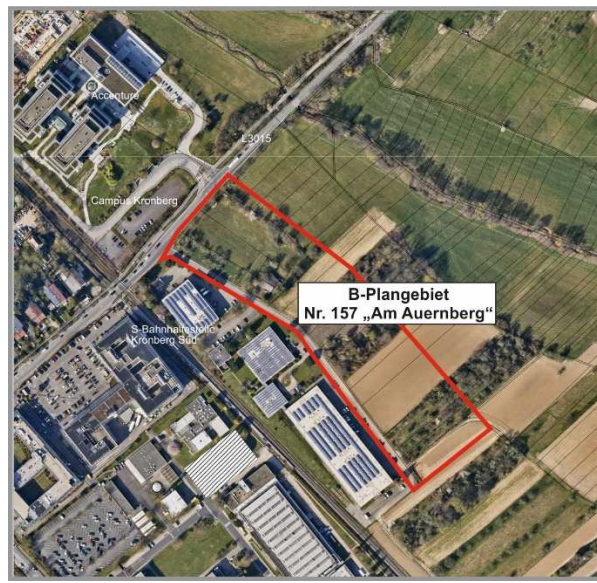


ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMAGUTACHTEN IM RAHMEN DES BAULEITPLANVERFAHRENS NR. 157 „AM AUERNBERG“ IN DER STADT KRONBERG IM TAUNUS



Auftraggeber:

Magistrat der Stadt Kronberg im Taunus
Stadtplanung
Katharinenstraße
61476 Kronberg im Taunus

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
M. Sc. Geogr. Patrick Burst
Dr. Wolfgang Lähne

Mannheim, Oktober 2025

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: DEUTDE33

Steuernummer: 37137/44979

Inhalt		Seite
1	Aufgabenstellung	1
2	Planungsgebiet	3
3	Planungsentwurf für das Gewerbegebiet „Am Auernberg“	7
4	Untersuchungsmethodik	10
5	Folgen des Klimawandels und klimaökologische Situation am Planungsstandort	15
6	Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das Kaltluftprozessgeschehen und die thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen	24
6.1	Kaltluftprozessgeschehen	24
6.1.1	Ergebnisse – Ist-Zustand	27
6.1.2	Ergebnisse – Plan-Zustand	33
6.2	Thermische / bioklimatische Umgebungsbedingungen	43
6.2.1	Thermische / bioklimatische Situation an einem heißen Sommertag (01.07.) mit vorherrschendem Nordnordwestwind (14:00 Uhr)	45
6.2.2	Thermische Situation in einer warmen Sommernacht (01.07.) mit vorherrschendem Nordnordwestwind (23:00 Uhr)	51
7	Kurzzusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Bewertung und Planungsempfehlungen	54
7.1	Einfluss der Bebauung auf die klimaökologischen Funktionsabläufe und Bewertung	55
7.2	Planungsempfehlungen	57
	Quellenverzeichnis / weiterführende Literatur	65

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Planungsgebiets „Am Auernberg“ in Kronberg im Taunus
- Abb. 2:** Luftbild vom Bebauungsplanungsgebiet Nr. 157 „Am Auernberg“
- Abb. 3:** Bebauungsplanungsgebiet Nr. 157 „Am Auernberg“ – fotografische Dokumentation
- Abb. 4:** Topografische Lagesituation des Bebauungsplanungsgebiets Nr. 157 „Am Auernberg“
- Abb. 5:** Regionaler Flächennutzungsplan 2010 - Ausschnitt
- Abb. 6:** Planungsentwurf für die Gewerbegebietsfläche Nr. 157 „Am Auernberg“
- Abb. 7:** Planungsentwurf für die Gewerbegebietsfläche Nr. 157 „Am Auernberg“, private und öffentliche Flächen
- Abb. 8:** „Programmstempel“ KLAM_21
- Abb. 9:** Flächennutzungen im KLAM_21-Modellgebiet
- Abb. 10:** Prinzipskizze Kaltluftvolumenstromdichte
- Abb. 11:** „Programmstempel“ ENVI-met
- Abb. 12:** Bandbreite der klimawandelbedingten Lufttemperaturzunahmen im Hochtaunuskreis
- Abb. 13:** Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC- Klimaszenarien
- Abb. 14:** Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020)
- Abb. 15:** Windrichtungsverteilung (2001 – 2010) in freien Lagen im Planungsumfeld sowie berechnete Windgeschwindigkeitsverteilung (10 m ü.G.)
- Abb. 16:** Windstatistik (2010 – 2021) DWD-Klimamessstation Frankfurt-Flughafen (10 m ü.G.)
- Abb. 17:** Windrichtungsverteilung im Sommer bei Tag und Nacht. Messzeitraum August 1971 – 1973
- Abb. 18:** Mittlere Tagesoberflächentemperaturen im Zeitraum 2018 – 2023
- Abb. 19:** Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Ausgleichs- und Wirkungsräume) des Umlandverbands Frankfurt (1994)
- Abb. 20:** Prüfschema „Kaltluftrelevanz“

- Abb. 21:** Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 22:** Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 23:** Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 24:** Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 5 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 25:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 26:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt
- Abb. 27:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) gegenüber dem Ist-Zustand 3 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt
- Abb. 28:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 29:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 30:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt
- Abb. 31:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) gegenüber dem Ist-Zustand 5 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt
- Abb. 32:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 5 Std. nach Sonnenuntergang
- Abb. 33:** Tagesgang der Lufttemperatur an der HLNUG-Luftmessstation Wiesbaden-Süd vom 31.07./01.08.2018 – heißer Sommertag
- Abb. 34:** Ist-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

- Abb. 35:** Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
- Abb. 36:** Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 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. 37:** 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. 38:** 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. 39:** 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. 40:** Ist-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. 41:** 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. 42:** 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. 43:** Deckblatt der HLNUG-Broschüre „Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft“
- Abb. 44:** Beispielhafte Darstellung einer extensiven Dachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen
- Abb. 45:** Beispielhafte Fassadenbegrünung
- Abb. 46:** Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne
- Abb. 47:** Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten
- Abb. 48:** Planungshinweis zum geplanten Gewerbebestandort „Am Auernberg“

1 Aufgabenstellung

Die Stadt Kronberg im Taunus strebt die Neuschaffung von Gewerbeflächen an. Ein prioritärer Bereich befindet sich nordöstlich des Straßenzugs Am Auernbach (Lage siehe **Abbildung 1**), für welchen ein Bebauungsplan (Nr. 157 „Am Auernberg“) erarbeitet werden soll.

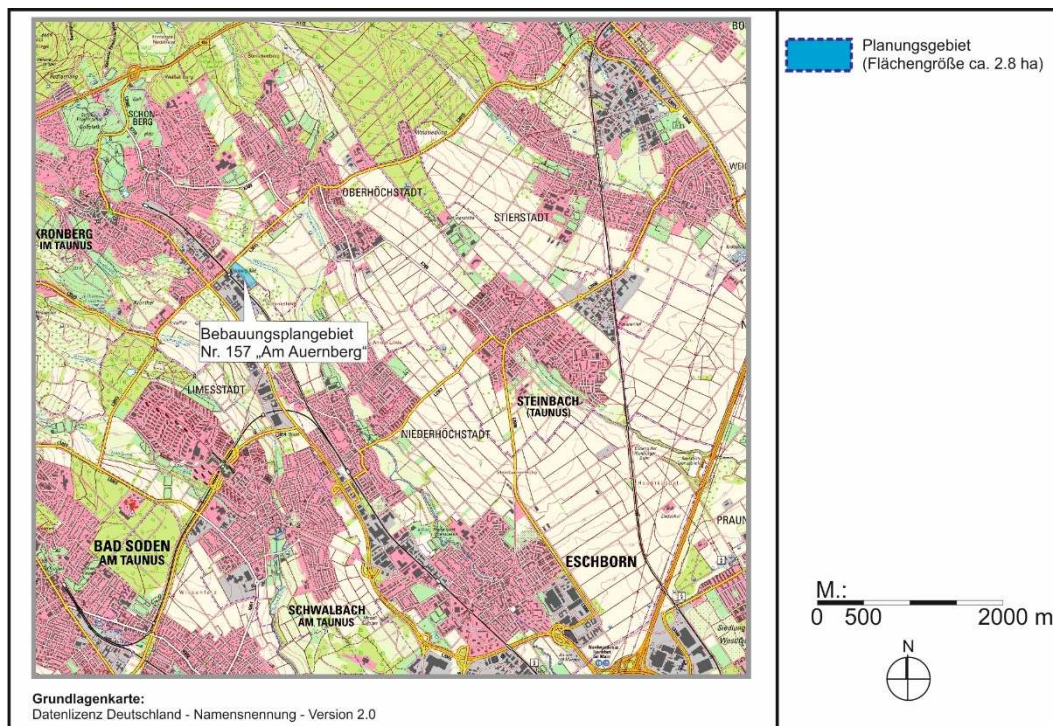


Abbildung 1: Lage des Planungsgebiets „Am Auernberg“ in Kronberg im Taunus

Die Planfläche „Am Auernberg“ mit einer Gesamtfläche von ca. 2.8 ha befindet sich südlich der L3015 zwischen dem Straßenzug Am Auernberg im Westen und dem Westerbach im Osten. Die Flächennutzung ist aktuell von Wiesen, Landwirtschaftsflächen sowie Gehölzarealen geprägt.

Die Umweltprüfung des Regionalverbands FrankfurtRheinMain lässt bei einer baulichen Inanspruchnahme der Freiflächen durch den Verlust siedlungsnaher Kaltluftproduktionsflächen einen „erheblichen“ klimaökologischen Zielkonflikt erwarten. So trägt das Planungsgebiet als Kaltlufteinzugsteilgebiet und als Kaltluftleitbahn zur Entwicklung von gerichteten Kaltluftabflüssen entlang des Westerbachs bei, die in windschwachen Strahlungsnächten u.a. die Belüftungssituation in Niederhöchstadt bestimmen.

Des Weiteren ist mit einer Modifikation der ortsspezifischen thermischen Umgebungsbedingungen am Tag und in der Nacht zu rechnen.

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 potenzieller Bebauung aufgezeigt. Die Prüfung erfolgt anhand des städtebaulichen Entwurfs, den AS+P 2025 im Rahmen des Projekts „Städtebaulicher Rahmenplan Gewerbe Kronberg Süd“ erstellt hat.

Da es sich bei diesem Bebauungsplanverfahren nicht um ein vorhabenbezogenes Verfahren handelt, kann eine bereits im Vorfeld feststehende Bebauung innerhalb des Geltungsbereichs nicht zugrunde gelegt werden. Der städtebauliche Entwurf veranschaulicht eine aus den Leitlinien des Rahmenplans Gewerbe abgeleitete potenzielle Bebauung des betreffenden Gebiets und liefert im Weiteren wertvolle Planungshinweise.

Bei der Bewertung der lokalen Klimamodifikationen durch die potenziellen Gewerbegebietsflächen 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 ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und von Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) in den nächsten Jahrzehnten deutlich zunehmen werden. Damit steigt auch die Anzahl von Hitzewellen¹.

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

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>)

- b) Vergleichende Beurteilung von Ist- und Plan-Zustand bzgl. der thermischen Umgebungsbedingungen.
- 3 Darstellung von Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherung bzw. Entwicklung möglichst günstiger strömungsdynamischer und thermischer/bioklimatischer Umgebungsbedingungen.

2 Planungsgebiet

Das ca. 2.8 ha große Bbauungsplangebiet Nr. 157 „Am Auernberg“ befindet sich im südöstlichen Teilbereich der Stadt Kronberg im Taunus zwischen dem Straßenzug Am Auernberg und der Talzone des Westerbachs südöstlich der L 3015 (**Abbildung 2**).

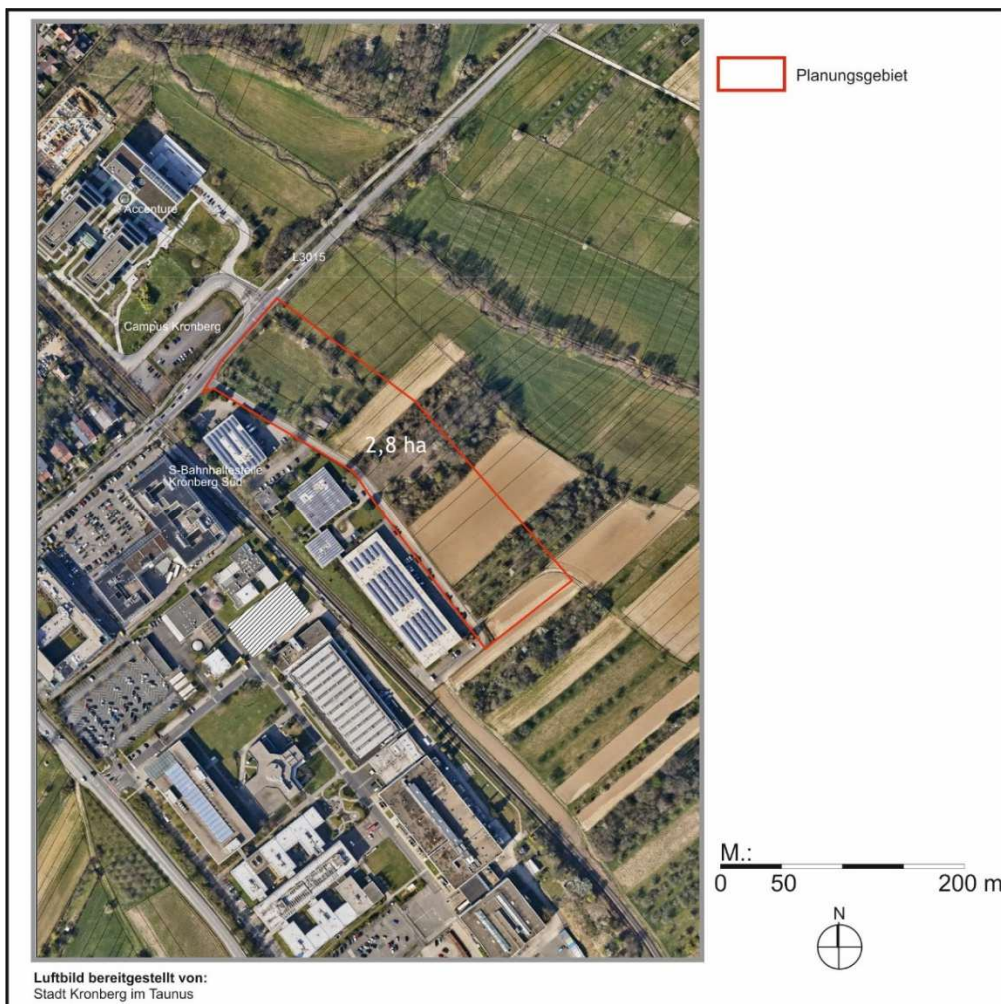


Abbildung 2: Luftbild vom Bbauungsplangebiet Nr. 157 „Am Auernberg“

Um das Planungsgebiet Nr. 157 „Am Auernberg“ sowie auf dem Areal selbst befinden sich Flächen mit hoher ökologischer Wertigkeit² (u.a. Gehölzriegel und Streuobstwiesen), die zudem als Flächen mit hoher nächtlicher Kaltluftproduktivität einzustufen sind (**Abbildung 3**).



Abbildung 3: Bebauungsplangebiet Nr. 157 „Am Auernberg“ – fotografische Dokumentation

Im Norden schließt der Auenbereich des Westerbachs an, der als Kaltluftentstehungs- und Kaltluftabflussgebiet fungiert.

Nach AS+P GMBH (2025) sind Teilbereich des Planungsgebiets darüber hinaus durch besondere topografische Gegebenheiten geprägt: Im nördlichen Teilbereich sind Geländeneigungen bis 10% zu verzeichnen.

² AS+P GMBH (2025): Städtebaulicher Rahmenplan Gewerbe, Stadt Kronberg im Taunus. Frankfurt a. M.

Die Geländehöhen im Planungsumfeld bewegen sich zwischen ca. 197 m ü. NHN (Kreuzungsbereich Am Auernberg / L 3015) und ca. 189 m ü. NHN - **Abbildung 4**. In Richtung Westerbach fällt das Gelände auf Höhen von ca. 181 – 186 m ü. NHN ab.

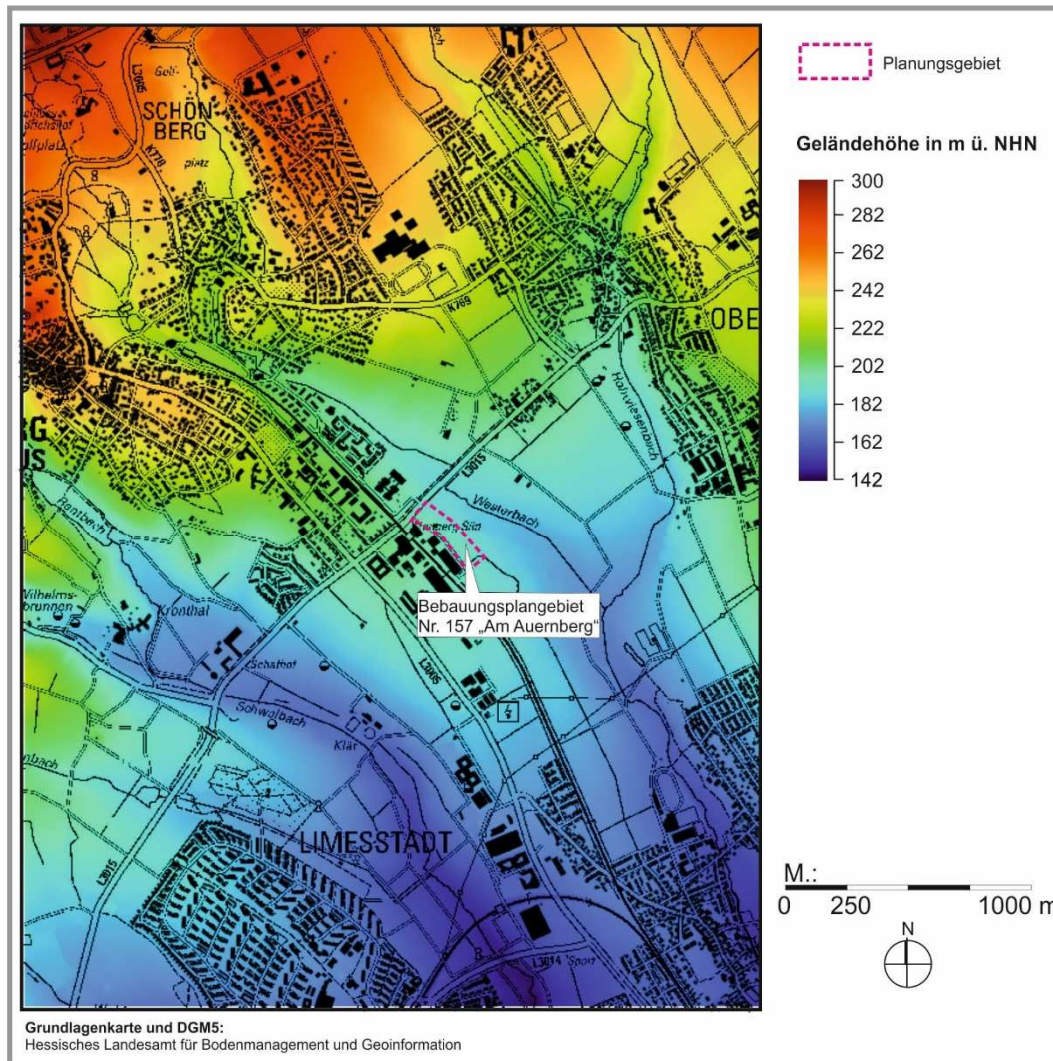


Abbildung 4: Topografische Lagesituation des Bebauungsplangebiets Nr. 157 „Am Auernberg“

Südwestlich des Straßenzugs Am Auernberg zeigen sich in den bestehenden Gewerbegebietsflächen 1- bis 3-geschossige Bauweisen mit z.T. größeren versiegelten Stellplatzflächen (KIA Training Center).

Die nächstgelegene Wohnbebauung befindet sich entlang der L 3015 (Am Schanzenfeld) westlich der S-Bahntrasse.

