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 - Standort Schülerpfad



Projekt:
 Klimaökologische Stellungnahme zum
 Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
 in der Landeshauptstadt Mainz

Schwankungsbereich der Windrichtung

Abb. 14.2 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 - Standort Mühlweg

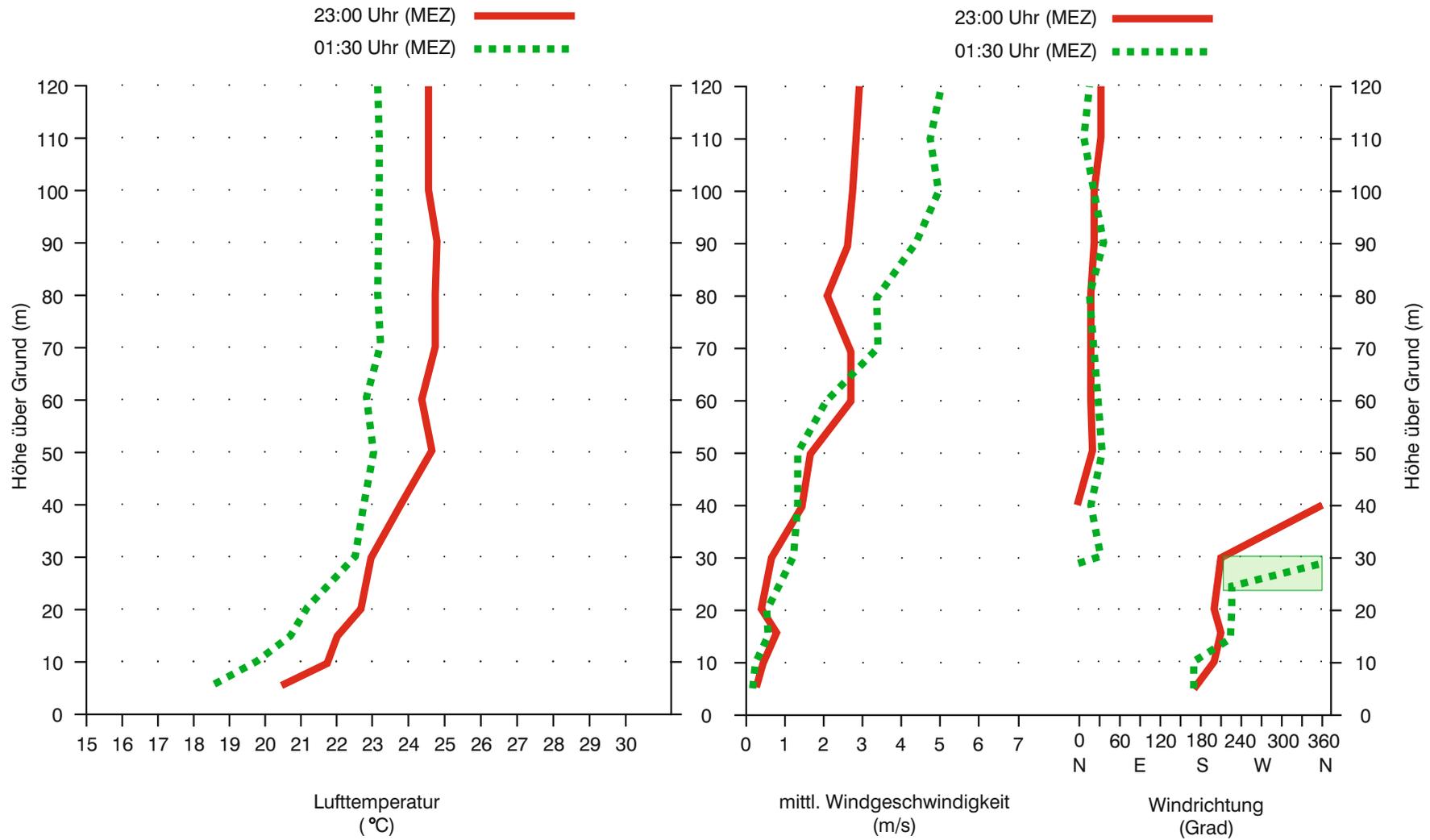


Projekt:
 Klimaökologische Stellungnahme zum
 Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
 in der Landeshauptstadt Mainz



Schwankungsbereich der Windrichtung

Abb. 14.3 Ergebnisse der Fesselballonaufstiege am 03./04.07.2006 - Standort Römersteine

