

ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN ZUM BEBAUUNGSPLANVERFAHREN „RÜSSELSHEIM-ESELSWIESE“, OT BAUSCHHEIM – STADT RÜSSELSHEIM AM MAIN



Auftraggeber:

Nassauische Heimstätte GmbH
ProjektStadt
Alte Mainzer Gasse 37
60311 Frankfurt am Main
Als Treuhänder der
Stadt Rüsselsheim am Main / FB 3310

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst

Mannheim, 17. Januar 2022

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

Geschäftsinhaber:
Dipl.-Geogr. Achim Burst

Gemeinsam engagiert in der



Deutsche Bank Mannheim
IBAN:
DE73 6707 0024 0046 0600 00
BIC: DEUTDE33MAN

Steuernummer: 37137/44979

Inhalt	Seite
1 Aufgabenstellung	1
2 Planungsgebiet und Planungsentwurf	3
3 Untersuchungsmethodik	5
4 Klimaökologische Situation am Planungsstandort und Folgen des Klimawandels	8
5 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens	10
5.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen	10
5.1.1 Grundlagen	10
5.1.2 Ergebnisse	14
5.1.3 Kurzfazit - Kaltluftströmungsgeschehen	17
5.2 Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation	18
5.2.1 Tagsituation – Windanströmung aus Südsüdwesten (210°)	19
5.2.2 Tagsituation – Windanströmung aus Osten (90°)	20
5.2.3 Nachtsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (60°)	21
5.2.4 Nachtsituation – Windanströmung aus Osten (90°)	23
5.2.5 Kurzfazit – Belüftung	24
5.3 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima	26
5.3.1 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr / 16:00 Uhr) mit östlicher Luftströmung (90°)	28
5.3.2 Thermische Situation in einer Tropennacht (23:00 Uhr) mit schwacher östlicher Luftströmung (90°)	31
5.3.3 Kurzfazit – thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen	32
6 Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen	33
6.1 Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	35
6.2 Planungsempfehlungen	38
Schriften / Quellenverzeichnis	46

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Planungsgebiets „Eselswiese“ in Bauschheim (Stadt Rüsselsheim am Main) - Übersichtsplan
- Abb. 2:** Topografische Lagesituation des Planungsgebiets „Eselswiese“ in Bauschheim (Stadt Rüsselsheim am Main)
- Abb. 3:** Luftbild vom Planungsgebiet „Eselswiese“ in Bauschheim (Stadt Rüsselsheim am Main) und von dessen Umfeld
- Abb. 4:** Fotografische Dokumentation - Planungsgebiet „Eselswiese“ in Bauschheim (Stadt Rüsselsheim am Main)
- Abb. 5:** Ausschnitt RegFNP 2010, Stand 31.12.2020
- Abb. 6.1:** Rahmenplan Eselswiese Rüsselsheim, Stand 22.09.2021
- Abb. 6.2:** Rahmenplan Eselswiese Rüsselsheim - Vogelperspektive, Stand 22.09.2021
- Abb. 7:** Rahmenplan Eselswiese Rüsselsheim - Gebäudehöhen, Stand 22.09.2021
- Abb. 8:** Rahmenplan Eselswiese Rüsselsheim – städtebauliche Kennwerte, Stand 22.09.2021
- Abb. 9:** Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeiten am DWD Messstandort Frankfurt-Flughafen. Zeitraum: 2010 - 2021
- Abb. 10:** Berechnete Windstatistik für den Planungsstandort „Eselswiese“
- Abb. 11.1:** Tagesgang der der Lufttemperatur und des Windes am 24.-25.07.2018 an der DWD-Station Frankfurt-Flughafen. Heißer Sommertag
- Abb. 11.2:** Tagesgang der der Lufttemperatur und des Windes am 03.-04.08.2018 an der DWD-Station Frankfurt-Flughafen. Heißer Sommertag
- Abb. 12.1:** Ist-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s

- Abb. 12.2:** Ist-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftmächtigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 12.3:** Ist-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 13.1:** Plan-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 13.2:** Plan-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftmächtigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 13.3:** Plan-Zustand, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 14.1:** Vorher-Nachher-Vergleich, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 14.2:** Vorher-Nachher-Vergleich, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s

- Abb. 15.1:** Planungsvariante, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 15.2:** Planungsvariante, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftmächtigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 15.3:** Planungsvariante, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 16.1:** Vorher-Nachher-Vergleich, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte (Variante) Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 16.2:** Vorher-Nachher-Vergleich, Ergebnisse mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte (Variante) Veränderung der Kaltluftvolumenstromdichte in einer sommerlichen Strahlungsnacht 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung. Großwetterlagenbedingter Höhenwind aus Nordosten (60°) mit 2.0 m/s
- Abb. 17:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 18.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 18.2:** Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 19.1:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 19.2:** Variante / Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Südsüdwesten (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 20:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 21.2:** Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.1:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 22.2:** Variante / Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 23:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Ostnordosten (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 24.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Ostnordosten (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 24.2:** Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Ostnordosten (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 25.1:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Ostnordosten (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 25.2:** Variante / Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Ostnordosten (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 26:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 27.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)

- Abb. 27.2:** Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 28.1:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 28.2:** Variante / Vorher-Nachher-Vergleich. Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G. (Nachtsituation)
- Abb. 29:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation, 16:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation, 16:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 30.2:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. (Tagsituation, 16:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 31.1:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Tagsituation, 16:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 31.2:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. (Tagsituation, 16:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung (Variante) der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 32.1:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation, 14:00 Uhr). PET-Werte 1.5 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.2:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation, 14:00 Uhr). PET-Werte 1.5 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.3:** Vorher-Nachher-Vergleich, Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation, 14:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der PET-Werte 1.5 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.4:** Variante - Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation, 14:00 Uhr). PET-Werte 1.5 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 32.5:** Vorher-Nachher-Vergleich (Variante), Ergebnisse mikroskaliger Simulationen zum Bioklima (Tagsituation, 14:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der PET-Werte 1.5 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 33:** Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 34.1:** Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
- Abb. 34.2:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. (Nachtsituation, 23:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

Abb. 35.1: Variante - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen (Nachtsituation, 23:00 Uhr). Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

Abb. 35.2: Vorher-Nachher-Vergleich (Variante) - Ergebnisse mikroskaliger Lufttemperatursimulationen. (Nachtsituation, 23:00 Uhr). Planungsbedingte Veränderung der Lufttemperatur 2 m ü.G. bei einer großwetterlagenbedingten Anströmung aus Osten (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

1 Aufgabenstellung

Im Osten des Rüsselsheimer Stadtteils Bauschheim ist auf einem ca. 60.5 ha großen Areal („Eselswiese“) die Entwicklung neuer Wohnbauflächen inkl. Kita und Schule, Gewerbeflächen und öffentlichen Grünflächen geplant. Die Lage des Planungsgebiets kann der **Abbildung 1** entnommen werden.

Im Zuge eines „städtebaulich-freiraumplanerischen Realisierungswettbewerbs“ im Jahr 2020 wurde der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF (Berlin) als Grundlage der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme „Rüsselsheim-Eselswiese“ ausgewählt. Bei der Bewertung des Entwurfs fanden klimaökologische Vorgaben Eingang.

Das Freiraumkonzept sieht in zentraler Lage einen von Südosten nach Nordwesten verlaufenden „Landschafts-/Flusspark“ vor, der in einer „Grünen Mitte“ mündet. Ein Netz weiterer unterschiedlich breit dimensionierter Ventilationsachsen, die z.T. auch an Straßenzüge und Gebäudeabstandsflächen geknüpft sind, soll u.a. die erforderliche Gebietsdurchlüftung und die Gestaltung möglichst günstiger thermischer/bioklimatischer Umgebungsbedingungen sichern.

Das überwiegend intensiv landwirtschaftlich genutzte Planungsgebiet, das durch ehemalige Flussschlingen topografisch gegliedert ist (GÖTTE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN GMBH 2019), bildet einen siedlungsnahen klimaökologischen Ausgleichsraum, von dessen positiven Klimafunktionen (u.a. Kaltluftbildung und Belüftung) die Siedlungslage Bauschheim profitiert.

Durch die angestrebte bauliche Inanspruchnahme der Freiflächen ist mit einer auffallenden Änderung der lokalen klimaökologischen Funktionsabläufe zu rechnen. Angesichts des Klimawandels mit einer zunehmenden Häufung von Hitzetagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) ist es von Bedeutung, dass die von der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme ausgehende Wärmebelastung in der angrenzenden Bestandsbebauung von Bauschheim nicht überproportional ansteigt und innerhalb des neuen Wohn- und Gewerbegebiets mit Hilfe von neuen Platz-/Grünstrukturen sowie Ventilationsachsen/-flächen thermische Gunsträume geschaffen werden. Auch eine Vernetzung mit den klimaökologischen Ausgleichsräumen im Umfeld bietet Möglichkeiten zur Gestaltung günstiger lokalklimatischer Umgebungsbedingungen.

Im Rahmen des anstehenden Planungsprozesses sind daher mit Hilfe eines Klimagutachtens die klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung vertiefend zu analysieren und die aus dem vorgelegten Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF sich ergebenden strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Modifikationen mit Hilfe numerischer Modellrechnungen zu bilanzieren und zu bewerten.

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der derzeitigen klimaökologischen Situation sowie zur Abschätzung des Einflusses der vorgesehenen baulichen Veränderungen auf das örtliche klimatische Wirkungsgefüge werden auf Grundlage vorhandener Klimadaten (u.a. DWD, HLNUG) mit Hilfe meso- und mikroskaliger Modellstudien die klimaökologischen Positiv- und Negativeffekte analysiert. Über die Formulierung von Planungshinweisen / Leitplanken werden Maßnahmen zur Sicherung bzw. Neugestaltung günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Verhältnisse aufgezeigt.

Für die Klimauntersuchung sowie für die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in planungsbezogene Bewertungen und Empfehlungen werden demnach folgende Schwerpunkte gesetzt:

- 1 Vertiefende Analyse und Bewertung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens. Auswertung vorhandener Klimadaten und Prognosen zum Klimawandel.
- 2 Qualitative / quantitative Bestimmung und Diskussion der klimaökologischen Wechselwirkungen zwischen dem Planungsgebiet und dessen Umfeld sowie der zu erwartenden planungsbedingten klimatischen Veränderungen auch innerhalb des Planungsgebiets mit Hilfe meso- und mikroskaliger Modellrechnungen.
 - a) Vergleichende Betrachtung des Kaltluftströmungsgeschehens in wind-schwachen sommerlichen Strahlungsnächten.
 - b) Vergleichende Analyse des Austauschverhaltens / Belüftungsintensität für besonders relevante Anströmrichtungen, Tag- und Nachtsituation.
 - c) Vergleichende Beurteilung der thermischen (Lufttemperatur) sowie der bioklimatischen (PET) Umgebungsbedingungen, Tag- und Nachtsituation.
- 3 Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer Umgebungsbedingungen. Formulierung entsprechender Festsetzungs- und Abwägungsvorschläge für den B-Plan.

2 Planungsgebiet und Planungsentwurf

Das Planungsgebiet „Rüsselsheim-Eselswiese“ befindet sich unmittelbar östlich angrenzend an die Ortslage Bauschheim und wird topografisch durch ehemalige Flussschlingen gegliedert (siehe **Abbildung 2**). Die Geländehöhen betragen ca. 84 – 88 m ü. NN.

Wie den **Abbildungen 3** und **4** entnommen werden kann, wird das Planungsgebiet vorwiegend intensiv landwirtschaftlich genutzt. Neben dem landwirtschaftlichen Betrieb „Rosenhof“ bestehen im Planungsareal noch drei hallenartige Gebäude, die zu landwirtschaftlichen Zwecken genutzt werden sowie ein kleines Solitärgebäude auf einer Ackerfläche (GÖTTE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN GMBH 2019).

Ein grobmaschiges Wegenetz gliedert das Gebiet.

Nach GÖTTE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN GMBH 2019 zeigt sich im ca. 60.5 ha großen Planungsgebiet folgende Flächenbilanz:

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| • Gebäude, überbaute Fläche | Flächenanteil 0.5% |
| • Weitgehend versiegelte Flächen | Flächenanteil 3.2% |
| • Unbefestigte Feldwege, Wegränder | Flächenanteil 1.5% |
| • Ackerbauflächen | Flächenanteil 90.2% |
| • Gehölze/private Grünflächen | Flächenanteil 0.7% |
| • Brache | Flächenanteil 2.7% |
| • Sanddüne | Flächenanteil 1.2% |

Im Regionalen Flächennutzungsplan (RegFNP) 2010 (Stand 31.12.2020, **Abbildung 5**) der REGION FRANKFURTRHEINMAIN sind im Planungsgebiet Wohnbauflächen, Sonderbauflächen, gemischte Bauflächen sowie Gewerbeflächen dargestellt. Zudem ist in zentraler Lage eine von Ost-südosten nach West-nordwesten verlaufende Grünfläche (Flächengröße ca. 10 ha) ausgewiesen. Die Grünfläche ist als „Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen“ gekennzeichnet, das im östlichen Freiraumgefüge von Bauschheim seine Fortsetzung findet. Die Grünzäsur dient der Produktion und dem Transport von Kalt-/Frischlufte in die Bestandsbebauung sowie der Gebietsdurchlüftung.

Der vom STUDIO WESSENDORF (Berlin) entwickelte Rahmenplan „Eselswiese Rüsselsheim“ (**Abbildungen 6.1 – 8**) folgt im Freiraumkonzept der ehemaligen Flussschlinge, die sich von Südosten nach Nordwesten durch das Planungsgebiet zieht. Hier ist eine locker gehölzüberstellte Parklandschaft angedacht, die neben der Funktion als Kaltluftentstehungs- und Kaltlufttransportgebiet vor allem dem Hochwasserschutz und der Retention dienen soll. Die mäanderartig verlaufende Grünzone mündet in der „Grünen Mitte“, die als zentrale Erholungs-/Aufenthaltsfläche fungiert. Sie weist in Südwest-Nordost-Richtung eine Breite von ca. 45 – 85 m auf.

Das Biotop der Sanddüne im Süden des Planungsgebiets wird freiräumlich über öffentliche Grünflächen und Quartiersanger an die „Grüne Mitte“ angebunden, wodurch eine weitere Belüftungsachse und Kaltlufttransportbahn entwickelt wird. Zwischen dem urbanen Zentrum am Entréeplatz unmittelbar südöstlich der Brunnenstraße und den Gewerbeflächen im Norden entlang einer von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Erschließungsachse ist ein Grünband vorgesehen. Die insgesamt ca. 40 m breite Achse dient als bebauungsinterne Ventilationsbahn und findet in Richtung Südosten über die Flächen des Schulstandorts sowie Sport- und Spielflächen Anschluss an das östliche Freiraumgefüge.