Laut dem Regionalen Flächennutzungsplan des Regionalverbands FrankfurtRhein-Main 2010 (**Abbildung 5**) befindet sich das Planungsgebiet in einem regionalen Grünzug, der als Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen dient (u.a. Kaltluftbildung, Kaltluftbewegungsfläche). Entsprechend weist das Ergebnis einer interaktiven Umweltprüfung (WebSUP, REGION FRANKFURTMAIN) darauf hin, dass mit dem Planungsvorhaben in ein siedlungsrelevantes Kaltlufteinzugsgebiet eingegriffen wird.

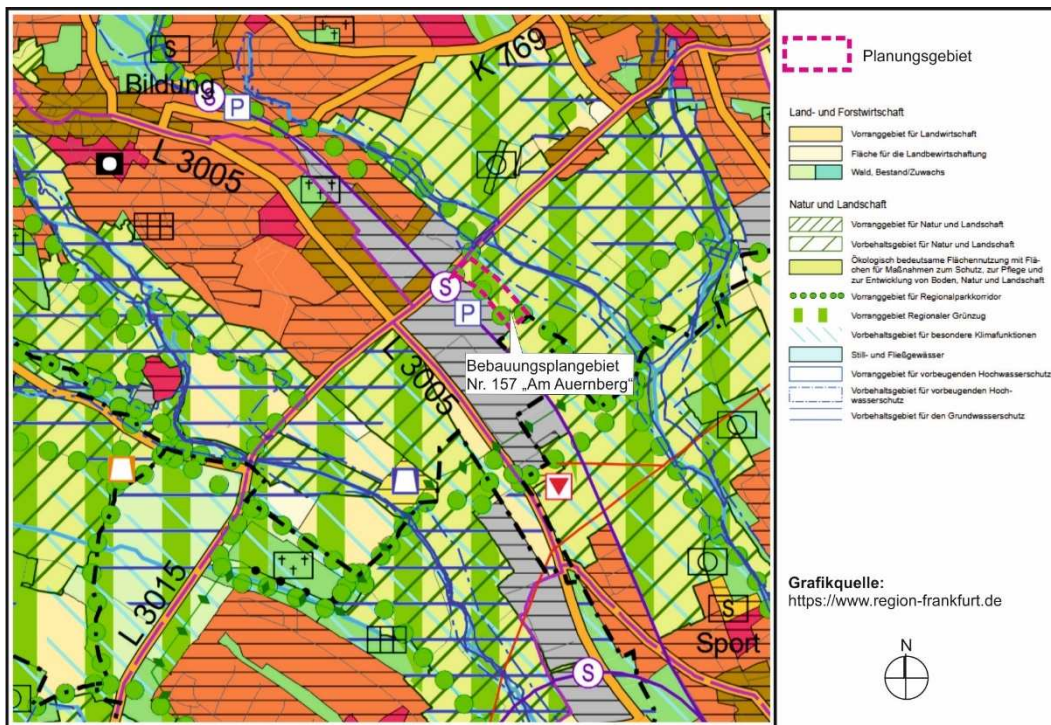


Abbildung 5: Regionaler Flächennutzungsplan 2010 - Ausschnitt
Grafikquelle: REGIONALVERBAND FRANKFURTRHEINMAIN (<https://mapview.region-frankfurt.de>)

3 Planungsentwurf für das Gewerbegebiet „Am Auernberg“

Der vorgelegte Planungsentwurf für das Gewerbegebiet „Am Auernberg“ (**Abbildungen 6 und 7**) sieht vor, die bestehenden Gewerbenutzungen östlich der S-Bahntrasse durch eine weitere Baureihe nordöstlich des Straßenzugs Am Auernberg zu ergänzen (AS+P GMBH 2025).

Im Bereich der beiden nordwestlichen Baufelder sind größtenteils 4-geschossige Bauweisen angedacht. Eine 6-geschossige Gebäudekubatur am Nordrand, soll den Stadteingang nach Kronberg betonen. Für die drei südöstlichen Baufelder ist eine 1- bis 2-geschossige Bauweise geplant.

Der bestehende Anschluss des Straßenzugs Am Auernberg an die L 3015 wird nur noch als redundante Notzufahrt erhalten. Die Gebietszufahrt wird in Richtung Nordosten verlegt, um so den Abstand zum Bahnübergang zu vergrößern (AS+P GMBH 2025). Die Regionalparkroute wird nordöstlich der Baufelder ebenfalls über den neugeschaffenen Knotenpunkt geführt.

Neben den privaten Grünflächen auf den Grundstücken bildet die Regionalparkroute ein öffentliches Grün- und Freiraumelement mit Verbindungs- und punktuellen Aufenthaltsfunktionen. Darüber hinaus ist eine öffentliche Grünfläche vorgesehen, die Raum für eine perspektivische Wegeverbindung über die Bahnlinie hinweg vorhält und gleichzeitig Retentionsfunktionen übernehmen kann. Entlang der Bestandsstraße kann das Parken unter Bäume organisiert werden (AS+P GMBH 2025).

Die Dachflächen der potenziellen Gewerbebauten sollen begrünt und mit PV-Anlagen ausgestattet werden.

Städtebauliche Kennwerte des Entwurfs (AS+P GMBH 2025):

Baufeld	Grundstücksfläche in qm	GF in qm	Grünfläche in qm	versiegelte Fläche in qm	GRZ II	GFZ
1	3050	1600	660	2390	0,8	0,5
2	4390	2400	1070	3320	0,8	0,5
3	2680	1600	530	2150	0,8	0,6
4	2950	4000	920	2030	0,7	1,4
5	3360	5300	1190	2170	0,7	1,6





Abbildung 6: Planungsentwurf für die Gewerbegebietsfläche Nr. 157 „Am Auernberg“
(AS+P GMBH 2025)

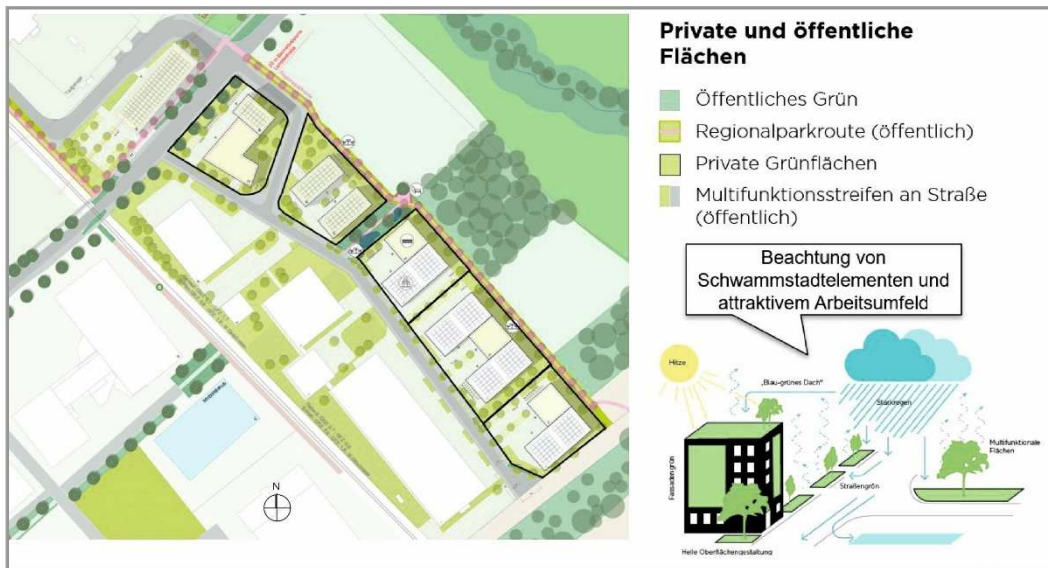


Abbildung 7: Planungsentwurf für die Gewerbebebietsfläche Nr. 157 „Am Auernberg“, private und öffentliche Flächen (AS+P GMBH 2025)

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 8**) für den Ist- und Plan-Zustand numerische Modellsimulationen zum lokalen Kaltluftprozessgeschehen durchgeführt. Dieses ist örtlich von besonderer siedlungs-/geländeklimatischer Bedeutung (siehe Kap. 2).



Abbildung 8: „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 bodennaher Kaltluftbewegungen werden hierdurch auch flächenhafte Informationen zur vertikalen Kaltluftmächtigkeit und damit zum Kaltluftvolumenstrom bereitgestellt. Die mit dem Modell KLAM_21 erzielten Resultate können mit dem Bewertungsschlüssel der VDI-Richtlinie 3787-Blatt 5 (2003/2024-Entwurf) „Lokale Kaltluft“ ausgewertet 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 2022³) entnommen werden.

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

Als Modellgrundlage dient ein digitales Geländemodell im 5 m-Raster, das vom HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION bereitgestellt wurde (**Abbildung 4**).

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 9**) berücksichtigt:

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

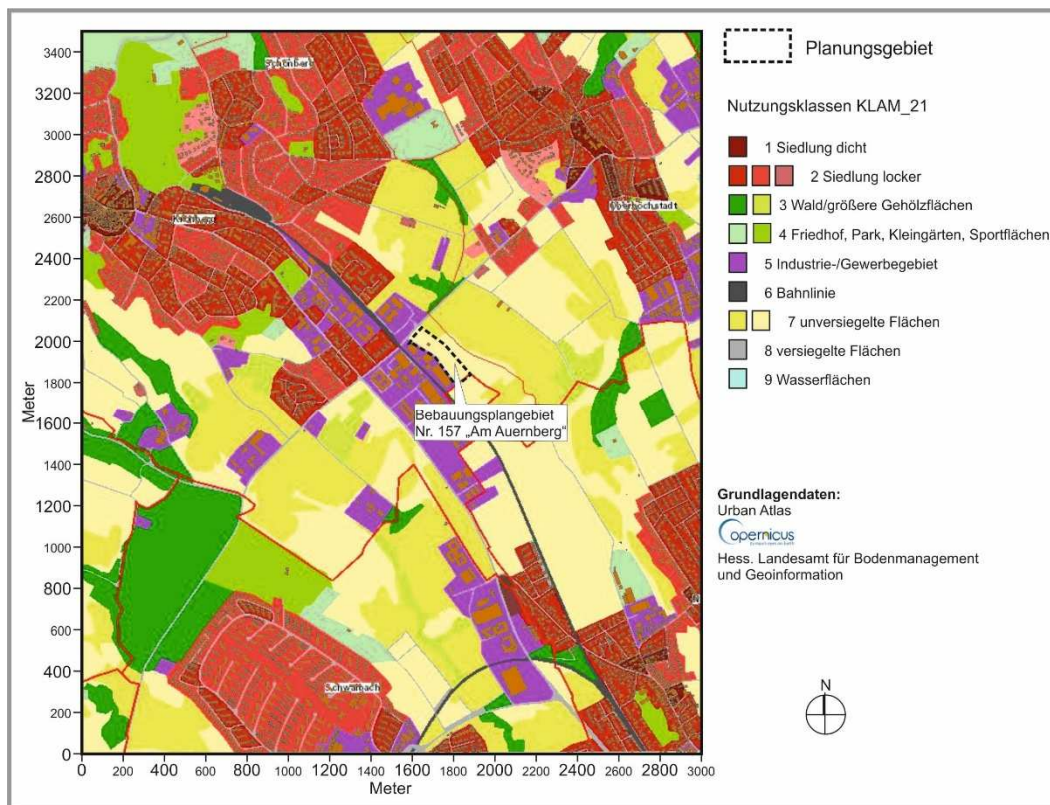


Abbildung 9: Flächennutzungen im KLAM_21-Modellgebiet

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

- 1 Aus dem **Kaltluftvolumenstrom**, der das in einer bestimmten Zeiteinheit transportierte Gesamtvolumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt.
Dabei wird das Luftvolumen über die variable absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert), während die horizontale Breite der Fläche stets einem Meter entspricht („Kaltluftvolumenstromdichte“, siehe **Abbildung 10**). Geschwindigkeit und Richtung können innerhalb der Luftsäule veränderlich sein.

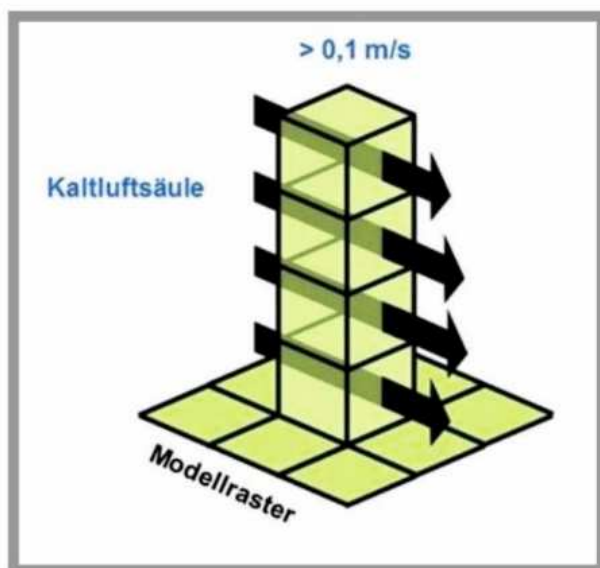


Abbildung 10: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstromdichte (nach: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH / ÖKOPLANA 2020)

- 2 Aus der **bodennahen Strömungsgeschwindigkeit**, die aufzeigt, inwieweit die Kaltluft tatsächlich in den Aufenthaltsbereich des Menschen durchgreifen kann und nicht etwa zu wesentlichen Anteilen in höheren Schichten des 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 betrachtete Rechengebiet (**Abbildung 9**) umfasst eine Gebietsgröße von 3.0 x 3.5 km (10.5 km²) zzgl. Randzellen, womit die planungsnahen Kaltluftentstehungs- und Kaltluftzielgebiete erfasst werden.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen werden für die Zeitpunkte 3 Std.⁴ und 5 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung dargestellt.

Siedlungsklimatisch ist besonders die Abkühlungsleistung der Kaltluft in der ersten Nachthälfte von Bedeutung, da in der Regel in dieser Phase die Wohnungen vor dem Schlafengehen nochmals gelüftet werden.

In einem weiteren Analyseschritt finden die thermischen Umgebungsbedingungen Beachtung. Hierzu werden mit dem Mikroklimamodell ENVI-met für relevante Tag- und Nachtsituationen die Lufttemperaturfelder für den Ist- und Plan-Zustand berechnet und vergleichend analysiert. Ergänzend werden für einen warmen Sommertag die bioklimatischen Verhältnisse geprüft.

Die Analyse der thermischen / bioklimatischen Verhältnisse für den Ist- und Plan-Zustand erfolgt mit dem Klimamodell ENVI-met (siehe **Abbildung 11**).



Abbildung 11: „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>

⁴ In den Monaten Juni/Juli entspricht dies ca. dem Zeitpunkt 23:15 – 23:45 Uhr (MEZ)

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_5 der HESSISCHEN VERWALTUNG FÜR BODENMANAGEMENT UND GEOINFORMATION entnommen.

Das betrachtete Rechengebiet umfasst 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 klimaökologische Situation am Planungsstandort

Das Stadtgebiet von Kronberg im Taunus (Hochtaunuskreis) befindet 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 Hochtaunuskreis ca. 9.1°C (1991 – 2020). Die mittleren Sommertemperaturen liegen bei ca. 17.2°C (1991 – 2020)⁵.

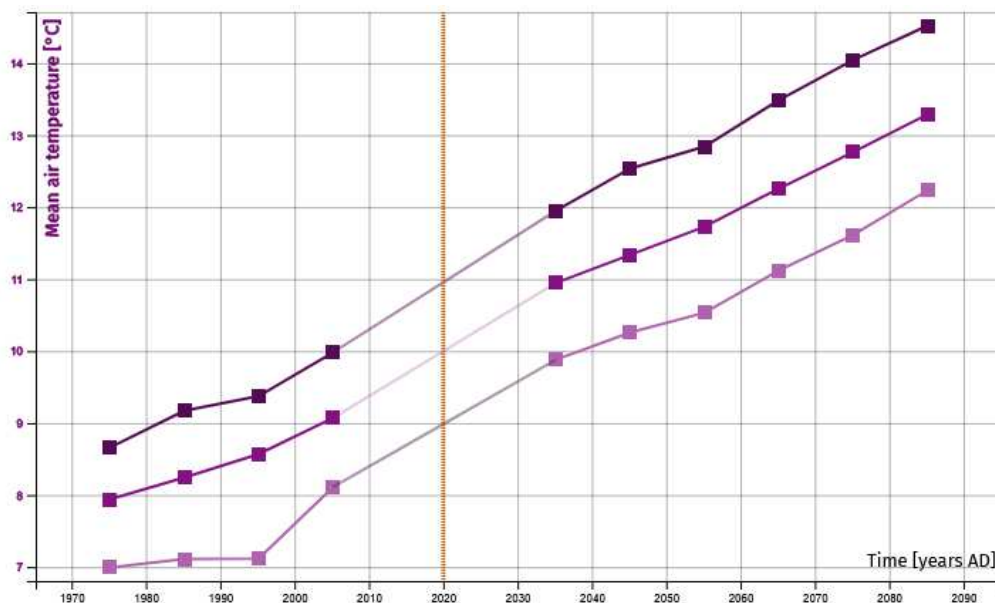
Laut Statistik des POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG sind im Hochtaunuskreis im 30-jährigen Mittel (1991 – 2020)

- 19.5 Eistage/Jahr ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 77.6 Frosttage/Jahr ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
- 5.6 heiße Tage/Jahr ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
- 31.1 Sommertage/Jahr ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
- 0.9 Tropennächte/Jahr ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$)

pro Jahr zu registrieren.

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung im Zuge des globalen Klimawandels im Hochtaunuskreis deutlich zunehmen wird. Nach Berechnungen von POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG wird die mittlere Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 2041 – 2070 (= nahe Zukunft) gegenüber der Zeitspanne 1991 – 2020 um ca. 2.6 K (50%-Perzentil) ansteigen (**Abbildung 12**).

⁵ **Datenquelle:** <https://www.klimafolgenonline.com> (POTSDAM-INSTITUTS FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG)



Description

Observations/interpolated DWD station data-Worst Case Scenario (RCP 8.5)/CMIP5 Cordex GCMxRCM ensemble

Sector

Climate / Temperature

Time frame

Legend

- : 90% percentile
- : 50%percentile
- : 10% percentile

Abbildung 12: Bandbreite der klimawandelbedingten Lufttemperaturzunahmen im Hochtaunuskreis <https://www.klimafolgenonline.com>

Hauptverantwortlich für den Anstieg der globalen Mitteltemperaturen sind anthropogen freigesetzte CO₂-Emissionen. Da aktuell nicht detailliert vorhergesagt werden kann, wie sich die CO₂-Emissionen zukünftig entwickeln, werden diese in Klimamodellen in Form von Szenarien mit unterschiedlicher CO₂-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 13**) 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 CO₂-Emissionen auf dem „Pfad“ des RCP-Szenarios 8.5.

Selbst ein abrupter weltweiter Rückgang des CO₂-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.

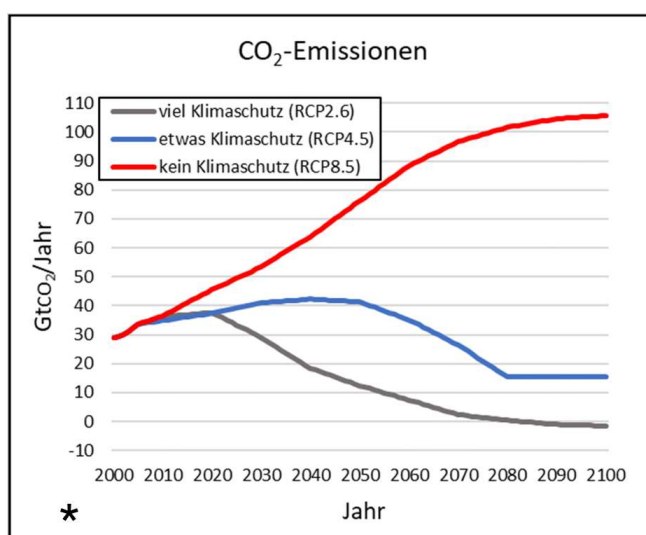


Abbildung 13: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (nach CUBASCH ET AL. 2013, Grafik: GERICS 2021).

