

KLIMASTUDIE FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2022



REGION

STADT

QUARTIER

Gesamtstädtische Analyse nach VDI-Richtlinien
für den Wirkraum des Flächennutzungsplans
der Landeshauptstadt Wiesbaden

KLIMASTUDIE FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN 2022

Auftraggeber: Landeshauptstadt Wiesbaden

Stadtplanungsamt in fachlicher Abstimmung
mit dem Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden



Auftragnehmer: INKEK GmbH

Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden



Weatherpark GmbH

Meteorologische Forschung und Dienstleistungen
Ingenieurbüro für Meteorologie
Lindengasse 5/5
A-1070 Wien



Qualitätssicherung: Prof. Dr. Lutz Katzschner

Lohfelden, 10. Oktober 2024


Sebastian Kupski, Dipl.-Ing./ Stadtplaner-IngKH
(Geschäftsführender Gesellschafter)

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung alle Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit und Verständlichkeit die männliche Form gewählt wurde.

Die Erstellung des Gutachtens erfolgte nach Stand der Technik sowie nach bestem Wissen und Gewissen. Klimatische Analysen und Wetterbedingungen unterliegen einer entsprechenden Variabilität, das tatsächliche Eintreten kann naturgemäß nicht sicher prognostiziert werden.

Inhalt

1	HINTERGRUND.....	6
2	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	9
2.1	Ziele von Stadtklimaanalysen und Stand der Technik	10
2.2	Stadtklimatische Bewertung.....	13
3	METHODIK.....	15
3.1	Einführung Klimaanalysekarte	15
3.2	Erstellung von Klimaanalysekarten.....	16
3.3	Vorgehensweise anhand von Themen	18
3.4	Kaltluftmodellierung mit KLAM_21	19
4	DATENGRUNDLAGE UND UNTERSUCHUNGSRAUM	22
4.1	Datenbestand Klimaanalyse Wiesbaden	22
4.2	Messkampagne	27
4.2.1	Stationäre Messungen.....	27
4.2.2	Profilmessfahrt	30
4.2.3	Evaluation der Kontrollmesskampagne.....	31
5	Klimastudie Wiesbaden Teil 1 – Klimaanalysekarte Bestand und Zukunft sowie Vulnerabilitätsanalyse	33
5.1	Klimaanalysekarte anhand von Klimatopen	33
5.2	Legende der Klimaanalysekarte der Landeshauptstadt Wiesbaden	38
5.3	Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden - 2022.....	40
5.4	Klima der Zukunft	41
5.4.1	Voraussichtliche Auswirkungen des projizierten Klimawandels	41
5.4.2	Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden – 2031-2060	43
5.5	Vulnerabilitätsanalyse – Empfindlichkeit und Betroffenheit der Bevölkerung	44
5.5.1	Empfindlichkeit der Bevölkerung	44
5.5.2	Betroffenheit der Bevölkerung.....	46
6	Klimastudie Wiesbaden Teil 2 – Planungshinweiskarte	48
6.1	Einführung und Methodik.....	48
6.2	Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden.....	53
6.3	Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022	56
7	SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK	57
8	QUELLEN	58
9	ANLAGEN	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Täler in Wiesbaden als prägendes lokales Belüftungssystem	7
Abbildung 2: Übersicht der Planungs- und Klimaebenen.....	11
Abbildung 3: Thermischer Wirkungskomplex, bioklimatische Bedingungen im Außenraum	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Analysemethode in <i>mod_GIS</i>	15
Abbildung 5: Schematische Darstellung der städtischen Wärmeinsel	16
Abbildung 6: Funktionsanalyse und -synthese der unterschiedlichen Eingangsdatensätze	18
Abbildung 7: Schematisches Vorgehen zur Erstellung der Klimaanalysekarte der LHW	19
Abbildung 8: Kaltlufthöhe, 3 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftbildung. Berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21, ohne Maßstab (Original in Anhang).....	20
Abbildung 9: Kaltluftvolumenstrom, 3 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftbildung. Berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21, ohne Maßstab (Original in Anhang)	21
Abbildung 10: Unterschiedliche Rasterweiten links: Landnutzung, rechts: digitales Geländemodell	23
Abbildung 11: Windrose der Station Wiesbaden Süd (2000 – 2019), HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)	24
Abbildung 12: Anzahl der Sommertage Luftpessstation Wiesbaden Süd	25
Abbildung 13: Anzahl der Hitzetage Luftpessstation Wiesbaden Süd	25
Abbildung 14: Anzahl der Tropennächte Luftpessstation Wiesbaden Süd	25
Abbildung 15: Anzahl der Sommertage Luftpessstation Ringkirche	26
Abbildung 16: Anzahl der Hitzetage Luftpessstation Ringkirche	26
Abbildung 17: Anzahl der Tropennächte Luftpessstation Ringkirche	26
Abbildung 18: Lage der Messstationen im Wiesbadener Stadtgebiet	28
Abbildung 19: Auswertung unterschiedlicher Tagesgänge, dargestellt durch die Lufttemperatur in °C 14.06. - 15.06.2022 (Daten: INKEK GmbH)	28
Abbildung 20: Messfahrzeug der INKEK GmbH bei der Messkampagne im Sommer 2022	30
Abbildung 21: Auswertung Temperatormessfahrt am 15. Juni 2022 in den frühen Nachtstunden (Daten: INKEK GmbH)	31
Abbildung 22: Legende der Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, Teil 1	38
Abbildung 23: Legende der Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, Teil 2	39
Abbildung 24: Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang).....	40
Abbildung 25: Klimaanalysekarte Zukunft (2031-2060) Landeshauptstadt Wiesbaden, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)	43
Abbildung 26: Empfindlichkeit der Bevölkerung Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)	45
Abbildung 27: Betroffenheit der Bevölkerung Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)	47
Abbildung 28: Empfohlene Anwendungsreihenfolge bei der Verwendung von Stadtklimakarten	48
Abbildung 29: Schematische Darstellung der Methodik der Planungshinweiskarte LHW	49
Abbildung 30: Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Ausgleichsräume (aus Wiesbaden und vergleichbaren Orten)	49
Abbildung 31: Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Lasträume (aus Wiesbaden und vergleichbaren Orten)	50
Abbildung 32: Teil 1 der Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022 (Ausgleichsräume, Grün- und Freiflächen).....	54
Abbildung 33: Teil 2 der Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022 (Lasträume, Siedlungsflächen)	55
Abbildung 34: Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang).....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010).....	14
Tabelle 2: Eingangsdaten Klimastudie Landeshauptstadt Wiesbaden	22

1 HINTERGRUND

Im Rahmen der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde ein Klimagutachten für das gesamte Stadtgebiet erarbeitet. Damit steht eine Grundlage für eine nachhaltige klimaresiliente und klimaangepasste Stadtentwicklung und Bauleitplanung zur Verfügung.

Laut der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS Fortschrittsbericht, BMUV 2020) nimmt die Stadt- und Raumplanung eine „Schlüsselrolle im Bereich der Klimaanpassung“ ein. Da sich die zunehmende Hitzebelastung negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt, ist im Themenbereich „Stadtklima und Luftqualität“ ein großer Handlungsbedarf gegeben. Eine zusammenfassende und aktuelle Beschreibung der Auswirkungen des Klimawandels, auf die hier Bezug genommen wird, findet sich u.a. in „Klimawandel in Deutschland“ von Brasseur et al. (2023).

Die rechtliche Grundlage der Notwendigkeit stadtökologischer Erhebungen im Planungsprozess, auch vor dem Hintergrund des projizierten globalen Klimawandels, stellt neben dem Raumordnungsrecht insbesondere das Baugesetzbuch (BauGB) dar. Gemäß § 1 Absatz 5 Satz 2 BauGB sollen Bauleitpläne u. a. dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, speziell auch in der Stadtentwicklung, zu fördern. Gemäß § 1 Absatz 6 Ziffer 7 BauGB sind bei der Aufstellung von Bauleitplänen u. a. die Schutzgüter „Luft“ und „Klima“ zu berücksichtigen, entsprechend sollen Fachinformationen in Stadtklimakarten umgesetzt und durch daraus abgeleitete Planungshinweiskarten ergänzt werden.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Landeshauptstadt Wiesbaden sowohl in der Ist-Situation als auch in der Zukunft zu analysieren, um Grundlagen für die räumliche Interpretation zur Klimawirkung von Vegetation, Baudichten bzw. Bauhöhen etc. zu erhalten, womit flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden.

Die Landeshauptstadt Wiesbaden liegt am rechten Ufer des Rheins gegenüber der rheinlandpfälzischen Landeshauptstadt Mainz. Das nördliche Stadtgebiet wird durch den Taunus mit seinem in nordöstlicher Richtung verlaufenden Hauptkamm begrenzt. Das Stadtgebiet erstreckt sich von den Taunushöhen über das Taunusvorland, den Wiesbadener Kessel und den Rheingau hinunter zur Rheinebene, mit einem Höhenunterschied von mehr als 500 m.

Die unbebauten Flächen und Waldstücke wirken als Frisch- und Kaltluftproduzenten. Die von den bewaldeten Hängen oder von den landwirtschaftlichen Flächen abfließende Kaltluft wird durch die Bachtäler in die Innenstadt geleitet und trägt dort an heißen Tagen zur Abmilderung des lokalen Klimas bei. Die Flusslandschaften von Rhein und Main wirken als regional bedeutsame Ventilationsbahnen.

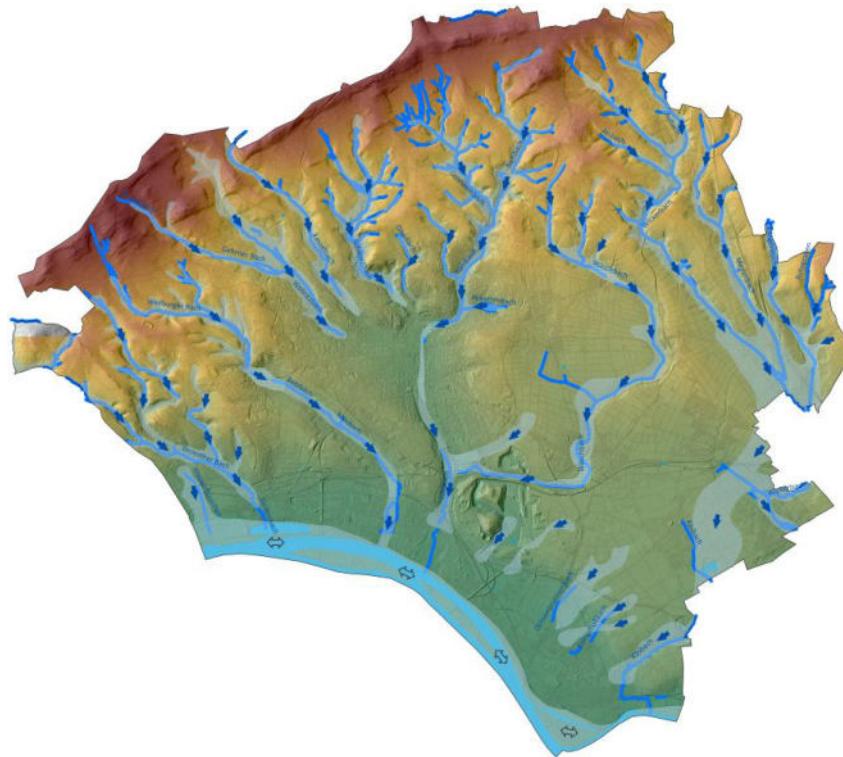


Abbildung 1: Täler in Wiesbaden als prägendes lokales Belüftungssystem

Basis für die Erstellung der Analyse bildet dabei die aktuelle Fassung der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1: 2015-09 (Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen).

Die Anfertigung dieses Berichts basiert auf den Vorgaben der Leistungsbeschreibung zur Klimastudie (2021):

- AP1 Grundlagenbeschaffung (siehe Kapitel 1 bis 3)
- AP2 Bestandsaufnahmen und Stadtclimaanalyse (siehe Kapitel 4 und 5)
- AP3 Konflikt und Potenzialanalyse – Bestand (aktuelle Bedingungen und Klimawandel, Vulnerabilitätsanalyse) (siehe Kapitel 5.4 und 5.5)
- AP4 Konflikt und Potenzialanalyse – Planung (Stadtentwicklungsszenarien) (siehe Kapitel 6).

