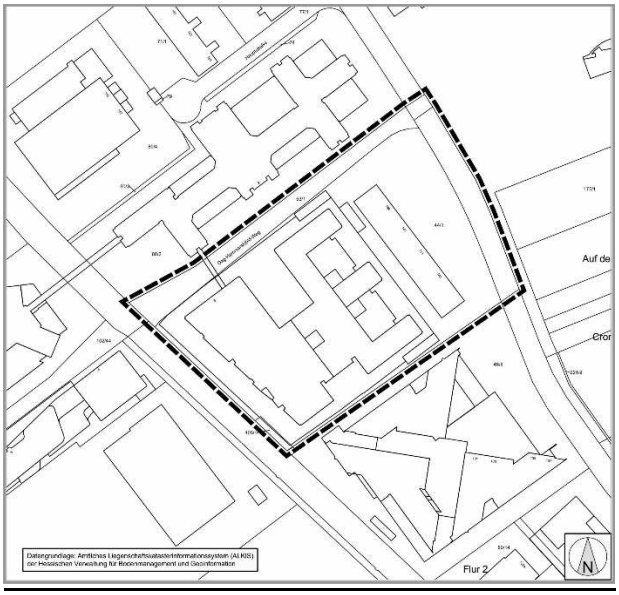
ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN IM RAHMEN DES BEBAUUNGSPLANVERFAHRENS NR. 265 „DAG-HAMMARSKJÖLD-WEG 3 / HAUPTSTRASSE 139-145 DER STADT ESCHBORN



Vorhabenträger:
ISP Immobilien-Verwaltung
Seiffe – Perelman GBR
Hochstraße 35 - 37
60313 Frankfurt am Main

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
M.Sc. Geogr. Patrick Burst

Mannheim, 31. Juli 2026

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
Metropolregion Rhein-Neckar

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

Steuernummer: 37137/44979

Inhalt **Seite**

1	**Aufgabenstellung**	**1**
2	**Planungsgebiet**	**3**
3	**Planungsentwurf**	**7**
4	**Untersuchungsmethodik**	**11**
5	**Folgen des Klimawandels und die klimaökologische Situation am Planungsstandort**	**16**
6	**Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das Kaltluftströmungsgeschehen, die Belüftungsintensitäten am Tag und die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen**	**25**
6.1	Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen	25
6.2	Modellrechnungen zur lokalen Belüftungssituation am Tag	32
6.2.1	Windanströmung aus Westsüdwesten (240°)	34
6.2.2	Windanströmung aus Ostnordosten (60°)	37
6.2.3	Windanströmung aus Nordnordwesten (330°)	41
6.3	Thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen	45
6.3.1	Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommer-Tag (01.07.) mit vorherrschendem Westsüdwestwind (14:00 Uhr)	45
6.3.2	Thermische Situation in einer sommerlichen Tropennacht (01.07.) mit vorherrschenden lokalen Kaltluftbewegungen (23:00 Uhr)	54
7	**Kurzzusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Bewertung und Planungsempfehlungen**	**57**
7.1	Einfluss der Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	58
7.2	Planungsempfehlungen	62
	Quellenverzeichnis / weiterführende Literatur	**71**

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3 im Stadtgefüge von Eschborn

Abb. 2: Geltungsbereich des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“

Abb. 3: Luftbild vom Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ und von dessen Umfeld

Abb. 4: Fotografische Dokumentation vom Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ und von dessen Umfeld

Abb. 5: Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“

Abb. 6: Regionaler Flächennutzungsplan 2010 - Ausschnitt

Abb. 7: Lageplan, Bestandssituation

Abb. 8: Masterplan als Grundlage für den Bebauungsplan Nr. 265

Abb. 9: Masterplan - Ansichten. Sicht von der S-Bahntrasseund Sicht von der Hauptstraße

Abb. 10: „Programmstempel“ KLAM_21

Abb. 11: „Flächennutzungen im KLAM_21-Modellgebiet

Abb. 12: „Programmstempel“ MISKAM

Abb. 13: „Programmstempel“ ENVI-met

Abb. 14: Bandbreite der klimawandelbedingten Lufttemperaturzunahmen im Main-Taunus-Kreis

Abb. 15: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien

Abb. 16: Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020)

Abb. 17: Windrichtungsverteilung (2001 – 2010) in freien Lagen im Planungsumfeld sowie berechnete Windgeschwindigkeitsverteilung (10 m ü.G.)

Abb. 18: Windstatistik (2010 – 2021) DWD-Klimamessstation Frankfurt-Flughafen (10 m ü.G.)

Abb. 19: Windrichtungsverteilung im Sommer bei Tag und Nacht. Messzeitraum August 1971 - 1973

Abb. 20: Mittlere Tagesoberflächentemperaturen im Zeitraum 2019 – 2024

Abb. 21: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Ausgleichs- und Wirkungsräume) des Umlandverbands Frankfurt (1994)

Abb. 22: Prüfschema „Kaltluftrelevanz“

Abb. 23: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

Abb. 24: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

Abb. 25: Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) und des Kaltluftvolumenstroms im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

Abb. 26: Schematische Darstellung der Windumströmung eines Einzelgebäudes

Abb. 27: Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 28: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 29: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. – Tagsituation

Abb. 30: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 28

Abb. 31: Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 32: Verbindungsbauwerk zwischen den Gebäuden Dag-Hammarskjöld-Weg 2 und 3

Abb. 33: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. – Tagsituation

Abb. 34: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 35: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 33

Abb. 36: Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 37: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 38: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Abb. 39: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 37

Abb. 40: Tagesgang der Lufttemperatur an der HLNUG-Luftmessstation Wiesbaden-Süd vom 31.07./01.08.2018 – heißer Sommertag

Abb. 41: Ist-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 42: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 43: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 44: Ist-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 45: Plan-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 46: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von Abbildung 46

Abb. 47: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der PET-Simulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 48: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der PET-Simulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Abb. 49: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

Abb. 50: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

Abb. 51: Deckblatt der HLNUG-Broschüre „Städte im Klimawandel

Abb. 52: Beispielhafte Fassadenbegrünung

Abb. 53: Oberflächenstrahlungstemperaturen unterschiedlicher Oberflächenbeläge am 21./22.07.2020 zwischen 12:00 Uhr und 04:00 Uhr

Abb. 54: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne

Abb. 55: Oberflächentemperaturen heller und dunkler Fassaden

Abb. 56: Sonnensegel im Bereich eines Spielplatzes

Abb. 57: Naturnah gestalteter Kinderspielplatz

1 Aufgabenstellung

In der Stadt Eschborn ist im ca. 1.68 ha großen Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ die Entwicklung eines neuen urbanen Gebiets vorgesehen.

Das Planungsgebiet befindet sich unmittelbar westlich der Westerbachniederung, die als lokales Kaltluftentstehungs- und Kaltluftabflussgebiet fungiert (siehe **Abbildung 1**).

Die aktuelle Flächennutzung im Planungsgebiet ist von den bestehenden 3- bis 4-geschossogen Gewerbebauten, versiegelten Stellplatzflächen und mehreren Gehölzreihen geprägt.

Die Umweltprüfung des Regionalverbands FrankfurtRheinMain (https://www.region-frankfurt.de/Services/Geoportal/) weist darauf hin, dass bei baulichen Umnutzungen die kaltluftbedingten Belüftungseffekte sowie die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen zu beachten sind. Ansonsten können u.U. zunehmende Barriereeffekte klimaökologischen Zielkonflikte auslösen.

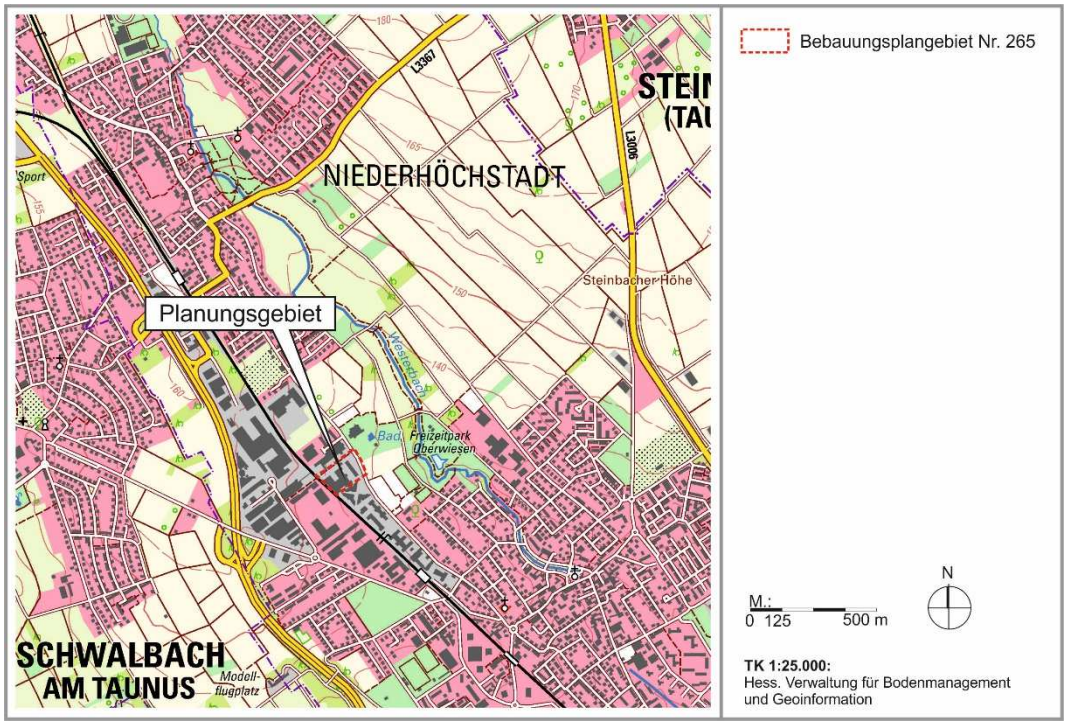


Abbildung 1: Lage des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammerskjöld-Weg 3 im Stadtgefüge von Eschborn

Im Rahmen des vorliegenden Klimagutachtens werden die ortsspezifischen klimaökologischen Verhältnisse im Planungsgebiet und in dessen Umgebung analysiert und mögliche kleinklimatische Unterschiede zwischen Ist-Zustand und geplanter Bebauung aufgezeigt.

Bei der Bewertung der lokalen Klimamodifikationen durch das potenzielle urbane Gebiet sind auch die prognostizierten Klimawandelfolgen zu berücksichtigen. So zeigen Modellstudien in Hessen (https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung), dass u.a. die Häufigkeiten heißer Tage ($T_{max} \geq 30°C$) und von Tropennächten ($T_{min} \geq 20°C$) in den nächsten Jahrzehnten deutlich zunehmen werden. Damit steigt auch die Anzahl von Hitzewellen[1].

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 mit Hilfe numerischer Modellrechnungen (Kaltluftdynamik, Belüftungsintensitäten, thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen).

   a) Vergleichende Beurteilung des nächtlichen Kaltluftströmungsgeschehens (Ist- und Plan-Zustand).

   b) Vergleichende Analyse der örtlichen Belüftungsintensitäten am Tag (Ist- und Plan-Zustand).

   b) Vergleichende Beurteilung von Ist- und Plan-Zustand bzgl. der thermischen und bioklimatischen Umgebungsbedingungen.

3 Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer / bioklimatischer Umgebungsbedingungen.

[1] Laut DEUTSCHEM WETTERDIENST liegt eine Hitzewelle vor, wenn an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen Lufttemperaturen von über 28°C gemessen werden. Sie hält so lange an, wie die mittlere Maximaltemperatur über die gesamte Periode über 30°C bleibt und an keinem Tag eine Maximaltemperatur von 25°C unterschritten wird - (https://www.dwd.de)

2 Planungsgebiet

Das ca. 1.68 ha große Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ befindet sich im Stadtgebiet von Eschborn westlich der Hauptstraße und südlich des Dag-Hammarskjöld-Wegs (**Abbildung 2**). Das Grundstück befindet sich in der Flur 2, Flst. Nr. 44/1.

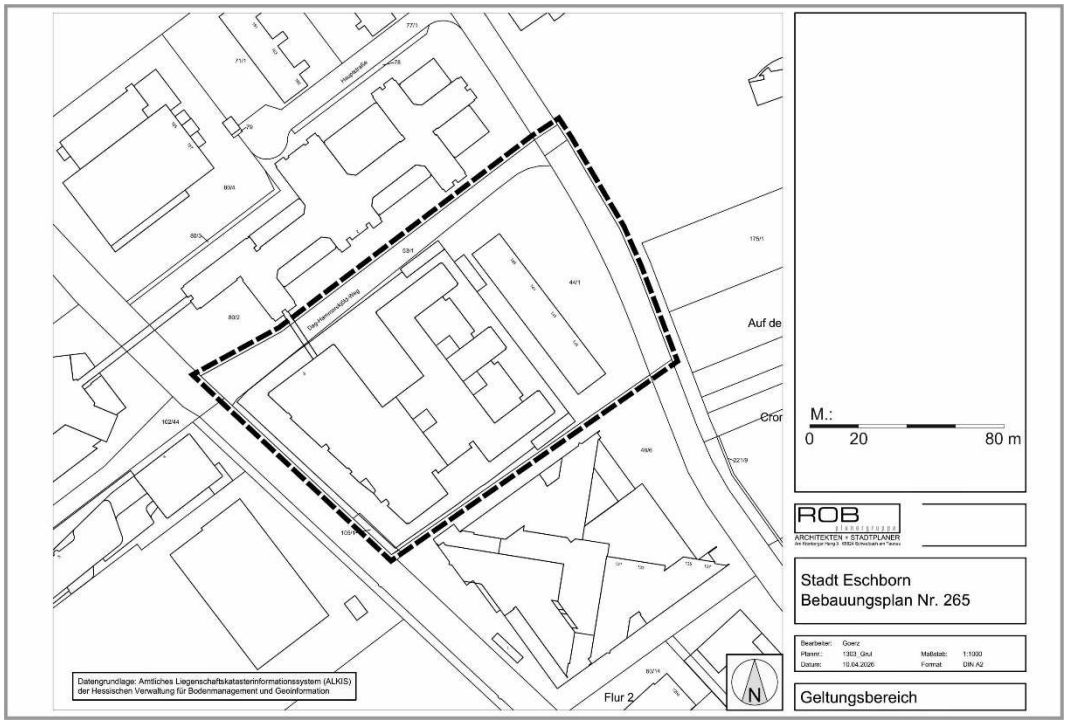


Abbildung 2: Geltungsbereich des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“

Nördlich und östlich an das Planungsgebiet angrenzend befinden sich im Westerbachtal u.a. Landwirtschaftsflächen mit gliedernden Gehölzbeständen, das Freibad Wiesenbad sowie Tennisanlagen.

Nordwestlich, westlich, südlich und südöstlich schließen 2- bis 12-geschossige Büro-/Gewerbebauten an [u.a. Gebäude der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH] – siehe **Abbildung 3**. Am Westrand des Planungsgebiets führt zudem die S-Bahntrasse der Linien S3 und S4 vorbei (**Abbildung 4**).

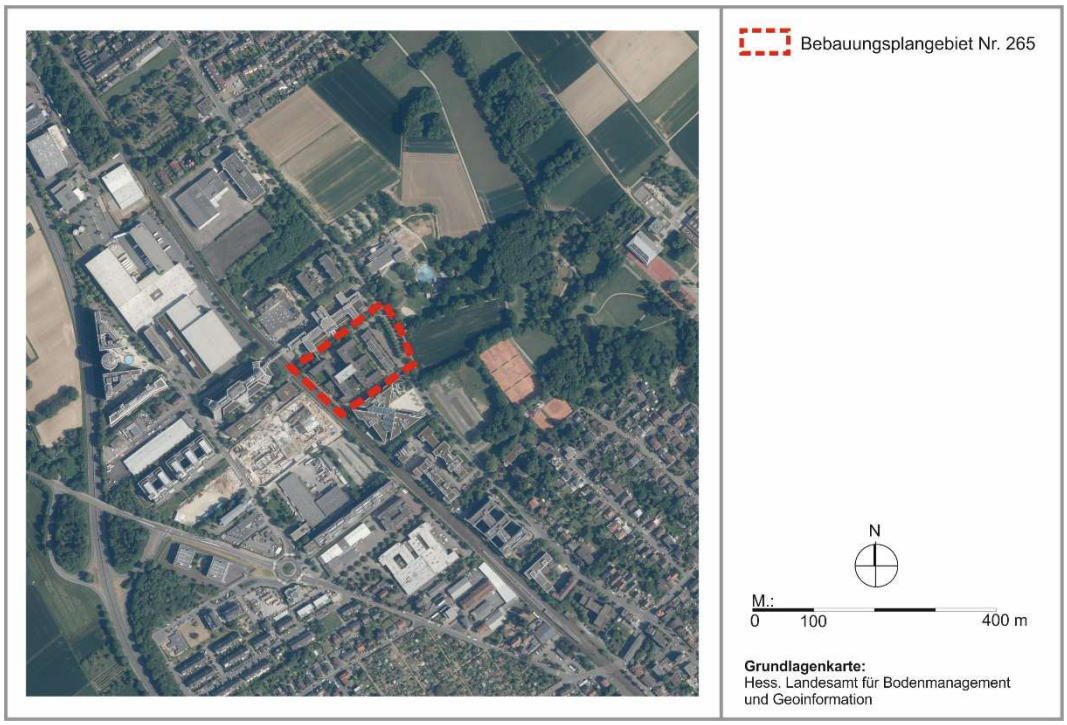


Abbildung 3: Luftbild vom Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ und von dessen Umfeld

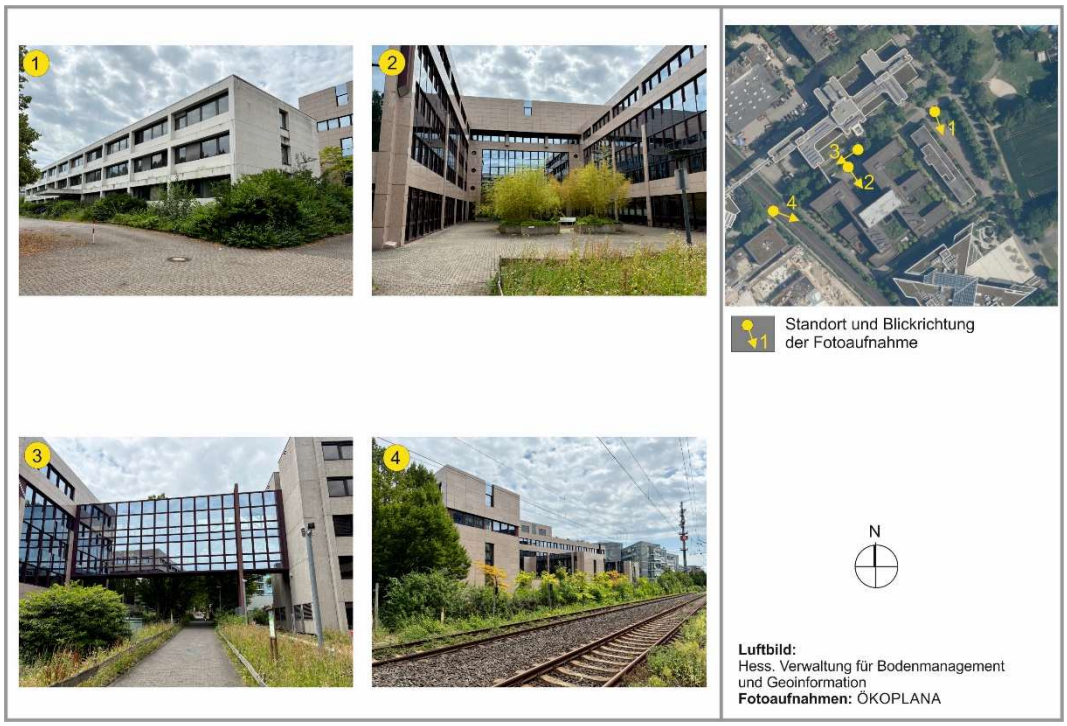


Abbildung 4: Fotografische Dokumentation vom Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ und von dessen Umfeld

Die Geländehöhen im Planungsgebiet bewegen sich zwischen ca. 142 m ü. NHN (Hauptstraße im Osten) und ca. 146 m ü. NHN (S-Bahntrasse im Westen) - **Abbildung 5**.
In Richtung Westerbach fällt das Gelände auf eine Höhe von ca. 130 m ü. NHN ab.

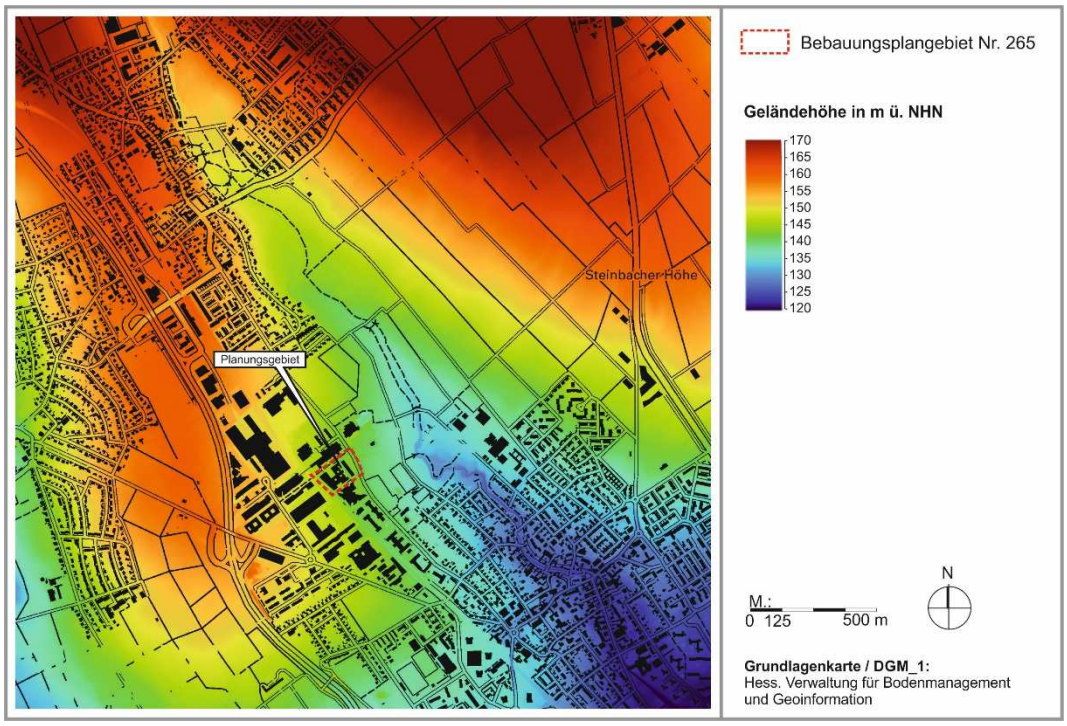


Abbildung 5: Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“

Die nächstgelegenen Wohnbauflächen befinden südöstlich der Tennisanlage des TENNIS 65 ESCHBORN E.V. im Bereich der Karlsbader Straße / Königsteiner Straße.

Laut dem Regionalen Flächennutzugsplan des Regionalverbands FrankfurtRhein-Main 2010 (**Abbildung 6**) befindet sich das Planungsgebiet in einer gewerblichen Baufläche (Bestandsgebiet). Das Freiraumgefüge im Norden bis Osten ist einem Vorranggebiet Regionaler Grünzug zugeordnet, das als Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen definiert ist (u.a. Kaltluftbildung, Kaltluftbewegungsfläche).
Daneben bildet das Vorranggebiet für den Regionalparkkorridor ein öffentliches Grün- und Freiraumelement mit Verbindungs- und punktuellen Aufenthaltsfunktionen. Entsprechend weist das Ergebnis einer interaktiven Umweltprüfung (WebSUP, REGION FRANKFURTMAIN) darauf hin, dass bei baulichen Umnutzungen die kaltluftbedingten Belüftungseffekte sowie die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen zu beachten sind. Ansonsten können u.U. zunehmende Barriereeffekte klimaökologischen Zielkonflikte bewirken.