Die Anzahl der bioklimatisch besonders relevanten heißen Tage und Sommertage wird aufgrund der Klimawandelfolgen in der nahen Zukunft (2041 – 2070) um ca. 13.8 Tage/Jahr bzw. 29.5 Tage/Jahr ansteigen. Da zugleich die Anzahl der Tropennächte um 5.8 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 3.8 Tage/Jahr (1991 – 2020) auf ca. 4.1 Tage/Jahr (2041 – 2070) zunehmen.

Wie der nachfolgende Ausschnitt aus der Starkregen-Hinweiskarte (basierend auf Daten von 2001 – 2020) der HLNUG für Hessen zeigt (**Abbildung 14**), besteht bereits heute in Kornberg im Taunus ein erhöhtes bis 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 zu berücksichtigen.

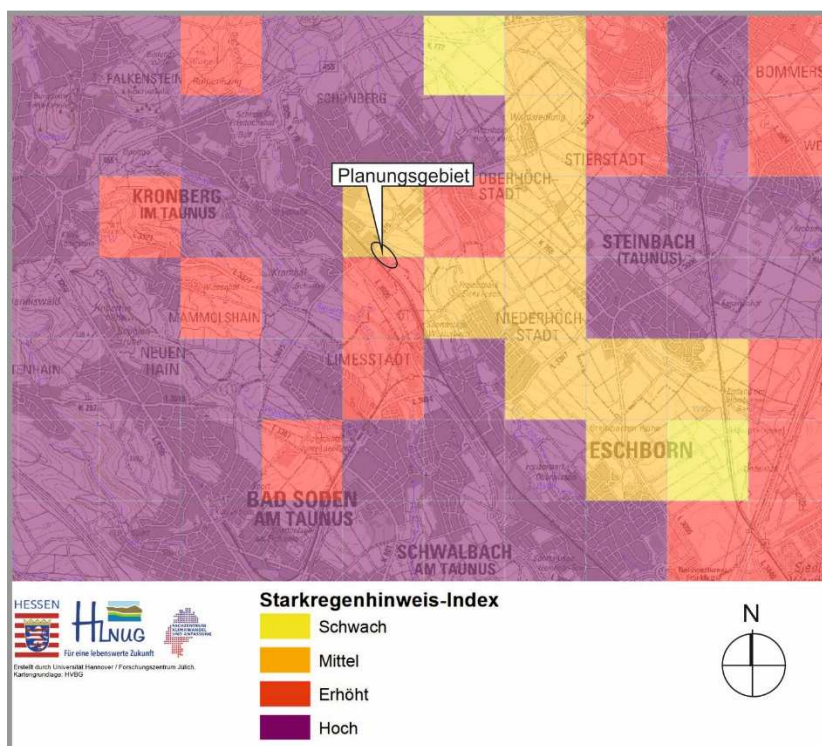


Abbildung 14: Ausschnitt aus der Starkregenhinweiskarte der HLNUG (2001 – 2020).
Grafikquelle: <https://www.hlnug.de>

Analysiert man die mehrjährigen Winddaten (2001 – 2010) des Global Wind Atlas-
ses (DAVIS ET. AL 2023) und die Windstatistik für die DWD-Station Frankfurt Flug-
hafen (**Abbildungen 15** und **16**), so zeigt sich, dass die vorherrschenden Wind-
richtungen 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.

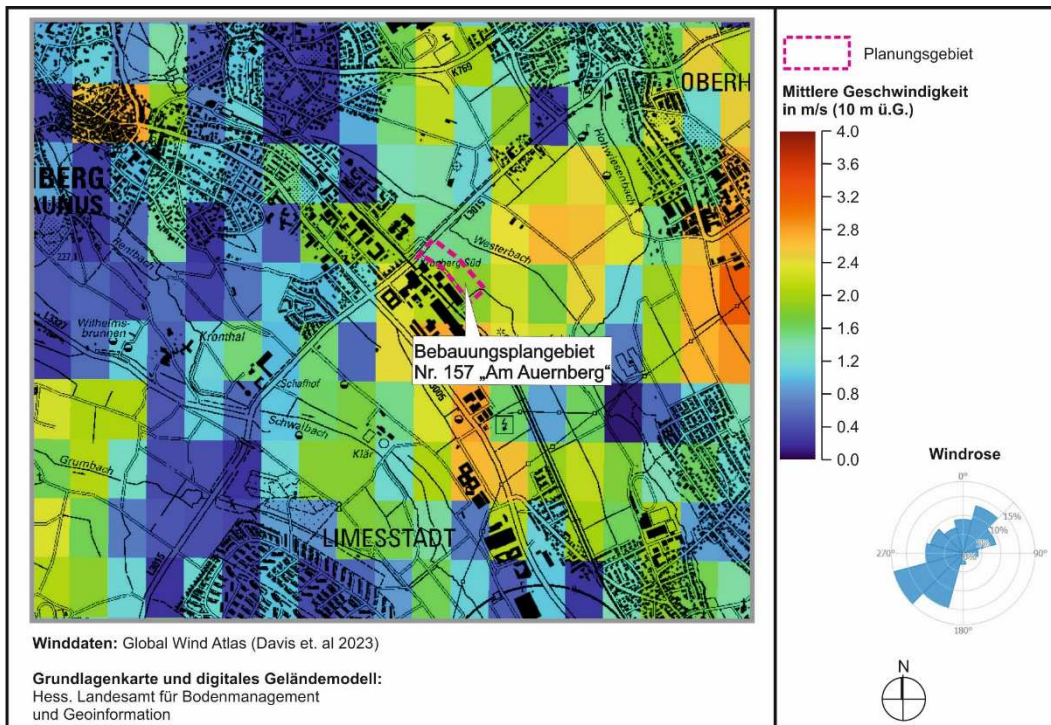


Abbildung 15: Windrichtungsverteilung (2001 – 2010) in freien Lagen im Planungsumfeld sowie berechnete Windgeschwindigkeitsverteilung (10 m ü.G.). Grafikquelle: (DAVIS ET. AL 2023)

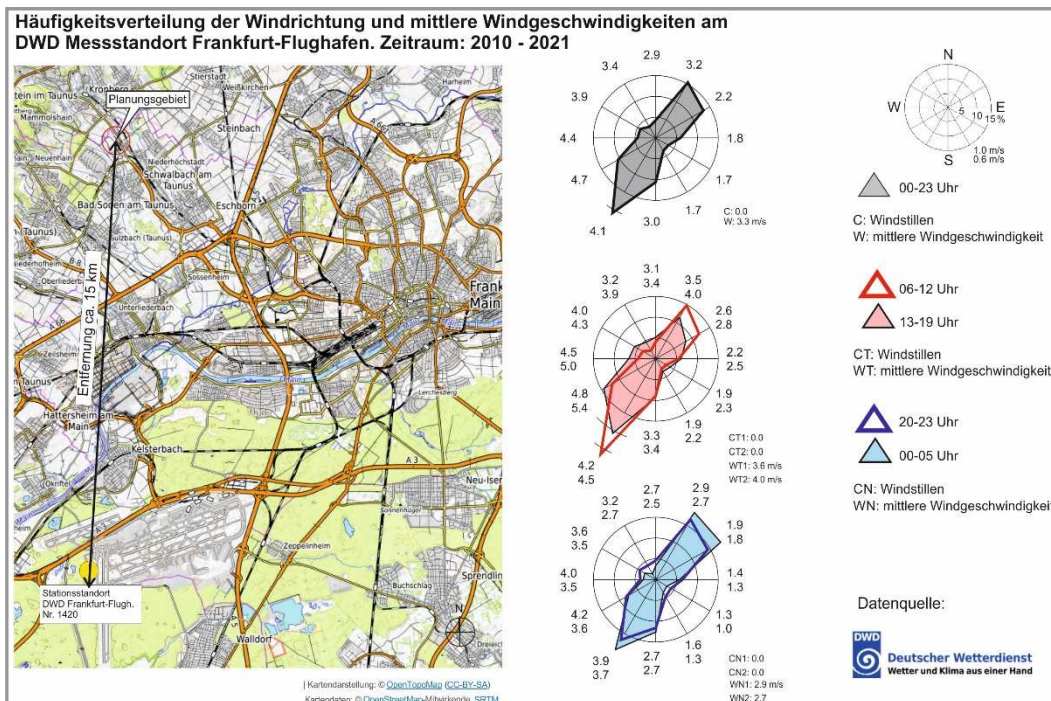


Abbildung 16: Windstatistik (2010 – 2021) DWD-Klimamessstation Frankfurt-Flughafen (10 m ü.G.). Datenquelle: <https://www.dwd.de>

Die mittlere Windgeschwindigkeit (10 m ü.G.) beträgt im mehrjährigen Mittel (2001 – 2010) in freien Lagen des Planungsgebiets ca. 1.5 – 2.2 m/s, wodurch nur eine mäßige Durchlüftung möglich ist. Innerhalb der Bebauung, in Talsohlen und Waldgebieten kann die mittlere Windgeschwindigkeit auf Werte von unter 1.0 m/s sinken, 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 Hochtaunuskreis bei Berücksichtigung des RCP8.5-Szenarios nur eine geringfügige Modifikation der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von ca. -0.15 m/s bis +0.18 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 sind⁶, 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 Kronberg im Taunus und Eschborn (siehe **Abbildung 17**, HESS. MINISTER FÜR UMWELT UND REAKTORSICHERHEIT 1988: Luftreinhalteplan Unterrmain)

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.

⁶ **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 ist,
- die Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete zu sichern und ggf. zu optimieren sind.

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

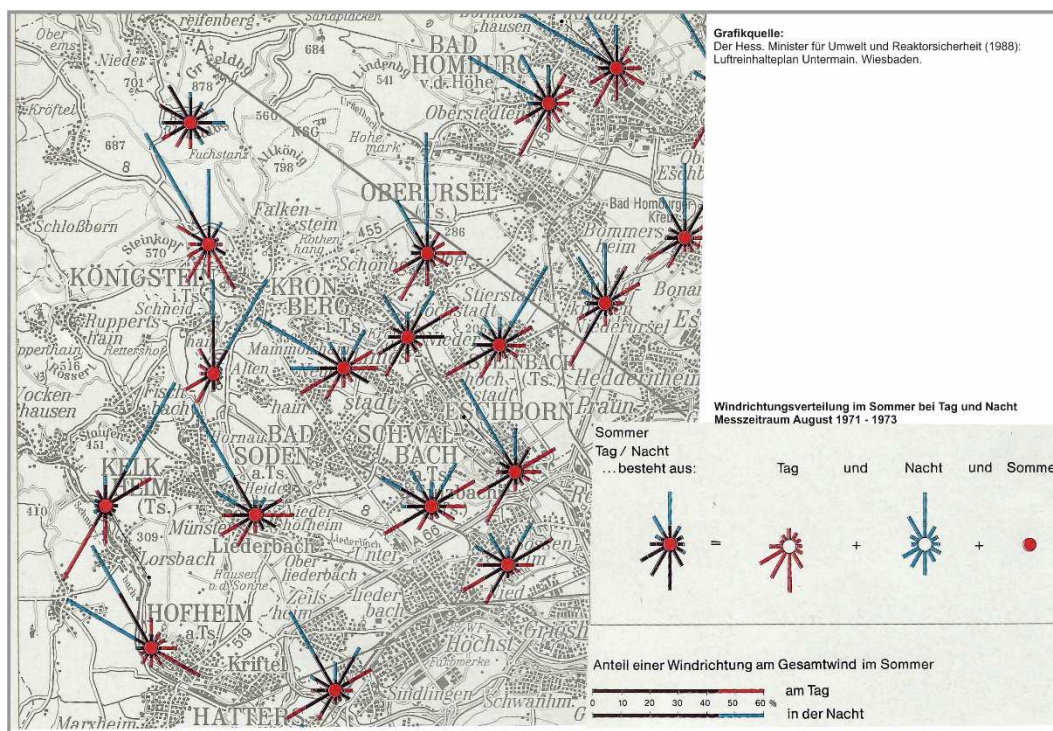


Abbildung 17: Windrichtungsverteilung im Sommer bei Tag und Nacht.
Messzeitraum August 1971 - 1973

Die thermische / bioklimatische Situation an warmen / heißen Sommertagen wird wesentlich durch die örtlichen Oberflächentemperaturen bestimmt.

Wie Ergebnisse satellitengebundener Infrarotaufnahmen für die Sommermonate 2018 – 2023 (**Abbildung 18**) dokumentieren, zeigen die Wiesen/Landwirtschaftsflächen im Planungsgebiet mit 33 - 36°C am Tag größtenteils ein mittleres Oberflächentemperaturniveau. In den Gewerbegebietsflächen in westlicher 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 18: Mittlere Tagesoberflächentemperaturen im Zeitraum 2018 – 2023

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 Kronberg im Taunus gegenüber dem Frankfurter oder Wiesbadener Stadtgebiet in um ca. 3 – 4 K niedrigere Lufttemperaturen zu bilanzieren sind (IMA RICHTER & RÖCKLE 2022). Dies unterstreicht die vergleichsweise günstige klimatische Lagesituation der Stadt Kronberg im Taunus.

Abbildung 19 fasst nochmals die kaltluftbedingte Belüftungssituation im Planungsgebiet und in dessen Umfeld zusammen. Dem Planungsgebiet „Am Auernberg“ in Siedlungsrandlage wird eine mittlere Kaltluftproduktionsrate zugeordnet. Entlang des Westerbachs entwickelt sich aus dem Kaltluftzustrom +über die Taunushänge ein wirksamer Tal-/Hangabwind, dessen klimaökologische Positivwirkung insbesondere in Niederhöchststadt und Eschborn zum tragen kommt.

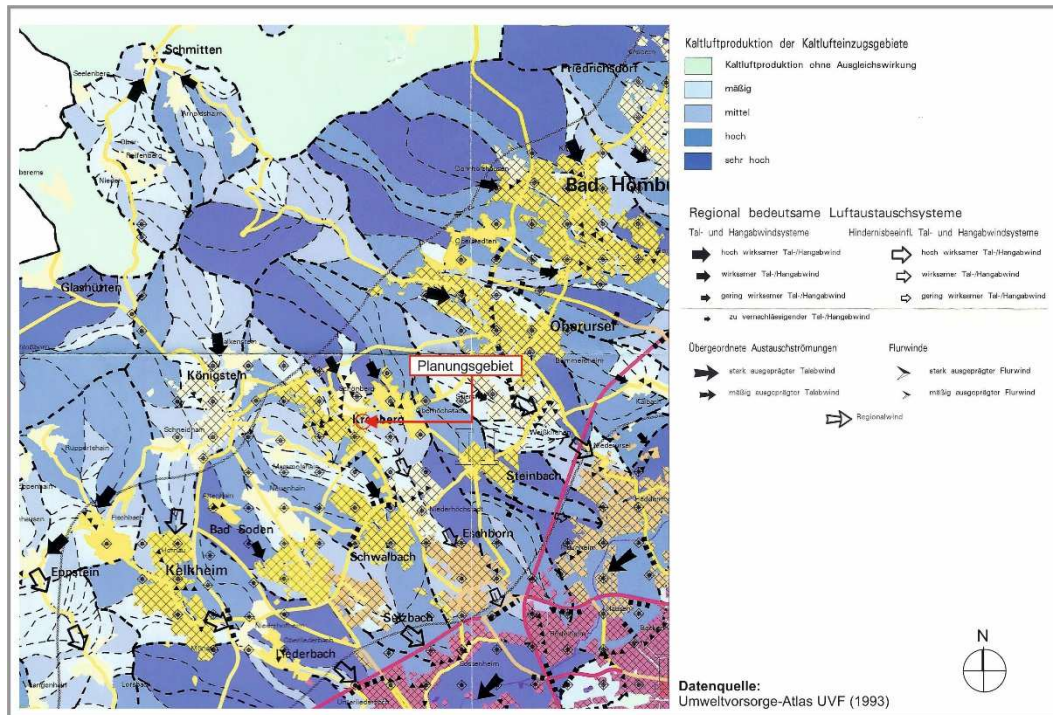


Abbildung 19: Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Ausgleichs- und Wirkungsräume) des Umlandverbands Frankfurt (1994)

6 Numerische Modellrechnungen zur Bilanzierung der kleinräumigen Folgeerscheinungen des Planungsvorhabens auf das Kaltluftprozessgeschehen und die thermischen/bioklimatischen Umgebungsbedingungen

6.1 Kaltluftprozessgeschehen

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 1**).

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

Tabelle 1: 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 (HOPPMANN 2010), 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 Staubbildung 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 (2003) zurückgegriffen werden. Diese wird derzeit überarbeitet. Seit März 2024 liegt ein erster Entwurf vor. Er unterliegt aktuell noch der Prüfung. Diesem Entwurf kann ein Prüfschema entnommen werden, das die Kaltluftrelevanz des Planungsgebiets auf Stadt-/Siedlungsgebiete beurteilt (siehe **Abbildung 20**). Das Ablaufschema für das Planungsgebiet und die angrenzenden Stadt- und Siedlungsflächen ist mit Rot umrandet.

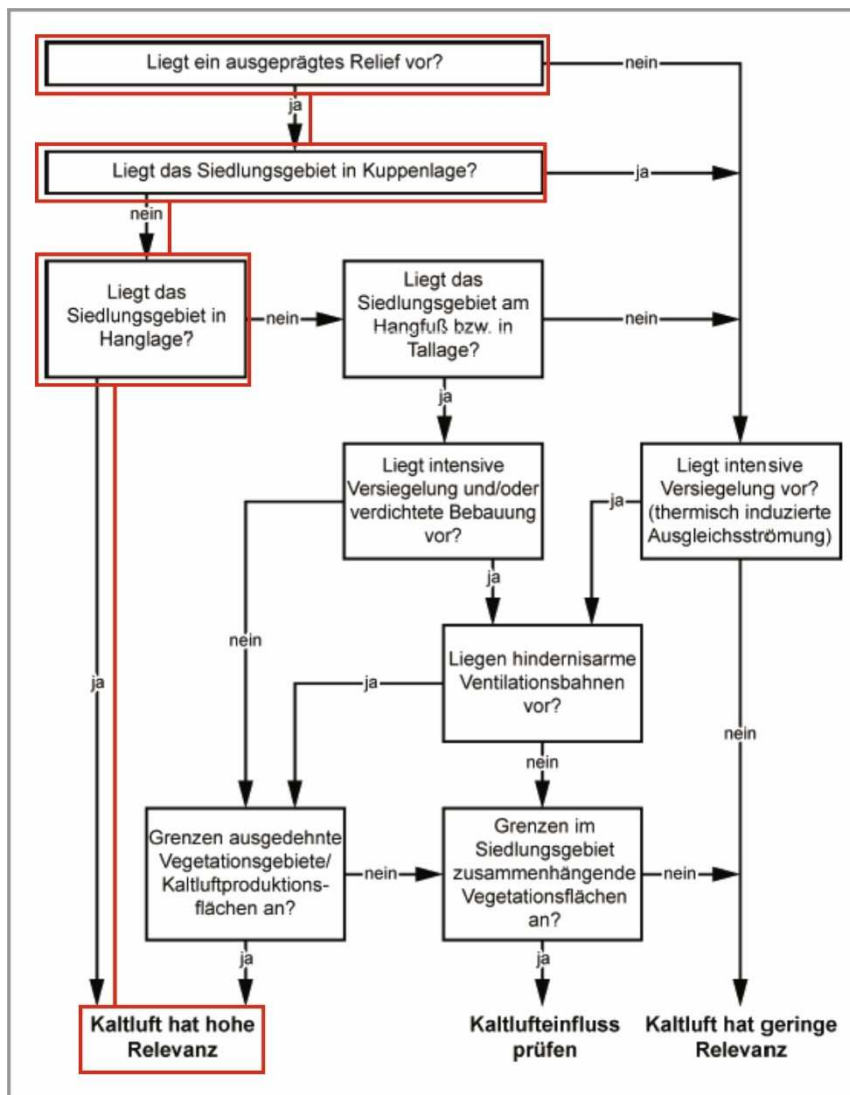


Abbildung 20: Prüfschema „Kaltluftrelevanz“. Aus VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (Entwurf, März 2024)

Beschreibung des Ablaufschemas im vorliegenden Planungsfall:

Durch Hanglage zum Westerbach 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.

6.1.1 Ergebnisse – Ist-Zustand

Die **Abbildung 21** zeigt für den **Ist-Zustand** die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen zu Beginn der ersten Nachthälfte - 3 Stunden nach einsetzender Kaltluftbildung.