Nach einer Einleitung zur Klimastudie wird die Aufgabenstellung erläutert (siehe Kapitel 2), anschließend wird die methodische Herangehensweise zur Anfertigung von Stadtclimaanalysen ausführlich erläutert (Kapitel 3). Daran schließt sich das Kapitel 4 an, das sowohl die Datengrundlage näher erläutert als auch die Messkampagne beleuchtet, deren Messergebnisse Teil der Klimaanalysekarte sind. Das Kapitel 5 beinhaltet die eigentlichen stadtclimativen Betrachtungen, mit den Schwerpunkten Konflikt- und Potenzialanalyse. Hier wird die Bestandssituation mit aktueller Bebauung (Stand 2022) dargestellt und erläutert. Ebenso wird das Klima der Zukunft betrachtet. Als Ergebnis wird die Klimaanalysekarte 2022 (Bestand) vorgestellt sowie die entsprechende Klimaanalysekarte der Zukunft (2031-2060). In das Kapitel 5 fließt außerdem die Vulnerabilitätsanalyse ein. Kapitel 6 fokussiert

die Planungshinweiskarte. Sie basiert auf der Klimaanalysekarte, den Auswirkungen des projizierten Klimawandels und der potenziellen Betroffenheit der Bevölkerung und enthält konkrete Planungsempfehlungen mit Verortung für die Landeshauptstadt Wiesbaden. In Kapitel 7 erfolgt die Schlussbetrachtung.

Die Klimastudie für die Landeshauptstadt Wiesbaden 2022 wurde im Jahr 2021 ausgeschrieben und beauftragt. Im Sommer 2022 fand die Klimamesskampagne statt und die Datengrundlage für die Berechnungen der Klimaanalysekarte 2022 (Biotoptypenkartierung und Gebäudedaten) wurden festgelegt. Dies stellt die Basis für alle folgenden Arbeitsschritte dar.

2 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Der ausgeprägte Hitzesommer im Jahr 2018 und die ebenfalls sehr heißen Folgejahre 2019 und 2020 zeigten durch die extrem langen und trockenen Hitzephasen die projizierten Auswirkungen des voranschreitenden Klimawandels auf. Auch der Sommer 2023 war zum 27. Mal in Folge in Deutschland zu warm (Bilanz Deutscher Wetterdienst (DWD) 30.08.2023). Insbesondere heiße Tage sind belastend für den menschlichen Körper und wirken sich somit direkt auf die Gesundheit aus. Aber auch bauliche Infrastrukturen können durch dauerhaft hohe Temperaturen beeinträchtigt werden und urbane Lebensqualität mindern. In Wiesbaden ist „die Anzahl der Sommer- und heißen Tage seit Beginn der 1990er Jahren sprunghaft angestiegen“ (Landeshauptstadt Wiesbaden 2021, S. 7), sodass zukünftig verstärkt auch von stadtplanerischer Seite auf diese klimatischen Kennzahlen eingegangen werden muss.

Die angewandte Stadtklimatologie befasst sich seit geraumer Zeit mit Analysemethoden, die direkte Grundlagen für eine Vielzahl planerischer Fragestellungen hervorbringen. Das Stadtklima setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen, da es sowohl durch thermische (Überwärmung) als auch dynamische Aspekte (Belüftung) geprägt wird. Starken Einfluss hat dabei der Mensch, da durch seinen Eingriff in die Umwelt auch die klimatischen Bedingungen beeinflusst und verändert werden. Ausgehend von einem hohen Versiegelungsgrad der Oberflächen, dem teilweise sehr geringen Vegetationsanteil, der Wärmespeicherfähigkeit der verwendeten Materialien sowie dem eingeschränkten Luftaustausch aufgrund der hohen Bodenrauigkeit stellt der städtische Raum im Vergleich zum Umland eine veränderte klimatische Ausgangslage dar. Darüber hinaus wird das Stadtklima auch im Bezug zum Klimawandel betrachtet und bewertet (Kuttler et al. 2023).

Ziel dieser Untersuchung ist es, das Gebiet in der Ist-Situation sowie in der Zukunft detailliert zu analysieren, um Grundlagen für die räumliche Interpretation der Klimawirkung von Vegetation, Baudichten bzw. Bauhöhen zu erhalten. Auf diese Weise sollen flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden. In der generierten Klimaanalysekarte (KAK) können die klimatischen Wechselwirkungen der Klimatope (d. h. Gebiete ähnlicher mikroklimatischer Ausprägung) sowie lokale als auch regionale dynamische Prozesse (z. B. Luftleitbahnen, Kalt- und Frischluftabflüsse) abgelesen werden.

Geeignete Wetterlagen für stadtklimatische Untersuchungen laut DMG (Deutsche Meteorologische Gesellschaft) sind:

„Für das Erkennen von lokalklimatischen Einzelheiten geeignete Wetterlagen sind von hohem Luftdruck geprägt, bei denen nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Die geringe Windgeschwindigkeit verhindert die Zufuhr von neuen Luftmassen: Innerhalb einer einheitlichen Luftmasse erreichen die lokalklimatischen Eigenheiten ihre größten Gegensätze. Geringe oder fehlende Bewölkung bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimaelemente, z. B. Temperatur, Feuchte und Wind.“

2.1 Ziele von Stadtklimaanalysen und Stand der Technik

Das Signal, welches von Klimaveränderungen ausgeht, wird sich in Stadtgebieten verstärkt auswirken. Die Zunahme an austauscharmen Strahlungswetterlagen vermehrt den Hitzestress vor allem innerhalb windschwacher Stadträume. Zu beachten ist somit, wie sich der Wärmeinseleffekt und die Belüftung auf die Lufthygiene und den thermischen Komfort auswirken.

Damit Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten auch zukünftig gesichert sind und lebenswerte urbane Räume weiterhin ermöglicht werden, muss die Planung schon heute städtebauliche Prozesse so optimieren, dass die thermischen Belastungen auch unter extremen Hitzebedingungen sowohl im Freien als auch in den Innenräumen auf ein erträgliches Maß begrenzt bleiben. Praxistaugliche Planungsleitfäden werden auf den unterschiedlichen Ebenen in den Bundesländern entwickelt. Solche Konzepte beinhalten u. a., auf welche Weise in bestehenden städtischen Strukturen der Hitzestress für Menschen minimiert werden kann, sodass ihr thermischer Komfort nur in erträglichem Ausmaß beeinträchtigt wird.

Richtlinien werden vor dem Hintergrund einer stadtplanerischen Anwendung erstellt, um mit einheitlicher und standardisierter Untersuchungsmethodik und Ergebnisdarstellung zur Bewertung des Stadtklimas zu kommen (Baumüller und Katzschnner 2023). Bei der Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene im Bereich der Stadtplanung ist es von größter Bedeutung, nicht nur auf die Darstellung der großräumigen, mittleren klimatischen Verhältnisse einzugehen. Zu empfehlen ist die differenzierte Betrachtung der einzelnen innerstädtischen Bereiche unter Berücksichtigung der großräumigen Einflüsse. Dies sollte anhand einer ausgeprägten windschwachen Strahlungswetterlage, welche die lokalklimatischen Belastungen am stärksten ausbildet, geschehen. So können gegenseitige Wechselwirkungen und Summationseffekte realitätsnah herausgearbeitet werden und in Planungshinweise für eine klimasensible Entwicklung übersetzt werden.

Das Mesoklima wird danach typischerweise der Stadtentwicklungsplanung und dem Flächennutzungsplan im Maßstab 1:25.000 bis 1:10.000 zugeordnet, während die verbindliche Bauleitplanung im Maßstab von 1:2.000 auf der mikroklimatischen Ebene bearbeitet werden muss (siehe Abbildung 2).

PLANUNGSEBENE	KLIMAEBENE	FACHBEITRAG KLIMA	ANPASSUNGSTRATEGIEN
Regionalplan M 1:100.000 	REGIONALKLIMA Thermisch und topografisch bedingte Prozesse Modellauflösung 50 - 100m	Klimazone, Regionalklimaanalyse (Luftaustauschprozesse, Überwärmung)	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete „Klima“ (Luftaustausch und Flächenverteilung)
Stadtentwicklung / Flächennutzungsplan M 1:20.000 	STADTKLIMA Klimatope, Stadtstrukturtypen, „local climat zones“ Modellauflösung 10 - 20m	Wechselwirkung Oberfläche – Atmosphäre Stadtklimaanalyse (Wärmeinsel Stadt, Belüftungsstrukturen)	Festsetzungsempfehlung „Klima“ (Vernetzung von Grünflächen, Belüftungskorridore, Flächennutzung, Gebäudevolumen)
Bauleitplanung / Stadtteil, Bezirk M 1:5.000 	FREIRAUMKLIMA Versiegelung, Gebäudekomplex und Vegetationsverteilung Modellauflösung 2 - 10m	Stadtklimaanalyse (Lokaler Luftaustausch Thermische Wechselwirkungen)	Maß der baulichen Nutzung (Gebäudestruktur, Freiflächenverteilung, Vernetzung und Ausstattung von Grünflächen, Belüftung)
Freiraumplanung Quartier M 1:2.000 	LOKALKLIMA Straßenraum- und Innenhofklima Modellauflösung ≤ 2m	Mikroklimaanalyse (Bioklima, Temperaturen, Strahlung, Wind)	Freiraumgestaltung (Gebäudestellung, Oberflächen, Versiegelung sowie Vegetationsart und –verteilung)
Objektplanung M 1:1.000 	GEBAUDEKLIMA Einzelne Bauwerke, Bäume, Materialien und Farben Modellauflösung ≤ 1m	Mikroklimaanalyse (Bioklima, Strahlungsbilanzen und Gebäudeumströmung)	Auswirkung auf den Menschen (Schattenwurf, Oberflächen, Versiegelung)

Abbildung 2: Übersicht der Planungs- und Klimaebenen

Stadtklimatologie erstreckt sich über die Bereiche Stadtplanung und Architektur, Gebäude- und Bauleitplanung sowie Quartiers- und Stadtentwicklungsplanung. Sie unterstützt den Anwender bei der Bewertung der thermischen und lufthygienischen Situation und der Auswirkung von Neubauflächen, Innenentwicklungs- oder Konversionsmaßnahmen, Stadtrückbau sowie Einzelbaumaßnahmen. Die Berücksichtigung des Klimas in der Stadtplanung erfordert eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen den städtischen Faktoren und der Atmosphäre.

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) verfasst Richtlinien und standardisierte Verfahren zur Erstellung von Klimakartenanalysen, um sie vergleichbar zu machen. Hierzu existieren einschlägige VDI-Richtlinien der Reihe 3787.

Vorgehensweise nach **VDI RL 3787 Blatt 1** (Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen: 2015-09):

„In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadtklimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweiskarten für die Planung nutzbar gemacht werden können.“

Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächennutzungs- und Bauleitplanung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung.

*Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinie **VDI 3787 Blatt 2** (Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Be-*

wertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima) verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.“

VDI 3787 Blatt 5 (*Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft*) schildert die Notwendigkeit, lokale Kaltluft in der Raumplanung zu berücksichtigen. Dies ergibt sich u. a. daraus, dass die Nutzung von Freiräumen in deutlicher Wechselwirkung mit Kaltluftentstehung und Kaltluftströmung steht. Des Weiteren gewinnt die lokale Kaltluft über die bisherige Evidenz hinaus durch den projizierten Klimawandel an Bedeutung.“

Zusammenfassend werden in den relevanten Richtlinien folgende stadtclimatisch Fragestellungen aufgegriffen (Baumüller und Katzschnner 2023):

- räumliche Ausprägung und Wirksamkeit des Luftmassenaustauschs (Be- und Entlüftung);
- räumlich zeitliche Ausprägung der thermischen und lufthygienischen Aspekte des Stadtklimas bzw. Auftreten von thermischen Belastungen (Besonnungs-, Verschattungsverhältnisse);
- räumliche Darstellung und Bewertung der Wirkungs- und Belastungsräume;
- energetische Optimierung durch Standortbestimmung aus der Stadtklimaanalyse mit Überwärmungsräumen und Kaltluftgebieten, Baudichte.

Die Aufgabe einer planungsbezogenen Stadtklimatologie ist die Verbesserung der lufthygienischen und thermischen Bedingungen (Katzschner 2004):

- Abbau von Wärmeinseln (Wärmeinsel als Indiz für den thermischen Komfort), Freiraumplanung;
- Optimierung der städtischen Belüftung (Luftaustausch, Luftleitbahnen), Stadtplanung und Stadtentwicklung für die Lufthygiene und den thermischen Komfort;
- Vermeidung von Luftstagnation bei Inversionswetterlagen, Vermeidung von Barrieren für den Luftaustausch;
- Erhaltung und Förderung von Frischluft- oder Kaltluftentstehungsgebieten für den Luftaustausch und somit zur Verbesserung der lufthygienischen Situation.

Planungsrelevanz

In diesem Fachgutachten werden Stadträume hinsichtlich heißer, sommerlicher Tage bewertet (VDI 2024). Grund hierfür ist der nachgewiesene Zusammenhang zwischen der thermischen Belastung und gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Diese Tatsache wird in Zukunft durch den Einfluss des Klimawandels auch die Morbidität und Mortalität signifikant steigern (Schlegel und Mücke 2021) und somit die Planungsrelevanz „Stadtklima“ noch stärker erhöhen.