Die vorgesehene Baustruktur sieht eine vielfältigen Mix aus Ein- und Mehrfamilienhäusern, Doppelhäusern sowie Gewerbebauten und öffentlichen Einrichtungen vor, wobei bislang 2 – bis 5-geschossige Bauweisen geplant sind (siehe **Abbildung 7**). Ergänzt wird die Bebauung durch mehrere Quartiersgaragen. An den Übergängen zu den benachbarten Freiräumen ist eine lockere Anordnung der Bebauung gewählt, um das Eindringen lokaler Kaltluft in das Planungsgebiet zu begünstigen.

Wie die Auflistung der städtebaulichen Kennwerte in **Abbildung 8** dokumentiert, wird mit der Begrenzung der GRZ auf 0.3 (WA) bis 0.5 (MI/GE) eine intensive Durchgrünung des Planungsgebiets möglich.

3 Untersuchungsmethodik

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

Hierbei wird auf Erkenntnisse aus vorhandenen Klimaanalysen/Klimadaten (u.a. DEUTSCHER WETTERDIENST 2017) zurückgegriffen.

In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe des seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetzten und vielfach geprüften Kaltluftabflussmodells KLAM_21 (Vers. 2.012, siehe **Grafik 1**) des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES die ortstypischen lokalen Kaltluftbewegungen in einer sommerlichen windschwachen Strahlungsnacht analysiert.



Grafik 1: „Programmstempel“ KLAM_21

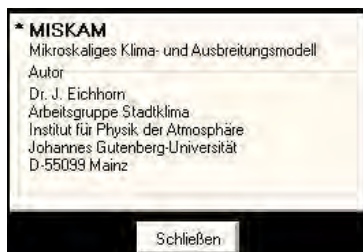
Dabei wird dem Ist-Zustand der Plan-Zustand (Entwurf STUDIO WESSENDORF) sowie eine Planungsvariante mit einer Grünzone, entsprechend des Regionalen Flächennutzungsplans 2010, gegenüber gestellt. Als Grundlage dient ein digitales Geländemodell im 5 m-Raster (DGM_5), das vom HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt wurde.

Mit Hilfe der KLAM_21-Simulationen können in einem ersten Untersuchungsstep die möglichen Veränderungen des örtlichen, kaltluftbedingten Windfeldes durch die potenzielle Flächennutzungsänderung aufgezeigt werden. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch flächenhafte Informationen zur vertikalen Kaltluftmächtigkeit und damit zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass eine solche Abschätzung zur Auswirkung von geplanten Flächennutzungsänderungen nur durch den Einsatz numerischer Modelle möglich ist. Messungen helfen bei dieser Problemstellung nicht weiter, da nur existierende atmosphärische Zustände instrumentell erfassbar sind.

Modellrechnungen gestatten es dagegen, schon im Planungsstadium vorgesehener Nutzungsänderungen mögliche unerwünschte oder gar negative Klimaveränderungen zu erkennen. Unter Berücksichtigung der Modellunsicherheiten hinsichtlich des Vereinfachungsgrades eines Modells und der vielfältigen Eingabegrößen sind diese Ergebnisse sehr wertvolle Planungs- und Entscheidungshilfen.

Zur Bilanzierung der kleinräumigen Belüftungsverhältnisse (Ist-Zustand, Plan-Zustand und Planungsvariante) kommt das mikroskalige Klimamodell MISKAM¹ (**Grafik 2**) zum Einsatz. Bei dem prognostischen Strömungsmodell werden die Bau- und Flächennutzungsstrukturen im vorliegenden Fall in einem Gitter (horizontal 5 m x 5 m, vertikal nicht-äquidistant 0.5 - 10 m) abgebildet. Vegetationsflächen werden über ihre Wuchshöhe, Blattflächendichte und Bedeckungsgrad definiert. Der Bedeckungsgrad wird mit 50 – 60% angesetzt.



Grafik 2: „Programmstempel“ MISKAM

Weitere Informationen finden sich in:

<https://download.lohmeyer.de/Handbuch WinMISKAM.pdf>

Die Analyse der thermischen / bioklimatischen Verhältnisse für den Ist- und Plan-Zustand sowie für die Planungsvariante erfolgt mit dem Klimamodell ENVI-met² (siehe **Grafik 3**).



Grafik 3: „Programmstempel“ ENVI-met

¹ **GIESE-EICHHORN (1998/2016):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.
Das Rechenmodell MISKAM ist ein dreidimensionales, nichthydrostatisches Strömungsmodell, das laut eines Forschungsberichtes des Landes Baden-Württemberg die Charakteristika der Strömungs- und Konzentrationsverteilung sehr gut wiedergibt.

² **BRUSE, M. (2002/2021):** ENVI-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum/Essen.

Die thermische / bioklimatische Situation ist ein Ergebnis aus dem vielfältigen Zusammenspiel verschiedener Flächennutzungs- und Klimaparameter. Die Klimaparameter (z.B. Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur) reagieren sensibel auf Veränderungen der Flächennutzungsstrukturen. Angesichts der sehr unterschiedlichen Prozesse hat es sich als sinnvoll herausgestellt, numerische Methoden zu benutzen, um deren Einflüsse zu prognostizieren.

ENVI-met ist ein Mikroklimamodell, das auf Grundlage der numerischen Strömungsdynamik die Wechselwirkung zwischen Gebäuden, Vegetation, natürlichen und künstlichen Oberflächen in einer virtuellen Umgebung simuliert. Dabei werden die wichtigsten atmosphärischen Prozesse nachgebildet. Die mathematischen Berechnungen beruhen nach BRUSE (1999) auf den Gesetzen der Strömungs- (Windfeld) und Thermodynamik (Temperaturberechnungen) sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik (z.B. Turbulenzprognose). Die Bebauung wird durch einfache Basiselemente (Würfel in ENVI-met: Grid) nachgebaut / modelliert (5 m x 5 m in der Horizontalen, 0.5 - 2 m nicht-äquidistant in der Vertikalen). Alle Strukturen (z.B. Vegetation, Gebäude) werden in rechtwinklige Modellquader eingebettet.

Numerisch werden diese Modellquader von der Sonne beschienen und vom Wind umströmt und deren Wechselwirkungen mit den Oberflächen und Strukturen simuliert (BRUSE 2003, S. 66).

<https://www.envi-met.com>

Die Flächennutzung und Gebäudehöhen (Bestand/Planung) wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt bzw. vor Ort und über Luftbilder kartiert.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung.

4 Klimaökologische Situation am Planungsstandort und Folgen des Klimawandels

Die Region Rüsselsheim befindet sich 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.

Der Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit liegt in freien Lagen bei ca. 3.3 m/s (Station DWD Frankfurt -Flughafen, siehe **Abbildung 9**) und innerhalb der Bebauung bei ca. 1.7 m/s (HLNUG-Luftmessstation Raunheim). Ein derartiger Wert dürfte auch in der Bebauung von Bauschheim zu erwarten sein.

Am Planungsstandort herrschen im Allgemeinen südsüdwestliche und nordnordöstliche Winde vor. Lokal kann es zu leichten Richtungsverschiebungen kommen. So zeigt die berechnete Windstatistik der HLNUG für den Planungsstandort ein Häufigkeitsmaximum bei Nordnordwest-Winden (**Abbildung 10**).

In klimaökologisch besonders relevanten Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr - DEUTSCHER WETTERDIENST 2017) flaut der Wind zunehmend ab und es häufen sich nordwestliche sowie ostnordöstlich bis östliche Windrichtungen, was auf regionale/lokale Strömungsprozesse in der Untermainebene zurückzuführen ist (siehe **Abbildungen 11.1** und **11.2**). Die über den landwirtschaftlichen Flächen im Planungsgebiet entstehende Kalt-/Frischlufte wird dann, trotz fehlenden Gefälles, vermehrt in Richtung der Ortslage Bauschheim verfrachtet. Dementsprechend sind die landwirtschaftlichen Flächen außerhalb des Vorhabengebietes sowie auch die ca. 10 ha große Grünzäsur im Regionalen Flächennutzungsplan als „Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen“ gekennzeichnet. Das gesamte Entwicklungsgebiet wird großräumig im Zusammenhang mit der Umgebung als „Luftleibahn und klimawirksame Fläche mit sehr hoher Bedeutung“ kategorisiert. Ein reliefgestützter Kalt- und Frischlufteabfluss in Richtung der Ortslage Bauschheim liegt allerdings nicht vor, da das Gelände im großen Ganzen betrachtet ein nur schwaches Gefälle von Südwesten nach Nordosten in Richtung L 3482 aufweist und die vorhandene Vertiefung der ehemaligen Flussschlinge das Gebiet topografisch teilt.

Die thermische / bioklimatische Situation in Bauschheim weist durchschnittlich 27.6 bis 30 Tage mit Wärmebelastung und 10.1 bis 15 Tage mit Kältereizen im Jahr auf (HLNUG Umweltatlas, 2019). Die Jahresmitteltemperatur (1971 – 2000) liegt bei ca. 10.5°C (<https://www.klimafolgenonline.com>)

Nach Berechnungen des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung e.V. (www.klimafolgenonline.com) wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Raum Bauschheim im Zeitraum 2031 – 2060 gegenüber der Zeitspanne 1971 – 2000 um ca. 1.9 K zunehmen. Die Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) mit erhöhter bioklimatischer Belastung wird nach DEUTSCHER WETTERDIENST (2017) um ca. 23 Tage/Jahr (52 → 75 Tage/Jahr) ansteigen und auch bei den heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) von ca. 15 Tage/Jahr auf 30 Tage/Jahr zunehmen. Die Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) nimmt von ca. 5 Nächte/Jahr auf ca. 14 Nächte/Jahr zu. Den Projektionen liegt das Antriebsszenario RCP8.5 (mittlere Temperaturzunahme) zu Grunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Mit der zunehmenden Anzahl der Tropennächte steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen. Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress.

Um Städte/Siedlungen langfristig tolerant gegenüber den prognostizierten Hitzeereignissen zu entwickeln, sind bei der Neuausweisung von Baugebieten thermisch wirksame Sicherungs- und Ausgleichsmaßnahmen zu berücksichtigen. Dies entspricht den Vorgaben des BauGB, wonach den Erfordernissen des Klimaschutzes sowohl durch Maßnahmen die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden soll.

FRIEDRICH, S. ET AL. 2014 formuliert u.a. nachfolgende klimaökologische Zielvorstellungen. Es sollen insbesondere Maßnahmen

- zum Erhalt oder zur Schaffung günstiger Belüftungseffekte,
 - zur Minimierung der Flächenversiegelung, 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.

5 Numerische Modellrechnungen zur kleinräumigen Darstellung der strömungsdynamischen und thermischen / bioklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens

Wie in Kap. 3 bereits angeführt, werden zur Bilanzierung der siedlungsklimatischen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens numerische Modellrechnungen durchgeführt.

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage vergleichender mesoskaliger Kaltluftströmungssimulationen (Ist-Zustand, Plan-Zustand und Planungsvariante) die Veränderungen der lokalen Kaltluftbewegungen in windschwachen Strahlungsnächten bestimmt und bewertet.

In einem weiteren Analyseschritt werden für relevante Windrichtungen die planungsbedingten Veränderungen bzgl. der lokalen Belüftungsintensitäten berechnet.

Zuletzt erfolgt eine Bilanzierung der zu erwartenden thermischen Modifikationen an heißen Sommertagen und in Tropennächten.

5.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen

5.1.1 Grundlagen

Bei der Betrachtung und Bewertung der klimaökologische Auswirkungen der geplanten Bebauung im Planungsgebiet „Eselswiese Rüsselsheim“ sind windschwache Sommer- / Hitzetage wegen ihres bioklimatischen Belastungspotenzials von besonderem Interesse. Wichtige Ausgleichsfaktoren für die im Tagesverlauf auftretenden hohen Temperaturen sind in von Überhitzung betroffenen Siedlungsgebieten die nächtliche Abkühlung und der Zustrom kühler Luft durch Kaltluftfließbewegungen / Flurwinde (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG 2013).

Die Bildung bodennaher Kaltluft wird durch die Abkühlung der Erdoberfläche auf Grund einer negativen Wärmebilanz verursacht. Besonders günstig für eine nächtliche Abkühlung sind windschwache Strahlungsnächte.

Wie in **Tabelle 1** aufgeführt, weisen Grünland/Streuobstwiesen/Rasenflächen und Ackerflächen die höchsten Kaltluftproduktionsraten auf. In Waldflächen bleibt die Luft im Bestand am Tag auf Grund der Beschattung vergleichsweise kühl. In den Nachtstunden wird im Kronendach Kaltluft gebildet.

Diese sinkt in den Stammraum ab und wird nur unter dem Einfluss zusätzlicher Bewegungsimpulse über regionale / lokale Windströmungen aus dem Bestand herausverfrachtet. Infolge der reduzierten Ausstrahlung im Bestand ist die „Kaltluft“ jedoch etwas wärmer als über Wiesen und Ackerflächen. Das thermische Ausgleichspotenzial ist dennoch nicht zu unterschätzen.

Landnutzung	Kaltluftproduktionsrate m ³ /(m ² h)	Kälteproduktionsrate W/m ²
Grünland, Ackerland	15 – 20	30
Wald	12 – 15	17 (über ebenem Gelände)
Gartenbau, Mischflächen	10 – 15	24
Siedlungsgebiete	1	0 - 8 (dichte – lockere Bebauung)
Wasseroberflächen	0	0 - 6 (flache – tiefe Gewässer)

Tabelle 1: Zuordnung von typischen Kaltluft- bzw. Kälteproduktionsraten ausgewählter Landnutzungen (Bundministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2013)

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

Die Intensität der Kaltluftströmung ist von der Geländeneigung sowie von der Oberflächenrauigkeit des Bewuchses abhängig. Die Reibungskraft der Oberflächen bremst die Strömungsdynamik.

Kaltluftbewegungen zeigen in der ersten Nachthälfte die größten Fließgeschwindigkeiten, da im Laufe der Nacht die Stabilität der Luftschichtung und damit die Neigung zur Ausbildung von ortsfesten Kaltluftseen (in ebenem Gelände bzw. in Mulden) zunimmt.