In dieser Kaltluftbildungsphase bestimmen im Planungsgebiet 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 Westerbach zeigen sich Kaltluftfließgeschwindigkeiten von ca. 0.5 – 1.0 m/s.

Anhand der Windvektoren wird ersichtlich, dass die über das Planungsgebiet „Am Auernberg“ hinwegstreichende Kaltluft nicht allein die Windbewegungen entlang des Westerbachs beeinflusst, sondern auch am Kronsberger Hang westlich der S-Bahntrasse Wirkung zeigt.

Die Kaltluftmächtigkeit beläuft sich 3 Std. nach einsetzender Kaltluftbildung im Planungsgebiet auf ca. 20 – 30 m. Eine höhere Mächtigkeit wird durch den steten Abfluss der Kaltluft nach Südsüdosten unterbunden.

Abbildung 22 bildet für den Ist-Zustand die räumliche Verteilung der Kaltluftvolumenstromdichte zu Beginn der ersten Nachthälfte (3 Stunden nach Sonnenuntergang) ab.

Anhand den Werten in **Tabelle 2** lässt sich bestimmen, welches Kaltluftdurchlüftungspotenzial die ermittelten Kaltluftvolumenstromdichten aufweisen.

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

Tabelle 2: Bewertung der Kaltluftvolumenstromdichte bezogen auf die Belüftungsfunktion von Siedlungsbereichen. Aus: VDI Richtlinie 3787, Blatt 5 (Entwurf 2024) „Lokale Kaltluft“, S. 16.

Die Berechnungsergebnisse zeigen über den Freiflächen des Planungsgebiets Kaltluftvolumina von ca. $2 - 5 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$. Damit liegt nur ein geringes Durchlüftungspotenzial vor. Die z.T. dichten Gehölzriegel in West-Ost-Richtung bilden örtliche Strömungshindernisse. Entlang des Westerbachs sind stellenweise Kaltluftvolumina von $20 - 30 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$ zu verzeichnen, womit dort ein gutes bis sehr gutes kaltluftspezifisches Durchlüftungspotenzial vorliegt.

Im Bereich der bestehenden Gewerbegebietsflächen westlich des Planungsgebiets „Am Auernberg“ überwiegen Kaltluftvolumenstromdichten bis max. $2 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$. Hier macht sich der vergleichsweise hohe Versiegelungsgrad negativ bemerkbar. Die nächtliche Wärmeabstrahlung der versiegelten Oberflächen zehrt einen Teil der zuströmenden Kaltluft auf.

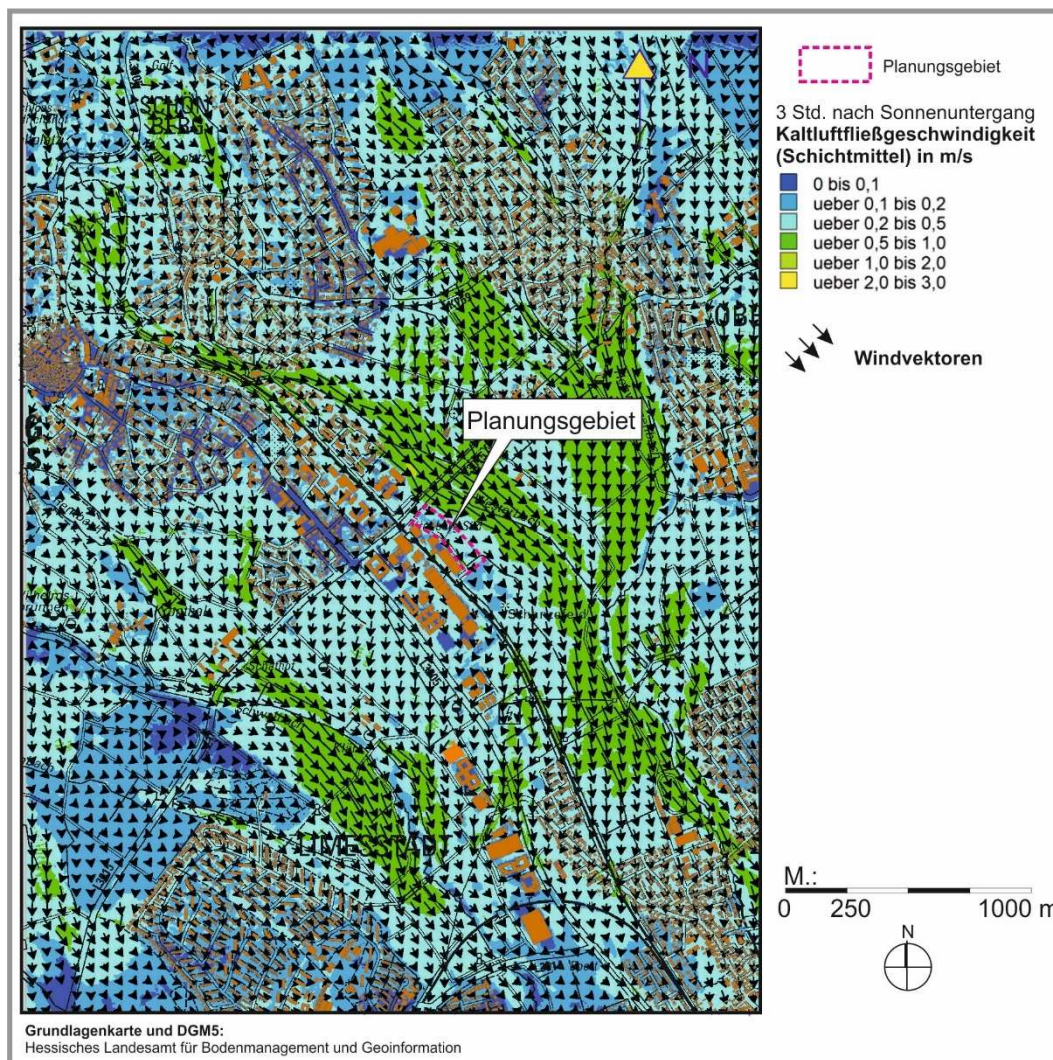


Abbildung 21: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang.

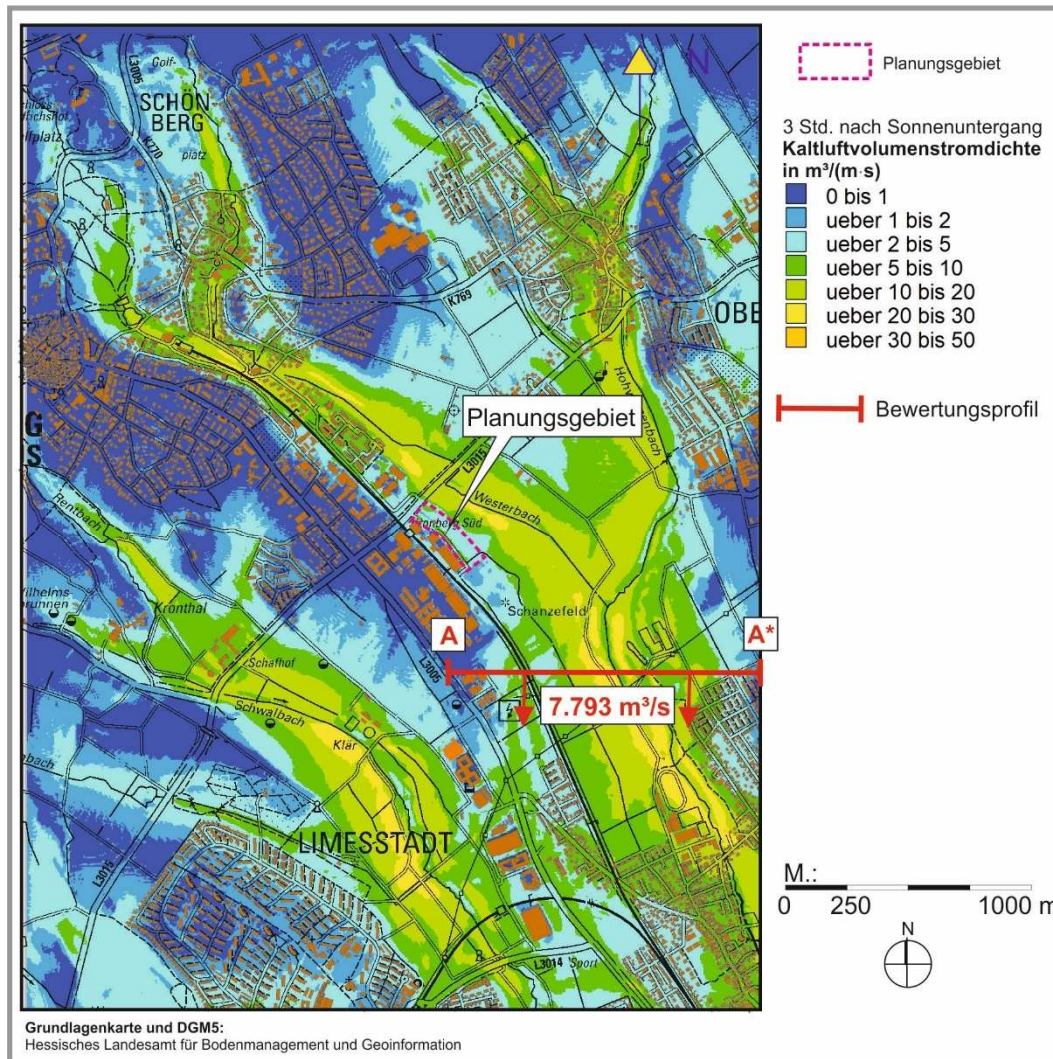


Abbildung 22: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach Sonnenuntergang.

Bestimmt man am Nordrand der Gemarkung Eschborn-Niederhöchststadt über ein ca. 1.200 m langes Querprofil den über das Westerbachtal nach Süden abfließenden Kaltluftvolumenstrom, so stellt sich zum Zeitpunkt 3 Stunden nach Sonnenuntergang ein Wert von ca. $7.793 \text{ m}^3/\text{s}$ ein.

Als grobe Faustregel zur Bewertung des Kaltluftvolumenstroms gilt, dass die Eindringtiefe von Kaltluft je $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ca. 100 m beträgt. Je nach baulicher Dichte am Siedlungsrand kann die Eindringtiefe jedoch auch deutlich geringer oder größer sein. Die Kaltluftbewegungen entlang des Westerbachs haben somit hohe siedlungsklimatische Bedeutung.

Im Zuge der weiteren nächtlichen Abkühlungsphase werden 5 Std. nach Sonnenuntergang (2. Nachthälfte) im Planungsgebiet weiterhin Kaltluftfließgeschwindigkeiten von 0.2 m/s – 0.5 m/s berechnet (**Abbildung 23**), was auf eine Empfindlichkeit des Planungsgebiets gegenüber einer Barrierewirkung durch potenzielle Hochbauten hinweist. In den Gewerbegebietsflächen westlich des Planungsgebiets werden vergleichbare Kaltluftfließgeschwindigkeiten berechnet. Stagnationstendenzen mit Kaltluftfließgeschwindigkeiten von unter 0.2 m/s bleiben im Wesentlichen auf die unmittelbaren Gebäudeluv- und Gebäudeleelagen begrenzt. Die Freizonen entlang des Westerbachs zeigen sich durch das recht hohe Kaltluftangebot vergleichsweise intensiv durchlüftet (0.5 – 1.0 m/s).

Ermittelt man für den Zeitpunkt 5 Stunden nach Sonnenuntergang den über das Querprofil A – A* in Richtung Niederhöchststadt abfließenden Kaltluftvolumenstrom (**Abbildung 24**), so ergibt sich ein Wert von ca. 9.511 m³/s. Dies weist auf ein hohes kaltluftspezifisches Durchlüftungspotenzial hin.

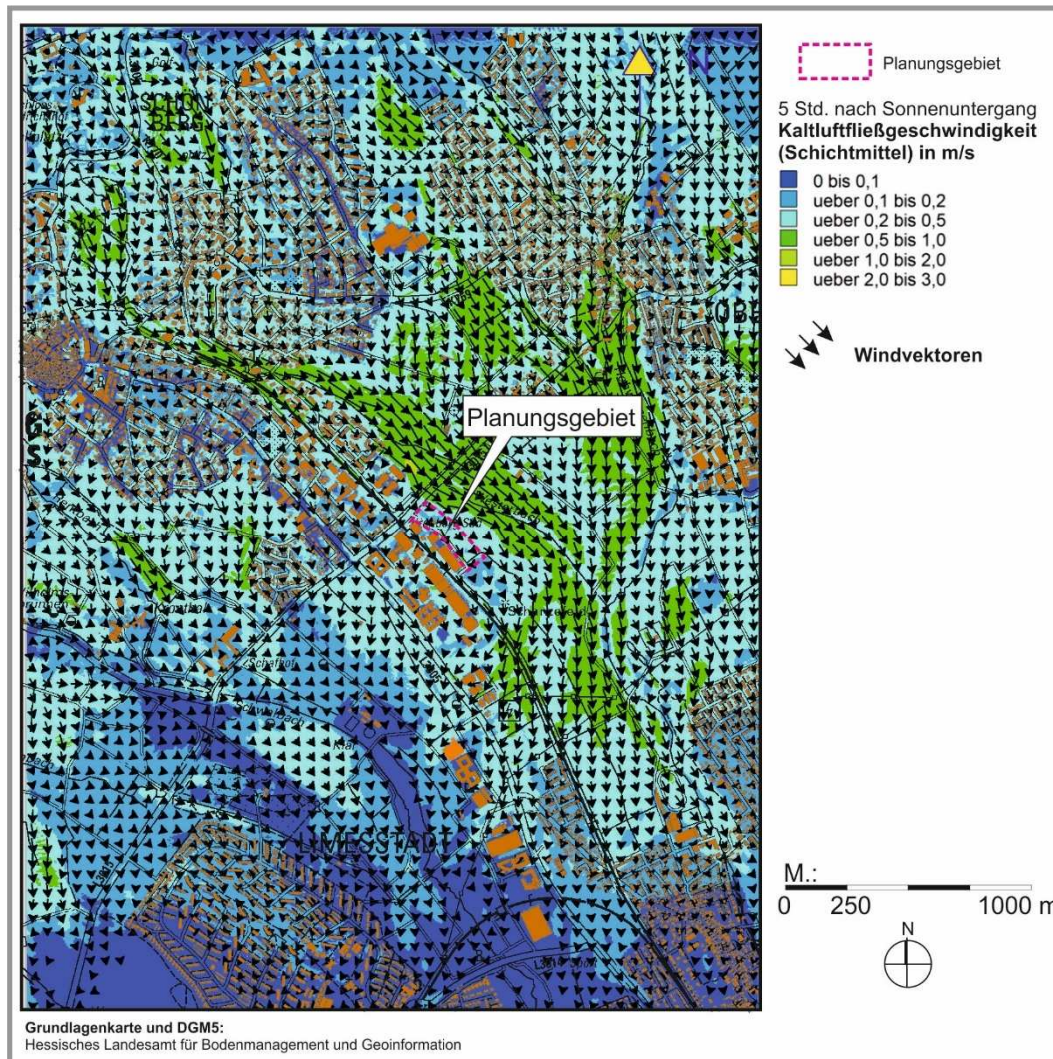


Abbildung 23: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang.

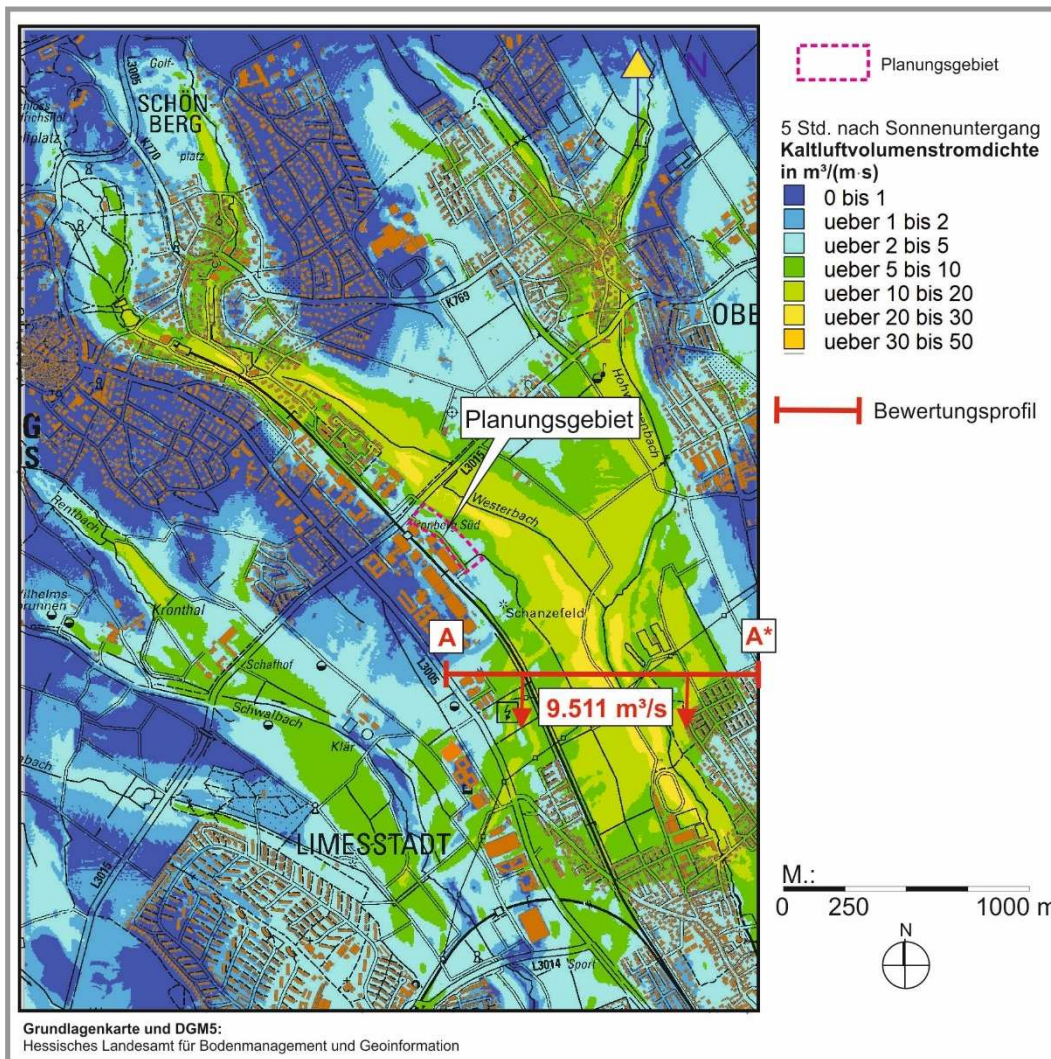


Abbildung 24: Ist-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 5 Std. nach Sonnenuntergang.

6.1.2 Ergebnisse - Plan-Zustand

Bei den Kaltluftströmungssimulationen wird für den Plan-Zustand der in **Abbildung 6** dargestellte Planungsentwurf zu Grunde gelegt.

Wie die Ergebnisse zu den Kaltluftfließbewegungen für den Zeitpunkt 3 Stunden nach Sonnenuntergang (= 1. Nachthälfte) zeigen (**Abbildungen 25 und 26**), ist der Entwurf derart strukturiert, dass die Kaltluft die Gebäudeabstandsflächen durchdringen kann, wodurch die örtliche Wärmeinselbildung wirksam reduziert werden kann. Wie die Differenzendarstellung der Kaltluftfließgeschwindigkeiten zum Ist-Zustand belegen (**Abbildung 27**), bleiben die planungsbedingten Strömungsmodifikationen (2 m ü.G.) auf den unmittelbaren Nahbereich des Planungsgebiets begrenzt.