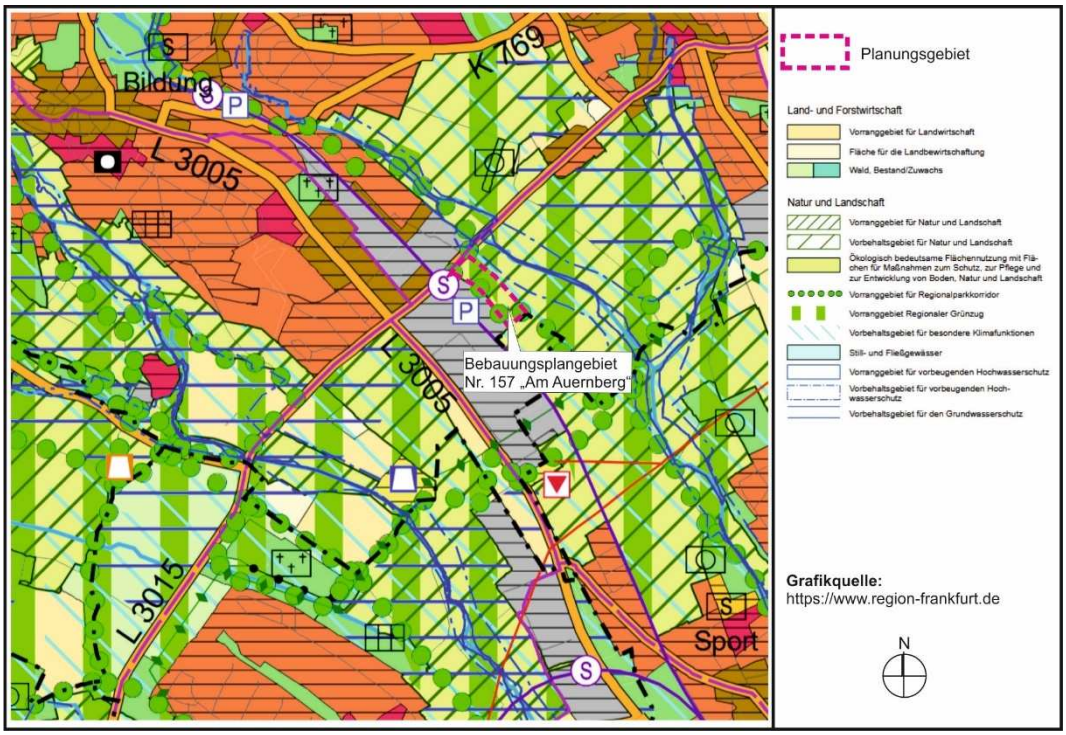


Abbildung 6: Regionaler Flächennutzungsplan 2010 - Ausschnitt
Grafikquelle: REGIONALVERBAND FRANKFURTRHEINMAIN (https://mapview.region-frankfurt.de)

3 Planungsentwurf

Wie bereits o.a., ist das Planungsgebiet derzeit durch eine gewerblich geprägte Bebauungsstruktur gekennzeichnet. Entlang der Hauptstraße befindet sich ein langgestreckter 3-geschossiger Büroriegel, im rückwärtigen Grundstücksbereich erstreckt sich in Richtung der S-Bahntrasse ein großvolumiges Bürogebäude, unter dem eine zweigeschossige Tiefgarage angeordnet ist. Die bestehende Tiefgarage verfügt über eine Grundfläche von rund 8.845 m² je Ebene und bietet derzeit Platz für etwa 400 PKW-Stellplätze. Ergänzend sind verschiedene Neben- und Technikflächen, darunter Lagerbereiche sowie Räume für die gebäudetechnische Infrastruktur, in die Anlage integriert.
Die angrenzenden Bürobauten zeigen 5- bis 12-geschossoge Bauweisen (siehe **Abbildung 7**).

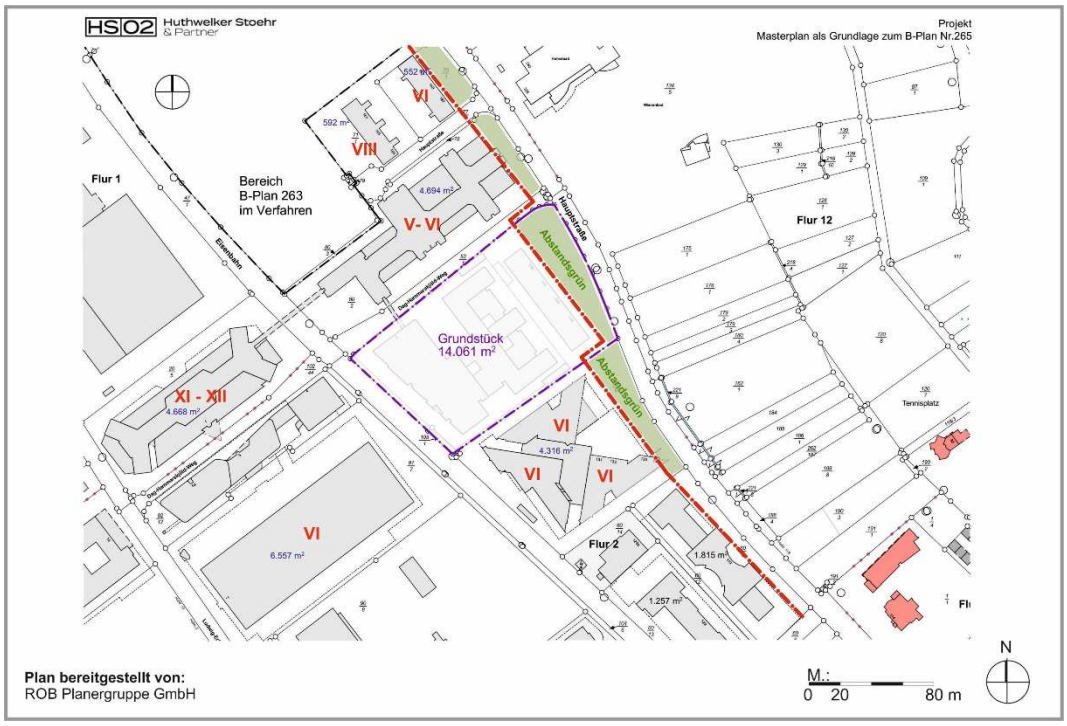


Abbildung 7: Lageplan, Bestandssituation

Im Zuge der geplanten Transformation des Areals zu einem urbanen Wohnquartier bietet die vorhandene Tiefgarage nach HSO2 HUTHWELKER, STOEHR & PARTNER ein erhebliches Potenzial für die Nachnutzung. Während das oberirdische Bürogebäude zurückgebaut wird, kann das bestehende unterirdische Gebäude weitgehend erhalten und in das neue Nutzungskonzept integriert werden. Die für die Wohnnutzung erforderlichen Stellplätze lassen sich somit innerhalb des Bestands nachweisen, wodurch auf den Neubau einer umfangreichen Tiefgaragenanlage verzichtet werden kann.

Die Anordnung der Neubauten orientiert sich an dem vorhandenen Stützenraster, so dass die Grundkonzeption der Garage erhalten werden kann.

Der vorgelegte Planungsentwurf für das Neubauprojekt (**Abbildungen 8** und **9**) sieht entlang der Hauptstraße einen 6-geschossigen (+S) Gebäudekomplex vor, der zu ca. 2/3 dem geförderten Wohnungsbau dienen soll. Der nördliche Gebäudeteil (ca. 1/3) soll gewerblich genutzt werden.

Im Bereich des Dag-Hammarskjöld-Wegs ist eine nach Nordosten und Südwesten offen gestaltete Blockrandbebauung angedacht. Dabei sind 3- und 5-geschossige (+S) Bauweisen[2] vorgesehen. Die Gebäude dienen dem frei finanzierten Wohnungsbau.

Der Innenhof ist parkartig begrünt (Rasenflächen mit Bäumen / Baumgruppen) und von erforderlichen Erschließungswegen durchzogen.
Die Zufahrt zu den Tiefgaragen erfolgt wie bisher über den Dag-Hammarskjöld-Weg.
Die Dachflächen der geplanten Bebauung sind extensiv begrünt und sollen zudem mit PV-Anlagen ausgestattet werden.

BGF frei finanziert (ohne Staffelgeschosse):	ca. 14.442 m²	inkl. S: max: 16.889 m²	
BGF sozial gefördert (ohne Staffelgeschosse):	ca. 4.334 m²	inkl. S: max: 4.865 m²	= Anteil von ca. 20 %
BGF Gewerbe : (Im Gebäude an der hauptstraße im EG und 1.Obergeschoss untergebracht - für 20% Flächenateil müsste die Gewerbefläche verdoppelt werden)	ca. 2.789 m²	inkl. S: max: 3.090 m²	= Anteil von ca. 12 %
Gesamt (ohne Staffelgeschosse)	**ca. 21.565 m²**	**inkl.S: max. 24.844 m²**	

Grundstück: ca. 14.061 m²
GFZ: ca. 1,53

sozialer Wohnungsbau	ca. 55 Wohnungen
frei finanziert 1,5 - 2 ZiWhg	ca. 88 Wohnungen
frei finanziert 3 ZiWhg	ca.74 Wohnungen
frei finanziert 4 ZiWhg	ca. 26 Wohnungen
Gesamt Wohneinheiten:	**ca. 243 Wohnungen**

Tabelle 1: Kennwerte des Entwurfs (Stand: 25.06.2026) nach: HSO2 HUTHWELKER, STOEHR & PARTNER

[2] Für die Gebäudehöhen werden im Rahmen der Modellrechnungen je Geschossebene 3.5 m angenommen.



Abbildung 8: Masterplan als Grundlage für den Bebauungsplan Nr. 265



Kubaturperspektive Masterplan - Sicht von der Bahnlinie



Kubaturperspektive Masterplan - Sicht von der Hauptstraße

Plan bereitgestellt von:
ROB Planergruppe GmbH

HS|02 Huthwelker Stoehr & Partner

Abbildung 9: Masterplan - Ansichten. Sicht von der S-Bahntrasse (oben) und Sicht von der Hauptstraße (unten)

4 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen des vorliegenden Klimagutachtens erfolgt zur Beurteilung der lokalklimatischen Situation und zur Erarbeitung klimatisch relevanter Planungsempfehlungen zunächst eine Bestandsaufnahme der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe. Hierbei wird u.a. auf Klimadaten des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES zurückgegriffen.
Des Weiteren werden Daten zu den lokalen Klimawandelfolgen ausgewertet.

Nachfolgend werden mit Hilfe des seit vielen Jahren im Gutachtensektor eingesetzten und vielfach geprüften Kaltluftabflussmodells KLAM_21 (DEUTSCHER WETTERDIENST 2008, **Abbildung 10**) für den Ist- und Plan-Zustand numerische Modellsimulationen zu den kaltluftspezifischen Belüftungsintensitäten durchgeführt.

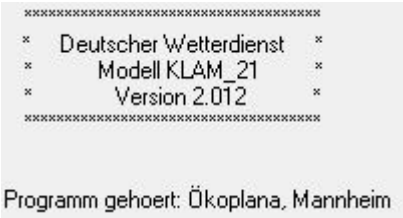


Abbildung 10: „Programmstempel“ KLAM_21

Mit Hilfe der KLAM_21-Simulationen können die möglichen Veränderungen des örtlichen, kaltluftbedingten Windfeldes durch die potenzielle Flächennutzungsänderung aufgezeigt werden. Neben der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung werden hierdurch auch Informationen zum lokalen Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt. Die mit dem Modell KLAM_21 erzielten Resultate können mit dem Bewertungsschlüssel der VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2026) „Lokale Kaltluft“ beurteilt werden.

Vorausgesetzt wird eine siedlungsklimatisch besonders relevante sommerliche Strahlungsnacht mit örtlich Nordnordwestwinden (340°, 1.0 m/s in einer Höhe von 40 m ü.G.). Diese Eingangssituation kann den hessenweiten Kaltluftströmungssimulationen (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022[3]) entnommen werden.

Als Modellgrundlage dient ein digitales Geländemodell im 5 m-Raster, das vom HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt wurde (**Abbildung 5**).

[3] **IMA RICHTER & RÖCKLE (2022):** Erstellung einer landesweiten Klimaanalyse / Kaltluftströmungssituation unter Berücksichtigung des klimawandelbedingten Temperaturanstiegs. Freiburg. i. Br.

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 (**Abbildung 11**) berücksichtigt:

- Siedlung dicht
- Siedlung locker
- Waldflächen / Gehölzstrukturen
- Friedhof, Park, Kleingärten, Sportflächen
- Industrie-/Gewerbegebiet
- Bahnlinie
- unversiegelte Freiflächen (z.B. Wiesen, Landwirtschaftsflächen),
- versiegelte Flächen (z.B. Straßen, Parkplätze),
- Wasserflächen.

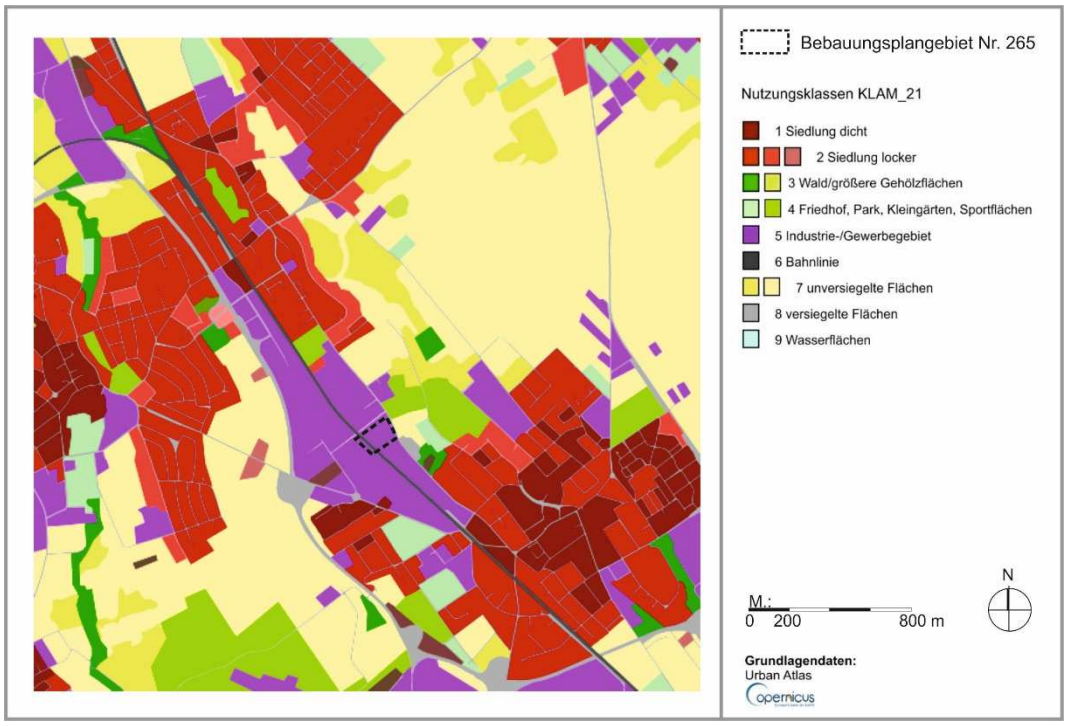


Abbildung 11: Flächennutzungen im KLAM_21-Modellgebiet

Die Kaltluftfließgeschwindigkeit zeigt auf, inwieweit die Kaltluft tatsächlich in den Aufenthaltsbereich des Menschen durchgreifen kann und nicht etwa zu wesentlichen Anteilen in höheren Schichten des Überdachniveaus 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.

Das im Detail (5 m-Raster) betrachtete Rechengebiet (**Abbildung 9**) umfasst eine Gebietsgröße von 1.6 x 1.6 km (2.56 km²), und ist in das größere Umfeld am Taunushang eingebettet. Dargestellt wird ein 1.0 x 1.0 km großer Ausschnitt.
Die Flächennutzung und Gebäudehöhen (Bestand/Planung) wurden über DOM1- und LoD2-Daten bestimmt bzw. vor Ort und über Luftbilder kartiert.
Die erforderlichen Geländehöhen wurden einem DGM_1 der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION entnommen.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen werden für den Zeitpunkt 23:00 Uhr dargestellt. Siedlungsklimatisch ist besonders die kaltluftspezifische Belüftungsintensität in der ersten Nachthälfte von Bedeutung, da in der Regel in dieser Phase die Wohnungen vor dem Schlafengehen nochmals gelüftet werden.

Zur Prüfung des Einflusses der geplanten Bebauung auf die lokalen Belüftungseffekte am Tag werden mikroskalige Windfeldsimulationen durchgeführt. Dabei kommt das allgemein anerkannten Modellpaket MISKAM[4] zum Einsatz (**Abbildung 12**).



Abbildung 12: „Programmstempel“ MISKAM

Das Strömungsmodell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert. Es ist von der VDI anerkannt.

Die Gesamtgröße des Rechengebietes orientiert sich am Geltungsbereich des Bebauungsplangebiets Nr. 265 und dessen benachbarter Bebauung. Es weist ohne die erforderlichen Randbereiche eine Flächengröße von 1.0 x 1.0 km. Die Rechenauflösung beträgt horizontal äquidistant 5 x 5 m. Die vertikale Auflösung ist nichtäquidistant angelegt. Sie reicht von 1 m und 2 m bis 10 m ab 40 m ü.G.

4 **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.

Für die Vegetation (Bäume, höhere Sträucher) wird ein Vegetationsbedeckungsgrad von 40 - 70% zu Grunde gelegt.

Zur Simulation der thermischen Umgebungsbedingungen (Tag- und Nachtsituationen) und des Bioklimas erfolgt eine Berechnung des bodennahen Lufttemperaturfeldes und der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET).

Das eingesetzte Mikroklimamodell ENVI-met[5] (**Abbildung 13**) simuliert auf Grundlage der numerischen Strömungs- und Thermodynamik sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik die Wechselwirkung zwischen Gebäuden, Vegetation, natürlichen und künstlichen Oberflächen in einer virtuellen Umgebung.

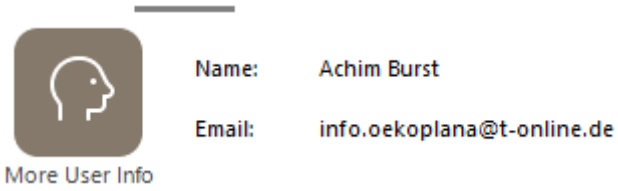


Abbildung 13: „Programmstempel“ ENVI-met

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*.

[5] **BRUSE, M. (2002/2026):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bergisch Gladbach.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst ebenfalls eine Gebietsgröße von 1.0 x 1.0 km (1.0 km²) zzgl. Randzellen.

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.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung des Planungsentwurfs sowie die Formulierung ergänzender Planungsempfehlungen.

5 Folgen des Klimawandels und die klimaökologische Situation am Planungsstandort

Das Stadtgebiet von Eschborn (Main-Taunus-Kreis) befindet sich im klimaökologischen Belastungsgebiet Rhein-Main, das dem warmgemäßigten Regenklima zugeordnet ist. Damit verbunden ist das Überwiegen von Meeresluftmassen.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt im mehrjährigen Mittel im Main-Taunus-Kreis ca. 9.5°C (1971 – 2000). Die mittleren Sommertemperaturen liegen bei ca. 17.6°C (1991 – 2020)[6].

Laut Statistik des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG sind im Main-Taunus-Kreis im 30-jährigen Mittel (1971 – 2000)

- 15.6 Eistage/Jahr ($T_{max} < 0°C$)
- 70.4 Frosttage/Jahr ($T_{min} < 0°C$)
- 5.7 heiße Tage/Jahr ($T_{max} \geq 30°C$)
- 33.6 Sommertage/Jahr ($T_{max} \geq 25°C$)
- 0.3 Tropennächte/Jahr ($T_{min} \geq 20°C$)

pro Jahr zu registrieren.

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Main-Taunus-Kreis deutlich zunehmen wird. Nach Berechnungen von POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 2031 – 2060 (= nahe Zukunft) gegenüber der Zeitspanne 1971 – 2000 um ca. 2.7 K ansteigen (**Abbildung 14**).

[6] **Datenquelle:** https://www.klimafolgenonline.com (POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG

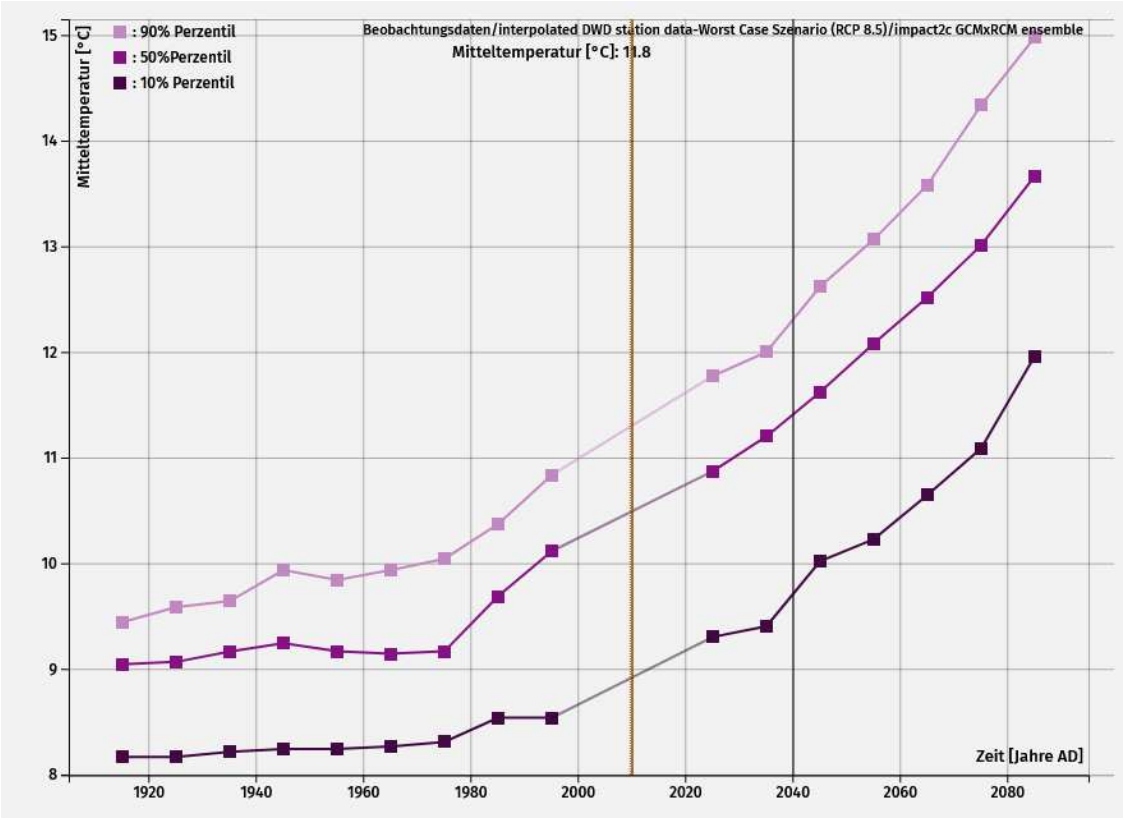


Abbildung 14: Bandbreite der klimawandelbedingten Lufttemperaturzunahmen im Main-Taunus-Kreis. https://www.klimafolgenonline.com

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen freigesetzte CO_2-Emissionen. Da aktuell nicht detailliert vorhergesagt werden kann, wie sich die CO_2-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO_2-Entwicklung über die Zeit berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahrhunderts einen bestimmten Strahlungsantrieb hervorrufen.

Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klima-Szenarien zur Verfügung: RCP 2.6, 4.5 und 8.5 (RCP = *Representative Concentration Pathways*).
Die Zahl in der Bezeichnung der RCP-Szenarien (siehe **Abbildung 15**) benennt den mittleren Strahlungsantrieb in W/m², der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird:

- Das RCP-Szenario 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca. 3 W/m². Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf 2,6 W/m² ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2°C-Ziel nicht überschreiten, sodass RCP 2.6 als „Klimaschutzszenario“ bezeichnet wird.

- Das RCP-Szenario 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach bis ca. 2075 nur noch geringfügig steigt und in der Folge stagniert.
- Das RCP-Szenario 8.5 weist den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und eine Zunahme der globalen Mitteltemperatur um ca. 4.0°C gegenüber dem Zeitraum 1985 – 2005 bewirken würde. Das RCP 8.5 wird auch als „Weiter wie bisher-Szenario" bezeichnet.

Aktuell befinden wir uns, nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes, mit den globalen CO_2-Emissionen auf dem „Pfad“ des RCP-Szenarios 8.5.
Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO_2-Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen. Im vorliegenden Gutachten werden nachfolgend vornehmlich Werte zu Klimaänderungen des RCP-Szenarios 8.5 beschrieben.

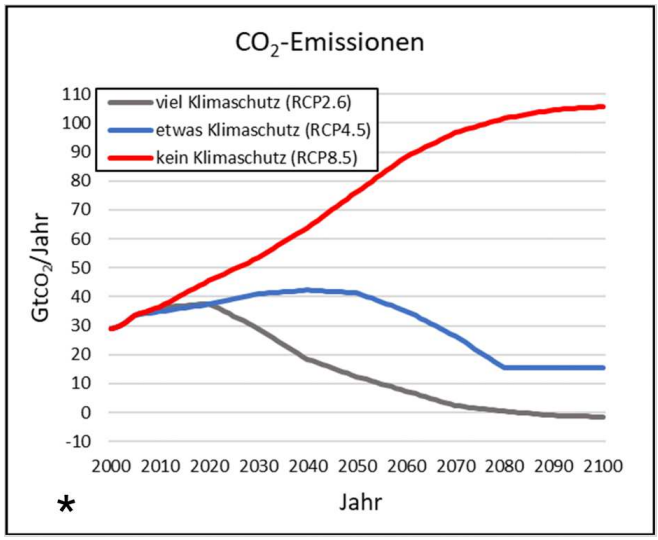


Abbildung 15: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (nach CUBASCH ET AL. 2013, Grafik: GERICS 2021).

Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird aufgrund der Klimawandelfolgen in der nahen Zukunft (2031 – 2060) um ca. 16.5 Tage/Jahr bzw. 33.0 Tage/Jahr ansteigen. Da zugleich die Anzahl der Tropennächte um 6.7 Tage/Jahr zunimmt, steigt ebenfalls die Wahrscheinlichkeit lang anhaltender Hitzewellen. Die erhöhte Wärmebelastung führt insbesondere bei alten und kranken Menschen sowie Kleinkindern zu gesundheitsgefährdendem Hitzestress. Die zunehmende Hitzebelastung mindert auch die Produktivität am Arbeitsplatz und die Konzentration bei Schulkindern.

Durch die o.a. thermisch wirksamen Klimawandelfolgen wird die Sicherstellung günstiger thermischer Umgebungsverhältnisse in der Stadt- und Siedlungsplanung zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (≥ 20 mm/Tag) wird von 3.1 Tage/Jahr (1971 – 2000) auf ca. 4.1 Tage/Jahr (2036 – 2065) zunehmen (GERICS 2021).

Wie der nachfolgende Ausschnitt aus der Starkregen-Hinweiskarte (basierend auf Daten von 2001 – 2020) der HLNUG für Hessen zeigt (**Abbildung 16**), besteht bereits heute in Eschborn ein hohes Risiko für schadensreiche Starkregenereignisse. Der Starkregenhinweis-Index basiert dabei auf der Zusammenschau von Starkregenereignissen, Versiegelungsgrad und überflutungsgefährdeten Flächenanteilen. Bei Neubaumaßnahmen sind daher ausreichende Retentionsmöglichkeiten (z.B. Dachbegrünungen) zu berücksichtigen.

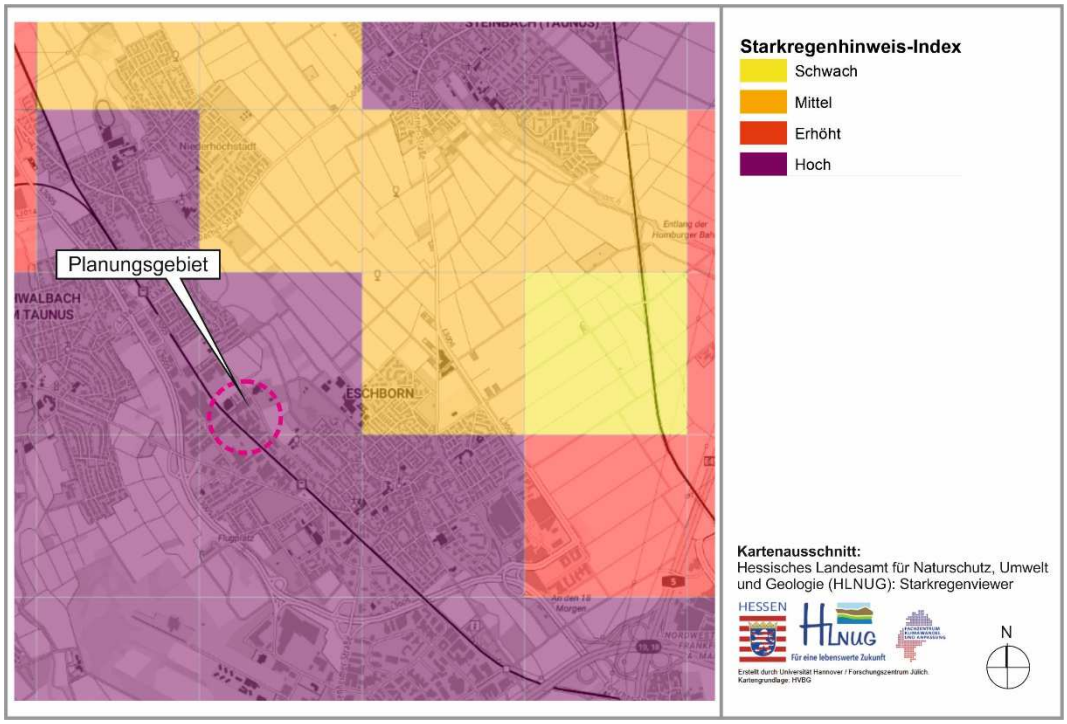


Abbildung 16: Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020). Grafikquelle: https://www.hlnug.de

Analysiert man die mehrjährigen Winddaten (2001 – 2010) des Global Wind Atlasses (DAVIS ET. AL 2023) und die Windstatistik für die DWD-Station Frankfurt Flughafen (**Abbildungen 17** und **18**), so zeigt sich, dass die vorherrschenden Windrichtungen im Planungsgebiet und in dessen Umfeld im Allgemeinen Südwest und Nordost sind, wobei es durch die Flächennutzung und das Relief lokal zu leichten Differenzierungen kommen kann.

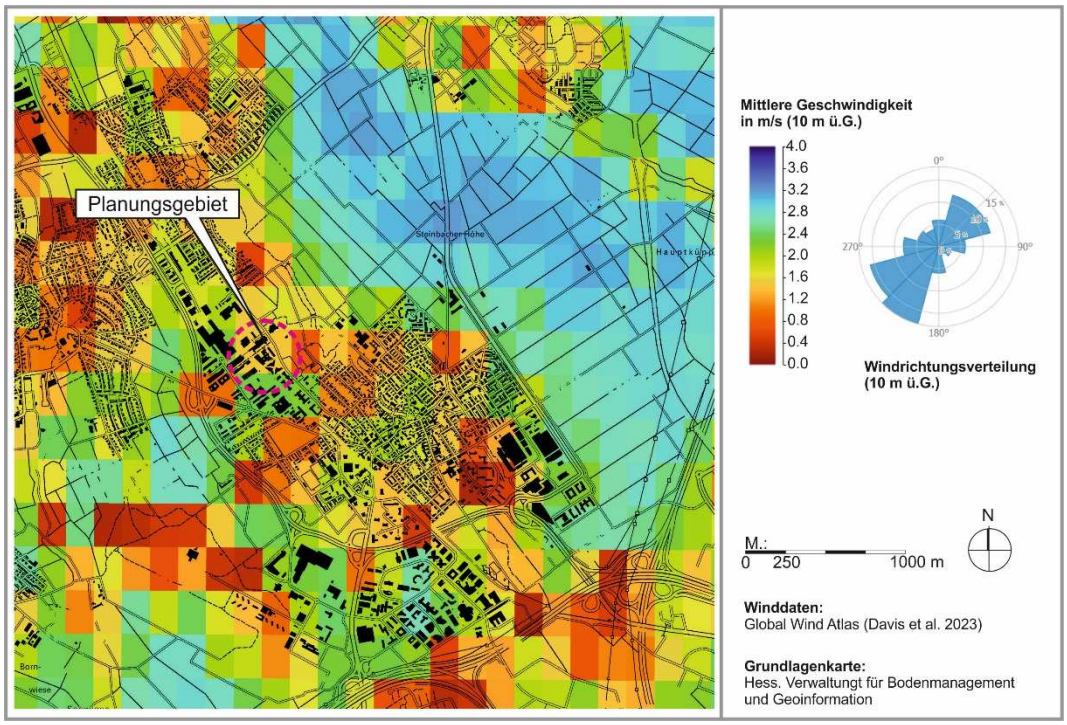


Abbildung 17: Windrichtungsverteilung (2001 – 2010) in freien Lagen im Planungsumfeld sowie berechnete Windgeschwindigkeitsverteilung (10 m ü.G.). Grafikquelle: (DAVIS ET. AL 2023)

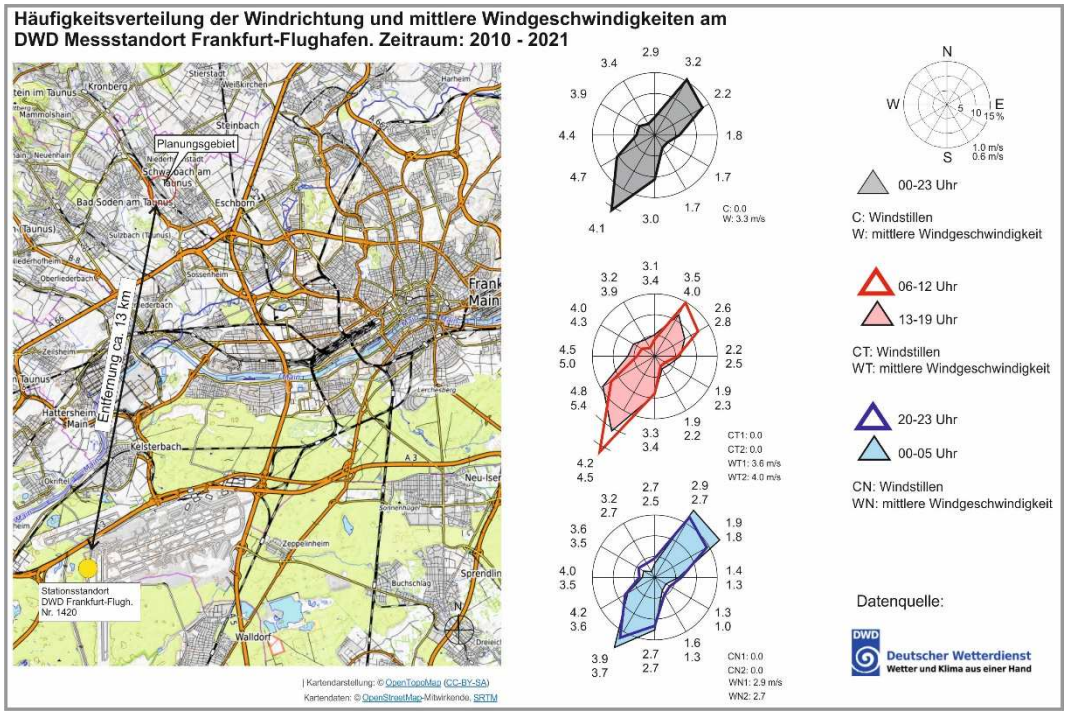


Abbildung 18: Windstatistik (2010 – 2021) DWD-Klimamessstation Frankfurt-Flughafen (10 m ü.G.). Datenquelle: https://www.dwd.de

Die mittlere Windgeschwindigkeit (10 m ü.G.) beträgt im mehrjährigen Mittel (2001 – 2010) in freien Lagen des Planungsgebiets ca. 1.5 m/s, wodurch nur eine mäßige Durchlüftung möglich ist. Innerhalb der Bebauung von Eschborn zeigen sich stellenweise auch mittlere Windgeschwindigkeit von unter 1.0 m/s, so dass dort von insgesamt geringer Durchlüftungsintensität auszugehen ist.
Die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten werden im Allgemeinen bei Winden aus südsüdwestlichen bis westsüdwestlichen Richtungen registriert.

Die mittlere Windgeschwindigkeit erfährt im Planungsgebiet und in dessen Umfeld durch den Klimawandel keine bedeutsame Veränderung. Laut GERICS (2021) ist im Main-Taunus-Kreis bei Berücksichtigung des RCP8.5-Szenarios nur eine geringfüge Modifikation der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von ca. -0.12 m/s bis +0.17 m/s zu erwarten.

In windschwachen Strahlungsnächten (max. Wolkenbedeckungsgrad 4/8, mittlere Windgeschwindigkeit ≤ 2.6 m/s), die im Raum Frankfurt a. M. im mehrjährigen Mittel (1981 -2010) zu ca. 22% der Nächte/Jahr zu bestimmen sind[7], entwickeln sich in den Hanglagen des Taunus/Vordertaunus kaltluftinduzierte Hang- und Talabwinde.

Die Häufung kaltluftinduzierter Winde aus nordnordwestlichen bis nordnordöstlichen Richtungssektoren zeigen auch die sommerlichen Messungen von 1971 – 1973 (jeweils August) in Eschborn und Kronberg im Taunus [siehe **Abbildung 19,** HESS. MINISTER FÜR UMWELT UND REAKTORSICHERHEIT (1988): Luftreinhalteplan Untermain]
Während am Tag (rot umrandete Häufigkeitsverteilung) vermehrt hangparallele südwestliche und nordöstliche Windrichtungen vorherrschen, werden in den Nachtstunden (blaue Umrandung) nahezu ausschließlich nordnordwestliche bis nordnordöstliche Windrichtungen gemessen. Die Kaltluftabflüsse forcieren in ihrem Einflussbereich die nächtliche Abkühlung und den bodennahen Luftaustausch, was insbesondere in warmen Sommernächten / Tropennächten von hoher siedlungsklimatischer Bedeutung ist.

Der Sicherung lokaler Kaltluftabflussbahnen/-flächen (z.B. Westerbachtal) wird in der Stadt- und Siedlungsklimatologie daher hohe Bedeutung zugeordnet.

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

So empfiehlt die VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 (2008), dass im Rahmen der Stadt- und Siedlungsentwicklung möglichst

- die Barrierewirkungen auf den bodennahen Luftaustausch zu erkennen und zu beseitigen bzw. zu begrenzen sind,
- die Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete zu sichern und ggf. zu optimieren sind.

Zudem ist die Ausbildung neuer „Hitze-Hot-Spots“ zu vermeiden.

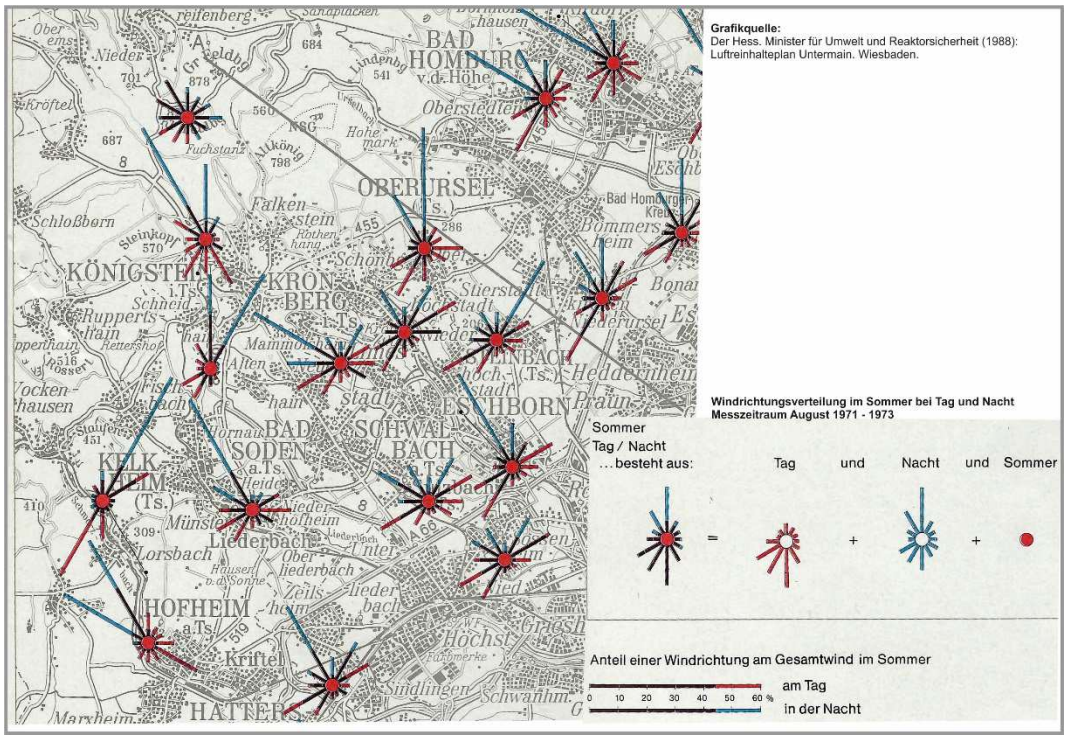


Abbildung 19: Windrichtungsverteilung im Sommer bei Tag und Nacht.
Messzeitraum August 1971 - 1973

Die thermische / bioklimatische Situation an warmen / heißen Sommertagen wird wesentlich durch die örtlichen Oberflächentemperaturen bestimmt.
Wie Ergebnisse satellitengebundener Infrarotaufnahmen für die Sommermonate 2019 – 2024 (**Abbildung 20**) dokumentieren, zeigen die Wiesen/Landwirtschaftsflächen im Planungsumfeld mit 33 - 36°C am Tag größtenteils ein mittleres Oberflächentemperaturniveau. In den Gewerbegebietsflächen im Planungsgebiet und in deren Nachbarschaft werden über den vermehrt versiegelten Flächen Temperaturen von 36 - 42°C ermittelt. In Bereichen von Waldflächen sind mittlere Oberflächentemperaturen von ca. 24 - 30°C zu bestimmen. Die thermische Gunstwirkung schattenwerfender Gehölzflächen und unversiegelter Freiflächen wird damit offensichtlich.



Abbildung 20: Mittlere Tagesoberflächentemperaturen im Zeitraum 2019 – 2024

Dies belegen auch hessenweite Berechnungen zum Bioklima (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022). Während über unbeschatteten Flächen an warmen Sommertagen starker bis extremer Hitzestress vorherrscht, ist in gehölzüberstellten Zonen und über Wasserflächen kein oder ein nur moderater Hitzestress zu erwarten.

In den Nachtstunden intensivieren die Wiesen, Landwirtschafts- und Gehölzflächen im Planungsumfeld die nächtliche Abkühlung, so dass im Bereich der Stadt Eschborn gegenüber den Frankfurter oder Wiesbadener Innenstadtlagen um ca. 2 – 3 K niedrigere Lufttemperaturen zu bilanzieren sind (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022). Dies unterstreicht die vergleichsweise begünstige klimatische Lagesituation des Planungsgebiets.

Abbildung 21 fasst nochmals die kaltluftbedingte Belüftungssituation im Planungsgebiet und in dessen Umfeld zusammen. In nördlicher bis östlicher Nachbarschaft zum Planungsgebiet befinden sich im Westerbachtal Freiflächen mit mäßigen bis sehr hohen Kaltluftproduktionsraten. Entlang des Westerbachs entwickelt sich aus dem Kaltluftzustrom über die Taunushänge ein wirksamer Tal- / Hangabwind, dessen klimaökologische Positivwirkung randlich auch am Planungsstandort zum Tragen kommt.

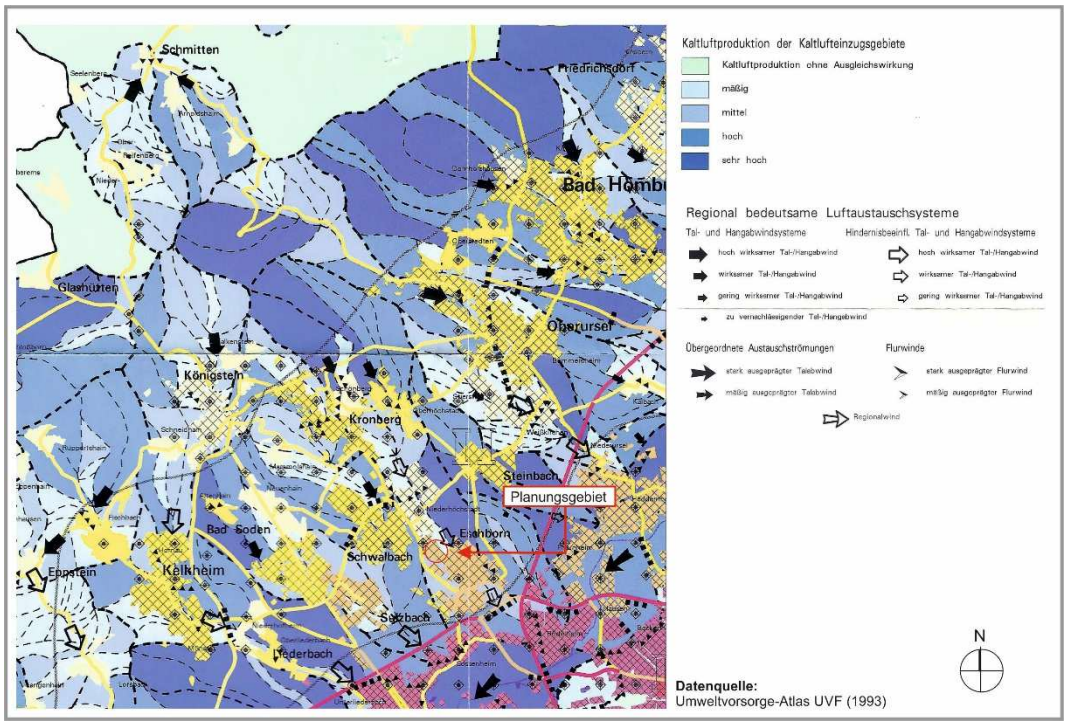


Abbildung 21: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Ausgleichs- und Wirkungsräume) des Umlandverbands Frankfurt (1994)

6 Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das nächtliche Kaltluftströmungsgeschehen, die Belüftungsintensitäten am Tag und die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen

6.1 Modellrechnungen zum lokalen Kaltluftströmungsgeschehen

Wie bereits in Kap. 5 angeführt, häufen sich im Planungsgebiet in windschwachen Strahlungsnächten, die stadtklimatisch von besonderer Bedeutung sind, orografisch bedingte Kaltluftbewegungen.

Die Intensität der lokalen Kaltluftbildung ist dabei von der örtlichen Flächennutzung abhängig. Das Kaltluftprozessgeschehen am Übergang Freiland – Bebauung kann allgemein wie folgt beschrieben werden.
In wolkenlosen, windschwachen Nächten kühlt sich der Erdboden und die darüber liegende bodennahe Luft aufgrund der ungehinderten langwelligen Ausstrahlung und der abgeschwächten vertikalen Durchmischung der bodennahen Luftschichten verstärkt ab. Es kommt, abhängig von der Flächennutzung, zu sog. Kaltluftbildung unterschiedlicher Intensität (siehe **Tabelle 2**).

Nutzung	**Kaltluftproduktionsrate in $m^3/m^2 \cdot h$**
Grünland, Ackerland	~ 15 - 20
Wald	~ 12 - 15
Gartenbau, Mischflächen	~ 10 – 15
Kleingärten	~ 6
Friedhofflächen	~ 6
Sport-/Freizeitflächen	~ 3 - 6
Wasseroberflächen	0

Tabelle 2: Kaltluftproduktionsraten unterschiedlicher Flächennutzungstypen (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG 2013, ÖKOPLANA 2010)

In reliefiertem Gelände nimmt die Kaltluftmächtigkeit im Allgemeinen hangabwärts zu, da von höheren Geländelagen kommend immer mehr Kaltluft in den Abfluss mit einbezogen wird. Die Intensität des Kaltluftabflusses ist von der Hangneigung sowie von der Oberflächenrauigkeit des Bewuchses und der Bebauung abhängig. Die Reibungskraft der Oberflächen bremst die Strömungsdynamik.

Bei Hangneigungen von unter 2° sind in der Regel Impulse von übergeordneten Windströmungen (z.B. Regionalströmungen) erforderlich, um innerhalb der bodennahen Kaltluftschicht Fließbewegungen auszulösen. Auch Flurwindeffekte zwischen kühlen und deutlich überwärmten Gebieten (Landwirtschaftsflächen ↔ Bebauung) vermögen die bodennahe Kaltluft in Bewegung zu setzen.

Kaltluftbewegungen zeigen in der ersten Nachthälfte die größten Fließgeschwindigkeiten, da zu diesem Zeitpunkt die vertikale Mächtigkeit der stabil geschichteten Luftmassen noch geringer ist und somit regionale und überregionale Winde höherer Geschwindigkeit noch vermehrt bodennah durchgreifen können.
Die Kaltluft bewegt sich allerdings nicht wie abfließendes Wasser, sondern fließt eher schubweise ab.

Kaltluftstaus bilden sich im Luv von natürlichen und anthropogenen Hindernissen (Wald- und Siedlungsrand, einzelne Baukörper, Straßendämme etc.). 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 abfließenden Kaltluft ohne nennenswerte Staubildung um- oder überströmt. Kaltluftseen entstehen durch Ansammlung kalter Luft in Mulden und Senken.

Zur Bewertung von lokalen Kaltluftbewegungen kann auf die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2026) zurückgegriffen werden. Dieser kann ein Prüfschema entnommen werden, das die Kaltluftrelevanz des Planungsgebiets auf Stadt-/Siedlungsgebiete beurteilt (siehe **Abbildung 22**). Das Ablaufschema für das Planungsgebiet und die angrenzenden Stadt- und Siedlungsflächen ist mit Rot umrandet.