Die berücksichtigten Richtlinien haben nicht den Status von Verordnungen oder Grenzwerten, so dass die hier getroffenen Aussagen informellen Charakter haben. Ergebnisse und abgeleitete Planungshinweise beziehen sich auf einen konkreten Ort und sollen die lokalen klimatischen Bedingungen verbessern, wodurch sie einen wichtigen Teil der Abwägungen im Planverfahren für eine klimasensible Entwicklung darstellen.

Planungshinweise verfolgen eine Verbesserung der klimatischen Bedingungen vor Ort heute und im Zuge des Klimawandels. Eine verbindliche Einhaltung stadtökologischer Parameter, vergleichbar mit Grenzwerten, kann nicht verlangt werden.

Planerisch gesetzliche Instrumente sind im Baugesetzbuch, im „Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung“ (UVPG) und in der „strategischen Umweltprüfung“ (SUP) zu finden. Die allgemeinen Belange des Klimas können mithilfe von Stadtclimakarten qualitativ bewertet und in die Planungswerke integriert werden.

2.2 Stadtklimatische Bewertung

Grundlage der analysierten Klimateope bzw. deren Abgrenzungen bildet der stadtökologische Bewertungsindex „physiologisch äquivalente Temperatur“ (physiological equivalent temperature = PET) (vgl. Höppe 1999) und die nächtliche Kaltluft.

Die biometeorologische Kenngröße PET beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysikalischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007) und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex, bzw. den bioklimatischen Bedingungen im Außenraum abhängig ist (siehe Abbildung 3). Dabei liegt das Behaglichkeitsniveau des Menschen bei einem PET-Wert zwischen 18 - 24 °C. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie selbstständig wieder abgegeben werden kann.

Die nächtliche Kaltluft kann gerade bei einem ausgeprägten Relief die nächtliche Wärmebelastung reduzieren. Als thermisch bedingtes Windsystem während austauscharmer Wetterlagen können Kaltluftabflüsse überwärmt Stadträume entlasten. Eine Bewertungsgröße stellt der Kaltluftvolumenstrom [in $m^3/(s*m)$] und dessen Belüftungsfunktion von Siedlungsbereichen dar (Katzschnet und Kupski 2019).

Für die Bewertung werden die beiden Parameter für die Grün- und Freiräume, sowie für die Siedlungsräume zunächst getrennt voneinander in die Planungshinweiskategorien eingruppiert. Im Folgeschritt findet eine Verortung der Klimafunktionen (Kaltluftabfluss) und weiteren Wechselwirkungen statt.



Abbildung 3: Thermischer Wirkungskomplex, bioklimatische Bedingungen im Außenraum

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, werden die PET-Werte (angegeben in °C) in Abhängigkeit des Stressniveaus des Menschen in die Kategorien der Tabelle 1 eingeordnet.

Tabelle 1: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010)

PET (°C)	subjektives Empfinden	Stressniveau
> 42	sehr heiß	extremer Hitzestress
35 – 41	heiß	starker Hitzestress
29 – 34	sehr warm	moderer Hitzestress
25 – 28	warm	schwacher Hitzestress
18 – 24	neutral	kein thermischer Stress
13 – 17	kühl	schwacher Kältestress
< 13	kalt	Kältestress

3 METHODIK

Im Folgenden werden die in diesem Gutachten dargestellten Karten und deren Erstellung erläutert. Das Vorgehen wurde ursprünglich an der Universität Kassel, Fachgebiet Umweltmeteorologie (unter Leitung von Prof. Dr. Katzschnier) nach den genannten VDI-Richtlinien entwickelt. Seit 2013 wird das Modell *mod_GIS* erfolgreich bei einer Vielzahl nationaler und internationaler Stadtklimaanalysen eingesetzt (siehe Abbildung 4). Das Modell wird fortlaufend in unterschiedlichen Forschungsprojekten weiterentwickelt und durch differenzierte Messkampagnen in der Genauigkeit der Aussagekraft verbessert.

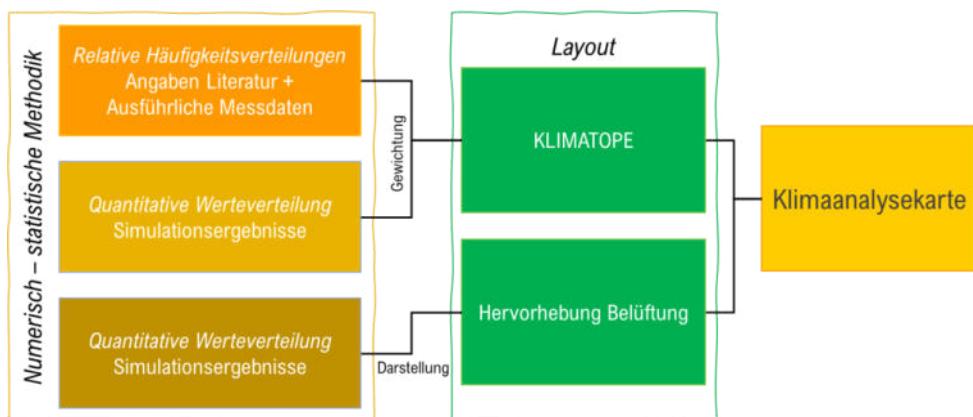


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Analysemethode in *mod_GIS*

3.1 Einführung Klimaanalysekarte

Eine Klimaanalysekarte (ehem. Klimafunktionskarte genannt) stellt ein klimaökologisches Gutachten dar, welches für eine bestimmte geografische Verortung angefertigt wird. In den VDI-Richtlinien (insbesondere VDI-RL 3787 Blatt 1) wird die Vorgehensweise zur Generierung einer Klimaanalysekarte festgelegt. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, also eine möglichst präzise Abbildung der realen Klimafunktionen im Untersuchungsraum. Für eine komplexe Abbildung des Bestands ist eine entsprechende Datenbasis Grundvoraussetzung. Aus klimaökologischen Gesichtspunkten sind Faktoren wie Relief und Fließgewässer ein erster Anhaltspunkt, um die natürlichen Bedingungen abzubilden. Analog hierzu spielen die anthropogenen Einflüsse eine entscheidende Rolle. Gerade in bebauten Gebieten hat die vom Menschen verursachte Veränderung der Erdoberfläche den größten und in den meisten Fällen auch negativsten Einfluss. Deshalb werden ebenso Daten bezüglich der Flächennutzung und Gebäudeinformationen benötigt. Je detaillierter die Eingangsdaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen.

Neben den Geoinformationen ist das Wissen um klimarelevante Parameter von Bedeutung. Dabei ist die Lage eines verdichten Stadtgebietes in Bezug auf Belüftung und regionale Windsysteme von besonderer Bedeutung. Aber auch lokale und kleinräumige Windzirkulationen entwickeln sich durch physikalische Prozesse und werden im Rahmen der

Klimaanalysekarte berechnet. Die räumliche Ausprägung der städtischen Wärmeinsel (UHI = Urban Heat Island) (siehe Abbildung 5) kann so bestimmt werden.

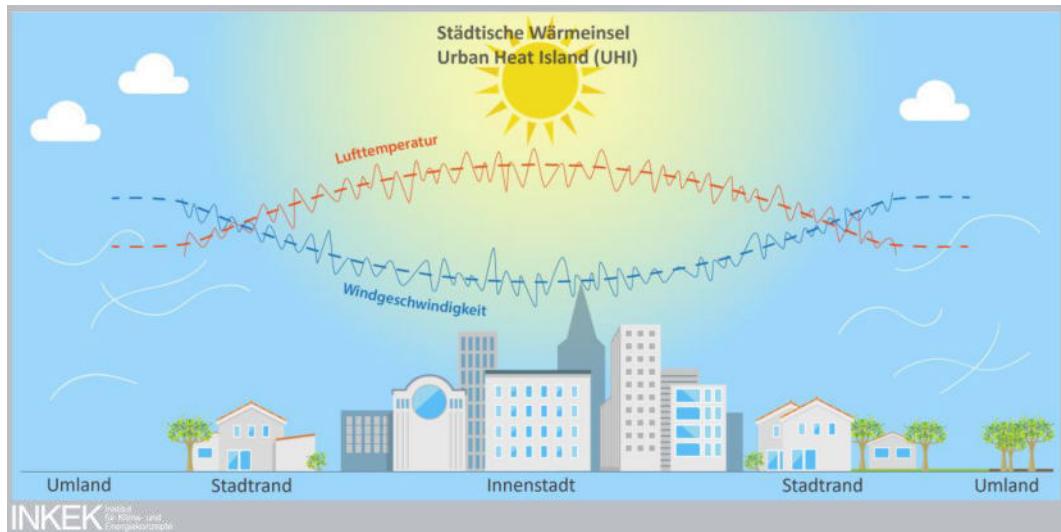


Abbildung 5: Schematische Darstellung der städtischen Wärmeinsel

3.2 Erstellung von Klimaanalysekarten

Bei der statistischen Verknüpfung verschiedenster Sachinformationen ist die Gewichtung bzw. die Einflussnahme der einzelnen Faktoren von großer Bedeutung. Da diese Faktoren aus klimatischen Gründen von Untersuchungsraum zu Untersuchungsraum unterschiedlich sind, besteht derzeit noch kein automatisiertes System zur Erstellung einer Klimaanalysekarte, eine Experteneinschätzung ist notwendig.

Klimatische Rahmenbedingungen sind sehr heterogen, was durch die geografische Lage, die absolute Höhe über dem Meeresspiegel des Untersuchungsgebietes oder durch eine kontinentale bzw. maritime Beeinflussung verursacht wird. Somit ist eine vorgeschaltete (regional-)klimatische Einordnung unumgänglich. Neben diesen übergeordneten Faktoren gibt es eine Vielzahl kleinräumiger Einflüsse. Auf einer kleineren Ebene können unterschiedliche Effekte wie Binnengewässer oder Tallagen die örtlichen klimatischen Verhältnisse stark prägen. Im weiteren Ablauf ist stets ein ausreichend großer Ausschnitt (der klimatische Wirkraum) als der abgegrenzte Untersuchungsraum zu betrachten.

Grundlegende klimaökologische Faktoren werden in Themen aufgearbeitet. Nach der Gruppierung der Themen in die beiden klimatischen Komponenten Dynamik und Thermik, die beide unterschiedlichen Einfluss auf die jeweiligen Ebenen des Stadtklimas haben, wird durch spezifische Funktionen und Algorithmen mit anschließender Generalisierung (MesoKlima) die Klimaanalysekarte aggregiert.

Die dynamische Komponente beinhaltet Luftbewegungen unterschiedlicher Skalierung, regionale Strömungen und lokale Windsysteme. Ein zusätzlich entscheidendes Thema der Dynamik ist die Einflussnahme der nächtlichen Kaltluft. Die entsprechenden Themenkarten

wurden auf Grundlage des „Digitalen Geländemodells“ (DGM), der Oberflächenrauigkeit und von Windstatistiken angefertigt.

Das klimatische Wechselspiel beinhaltet neben der Belüftungssituation die thermischen Eigenschaften der Erdoberfläche. Da diese Komponente die Basis darstellt und dementsprechend flächendeckend kartiert sein muss, wurde als Grundlage die aktuelle Biotoptypenkartierung der Landeshauptstadt Wiesbaden verwendet. Dieser detaillierte Eingangsdatensatz wird um weitere Themen ergänzt, wobei der Oberflächenversiegelungsgrad Aufschluss über die Wärmespeicherkapazität und nächtliche Abkühlung gibt. In diesem Zusammenhang ist die Albedo (Rückstrahlvermögen) der Oberfläche eine zentrale Größe (Kupski 2017), da unterschiedliches Reflexions- und Absorptionsverhalten maßgeblich den Wärmehaushalt der städtischen Grenzschicht bestimmen (Oke 2006). In diesem Themenfeld ist der Effekt der Wärmeinsel Stadt besonders gut erkennbar, denn durch die Erwärmung der künstlichen Baumaterialien, gekoppelt mit der hohen Wärmespeicherleistung und der langsamen Abkühlrate, werden gerade in den Nachtstunden höhere Lufttemperaturen als im unbebauten Umland verursacht (Kuttler 2019, Scherer 2023).