Die im Planungsgebiet zu erwartenden Veränderungen beim nächtlichen Windfeld können wie folgt beschrieben werden. Die bis zu 6-geschossige Bebauung wirkt im vorliegenden Fall für die von Nordnordwesten zuströmende Kaltluft als zusätzliche Barriere. Die Strömung wird daher in den unmittelbaren Lee-Lagen der potenziellen Bebauung reduziert. Gleiches gilt für die Luv-Lagen. Die räumliche Erstreckung dieser Bereiche bleibt im Wesentlichen auf das unbebaute Freiraumgefüge im Umfeld und auf den Straßenzug Am Auernberg des Planungsgebiets beschränkt. Der im Luv-Bereich verzögerte Anteil der Strömung wird mit etwas höherer Windgeschwindigkeit am Nordostrand und z.T. entlang des Straßenzugs Am Auernberg vorbeigeführt (Umströmungseffekt).

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 entlang des Westerbachtals recht gering. Wie **Abbildung 28** dokumentiert, stellt sich 3 Stunden nach Sonnenuntergang über das Querprofil A – A* ein Kaltluftvolumenstrom von ca. 7.725 m³/s ein. Gegenüber dem Ist-Zustand (7.793 m³/s) ergibt sich eine relative Reduktion von ca. 0.9%.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei stadt-/siedlungsklimatisch bedeutsamen Kaltluftströmungen eine Verringerung der Kaltluftvolumina oder der Kaltluftfließgeschwindigkeit von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als Eingriff mit lokalklimatisch nachteiligen Folgen (Zunahme der thermischen Belastung) im Kaltluftzielgebiet (hier: Niederhöchstadt) zu bewerten - siehe **Tabelle 3**.

Bei einer Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von 5 – 10% sind noch mäßige klimatische Negativeffekte zu erwarten. Bei Werten unter 5% sind die klimatischen Auswirkungen als gering und damit als akzeptabel einzustufen.

Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5 %	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch
Veränderung der Häufigkeit des Auftretens (in Jahresstunden)			
Prozentuale Änderung gegenüber dem Ist-Zustand	≤ 5 %	≤ 10 %	> 10 %
Auswirkung	gering	mäßig	hoch

Tabelle 3: Klimaökologische Bewertung von planungsbedingten Modifikationen des Kaltluftvolumenstroms oder der Kaltluftfließgeschwindigkeit (aus: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 2003, S. 53)

Die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen somit, dass in talabwärts gelegenen Siedlungslagen (Eschborn-Niederhöhnstadt / Schwalbach im Taunus) keine relevanten Abnahmen bzgl. des Kaltluftvolumenstroms zu erwarten sind.

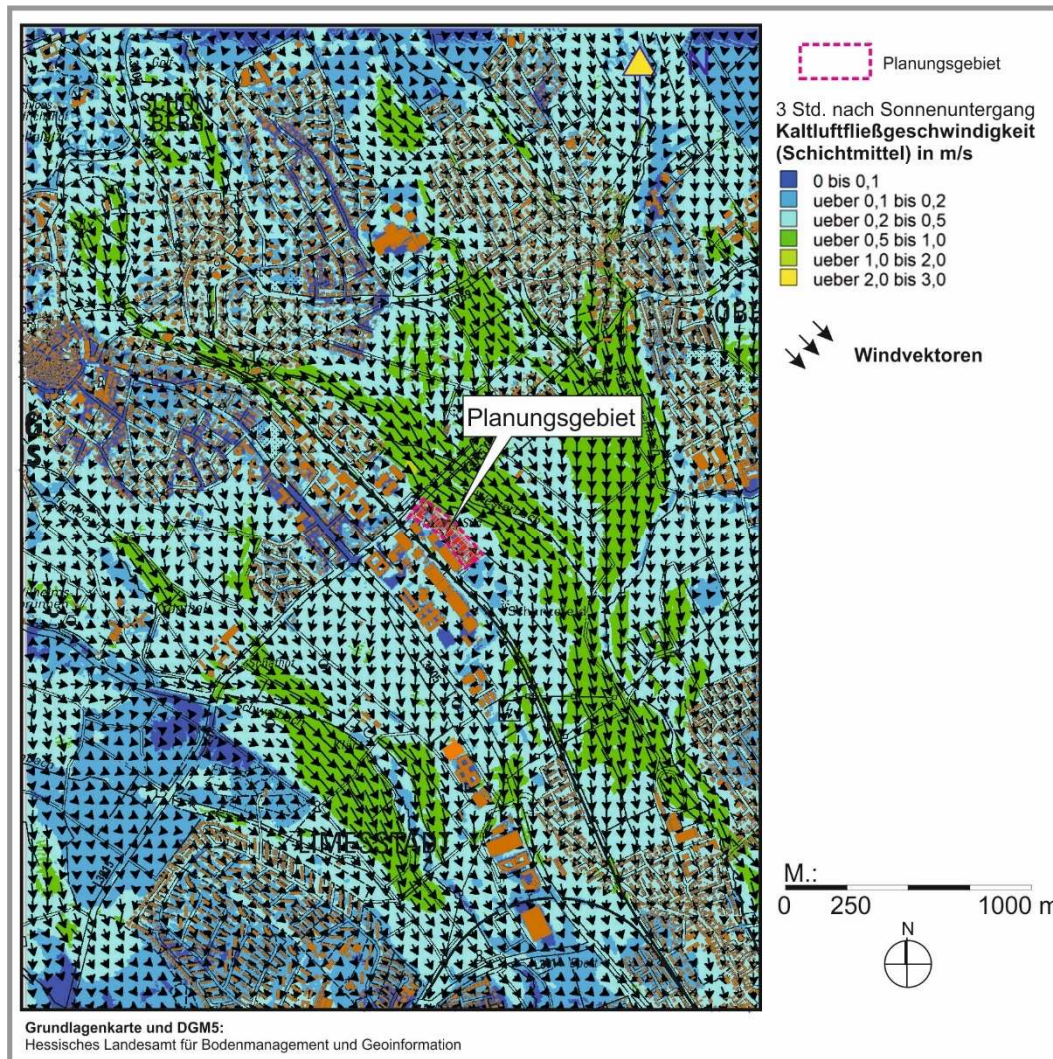


Abbildung 25: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang.

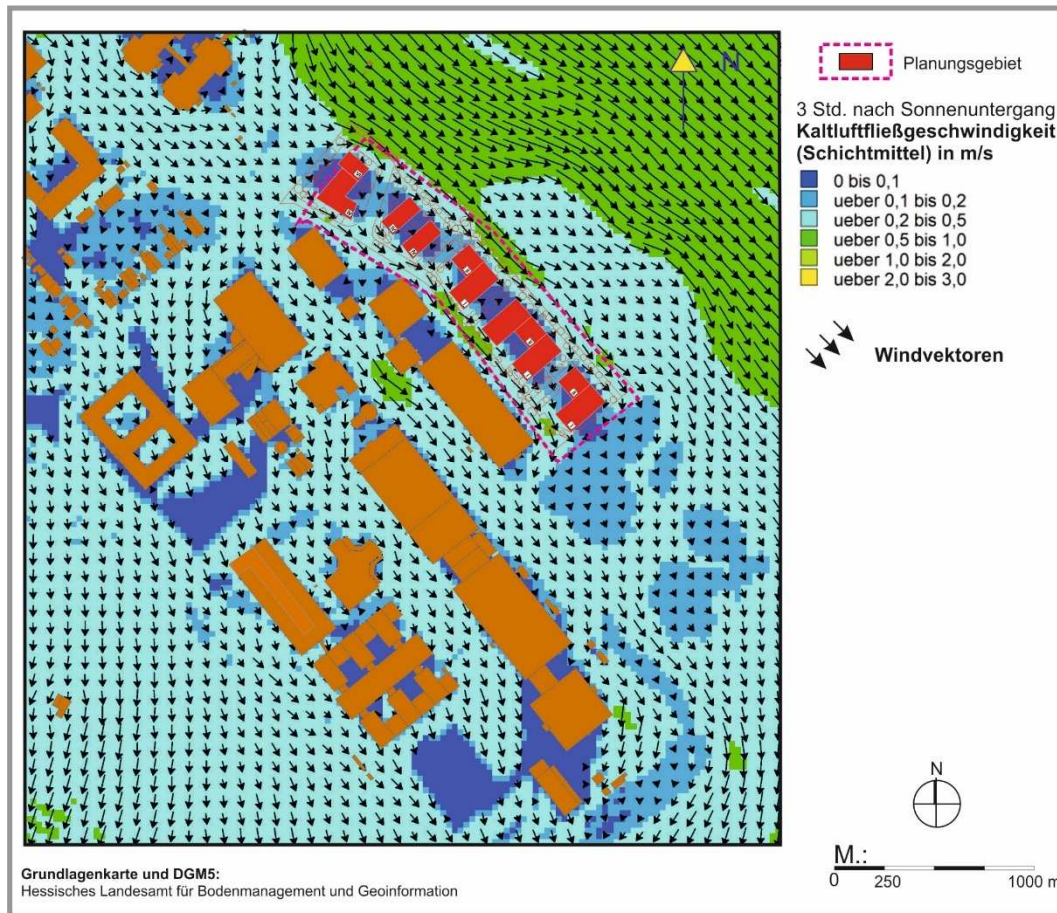


Abbildung 26: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 3 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt.

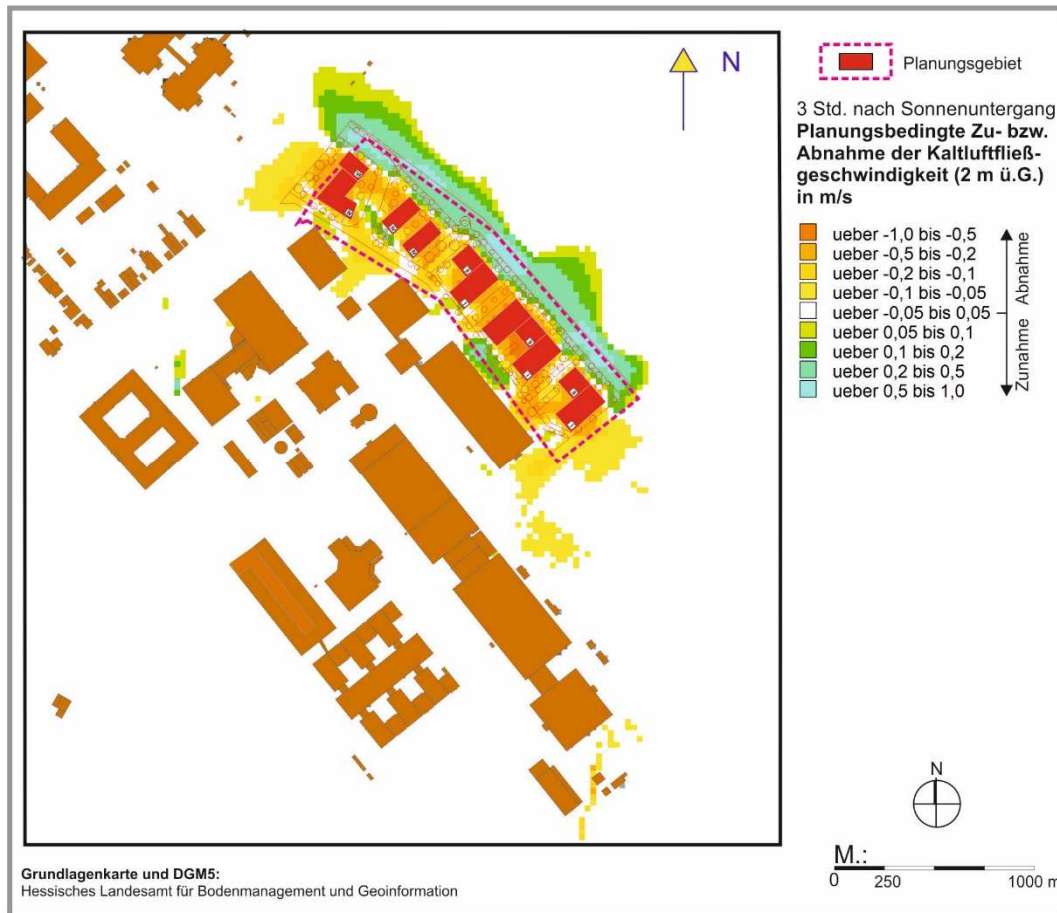


Abbildung 27: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) gegenüber dem Ist-Zustand 3 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt.

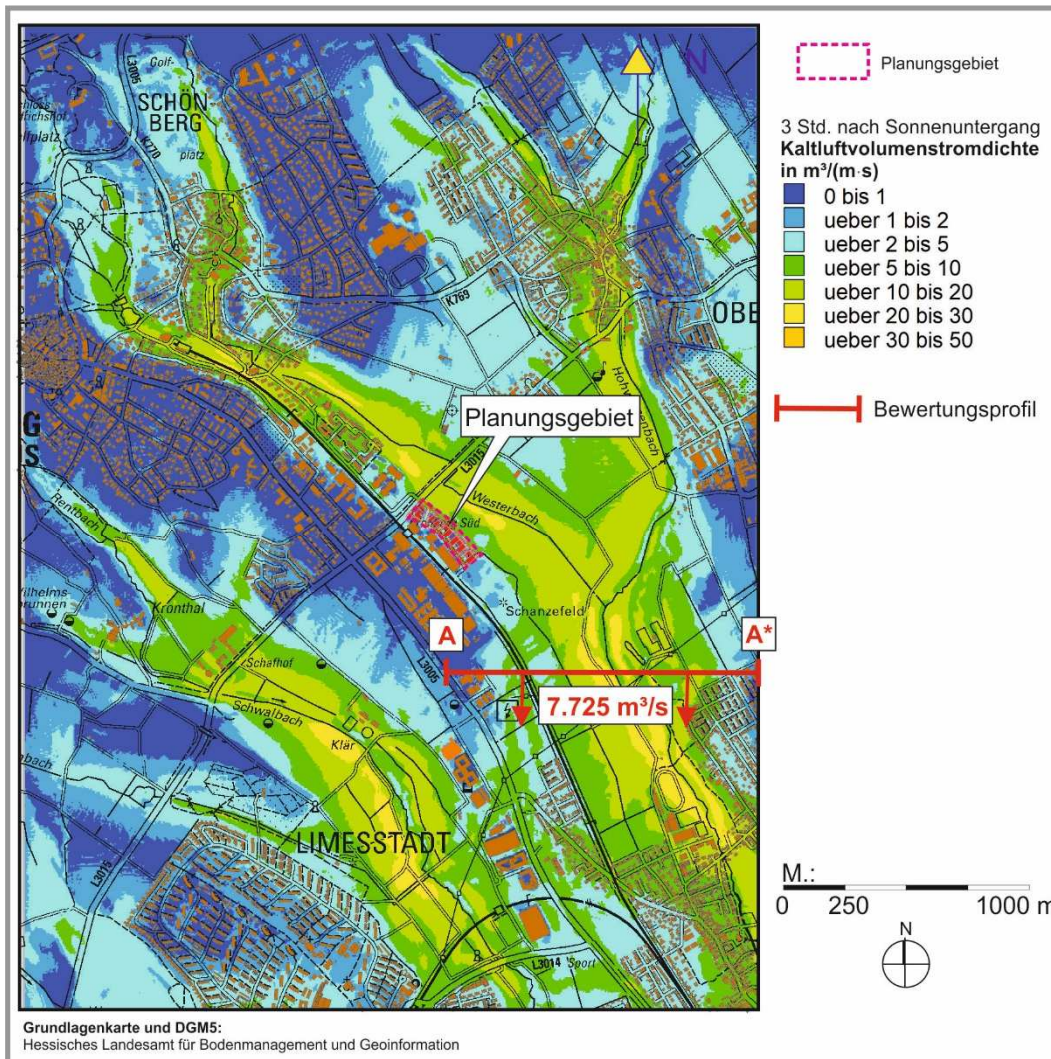


Abbildung 28: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 3 Std. nach Sonnenuntergang.

Im Laufe der zweiten Nachthälfte (**Abbildungen 29 - 32**) dehnt sich die Barriere-
wirkung der Bebauung nicht weiter aus, da die Kaltluftmächtigkeit im Laufe der
Nachtstunden weiter ansteigt.

Ermittelt man für die Situation in der zweiten Nachthälfte (5 Stunden nach Sonnen-
untergang) wiederum entlang des Profils A – A* die planungsbedingte Verände-
rung des Kaltluftvolumenstroms in Richtung Eschborn-Niederhöhnstadt / Schwal-
bach im Taunus, so zeigt sich im Plan-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand eine
relative Abnahme des Kaltluftvolumenstroms von ca. -0.6% (Ist-Zustand: 9.511
 m^3/s → Plan-Zustand: 9.451 m^3/s). Planungsbedingt gehen damit vom Planungs-
vorhaben nur äußerst geringe kleinklimatische Modifikationen (leicht verzögerte
nächtliche Abkühlung) aus, die auch bei Berücksichtigung der Klimawandelfolgen
mit erhöhter nächtlicher Wärmebelastung in den Sommermonaten als vertretbar
einzustufen sind.

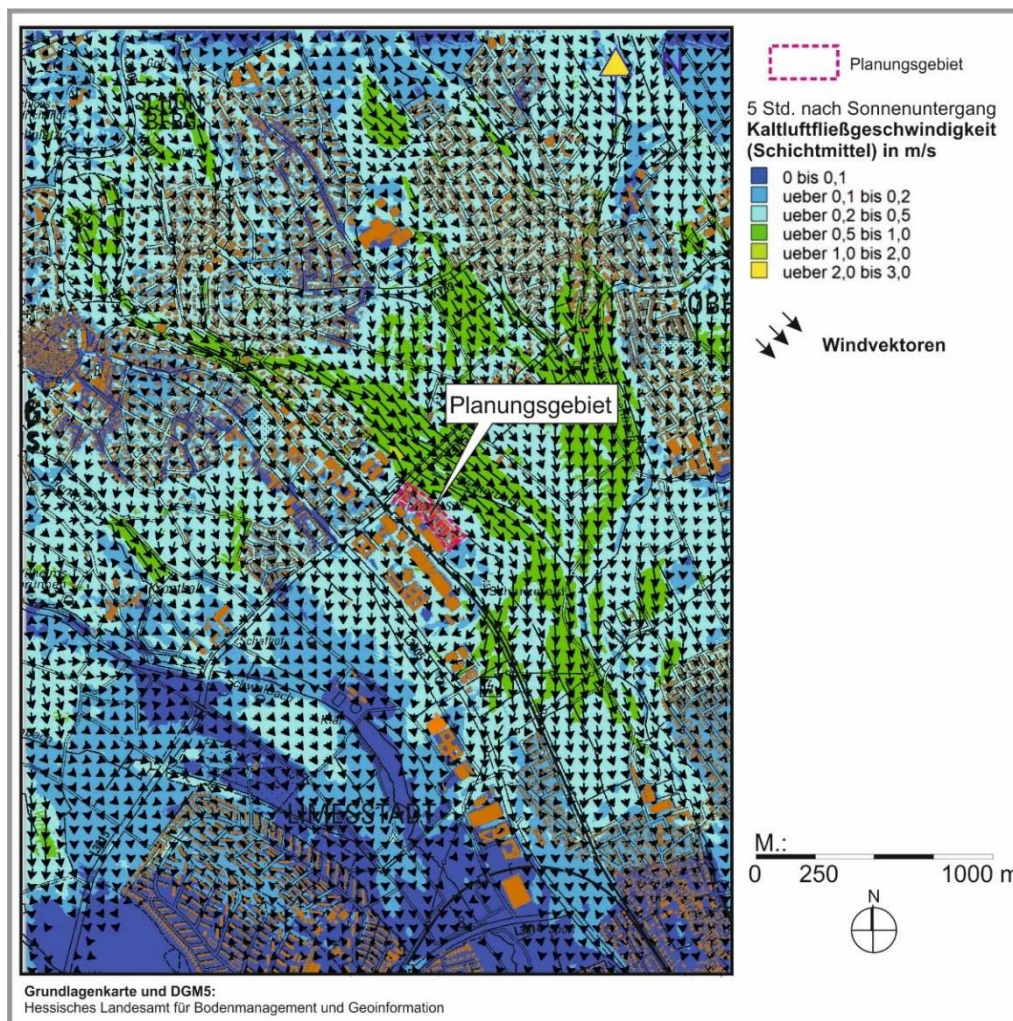


Abbildung 29: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang.