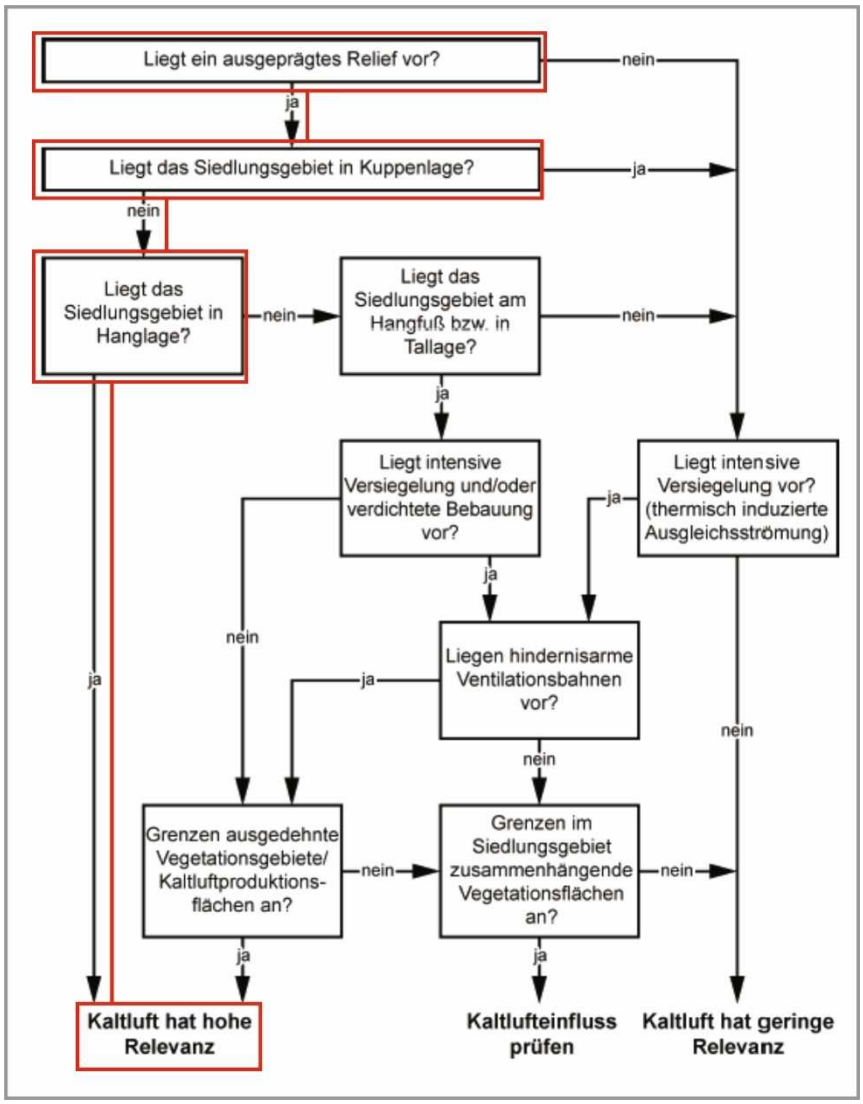


Abbildung 22: Prüfschema „Kaltluftrelevanz“. Aus VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2026)

Beschreibung des Ablaufschemas im vorliegenden Planungsfall:
Durch Hanglage am Westrand des Westerbachtals liegt im Planungsgebiet ein ausgeprägtes Relief vor. Die lokale Kaltluft hat somit hohe Relevanz für die hang- / talabwärts gelegenen Siedlungsgebiete. Dementsprechend ist das Kaltluftprozessgeschehen zu prüfen.

Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen

Die **Abbildung 23** zeigt für den **Ist-Zustand** die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen in der ersten Nachthälfte (23:00 Uhr).
In dieser Kaltluftbildungsphase bestimmen am Nordostrand des Planungsgebiets schwache nordwestliche Kaltluftabflüsse (0.2 – 0.5 m/s) das bodennahe Ventilationsgeschehen. Wie die Windvektoren verdeutlichen, sind die Nordwestwinde auf die lokalen Kaltluftabflüsse entlang des Westerbachtals zurückzuführen, das als Kaltluftsammel- und Kaltluftabflussgebiet fungiert.
Entlang des Westerbachs zeigen sich in Abhängigkeit von der Oberflächenrauigkeit der Bodenbedeckung (Wald/Gehölze, Wiese, Landwirtschaftsfläche) Kaltluftfließgeschwindigkeiten von ca. 0.1 – 1.0 m/s.
Am Südwestrand des Planungsgebiets werden über der S-Bahntrasse mittlere Kaltluftfließgeschwindigkeiten von ca. 0.5 – 1.5 m/s simuliert. Die Bahntrasse bildet eine bebauungsinterne Luftleitbahn.

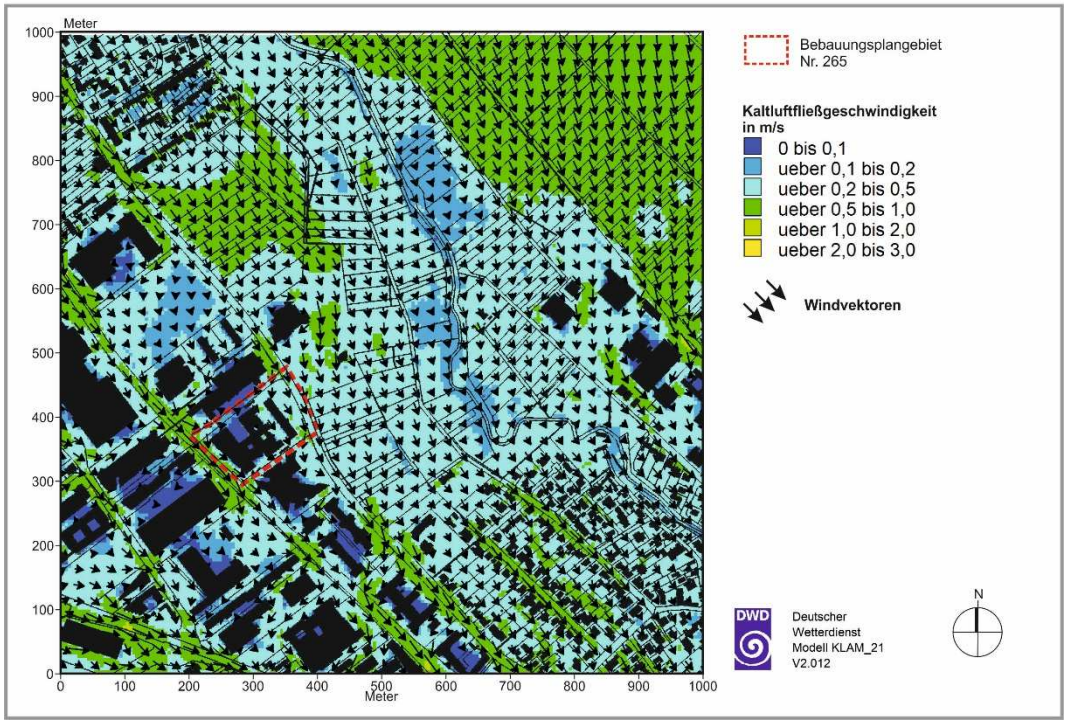


Abbildung 23: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

Anhand der Windvektoren wird ersichtlich, dass die am Planungsstandort vorbeistreichende Kaltluft entlang der Hauptstraße bis in der nächstgelegenen Wohnbebauung südlich der Tennisanlage des TENNIS 65 ESCHBORN E.V. im Bereich der Karlsbader Straße / Königsteiner Straße deutliche Wirkung zeigt.

Die Kaltluftmächtigkeit beläuft sich gegen Ende der ersten Nachthälfte im Planungsgebiet und entlang des Westerbachtals auf ca. 30 – 50 m. Eine höhere Mächtigkeit wird durch den steten Abfluss der Kaltluft nach Südsüdosten unterbunden.

Die Kaltluftvolumenstromdichte beträgt im nordöstlichen Planungsteilgebiet, basierend auf der Kaltluftfließgeschwindigkeit und der Kaltlufthöhe, ca. 6 – 13 m³/(m·s). In unmittelbarere Leelage zum GIZ-Bürogebäude nordwestlich des Dag-Hammarskjöld-Wegs ist noch eine Kaltluftvolumenstromdichte von ca. 3 – 5 m³/s zu erwarten.

Anhand den Werten in **Tabelle 3** lässt sich bestimmen, welches Kaltluftdurchlüftungspotenzial die ermittelten Kaltluftvolumenstromdichten aufweisen.

Die o.a. Werte deuten auf geringes bis mäßiges Kaltluftdurchlüftungspotenzial hin.

Entlang des Westerbachs ist ein sehr gutes Kaltluftdurchströmungspotenzial (≥ 25 m³/(m·s) festzustellen.

- mindestens 50 $m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$: extrem gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial
- mindestens 25 $m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$: sehr gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial
- mindestens 15 $m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$: gutes Kaltluftdurchlüftungspotenzial
- mindestens 7,5 $m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$: mäßiges Kaltluftdurchlüftungspotenzial
- unter 7,5 $m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$: geringes Kaltluftdurchlüftungspotenzial

Tabelle 3: Bewertung der Kaltluftvolumenstromdichte bezogen auf die Belüftungsfunktion von Siedlungsbereichen. Aus: VDI Richtlinie 3787, Blatt 5 (2026) „Lokale Kaltluft“, S. 32

Bei den Kaltluftströmungssimulationen wird für den Plan-Zustand der in **Abbildung 8** dargestellte Masterplanentwurf zu Grunde gelegt.

Wie die Ergebnisse für den **Plan-Zustand** (23:00 Uhr, erste Nachthälfte) zeigen (**Abbildungen 24** und **25**), ist die geplante Bebauung derart strukturiert, dass die Kaltluft entlang des Westerbachtals in den Innenhofbereich eindringen kann, wodurch die örtliche Wärmeinselbildung leicht reduziert werden kann.

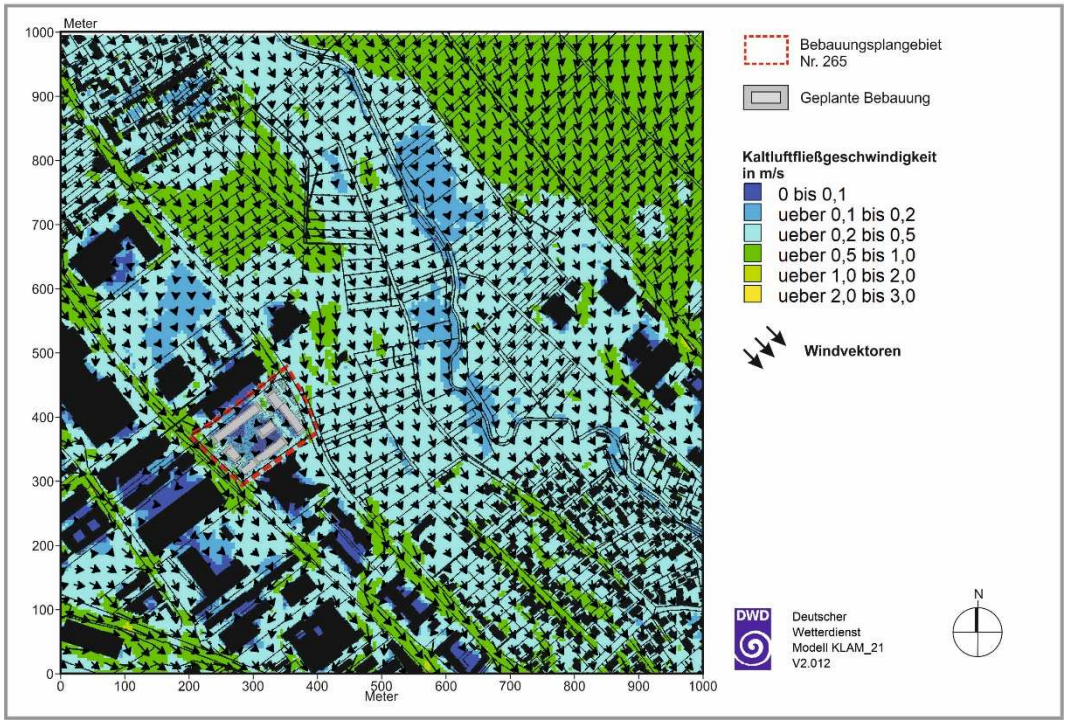


Abbildung 24: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

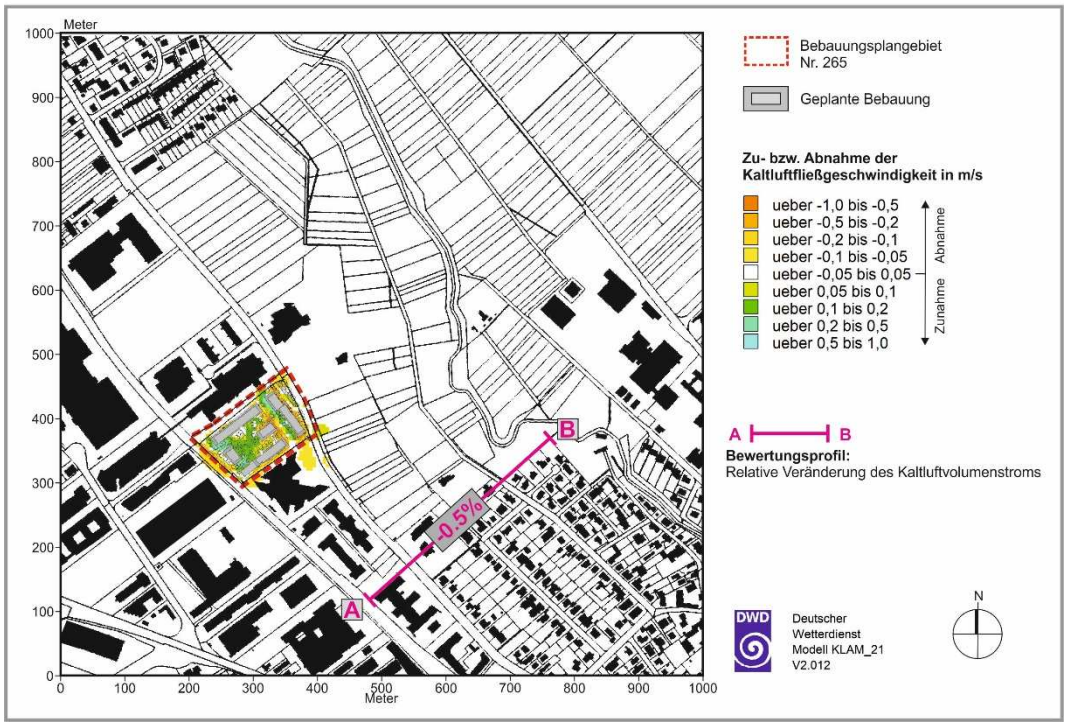


Abbildung 25: Vorher-Nachher-Vergleich. Planungsbedingte Veränderung der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) und des Kaltluftvolumenstroms im Sommer, 23:00 Uhr (erste Nachthälfte)

Wie die Differenzendarstellung der Kaltluftfließgeschwindigkeiten zum Ist-Zustand belegen (**Abbildung 25**), bleiben die planungsbedingten Strömungsmodifikationen (2 m ü.G.) auf den unmittelbaren Nahbereich des Planungsgebiets (Hauptstraße 131 – 137) begrenzt.

Durch die räumlich eng begrenzten planungsbedingten Strömungsmodifikationen und die vorgesehenen grünordnerischen Maßnahmen zur Begrenzung des örtlichen Wärmeinseleffektes (Baumpflanzungen, Dachbegrünungen etc.) ist auch die Abnahme des Kaltluftvolumenstroms in Leelage zum Planungsgebiet recht gering. Wie **Abbildung 25** dokumentiert, stellt sich gegen 23:00 Uhr über das Querprofil A–B gegenüber dem Ist-Zustand eine relative Reduktion des Kaltluftvolumenstroms um ca. -0.5% ein.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2026) sind bei stadt-/siedlungsklimatisch bedeutsamen Kaltluftströmungen relative Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms bis -5.0% als geringe bzw. unwesentliche Änderung aufzufassen. Gravierende Änderungen des Kaltluftdurchlüftungspotenzials liegen vor, wenn es zu einer Änderung um mindestens 30% kommt. Bei dazwischen liegenden Werten können die Änderungen als mäßig angesehen und je nach Lagesituation noch als akzeptabel eingestuft werden.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen somit, dass in talabwärts gelegenen Siedlungslagen (Eschborn) im Plan-Zustand keine relevanten Abnahmen bzgl. der Kaltluftfließgeschwindigkeiten und des Kaltluftvolumenstroms zu erwarten sind.

6.2 Modellrechnungen zur lokalen Belüftungssituation am Tag

Wie in Kap. 4 erläutert, ist die Berücksichtigung klimaökologischer Belange bei der baulichen Neugestaltung des Planungsgebiets Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3 angesichts des Klimawandels von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Im Rahmen des Planungsprozesses ist darauf zu achten, dass das Areal bzw. die Hochbauten in ausreichendem Maße grünordnerisch ausgestaltet werden und die Möglichkeit eines möglichst intensiven bodennahen Luftaustausches mit dem Planungsumfeld bestehen bleibt. Die zusätzliche Ausbildung großflächiger Windstagnationsbereiche mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s ist im Planungsumfeld möglichst zu vermeiden.

Wie **Abbildung 26** verdeutlicht, ist das Windfeld im Bereich von Bauwerken recht komplex. Es ist vor allem durch den Aufstau der Strömung in Luv-Lage und deren Auslenkung gekennzeichnet. Es bilden sich am Gebäude und im näheren Umfeld Bereiche erhöhter und erniedrigter Drücke und Windgeschwindigkeiten (SCHMALZ, J. 1984). An den Gebäudekanten löst sich die Strömung bei allgemein höheren Windgeschwindigkeiten ab. Es bilden sich Wirbel. In Lee-Lage zeigen sich Windabwärtsbewegungen mit Windschattenbildung und rückwärtsgerichteten Luftströmungen.

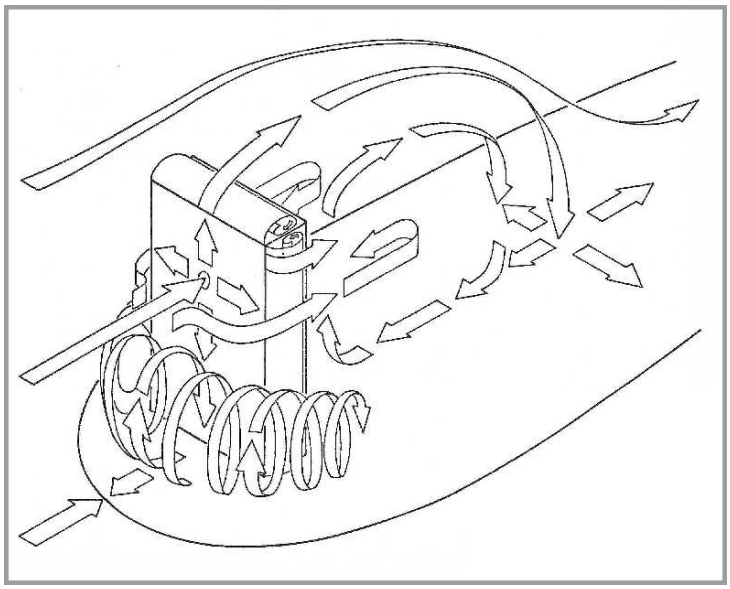


Abbildung 26: Schematische Darstellung der Windumströmung eines Einzelgebäudes (aus: SCHMALZ, J. 1984)

Innerhalb des Stadtgefüges beeinflussen sich dicht beieinanderstehende Gebäude gegenseitig. Die Ausprägung der gebäudespezifischen Windbeschleunigungen und Windabbremsungen sind abhängig von den Gebäudehöhen, den Gebäudeabständen, den Proportionen und den Formen der Gebäude.

Im nachfolgenden Analyseschritt werden auf Grundlage vergleichender mikroskaliger Windfeldsimulationen (Ist-Zustand und Plan-Zustand) die Veränderungen der lokalen Belüftungsintensitäten am Tag bestimmt und bewertet.

Die Modellrechnungen werden jeweils für drei typische und relevante Tagsituationen durchgeführt.

- Westsüdwestwind (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
  = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschender Hauptwindrichtung.
- Ostnordostwind (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
  = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung bei vorherrschendem Sekundärmaximum der Windrichtung.
- Nordnordwestwind (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
  = Bestimmung der planungsbedingten Barrierewirkung in Richtung der nächstgelegenen Wohnbebauung in Eschborn.

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 werden zusätzlich Differenzendarstellungen zum Ist-Zustand abgebildet (2 m ü.G.).

6.2.1 Windanströmung aus Westsüdwesten (240°)

Wie den Windstatistiken in Kap. 5 zu entnehmen ist, herrschen am Planungsstandort am Tag zumeist Winde aus südwestlichen Richtungssektoren vor. Die Häufigkeit liegt bei ca. 36% der Tagstunden im Mittel der Jahre 2010 – 2021 (DWD Station Frankfurt-Flughafen, Nr. 1420).

Die **Abbildung 27** zeigt für den **Ist-Zustand** das berechnete Windfeld der Höhenschicht 2.0 m ü.G.
Im Bereich des Planungsgebiets werden in den Gebäudezwischenräumen mittlere Windgeschwindigkeiten von 0.3 – 0.4 m/s simuliert. Luftstagnationstendenzen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von unter 0.3 m/s bleiben auf die unmittelbaren Gebäudeluv- und leelagen begrenzt. In Richtung Westerbachtal bilden die Landwirtschaftsflächen und die Freianlagen des Wiesenbads Windregenerationsflächen, so dass eine recht intensive Querbelüftung des Talzugs gegeben ist.

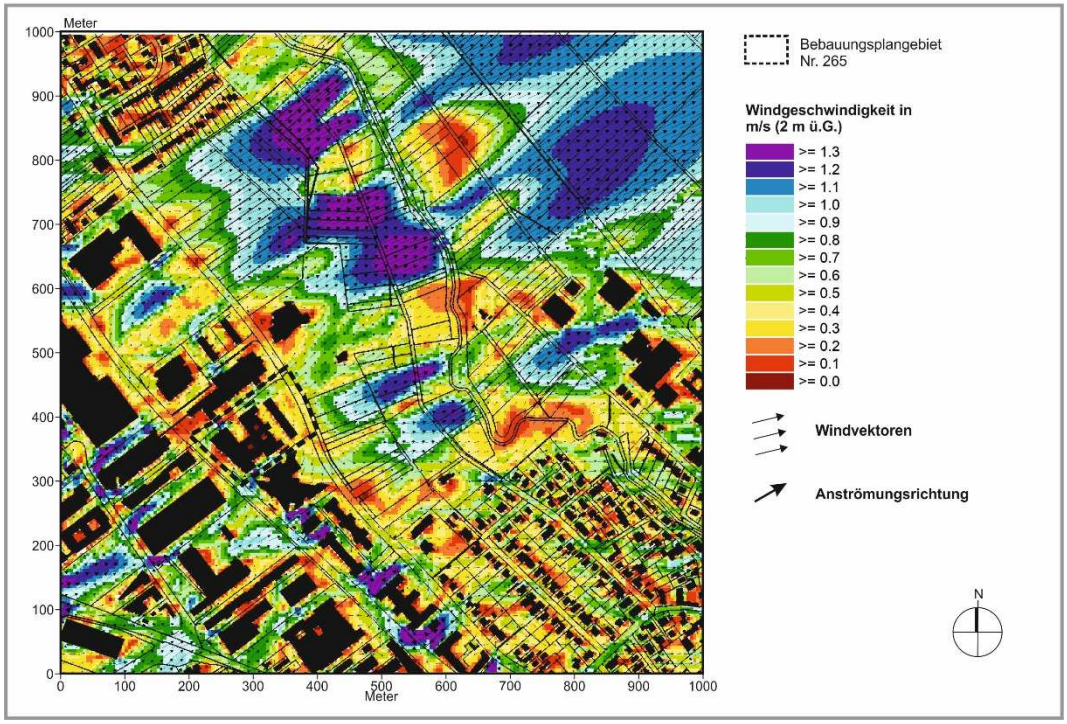


Abbildung 27: Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Im **Plan-Zustand** (**Abbildungen 28** und **29**) nimmt die Belüftungsintensität in nordöstlicher Leelage nur geringfügig ab. Windgeschwindigkeitsreduktionen um mehr als 0.3 m/s betreffen allein die Landwirtschafts- und Gehölzflächen östlich der Hauptstraße. Im Bereich des Wiesenbads bleibt im Bereich der Freianlagen eine ausreichende Belüftung gesichert. Luftstagnationstendenzen nehmen nur sehr kleinräumig zu.
In Richtung Südwesten sind keine zusätzlichen planungsbedingten Staueffekte zu bestimmen.