3.3 Vorgehensweise anhand von Themen

Die in Kapitel 3.2 vorgestellten klimaökologischen Faktoren (Themen), die eine Klimaanalysekarte besonders aussagekräftig machen, sind allgemein in Abbildung 6 mit ihren Funktionen dargestellt:

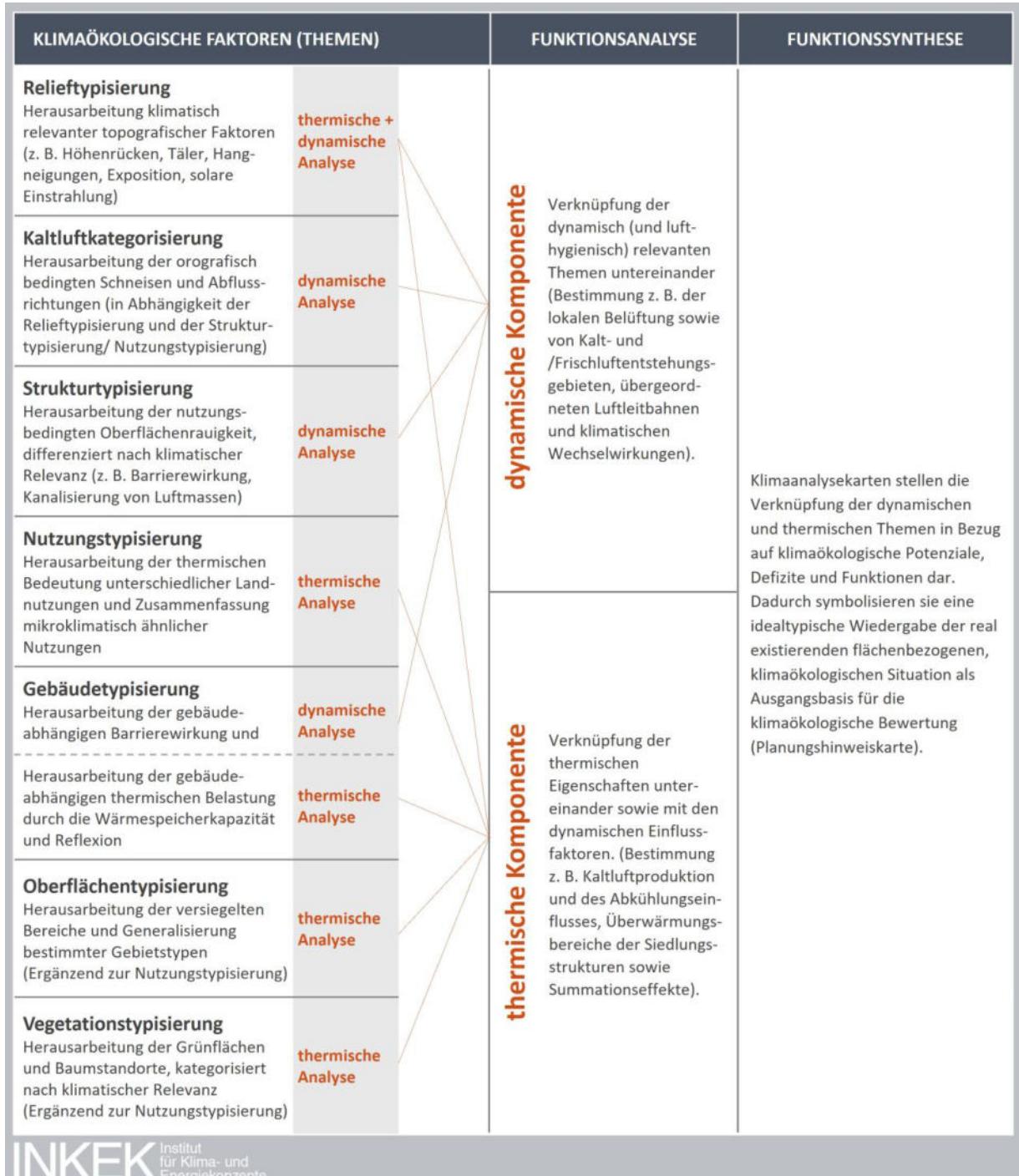


Abbildung 6: Funktionsanalyse und -synthese der unterschiedlichen Eingangsdatensätze

Das allgemeine Vorgehen aus Abbildung 6 zur Erstellung der Klimaanalysekarte wird in der Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden durch die zur Verfügung stehenden Themen wie in Abbildung 7 umgesetzt.

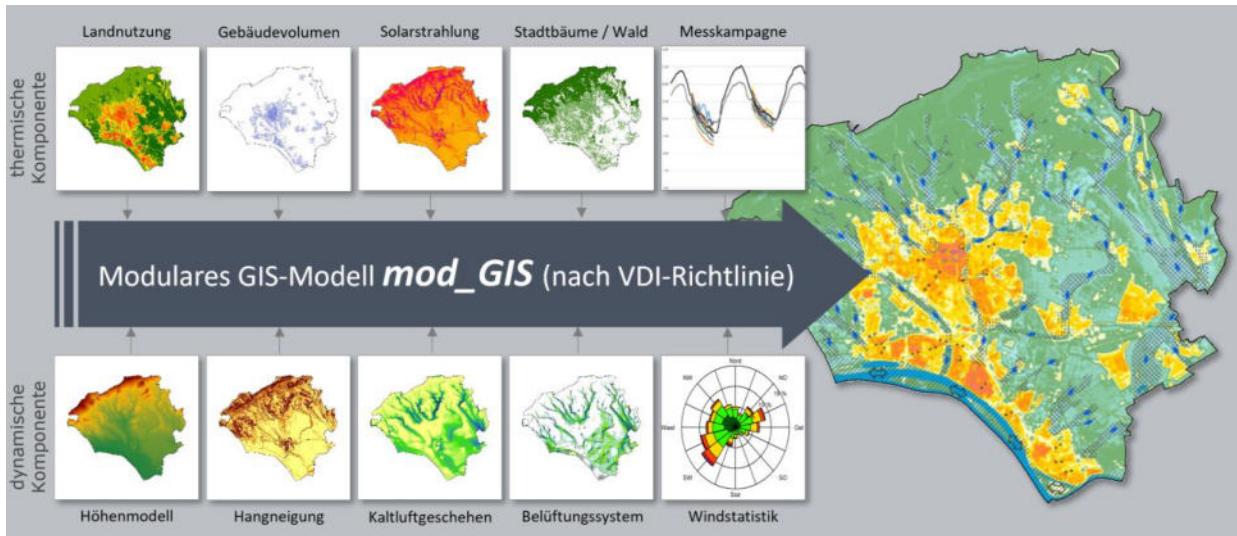


Abbildung 7: Schematisches Vorgehen zur Erstellung der Klimaanalysekarte der Landeshauptstadt Wiesbaden

3.4 Kaltluftmodellierung mit KLAM_21

KLAM_21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltlufthöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

Eingangsdaten: Biotoptypenkartierung (2022) und DGM.

Bearbeitung: Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftpumpe vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bewölkung, angenommen (DWD 2016).

Für die Klimaanalyse der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde eine horizontale Auflösung von 10 m je Gitterzelle gewählt, um Aussagen zu den kleinräumigen klimatischen Wechselwirkungen, den teilweise scharf eingeschnittenen Taunustälern und den kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse in Form der Kaltlufthöhe 180 Minuten nach Sonnenuntergang abgebildet. Die Kaltlufthöhe gibt flächendeckend die Höhe der Kaltluftschicht an. Diese ist abhängig von der Kaltluftproduktion der jeweiligen Fläche, sowie von den jeweiligen Kaltluftzuflüssen und Kaltluftabflüssen von benachbarten Flächen.

Der Kaltluftvolumenstrom (Abbildung 9) ist das Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Kaltlufthöhe. Er gibt an, wie viel Kaltluft pro Zeiteinheit durch einen 1 m breiten Querschnitt (zur Flussrichtung, von der Erdoberfläche bis zur Kaltluftobergrenze) strömt. Der Kaltluftvolumenstrom bestimmt das Durchlüftungspotenzial in m^3/ms .

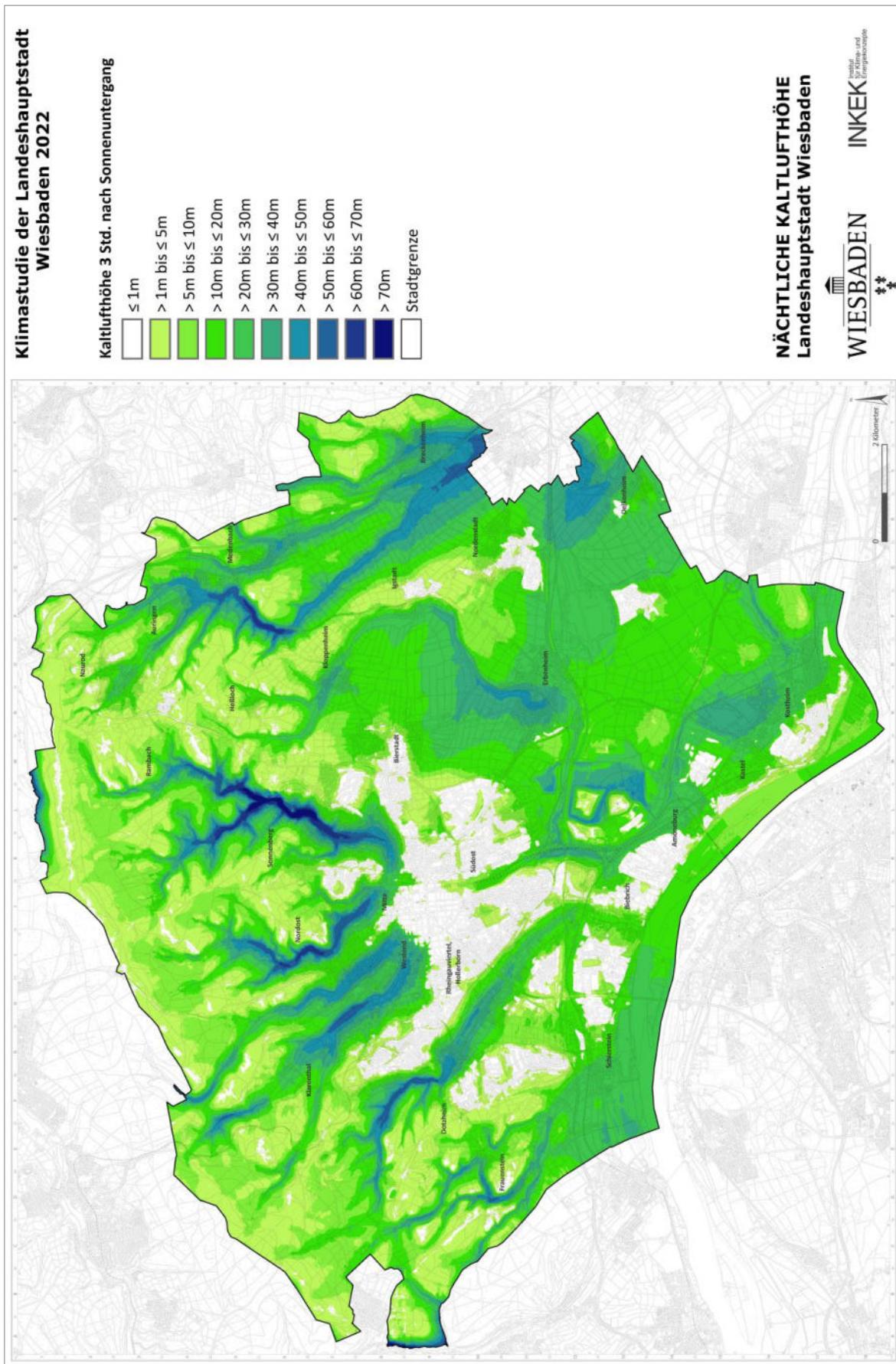


Abbildung 8: Kaltlufthöhe, 3 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftbildung. Berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21, ohne Maßstab (Original in Anhang)