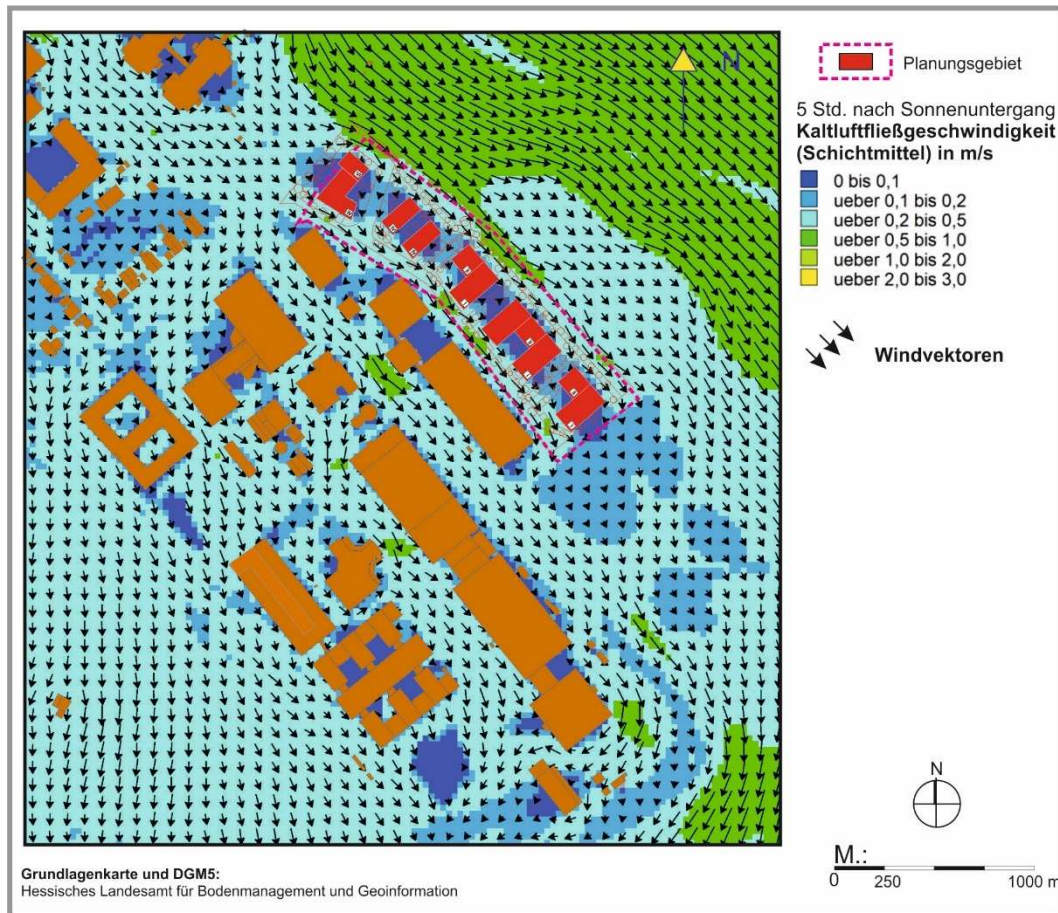


Abbildung 30: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftfließgeschwindigkeit (Schichtmittel) 5 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt.

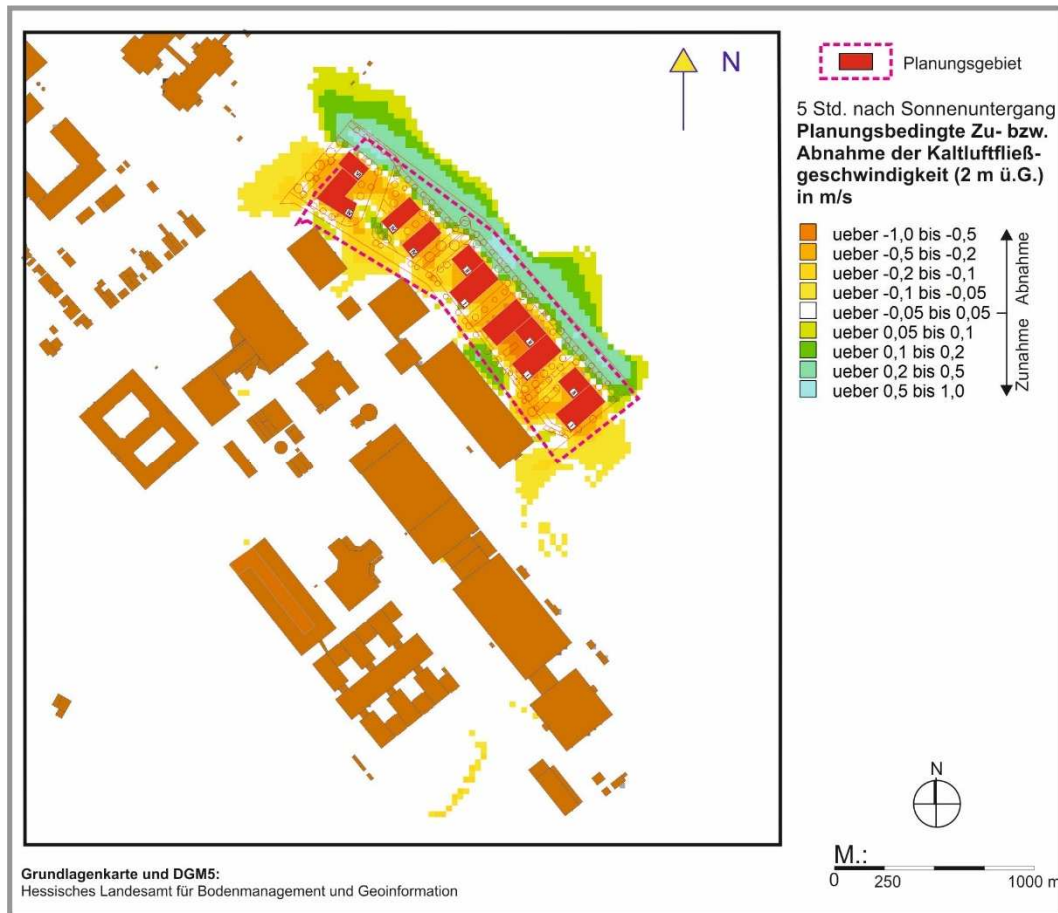


Abbildung 31: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Kaltluftfließgeschwindigkeit (2 m ü.G.) gegenüber dem Ist-Zustand 5 Std. nach Sonnenuntergang, vergrößerter Ausschnitt.

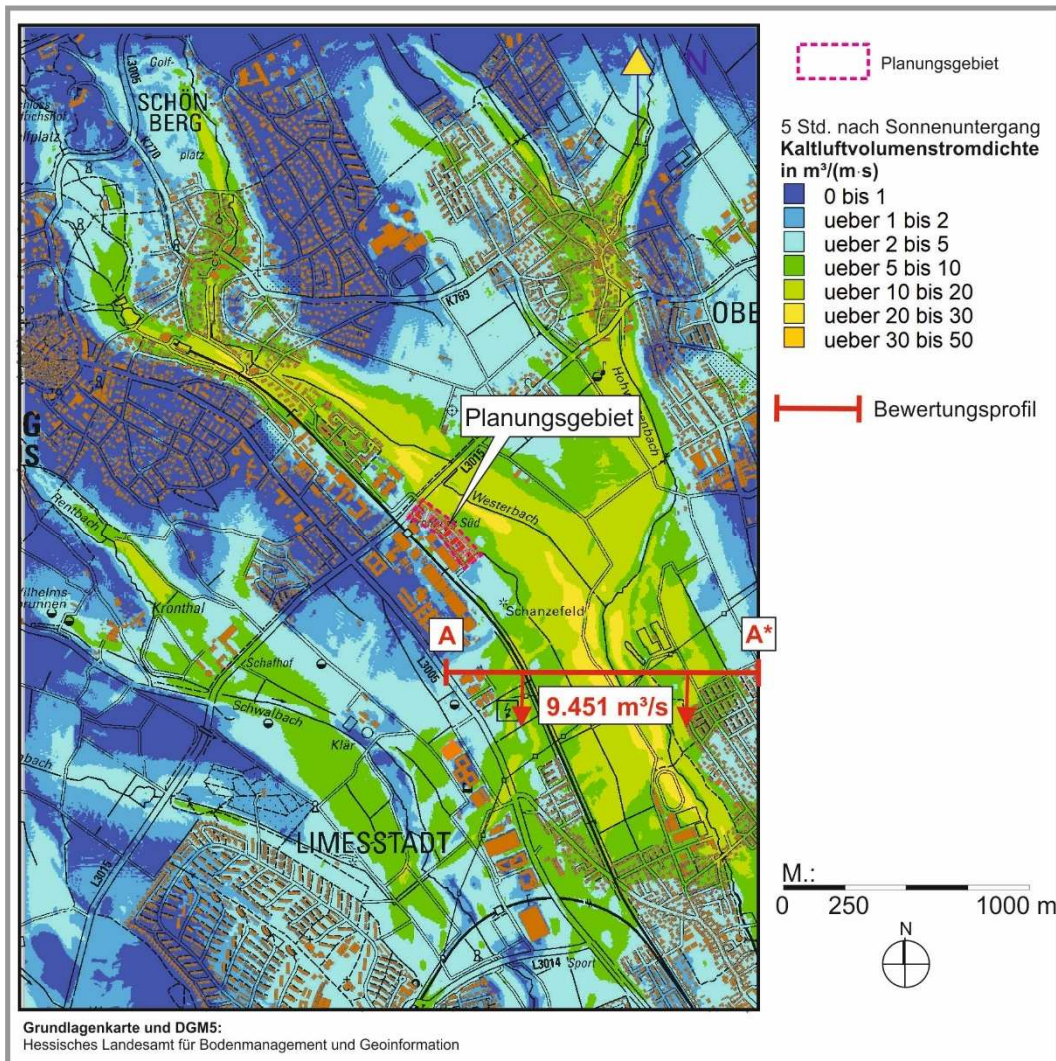


Abbildung 32: Plan-Zustand - Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen. Kaltluftvolumenstromdichte 5 Std. nach Sonnenuntergang.

6.2 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 Gewerbestandorts „Am Auernberg“ von Bedeutung, dass der von Flächennutzungsänderungen (Freiland → Bebauung) 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 33**). Als vorherrschende Windrichtung wird Nordnordwest (340°) gewählt, um in den Nachtstunden die Auswirkungen auf die Lufttemperaturverhältnisse im Kaltluftstrom entlang des Westerbachs beurteilen zu können.

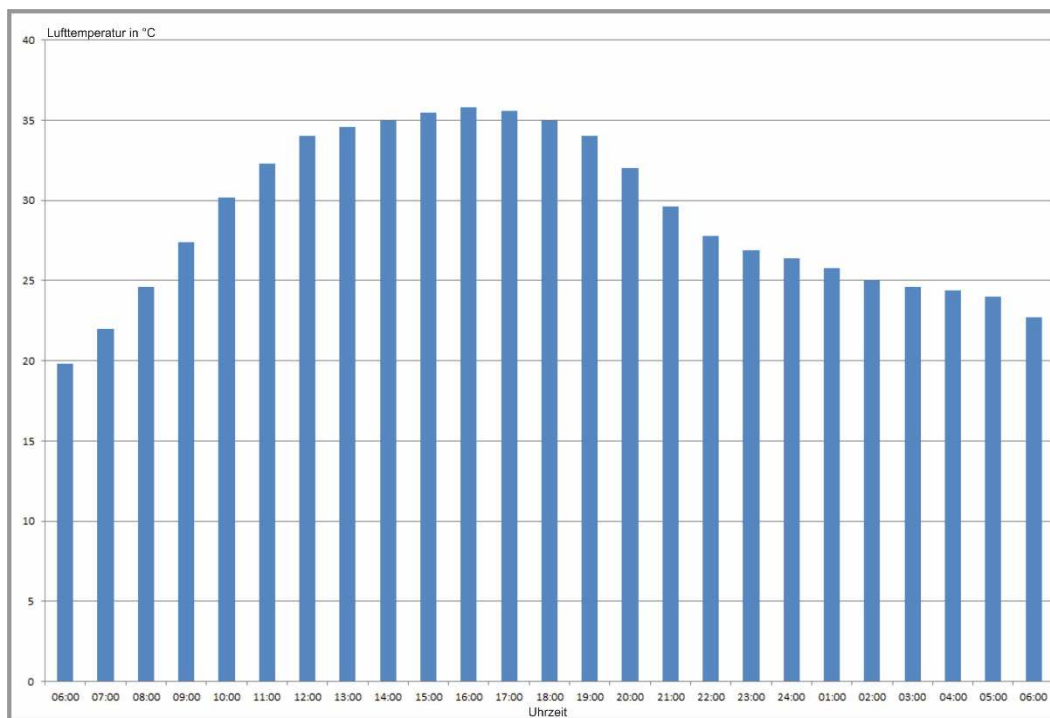


Abbildung 33: Tagesgang der Lufttemperatur an der HLNUG-Luftmessstation Wiesbaden-Süd vom 31.07./01.08.2018 – heißer Sommertag. Datenquelle: www.hlnug.de

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.

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

Die **Abbildung 34** zeigt für den **Ist-Zustand** die berechnete Lufttemperaturverteilung gegen 14:00 Uhr an einem heißen Sommertag ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$).

Bei Lufttemperaturen im Gehölzschatten von ca. 32.35 - 32.75°C werden über den unbeschatteten Landwirtschafts- und Wiesenflächen des Planungsgebiets Lufttemperaturen von ca. 32.75 – 33.50°C berechnet. Höchste Lufttemperaturen werden über versiegelten / asphaltierten Straßenzügen und Steppplatzflächen ohne nennenswerten Baumschatten simuliert (34.00 – 35.00). Damit stellen sich im Untersuchungsgebiet am Tag max. Lufttemperaturunterschiede von ca. 2.75 K ein. Größere Lufttemperaturdifferenzen werden am Tag durch den recht intensiven vertikalen und horizontalen Luftaustausch unterbunden.

Im **Plan-Zustand (35 und 36)** ist durch die veränderte Flächennutzung am Planungsstandort größtenteils mit einer Zunahme der Lufttemperatur zu rechnen. Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Planungsentwurf sieht im Bereich des potenziellen Gewerbestandort zahlreiche Baumpflanzungen vor, die über ihren Schattenwurf die Aufheizung des Bodens und damit auch der Luft effektiv reduzieren. Gegenüber den Vegetationsflächen im Ist-Zustand kann eine Überwärmung aber nicht unterbunden werden. Hierzu ist die verbleibende Wärmeabstrahlung der Baukörper und Erschließungsflächen zu groß.

Gegenüber dem Ist-Zustand werden im Plan-Zustand im neuen Gewerbestandort „Am Auernberg“ um ca. 0.25 – 1.75 K höhere Lufttemperaturen berechnet.

Die thermischen Auswirkungen auf die Umgebung bleiben allerdings recht gering, da die gewählte Gebäudestruktur am Tag eine recht intensive Belüftung ermöglicht, wodurch Wärmestaus unterbunden werden.

In den bestehenden Gewerbegebietsflächen südwestlich des Straßenzugs Am Auernberg und bis in eine Entfernung von ca. 200 m südlich des Planungsgebiets sind planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen von ca. 0.25 – 0.75 K zu bilanzieren. Werte unter 1.00 K sind im Allgemeinen im Freien kaum spürbar.

Herrschen Ostwinde vor, so sind vergleichbare thermische Zusatzbelastungen im Bereich der nächstgelegenen Wohnbebauung Am Schanzfeld zu erwarten.

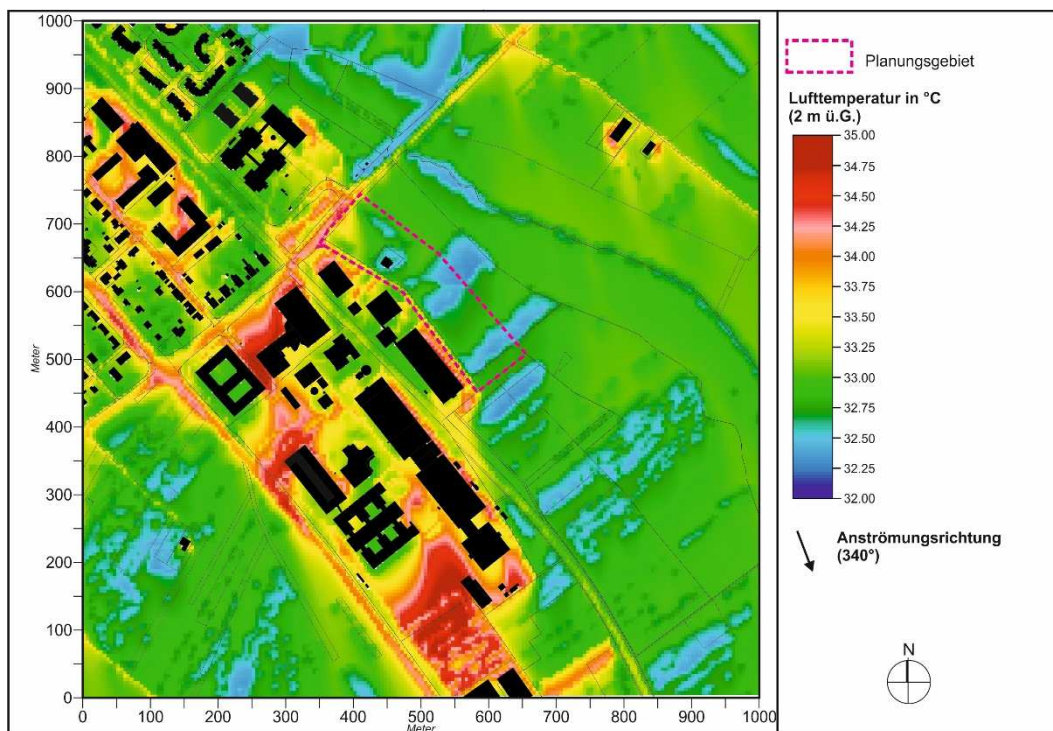


Abbildung 34: Ist-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

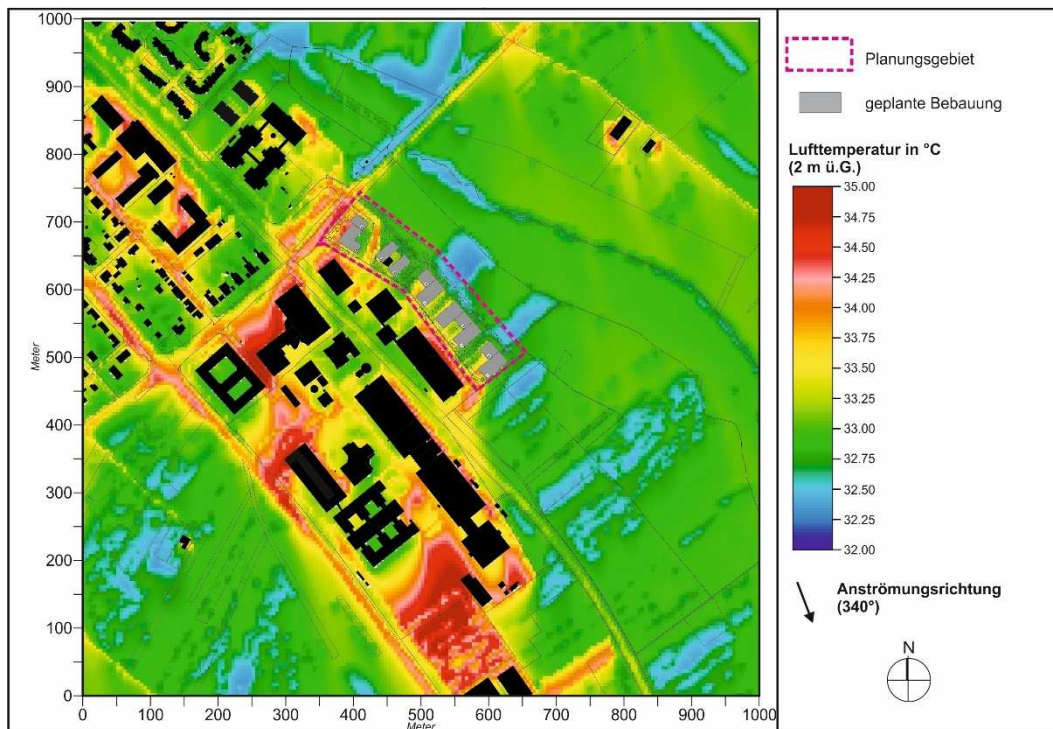


Abbildung 35: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

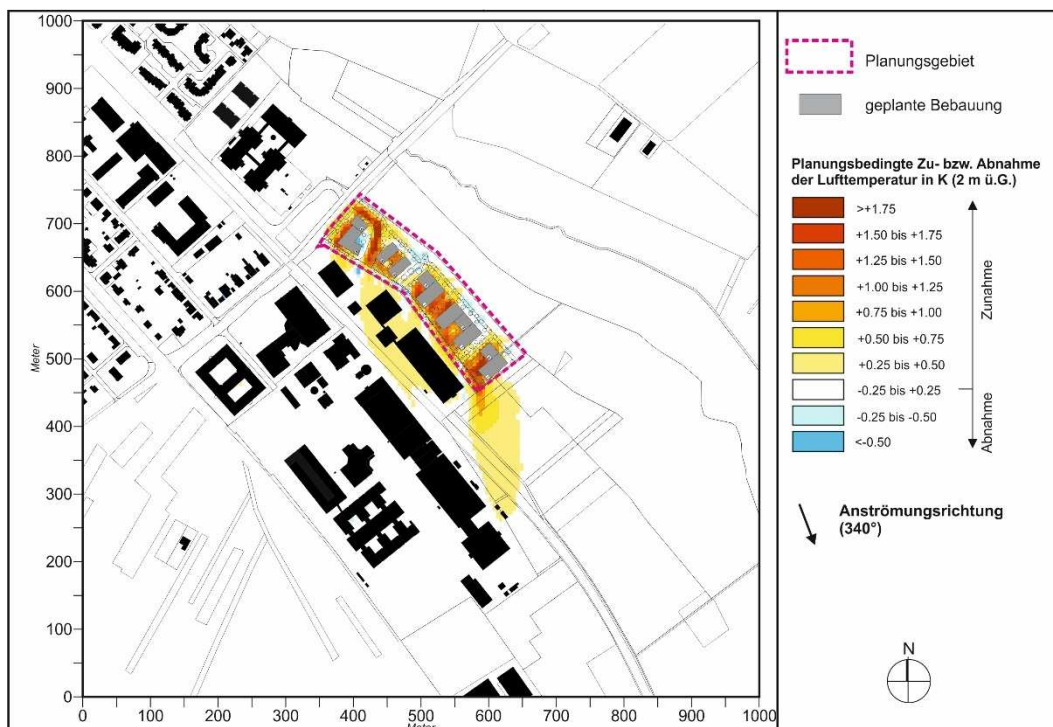


Abbildung 36: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

In den **Abbildungen 37** und **38** sind die Ergebnisse von PET-Simulationen exemplarisch für einen typischen Sommertag vergleichend für den **Ist-** und **Plan-Zustand** dargestellt.