Kaltluftstaus bilden sich im Luv von natürlichen und anthropogenen Hindernissen (Wald- und Siedlungsrand, Straßendamm u. a.). Die kalte Luft staut sich bis zur Hindernishöhe oder etwas darunter auf, bis bei weiterem Nachfließen von Kaltluft das Hindernis schließlich überströmt wird (KING, 1973).

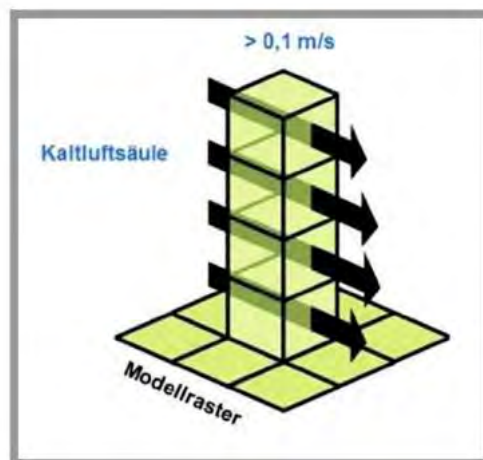
Kleinere Hindernisse werden von der zuströmenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubbildung um- oder überströmt..

Die potenzielle Ausgleichsleistung der Kaltluftströmung lässt sich recht umfassend aus zwei miteinander gekoppelten Parametern des Kaltluftprozessgeschehens ableiten:

1. Aus dem **Kaltluftvolumenstrom**, der das in einer bestimmten Zeiteinheit transportierte Gesamtvolumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt.

Dabei wird das Luftvolumen über die variable absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert), während die horizontale Breite der Fläche stets einem Meter entspricht („Kaltluftvolumenstromdichte“, siehe **Grafik 4**).

Geschwindigkeit und Richtung können innerhalb der Luftsäule veränderlich sein.

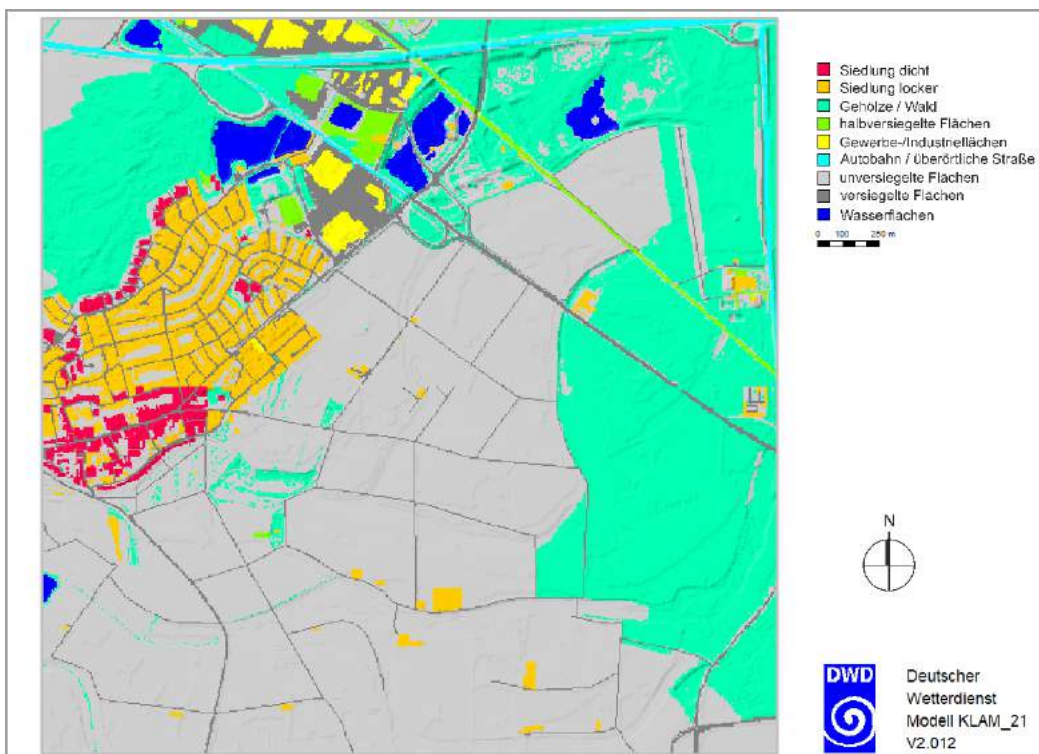


Grafik 4: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom (nach: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2019)

2. Aus der **bodennahen Strömungsgeschwindigkeit**, die aufzeigt, inwieweit die Kaltluft tatsächlich in den Aufenthaltsbereich des Menschen durchgreifen kann und nicht etwa zu wesentlichen Anteilen in höheren Schichten des Überdach-niveaus stattfindet. Die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit ist nicht nur von der Mächtigkeit der Kaltluftschicht und damit von der tatsächlich transportierten Masse an Kaltluft abhängig, sondern auch von der Windoffenheit der bodennahen Nutzungsstrukturen.

Zur Beschreibung des nächtlichen Kaltluftströmungsgeschehens im Planungsgebiet und in dessen Umfeld sowie zur Bestimmung des Einflusses der geplanten Bebauung auf die lokale Kaltluftdynamik werden nachfolgend auf Grundlage eines digitalen Geländemodells Kaltluftströmungssimulationen durchgeführt. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch zusätzlich flächenhafte Informationen zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt.

Das Modell KLAM_21 berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden neun Landnutzungsklassen berücksichtigt: Siedlung dicht, Siedlung locker, Gehölze / Wald, halbversiegelte Flächen, Gewerbe- / Industrieflächen, Autobahn / überörtliche Straße, unversiegelte Flächen, versiegelte Flächen und Wasserflächen.



Grafik 5: KLAM_21 – Modellgebiet (Ist-Zustand)

Zusammenhängende Siedlungsflächen werden als teilweise durchströmbare (poröse) Hindernisse im Modell berücksichtigt (GROSS 1989, DEUTSCHER WETTERDIENST 2008). Damit gelingt es, die Strömungsverdrängung durch die Baukörper sowie die bremsende Wirkung der Gebäude in Übereinstimmung mit Beobachtungen zu modellieren.

Die Bebauung im Planungsgebiet wird als detaillierte Bebauung mit entsprechenden Gebäudehöhen aufgelöst, um den kleinräumigen Einfluss auf das örtliche Kaltluftgeschehen herausarbeiten zu können.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst eine Gebietsgröße von 3.0 x 3.0 km (9 km²), so dass die planungsnahen Kaltlufteinzugsgebiete und Kaltluftwirkgebiete mitberücksichtigt werden.

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftbewegungen optimale Situation, d.h. eine klare und windschwache Nacht mit großräumigeren ostnordöstlichen Winden (2.0 m/s), wie sie an der DWD Klimamessstation Frankfurt-Flughafen in Strahlungs Nächten zu erfassen sind (siehe **Abbildung 11.1**). Liegen vermehrt regionale Nordnordwestwinde vor, wie sie nach DEUTSCHER WETTERDIENST 2017 in Bauschheim ebenfalls zu bestimmen sind, wird die Kaltluft im Planungsgebiet von der Ortslage Bauschheim weggeführt.

5.1.2 Ergebnisse

Die **Abbildungen 12.1 – 12.3** zeigen für den **Ist-Zustand** die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen in der ersten Nachthälfte - drei Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung³. Bioklimatisch ist der Zeitpunkt von Bedeutung, da im Hochsommer tagsüber überwärmte Wohnungen in der ersten Nachthälfte meist nochmals durchgelüftet werden. Kühle Umgebungsverhältnisse intensivieren die bioklimatische Entlastungswirkung.

In dieser Kaltluftbildungsphase bestimmen im Planungsgebiet schwache (0.1 – 0.5 m/s, 2.0 m ü.G.) östliche bis ostsüdöstliche Kaltluftbewegungen das bodennahe Ventilationsgeschehen, die durch kleinräumige Flurwindeffekte zwischen kühlen Freiräumen (Wiesen, Ackerflächen) und der wärmeren Bebauung / Wasserflächen (Waldsee) unterstützt werden (**Abbildung 12.1**). Innerhalb von Bauschheim bilden strömungsparallele Straßenzüge (z.B. Am Steinmarkt, Europaring) bevorzugte Kaltluftleitbahnen.

Im Bereich der versiegelten Parkierungsflächen des Einkaufszentrums Globus zwischen Am Steinmarkt und der L 3482 wird die zuströmende Kaltluft labilisiert. Dadurch steigt die Fließgeschwindigkeit an, die Kühlfunktion nimmt jedoch deutlich ab.

³ In den Monaten Juni/Juli entspricht dies ca. dem Zeitpunkt 23:15 – 23:45 Uhr (MEZ)

Die Kaltluftmächtigkeit beträgt drei Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung im Planungsgebiet und in der angrenzenden Bebauung von Bauschheim ca. 20 – 29 m (**Abbildung 12.2**).

In **Abbildung 12.3** ist die berechnete Kaltluftvolumenstromdichte drei Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt. Die Berechnungsergebnisse zeigen über dem Planungsgebiet Kaltluftvolumina von ca. 1.0 – 10.0 m³/m·s.

Bestimmt man am östlichen Siedlungsrand von Bauschheim über die Bewertungsprofile A – A* (Brunnenstraße) und B – B* (Im Grundsee) den in die Bestandsbebauung einfließenden Kaltluftstrom, so ergeben sich Kaltluftvolumenströme von 1.719 m³/s bzw. 874 m³/s. Als grobe Faustregel gilt, dass die Eindringtiefe von Kaltluft je 1.000 m³/s ca. 100 m beträgt. Bei geringer Barrierewirkung der Randbebauung kann die Eindringtiefe jedoch auch größer sein. Über das Profil C – C*, das sich ca. 200 m nordwestlich des Profils A – A* innerhalb der Bestandsbebauung befindet, stellt sich noch ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 761 m³/s ein.

Die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen für den **Plan-Zustand** sind in den **Abbildungen 13.1 – 13.3** dargestellt.

Die geplante Bebauung wird von der zuströmenden Kaltluft durchsetzt, wobei sich die Grünachse Landschaftspark - Flusspark – Grüne Mitte als funktionsfähige Belüftungsbahn zeigt. Auch die Grünachse südwestlich der gewerblichen Flächen wirkt sich forcierend auf die kaltluftbedingte Belüftungsintensität im Planungsgebiet aus. Dies wird anhand der Differenzendarstellungen in den **Abbildungen 14.1** und **14.2** dokumentiert. Die Kaltluftfließgeschwindigkeit beträgt im Planungsgebiet ca. 0.1 – 0.5 m/s (**Abbildung 13.1**).

Die Kaltluftmächtigkeit beträgt weiterhin ca. 20 – 29 m (**Abbildung 13.2**), wobei zu beachten ist, dass die Kaltluft im Bereich von Bauwerken angehoben wird und damit in etwas wärmere Luftschichten gelangt. Hierdurch geht ein Teil der Kühlwirkung verloren.

Durch die Barrierewirkung der geplanten Bebauung nimmt der Kaltluftvolumenstrom am heutigen Siedlungsrand ab.

Bilanziert man wiederum entlang der Bewertungsprofile A – A* und B – B* den aus Osten zufließenden Kaltluftvolumenstrom, so ergeben sich Werte von 1.011 m³/s bzw. von 845 m³/s. Gegenüber dem Ist-Zustand stellt sich damit ein relativer Verlust an Kaltluftvolumen von ca. 41% (A – A*) bzw. von ca. 3.3% (B- B*) ein. Innerhalb der Bestandsbebauung (ca. 200 m nordwestlich der Brunnenstraße) nimmt der Kaltluftvolumenstrom über das Profil C - C* zwischen Europaring und Badener Straße ca. 4.6% ab.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei Kaltluftströmungen eine Verringerung der Strömungsvolumina von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als „starker Eingriff“ mit meist nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet (Bebauung Bauschheim) zu bewerten. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ zu bewerten. Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten.

Demnach ist von der angedachten Planung allein die Wohnbebauung zwischen Brunnenstraße und Sudetenstraße / Böhmerwaldstraße von deutlichen kaltluftspezifischen Veränderungen (verzögerte und reduzierte nächtliche Abkühlung) betroffen. Die daraus resultierende thermische / bioklimatischen Zusatzbelastung wird nachfolgend in Kap. 5.3 bestimmt.

In den **Abbildungen 15.1 – 16.2** sind die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen für die **Planungsvariante** nach RegFNP aufgezeigt. Sie berücksichtigt zusätzlich eine ca. 10 ha große Grünzäsur.

Bei großräumig vorherrschenden Nordost-Winden fungiert die Grünzäsur als Kaltluftleitbahn in Richtung der Bestandsbebauung von Bauschheim (siehe **Abbildung 15.1**). Durch die geringe Oberflächenrauigkeit (Acker-/Wiesenflächen) gelangt gegenüber dem Plan-Zustand vermehrt Kaltluft in Richtung Brunnenstraße, so dass entlang des Profils A – A* noch ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 1.260 m³/s zu bilanzieren ist. Gegenüber dem Ist-Zustand bleibt der relative Verlust an Kaltluftvolumen auf ca. 27% begrenzt. Über das Profil C – C* (ca. 200 m nordwestlich der Brunnenstraße) nimmt der Kaltluftvolumenstrom zwischen Europaring und Badener Straße 3.8% ab (Plan-Zustand: 4.6%). Die ca. 10 ha große Grünzäsur macht sich somit insbesondere in der Bestandsbebauung zwischen Brunnenstraße und Sudetenstraße / Böhmerwaldstraße klimaökologisch positiv bemerkbar.

5.1.3 Kurzfazit - Kaltluftströmungsgeschehen

Die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen zeigen, dass im Plan-Zustand das Freiraumkonzept eine ausreichende kaltluftbedingte Belüftung der Neubebauung ermöglicht. Die Parklandschaften, Quartiersanger und Straßenzüge sind derart dimensioniert, dass die Kaltluft aus dem benachbarten Freiraumgefüge die Baustrukturen durchdringen kann und damit die nächtliche Abkühlung forciert.

Am heutigen östlichen Siedlungsrand von Bauschheim bleibt die planungsbedingte Reduktion der kaltluftbedingten Belüftung im Bereich Im Grundsee / Blumenweg nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) gering. Der Kaltluftvolumenstrom nimmt gegenüber dem Ist-Zustand um weniger als 5% ab.

Eine deutliche Einbuße an Kaltluftvolumen (>10%) ist erwartungsgemäß zwischen der Brunnenstraße und der Sudeten-/ Böhmerwaldstraße) festzustellen. Der Kaltluftvolumenstrom nimmt im Plan-Zustand unmittelbar am Ortsrand um ca. 41% ab. Bereits 200 m nordwestlich der Brunnenstraße beläuft sich die Reduktion des Kaltluftvolumenstroms aber nur noch auf weniger als 5%.