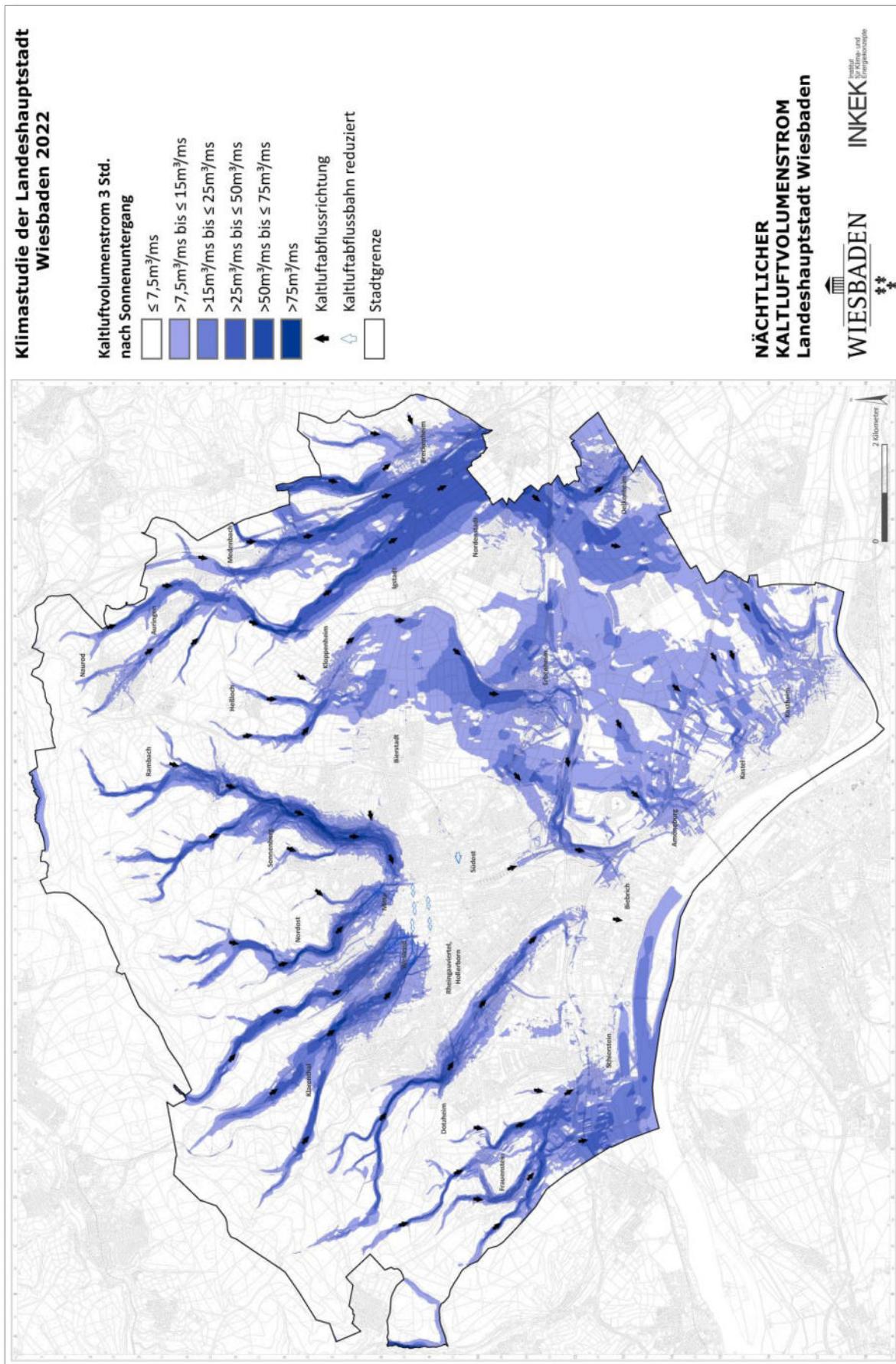


Abbildung 9: Kaltluftvolumenstrom, 3 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftbildung. Berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21, ohne Maßstab (Original in Anhang)

4 DATENGRUNDLAGE UND UNTERSUCHUNGSRAUM

Für die Erstellung der Klimastudie wurden unterschiedliche Geodaten und Klimadaten verwendet. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Regionalklima ausreichend beachtet wurde. Da eine Stadt in das regionale Klimageschehen eingebettet ist, musste der gesamte „Klimaraum“ (Bereich, der für die Untersuchung klimatisch relevant ist) abgedeckt werden.

4.1 Datenbestand Klimaanalyse Wiesbaden

Die digitalen Eingangsdaten sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Eingangsdaten Klimastudie Landeshauptstadt Wiesbaden

Nr.	Datensatz
1	Biototypenkartierung (2022)
2	ATKIS® Basis-DLM Hessen (Landnutzung) (2022, Download)
3	Gebäudegrundrisse und Gebäudehöhen (LOD1) (2021 + Nachkartierung, Stand 2022)
4	DGM (Digitales Geländemodell) (2022)
5	Orthofotos (2022)
6	Altersstruktur Landeshauptstadt Wiesbaden (Stand 31.07.2023) auf Wahlbezirksebene
7	Rechtsverbindliche Bebauungspläne (mit mesoklimatischen Einfluss, bis 2023)
8	TopPlusOpen (Hintergrundkarte)

Bei der Nutzung digitaler Eingangsdaten ist die räumliche Auflösung von hoher Bedeutung. Je feiner (detaillierter) die Eingangsdaten vorliegen, desto genauer und flächenschärfer können die Ergebnisse generiert werden. Die Qualität der Ergebnisse ist demnach sehr stark von der Qualität und Aktualität der Eingangsdaten abhängig. In Abbildung 10 werden unterschiedliche Auflösungen von zwei Beispieldatensätzen dargestellt.

Die jeweilige Auflösung einer Klimaanalyse wird von der Fragestellung bestimmt und sollte auf mesoklimatischer Ebene einer gesamtstädtischen Studie zwischen 10-25 m liegen, so dass die klimatischen Aspekte wie Wärmeinsel und Windfeld präzise abgebildet werden können (VDI 2024). Die vorliegende Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde auf 15 m horizontale Auflösung erstellt, was eine optimale Voraussetzung auf Ebene des Flächennutzungsplans darstellt.

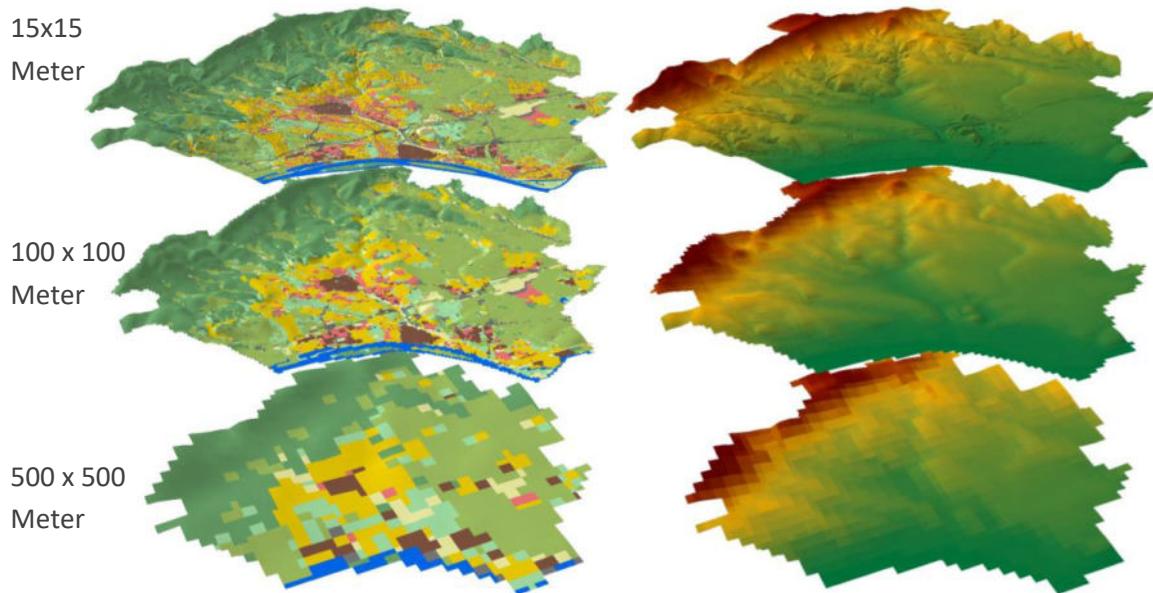


Abbildung 10: Unterschiedliche Rasterweiten - links: Landnutzung, rechts: digitales Geländemodell

Meteorologische Einordnung

Die städtische Wärmeinsel bezieht sich auf das Phänomen, bei dem städtische Gebiete im Vergleich zu umliegenden ländlichen Regionen höhere Temperaturen aufweisen. Dieser Temperaturunterschied resultiert aus dem verstärkten Einsatz von Beton und Asphalt, der Reduzierung von Grünflächen sowie industriellen Prozessen. Diese Faktoren führen zu einer erhöhten Absorption und Speicherung von Wärme in städtischen Gebieten, was zu einem lokalen Temperaturanstieg führt.

Durch die Lage der Stadt zwischen Taunus und Rhein ergibt sich eine starke klimatische Differenzierung. Die Hanglagen des Taunus sorgen im Norden für ein Reizklima mit großen Temperaturschwankungen, hoher Strahlungsintensität und starken Luftbewegungen. Im Süden, im Bereich der Tallagen und der Rheinaue, ist ein vergleichsweise mildes Klima anzutreffen. Eine erhebliche Belastung bringt heute die Talkessellage der Innenstadt mit sich, die die Ausbildung einer städtischen Wärmeinsel mit erhöhten Temperaturen, reduzierter Sonneneinstrahlung und reduziertem Luftaustausch stark begünstigt. Eine Anreicherung von Luftschaadstoffen unter meteorologisch ungünstigen Bedingungen ist die Folge (Landeshauptstadt Wiesbaden 2024).

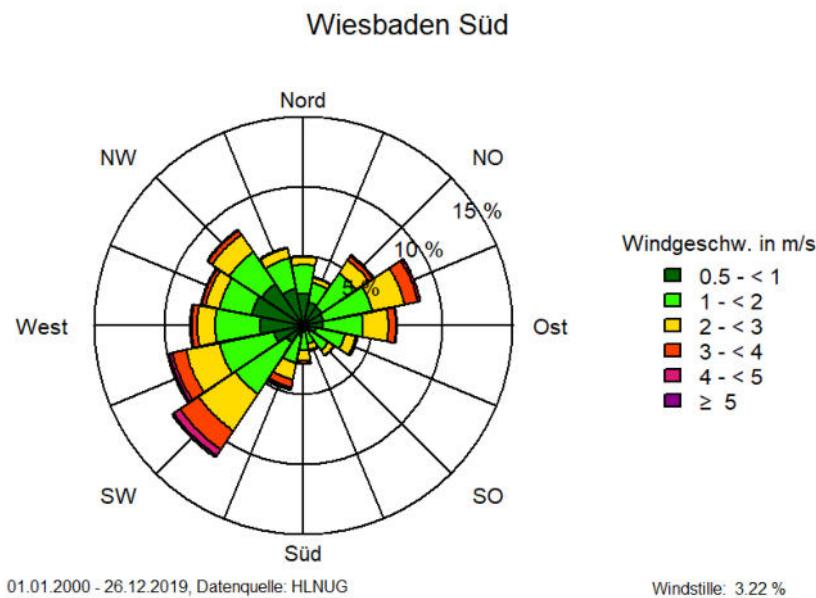


Abbildung 11: Windrose der Station Wiesbaden Süd (2000 – 2019), HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)

In der Stadt werden kontinuierliche Messstationen des HLNUG betrieben, von denen Daten der Luftmessstationen Ringkirche und Wiesbaden-Süd (siehe Abbildung 11) für weitere Auswertungen genutzt wurden.

Zur besseren Einordnung der klimatischen Verhältnisse wurden sogenannte „klimatische Kenntage“ ausgewertet. In den Abbildungen Abbildung 12 bis Abbildung 17 wird durch die Kenntage „die Häufigkeit des Auftretens bestimmter meteorologischer Ereignisse, bezogen auf einen Tag beschrieben. Dabei erfolgt eine Summenbildung der Anzahl der Kenntage über ein Jahr“ (VDI 3787 Blatt 7).

Ausgewertet wurden für die beiden Luftmessstationen folgende Kenntage:

- Sommertag (Maximum der Lufttemperatur $\geq 25,0^{\circ}\text{C}$)
- Heißer Tag (Maximum der Lufttemperatur $\geq 30,0^{\circ}\text{C}$)
- Tropennacht (Nacht, in der das Minimum der Lufttemperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ beträgt).

Je nach verfügbaren Daten wurden die Jahre ausgewertet.