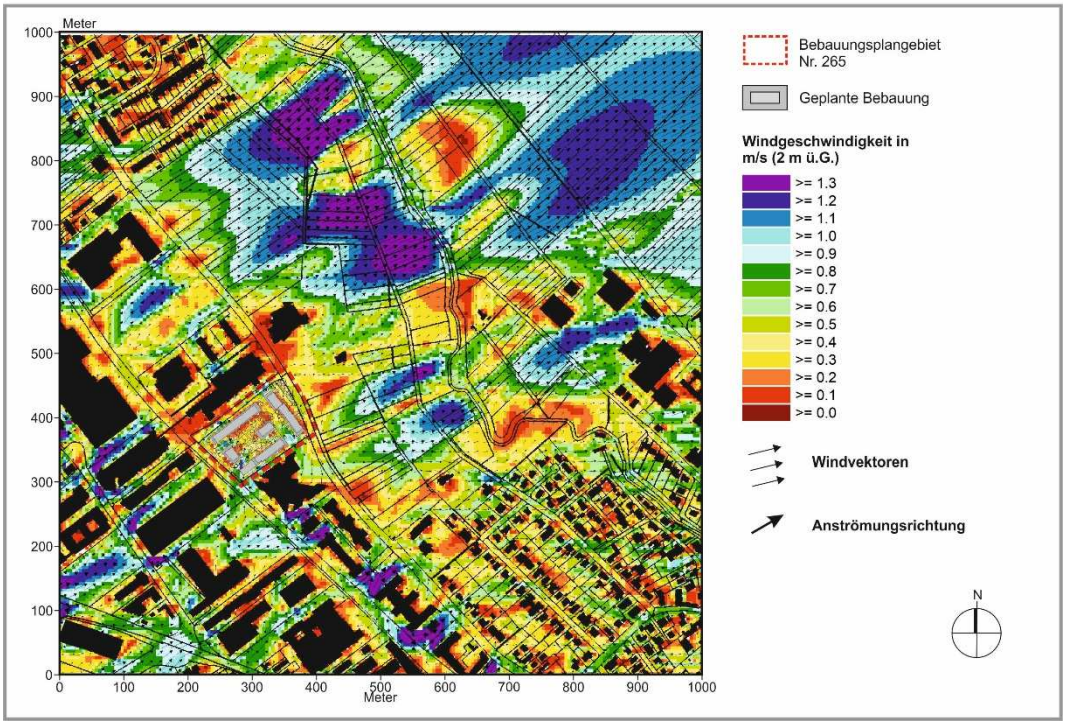


Abbildung 28: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

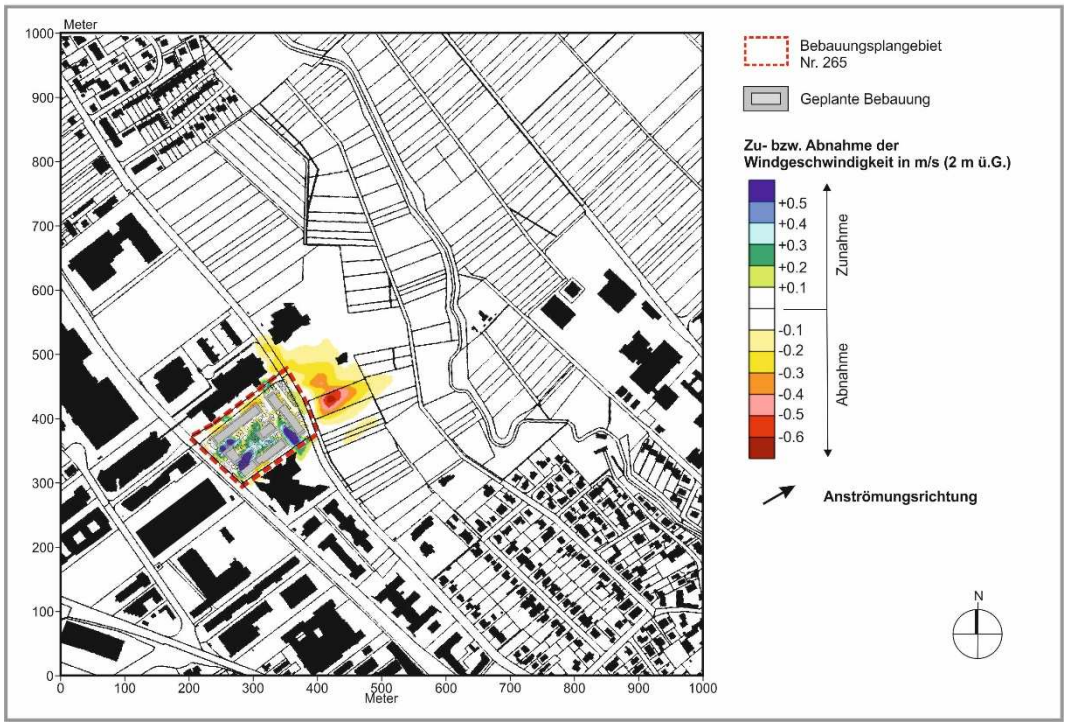


Abbildung 29: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Westsüdwesten (240°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. – Tagsituation

Wie der vergrößerte Ausschnitt vom Planungsgebiet (**Abbildung 30**) verdeutlicht, zeigt sich der Innenhofbereich des neuen Quartiers ausreichend be- und entlüftet. Die gewählten Gebäudeabstandsflächen sind ausreichend, um großflächig Luftstagnation mit Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s zu unterbinden. Im Bereich des Spielplatzes in zentraler Gebietslage sind mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0.3 – 0.4 m/s möglich. Auch entlang der Zufahrt zu den Tiefgaragen ist eine ausreichende Be- und Entlüftung gegeben, um Luftschadstoffakkumulationen zu verhindern.

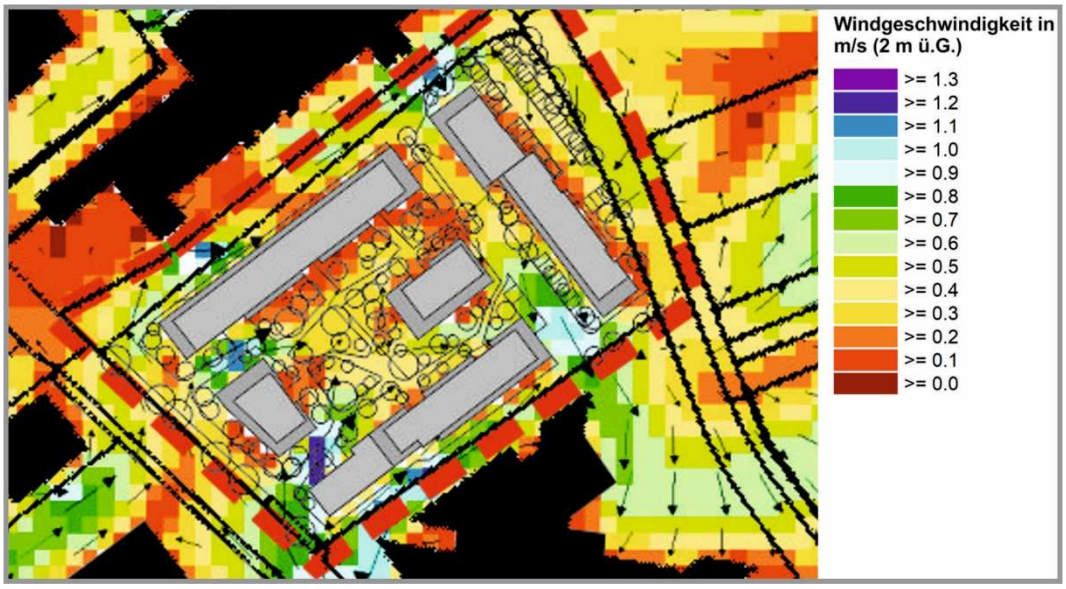


Abbildung 30: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von **Abbildung 28**

6.2.2 Windanströmung aus Ostnordosten (60°)

Die Windstatistiken in den **Abbildungen 17** und **18** dokumentieren, dass nordöstliche Windrichtungen am Tag bzgl. ihrer Häufigkeit das Sekundärmaximum bilden. Die möglichen planungsbedingten Windschatteneffekte der potenziellen Neubebauung im Planungsgebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ sind zur Bebauung südwestlich der S-Bahntrasse hin gerichtet, wo gewerbliche Nutzungen vorliegen (u.a. 6-geschossiger Neubau GIZ-Campus).

Wie die Ergebnisse der Strömungssimulationen für den **Ist-Zustand** dokumentieren (**Abbildung 31**), fungieren der Dag-Hammarskjöld-Weg (Breite der dortigen Gebäudeabstandsflächen ca. 22 – 30 m) und die Gebäudeabstandsflächen zum Grundstück Hauptstraße 131 – 137 (Breite ca. 16 m) als bebauungsinterne Ventilationsachsen, über welchen der großwetterlagenbedingte Höhenwind vermehrt bodennah durchgreifen kann. Das Verbindungsbauwerk zwischen den Gebäuden Dag-Hammarskjöld-Weg 2 und 3 (**Abbildung 32**) kann unter- und überströmt werden.

Das Planungsgebiet und dessen Umfeld ist ausreichend belüftet, um großflächige Luftstagnation zu unterbinden.

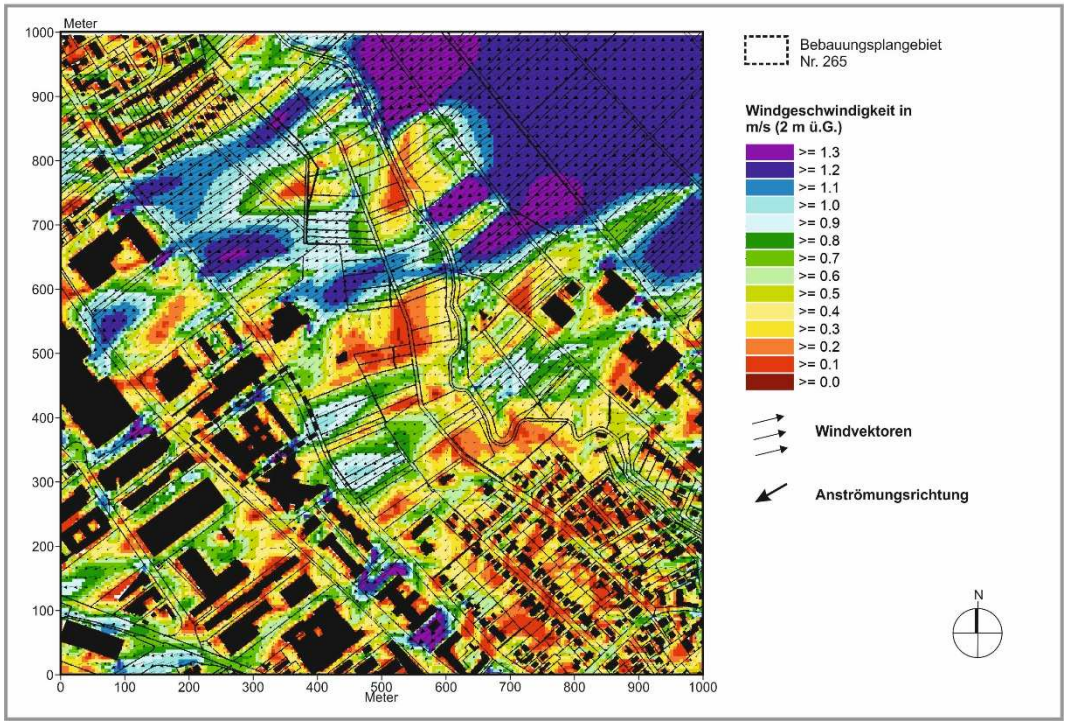


Abbildung 31: Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation



Abbildung 32: Verbindungsbauwerk zwischen den Gebäuden Dag-Hammarskjöld-Weg 2 und 3. Fotoaufnahme: ÖKOPLANA

Durch die geplante Bebauung (**Plan-Zustand, Abbildungen 33** und **34**) wird die strömungsdynamische Gunstfunktion der Ventilationsachsen im Nordwesten und Südosten des Planungsgebiets nur geringfügig reduziert. Südwestlich der S-Bahntrasse ist keine relevante Abschwächung der Belüftungsintensität zu bilanzieren. Auch nordwestlich und südöstlich des Planungsgebiets sind keine auffallend veränderten Belüftungsintensitäten festzustellen.

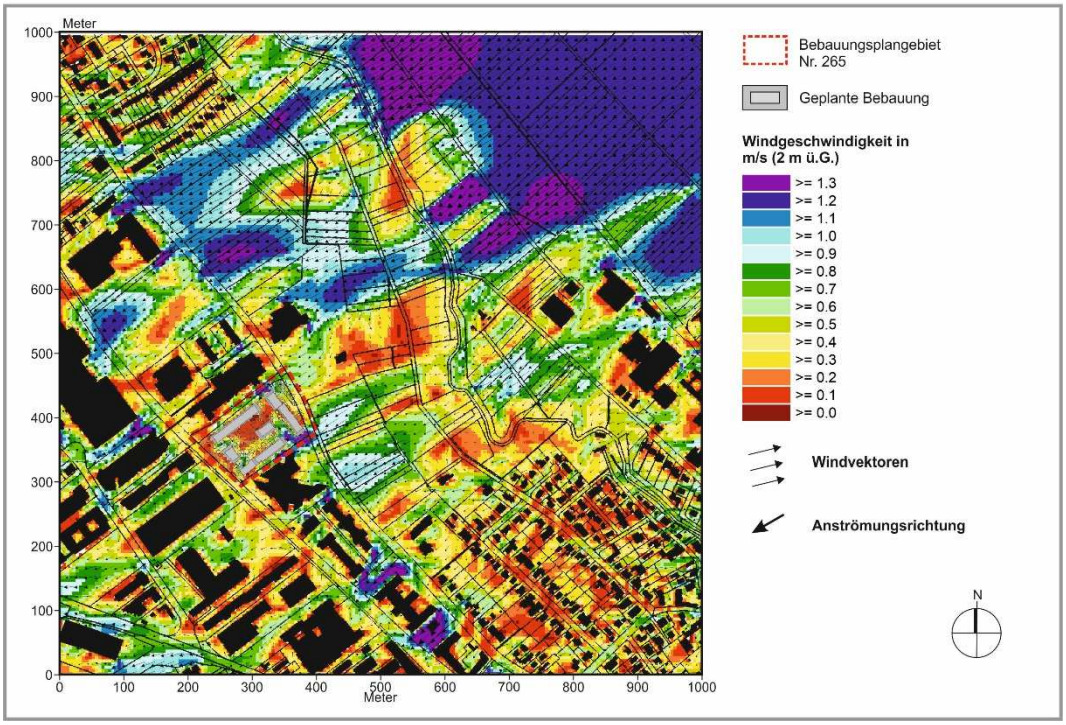


Abbildung 33: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

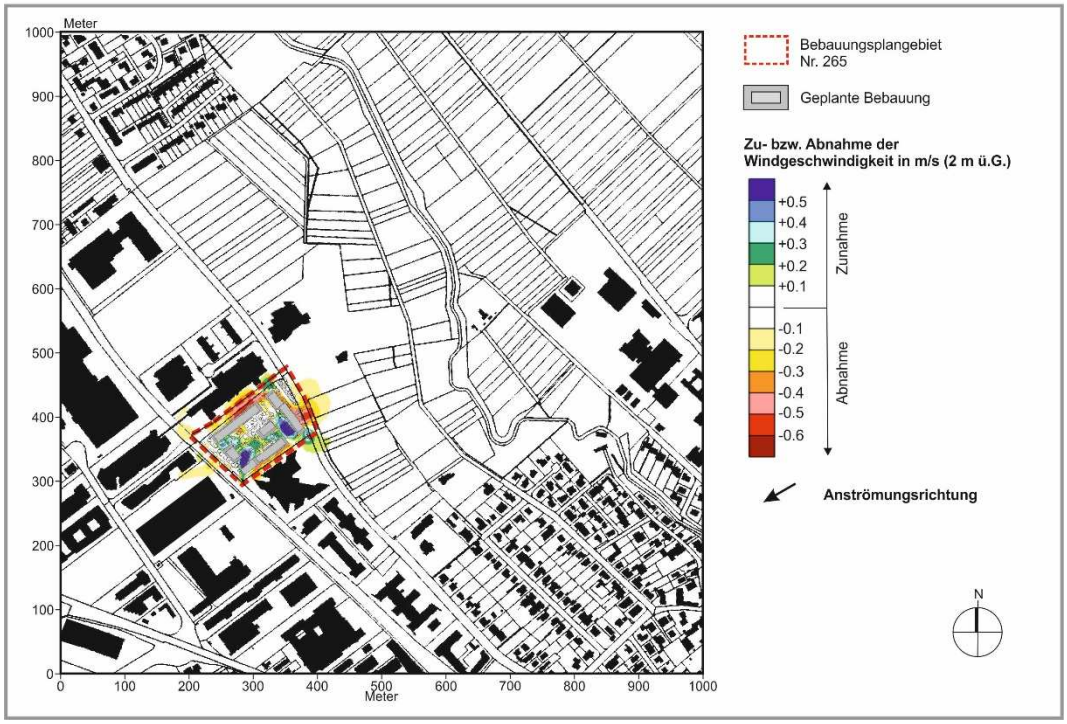


Abbildung 34: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten (60°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Der Innenhofbereich der geplanten Bebauung zeigt sich bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten stellenweise nur gering belüftet. Wie die **Abbildung 35** verdeutlicht, werden im nordwestlichen Innenhofbereich vermehrt mittlere Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s simuliert. Dies weist auf Luftstagnation hin. Hier macht sich der geplante 6-geschossige (+S) Gewerbebau an der Hauptstraße negativ bemerkbar. Um in den warmen Sommermonaten in diesem Bereich erhöhte bioklimatische Belastungen zu vermeiden, sind die im Masterplan (**Abbildung 8**) angeführten Begrünungsmaßnahmen (Baumpflanzungen zur Schattenbildung) zwingend umzusetzen und somit im Bebauungsplan festzusetzen. Eine weitere Möglichkeit zu Verbesserung der Belüftungssituation wäre u.U. eine reduzierte Bauwerkshöhe (max. 3 – 4 Geschosse) beim geplanten Gewerbebau an der Hauptstraße.

Im südlichen Innenhofbereich sind günstige Belüftungsintensitäten gegeben.
Auch die Entlüftungsintensität des Innenhofbereichs in Richtung Südwesten ist als ausreichend einzustufen. Dies zeigt sich anhand der Windgeschwindigkeiten von über 0.5 m/s am Südwestrand des Innenhofbereichs.

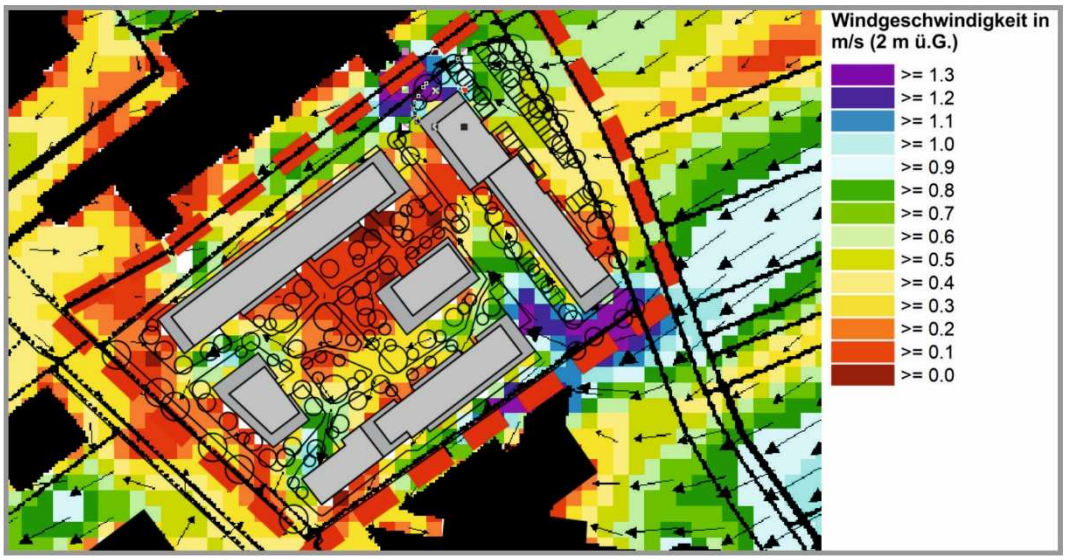


Abbildung 35: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von **Abbildung 33**

6.2.3 Windanströmung aus Nordnordwesten (330°)

Bei Winden aus Nordnordwesten, die parallel zum Westerbachtal wehen, bilden am Planungsstandort im **Ist-Zustand** (**Abbildung 36**) die Erschließungs- und Parkplatzflächen zwischen der Hauptstraße und den Bestandsgebäuden Hauptstraße 139 – 145 eine funktionsfähige Ventilationsfläche in Richtung Südosten. Dort werden mittlere Windgeschwindigkeiten (2 m ü.G.) bis ca. 0.9 m/s berechnet. Auch die S-Bahntrasse südwestlich des Planungsgebiets bildet sich als bebauungsinterne Ventilationsachse ab (mittlere Windgeschwindigkeiten bis über 1.3 m/s).
Im Bereich der Bestandsbebauung Dag-Hammarskjöld-Weg 3 dominieren hingegen mittlere Windgeschwindigkeiten von unter 0.3 m/s, die auf nur geringe Belüftungseffekte hinweisen.

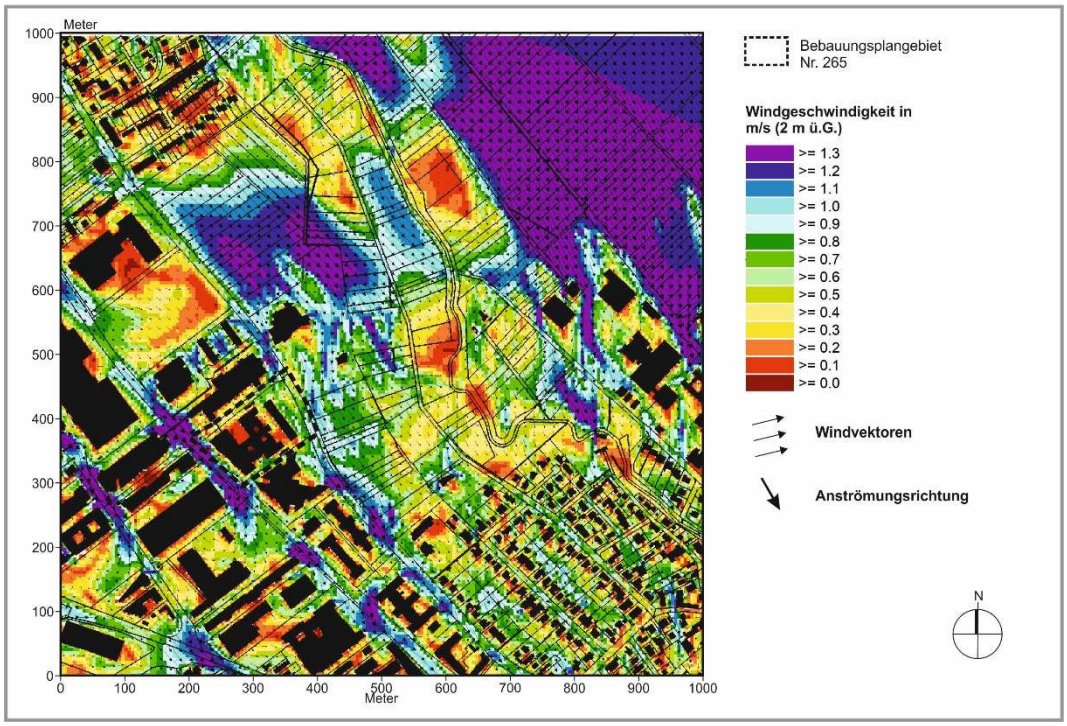


Abbildung 36 Ist-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Im **Plan-Zustand** (**Abbildungen 37** und **38**) bleibt die Hauptstraße als Ventilationsbahn in Richtung Südosten in ihrer Funktion weitgehend gesichert. Durch die geplante 6-geschossige (+S) Bebauung unmittelbar entlang der Hauptstraße sind in Gebäudeleelage nur bis in eine Entfernung von ca. 120 m geringfügige Windgeschwindigkeitsminderungen (ca. 0.1 – 0.3 m/s) zu bilanzieren. Sie betreffen keine Wohnbebauung oder sonstige empfindliche Nutzungen (z.B. Kitas, Pflegeheime etc.) und sind daher stadtklimatisch unkritisch.
Gleiches gilt für die räumlich eng begrenzten planungsbedingten Windgeschwindigkeitsreduktionen in Richtung Süden entlang der S-Bahntrasse.