Legt man den Kaltluftströmungssimulationen die Planungsvariante mit einer ca. 10 ha großen Grünzäsur (Vorgabe des RegFNP 20210) zu Grunde, so beläuft sich die relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms gegenüber dem Ist-Zustand entlang der Brunnenstraße zwischen Tiroler Straße und L 3482 noch auf 27%. Die ca. 10 ha große Grünzäsur macht sich somit insbesondere in der Bestandsbebauung zwischen Brunnenstraße und Sudetenstraße / Böhmerwaldstraße klimaökologisch positiv bemerkbar.

5.2 Modellrechnungen zur ortsspezifischen Belüftungssituation

Durch die bauliche Inanspruchnahme von Teilen des Freiraumgefüges östlich von Bauschheim ist örtlich mit einer Reduzierung der Belüftungsintensitäten zu rechnen. Eine ausreichende Belüftung ohne großflächige Ausbildung von Luftstagnationsbereichen (Windgeschwindigkeit < 0.3 m/s) ist zum einen zur Begrenzung der sommerlichen Wärmebelastung erforderlich und zum anderen unterbindet eine möglichst intensive Belüftung ganzjährig die Akkumulation von Luftschadstoffen.

Nachfolgend wird mit Hilfe des Modell MISKAM Vers. 6.3 der Einfluss der geplanten Bebauung auf die örtliche Belüftungssituation analysiert. Dem Ist-Zustand werden dabei wiederum der Plan-Zustand sowie eine Planungsvariante mit einer ca. 10 ha großen Grünzäsur gegenübergestellt.

Das Untersuchungsgebiet umfasst eine Flächengröße von 1.450 m x 1.100 m zzgl. der Randbereiche.

Die Modellrechnungen werden jeweils für zwei besonders relevante Tagsituationen und zwei Nachtsituationen mit vermehrtem Einfluss lokaler Kaltluftbewegungen durchgeführt.

Vorgaben für die Tagsituationen:

- Südsüdwest-Wind (210°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschender Hauptwindrichtung.
- Ost-Wind (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei Winden in Richtung der Bestandsbebauung von Bauschheim.

Vorgaben für die Nachtsituationen:

- Ostnordost-Wind (60°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschenden lokalen Kaltluftströmungen mit Unterstützung großwetterlagenbedingter Ostnordost-Winde (leicht bewölkte Situation).
- Ost-Wind (90°) mit 1.5 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.
= Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschenden lokalen Kaltluftströmungen mit Unterstützung großwetterlagenbedingter Ost-Winde (leicht bewölkte Situation).

Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Horizontalschnitten (2.0 m ü.G. ~ EG, Bewegungsraum des Menschen im Freien). Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 1 m mächtige Luftschicht (Höhe ± 0.5 m) wieder.

Zur Verdeutlichung der Strömungsmodifikationen durch den Plan-Zustand und die Planungsvariante werden zusätzlich Differenzendarstellungen zum Ist-Zustand erstellt (2.0 m ü.G.).

5.2.1 Tagsituation – Windanströmung aus Südsüdwesten (210°)

Bei tagsüber zumeist vorherrschenden Südsüdwest-Winden (**Abbildung 17**) bildet im **Ist-Zustand** das bislang größtenteils ackerbaulich genutzte Planungsgebiet eine Ventilationsfläche, über welcher der Höhenwind verstärkt bodennah durchgreifen kann. In der Höhenschicht 2 m ü.G. werden über dem Freiraumgefüge mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1.8 bis über 2.0 m/s simuliert. Allein im Windschatten von Baukörpern (z.B. Rosenhof) sind mittlere Windgeschwindigkeiten unter 1.0 m/s zu verzeichnen. Im Bereich von Wald- und Gehölzflächen wird die Belüftungsintensität durch die Oberflächenrauigkeit ebenfalls deutlich vermindert.

Die Bestandsbebauung von Bauschheim zeigt sich gering bis mäßig belüftet. Während in den Gebäudeleelagen geringe Belüftungsintensitäten von unter 0.8 m/s vorherrschen, fungieren Gebäudeabstandsflächen, Hausgärten und Straßenzüge als Ventilationsflächen mit vermehrtem bodennahen Luftaustausch.

Mit Realisierung des Planungsvorhabens (**Plan-Zustand, Abbildungen 18.1 und 18.2**) und der damit einhergehenden Zunahme der Oberflächenrauigkeit nimmt im Planungsgebiet die Windgeschwindigkeit flächenhaft ab. Die gewählte Bau- und Freiflächenstruktur lässt aber eine ausreichende Be- und Entlüftung zu. Strömungsdynamisch besonders vorteilhaft sind die geplanten Grün-/Freiraumachsen, die von Süden bzw. von Südosten her das Planungsgebiet durchziehen sowie die vermehrt aufgelockerten Gebäudestrukturen am Übergang zum Freiland.

Auch die gewerblichen Flächen im Norden sowie das urbane Zentrum im Nordwesten zeigen ausreichende (= mäßige) Belüftungsintensitäten.

In der Bestandsbebauung kommt es bei vorherrschenden Südsüdwest-Winden zu keinen nennenswerten strömungsdynamischen Negativeffekten. Vielmehr ist stellenweise mit einer geringen Windgeschwindigkeitserhöhung (< 0.5 m/s) zu rechnen, da der durch die Barrierewirkung der geplanten Bebauung im Bereich des bisherigen Freilandes verzögerte Anteil der Strömung mit etwas höherer Windgeschwindigkeit an den Seiten vorbeigeführt (Umströmungseffekt) wird.

Legt man den Strömungssimulationen die **Planungsvariante (Abbildungen 19.1 und 19.2)** zu Grunde, so zeigen sich in der Bestandsbebauung mit dem Plan-Zustand vergleichbare Verhältnisse. Allein unmittelbar nördlich der Grünzäsur zeigt sich die geplante Bebauung typischerweise intensiver belüftet.

5.2.2 Tagsituation – Windanströmung aus Osten (90°)

Nach Ergebnissen mesoskaliger Modellrechnungen durch den DEUTSCHEN WETTERDIENST (2017) häufen sich an heißen Sommertagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) im Planungsgebiet Winde aus östlichen Richtungen.

Als konstante Randbedingung wird demgemäß eine Luftströmung aus Osten (90°) mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 2.5 m/s (10 m ü.G.) gewählt.

Die **Abbildung 20** zeigt die Ergebnisse der Strömungssimulationen für den **Ist-Zustand** (2 m ü.G.).

Auch bei dieser Situation tritt das Planungsgebiet als Ventilationsfläche mit vergleichsweise intensiven Belüftungsintensitäten hervor. Während in der Ortslage Bauschheim mittlere Windgeschwindigkeiten von unter 1.5 m/s vorherrschen, sind über den Freiflächen des Planungsgebiets mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von 1.6 m/s bis über 2.0 m/s zu bestimmen.

In der Bestandsbebauung bilden insbesondere die weitgehend strömungsparallel verlaufenden Straßenzüge (z.B. Am Steinmarkt, Europaring und Im Grundsee) funktionierende Ventilationsachsen.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 21.1 und 21.2)** zeigt sich ein Großteil des Planungsgebiets ausreichend belüftet. Allein in den Baufeldern W14 und W15 nordöstlich der Bestandsbebauung Im Grundsee ist der Flächenanteil von Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s etwas größer.

Eine großflächige (<1 ha) und damit kritische Ausbildung von Luftstagnationsbereichen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist jedoch nicht festzustellen. Die dort angedachten Gemeinschaftshöfe gewährleisten einen ausreichenden bodennahen Luftaustausch.

Als strömungsdynamisch vorteilhaft macht sich die vom geplanten Entréeplatz nach Osten hin trichterförmige öffnende Freizone in Richtung geplanter Schule und Flusspark/Landschaftspark bemerkbar. Sie sichert auch in Richtung der Bestandsbebauung von Bauschheim erforderliche Belüftungsintensitäten. Wie die Differenzendarstellung zum Ist-Zustand (**Abbildung 21.2**) belegt, bleiben die planungsbedingten Windschatteneffekte auf die unmittelbaren Nahbereich der Brunnenstraße begrenzt. Dort bleiben ortstypische Belüftungsintensitäten von 0.6 – 1.0 m/s gesichert.

Auch in der Bestandsbebauung im Bereich Im Grundsee führen die planungsbedingten Lee-Effekte zu keiner gravierenden Schwächung des bodennahen Luftaustausches. Eine flächenhafte Zunahme von Luftstagnationsbereichen ist nicht zu bilanzieren.

Gegenüber der **Planungsvariante (Abbildungen 22.1 und 22.2)** stellen sich im Plan-Zustand in der Bestandsbebauung von Bauschheim keine erheblichen strömungsdynamischen Zusatzbelastungen ein.

5.2.3 Nachtsituation – Windanströmung aus Ostnordosten (60°)

Wie der Windstatistik in **Abbildung 9** zu entnehmen ist, treten in den Nachstunden vermehrt Winde aus nordöstlichen Richtungssektoren auf. Diese Häufung erfolgt auch bei leicht bedecktem Nachthimmel. Bei derartigen Verhältnissen bildet die geplante Bebauung vor allem in Richtung der Bestandsbebauung zwischen Brunnenstraße und Im Grundsee eine Strömungsbarriere.

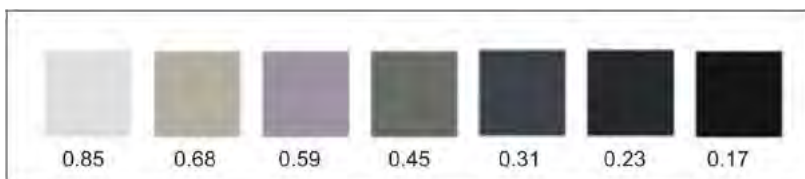
Die Ergebnisse der Modellrechnungen für den **Ist- und Plan-Zustand (Abbildungen 23, 24.1 und 24.2)** zeigen, dass die geplante Bebauung derart angelegt ist, dass sich die Lee-Wirkung südwestlich der Baufelder W14 und W15 nur in geringem Maße in die Wohnbebauung „Im Grundsee / Blumenweg“ erstreckt. Die angedachten Quartiershöfe, die Beschränkung der geplanten Wohnbebauung auf 2-geschossige Bauweisen sowie der geplante ca. 18 m breite Wohnweg mit Grünstreifen zwischen geplanter und bestehender Bebauung machen sich strömungsdynamisch positiv bemerkbar.

Das Planungsgebiet zeigt trotz geringer Eingangsgeschwindigkeit größtenteils ausreichende Be- und Entlüftungsintensitäten. Die flächendeckende Ausprägung von mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s (= Windstagnation) unterbleibt.

In Gemeinschaftshöfen mit auffallend reduzierter nächtlicher Be- und Entlüftung (z.B. Baufelder W15 und W21 – siehe **Grafik 6**) werden mit Hilfe der geplanten Grünstrukturen günstige thermische Verhältnisse geschaffen (siehe Kap. 5.3), die mit gestalterischen Maßnahmen (Fassadenbegrünung, Fassadengestaltung mit möglichst hellen Farben - Albedo > 0.7 [siehe **Grafik 7**]) noch weiter optimiert werden können.



Grafik 6: Ausschnitt von Abbildung 24.1



Grafik 7: Beispielhafte Albedowerte

Innerhalb des Planungsgebiets wirkt sich insbesondere die Grüne Mitte begünstigend auf das kleinräumige Belüftungsgeschehen aus. Sie „bündelt“ die strömungsdynamischen Positiveffekte über den anschließenden Flusspark und die Freiflächen im Umfeld des geplanten Schulstandorts, wovon die „Urbane Mitte“ im Nordwesten profitiert.

Die Strömungssimulationen zur **Planungsvariante (Abbildungen 25.1 und 25.2)** dokumentieren, dass sich die strömungsdynamischen Positiveffekte der ca. 10 ha großen Grünzäsur im Wesentlichen auf das unmittelbar angrenzende Planungsgebiet im Südsüdwesten begrenzt. Eine weitreichende Begünstigung des bodennahen Luftaustauschgeschehens, die auch noch in der Bestandsbebauung von Bauschheim wirksam wird, ist bei der vorgegebenen Situation nicht festzustellen.

5.2.4 Nachtsituation – Windanströmung aus Osten (90°)

Herrschen in den Nachtstunden seichte Wind aus Osten (90°) vor, sind die planungsbedingten Windschatteneffekte in Richtung Brunnenstraße gerichtet. Als konstante Randbedingung wird wiederum eine Strömungsgeschwindigkeit von 1.5 m/s (15 m ü.G.) gewählt. Gegenüber den Kaltluftströmungssimulationen mit stabiler Luftschichtung (Kap. 5.1) ist die Luft neutral geschichtet. Derartige Verhältnisse sind repräsentativ für leicht bis mäßig bewölkte Nächte, die gleichfalls an Tropennächte gebunden sein können.

Die **Abbildung 26** zeigt die Ergebnisse der Strömungssimulationen für den **Ist-Zustand** (2 m ü.G.). Innerhalb der Bebauung und in gehölzüberstellten Flächen ist die Belüftungsintensität recht schwach. Mittlere Windgeschwindigkeiten bis ca. 1.0 m/s werden großflächig allein den Freiflächen östlich von Bauschheim sowie über den Stellplatzflächen und Sportanlagen im Umfeld des Einkaufsmarktes Globus simuliert. Diese Areale begünstigen aufgrund ihrer geringen Oberflächenrauigkeit den örtlichen Luftaustausch.

In Gebäudeluv- und Gebäudeleelagen sowie im Windschatten von Waldflächen und Gehölzgruppen sind hingegen vermehrt Luftstagnationstendenzen (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s) bzw. geringe Belüftungsintensitäten von unter 0.8 m/s zu bilanzieren.

Bei Realisierung des **Plan-Zustands (Abbildungen 27.1 und 27.2)** stellen sich nordwestlich der Brunnenstraße und im Bereich der Wohnbebauung Im Grundsee / Blumenweg am unmittelbaren heutigen Siedlungsrand geringe Windabschwächungen (ca. -0.2 bis -0.4 m/s) ein. Die dort verbleibende Belüftungsintensität unterbindet aber weiterhin Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s und entspricht damit weiterhin dem ortstypischen Belüftungsniveau.