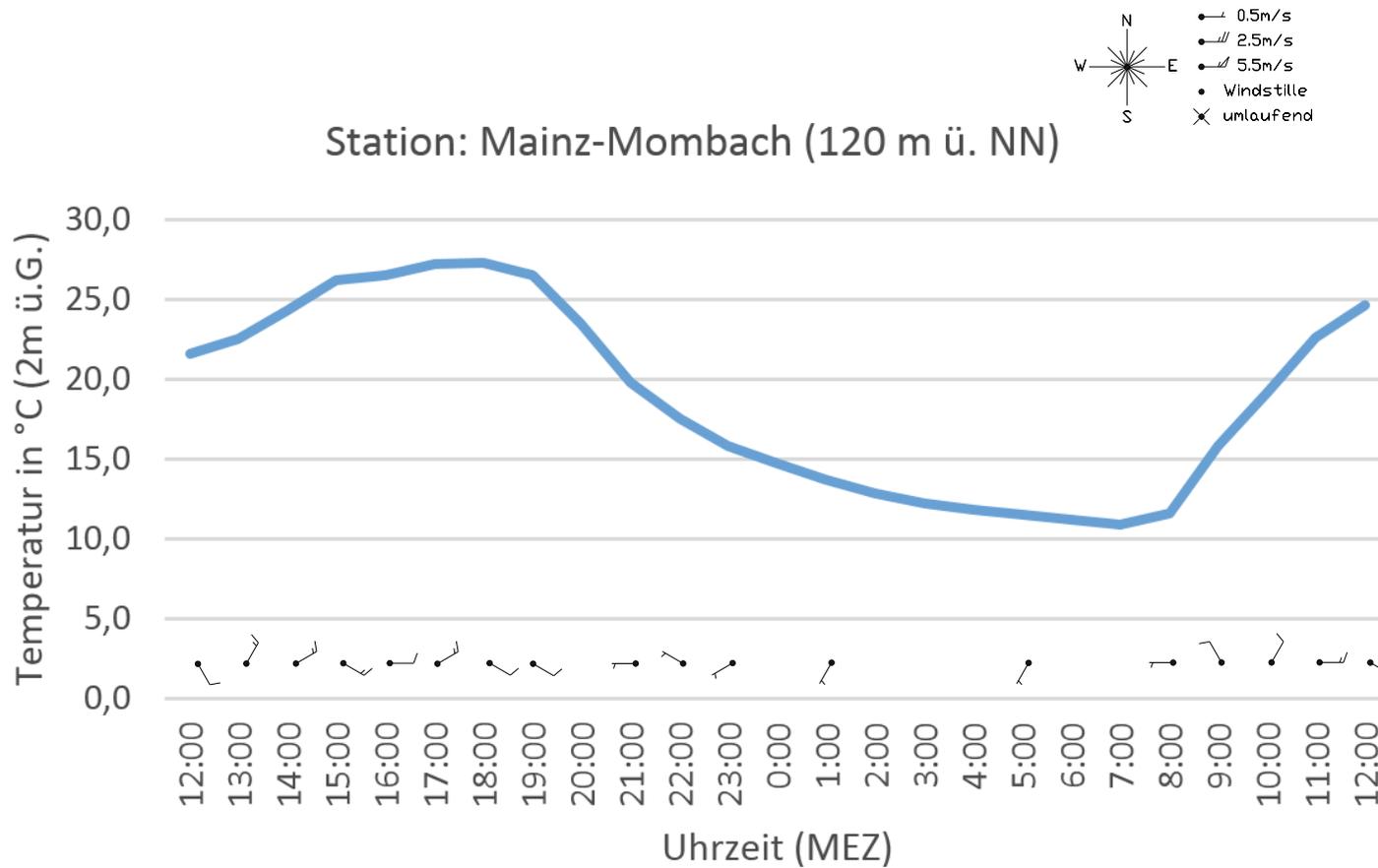


Projekt:
 Klimaökologische Stellungnahme zum
 Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
 in der Landeshauptstadt Mainz