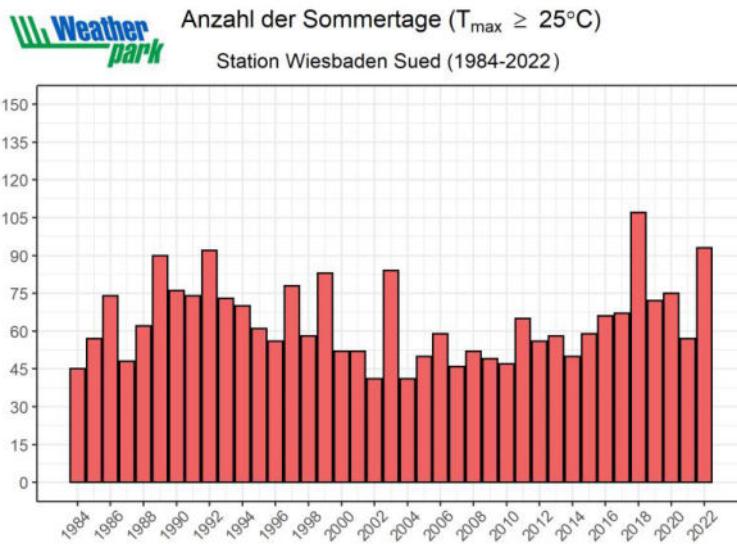


Abbildung 12: Anzahl der Sommertage Luftpessstation Wiesbaden Süd

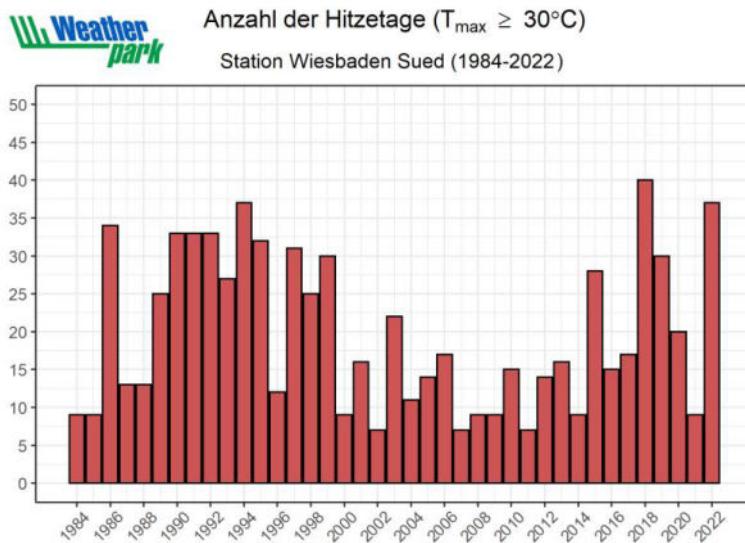


Abbildung 13: Anzahl der Hitzetage Luftpessstation Wiesbaden Süd

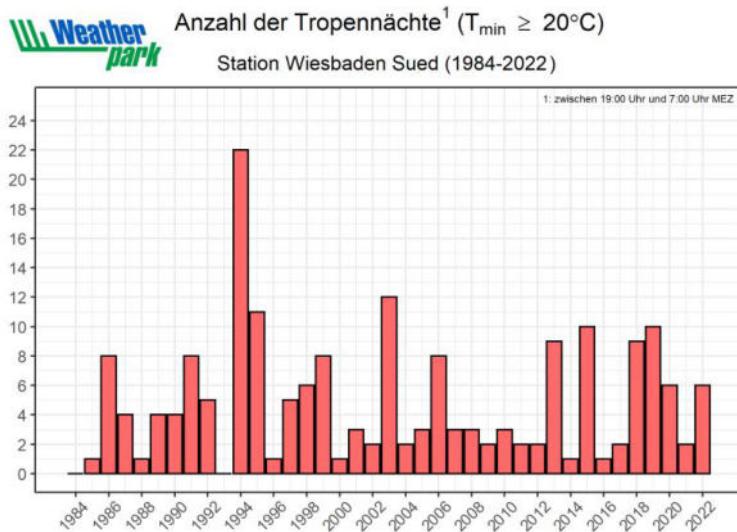


Abbildung 14: Anzahl der Tropennächte Luftpessstation Wiesbaden Süd

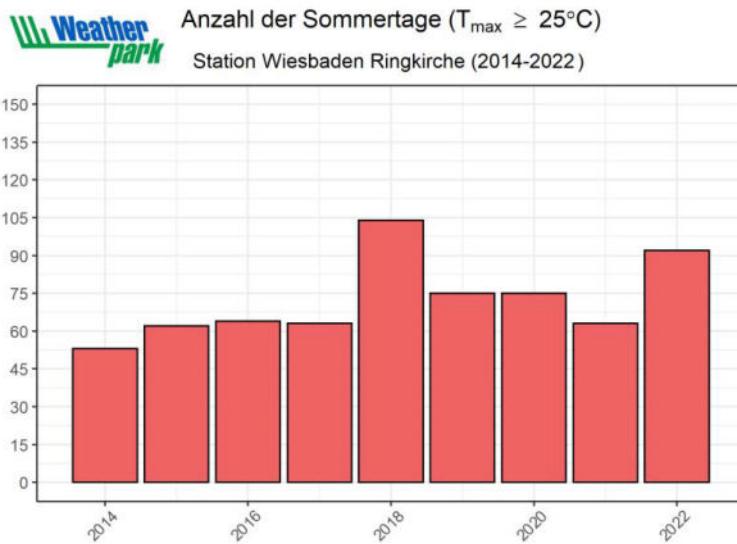


Abbildung 15: Anzahl der Sommertage Luftpunktstation Ringkirche

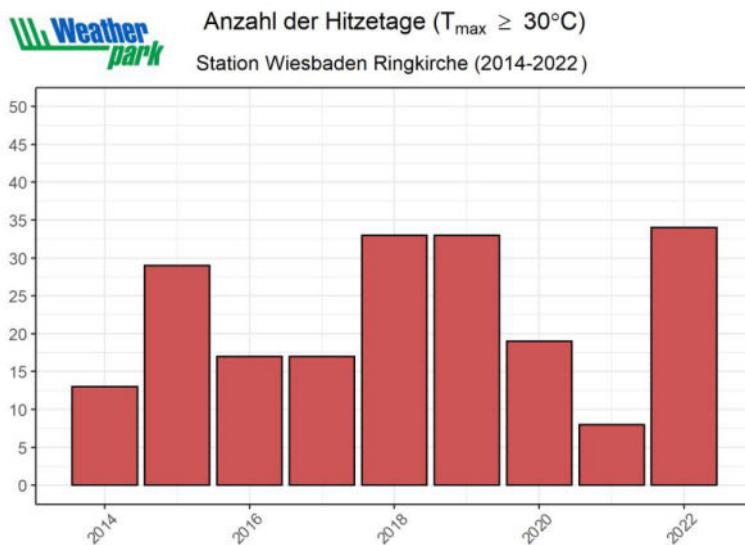


Abbildung 16: Anzahl der Hitzetage Luftpunktstation Ringkirche

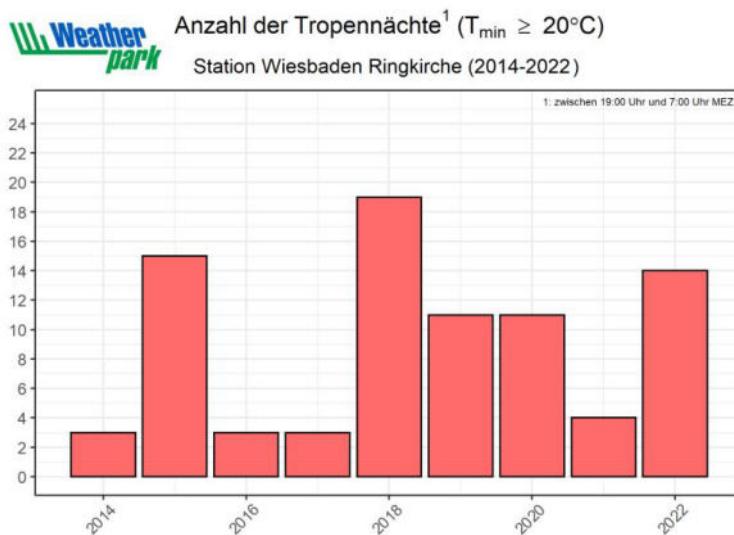


Abbildung 17: Anzahl der Tropennächte Luftpunktstation Ringkirche

4.2 Messkampagne

Im Sommer 2022 wurde eine Messkampagne im Stadtgebiet Wiesbadens durchgeführt, welche zur Evaluierung und zur Kalibrierung der Modellergebnisse diente, sodass möglichst realistische Aussagen zu den klimaökologischen Funktionen und Wechselwirkungen generiert werden konnten.

Das Messprogramm bestand aus unterschiedlichen Aufbauten und umfasste alle relevanten Parameter, die in der angewandten Stadtklimatologie für die Erstellung von Klimaanalysekarten und Planungshinweiskarten von wesentlicher Bedeutung sind.

Die Messkampagne bestand aus stationären Messungen und einer zeitlich und räumlich hochauflösten Messfahrt bei geeigneter Wetterlage. Die angewandte Methodik folgt VDI 3785 Blatt 2 „Umweltmeteorologie: Methoden bodengebundener Stadt- und Standortklimamessungen mit mobilen Messsystemen“ und Berechnung der Indizes nach VDI 3787 Blatt 2 „Umweltmeteorologie: Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Luft-hygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima“.

4.2.1 Stationäre Messungen

Während der räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Messkampagne im Sommer 2022 wurden Temperaturfühler im Stadtgebiet betrieben, um die Lufttemperatur an unterschiedlichen Orten der Stadt zu erfassen. Dabei wurde darauf geachtet, Orte mit unterschiedlichen Landnutzungstypen zu untersuchen, um Aussagen für die Klimaanalysekarte wie die nächtlichen Auskühlungspotenziale nutzen zu können.

Die Verteilung der Messstandorte ist in der Karte in Abbildung 18 eingetragen. Neben den Messgeräten von INKEK wurden die Daten zu den entsprechenden Zeiten des HLNUG sowie eine Messstation des Umweltamtes der Landeshauptstadt Wiesbadens verwendet.

Abbildung 19 zeigt die dazugehörigen Tagesgänge der Lufttemperatur im Vergleich.