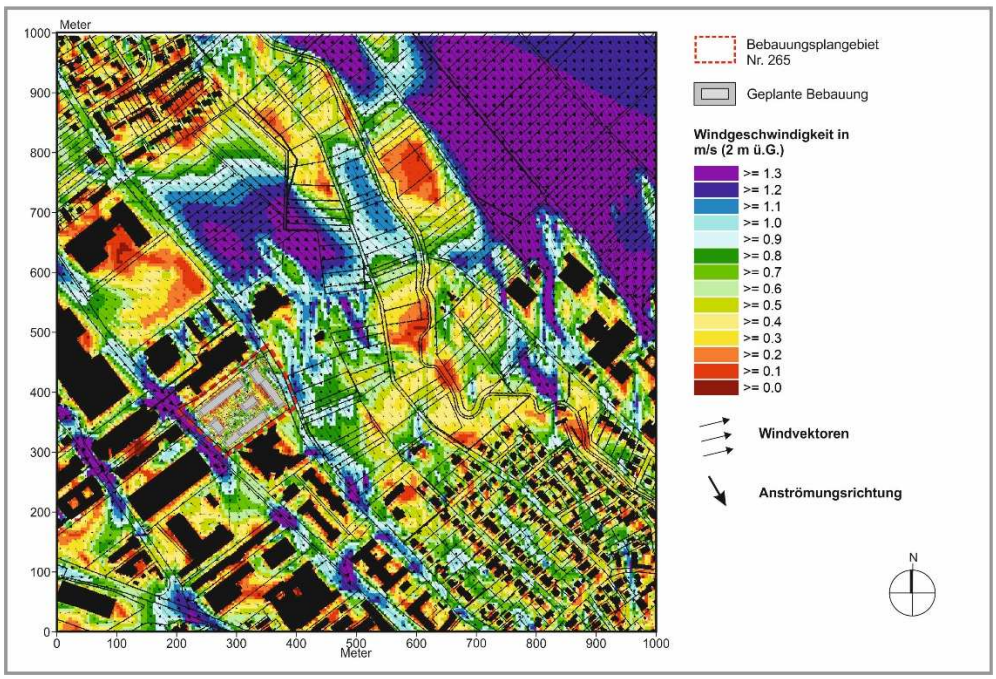


Abbildung 37: Plan-Zustand - Ergebnisse mikroskaliger Strömungssimulationen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

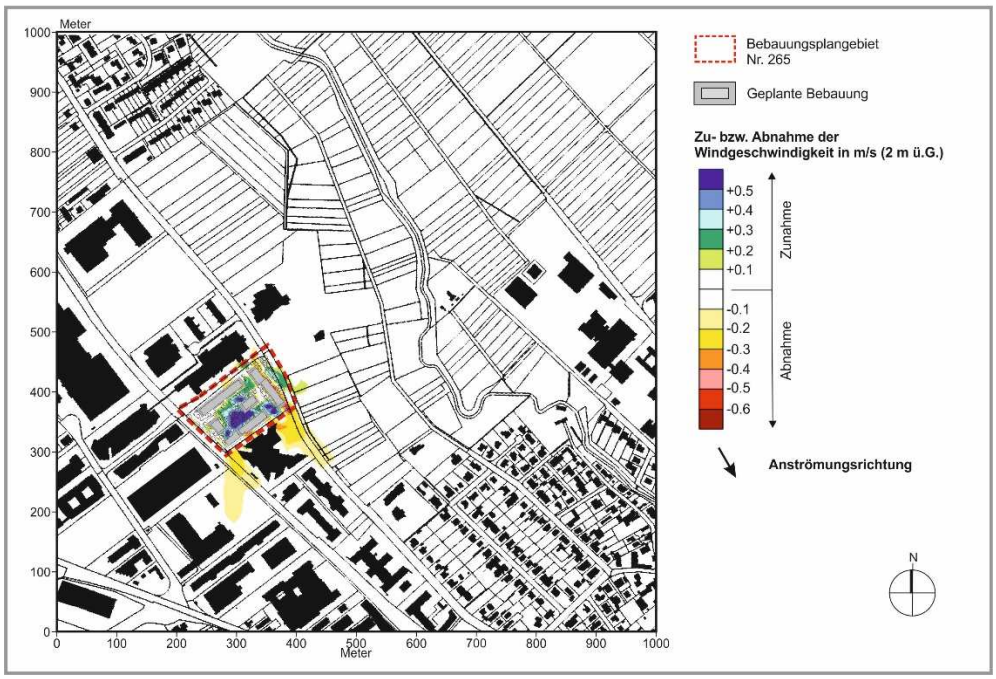


Abbildung 38: Vorher-Nachher-Vergleich – Planungsbedingte Veränderung der Windgeschwindigkeit (2 m ü.G.) bei vorherrschenden Winden aus Nordnordwesten (330°) mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G. - Tagsituation

Im Innenhofbereich des neuen Quartiers werden bei vorherrschenden Nordnordwestwinden ausreichende Belüftungsintensitäten bestimmt. Wie **Abbildung 39** verdeutlicht, sind extrem windschwache Zonen auf die unmittelbaren Windschattenbereiche der geplanten Bebauung begrenzt. Im Bereich des angedachten Spielplatzes sind bzgl. des Strömungsgeschehens bei mittleren Windgeschwindigkeiten von ca. 0.4 – 0.8 m/s (2 m ü.G.) vergleichsweise günstige Verhältnisse gegeben. Auch eine funktionsfähige Entlüftung in Richtung Südwesten ist durch die gewählte Anordnung der Baukörper gesichert.

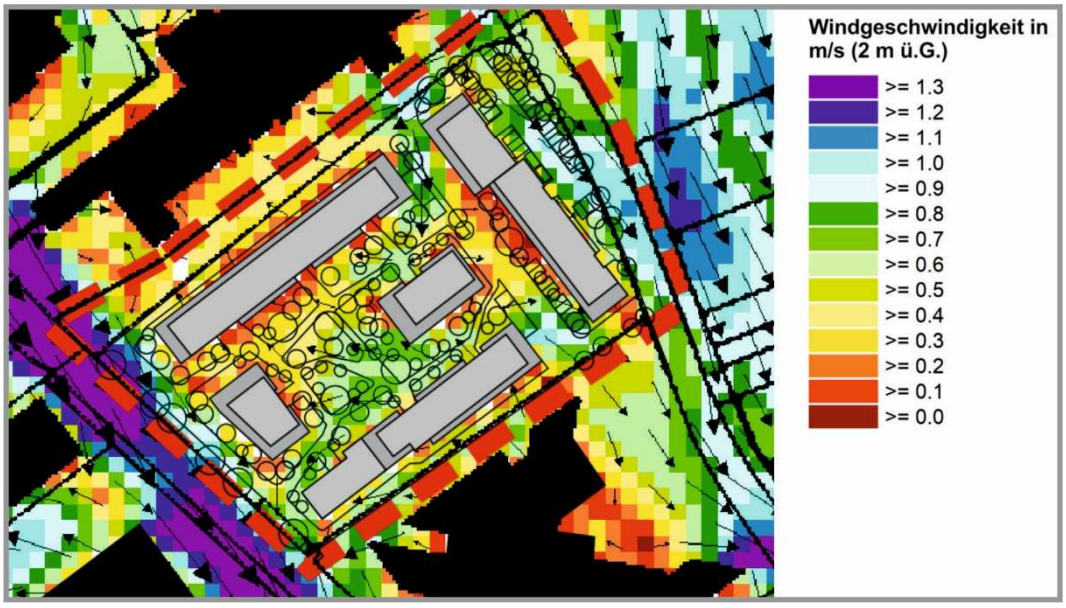


Abbildung 39: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von **Abbildung 37**

6.3 Thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen

Die thermische Situation am Planungsstandort 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.

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, Baukörper) die ganze Nacht hindurch überwärmt.

Angesichts des Klimawandels mit erhöhter sommerlicher Wärmebelastung (siehe Kap. 5) ist aus Sicht der Klimaökologie bei der Entwicklung des neuen Quartiers Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ von Bedeutung, dass der von veränderten Baustrukturen ausgehende „Wärmeinseleffekt“ eng begrenzt bleibt und in der bestehenden Bebauung im Planungsumfeld keine großflächigen thermischen Zusatzbelastungen bewirkt.

Die nachfolgenden Berechnungen beziehen sich auf thermisch besonders belastende heiße Sommertage (14:00 Uhr, Zeitpunkt der höchsten Wärmebelastung / Lufttemperatur + Sonneneinstrahlung) bzw. Tropennächte (23:00 Uhr, Zeitpunkt an dem in Sommernächten die Wohnungen vor dem Zu-Bett-Gehen nochmals durchgelüftet werden).

Die Temperaturwerte für den heißen Sommertag orientieren sich am nachfolgenden Tagesgang (siehe **Abbildung 40**. Als vorherrschende Windrichtung wird für die Tagsituation die Hauptwindrichtung aus Westsüdwesten (240) herangezogen. Für die Nachtsituation wird ein Antrieb aus Nordnordwesten (330°) gewählt, um in den Nachtstunden die Auswirkungen auf die Lufttemperaturverhältnisse im Kaltluftstrom entlang des Westerbachs beurteilen zu können.

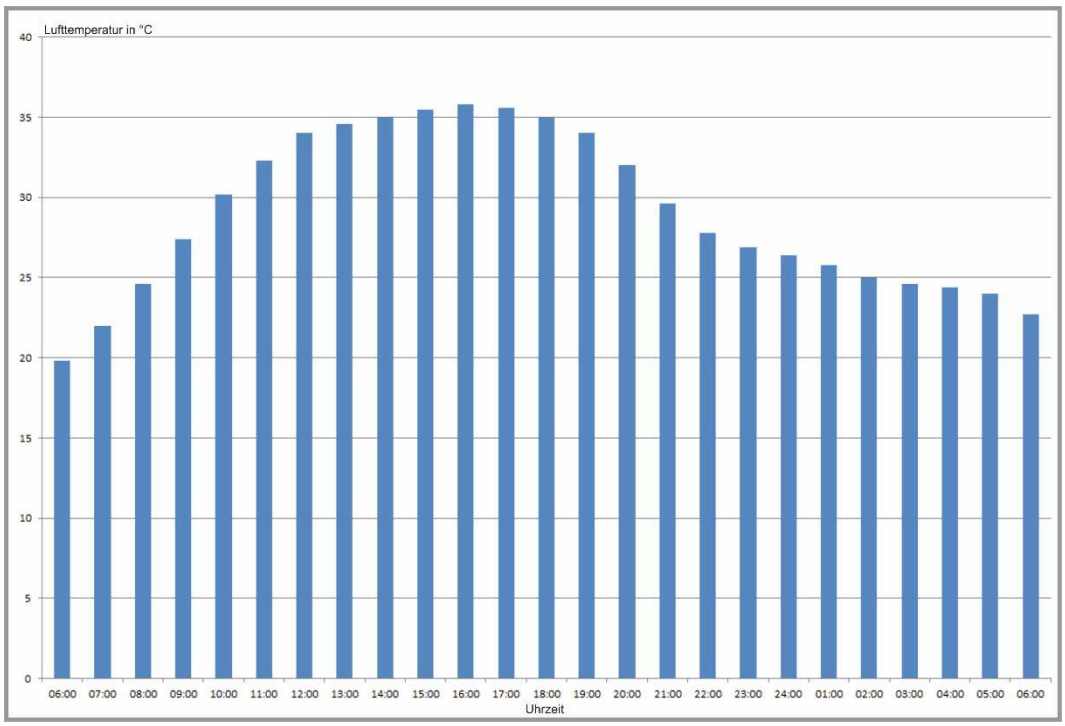


Abbildung 40: Tagesgang der Lufttemperatur an der HLNUG-Luftmessstation Wiesbaden-Süd vom 31.07./01.08.2018 – heißer Sommertag. Datenquelle: www.hlnug.de

Für die Tagsituation wird ergänzend zum Lufttemperaturfeld als humanbioklimatisches Maß die physiologische Äquivalenttemperatur (engl. Physiological Equivalent Temperature, PET) berechnet, um die Aufenthaltsqualität im Bereich des geplanten Gewerbegebiets 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.

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: 80 W (leichte Tätigkeit, sitzend)
- Kleidungsfaktor: 0,9 clo

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.

6.3.1 Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (01.07.) mit vorherrschendem Westsüdwestwind (14:00 Uhr)

Die **Abbildung 41** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 14:00 Uhr an einem heißen Sommertag (T_{max} ≥ 30°C).

Bei Lufttemperaturen im Gehölzschatten von ca. 32.4 - 33.0°C werden über den unbeschatteten Landwirtschafts- und Wiesenflächen des Untersuchungsgebiets Lufttemperaturen von ca. 33.0 – 34.2°C berechnet. Höchste Lufttemperaturen werden über versiegelten / asphaltierten Straßenzügen und Stelllatzflächen ohne nennenswerten Baumschatten simuliert (34.2 – 35.0°C). Damit stellen sich im Untersuchungsgebiet am Tag max. Lufttemperaturunterschiede von ca. 2.6 K ein. Größere Lufttemperaturdifferenzen werden am Tag durch den recht intensiven vertikalen und horizontalen Luftaustausch unterbunden.
Im Planungsgebiet werden im Bereich der Bebauung Hauptstraße 139 – 145 Lufttemperaturen von ca. 33.4 – 33.8°C simuliert. Im Bereich der Bebauung Dag-Hammarskjöld-Weg 3 sind Lufttemperaturen bis 34.6°C zu bestimmen.

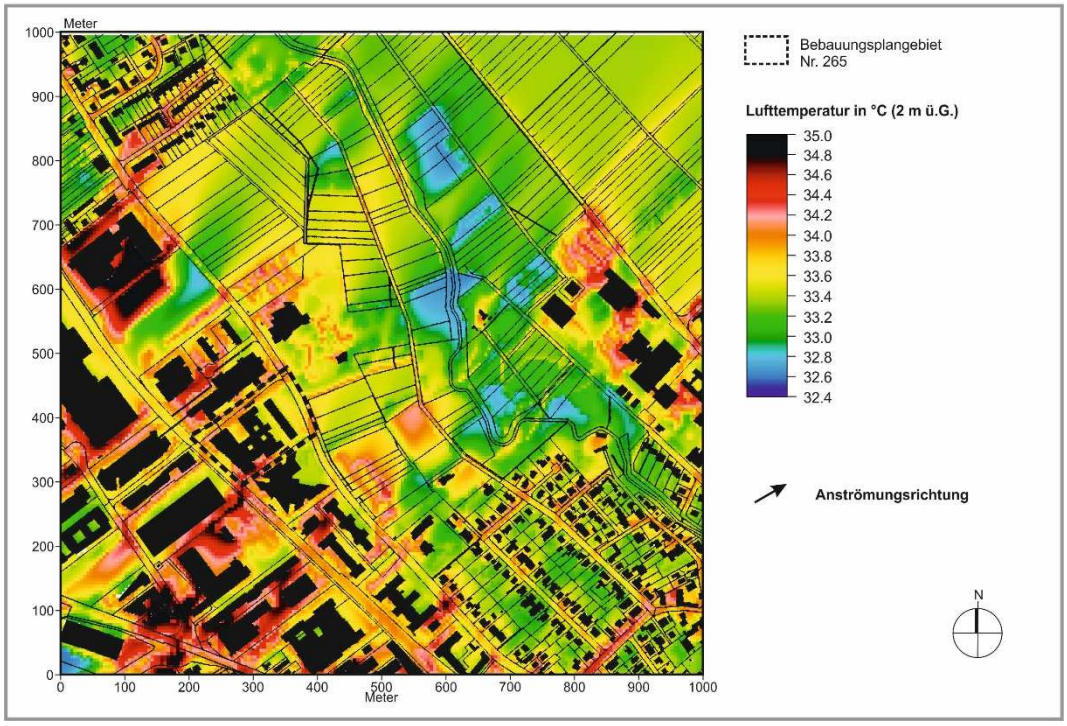


Abbildung 41: Ist-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Im **Plan-Zustand** (**42** und **43**) ist durch die veränderte Bau- und Grünflächenstruktur (begrünter Innenhofbereich) mit einer Abnahme der Lufttemperatur um ca. 0.2 – 1.4 K zu rechnen (= thermischer Positiveffekt). Im Vergleich zu den Gewerbegebietsflächen mit größeren versiegelten Erschließungs- und Stellplatzflächen werden im Innenhofbereich des neuen Quartiers um ca. 1.0 K niedrigere Temperaturen simuliert. Die im Masterplan (**Abbildung 8**) vorgesehenen Baumpflanzungen mindern über ihren Schattenwurf wirksam die Aufheizung des Bodens und damit auch der Luft.

Die thermischen Gunsteffekte auf die Umgebung bleiben allerdings recht gering.

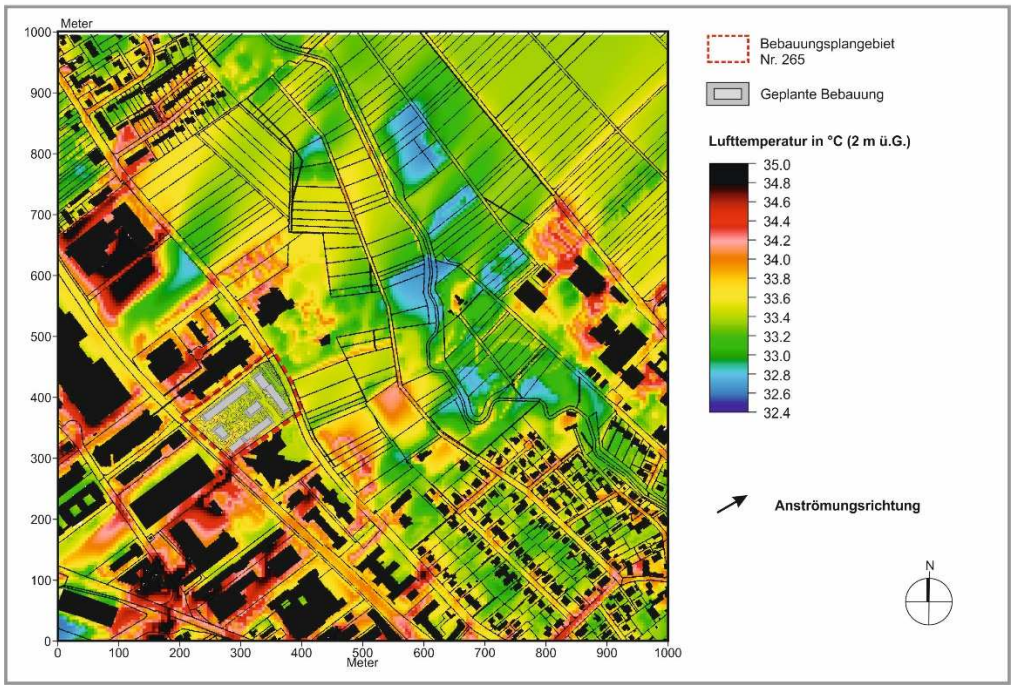


Abbildung 42: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

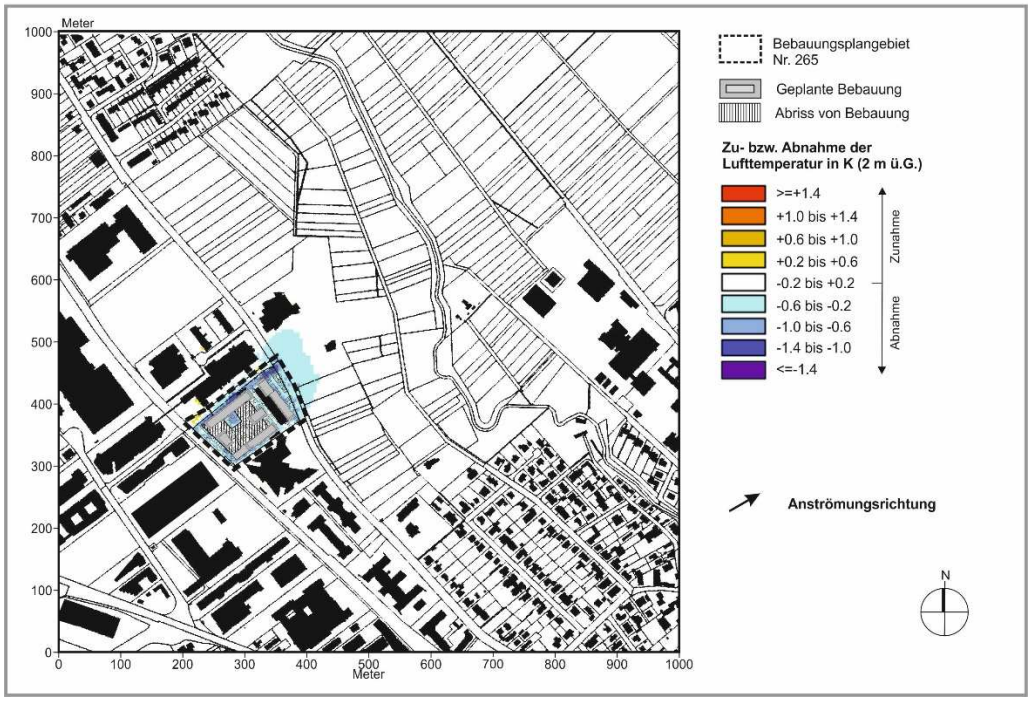


Abbildung 43: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Westsüdwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

In den **Abbildungen 44 - 46** sind die Ergebnisse von PET-Simulationen exemplarisch für einen typischen Sommertag vergleichend für den **Ist-** und **Plan-Zustand** dargestellt.

Die Bewertung der Wärmebelastung kann dabei an den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (siehe **Tabelle 4**) abgelesen werden. Das Behaglichkeitsniveau des Menschen liegt beim PET-Wert bei ca. 24°C. Bei Werten ab 35°C beginnt die starke Wärmebelastung / Hitzestress.

PET (°C)	Thermisches Empfinden	Belastungskategorie
≥ 41	sehr heiß	extrem starke Wärmebelastung / Hitzestress
35 bis ≤ 41	heiß	starke Wärmebelastung / Hitzestress
29 bis ≤ 35	warm	moderate Wärmebelastung
23 bis ≤ 29	leicht warm	leichte Wärmebelastung
18 bis ≤ 23	komfortabel (neutral)	kein thermischer Stress

Tabelle 4: Kategorisierung von PET in Bereich unterschiedlichen thermischen Empfindens. VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2

Bei den PET-Werten (**Abbildung 44**, **Ist-Zustand**) machen sich vermehrt die Oberflächentemperaturen in der thermischen Bewertung bemerkbar. Die bestehenden Erschließungs- und Parkierungsflächen im Modellgebiet verursachen durch ihre Wärmeabstrahlung eine recht hohe bioklimatische Belastung. In diesen Bereichen werden PET-Werte von ca. 47 bis über 51 °C (sehr starke Wärmebelastung mit Hitzestress) simuliert. Deutlich günstiger stellen sich die bioklimatischen Verhältnisse im Baumschatten dar, wo PET-Werte von teilweise unter 35°C (= moderate Wärmebelastung) möglich sind. Die bioklimatisch günstige Wirkung von Verschattungen tritt deutlich hervor.

Im Planungsgebiet treten versiegelte Flächen ebenfalls als extrem wärmebelastet hervor. Nur im Gebäudeschatten (eingetiefte Zufahrt zur Tiefgarage) sind niedrigere PET-Werte bis unter 35°C festzustellen.

Im **Plan-Zustand** (**Abbildungen 45** - **47**) stellen baumüberstellte Bereiche bioklimatische Entlastungszonen dar, wodurch bspw. im Innenhofbereich eine Vielfalt an unterschiedlichen Mikroklimaten entwickelt wird. Dies ist über das Gesamtjahr gesehen zu begrüßen ist. So sind im Winter, Frühling und Herbst auch direkt besonnte Aufenthaltsbereiche bei den Bewohnern erwünscht.

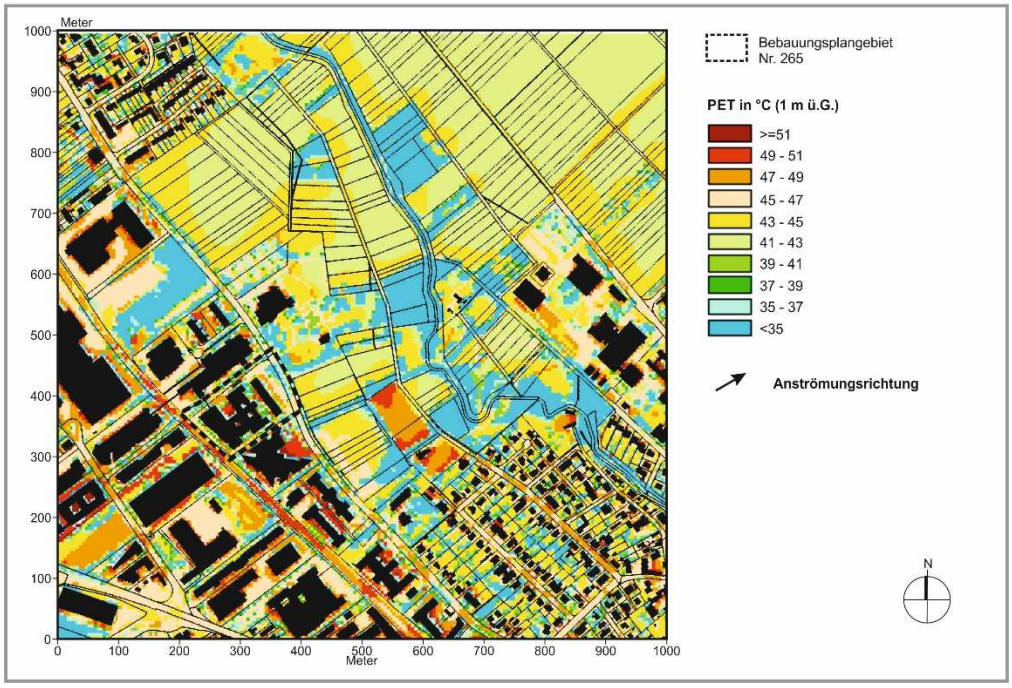


Abbildung 44: Ist-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

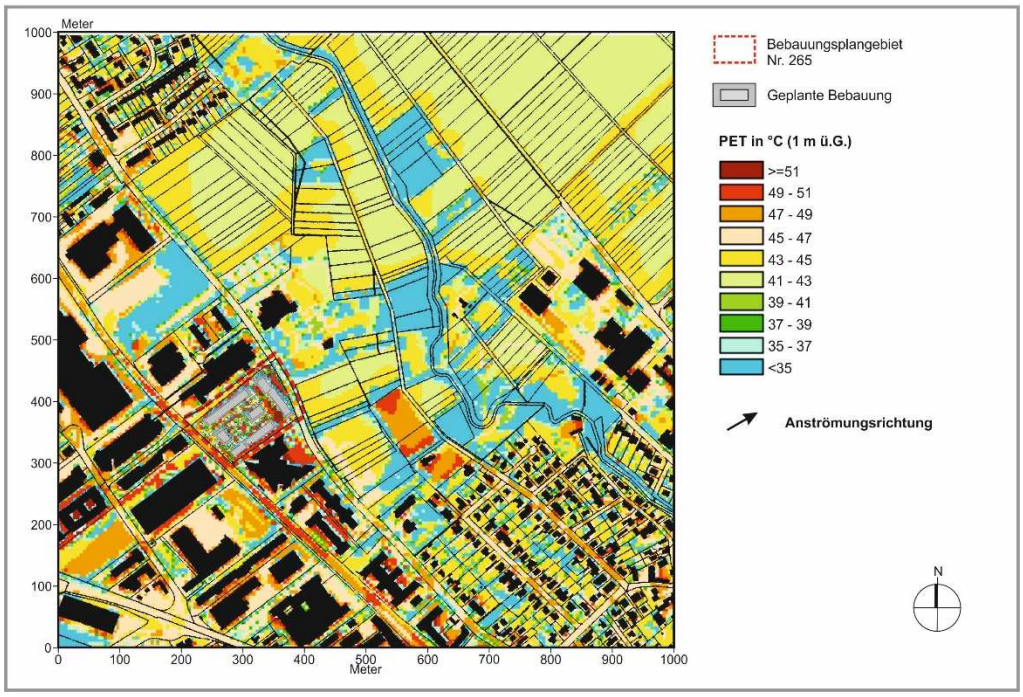


Abbildung 45: Plan-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Wie **Abbildung 46** verdeutlicht, sind im neuen Quartier allein die versiegelten Zufahrten zu den Parkplätzen entlang der Hauptstraße und zur Tiefgarage großflächig extrem wärmebelastet. In den Aufenthalts-/Spielbereichen im Quartiersinnenhof bieten Baumschatten günstigere bioklimatische Verhältnisse.