Innerhalb des Planungsgebiets ist ein kleinräumiger Wechsel zwischen geringen und sehr geringen Belüftungsintensitäten zu bilanzieren, wie er auch in der heutigen Ortslage von Bauschheim vorzufinden ist. Eine negativ zu bewertende Ausbildung großflächiger Luftstagnationsbereiche (> 1 ha) wird durch das feingliedrige Straßen-/Wegenetz, die Gemeinschaftshöfe und großzügigen Grünstrukturen unterbunden.

Die **Abbildungen 28.1** und **28.2** dokumentieren die Ergebnisse der Windfeldsimulationen für die **Planungsvariante** mit Grünzäsur.

In der Bestandsbebauung von Bauschheim profitiert allein die Bebauung im Bereich der Alpenstraße und der Salzburger Straße von der strömungsdynamischen Gunstfunktion der Grünzäsur. Da in diesen Bereich aber auch im Plan-Zustand eine ausreichende Belüftungsintensität gewährleistet bleibt, ist die Grünzäsur nicht als zwingend erforderlich einzustufen. Der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF sichert im Bestand ein ortstypisches Belüftungslevel unter Ausschluss großflächiger Luftstagnation.

5.2.5 Kurzfazit - Belüftung

Die Simulationsergebnisse zu den lokalen Belüftungsverhältnissen belegen, dass der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF (=Plan-Zustand) den strömungsdynamischen Zielvorstellungen von Seiten der Klimaökologie weitgehend entspricht. Der räumliche Übergang zum angrenzenden Freiraumgefüge ist derart ausgeformt, dass sowohl am Tag als auch in der Nacht eine ausreichende Belüftungsintensität gewährleistet ist. Ergänzende bebauungsinterne Grün- und Platzstrukturen sowie an Erschließungsstraßen geknüpfte Ventilationsachsen mit Mindestbreiten von ca. 18 m unterstützen dies. In wenigen Teilbereichen mit auffallend reduzierter nächtlicher Be- und Entlüftung (z.B. Baufelder W15 und W21) werden mit Hilfe der geplanten Grünstrukturen günstige thermische Verhältnisse geschaffen und damit ausreichend günstige bioklimatischen Umgebungsbedingungen gesichert (siehe Kap. 5.3.1). In Anbetracht der Klimawandelfolgen mit erhöhter sommerlicher Hitzebelastung sind dennoch zusätzliche gestalterische Maßnahmen (Fassadenbegrünung, Fassadengestaltung mit möglichst hellen Farben) zu empfehlen. Diese können die bioklimatischen Verhältnisse noch weiter verbessern.

In der Bestandsbebauung kommt es am Tag bei vorherrschenden Winden aus der Hauptwindrichtung Südsüdwest zu keinen nennenswerten planungsbedingten strömungsdynamischen Negativeffekten. Gegenüber der Planungsvariante mit Grünzäsur stellen sich am Tag im Plan-Zustand in der Bestandsbebauung von Bauschheim keine erheblichen strömungsdynamischen Zusatzbelastungen ein.

Auch in den Nachtstunden bleiben die zusätzlichen strömungsdynamischen Positiveffekte der Planungsvariante mit einer ca. 10 ha großen Grünzäsur im Wesentlichen auf das unmittelbar angrenzende Planungsgebiet im Südsüdwesten begrenzt. Eine weitreichende Begünstigung des bodennahen Luftaustauschgeschehens, die auch noch in der Bestandsbebauung von Bauschheim wirksam wird, ist bei der vorgegebenen Situation gegenüber dem Ist-Zustand bei häufig vorherrschenden Ostnordost-Winden nicht festzustellen.

Dominieren in den Nachtstunden Ost-Winde, so sind bei Realisierung des Plan-Zustands nordwestlich der Brunnenstraße und im Bereich der Wohnbebauung Im Grundsee / Blumenweg am unmittelbaren heutigen Siedlungsrand nur geringe Windabschwächungen (ca. -0.2 bis -0.4 m/s) festzustellen. Die dort verbleibende Belüftungsintensität unterbindet weiterhin Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s und entspricht damit weiterhin dem ortstypischen Belüftungsniveau.

Legt man den Berechnungen die Planungsvariante mit Grünzäsur zu Grunde, so profitiert in der Bestandsbebauung von Bauschheim allein die Bebauung im Bereich der Alpenstraße und der Salzburger Straße von der strömungsdynamischen Gunstfunktion der Grünzäsur. Da in diesen Bereich im Plan-Zustand dennoch eine ausreichende Belüftungsintensität gewährleistet bleibt, ist die Grünzäsur nicht als zwingend erforderlich einzustufen. Der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF sichert im Bestand ein ortstypisches Belüftungsniveau unter Ausschluss großflächiger Luftstagnation.

5.3 Modellrechnungen zum örtlichen Lufttemperaturfeld / Bioklima

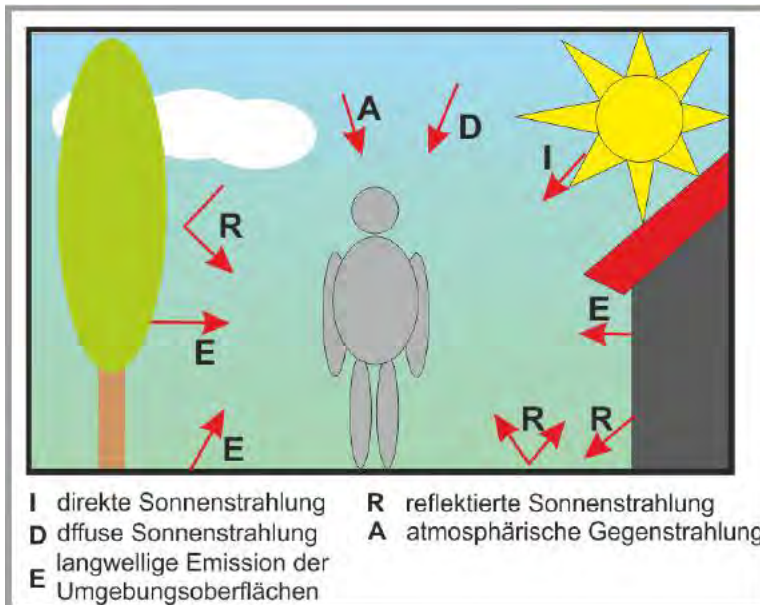
Zahlreiche Stadtklimastudien belegen, dass sich tagsüber intensiv aufgeheizte befestigte Areale nach Sonnenuntergang in den Sommermonaten nur verzögert abkühlen. Während über vegetationsbedeckten Bereichen nach Sonnenuntergang die Luft- und Oberflächentemperaturen vergleichsweise rasch sinken, bleiben versiegelte Flächen (Straßen, Parkplätze, Gebäude/Hallen) die ganze Nacht hindurch überwärmt.

Durch die bauliche Inanspruchnahme von siedlungsnahen Kaltluftproduktionsflächen ist im Planungsumfeld insbesondere in den Nachtstunden mit einer örtlichen Verzögerung und Verringerung der nächtlichen Abkühlung zu rechnen.

Die nachfolgenden Berechnungen zur Lufttemperatur beziehen sich auf bioklimatisch besonders belastende Sommertage (16:00 Uhr, ungefähre Zeitpunkt der Tageshöchsttemperatur im Sommer, siehe **Abbildung 11.1**) bzw. Tropennächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt bis zu dem in der Regel in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zu-Bett-Gehen nochmals durchgelüftet werden).

Als Anströmungsrichtung wird jeweils ein Ost-Wind (90°) gewählt, da sich bei diesen Verhältnissen die Bestandsbebauung von Bauschheim in unmittelbarer Lee-Lage befindet (= Worst-Case-Szenario).

Ergänzend wird für die Tagsituation als humanbioklimatisches Maß die physiologische Äquivalenttemperatur (engl. Physiological Equivalent Temperature, PET) berechnet, um die Aufenthaltsqualität im Bereich der vorgesehenen Bebauung vertiefend zu bewerten. Der PET-Wert ist ein biometeorologisches Bewertungsmaß (siehe VDI-Richtlinie 3787, Bl. 2), das den aktuellen meteorologischen Atmosphärenzustand in thermischer Hinsicht für den Menschen bewertbar macht und neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit auch die auf den Menschen einwirkende Wärmebelastung durch verschiedene Strahlungsflüsse [direkte und diffuse Sonnenstrahlung (I und D), reflektierte Sonnenstrahlung (R), atmosphärische Gegenstrahlung (A), Wärmeabstrahlung der Umgebungsoberflächen (= langwellige Emission E)] berücksichtigt – **Grafik 8**.



Grafik 8: Strahlungseinwirkungen auf den Menschen. Grafik modifiziert nach BAUMÜLLER (2017)

Die PET ist auf Basis einer standardisierten Person, die sich im Freien aufhält und nachfolgende Kriterien erfüllt, diejenige Temperatur, bei der im typischen Innenraum die Energiebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist.

Es findet eine Adaption der real wahrgenommenen Bedingungen der Außenwelt in den Innenraum statt und ermöglicht es dem Menschen, den thermischen Zustand außerhalb mit seinen Erfahrungen im Innenraum in Relation zu setzen (IÖR 2011).

Die Standardperson (Klima-Michel) für den die PET- Berechnung aufgestellt ist, weist folgende Merkmale auf:

- Geschlecht: männlich
- Alter: 35 Jahre
- Gewicht: 75 kg
- Größe: 1,75 m
- Körperoberfläche: 1,9 m²
- metabolische Rate: 164 W (gehend)
- Kleidungsfaktor: 0,9 clo
- Gehend: 1.21 m/s

Die PET zeigt eine starke Abhängigkeit von der mittleren Strahlungstemperatur, die entscheidend von der direkten Sonneneinstrahlung geprägt wird. Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Für den Baumbestand wird im ENVI-met-Modell die Datenbank „simple plants“ benutzt.

Für die Bestimmung der PET-Werte wird der Zeitpunkt 14:00 Uhr gewählt, da in der Summenwirkung Lufttemperatur und Sonneneinstrahlungsintensität zu diesem Zeitpunkt die höchste bioklimatische Belastung zu erwarten ist.

5.3.1 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (14:00 Uhr / 16 Uhr) mit östlicher Luftströmung (90°)

Die **Abbildung 29** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 16:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Vorausgesetzt wird eine östliche Luftströmung (90°) mit 2.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Bei Lufttemperaturen im Bereich schattenwerfender dichter Gehölzbestände von ca. 32.00 – 32.75°C werden über asphaltierten, unbeschatteten Stellplatzflächen und Straßenzügen (z.B. im Bereich des Einkaufszentrums Globus) Lufttemperaturen bis über 34.75°C berechnet. Über Rasen-, Wiesen- und Ackerflächen sind in unbeschatteten Bereichen Lufttemperaturen bis 33.49°C zu bilanzieren. Die thermische Gunstfunktion schattenwerfender Gehölzbestände und unversiegelter Freiflächen wird offenbar.

Die im Untersuchungsgebiet insgesamt recht geringen Lufttemperaturdifferenzen von ca. 3.00 K gegen 14:00 Uhr sind auf den am Tag vergleichsweise intensiven horizontalen und vertikalen Luftaustausch zurückzuführen.

Mit Realisierung der angestrebten Bebauung (**Plan-Zustand, Abbildungen 30.1 und 30.2**) ist im Planungsumfeld mit keiner relevanten thermischen Zusatzbelastung zu rechnen. Die geplante Bebauung ist derart gestalterisch / grünordnerisch angelegt, dass die von der Neubebauung ausgehende thermische Zusatzbelastung am Tag räumlich eng begrenzt bleibt. Dies wird anhand der Differenzendarstellung zum Ist-Zustand offenbar.

Innerhalb des Planungsgebiets stellen sich insgesamt recht günstige thermische Umgebungsbedingungen ein. Die zahlreichen öffentlichen und privaten Grünflächen durchsetzen die Bebauung in einem engen Raster, wodurch die Ausbildung prägnanter Warmluftfahnen unterbunden wird. Allein über versiegelten Gewerbeflächen und im Bereich des angenommenen gepflasterten Schulhofs und des potenziellen Kunstrasensportplatzes sind großflächig erhöhte thermische Belastungen festzustellen. Laut Messungen durch ÖKOPLANA (2018) auf einem Sportgelände in Wiesbaden heizen sich am Tag Kunstrasenflächen ähnlich wie schwarze Asphaltflächen sehr stark auf und tragen somit zu hoher Wärmebelastung bei. So werden bspw. gegen 12:00 Uhr bei Lufttemperaturen von ca. 26°C über Kunstrasenflächen Oberflächenstrahlungstemperaturen bis knapp 38°C registriert. Asphalt und Tartanbahnen zeigen mit Werten von ca. 37°C und 40°C ebenfalls extrem hohe Werte. An heißen Sommertagen können sich Kunstrasenflächen bis auf über 50°C erwärmen (ÖKOPLANA 2020).

Im Bereich versiegelter Zugangswege zeigen sich Lufttemperaturen von max. 34.4°C. Dies unterstreicht, dass die grünordnerische Gestaltung im Planungsgebiet als günstig einzustufen ist.

Entsprechend der geringen planungsbedingten thermischen Zusatzbelastung in der Bestandsbebauung von Bauschheim ergeben sich am Tag durch die **Planungsvariante (Abbildungen 31.1 und 31.2)** keine bedeutsamen zusätzlichen thermischen Gunsteffekte nordwestlich der Brunnenstraße.

In der **Abbildung 32.1 – 32.5** sind vergleichend für den **Ist-** und **Plan-Zustand** sowie für die **Planungsvariante** mit Grünzäsur die Ergebnisse der PET-Simulationen exemplarisch für einen warmen Sommertag ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) dokumentiert.

Die PET-Werte (~ gefühlte Temperatur) erreichen im Untersuchungsgebiet mit etwa 23.0°C bis 50.0°C eine Spanne von 27 K. Die niedrigsten Werte werden im Baumschatten simuliert (ca. 23 – 32°C).

Extreme bioklimatische Belastungen mit PET-Werten von über 41.0°C sind über versiegelten Flächen ohne Gebäude- und Baumschatten sowie mit abgeschwächter bodennaher Ventilation zu bilanzieren. Derartige Werte werden überwiegend über Straßen und Stellplatzflächen simuliert.

Im Bereich unbeschatteter Rasenflächen und über Wiesen- und Ackerflächen werden PET-Werte von ca. 36 - 40°C berechnet (= starke Wärmebelastung).