Bei den PET-Werten machen sich vermehrt die Oberflächentemperaturen in der thermischen Bewertung bemerkbar. Die vorgesehenen Erschließungs- und Parkierungsflächen verursachen durch ihre Wärmeabstrahlung eine recht hohe bioklimatische Belastung. In diesen Bereichen werden PET-Werte von ca. 45 – 49 °C (sehr starke Wärmebelastung mit Hitzestress) simuliert. Deutlich günstiger stellen sich die bioklimatischen Verhältnisse im Baumschatten dar, wo PET-Werte von unter 35°C (= moderate Wärmebelastung) möglich sind. Die bioklimatisch günstige Wirkung von Verschattungen tritt deutlich hervor.

Bioklimatisch positiv wirken im vorgelegten Planungsentwurf die begrünten, locker baumüberstellten Abstandsflächen zwischen den einzelnen Baufeldern. Diese stellen innerhalb des Planungsgebiets bioklimatische Entlastungsräume dar, wodurch 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 der Pausengestaltung von Beschäftigten erwünscht.

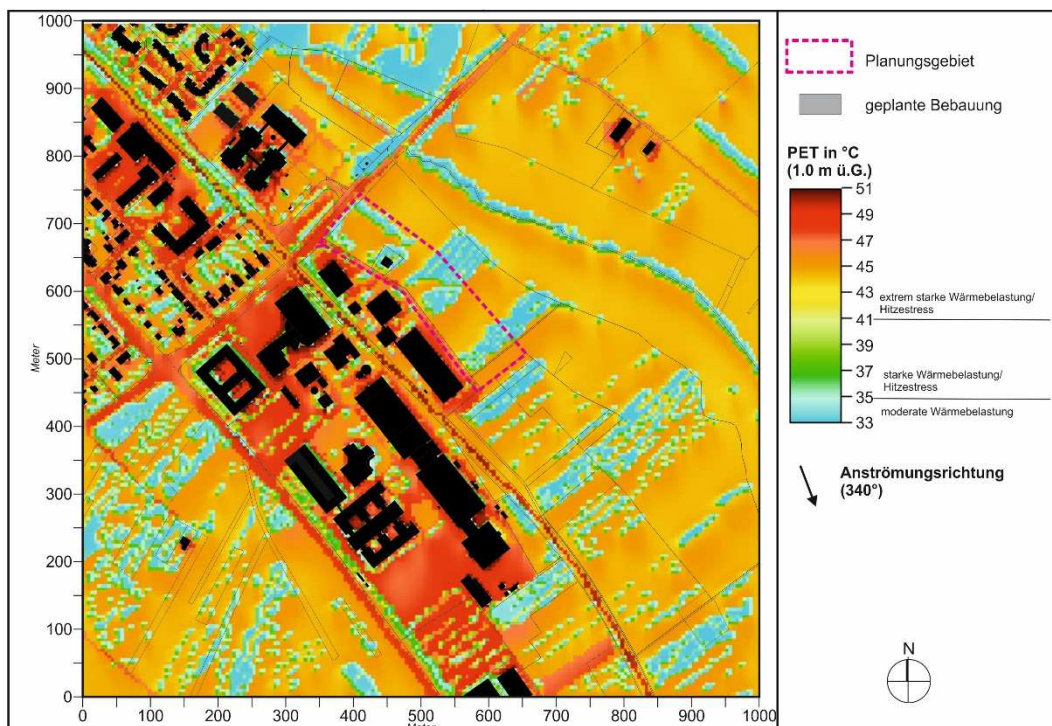


Abbildung 37: Ist-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

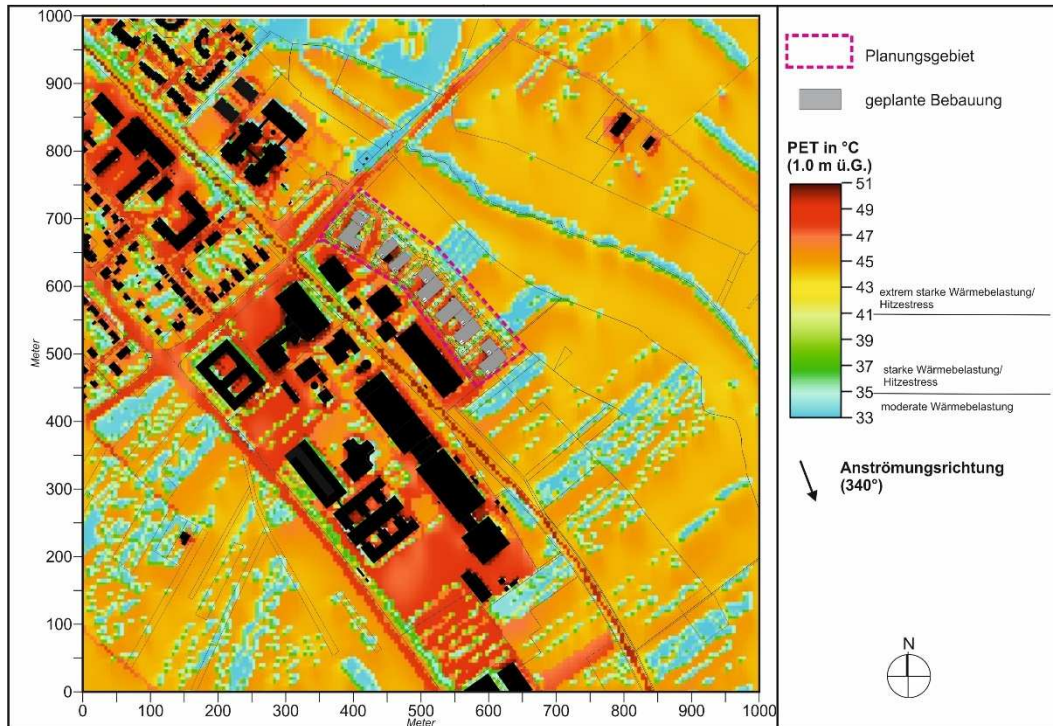


Abbildung 38: Plan-Zustand - Ergebnisse der PET-Simulationen. PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

Die Differenzendarstellung zwischen Ist- und Plan-Zustand (**Abbildung 39**) belegt, dass sich die planungsbedingte bioklimatische Zusatzbelastung auf den unmittelbaren Nahbereich des Planungsstandortes beschränkt und nur sehr gering ist. Außerhalb des Planungsgebiets wird eine bioklimatische Zusatzbelastung von weniger als 1.0 K berechnet. Derartige Zusatzbelastung sind aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren.

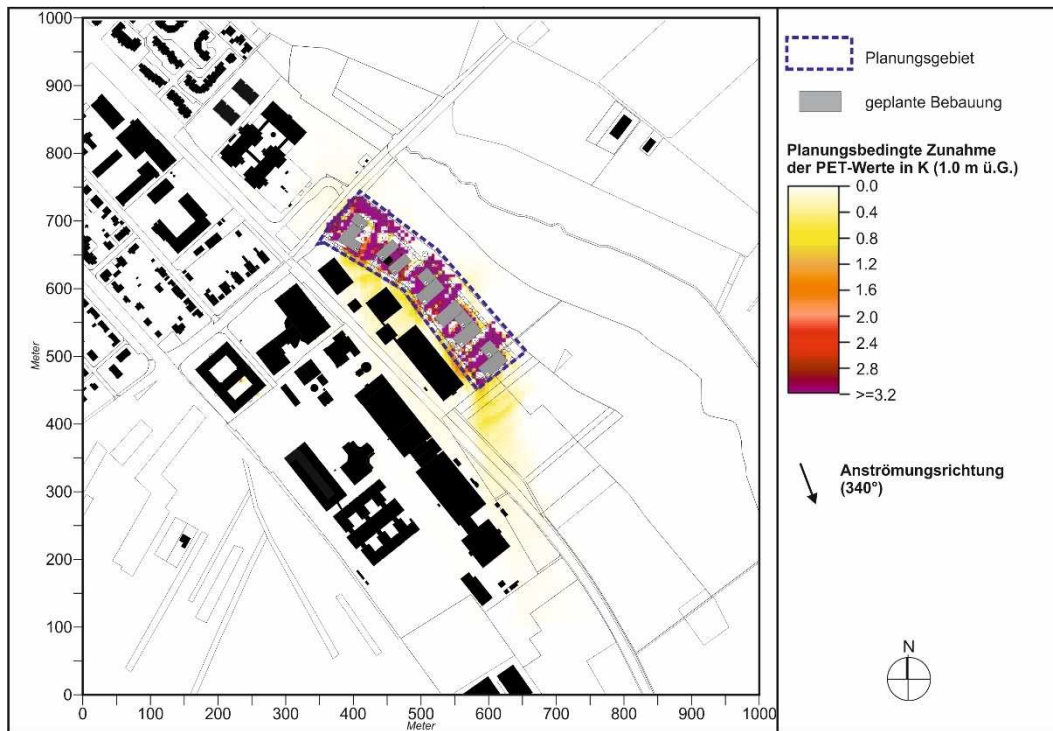


Abbildung 39: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der PET-Simulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der PET-Werte 1 m ü.G. (14 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 2.0 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.

6.2.2 Thermische Situation in einer warmen Sommernacht (01.07.) mit vorherrschendem 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 Hang- bzw. Talabwinden befindet.

In der vorgegebenen warmen Sommernacht werden im **Ist-Zustand (Abbildung 40)** im Planungsgebiet Lufttemperaturen zwischen ca. 22.50°C und 24.00° berechnet. Entlang des Westerbachs zeigen sich niedrigste Lufttemperaturen von ca. 22.00°C.

Die nächtlichen Kaltluftabflüsse forcieren auch in der Bestandsbebauung südwestlich des Straßenzugs Am Auernberg die nächtliche Abkühlung. So werden im Bereich der Gewerbeflächen zwischen S-Bahntrasse und Am Auernberg trotz großflächig versiegelter Areale stellenweise um ca. 3.40 K niedrigere Lufttemperaturen bestimmt als im Bereich der Gewerbegebietsflächen westlich der S-Bahntrasse.

Im **Plan-Zustand (Abbildungen 41 und 42)** bewirken die neuen Baukörper und versiegelten Flächen gegenüber dem Ist-Zustand örtlich eine Lufttemperaturzunahme um ca. 0.40 – 1.80 K. Eine deutlichere Abschwächung des nächtlichen Lufttemperaturrückgangs wird durch den weiterhin steten Kaltluftzustrom über das Westerbachtal unterbunden. Südlich des Planungsgebiets sind bis in eine Entfernung von ca. 400 m gegenüber dem Ist-Zustand noch um ca. 0.40 – 0.80 K höhere Lufttemperaturen zu bilanzieren. Eine bedenkliche thermische Zusatzbelastung ist hieraus nicht abzuleiten. Wohnbebauung ist von keinen planungsbedingten Lufttemperaturzunahmen betroffen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die im Planungsentwurf bereits angeführten grünordnerischen Maßnahmen im Bebauungsplan festgesetzt werden.

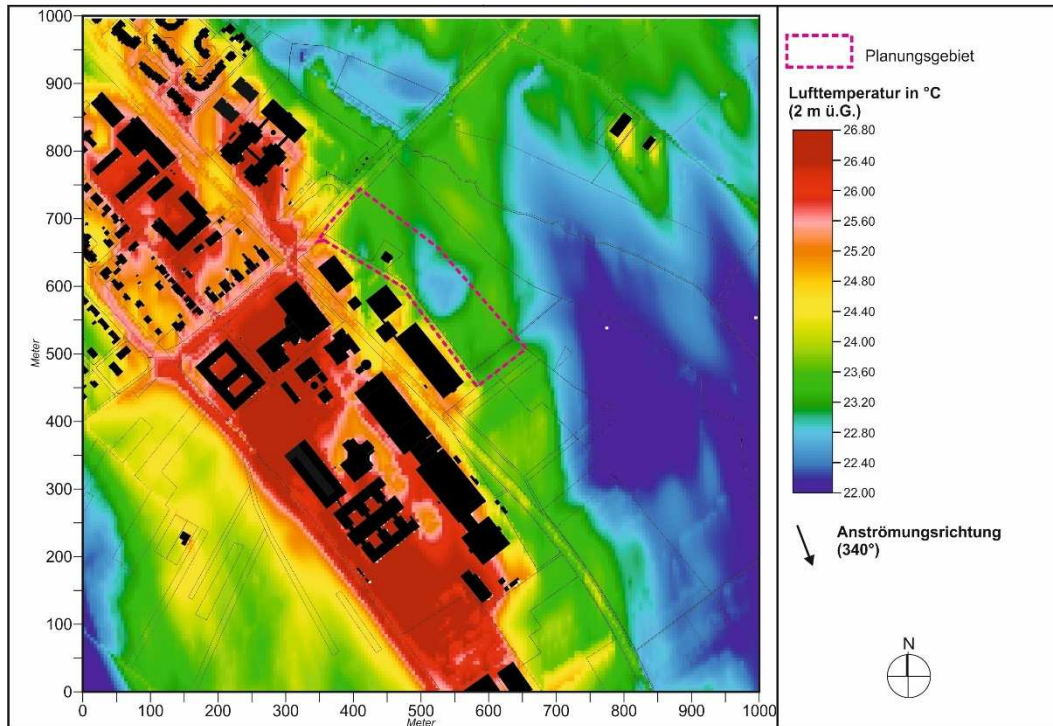


Abbildung 40: Ist-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

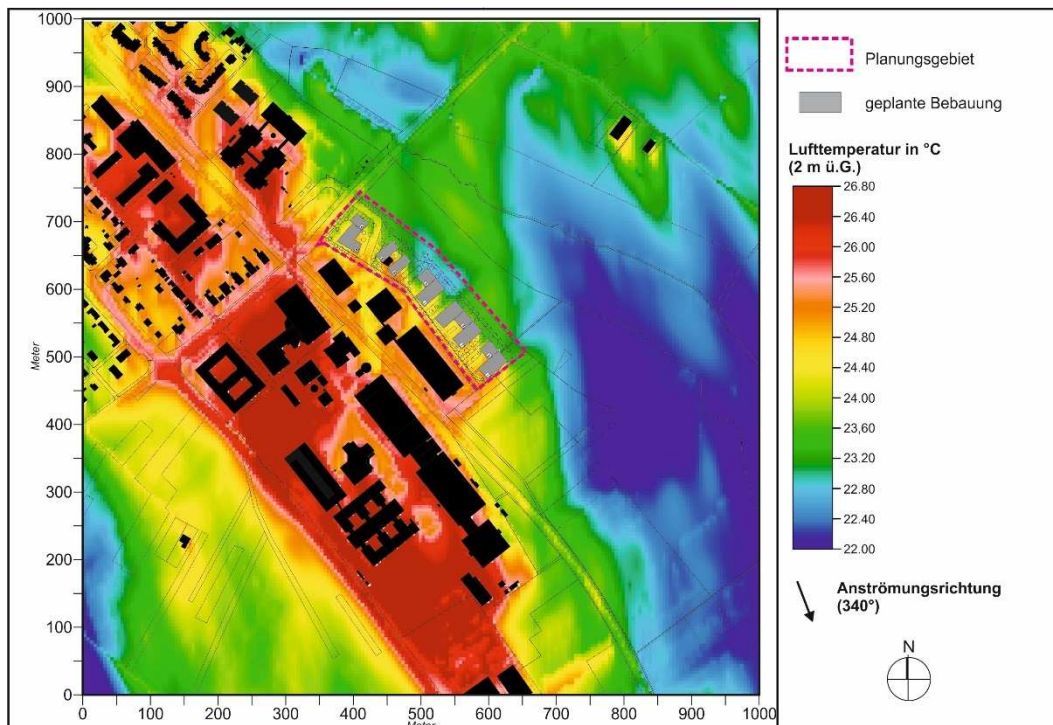


Abbildung 41: Plan-Zustand - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr), Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

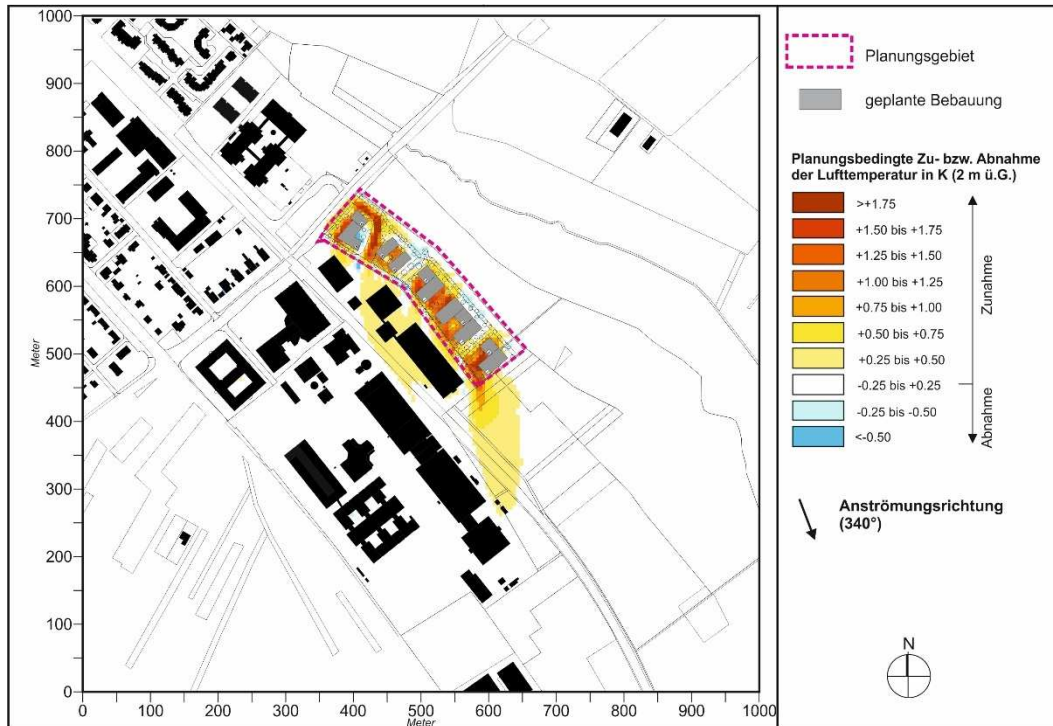


Abbildung 42: Vorher-Nachher-Vergleich - Ergebnisse der Lufttemperatursimulationen. Planungsbedingte Zu- bzw. Abnahme der Lufttemperatur 2 m ü.G. (23 Uhr) gegenüber dem Ist-Zustand, Windanströmung aus Nordnordwesten mit 1.0 m/s in einer Höhe von 15 m ü.G.