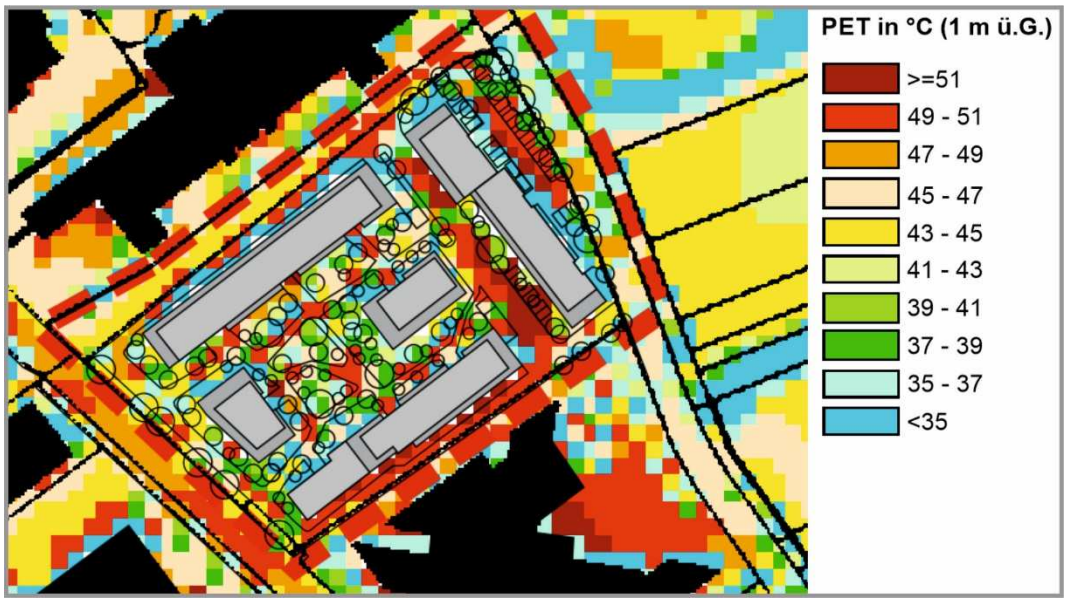


Abbildung 46: Plan-Zustand – vergrößerter Ausschnitt von **Abbildung 46**

Die Differenzendarstellung zwischen Plan- und Ist-Zustand (**Abbildung 48**) belegt, dass sich die planungsbedingten bioklimatischen Modifikationen auf den unmittelbaren Nahbereich des Planungsstandortes beschränken. Außerhalb des Planungsgebiets wird eine bioklimatische Zusatzbelastung bzw. Entlastung von weniger als 1.0 K berechnet. Derartige Veränderungen sind aus klimaökologischer Sicht nicht relevant.

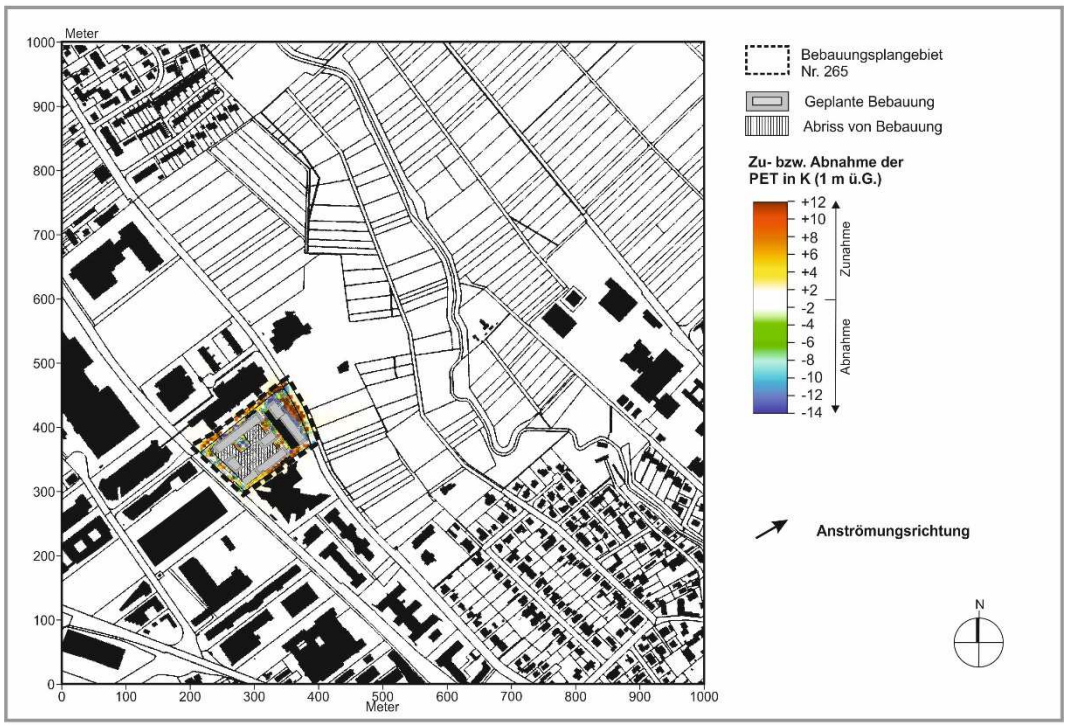


Abbildung 47: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der PET-Simulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

6.3.2 Thermische Situation in einer sommerlichen Tropennacht (01.07.) mit vorherrschenden lokalen Kaltluftbewegungen (23:00 Uhr)

Die Situation mit nächtlichen Nordnordwestwinden (340°, Windgeschwindigkeit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.) beschreibt eine Situation, bei welcher sich der Planungsstandort im Einflussbereich von lokalen kaltluftspezifischen Talabwinden entlang des Westerbachs befindet.

In der vorgegebenen Tropennacht werden im **Ist-Zustand** (**Abbildung 48**) im Untersuchungsgebiet Lufttemperaturen zwischen ca. 21.6°C und 26.00° berechnet. Die niedrigsten Lufttemperaturen zeigen sich erwartungsgemäß im Freiraumgefüge des Westerbachtals. Die höchsten Lufttemperaturen werden über den Gewerbegebietsflächen beidseits der S-Bahntrasse simuliert.

Durch die unmittelbare Leelage zur GIZ-Bebauung nördlich des Dag-Hammarskjöld-Wegs ist im Planungsgebiet die nächtliche Abkühlungsintensität eingeschränkt. Gegenüber den Landwirtschaftsflächen östlich der Hauptstraße werden um ca. 2.2 – 3.2 K höhere Lufttemperaturen ermittelt.

Die auch über Dachniveau des Planungsgebiets abfließende Talkaltluft wird im bodennächsten Luftraum thermisch kaum wirksam.

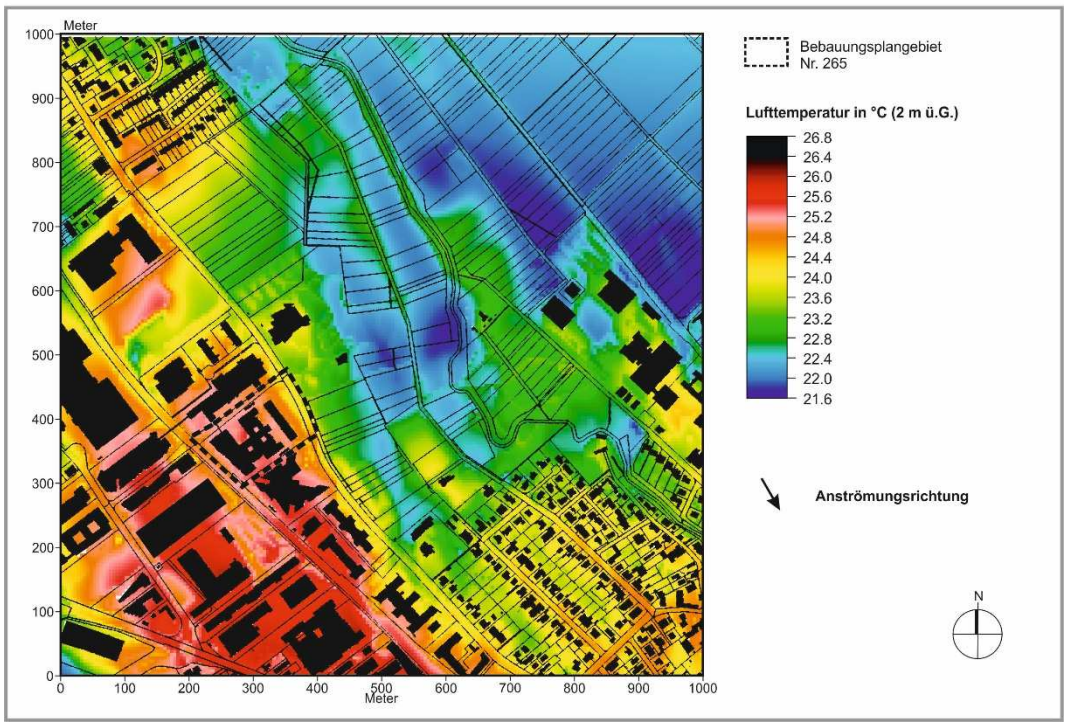


Abbildung 48: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der PET-Simulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Deutliche Abkühlungseffekte bewirkt der Kaltluftabfluss entlang des Westerbachs hingegen in der nächstgelegenen Wohnbebauung südlich der Tennisanlage des TENNIS 65 ESCHBORN E.V. im Bereich der Karlsbader Straße / Königsteiner Straße. Dort werden gegenüber dem Planungsgebiet um ca. 1.4 – 2.2 K niedriger Lufttemperaturen berechnet.

Im **Plan-Zustand** (**Abbildungen 49** und **50**) bewirkt die neue Bau- und Freiflächenstruktur keine wesentliche Veränderung bei den nächtlichen thermischen Umgebungsbedingungen. Die berechnete Lufttemperatur im neuen Innenhofbereich ist um ca. 0.4 – 0.8 K niedriger als über den Freiflächen im Bestand in gleicher Lagesituation. Dem stehen unmittelbar entlang der Hauptstraße kleinräumige Lufttemperaturzunahmen in gleicher Größenordnung gegenüber.
Eine intensivere Abkühlung im begrünten Innenhofbereich wird durch den fehlenden direkten Zustrom von Talkaltluft und der nächtlichen Wärmeabstrahlungen der Hausfassaden (Annahme: mittelgraue Fassadengestaltung) unterbunden.
Eine planungsbedingte thermische Zusatzbelastung in der nächstgelegenen Wohnbebauung im Südosten kann ausgeschlossen werden.

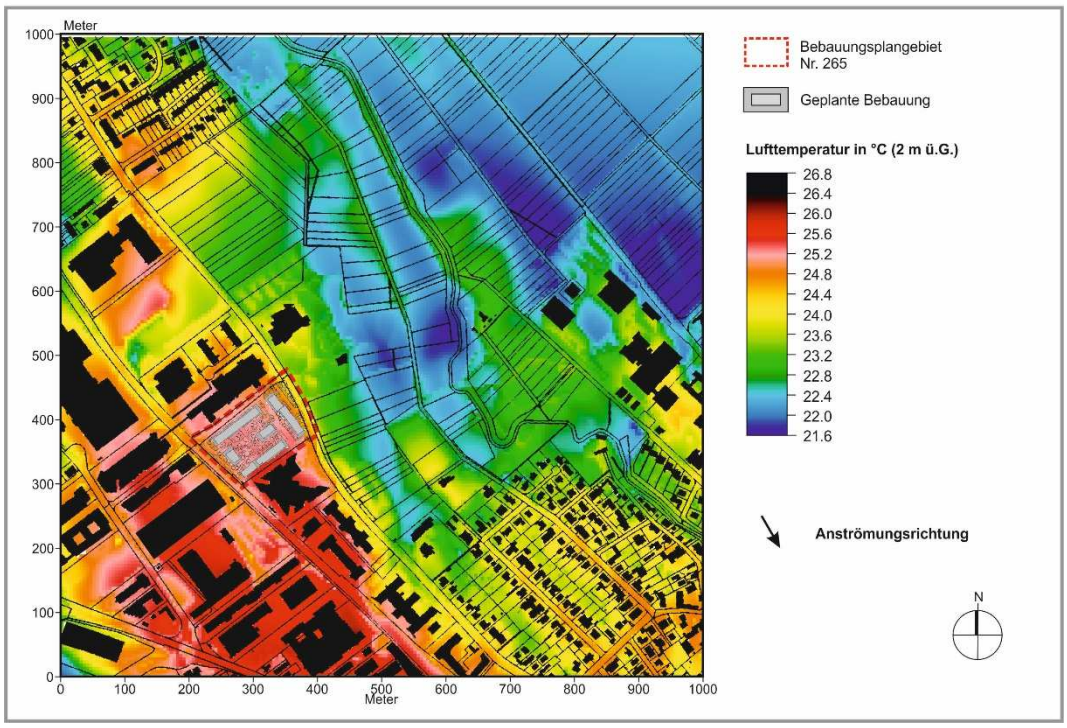


Abbildung 49: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

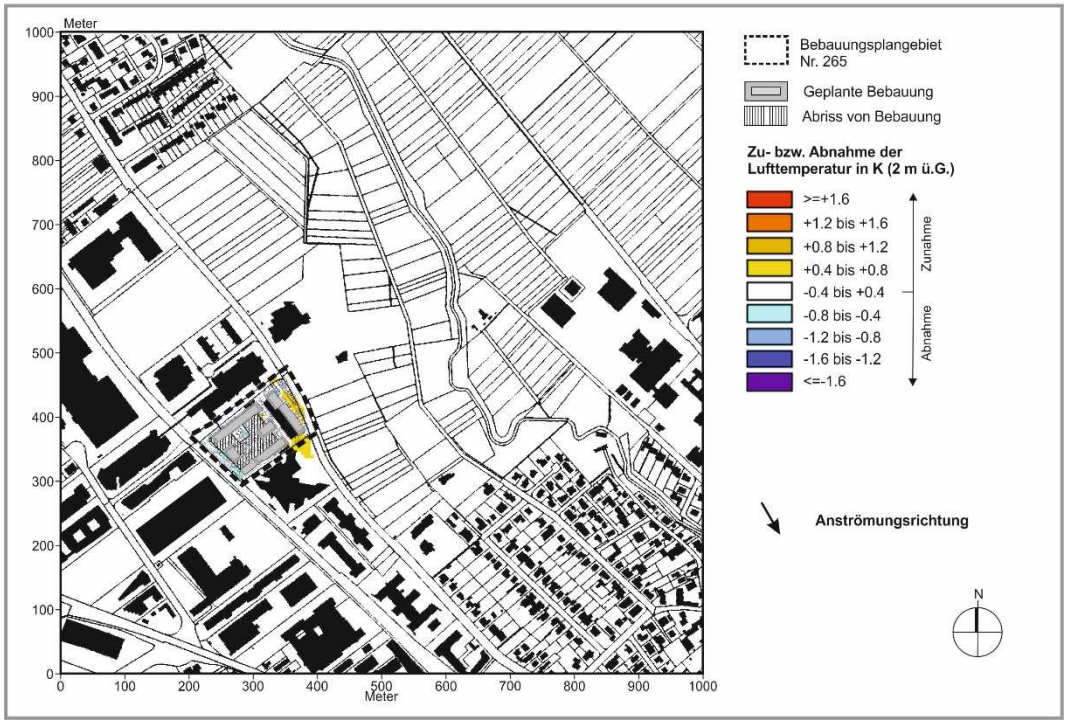


Abbildung 50: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

7 Kurzzusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Bewertung und Planungsempfehlungen

In der Stadt Eschborn ist im ca. 1.68 ha großen Bebauungsplangebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139-145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ die Entwicklung eines neuen urbanen Gebiets vorgesehen.
Das Planungsgebiet, das bislang gewerblich (Büronutzung) genutzt wird, befindet sich unmittelbar westlich der Westerbachniederung, die als lokales Kaltluftentstehungs- und Kaltluftabflussgebiet fungiert.

Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Masterplan (**Abbildung 8**) für den Planungsstandort sieht vor, die oberirdischen Bürogebäude zurückzubauen. Die Tiefgarage bzw. die unterirdischen Gebäudeteile sollen weitgehend erhalten und in das neue Nutzungskonzept integriert werden. Die für die Wohnnutzung erforderlichen Stellplätze lassen sich somit innerhalb des Bestands nachweisen, wodurch auf den Neubau einer umfangreichen Tiefgaragenanlage verzichtet werden kann.

Der vorgelegte Planungsentwurf für das Neubauprojekt zeigt entlang der Hauptstraße einen 6-geschossigen (+S) Gebäudekomplex, der zu ca. 2/3 dem geförderten Wohnungsbau dienen soll. Der nördliche Gebäudeteil (ca. 1/3) soll gewerblich genutzt werden.

Im Bereich des Dag-Hammarskjöld-Wegs 3 ist eine nach Nordosten und Südwesten offen gestaltete Blockrandbebauung angedacht. Dabei sind 3- und 5-geschossige (+S) Bauweisen vorgesehen. Der Innenhof ist parkartig begrünt (Rasenflächen mit Bäumen / Baumgruppen) und von erforderlichen Erschließungswegen durchzogen. Die Zufahrt zu den Tiefgaragen erfolgt wie bisher über den Dag-Hammarskjöld-Weg.
Die Dachflächen der geplanten Bebauung sind extensiv begrünt und sollen zudem mit PV-Anlagen ausgestattet werden.

Laut dem Regionalen Flächennutzugsplan des Regionalverbands FrankfurtRhein-Main 2010 befindet sich das Planungsgebiet in einer gewerblichen Baufläche (Bestandsgebiet). Das Freiraumgefüge im Norden bis Osten ist einem Vorranggebiet Regionaler Grünzug zugeordnet, das als Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen definiert ist (u.a. Kaltluftbildung, Kaltluftbewegungsfläche).
Daneben bildet das Vorranggebiet für den Regionalparkkorridor ein öffentliches Grün- und Freiraumelement mit Verbindungs- und punktuellen Aufenthaltsfunktionen.

Entsprechend weist das Ergebnis einer interaktiven Umweltprüfung (WebSUP, REGION FRANKFURTMAIN) darauf hin, dass bei baulichen Umnutzungen die kaltluftbedingten Belüftungseffekte sowie die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen zu beachten sind. Ansonsten können u.U. zunehmende Barriereeffekte klimaökologischen Zielkonflikte auslösen.

7.1 Einfluss der geplanten Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung

Aus den in Kap. 5 beschriebenen ortsspezifischen Klimaverhältnissen resultiert, dass die im Planungsgebiet und in dessen Umfeld bestehenden Funktionen als Kaltluftleit- und Ventilationsbahnen und Kaltluftproduktionsflächen in möglichst nur begrenzten Umfang gestört werden sollten, um in den tal-/hangabwärts gelegenen Siedlungslagen (Eschborn) keine thermische Zusatzbelastung zu bewirken.

Die Ergebnisse der mesoskaligen Kaltluftströmungssimulationen dokumentieren, dass in siedlungsklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr) durch die angestrebte Änderung der Baustruktur im Planungsgebiet Nr. 265 „Hauptstraße 139 – 145 / Dag-Hammarskjöld-Weg 3“ die kaltluftspezifische Belüftung entlang der Hauptstraße / Westerbachtals nicht gravierend beeinträchtigt wird.

In der talabwärts nächstgelegenen Wohnbebauung, südlich der Tennisanlage des TENNIS 65 ESCHBORN E.V., wird im Bereich der Karlsbader Straße / Königsteiner Straße eine relative Reduktion des Kaltluftvolumenstroms um ca. -0.5%. bilanziert. Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2026) sind bei stadt-/siedlungsklimatisch bedeutsamen Kaltluftströmungen relative Abnahmen des Kaltluftvolumenstroms bis -5.0% als geringe bzw. unwesentliche Änderung aufzufassen. Gravierende Änderungen des Kaltluftdurchlüftungspotenzials liegen vor, wenn es zu einer Änderung um mindestens 30% kommt. Bei dazwischen liegenden Werten können die Änderungen als mäßig angesehen und je nach Lagesituation noch als akzeptabel eingestuft werden.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen somit, dass in talabwärts gelegenen Siedlungslagen (Eschborn) im Plan-Zustand keine relevanten Abnahmen bzgl. der Kaltluftfließgeschwindigkeiten und des Kaltluftvolumenstroms zu erwarten sind.

Auch die Modellrechnungen zu den lokalen Belüftungsintensitäten am Tag zeigen im Umfeld des Planungsgebiets keine stadtklimatisch problematischen Veränderungen.

Bei vorherrschender Hauptwindrichtung aus südwestlichen Richtungssektoren nimmt die Belüftungsintensität planungsbedingt in nordöstlicher Leelage nur geringfügig ab. Windgeschwindigkeitsreduktionen um mehr als 0.3 m/s betreffen allein die Landwirtschafts- und Gehölzflächen östlich der Hauptstraße. Im Bereich des Wiesenbads bleibt im Bereich der Freianlagen eine ausreichende Belüftung gesichert. Luftstagnationstendenzen nehmen nur sehr kleinräumig zu.
In Richtung Südwesten sind keine zusätzlichen planungsbedingten Staueffekte zu bestimmen.
Der Innenhofbereich des neuen Quartiers ist bei Südwestwinden ausreichend belüftet. Die gewählten Gebäudeabstandsflächen sind derart gewählt, um großflächig Luftstagnation mit Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s zu unterbinden. Im Bereich des Spielplatzes in zentraler Gebietslage ist ein funktionsfähiger bodennaher Luftaustausch gesichert.
Auch entlang der Zufahrt zu den Tiefgaragen ist eine ausreichende Be- und Entlüftung gegeben, um Luftschadstoffakkumulationen zu verhindern.

Unter der Annahme von vorherrschenden Nordnordwestwinden stellen sich im Planungsumfeld ebenfalls nur kleinräumige Strömungsmodifikationen ein. Durch die geplante 6-geschossige (+S) Bebauung unmittelbar entlang der Hauptstraße sind in Gebäudeleelage nur bis in eine Entfernung von ca. 120 m geringfügige Windgeschwindigkeitsminderungen (ca. 0.1 – 0.3 m/s) zu bilanzieren. Sie betreffen keine Wohnbebauung oder sonstige empfindliche Nutzungen (z.B. Kitas, Pflegeheime etc.) und sind daher stadtklimatisch unkritisch.
Gleiches gilt für die räumlich eng begrenzten planungsbedingten Windgeschwindigkeitsreduktionen in Richtung Süden entlang der S-Bahntrasse.
Im Innenhofbereich des neuen Quartiers werden bei vorherrschenden Nordnordwestwinden ebenfalls ausreichende Belüftungsintensitäten bestimmt. Extrem windschwache Zonen bleiben typischerweise auf die unmittelbaren Windschattenbereiche der geplanten Bebauung begrenzt. Im Bereich des angedachten Spielplatzes sind bzgl. des Strömungsgeschehens günstige Verhältnisse gegeben. Auch eine funktionsfähige Entlüftung in Richtung Südwesten ist durch die gewählte Anordnung der Baukörper gesichert.