Schwankungsbereich der Windrichtung

**Abb. 15 Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 28.-29.08.2018
ZIMEN-Luftmessstation Mainz-Mombach**



Datenquelle: www.luft-rlp.de

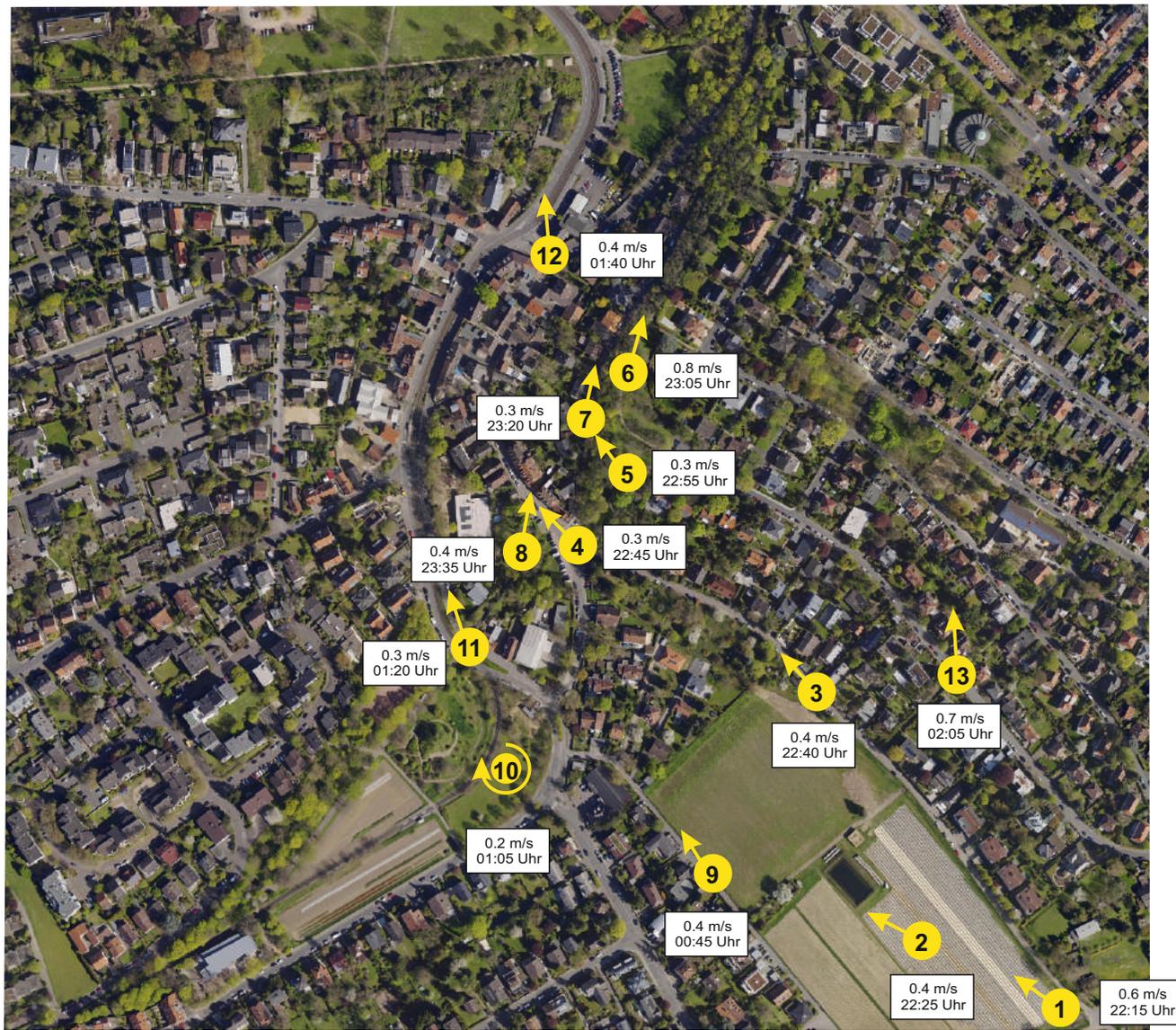
Messstationslage Mz.-Mombach:
Dr.-Falk-Weg, 120 m ü.NN

Foto: ÖKOPLANA



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

Abb. 16.1 Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 28./29.08.2018



Luftbild bereitgestellt von:
Grün- und Umweltamt der
Landeshauptstadt Wiesbaden



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

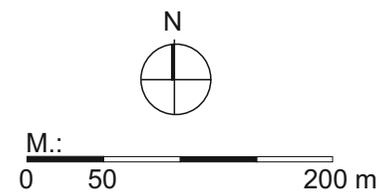


Abb. 16.2 Fotografische Dokumentation - Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen am 28./29.08.2018