Im **Plan-Zustand** ist im neuen Wohnquartier eine große Vielfalt an unterschiedlichen Mikroklimaten festzustellen. Während im Baumschatten PET-Werte von unter 29°C zu bestimmen sind (= schwache Wärmebelastung), können über unbeschatteten Fußwegen und im Bereich des Entréeplatzes (Annahme: versiegelte Pflasterfläche) PET-Werte bis ca. 50°C (= extreme Wärmebelastung) auftreten. Von Bedeutung ist, dass die Flächen mit hoher bioklimatischer Belastung kleinräumig von Flächen mit geringerer Wärmebelastung durchsetzt sind, wodurch insgesamt annehmbare bioklimatische Verhältnisse entstehen. Dies ist im vorgelegten Planungsentwurf gesichert. Insbesondere der Grünzug Landschaftspark – Flusspark - Grüne Mitte bildet an warmen / heißen Sommertagen einen bedeutsame bebauungsinterne Erholungsfläche. Auch die begrünten Gemeinschaftshöfe bieten bioklimatisch begünstigte Aufenthaltsbereiche. Die öffentlichen Grünflächen und Plätze haben im Tages- und Jahreszeitenverlauf vielfältige Funktionen zu erfüllen. In den Sommermonaten werden Sie zumeist ganztags bis in die Abendstunden hinein zur Erholung, zum Spielen, zum Sport oder zur Aufnahme sozialer Kontakte aufgesucht (nach BAUMÜLLER, N. 2018). Eine klimaangepasste Gestaltung muss diese Ansprüche berücksichtigen. Die Flächen sollten daher möglichst vielfältige Mikroklimata unter Ausschluss von Extremen aufweisen. Demnach ist bspw. bei Spielplätzen zu fordern, dass sie sowohl Spielbereiche im Schatten (in den Sommermonaten) als auch in der Sonne (Winter / Übergangsjahreszeiten) bieten.

Die bioklimatisch begünstigten Teilbereiche im Planungsgebiet sind räumlich derart verteilt, dass den zukünftigen Bewohnern und Arbeitenden in Gegendnähe (charakteristische Zeit ca. 5 Minuten, charakteristische Länge ca. 150 – 250 m – nach MAYER, H. 1987) eine Erholungsfläche mit akzeptablen bioklimatischen/ Verhältnissen geboten wird.

Eine bedeutsame Zunahme der bioklimatischen Belastung außerhalb des Planungsgebiets ist nicht zu bestimmen, da am Tag die örtlichen Strahlungsverhältnisse das Bioklima bestimmen. Die **Planungsvariante** mit Grünzsäure wirkt sich daher nicht wesentlich begünstigend auf die bioklimatischen Verhältnisse in der Bestandsbebauung aus.

5.3.2 Thermische Situation in einer Tropennacht (23:00 Uhr) mit schwacher östlicher Luftströmung (90°)

Wie u.a. in Kap. 4.1 bereits erläutert, setzen am Planungssandort in stadtklimatisch besonders relevanten Sommernächten vermehrt regional angelegte Winde aus östlichen Richtungssektoren ein. Nachfolgend wird den Berechnungen eine beispielhafte Situation mit Ost-Winden (1.5 m/s) zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse der mikroskaligen Modellrechnungen für den **Ist-Zustand (Abbildung 33)** belegen, dass die Kühlwirkung der Kaltluftbewegungen aus dem östlichen Freiraumgefüge in der Bestandsbebauung im nördlichen Teilbereich bis ca. zum Europaring / Otto-Hahn-Schule reicht und im Süden zwischen der Bebauung Im Grundsee und Brunnenstraße besonders wirksam ist.

Während im östlichen Freiraum über den Ackerflächen und Wiesen Lufttemperaturen zwischen ca. 21.0 und 21.8°C berechnet werden, stellen sich am östlichen Siedlungsrand von Bauschheim Lufttemperaturen von ca. 21.5 – 23.0°C ein.

Außerhalb des direkten Einwirkungsbereichs der Freilandkaltluft (z.B. westlich des Europarings und entlang der Brunnenstraße auf Höhe der Wohnbebauung Im Grundsee zeigen sich vermehrt Lufttemperaturen bis ca. 24.0°C. Höchste Lufttemperaturen (bis knapp über 25.0°C) im Untersuchungsgebiet werden im Bereich der Stellplatzflächen des Einkaufszentrums Globus ermittelt.

Mit Realisierung der geplanten Bebauung (**Plan-Zustand, Abbildungen 34.1 und 34.2**) ist im Bereich des Planungsgebiets durch die bauliche Inanspruchnahme der Ackerflächen und Wiesen mit einem Lufttemperaturanstieg um ca. 0.4 – 3.0 K zu rechnen. Die im Planungsgebiet festzustellenden Temperaturverhältnisse bleiben durch die gewählte Freiraumstruktur größtenteils im Bereich des ortstypischen Klimaniveaus westlich des Europarings (bis ca. 24.2°C). Auf Höhe der vermehrt urbanen Bebauung auf Höhe des Entréeplatzes steigen die Lufttemperaturen bis auf ca. 24.7°C an. Damit ist auch in der Bestandsbebauung nordwestlich der Brunnenstraße eine Zunahme der Lufttemperatur um ca. 0.4 – 2.4 K verbunden. Es stellen sich in der dem Planungsgebiet angrenzenden Bestandsbebauung vermehrt Verhältnisse ein, wie sie heute im Ortszentrum von Bauschheim vorzufinden sind. Eine darüber hinausgehende und damit ortsuntypische thermische Zusatzbelastung ist nicht zu bilanzieren.

Entsprechend der Ergebnisse zur planungsbedingten Veränderung des Kaltluftvolumenstroms reichen die thermischen Zusatzbelastungen westlich der Brunnenstraße bis ca. zum Europaring / Otto-Hahn-Schule. Eine großräumige Beeinträchtigung der nächtlichen Abkühlung in Bauschheim findet nicht statt.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die **Planungsvariante (Abbildungen 35.1 und 35.2)** lassen allein nordwestlich der Brunnenstraße bis zur Linie Spreewaldstraße - Sudentenstraße geringere thermische Zusatzbelastungen erwarten. Durch die direkte räumliche Anbindung an die Grünzäsur wirkt die zusätzliche Kaltluftbildung im o.a. Bereich einer Lufttemperaturerhöhung entgegen.

5.3.3 Kurzfazit – thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen

Die Modellrechnungen zu den thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld zeigen, dass am Tag in der Bestandsbebauung mit keinen relevanten Zusatzbelastungen zu rechnen ist. Dies weist darauf hin, dass der vorgelegte Planungsentwurf von Seiten der Klimaökologie für die Tagsituation den gestalterischen / grünordnerischen Zielvorstellungen weitgehend entspricht.

Demgemäß sind auch innerhalb des Planungsgebiets insgesamt günstige thermische Verhältnisse zu bilanzieren. Die zahlreichen öffentlichen und privaten Grünflächen durchsetzen die Bebauung in einem engen Raster, wodurch die Ausbildung prägnanter Warmluftfahnen unterbunden wird.

Die öffentlichen Grünflächen und Plätze fungieren bis in die Abendstunden hinein als thermisch begünstigte Erholungs-, Spiel- und Sportflächen.

Entsprechend der geringen planungsbedingten thermischen Zusatzbelastung in der Bestandsbebauung von Bauschheim ergeben sich am Tag durch die Planungsvariante mit Grünzäsur keine bedeutsamen zusätzlichen thermischen Entlastungseffekte nordwestlich der Brunnenstraße.

In sommerlichen Nächten ist im Bereich des Planungsgebiets durch die bauliche Inanspruchnahme der Ackerflächen und Wiesen mit einem Lufttemperaturanstieg von ca. 0.4 – 3.0 K zu rechnen. Die im Planungsgebiet berechneten Temperaturverhältnisse bleiben durch die gewählte Freiraumstruktur größtenteils im Bereich des ortstypischen Klimaniveaus westlich des Europarings (bis ca. 24.2°C). In der vermehrt urbanen Bebauung auf Höhe des Entréeplatzes steigen die Lufttemperaturen bis auf ca. 24.7°C an. Damit ist nur nordwestlich der Brunnenstraße bis ca. zum Europaring / Otto-Hahn-Schule kleinräumig eine Zunahme der Lufttemperatur um ca. 0.4 – 2.4 K verbunden. Dort sind vermehrt Verhältnisse zu erwarten, wie sie heute im Ortszentrum von Bauschheim vorzufinden sind. Eine darüber hinausgehende und damit ortsuntypische thermische Zusatzbelastung ist nicht zu bilanzieren.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Planungsvariante zeigen allein nordwestlich der Brunnenstraße bis zur Linie Spreewaldstraße - Sudentenstraße geringere thermische Zusatzbelastungen.

6 Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen

Im Rüsselsheimer Stadtteil Bauschheim ist südöstlich der Brunnenstraße auf einem ca. 60.5 ha großen Areal („Eselswiese“) die Entwicklung neuer Wohnbauflächen inkl. Kita und Schule, Gewerbeflächen und öffentlichen Grünflächen geplant.

Im Zuge eines „städtebaulich-freiraumplanerischen Realisierungswettbewerbs“ im Jahr 2020 wurde der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF (Berlin) als Grundlage der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme „Rüsselsheim-Eselswiese“ ausgewählt. Bei der Bewertung des Entwurfs fanden klimaökologische Vorgaben Eingang..

Der aktuelle Rahmenplan „Eselswiese Rüsselsheim“ folgt im Freiraumkonzept der ehemaligen Flussschlinge, die sich von Südosten nach Nordwesten durch das Planungsgebiet zieht. Hier ist eine locker gehölzüberstellte Parklandschaft angedacht, die neben der Funktion als Kaltluftentstehungs- und Kaltlufttransportgebiet vor allem dem Hochwasserschutz und der Retention dienen soll. Die mäanderartig verlaufende Grünzone mündet in der „Grünen Mitte“, die als zentrale Erholungs-/Aufenthaltsfläche fungiert. Sie weist in Südwest-Nordost-Richtung eine Breite von ca. 45 – 85 m auf.

Das Biotop der Sanddüne im Süden des Planungsgebiets wird freiräumlich über öffentliche Grünflächen und Quartiersanger an die „Grüne Mitte“ angebunden, wodurch eine weitere Belüftungsachse und Kaltlufttransportbahn entwickelt wird. Zwischen dem urbanen Zentrum am Entréeplatz unmittelbar südöstlich der Brunnenstraße und den Gewerbeflächen im Norden entlang einer von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Erschließungsachse ist ein Grünband vorgesehen. Die insgesamt ca. 40 m breite Achse dient als bebauungsinterne Ventilationsbahn und findet in Richtung Südosten über die Flächen des Schulstandorts sowie Sport- und Spielflächen Anschluss an das östliche Freiraumgefüge.

Die geplante Bebauung sieht eine vielfältigen Mix aus Ein- und Mehrfamilienhäusern, Doppelhäusern sowie Gewerbebauten und öffentlichen Einrichtungen vor, wobei bislang 2 – bis 5-geschossige Bauweisen geplant sind. Ergänzt wird die Bebauung durch mehrere Quartiersgaragen.

An den Übergängen zu den benachbarten Freiräumen ist eine lockere Anordnung der Bebauung gewählt, um das Eindringen lokaler Kaltluft in das Planungsgebiet zu begünstigen.

Im RegFNP 2010 (Stand 31.12.2020) der REGION FRANKFURTRHEIMAIN sind im Planungsgebiet Wohnbauflächen, Sonderbauflächen, gemischte Bauflächen sowie Gewerbeflächen dargestellt. Zudem ist in in zentraler Lage eine von Ost-süd-osten nach Westnordwesten verlaufende Grünfläche (Flächengröße ca. 10 ha) ausgewiesen. Die Grünfläche ist als „Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen“ gekennzeichnet, das im östlichen Freiraumgefüge von Bauschheim seine Fortsetzung findet. Die Grünzäsur dient der Produktion und dem Transport von Kalt-/Frischlufte in die Bestandsbebauung sowie der Gebietsdurchlüftung.

Die Analyse vorliegender Windstatistiken zeigt , dass in Bauschheim im Allgemeinen südsüdwestliche und nordnordöstliche Winde vorherrschen. Lokal kann es zu leichten Richtungsverschiebungen kommen.

Der Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit liegt in freien Lagen bei ca. 3.3 m/s (Station DWD Frankfurt -Flughafen) und innerhalb der Bebauung bei ca. 1.7 m/s. Dieser Wert aus aus Daten der HLNUG-Luftmessstation Raunheim abgeleitet.

In klimaökologisch besonders relevanten Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr und ca. 31% der Nächte in der warmen Jahreszeit Mai bis September – nach DEUTSCHER WETTERDIENST 2017) flaut der Wind zunehmend ab und es häufen sich nordwestliche sowie ostnordöstlich bis östliche Windrichtungen, was auf regionale/lokale Strömungsprozesse in der Untermainebene zurückzuführen ist. Damit gelangt die über den landwirtschaftlichen Flächen im Planungsgebiet entstehende Kalt-/Frischlufte in die Ortslage Bauschheim. Ein reliefgestützter Kalt- und Frischluftabfluss in Richtung Bauschheim liegt nicht vor, da das Gelände im großen Ganzen betrachtet ein nur ein schwaches Gefälle von Südwesten nach Nordosten in Richtung L 3482 aufweist und die vorhandene Vertiefung der ehemaligen Flussschlinge das Gebiet topografisch teilt.

Die thermische / bioklimatische Situation in Bauschheim weist durchschnittlich 27.6 bis 30 Tage mit Wärmebelastung auf.

Nach Berechnungen des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG E.V. wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Raum Bauschheim im Zeitraum 2031 – 2060 gegenüber der Zeitspanne 1971 – 2000 um ca. 1.9 K zunehmen. Hierdurch steigt auch die Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) mit erhöhter bioklimatischer Belastung von ca. 52 Tage/Jahr auf ca. 75 Tage/Jahr an⁴. Bei der Anzahl der heißen Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) ist mit einem Anstieg von ca. 15 Tage/Jahr auf 30 Tage/Jahr zu rechnen.. Die Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) nimmt von ca. 5 Nächte/Jahr auf ca. 14 Nächte/Jahr zu. D

⁴ nach: DEUTSCHER WETTERDIENST 2017

en Projektionen liegt das Antriebsszenario RCP8.5 (mittlere Temperaturzunahme) zu Grunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

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

Um Städte/Siedlungen langfristig tolerant gegenüber den prognostizierten Hitzeereignissen zu entwickeln, sind bei der Neuausweisung von Baugebieten thermisch wirksame Sicherungs- und Ausgleichsmaßnahmen zu berücksichtigen.

6.1 Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung

Bei den Berechnungen zu den klimaökologischen Funktionsabläufen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld wird neben dem Ist- und Plan-Zustand auch eine Planungsvariante mit Berücksichtigung einer ca. 10 ha großen Grünzäsur (entsprechend des RegFNP 2010) betrachtet.