Vorliegende Windstatistiken dokumentieren, dass nordöstliche Windrichtungen am Tag bzgl. ihrer Häufigkeit das Sekundärmaximum bilden.

Wie die Ergebnisse der Strömungssimulationen für den Ist-Zustand dokumentieren, fungieren die Gebäudeabstandsflächen entlang des Dag-Hammarskjöld-Wegs (Breite ca. 22 – 30 m) und die Gebäudeabstandsflächen zum Grundstück Hauptstraße 131 – 137 (Breite ca. 16 m) als bebauungsinterne Ventilationsachsen, über welchen der großwetterlagenbedingte Höhenwind vermehrt bodennah durchgreifen kann. Das Verbindungsbauwerk zwischen den Gebäuden Dag-Hammarskjöld-Weg 2 und 3 kann unter- und überströmt werden.
Durch die geplante Bebauung wird die strömungsdynamische Gunstfunktion der Ventilationsachsen im Nordwesten und Südosten des Planungsgebiets nur geringfügig reduziert. Südwestlich der S-Bahntrasse ist keine relevante Abschwächung der Belüftungsintensität zu bilanzieren. Auch Nordwestlich und südöstlich des Planungsgebiets sind keine auffallend veränderten Belüftungsintensitäten festzustellen.
Der Innenhofbereich der geplanten Bebauung zeigt sich bei vorherrschenden Winden aus Ostnordosten stellenweise nur gering belüftet. Im nordwestlichen Innenhofbereich ist eine vermehrte Neigung zu Luftstagnation festzustellen. Hier macht sich der geplante 6-geschossige (+S) Gewerbebau an der Hauptstraße strömungsdynamisch als Barriere bemerkbar. Um in den warmen Sommermonaten in diesem Bereich erhöhte bioklimatische Belastungen zu vermeiden, sind daher die im Masterplan angeführten Begrünungsmaßnahmen (Baumpflanzungen zur Schattenbildung) zwingend umzusetzen und damit im Bebauungsplan festzusetzen. Eine weitere Möglichkeit zu Verbesserung der Belüftungssituation wäre u.U. eine reduzierte Bauwerkshöhe (max. 3 – 4 Geschosse) beim geplanten Gewerbebau an der Hauptstraße.
Im südlichen Innenhofbereich sind günstige Belüftungsintensitäten gegeben.
Auch die Entlüftungsintensität des Innenhofbereichs in Richtung Südwesten ist als ausreichend einzustufen. Dies zeigt sich anhand der Windgeschwindigkeiten von über 0.5 m/s am Südwestrand des Innenhofbereichs.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den thermischen Umgebungsbedingungen und zum Bioklima belegen, dass von der geplanten Bebauung sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber dem Ist-Zustand in der Umgebungsbebauung keine gravierende Zusatzbelastung ausgeht.

Am Tag ist bei zumeist vorherrschenden Südwestwinden durch die veränderte Bau- und Grünflächenstruktur (begrünter Innenhofbereich) mit einer Abnahme der Lufttemperatur um ca. 0.2 – 1.4 K zu rechnen (= thermischer Positiveffekt).

Im Vergleich zu den Gewerbegebietsflächen mit größeren versiegelten Erschließungs- und Stellplatzflächen werden im Innenhofbereich des neuen Quartiers um ca. 1.0 K niedrigere Temperaturen simuliert. Die im Masterplan vorgesehenen Baumpflanzungen mindern über ihren Schattenwurf wirksam die Aufheizung des Bodens und damit auch der Luft. Die thermischen Gunsteffekte auf die Umgebung bleiben allerdings recht gering.

In stadtklimatische besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten bestimmen entlang des Westerbachtals lokale Talabwinde die örtlichen Abkühlungsintensitäten.
Die geplante Bau- und Freiflächenstruktur führt keine wesentliche Veränderung bei den nächtlichen thermischen Umgebungsbedingungen herbei. Die berechnete Lufttemperatur im neuen Innenhofbereich ist um ca. 0.4 – 0.8 K niedriger als über den Freiflächen im Bestand in gleicher Lagesituation. Dem stehen unmittelbar entlang der Hauptstraße kleinräumige Lufttemperaturzunahmen in gleicher Größenordnung gegenüber.
Ein intensivere Abkühlung im neuen begrünten Innenhofbereich wird durch den fehlenden direkten Zustrom von Talkaltluft und der nächtlichen Wärmeabstrahlungen der Hausfassaden (Annahme: mittelgraue Fassadengestaltung) unterbunden. Eine planungsbedingte thermische Zusatzbelastung in der nächstgelegenen Wohnbebauung im Südosten kann ausgeschlossen werden.

Fazit: Die zur Bewertung des vorgelegten Planungsentwurfs durchgeführten Klimaanalysen lassen im Planungsumfeld keine gravierenden klimaökologischen Negativeffekte erwarten, die einer Realisierung grundsätzlich entgegenstehen. Unvermeidbare strömungsdynamische Veränderungen führen in der nächstgelegenen Bestandbebauung zu keinen nennenswerten Beeinträchtigungen der nächtlichen Kaltluftbewegungen und der thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen. Im Innenhofbereich des geplanten Quartiers sind in der Regel ausreichende Be- und Entlüftungseffekte gegeben. An windschwachen Tagen ist allein im nordwestlichen Innenhofbereich eine vermehrte Tendenz zu Luftstagnation nicht auszuschließen. Damit auch bei derartige Situationen möglichst günstige thermische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind die im Masterplan gezeigten grünordnerischen Gestaltungsmaßnahmen (Baumpflanzungen, Rasenflächen) zwingend umzusetzen und damit im Bebauungsplan festzusetzen.

7.2 Planungsempfehlungen

Angesichts der in Kap. 5 angeführten Prognosen zu den Klimawandelfolgen, die u.a. eine deutliche Zunahme von heißen Tagen (T_{max} ≥ 30°C) und Tropennächten (T_{min} ≥ 20°C) erwarten lassen, muss es Ziel der Planung sein, trotz der räumlich nur sehr eng begrenzten klimatischen Modifikationen der geplanten Bebauung, die strömungsdynamische und thermische / bioklimatische Ungunst des Planungsvorhabens mit ergänzenden Ausgleichsmaßnahmen zu minimieren. Dies wird auch von Seiten der HLNUG bei der Ausweisung / Gestaltung von Wohngebieten empfohlen (siehe **Abbildung 51**), um den Vorgaben des am 1. Juli 2024 in Kraft getretenen Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) zu entsprechen.



Abbildung 51: Deckblatt der HLNUG-Broschüre „Städte im Klimawandel

https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Handlungshilfen/Leitfaden_Gestaltungssatzung_Klimaanpassung.pdf

Nachfolgend werden daher klimawirksame Planungsempfehlungen skizziert. Die Hinweise sind als „Werkzeuge“ und in ihrer Gesamtheit als „Werkzeugkoffer“ zu verstehen, die im anstehenden Planungsverfahren mit Hilfe von Festsetzungen im Bebauungsplan konkretisiert werden können.

Insgesamt bieten sich aus klimaökologischer Sicht im vorliegenden Fall vier Handlungsfelder an:

- Bauwerksbegrünung
- Oberflächen- und Wegegestaltung
- Grüne Infrastruktur
- Blaue Infrastruktur

Bauwerksbegrünung - Dachbegrünung:

Der vorgelegte Masterplan des Architekturbüros HSO2 HUTHWELKER, STOEHR & PARTNER sieht für die Dachflächen der geplanten Bebauung Dachbegrünungen vor, die dem Klimaanpassung dienen. Zusätzliche PV-Anlagen leisten einen Beitrag zum Klimaschutz (CO_2-Reduktion).

Dachbegrünungen weisen folgende klimaökologischen Positiveffekte auf:

- Reduzierung der Luftschadstoffbelastung – insbesondere von Feinstaub – durch Erhöhung der schadstoffspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten partikel- und gasförmiger Spurenstoffe. Durch die geringere Aufheizung der Luft über begrünten Dächern ist die vertikale Auftriebsströmung und somit die Staubaufwirbelung geringer.
- Dämpfung von Extremwerten der Oberflächentemperaturen durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen. An heißen Sommertagen sind 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).
  Die kühlende Wirkung einzelner Dachbegrünungen beschränkt sich allerdings auf die Luftmassen direkt über der Dachoberfläche. Es ist jedoch anzunehmen, dass eine Begrünung vieler Dächer auch einen signifikanten Effekt auf die Nachbarschaft aufweist.
- Erhöhung der Wasserrückhaltefähigkeit nach Starkregen mit der dadurch bedingten Vermeidung von Abflussspitzen in der Kanalisation. Bei Extensivbegrünung beträgt der jährliche Wasserrückhalt im Mittel ca. 60% vom Niederschlag, bei Intensivbegrünung sogar bis 85%.

Dachbegrünungen sind mit vielen weiteren Synergieeffekten verbunden. Hierzu zählen u.a. Lärmminderung und die Erhöhung der Biodiversität (PFOSER ET AL. 2013) sowie Energieeinsparungen im Gebäude durch die Dämmwirkung der Begrünung.
Des Weiteren erhöht ein fachgerecht begrüntes und gut gepflegtes Flachdach die Effizienz von darauf installierten Photovoltaikanlagen. Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.

Aus klimaökologischer Sicht wären sogenannte Retentionsgründächer zu bevorzugen. Hierbei wird der Ablauf der Dachfläche mit einem Drosselelement versehen, wodurch gezielt eine größere Regenmenge auf dem Dach zurückgehalten werden kann, als bei „normalen“ Gründächern (die Dachkonstruktion muss auf die zeitweilige Belastung mit Wasser ausgelegt sein). Das gespeicherte Wasser kann einerseits zur Bewässerung der Dachbegrünung genutzt werden, aber auch zeitlich verzögert im Gebäudeumfeld einer Versickerungsanlage oder der Kanalisation zugeführt werden. Die Zwischenspeicherung des Niederschlagswassers erfolgt in einem separaten Stauraum unterhalb der Begrünung, die entweder intensiv oder extensiv sein kann.

Bauwerksbegrünung - Fassadenbegrünung:

Durch eine Begrünung von Fassadenflächen (siehe **Abbildung 52**) kann ein weiterer Beitrag zur Reduktion der örtlichen Überhitzung an heißen Sommertagen geleistet werden. Begrünte Wände heizen sich weniger auf, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Gleichzeitig bewirkt der Verdunstungseffekt der Vegetation eine weitere Abkühlung. 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.

Für Fassadenbegrünungen bieten sich insbesondere die nach Südwesten und Südosten hin orientierten Wände an. Dabei sind bodengebundene Begrünungen zu bevorzugen. Sind vor den Fassaden schattenwerfende Baumpflanzungen vorgesehen, kann auf Fassadenbegrünungen verzichtet werden.



Abbildung 52 Beispielhafte Fassadenbegrünung (Bild freigegeben von: ©VERTIKO GmbH) https://www.vertiko.de/begruenungen-loesungen/living-wall-outdoor/

Oberflächen-, Wegegestaltung -
Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung

Damit im Planungsgebiet günstige thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind die befestigten Erschließungsflächen, wie bereits erfolgt, auf das nur notwendige Maß zu begrenzen.

Wie **Abbildung 53** zeigt, weisen insbesondere hellgraue Pflasterbeläge gegenüber schwarzen bzw. dunkelgrauen Oberflächenbelägen deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf. Hierdurch wird in den Abendstunden auch die nächtliche Abkühlung forciert so dass der Wärmeinseleffekt räumlich eingeengt werden kann.

Bei oberirdischen Parkplätzen sind Rasengittersteine / Rasenfugenpflaster zu wählen. Die Vorteile geringerer Bodenversiegelungen sind u.a.:

- die Reduktion vom Regenwasserabfluss und Wasserspeicherung im Boden,
- die erhöhte Verdunstung des Bodens,
- die geringeren Oberflächentemperaturen.

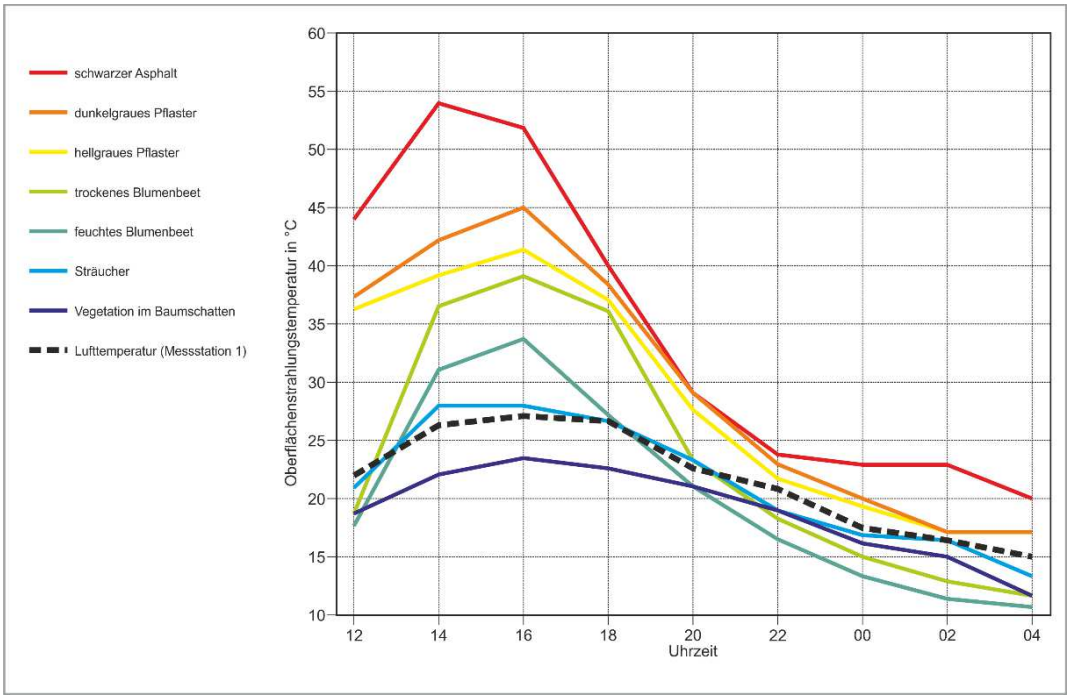


Abbildung 53: Oberflächenstrahlungstemperaturen unterschiedlicher Oberflächenbeläge am 21./22.07.2020 zwischen 12:00 Uhr und 04:00 Uhr (ÖKOPLANA 2020)

Erschließungswege sollten mit möglichst hellen Oberflächenbelägen ausgestaltet werden. Bei Pflasterbelägen ist ein mittlerer Hellbezugswert (engl. Albedo)[8] zwischen ca. 45.0 und 65.0 zu empfehlen (siehe **Abbildung 54**), um am Tag die Aufheizung des Materials zu begrenzen und in der Nacht die örtliche Abkühlung nicht zu sehr zu verzögern. Bei zu hellen Belägen kann es am Tag zu Blendeffekten und zur Steigerung der bioklimatischen Belastung durch die Reflexstrahlung kommen.

[8] Der Hellbezugswert definiert den Reflexionsgrad eines bestimmten Farbtons. Dabei ist der Reflexionsgrad des Schwarzpunktes = 0 % und der Reflexionsgrad des Weißpunktes = 100 %. Durch den Hellbezugswert wird beschrieben, wie weit der jeweilige Farbton vom Schwarzpunkt entfernt ist.

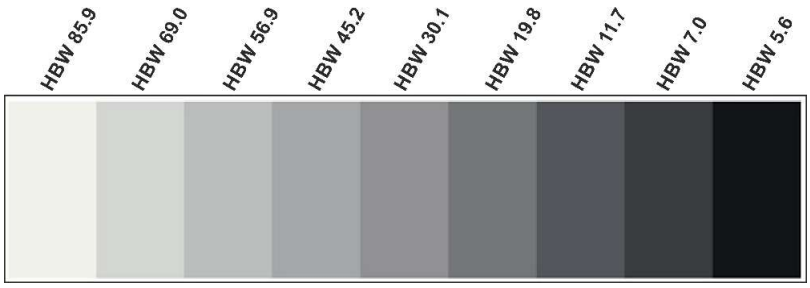


Abbildung 54: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne (aus: https://www.brillux.de)

Auch durch die Wahl heller Fassadenfarben kann die bioklimatische Belastung im Nahbereich von Gebäuden wirksam herabgesetzt werden. Klimastudien zu diesem Thema lassen im Nahbereich zwischen hellen und dunklen Fassaden um bis zu 2.3 K niedrigere PET-Werte (~ gefühlte Temperatur) erwarten (STADT ZÜRICH 2020), da die geringere Absorptionsfähigkeit heller Fassadenanstriche gegenüber dunklen Fassaden zu deutlich niedrigeren Oberflächentemperaturen führen (siehe **Abbildung 55**).

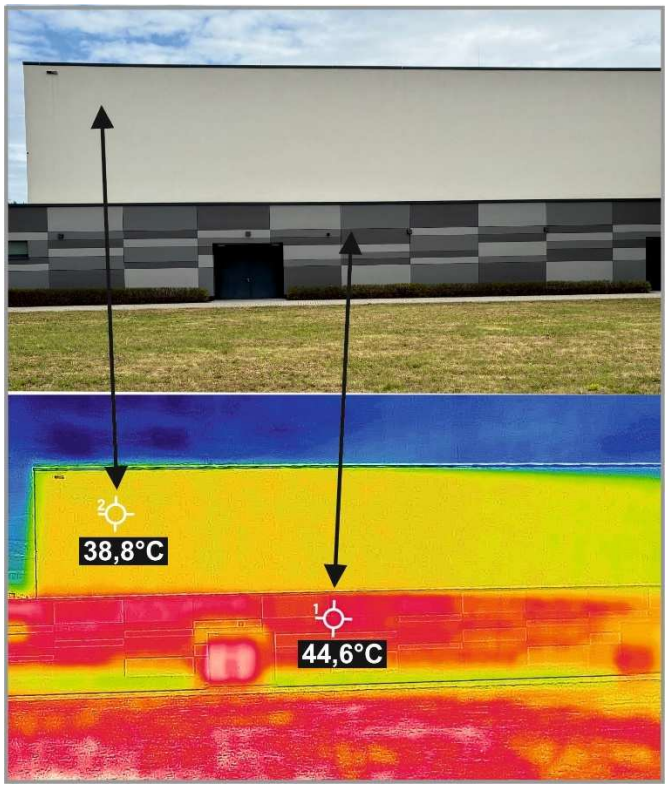


Abbildung 55: Oberflächentemperaturen heller und dunkler Fassaden (Aufnahme: ÖKOPLANA)

Verschattungseffekte durch technische Maßnahmen:

An heißen Sommertagen im Bereich des geplanten Innenhofbereichs (Sitzflächen, Spielplätze zusätzliche Verschattungseffekte durch technische Vorrichtungen (z.B. Pergolen, Sonnensegel) vorteilhaft sein (siehe **Abbildung 56**). Sie bieten zusätzlichen Schutz vor intensiver direkter Sonneneinstrahlung.



Abbildung 56: Sonnensegel im Bereich eines Spielplatzes (Aufnahme: ÖKOPLANA)

Grüne Infrastruktur:

Die Ergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen zum Bioklima belegen, dass an heißen Sommertagen unter Bäumen die gefühlte Temperatur (PET) um über 10 K niedriger ist als in unbeschatteten Bereichen mit gleicher Bodenbedeckung. Die beschatteten Flächen speichern weniger Wärme, wodurch zudem der nächtliche Wärmeinseleffekt herabgesetzt wird.
Zudem trägt die Transpiration der Bäume sowie die Evaporation der unversiegelten Flächen, auf denen sie verortet sind, zu einer Abkühlung bei.

Wie im klimaökologisch geprüften Planungsentwurf bereits berücksichtigt, sollen im Innenhofbereich schattenwerfende Laubbäume gepflanzt werden. Auch im Bereich der neuen Parkierungsflächen sind Baumpflanzungen vorgesehen. Aus klimaökologischer Sicht sollte je vier Pkw-Stellplätze mindestens ein schattenwerfender Baum gepflanzt werden. Alternativ ist an eine Überdachung der Parkplätze zu denken. Diese wäre zu begrünen oder mit PV-Anlagen auszustatten.

Die kühlenden Verdunstungseffekte von Bäumen sind 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 ist ein ausreichendes Wassermanagement zu gewährleisten.
Bei der Baumartenauswahl kann ein Tool der HLNUG hilfreich sein (https://www.hlnug.de/stadtgruen-im-klimawandel/klimaresiliente-baumarten-finden)

Neben Bäumen zählen auch Büsche, Sträucher und Rasen zur grünen Infrastruktur. Sie bewirken ebenfalls niedrigere Oberflächentemperaturen und wären als grünordnerische Abgrenzungselemente an den Plangebietsrändern denkbar.

Im Bereich von Spielflächen ist auf deren möglichst naturnahe Gestaltung zu achten, d.h. ohne versiegelte Flächen und mit Baumschatten. Ein orientierendes Beispiel zeigt **Abbildung 57**.



Abbildung 57: Naturnah gestalteter Kinderspielplatz (Aufnahme: ÖKOPLANA)

Mögliche Tartan-/Kunststoffbeläge zur Vermeidung von Sturzverletzungen sollten ggf. auf die Bereiche der Spielgeräte eng beschränkt bleiben. Derartige Beläge (dunkelroter/blauer Tartanbelag) können sich an warmen Sommertagen extrem aufheizen. Bei Lufttemperaturen von 26°C zeigen sich bspw. Oberflächentemperaturen bis 40°C (besonnt). Rasenflächen und Sandflächen zeigen bei gleichen Einstrahlungsbedingungen Werte von 25°C und 34°C.

Blaue Infrastruktur:

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der thermischen Umgebungsbedingungen an heißen Sommertagen bieten Wasserflächen in Form von Wasserspielen, Brunnenanlagen oder kleinen Teichen mit bewegtem Wasser / Fontänen. Sie verringern die thermische Belastung an heißen Sommertagen im unmittelbaren Nahbereich durch Verdunstungskälte (vor allem beim Einsatz von Fontänen) und steigern damit die Qualität von Aufenthaltsbereichen. In Kombination mit schattenwerfenden Bäumen sind lokale Lufttemperatursenkungen von ca. 0.2 – 1.5°C möglich. Im Planungsgebiet bietet sich das Umfeld des Spielplatzes zur Einrichtung blauer Infrastruktur an.

Burst

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

Mannheim, 31. Juli 2026

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

BAUMÜLLER, N. (2018): Stadt im Klimawandel. Klimaanpassung in der Stadtplanung. Grundlagen, Maßnahmen und Instrumente. Städtebau-Institut der Univ. Stuttgart.

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

BODEN T.A., MARLAND G., ANDRES R.J. (2017): Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.

BRUSE, M. (2002/2026): ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bergisch Gladbach.

BRUSE, M. (2003): Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.

CUBASCH U ETAL. (2013): Introduction. In: Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2005/2008): Das Kaltluftabfluss-Modell KLAM_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 227. Offenbach a. M.

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

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.

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.

HESS. MINISTER FÜR LANDENTWICKLUNG, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1981): Luftreinhalteplan Rhein-Main. Wiesbaden.

HESS. MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): Klimaschutzkonzept Hessen 2012. Wiesbaden.

HOPPMANN, D. (2010): Terroir. Wetter, Klima und Boden im Weinbau. Stuttgart.

IMA RICHTER & RÖCKLE (2022): Erstellung einer landesweiten Klimaanalyse / Kaltluftströmungssituation unter Berücksichtigung des klimawandelbedingten Temperaturanstiegs. Freiburg. i. Br.

IÖR (2011): REGKLAM Ergebnisbericht. Regionales Klimaanpassungsprojekt Modellregion Dresden. Stadtstrukturabhängige Ausweisung sensitiver 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).

MOSS R. H., EDMONDS J. A., HIBBARD K. A., MANNING M. R., ROSE S. K., VAN VUUREN D. P., CARTER T. R., EMORI S., KAI-NUMA M., KRAM T., MEEHL G. A., MITCHELL J. F. B., NAKICENOVIC N., RIAHI K., SMITH S. J., STOUFFER R .J., THOMSON A. M., WEYANT J. P., WILBANKS T. J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756

ÖKOPLANA (2020): Klimaexpertise zu Begrünungsmaßnahmen auf dem Gelände der Mainzer Stadtwerke AG – Hauptverwaltung Rheinallee 41 in der Landeshauptstadt Mainz. Mannheim.

PFOSER, N., JESSER, N., HENRICH, J., HEUSINGER, J., WEBER, S. (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. Abschlussbericht August 2013, Technische Universität Darmstadt (307 S.).

SCHMALZ, J. (1984): Das Stadtklima : Ein Faktor der Bauwerks- und Städteplanung. Karlsruhe.

STADT ZÜRICH (2020): Programm Klimaanpassung – Fachplanung Hitzeminderung. CH-Zürich.

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

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2022): VDI 3787, Bl. 2. Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2026): VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.