Standort 1 Schafftriebweg



Standort 10 Grünfläche am Mühlweg



Standort 4 Bretzenheimer Straße



Standort 8 Fußweg am Wildgraben

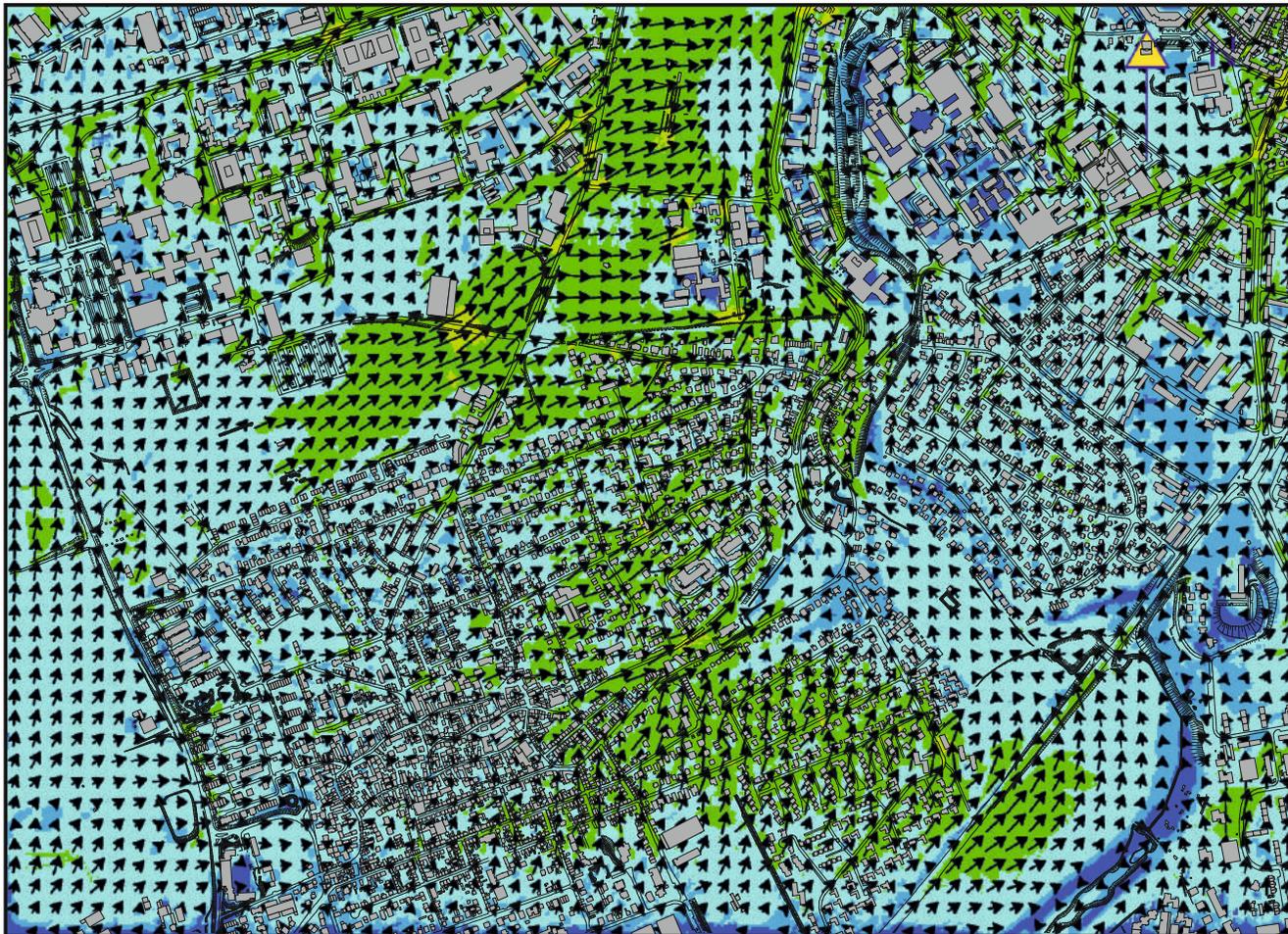


Standort 5 Treppenaufgang Annabergstraße

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

Fotos: ÖKOPLANA

Abb. 17.1 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen
Kaltluftfließgeschwindigkeit 2 m ü.G., 6 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung in einer Sommernacht



**Kaltluftfließgeschwindigkeit
in m/s**

- 0 bis 0,1
- ueber 0,1 bis 0,2
- ueber 0,2 bis 0,5
- ueber 0,5 bis 1,0
- ueber 1,0 bis 2,0