Aus den in Kap. 4 beschriebenen klimaökologischen Verhältnissen resultiert, dass die Bebauung im Planungsgebiet derart angelegt sein sollte, dass eine möglichst intensive Be- und Durchlüftung gewährleistet ist. Zudem ist zu beachten, dass die zusätzlichen baulichen Versiegelungen nicht zu einer gravierenden thermischen Zusatzbelastung in der benachbarten Bestandsbebauung von Bauschheim führen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Kaltluftströmungssimulationen zeigen, dass im Plan-Zustand das Freiraumkonzept eine ausreichende kaltluftbedingte Belüftung der Neubebauung „Eselswiese“ möglich ist. Die Parklandschaften, Quartiersanger und Straßenzüge sind derart dimensioniert, dass die Kaltluft aus dem benachbarten Freiraumgefüge die Baustrukturen durchdringen kann und damit die nächtliche Abkühlung forciert.

Am heutigen östlichen Siedlungsrand von Bauschheim bleibt die planungsbedingte Reduktion der kaltluftbedingten Belüftung im Bereich Im Grundsee / Blumenweg nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003)⁵ gering. Der Kaltluftvolumenstrom nimmt gegenüber dem Ist-Zustand um weniger als 5% ab.

⁵ Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei Kaltluftströmungen eine Verringerung der Strömungsvolumina von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als „starker Eingriff“ mit meist nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet zu bewerten. Prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 5 und 10% sind als „mäßige Auswirkung“ zu bewerten. Bei Werten unter 5% sind im Allgemeinen nur „geringe klimatische Auswirkungen“ im Kaltluftzielgebiet zu erwarten.

Eine deutliche Einbuße an Kaltluftvolumen ($>10\%$) ist erwartungsgemäß zwischen der Brunnenstraße und der Sudeten-/ Böhmerwaldstraße) festzustellen. Der Kaltluftvolumenstrom nimmt im Plan-Zustand unmittelbar am Ortsrand um ca. 41% ab. Bereits 200 m nordwestlich der Brunnenstraße beläuft sich die Reduktion des Kaltluftvolumenstroms aber nur noch auf weniger als 5%.

Legt man den Kaltluftströmungssimulationen die Planungsvariante mit einer ca. 10 ha großen Grünzäsur (Vorgabe des RegFNP 20210) zu Grunde, so beläuft sich die relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms gegenüber dem Ist-Zustand entlang der Brunnenstraße zwischen Tiroler Straße und L 3482 noch auf 27%. Die ca. 10 ha große Grünzäsur macht sich somit insbesondere in der Bestandsbebauung zwischen Brunnenstraße und Sudetenstraße / Böhmerwaldstraße klimaökologisch positiv bemerkbar.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den lokalen Belüftungsverhältnissen belegen, dass der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF (=Plan-Zustand) den strömungsdynamischen Zielvorstellungen von Seiten der Klimaökologie weitgehend entspricht. Der räumliche Übergang zum angrenzenden Freiraumgefüge ist derart ausgeformt, dass sowohl am Tag als auch in der Nacht eine ausreichende Belüftungsintensität gewährleistet ist. Ergänzende bebauungsinterne Grün- und Platzstrukturen sowie an Erschließungsstraßen geknüpfte Ventilationsachsen mit Mindestbreiten von ca. 18 m unterstützen dies. In wenigen Teilbereichen mit auffallend reduzierter nächtlicher Be- und Entlüftung (z.B. Baufelder W15 und W21) werden mit Hilfe der geplanten Grünstrukturen günstige thermische Verhältnisse geschaffen und damit ausreichend günstige bioklimatischen Umgebungsbedingungen gesichert (siehe Kap. 5.3.1). In Anbetracht der Klimawandelfolgen mit erhöhter sommerlicher Hitzebelastung sind dennoch zusätzliche gestalterische Maßnahmen (Fassadenbegrünung, Fassadengestaltung mit möglichst hellen Farben) zu empfehlen. Diese können die bioklimatischen Verhältnisse noch weiter verbessern.

In der Bestandsbebauung kommt es am Tag bei vorherrschenden Winden aus der Hauptwindrichtung Südsüdwest zu keinen nennenswerten planungsbedingten strömungsdynamischen Negativeffekten. Gegenüber der Planungsvariante mit Grünzäsur stellen sich am Tag im Plan-Zustand in der Bestandsbebauung von Bauschheim keine erheblichen strömungsdynamischen Zusatzbelastungen ein. Auch in den Nachtstunden bleiben die zusätzlichen strömungsdynamischen Positiveffekte der Planungsvariante mit einer ca. 10 ha großen Grünzäsur im Wesentlichen auf das unmittelbar angrenzende Planungsgebiet im Südsüdwesten begrenzt. Eine weitreichende Begünstigung des bodennahen Luftaustauschgeschehens, die auch noch in der Bestandsbebauung von Bauschheim wirksam wird, ist bei der vorgegebenen Situation gegenüber dem Ist-Zustand bei häufig vorherrschenden Ostnordost-Winden nicht festzustellen.

Herrschen in den Nachtstunden Ost-Winde vor, so stellen sich bei Realisierung des Plan-Zustands nordwestlich der Brunnenstraße und im Bereich der Wohnbebauung Im Grundsee / Blumenweg am unmittelbaren heutigen Siedlungsrand nur geringe Windabschwächungen (ca -0.2 bis -0.4 m/s) ein. Die dort verbleibende Belüftungsintensität unterbindet weiterhin Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s und entspricht damit weiterhin dem ortstypischen Belüftungslevel.

Legt man den Berechnungen die Planungsvariante mit Grünzäsur zu Grunde, so profitiert in der Bestandsbebauung von Bauschheim allein die Bebauung im Bereich der Alpenstraße und der Salzburger Straße von der strömungsdynamischen Gunstfunktion der Grünzäsur. Da in diesen Bereich aber auch im Plan-Zustand eine ausreichende Belüftungsintensität gewährleistet bleibt, ist die Grünzäsur nicht als zwingend erforderlich einzustufen. Der Planungsentwurf des STUDIOS WESSENDORF sichert im Bestand ein ortstypisches Belüftungslevel unter Ausschluss großflächiger Luftstagnation.

Neben dem Windfeld beeinflusst die geplante Bebauung auch die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen.

Die modellbasierten Analysen zeigen, dass am Tag in der Bestandsbebauung mit keine relevanten planungsbedingten Zusatzbelastungen zu rechnen ist. Dies weist darauf hin, dass der vorgelegte Planungsentwurf von Seiten der Klimaökologie für die Tagsituation den gestalterischen / grünordnerischen Zielvorstellungen weitgehend entspricht.

Demgemäß sind auch innerhalb des Planungsgebiets insgesamt günstige thermische Verhältnisse zu bilanzieren. Die zahlreichen öffentlichen und privaten Grünflächen durchsetzen die Bebauung in einem engen Raster, wodurch die Ausbildung prägnanter Warmluftfahnen unterbunden wird.

Die öffentlichen Grünflächen und Plätze fungieren bis in die Abendstunden hinein als thermisch begünstigte Erholungs-, Spiel- und Sportflächen.

Entsprechend der geringen planungsbedingten thermischen Zusatzbelastung in der Bestandsbebauung von Bauschheim ergeben sich am Tag durch die Planungsvariante mit Grünzäsur keine bedeutsamen zusätzlichen thermischen Entlastungseffekte nordwestlich der Brunnenstraße.

In sommerlichen Nächten ist im Bereich des Planungsgebiets durch die bauliche Inanspruchnahme der Ackerflächen und Wiesen mit einem Lufttemperaturanstieg um ca. 0.4 – 3.0 K zu rechnen. Die im Planungsgebiet berechneten Temperaturverhältnisse bleiben durch die gewählte Freiraumstruktur größtenteils im Bereich des ortstypischen Klimaniveaus westlich des Europarings (bis ca. 24.2°C). Auf Höhe der vermehrt urbanen Bebauung auf Höhe des Entréeplatzes steigen die Lufttemperaturen bis auf ca. 24.7°C an.

Damit ist nur kleinräumig nordwestlich der Brunnenstraße bis ca. zum Europaring / Otto-Hahn-Schule eine Zunahme der Lufttemperatur um ca. 0.4 – 2.4 K verbunden. Dort stellen sich vermehrt Verhältnisse ein, wie sie heute im Ortszentrum von Bauschheim vorzufinden sind. Eine darüber hinausgehende und damit ortsuntypische thermische Zusatzbelastung ist nicht zu bilanzieren.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Planungsvariante lassen allein nordwestlich der Brunnenstraße bis zur Linie Spreewaldstraße - Sudetenstraße geringere thermische Zusatzbelastungen erwarten.

Damit gelingt es dem vorgelegten Planungsentwurf, eine angemessene städtebaulichen Dichte mit klimaökologisch funktionsfähigen bebauungsinternen Freiraum- / Grünachsen zu verknüpfen. Die nicht vollständig zu kompensierenden thermischen / bioklimatischen Zusatzbelastungen in der Bestandsbebauung von Bauschheim überschreiten nicht das ortstypische Niveau.

6.2 Planungsempfehlungen

Angesichts der Prognosen zu den Klimawandelfolgen, die u.a. eine deutliche Zunahme von heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) erwarten lassen, muss es Ziel der Planung sein, die strömungsdynamische und thermische / bioklimatische Ungunst der geplanten Bebauung mit ergänzenden Ausgleichsmaßnahmen noch weiter zu begrenzen.

Hierzu werden nachfolgend klimawirksame Planungsempfehlungen skizziert, die Eingang in die Planung finden sollten.

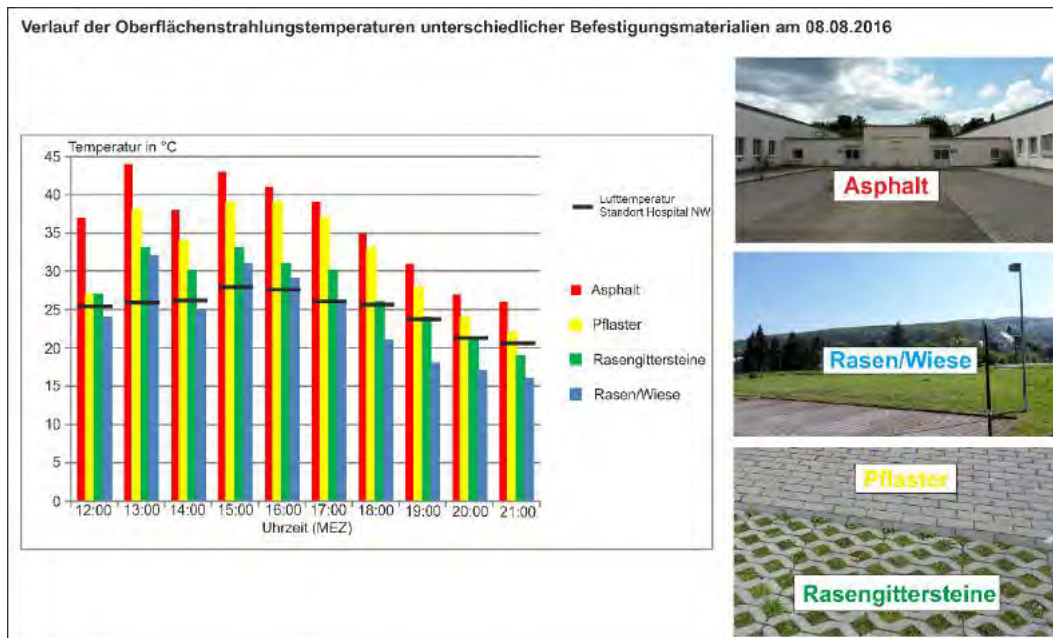
Damit günstige thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sollten befestigte Erschließungswege, wie im vorgelegten Planungsentwurf bereits angedeutet, auf das nur notwendige Maß reduziert werden und möglichst mit wassergebunden Decken oder hellen Pflasterbelägen (siehe **Foto 1**) befestigt werden. Sind oberirdische Stellplätze anzulegen, sollten Rasengittersteine / Rasenfugenpflaster o.ä. Anwendung finden.

Die Vorteile geringerer Bodenversiegelungen sind u.a.:

- Reduktion des Regenwasserabflusses und Wasserspeicherung im Boden
- erhöhte Verdunstung vom Boden
- geringere Oberflächentemperaturen (siehe **Grafik 9**)



Foto 1: Beispielhafte Platzgestaltung mit hellen Pflasterbelägen in Wiesbaden-Schierstein (Foto: ÖKOPLANA)



Grafik 9: Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten (Fotos: ÖKOPLANA, AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

Beim Bau der Erschließungsstraßen sollte das Thema blau-grüne Verkehrsraumgestaltung (Stichwort „BlueGreenStreets“) Beachtung finden. Ziel ist es dabei u.a. straßenbegleitendes Grün, dezentrale Versickerung und Überflutungsschutz miteinander zu verknüpfen.

Auf öffentlichen Plätzen und in Gemeinschaftshöfen sind, wie im Planungsentwurf bereits berücksichtigt, schattenspendende Bäume anzulegen, ohne den erforderlichen internen Luftaustausch zu unterbinden.

Die in **Abbildung 6.1** dargestellten Baumstellungen entsprechen hierbei den klimatischen Erfordernissen. Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tag. Die beschatteten Flächen speichern weniger Wärme, wodurch der nächtliche Wärmeinseleffekt herabgesetzt wird.

Der zusätzlich kühlende Verdunstungseffekt von Bäumen ist stark abhängig von der Wasserverfügbarkeit. Wird ein Baum in Trockenperioden bewässert, kann er mehr Wasser verdunsten und der Kühleffekt ist größer als bei einem unbewässerten Baum, dem der ausgetrocknete Boden kaum Wasser liefert. Daher kommt es zur Reduktion der Wärmebelastung auch auf die Pflege und eine sorgfältige Vorbereitung der Pflanzgruben⁶. an. So kann zum Beispiel durch den Einsatz von Baumrigolen der Wasserhaushalt eines Baumes optimiert werden. In der Rigole kann Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und gespeichert werden, so dass es zu einem späteren Zeitpunkt zur Bewässerung des Baumes eingesetzt werden kann. Vor allem in den ersten 5 Jahren nach der Pflanzung müssen Jungbäume bei anhaltender Trockenheit regelmäßig bewässert werden.