7 Kurzzusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Bewertung und Planungsempfehlungen

In der Stadt Kronberg im Taunus ist nordöstlich des Straßenzugs Am Auerbach ein ergänzender Gewerbestandort geplant. Die Planfläche „Am Auernberg“ mit einer Gesamtfläche von ca. 2.8 ha ist aktuell von Wiesen, Landwirtschaftsflächen sowie Gehölzarealen geprägt.

Der zur klimaökologischen Prüfung vorgelegte Planungsentwurf für das Gewerbegebiet „Am Auernberg“ (AS+P GMBH 2025) sieht vor, die bestehenden Gewerbenutzungen östlich der S-Bahntrasse durch eine weitere Baureihe zu ergänzen.

Im Bereich der beiden nordwestlichen Baufelder sind größtenteils 4-geschossige Bauweisen angedacht. Eine 6-geschossige Gebäudekubatur am Nordrand, soll den Stadteingang nach Kronberg betonen. Für die drei südöstlichen Baufelder ist eine 1- bis 2-geschossige Bauweise geplant.

Der bestehende Anschluss des Straßenzugs Am Auernberg an die L 3015 wird nur noch als redundante Notzufahrt erhalten. Die Gebietszufahrt wird in Richtung Nordosten verlegt, um so den Abstand zum Bahnübergang zu vergrößern. Die Regionalparkroute wird nordöstlich der Baufelder ebenfalls über den neugeschaffenen Knotenpunkt geführt.

Neben den privaten Grünflächen auf den Grundstücken bildet die Regionalparkroute ein öffentliches Grün- und Freiraumelement mit Verbindungs- und punktuellen Aufenthaltsfunktionen. Darüber hinaus ist eine öffentliche Grünfläche vorgesehen, die Raum für eine perspektivische Wegeverbindung über die Bahnlinie hinweg vorhält und gleichzeitig Retentionsfunktionen übernehmen kann. Entlang der Bestandsstraße kann das Parken unter Bäume organisiert werden (AS+P GMBH 2025).

Die Dachflächen der möglichen Gewerbebauten sollen begrünt und mit PV-Anlagen ausgestattet werden.

Durch die Lage des potenziellen Gewerbegebiets am Übergangsbereich zum Westerbachtal befindet sich das Planungsgebiet in einer stadtklimatisch sensiblen Stelle.

Laut dem Regionalen Flächennutzungsplan des Regionalverbands FrankfurtRhein-Main 2010 befindet sich das Planungsgebiet in einem regionalen Grünzug, der als Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen dient (u.a. Kaltluftbildung, Kaltluftbewegungsfläche).

Entsprechend weist das Ergebnis einer interaktiven Umweltprüfung (WebSUP, REGION FRANKFURTMAIN) darauf hin, dass mit dem Planungsvorhaben in ein siedlungsrelevantes Kaltlufteinzugsgebiet eingegriffen wird.

Bei baulichen Eingriffen bzw. Flächenumwidmungen sind Versiegelungen und bauliche Barrieren möglichst zu minimieren.

7.1 Einfluss der 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-Niederhöhnstadt, Schwalbach im Taunus) keine thermische Zusatzbelastung auszulösen.

Die Ergebnisse der mesoskaligen Kaltluftströmungssimulationen dokumentieren, dass in siedlungsklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten (ca. 22% der Nächte im Jahr) durch die angestrebte Bebauung „Am Auernberg“ die kaltluftspezifische Belüftung entlang des Westerbachtals nicht gravierend beeinträchtigt wird. Am Nordrand der Ortslage Niederhöhnstadt (= Kaltluftzielgebiet) führen die planungsbedingten Stau- und Windschatteneffekte in der ersten Nachthälfte zu einer Abnahme des lokalen Kaltluftvolumenstroms um ca. 0.9%. In der zweiten Nachthälfte ist eine Einbuße um ca. 0.6% zu bilanzieren.

Laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) ist bei Kaltluftströmungen erst eine Verringerung der Abflussvolumina oder der Abflussgeschwindigkeit von mehr als 10% gegenüber dem Ist-Zustand als „gravierender Eingriff“ mit nachteiligen Folgen im Kaltluftzielgebiet zu bewerten.

Die berechnete Abnahme des lokalen Kaltluftvolumenstroms im Kaltluftzielgebiet Niederhöhnstadt ist als nur geringe Beeinträchtigung der kaltluftspezifischen Belüftung einzustufen, die angesichts des verbleibenden Kaltluftentstehungspotenzials entlang des Westerbachs als vertretbar einzustufen ist.

Der kaltluftbedingte Belüftung in Richtung Schwalbach im Taunus erfährt durch die Planung ebenfalls keine nennenswerte Beeinträchtigung.

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

Gegenüber dem Ist-Zustand werden im Plan-Zustand im neuen Gewerbestandort „Am Auernberg“ am Tag zwar um ca. 0.25 – 1.75 K höhere Lufttemperaturen berechnet, die thermischen Auswirkungen auf die Umgebung bleiben allerdings recht gering, da die gewählte Gebäudestruktur am Tag eine recht intensive Belüftung ermöglicht, wodurch Wärmestaus unterbunden werden.

In den bestehenden Gewerbegebietsflächen südwestlich des Straßenzugs Am Auernberg und bis in eine Entfernung von ca. 200 m südlich des Planungsgebiets sind planungsbedingte Lufttemperaturzunahmen von ca. 0.25 – 0.75 K zu bilanzieren. Werte unter 1.00 K sind im Allgemeinen im Freien kaum spürbar.

Herrschen am Tag Ostwinde vor, so sind vergleichbare thermische Zusatzbelastungen im Bereich der nächstgelegenen Wohnbebauung Am Schanzfeld zu erwarten.

Die numerischen Modellrechnungen zum Bioklima zeigen, dass sich die planungsbedingte Wärmezusatzbelastung auf den unmittelbaren Nahbereich des Planungsstandortes beschränkt und nur sehr gering ist. Außerhalb des Planungsgebiets wird eine bioklimatische Zusatzbelastung (PET – Physiologische Äquivalenttemperatur) von weniger als 1.0 K berechnet. Derartige Zusatzbelastung sind aus klimaökologischer Sicht zu akzeptieren.

In den Nachtstunden bewirken die neuen Baukörper und versiegelten Flächen gegenüber dem Ist-Zustand örtlich eine Lufttemperaturzunahme um ca. 0.40 – 1.80 K. Eine deutlichere Abschwächung des nächtlichen Lufttemperaturrückgangs wird durch den weiterhin steten Kaltluftzustrom über das Westerbachtal unterbunden. Südlich des Planungsgebiets sind bis in eine Entfernung von ca. 400 m gegenüber dem Ist-Zustand noch um ca. 0.40 – 0.80 K höhere Lufttemperaturen zu bilanzieren. Eine bedenkliche thermische Zusatzbelastung ist hieraus nicht abzuleiten. Wohnbebauung ist von keinen planungsbedingten Lufttemperaturzunahmen betroffen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die im Planungsentwurf bereits angeführten grünordnerischen Maßnahmen im Bebauungsplan festgesetzt 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.

7.2 Planungsempfehlungen

Angesichts der in Kap. 5 angeführten Prognosen zu den Klimawandelfolgen, die u.a. eine deutliche Zunahme von heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) erwarten lassen, muss es Ziel der Planung sein, trotz der räumlich eng begrenzten klimatischen Negativwirkung der 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 Gewerbegebieten gefordert (siehe **Abbildung 43**), um den Vorgaben des am 1. Juli 2024 in Kraft getretenen Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) zu entsprechen.



Abbildung 43: Deckblatt der HLNUG-Broschüre „Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft“

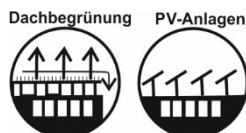
https://hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/Gewerbegebiete-_klimaangepasst_und_fit_web.pdf

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 Straßenraumgestaltung
- Grüne Infrastruktur
- Strömungsdynamik / Ventilation und Bebauungsstrukturen

Dachbegrünung:



Der vorgelegte Planungsentwurf des Planungsbüros von AS+P GMBH sieht für die Dachflächen der Gewerbebauten Dachbegrünungen vor, die u.a. der Klimaanpassung dienen. Zusätzliche PV-Anlagen leisten einen Beitrag zum Klimaschutz (CO₂-Reduktion). Sie sollten, wo technische Dachaufbauten dem nicht entgegenstehen, in Kombination mit einer extensiven Dachbegrünung realisiert werden.

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 Stauaufwirbelung 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 eingestrahelten 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. Lärminderung 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 (siehe **Abbildung 44**). Durch die niedrigeren Oberflächentemperaturen der Dachoberfläche wird die Leistung der Solarmodule erhöht.

Aus klimaökologischer Sicht wären sogenannte Retentions Gründächer zu bevorzugen. Hierbei wird der Ablauf der Dachfläche mit einem Drosselement 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.



Abbildung 44: Beispielhafte Darstellung einer extensiven Dachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen (Fotoaufnahme: ÖKOPLANA)

Fassadenbegrünung:

Fassadenbegrünung



Durch eine Begrünung von Fassadenflächen (siehe **Abbildung 45**) 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.

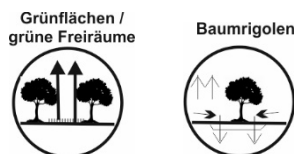
Für die Luftreinhaltung sind begrünte Fassaden ebenfalls von Vorteil. Die Vegetation filtert Feinstaub und Schadstoffe aus der Luft und verbessert dadurch die Luftqualität. Auch für die Biodiversität sind begrünte Fassaden positiv. Sie bilden Lebensräume und können durch eine gezielte Bepflanzung mit 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 45: Beispielhafte Fassadenbegrünung (Bild freigegeben von: ©VERTIKO GmbH)
<https://www.vertiko.de/begrueunungen-loesungen/living-wall-outdoor/>

Schaffung grüner Freiräume:



Der Planungsentwurf des Planungsbüros AS+P GMBH sieht im Planungsgebiet bereits die Entwicklung begrünter Freiräume mit zahlreichen Baum- und Strauchpflanzungen vor. Wie die durchgeführten Modellrechnungen zu den thermischen / bioklimatischen Verhältnissen dokumentieren, kann damit im Gewerbebestandort eine Vielfalt an unterschiedlichen Mikroklimaten realisiert werden, wodurch Freiflächen ganzjährig für die Beschäftigten Aufenthaltsqualitäten bieten. Die in **Abbildung 6** skizzierte Lage von Bäumen/Sträuchern und Grünflächen im Planungsgebiet kann unterstützt werden.

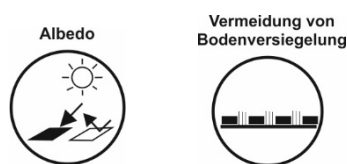
Im Baumschatten wird die thermische Belastung an warmen/heißen Sommertagen effektiv reduziert. Die durchgeführten Modellrechnungen zum Bioklima belegen, dass am frühen Nachmittag unter Bäumen die gefühlte Temperatur (PET) um bis zu 10°C niedriger ist als in unbeschatteten Bereichen mit gleicher Bodenbedeckung. Die beschatteten Flächen speichern weniger Wärme, wodurch zudem der nächtliche Wärmeinseleffekt herabgesetzt wird.

Der zusätzlich kühlende Verdunstungseffekt von Bäumen ist stark abhängig von der Wasserverfügbarkeit. Wird ein Baum in Trockenperioden bewässert, kann er mehr Wasser verdunsten und der Kühleffekt ist größer als bei einem unbewässerten Baum, dem der ausgetrocknete Boden kaum Wasser liefert.

Daher kommt es zur Reduktion der Wärmebelastung auch auf die Pflege und eine sorgfältige Vorbereitung der Pflanzgruben an.

So kann zum Beispiel durch den Einsatz von Baumrigolen der Wasserhaushalt eines Baumes optimiert werden. In der Rigole kann Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und gespeichert werden, so dass es zu einem späteren Zeitpunkt zur Bewässerung des Baumes eingesetzt werden kann. Vor allem in den ersten Jahren nach der Pflanzung müssen Jungbäume bei anhaltender Trockenheit regelmäßig bewässert werden.

Berücksichtigung des Albedo-Effektes, Minimierung der Bodenversiegelung:



Damit günstige thermische/bioklimatische Umgebungsbedingungen gesichert werden, sind neue befestigte Erschließungswege, wie im Planungsentwurf (**Abbildung 7**) bereits berücksichtigt, auf das nur notwendige Maß zu begrenzen. Zudem sollten neue Wege- und Platzflächen mit möglichst hellen Oberflächenbelägen (z.B. hellgrauer Belag) oder wassergebundenen Decken ausgestattet werden. Es sollte für Pflasterbeläge ein Hellbezugswert (engl. Albedo)⁷ zwischen ca. 40.0 und 60.0 gewählt werden (siehe **Abbildung 46**).

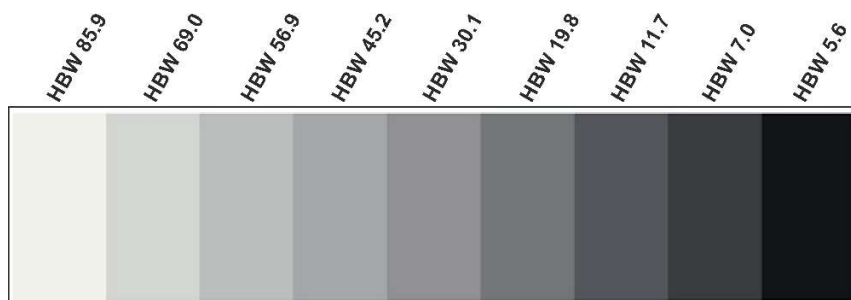


Abbildung 46: Hellbezugswerte unterschiedlicher Grautöne (aus: <https://www.brillux.de>)

Wie **Abbildung 47** zeigt, weisen graue Pflasterbeläge gegenüber schwarzen Asphaltflächen deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf, wodurch in den Abendstunden die nächtliche Abkühlung forciert wird. Allerdings wird die kurzzeitige Strahlung am Tag bei hellen Materialien gegenüber dunklen Belägen erhöht, was sich negativ auf das thermische Empfinden auswirkt. Diesem kann im vorliegenden Fall aber mit den Verschattungseffekten der vorgesehenen Bäume wirkungsvoll entgegengewirkt werden.

Bei Parkplätzen sind Rasengittersteine/Rasenfugenpflaster zu wählen.

⁷ 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.

Die Vorteile geringerer Bodenversiegelungen sind u.a.:

- Reduktion vom Regenwasserabfluss und Wasserspeicherung im Boden,
- erhöhte Verdunstung vom Boden,
- geringere Oberflächentemperaturen.

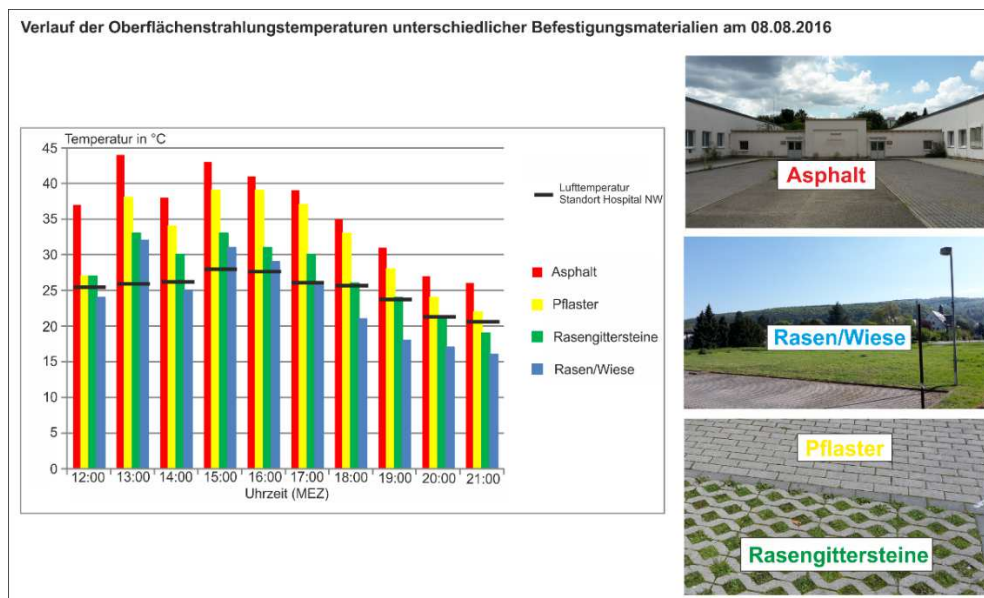


Abbildung 47: Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Bodenbedeckungsarten
(Aufnahme: ÖKOPLANA, AUS: GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH, ÖKOPLANA 2017)

Planungshinweis:

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zum nächtlichen Kaltluftprozessgeschehen, zur Strömungsdynamik am Tag und zu den thermischen/bioklimatischen Umgebungsbedingungen zeigen, dass die lokalklimatischen Folgeerscheinungen des geplanten Gewerbestandorts „Am Auernberg“ als klimaverträglich einzustufen sind. Aus gutachterlicher Sicht ist sogar eine etwas höhere bauliche Ausnutzung des Planungsgebiets möglich, ohne weiterreichende klimaökologische Negativeffekte auszulösen.

Wie u.a. die Ergebnisse der Kaltluftströmungssimulationen belegen (siehe **Abbildung 30**), bilden die Abstandsflächen zwischen den Baufeldern 3 und 4 sowie 4 und 5 funktionsfähige Belüftungsachsen zwischen dem östlichen Freiraumgefüge und dem Straßenzug Am Auernberg, wodurch die Funktion des Straßenzugs als zukünftige bebauungsinterne Belüftungsachse gestärkt wird.

Zwischen den Baufeldern 2 und 3, in nordöstlicher Nachbarschaft zum langgestreckten Bestandsgebäude Am Auernberg 6 und 8, ist die Funktion der im städtebaulichen Entwurf berücksichtigten Gebäudeabstände als Belüftungssache nicht zwingend erforderlich, da in diesem Bereich die Leitbahnwirkung des Straßenzugs Am Auernberg überwiegt. Hier wäre durchaus eine etwas höhere bauliche Dichte bzw. eine 2- bis 3-geschossige Bebauung denkbar.

Auf dem Baufeld 1, am Übergang zum südöstlichen Freiraumgefüge sollte die 1- bis 2-geschossige Bauweise und die bislang geplante bauliche Dichte beibehalten werden.



Abbildung 48: Planungshinweis zum geplanten Gewerbestandort „Am Auernberg“.
Kartengrundlage: AS+P GmbH (2025)

Burst

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

Mannheim, Oktober 2025

Quellenverzeichnis / weiterführende Schriften

- AS+P GMBH (2025):** Städtebaulicher Rahmenplan Gewerbe, Stadt Kronberg im Taunus. Frankfurt a. M.
- 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.
- BODENT 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. (2002/2022):** ENVI-met - Mikroskaliges Klimamodell. Bochum.
- BRUSE, M. (2003):** Stadtgrün und Stadtklima – Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: LÖBF-Mitteilungen 1/2003. S. 66 – 70.
- 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 sensibler Siedlungsräume bei thermischen Belastungen als Grundlage für die künftige Stadtentwicklung. Dresden.

KING, E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 130, Band 17).

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

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.).

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003/2024 - ENTWURF): VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

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.