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

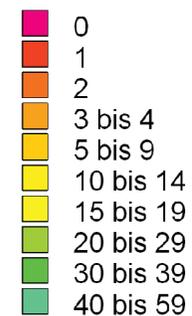


M.:
0 200 800 m

**Abb. 17.2 Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftabflusssimulationen
Kaltluftmächtigkeit 6 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung in einer Sommernacht**



Kaltluftfließmächtigkeit in m



Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz

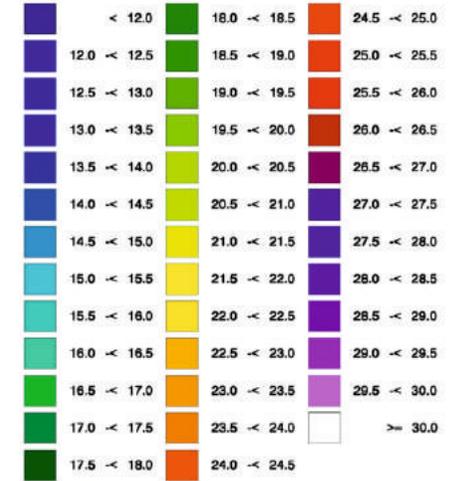


M.:
0 200 800 m

Abb. 18 IR-Thermalbildaufnahme vom 11.08.1998, 05:17 - 06:04 Uhr



Temperatur in Grad Celsius



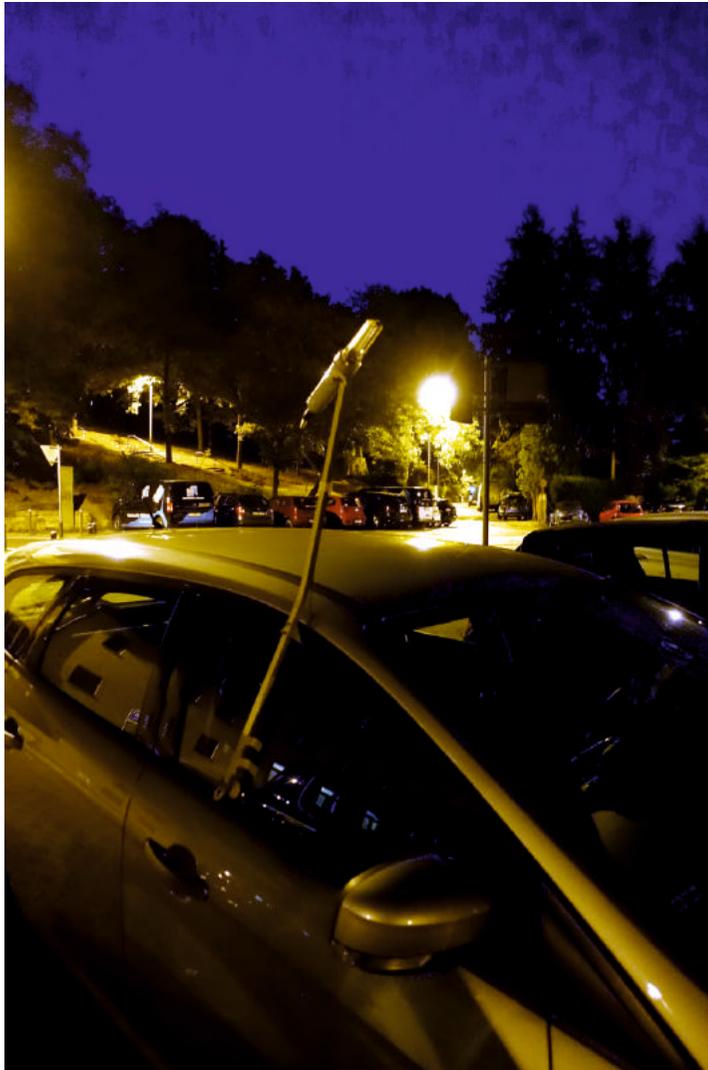
Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“
in der Landeshauptstadt Mainz



M.:
0 200 800 m

Karten bereitgestellt von:
Landeshauptstadt Mainz

Abb. 19 Fotografische Dokumentation - Messequipment Lufttemperaturmessfahrten



Ventlierter Psychrometer



Fotos: ÖKOPLANA

Projekt:
Klimaökologische Stellungnahme zum
Bebauungsplan „Milchpfad (O 70)“ der
Landeshauptstadt Mainz

Abb. 20.1 Ergebnisse der Lufttemperatur-Profilmessfahrten am 28.08.2018, 21:30 Uhr