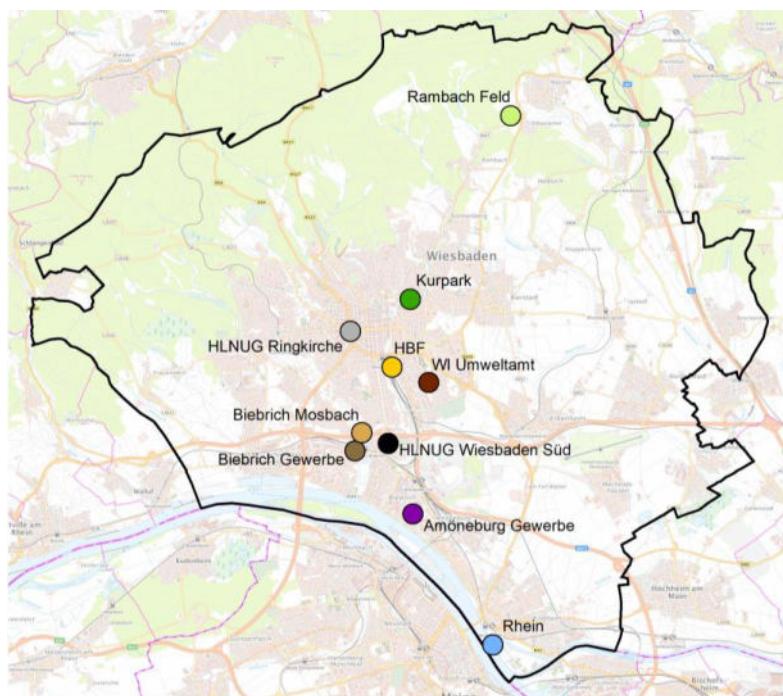


Abbildung 18: Lage der Messstationen im Wiesbadener Stadtgebiet

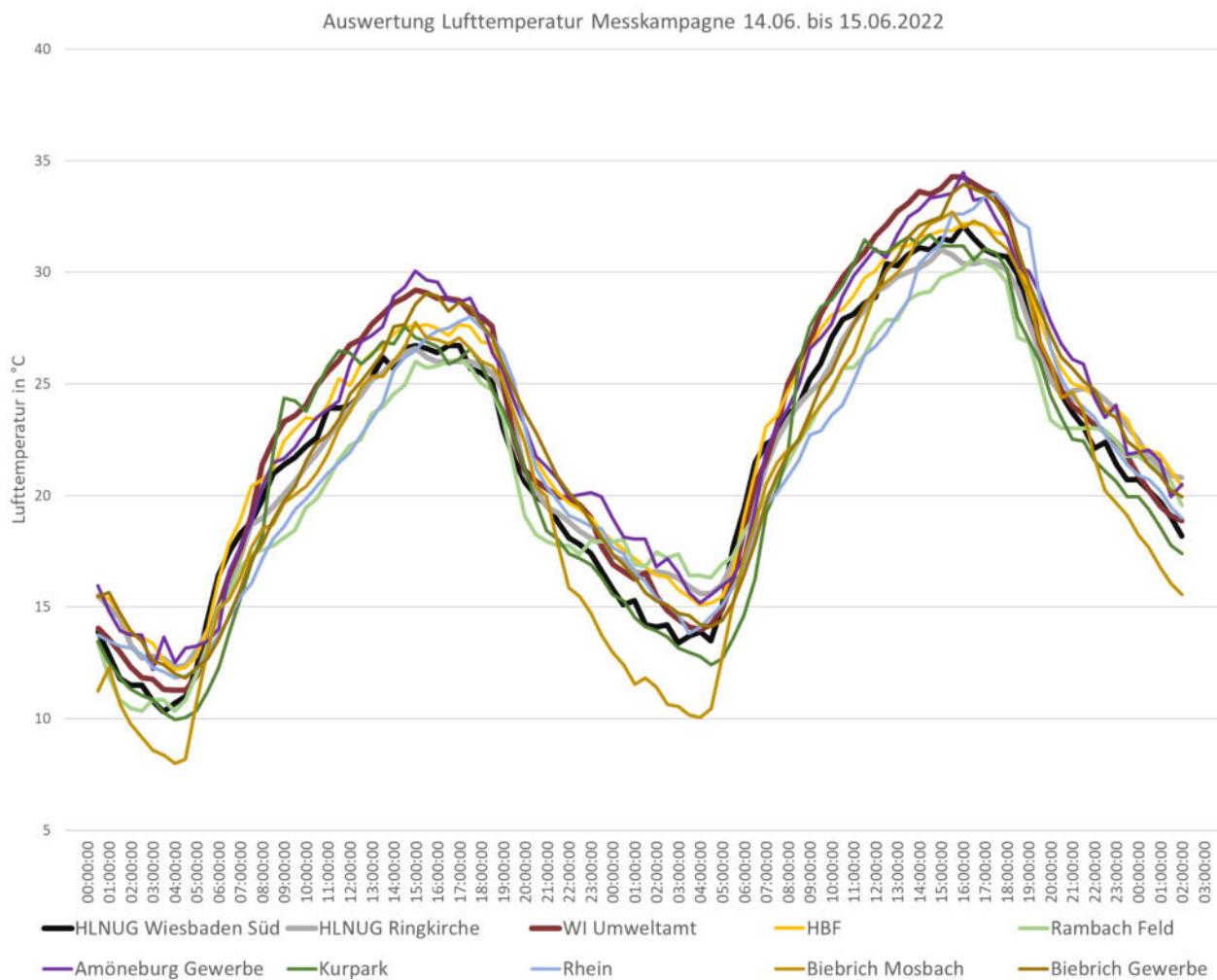


Abbildung 19: Auswertung unterschiedlicher Tagesgänge, dargestellt durch die Lufttemperatur in °C 14.06. - 15.06.2022 (Daten: INKEK GmbH)

Besonderheiten

Der Messort „Rambach Feld“ befand sich im Norden der Stadt auf etwa 330 Meter Höhe, während sich die Messorte in Rheinnähe etwa auf 80 – 90 Meter Höhe befanden. Zu erwarten ist ein deutlicher Unterschied der Temperaturverläufe, vor allem in der Nacht, wie es sich in der ersten Nachtmessung in Abbildung 19 andeutet. Allerdings zeigen die Messungen der zweiten Nacht, dass die Minimumtemperatur in der Höhe (Rambach Feld) zu einer lokalen Inversion geführt haben. Die Warmluft konnte sich aber nicht im gesamten Talraum durchsetzen. Genau kann dieses Phänomen aufgrund fehlender Parameter nicht geklärt werden. Die niedrigsten Temperaturen der Messkampagne wurden im Bereich des Mosbachs, unmittelbar nördlich der A 66 ermittelt.

Durch die Messungen konnte eine Wärmeinselintensität von ca. 5 K für Wiesbaden festgestellt werden, die sehr gut mit den Ergebnissen der Messfahrten übereinstimmt.

Nächtliche Abkühlung

Verschiedene Bodenoberflächenarten erwärmen sich bei windschwachem Wetter an wolkenlosen Sommertagen unterschiedlich. Dies hängt vom Absorptionsvermögen, aber auch von der Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und der Verdunstungsfähigkeit des Untergrundes ab.

Während beispielsweise Asphalt 80 % bis 90 % der einfallenden Strahlung absorbiert, beträgt dieser Anteil bei einer weißen Mauer nur 20 % bis 35 %. Ergebnisse von Temperaturmessungen schwanken zwischen weniger als 30°C und fast 50°C (Lorenz 1973).

Außer den Materialeigenschaften der Oberflächen ist für die Temperaturverhältnisse in einer Stadt die Gebäudeanordnung und Gebäudehöhe bzw. die Flächennutzung allgemein von Bedeutung.

Das Zusammenspiel der genannten Faktoren führt innerhalb der Stadt mit ihren unterschiedlichen Strukturen und Bebauungsdichten zu einem Mosaik verschiedenartiger thermischer Mikroklimata, die sich gegenüber dem Umland zu einer deutlich abgegrenzten Wärmeinsel bzw. einem Wärmearchipel zusammenfügen. Vor allem Grünflächen haben einen positiven Einfluss auf die thermischen Bedingungen am Tag als auch in den Nachtstunden und können einen großen Beitrag zur nächtlichen Abkühlung leisten. Dabei ist es entscheidend, in welchem stadtclimatischen Umfeld sich diese Flächen befinden, wie sie ausgestattet sind und welche Größe sie einnehmen. Das darüber beeinflusste Abkühlverhalten wurde an den Messorten untersucht.

Der Vergleich der nächtlichen Abkühlung in Abbildung 19 zeigt die beschriebenen Effekte sehr eindrucksvoll. Die überwärmten Bereiche der Ringkirche in Innenstadtnähe und die Gewerbegebiete werden mit der höchsten Belastung in den Abend- und Nachtstunden charakterisiert.

Messorte auf naturnahen Flächen weisen einen starken Abfall der Lufttemperatur nach Sonnenuntergang auf, so dass diese vor allem im Bereich Kurpark, Mosbachtal und der

landwirtschaftlichen Fläche Rambach sehr schnell abkühlen und Überwärmungsbereiche entlasten können.

4.2.2 Profilmessfahrt

Am 15. Juni 2022 zwischen 22:15 Uhr und 23:15 Uhr sowie am 16. Juni 2022 zwischen 04:15 Uhr bis 05:05 Uhr fanden sogenannte Profilmessfahrten statt, anhand derer die Lufttemperatur in °C in 2 m Höhe entlang einer bestimmten Route ermittelt wurde.

Dabei kam ein Messsystem der Firmen LUFFT und Campbell zum Einsatz, die auf einem Lasten-Pedelec montiert wurden (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Messfahrzeug der INKEK GmbH bei der Messkampagne im Sommer 2022

Die Route führte von Osten nach Westen durch das Stadtgebiet (siehe Abbildung 21). Hier sind die überwärmten Bereiche im verdichteten Stadtgebiet deutlich anhand der erhöhten Lufttemperatur abzulesen.

Kühlere Bereiche wurden in den Freiflächen und Kaltluftkorridoren wie Wäschbachtal, Mosbachtal oder der Perspektivfläche West ermittelt. Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Messfahrt in den frühen Nachtstunden. Die Ergebnisse der Messfahrt in den frühen Morgenstunden zeigen eine vergleichbare räumliche Verteilung der Messwerte auf einem entsprechend niedrigerem Niveau.

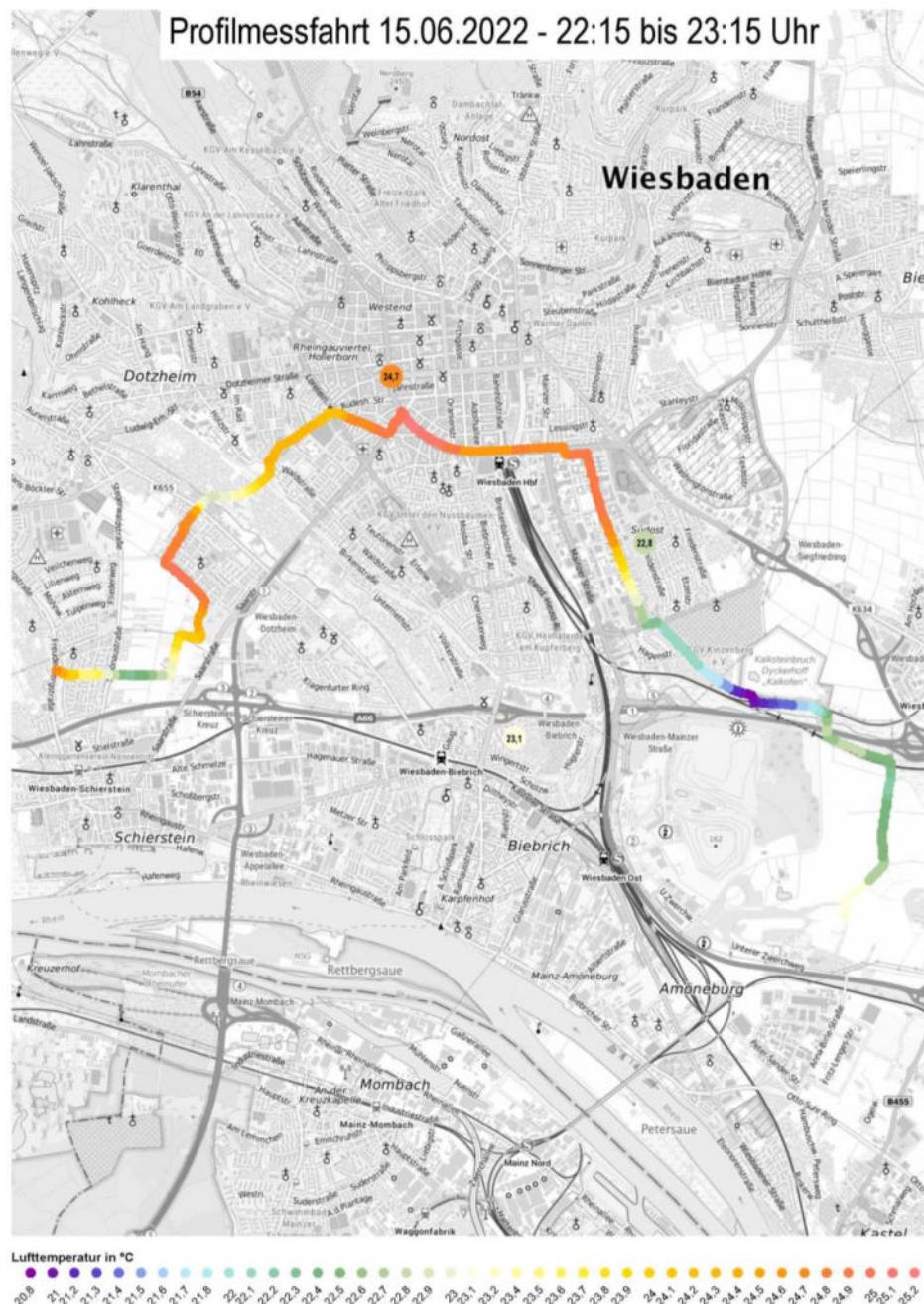


Abbildung 21: Auswertung Temperaturmessfahrt am 15. Juni 2022 in den frühen Nachtstunden
(Daten: INKEK GmbH)

4.2.3 Evaluation der Kontrollmesskampagne

Die Kontrollmesskampagne diente zur Evaluierung und zur Kalibrierung der Modellergebnisse. Die generelle Vergleichbarkeit unter Beachtung der methodischen und maßstäblichen Unterschiede ist gegeben, da sich eine ideale Wetterlage zur Kontrollmesskampagne einstellte.

Dennoch kommt der Interpretation der Ergebnisse und der Zusammenführung der Daten eine besondere Bedeutung zu.

Insgesamt zeigen die durchgeföhrten Analysen eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Modellergebnissen. Dabei besitzen die ortsgebundenen Messungen im Rahmen der Messkampagne den Vorteil einer genauen Beschreibung der mikroklimatischen Bedingungen vor Ort, aber nur eine begrenzte Aussagekraft in der Fläche. Dies ist die Stärke der Modelle, die es erlauben eine flächendeckende räumliche Aussage zu generieren, dies jedoch unter den kleinräumigen Unsicherheiten bzw. Schwankungen im mikroklimatischen Maßstab.

Vor allem der nächtliche Abkühlungsprozess und die Kaltluftkorridore liefern wichtige Informationen, die die Genauigkeit und Aussagekraft der Klimaanalysekarte deutlich steigern konnten.

5 Klimastudie Wiesbaden Teil 1 – Klimaanalysekarte Bestand und Zukunft sowie Vulnerabilitätsanalyse

Alle in der Klimaanalysekarte 2022 gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf die bis 2022 ausgewerteten Daten zu baulichen Entwicklungen, Klimawandelentwicklungen und möglicher Betroffenheit von vulnerablen Gruppen. Ziel des Kapitels ist die Modellierung des aktuellen Stadtklimas 2022 in seinem funktionellen Wirkgefüge. Die aktuelle Situation (Bestand) wird dazu hinsichtlich der klimatischen Verhältnisse sowie möglicher Potenziale, Defizite, Konflikte, Klimawandel und Betroffenheiten analysiert.