Die geplanten Spielplätze sollten möglichst naturnah, d.h. ohne versiegelte Flächen, gestaltet werden. Hier sollten neben Bäumen ggf. Pergolen oder temporäre Sonnensegel zusätzliche Verschattungsmöglichkeiten bieten. Im Bereich des Flussparks/Grüne Mitte bieten sich Wasserspielplätze an.

Auch durch die Wahl heller Fassadenfarben kann die bioklimatische Belastung im Nahbereich von Gebäuden wirksam herabgesetzt werden. So führt die hohe Absorptionsfähigkeit dunkler Fassadenanstriche gegenüber hellen Fassaden zu deutlich höheren Oberflächentemperaturen.

Zur weiteren Minimierung thermischer Negativeffekte sollten auf Dachflächen möglichst großflächig Dachbegrünungen realisiert werden. Hierbei bieten sich auch die Dachflächen im Gewerbegebiet an. Sie weisen nachfolgende Positiveffekte auf:

- Reduzierung der Luftschadstoffbelastung – insbesondere von Feinstaub – durch Erhöhung der schadstoffspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten partikel- und gasförmiger Spurenstoffe. Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Stauaufwirbelung geringer.

⁶ Die Maße der Pflanzgruben sollte mindestens den Empfehlungen der FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2010) entsprechen: Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn.

- Dämpfung von Extremwerten der Oberflächentemperaturen durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen. An heißen Sommertagen sind extensive begrünte Dächer um ca. 17 – 33 K kühler als unbegrünte Dächer. Bei intensiv begrünten Dächern werden ca. 62 - 67% der eingestrahlten Energie in latente Wärme umgesetzt. Diese steht dann nicht mehr zur Erwärmung der Umgebungsluft zur Verfügung. Die Lufttemperatur über den Dächern (0.5 m) ist daher um ca. 0.6 – 1.5 K kühler (PFOSER ET AL. 2013).
- Regenwasserrückhalt durch Retentionsdach. Je nach Ausführung der Dachbegrünung werden 40 bis 90 % der Niederschläge auf dem Dach zurückgehalten und verdunstet. Damit wird die Kanal- und Kläranlageninfrastruktur entlastet, weshalb eine Halbierung der Niederschlagswassergebühren erfolgen könnte. Bei Starkregenereignissen kann das begrünte Dach den Abfluss des Wassers verzögern und damit einen wichtigen Beitrag zur Minimierung von Überflutungsschäden leisten.
Einen größeren Beitrag hierzu leisten Retentionsdächer, welche für eine möglichst starke Abflussverzögerung konstruiert sind. Entsprechend ihrer Drainageschicht verfügen sie über hohe Wasserspeicherkapazitäten (MAGISTRAT DER STADT KASSEL 2018).

Dachbegrünungen sind mit vielen weiteren Synergieeffekten verbunden. Hierzu zählen u.a. CO₂-Bindung, Lärminderung und die Erhöhung der Biodiversität (PFOSER ET AL. 2013). Zudem erhöht ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach die Effizienz von Photovoltaikanlagen. Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht (MAGISTRAT DER STADT KASSEL 2018).

Beispielhafte Möglichkeiten der Dachbegrünung

Extensive Dachbegrünung, Schichthöhe: 8 – 9 cm, Vegetationsform: Sedum – Kräuter – Gräser, Wasserrückhalt: ca. 50 – 60%

Naturdach - extensive Dachbegrünung, Schichthöhe: 10 – 25 cm, Vegetationsform: Kräuter – Gräser - Sedum, Wasserrückhalt: ca. 60 – 70%

Blue Roof (extensiv Dachbegrünung mit Mäander-Wasserrückhalteelementen), Schichthöhe: 12 cm, Vegetationsform: Sedum – Kräuter – Gräser, Wasserrückhalt: ≥ 70%

Intensive Dachbegrünung, Schichthöhe: 26 – 47 cm, Vegetationsform: Stauden – Gehölze – Rasen, Wasserrückhalt: ≥ 70%

Energiespardächer (SolarGrünDach), Schichthöhe: ab 8 cm, Vegetationsform: Sedum, Wasserrückhalt: ca. 50 – 60%

Zusätzliche thermische Gunsteffekte sind zudem über Fassadenbegrünungen (**Foto 2**) zu erzielen.

Zur Begrünung bieten sich insbesondere größere Fassadenteile ohne Fensteröffnungen an (z.B. Quartiersgaragen, größere Gewerbebauten).

Durch eine Begrünung von Fassaden kann ein Beitrag zur Reduktion der gebiets-internen Überhitzung und zur Verbesserung des Innenraumklimas geleistet werden. Begrünte Fassaden heizen sich weniger auf als herkömmliche Fassaden, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Im Vergleich zu einer unbegrünten Wand können nach PFOSER ET AL. 2013 in ca. 0.6 m Abstand zur Begrünung Lufttemperaturreduktionen bis ca. 1.3 K gemessen werden. Modellrechnungen weisen auf Maximalwerte bis ca. 3.0 K hin. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. Zusätzlich reduziert sich durch den Schattenwurf der Vegetation auf die Hauswand und die Luftschicht im Zwischenraum die Wärmeaufnahme des Gebäudes.

Somit kann durch Fassadenbegrünung sowohl der thermische Komfort in den angrenzenden Freiräumen, als auch im Gebäudeinneren verbessert werden. Auf Straßenniveau ist Fassadenbegrünung in thermischer Hinsicht wirksamer als eine Dachbegrünung.

Für die Luftreinhaltung sind begrünte Fassaden ebenfalls von Vorteil. Die Vegetation filtert Feinstaub und Schadstoffe aus der Luft und verbessert dadurch die Luftqualität. Auch für die Biodiversität sind begrünte Fassaden positiv. Sie bilden Lebensräume und können durch eine gezielte Bepflanzung mit geeigneten Pflanzenarten ebenfalls eine wichtige Nahrungsquelle darstellen.

Weitere positive Aspekte der Fassadenbegrünung sind:

- Im Winter können Fassadenbegrünungen einen Isolationseffekt aufweisen.
- Der Aspekt Lärminderung spielt ebenfalls bei der Fassadenbegrünung eine Rolle

Für Fassadenbegrünungen bieten sich insbesondere nach Süden und Westen hin orientierte Gebäudewände an. Dabei können sowohl wandgebundene als auch bodengebundene Begrünungen (Gerüstkletterpflanzen) gewählt werden.



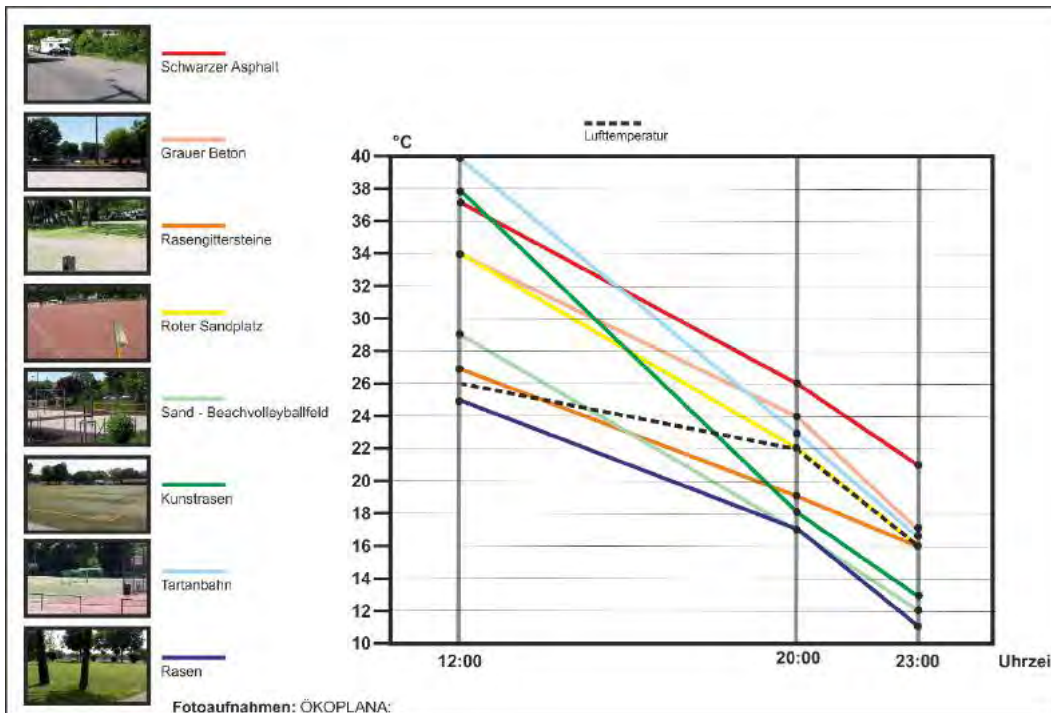
Foto 2: Beispielhafte Fassadenbegrünung (Bild freigegeben von: ©VERTIKO GmbH)
<https://www.vertiko.de/begrueenungen-loesungen/living-wall-outdoor/>

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der thermischen Umgebungsbedingungen im Bereich versiegelter Plätze (z.B. Entréeplatz) bieten Wasserflächen in Form von Wasserspielen (**Foto 3**). Die Fontänen verringern die thermische Belastung an heißen Sommertagen im unmittelbaren Nahbereich durch Verdunstungskälte.



Foto 3: *Bewegtes Wasser zur kleinräumigen Minimierung der Wärmebelastung (Fotos: ÖKOPLANA)*

Im Bereich des angedachten Schulstandorts zeigt der Planungsentwurf ein Sportfeld. Werden hierbei Kunstrasenflächen oder Tartanbeläge verwendet (Annahme bei den durchgeführten Modellrechnungen) ist zu bedenken, dass sich diese an Sommertagen intensiv aufheizen. Messungen durch ÖKOPLANA (2018) zeigen, dass bei Lufttemperaturen von ca. 26°C sich über Asphaltflächen Oberflächenstrahlungstemperaturen von ca. 37°C einstellen. Kunstrasenflächen und Tartanbeläge weisen am Mittag Oberflächenstrahlungstemperaturen von ca. 38°C bzw. 40°C auf. Im Gegensatz zu Asphalt kühlen diese künstlichen Beläge nach Sonnenuntergang jedoch rascher ab. Durch fehlende Verdunstungsleistung tragen sie im Gegensatz zu Vegetationsflächen (Rasenflächen, Baumflächen) jedoch nicht aktiv zur Kaltluftbildung bei. Bei Realisierung eines Kunstrasensportplatzes sollte daher an heißen Sommertagen in den Abendstunden eine Beregnung erfolgen, um über die entstehende Verdunstungskälte die Abkühlung zu forcieren.



Grafik 2: Lufttemperaturen und Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbeläge an einem Sommertag. Datenerhebung durch ÖKOPLANA.

Die o.a. Maßnahmen sind in ihrer Summenwirkung geeignet, die negativen klimaökologischen Folgeerscheinungen der planungsbedingten Oberflächenversiegelung weiter zu minimieren.

Fazit:

Das vorgelegte Planungskonzept lässt in seiner klimaökologischen Gesamtbilanz keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung entgegenstehen. Das ortstypischen Niveau der thermischen Umgebungsbedingungen in Bauschheim wird nicht überschritten. Unvermeidbare kleinklimatische Modifikationen, die sich aus dem Projekt ergeben, können durch ergänzende technische und grünordnerische Maßnahmen weiter zu reduzieren.

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

Mannheim, 17. Januar 2022

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- BAUMÜLLER, J. (2017):** Das Baugesetzbuch als Unterstützer bei der Klimaanpassung in Städten: Chancen und Möglichkeiten. Vortrag 5. Seminar AKKlima-Oberrhein: Fortbildung zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel. Emmendingen.
- BAUMÜLLER, N. (2018):** Stadt im Klimawandel. Klimaanpassung in der Stadtplanung. Grundlagen, Maßnahmen und Instrumente. Dissertation am Städtebau-Institut der Universität Stuttgart. Stuttgart.
- BMBAU, BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013):** KLAMIS. Modellgestützte Klimaanalysen und –bewertungen für die Regionalplanung. Grundlagen für einen Leitfaden. Berlin.
- BRUSE, M. (2002/2021):** Envi-Met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.
- BRUSE, M. (2003):** Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.
- CHRISTOFFER, J.; ULBRICHT-EISSING, H. (1989):** Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. Berichte des Deutschen Wetterdienstes. Nr. 147. Offenbach a. M.
- DWD DEUTSCHER WETTERDIENST (2008):** Das Kaltluftabfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen und Handhabung des PC-Programms. Offenbach a. M.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2017):** Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 3 des Projekts KLIMAPRAX Wiesbaden/Mainz – Stadtklima in der kommunalen Praxis. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 249. Offenbach a. M.
- DEUTSCHER STÄDTETAG (2012):** Positionspapier Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte. Köln.
- FLL - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (2010):** Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn.
- 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-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA (2017):** Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. Reihe KLIMOPASS-Berichte. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- GIESE-EICHHORN (1998/2016):** Handbuch zum prognostischen Strömungsmodell MISKAM. Wackernheim.
- GÖTTE LANDSCHAFTSARCHITEKTEN GMBH (2019):** Landschaftsplanerische Sondierung zur städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme „Eselswiese“, Stadt Rüsselsheim am Main, Ortsteil Bauschheim. Frankfurt a. M.
- GROSS, G. (1993):** Numerical Simulation of Canopy Flows. Springer Verlag, Heidelberg.
- GROSS, G. (2012):** Numerical Simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol 21, No 2, S. 171 -181, Heidelberg.
- HMUKLV (2015):** 2. Fortschreibung. Luftreinhalteplan für den Belastungsraum Rhein-Main, Teilplan Rüsselsheim. Wiesbaden.
- IÖR (2011):** REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.
- KING, E. (1973):** Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).
- MAGISTRAT DER STADT KASSEL – Hrsg. (2018):** Argumentationshilfe zur Förderung von Dachbegrünung. Kassel.
- MAYER, H. (1989):** Workshop „Ideales Stadtklima“ am 126.10.1988 in München. DMG-Mitteil. 3/89, S. 52 -54.
- ÖKOPLANA (2018):** Klimaökologische Leitplanken und Anforderungen an das Planungskonzept „Freizeitbad am Sportpark Rheinhöhe“ in der Landeshauptstadt Wiesbaden. Mannheim.
- ÖKOPLANA (2020):** Klimaökologische Gutachten zum Bauprojekt „Wohnen Am Schrankenbuckel“ in der Gemeinde Brühl. Mannheim.

PFOSER ET AL. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld, Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.

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

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2008): VDI 3787, Bl. 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2020): VDI 3787, Bl. 8. Stadtentwicklung im Klimawandel. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2021): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Entwurf. Düsseldorf.