Eine Klimaanalysekarte stellt dabei die Basis anhand der räumlichen Klimaeigenschaften einer Bezugsfläche dar, die sich aufgrund der Flächennutzung und Topografie einstellen. Dargestellt werden darin die thermischen und dynamischen Verhältnisse. Eine Einordnung dieser Verhältnisse erfolgt durch die Legende.

5.1 Klimaanalysekarte anhand von Klimatopen

Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, in denen die mikroklimatisch wichtigsten Faktoren relativ homogen und die mikroklimatischen Bedingungen wenig unterschiedlich sind (VDI-RL 3787 Blatt 1).

Die Legende ist in sechs Klimatope unterteilt, welche farblich zugeordnet sind. Zusätzlich gibt es in dieser Legende eine kurze Beschreibung zur Einordnung der Funktionen. Die klimökologische Wertigkeit ist an der linken Seite angedeutet und verläuft von sehr wertvoll (+) für die naturnahen Klimatope bis hin zu defizitär (-) für die Belastungsbereiche.

Eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung der Klimatope ist der aufgeführte thermische Index PET (Höppe 1999). Er beschreibt und bewertet die Eigenschaften und die Wirkung der Klimatope im Tagesgang der Klimaanalysekarte auf den Menschen und vermittelt das Stressniveau (siehe Kapitel 2.2). Grundlage bilden die Untersuchungen über das thermische Empfinden aus verschiedenen Forschungsprojekten, z. B. im Rahmen der „klimazwei-Projekte“ (Katzschner et al. 2010). Die Wärmebelastung (engl. heat load) wird an der rechten Seite der Legende qualitativ dargestellt.

Klimatopbeschreibung nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1:

Im Folgenden werden die Klimatope laut VDI-Richtlinie 3787 aufgelistet, welche in der Klimaanalysekarte der Landeshauptstadt Wiesbaden zum Teil nur implizit vorhanden, jedoch inhaltlich berücksichtigt sind. Das bedeutet, nicht alle hier erwähnten Klimatope sind in der Legende der Klimaanalysekarte der Landeshauptstadt Wiesbadens (Kapitel 5.2) enthalten, weil ihre Aussagekraft als separates Klimatop beschränkt ist. Ihre Funktionen sind aufgenommen und ähnlichen Klimatopen zugeordnet.

Gewässerklima (implizit vorhanden)

Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser kommt es an den Oberflächen von Gewässern zu nur schwachen tagesperiodischen Temperaturschwankungen, das heißt Wasserflächen sind am Tag relativ kühl und nachts vergleichsweise warm. Sie können daher das lokale Klima stark beeinflussen. Jedoch bleibt ihr klimatischer Einfluss in der Regel lediglich auf das Gewässer selbst und die unmittelbaren Randbereiche beschränkt.

Ein positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden. Dadurch ist eine Wirkung als funktionstüchtige Luftleitbahn möglich.

Freilandklima

Freilandklimatope stellen sich überwiegend über unbewaldeten, vegetationsbestandenen Außenbereichen ein. Sie zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte und weitgehend unbeeinträchtigte Windströmungsbedingungen aus und wirken als Kaltluftentstehungsgebiete. Da in den Freilandbereichen selten Emittenten für Luftsabstoffe vorkommen und bei geeigneten Wetterlagen in den Nachtstunden Kaltluftmassen gebildet werden, können diese Bereiche eine sehr hohe Ausgleichsfunktion für die human-biometeorologisch und lufthygienisch belasteten, bebauten Bereiche besitzen.

Waldklima

Das Klima im Stammraum eines Waldes wird durch den Energieumsatz (verminderte Ein- und Ausstrahlung) bestimmt. Dichte und höher wachsende Baumvegetation führt zu gedämpften Tagesgängen von Lufttemperatur und -feuchte sowie zu niedrigen Windschwindigkeiten im Bestand. Das Kaltluftentstehungsgebiet befindet sich oberhalb des Kronenraums. Deshalb sind Waldgebiete auf geneigten Flächen hochrelevant für die Entstehung von Kaltluft/Frischluft und deren Dynamik. Waldflächen erweisen sich aufgrund sehr geringer thermischer und human-biometeorologischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Darüber hinaus übernehmen Wälder bei geringen oder fehlenden Emissionen die Funktion als Frischluft- und Reinluftgebiete, können jedoch aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion übernehmen.

Klima innerstädtischer Grünflächen (implizit vorhanden)

Die klimatischen Verhältnisse innerstädtischer Park- und Grünanlagen sind zwischen denen von Freiland- und Waldklima einzustufen. Dabei variiert die klimatische Reichweite von Parkflächen in Abhängigkeit von der Größe und Form der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung oder Durchlüftungsbahnen.

Die Klimawirksamkeit von Grünflächen beschränkt sich je nach Größe, Relief und Rauigkeit auf die Fläche selbst (Mikroklimaeffekt), kann jedoch auch stadtclimatisch positive Fernwirkungen aufweisen.

Verschiedene Untersuchungen und Modellierungen haben gezeigt, dass mikroklimatische Kühlungseffekte in Abhängigkeit der Verdunstungsleistung und Beschattung auch bei geringer Flächengröße nachweisbar sind. Bei einer engen Vernetzung können kleinere Grünflächen zur Abmilderung von Wärmeinseln beitragen, u. a. indem sie den Luftaustausch fördern.

Vorstadtklima

Das Klimatop ist dem Übergangsbereich zwischen Freilandklima und dem Klima bebauter Flächen zuzuordnen und wird durch eine grüngesprägte Flächennutzung und Oberflächenstruktur geformt. Es überwiegt der Einfluss des unbebauten Geländeanteils. Dieser Klimatoptyp ist charakteristisch für die Vorstadtsiedlungen, Gartenstädte oder Ortsräder, die darüber hinaus oft im unmittelbaren Einflussbereich des Freilands stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimaelemente Lufttemperatur, -feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit ist niedriger als im Freiland, aber höher als in der Innenstadt.

Stadtrandklima

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer lockeren Bebauung und einer relativ günstigen Durchgrünung. Hieraus resultiert eine schwache Ausprägung von Überwärmung, zumeist kann von einem ausreichenden Luftaustausch sowie eher günstigen bioklimatischen Bedingungen in diesen Gebieten ausgegangen werden.

Stadtklima

Charakteristisch für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit hauptsächlich hohen Baukörpern und Straßenschluchten. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die ausgeprägten Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile, ist der Stadtkörper während austauscharmer Strahlungsnächte deutlich überwärmst. Tagsüber treten hohe Strahlungstemperaturen auf, die zu Hitzestress führen. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die mit zeitweise ungünstigen human-biometeorologischen Verhältnissen und erhöhter Luftbelastung verbunden sind und das Stadtklima prägen.

Innenstadtklima

Kennzeichnend für das Innenstadtklima sind ein sehr hoher Versiegelungsgrad, hohe Oberflächenrauigkeit sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, zum Teil mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Aufgrund dieser Eigenschaften weist das Innenstadtklima die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählt vor allem der starke Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Wärmespeicherfähigkeit der städtischen Oberflächen und die starken Windfeldveränderungen, die sich in den strassenparallelen Be- und Entlüftungssituationen widerspiegeln. Human-biometeorologisch ist dies sehr ungünstig.

Gewerbe-/Industrieklima (implizit vorhanden)

Gewerbebetriebe mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten prägen das Mikroklima maßgeblich. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad in Kombination mit erhöhten Emissionen an Produktionsstätten kommt es verstärkt zu lufthygienischen und human-bioklimatischen Belastungssituationen. Zu diesen Flächen zählen auch häufig Sonderflächen wie militärisch genutzte Flächen usw.

Gleisanlagen (implizit vorhanden)

Gleisanlagen sind durch einen extremen Tagesgang der Lufttemperatur geprägt. Geringe Strömungshindernisse sorgen dafür, dass diese nachts als potenzielle Kaltluftleitbahnen auftreten.

Klimaphänomene nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1:

Luftleitbahn

Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite stellt eine Luftleitbahn eine bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport dar. Luftleitbahnen, häufig auch als Ventilationsbahnen bezeichnet, sind durch geringe Rauigkeit (keine hohen Gebäude, nur einzelnstehende Bäume), möglichst geradlinige oder nur leicht gekrümmte Ausrichtung und größere Breite (möglichst in einem Längen-/Breitenverhältnis 20:1) gekennzeichnet. Sie ermöglichen den Luftmassenaustausch zwischen Umland und Stadt. Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab, in Kombination mit der Ausrichtung der Luftleitbahn. Ferner können Luftleitbahnen vor allem bei Schwachwindlagen von großer Bedeutung für die klimatische Entlastung innerstädtischer Gebiete sein. Das Relief kann die Funktion als Luftleitbahn unterstützen. Effiziente Luftleitbahnen werden z. B. durch breite Flussauen gebildet. Breite, geradlinige Straßen oder Bahnanlagen können auch Luftleitbahnen darstellen. Luftleitbahnen können je nach Nutzung und Emissionseintrag lufthygienisch und thermisch beeinträchtigt sein.

Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung

Der Kaltluftabfluss ist ein thermisches, während der Nacht induziertes Windsystem (Hangabwind). Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Diese, durch Temperatur- und Dichteunterschiede entstehenden, bodennahen Kaltluftabflüsse, initiieren und/oder verstärken das nächtliche Windsystem. Generell beeinflusst Kaltluft das lokale Klima signifikant. Die vertikale Mächtigkeit der Kaltluftabflüsse ist auf wenige Dekameter beschränkt.

Neben der Stärke des Abflusses ist es entscheidend, ob durch die Kaltluft unbelastete (=Frischluft) oder belastete Luftmassen herab transportiert werden. Kaltluft kann sich zudem an Hindernissen aufstauen und in Senken und Tälern ansammeln (Sammelgebiete). In der Regional- und Stadtplanung sind Entstehungsgebiete, Sammelgebiete und Abflüsse der Kaltluft zu berücksichtigen.

Durchlüftungsbahn

Innerstädtische Luftbahn, die insbesondere bei windstärkeren Wetterlagen Durchlüftung ermöglicht. Korridore (Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc.) die als zusätzliche Bahnen belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen.

Windfeldveränderung

Durch hohe Bebauung hervorgerufene Störung des Windfeldes. Hinweis auf erhöhte turbulente Windgeschwindigkeitsänderungen (Böigkeit) und drastische Windrichtungsänderungen (Wirbelbildung, Umströmung).

5.2 Legende der Klimaanalysekarte der Landeshauptstadt Wiesbaden

Die Legende der Klimaanalysekarte (siehe Abbildung 22 und Abbildung 23) beschreibt sowohl die thermische (Farbkodierung) als auch die dynamische (Schraffur und Symbolik) Komponente des Stadtklimas in der Landeshauptstadt Wiesbaden, welche in der Klimaanalysekarte (Abbildung 24) dargestellt wird.

Klimatope (thermische und dynamische Komponente):

Kategorie	Name	Beschreibung
	Hohes Abkühlungspotenzial	Hauptsächlich Kalt- und Frischluftentstehung Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Freilandklima . Hochaktive, vor allem kaltluft- und/oder frischluftproduzierende Flächen im Außenbereich. Größtenteils mit geringer Rauigkeit und/oder entsprechender Hangneigung.
+	Mittleres Abkühlungspotenzial	Hauptsächlich Frischluftentstehung Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Waldklima . Hochrelevante Flächen für Frischluft- und Kaltluftentstehung, hauptsächlich mit dichten Baumbestand.
	Abkühlungspotenzial	Misch- und Übergangsklima Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Vorstadtklima . Flächen mit hohem Vegetationsanteil, die zur Abmilderung von Wärmeinseln beitragen.
-	Geringe Überwärmung	Schwach ausgeprägte Wärmeinsel Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtrandklima . Bau-lich geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen, größtenteils ausreichende Belüftung.
-	Moderate Überwärmung	Ausgeprägte Wärmeinseln Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtklima . Dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen. Durch Barrieren entstehen Belüftungsdefizite.
-	Starke Überwärmung	Ausgeprägte Wärmeinseln mit hoher Belastung Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtgebiete/City, Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung.

Abbildung 22: Legende der Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, Teil 1

Hervorhebung dynamische Komponente:

Kategorie	Name	Beschreibung
großräumig	 Luftleitbahn	Luftleitbahn von unterschiedlichem thermischen und/oder lufthygienischen Niveau mit lokaler und regionaler Bedeutung. Bei Schwachwindlagen und windstarken Wetterlagen aktiv. Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Fläche für den Luftmassenaustausch.
	 Wirkrichtung Luftleitbahn	Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab. Die Ausrichtung der Pfeilsymbole entsprechen der bevorzugten Fließrichtung.
	 Kaltluftbahn	Thermisches, während der Nacht induziertes Windsystem. Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Die bodennahen Kaltluftabflüsse werden durch Temperatur- und Dichteunterschiede initiiert.
	 Kaltluftbahn reduziert	Teil einer Kaltluftbahn mit reduzierter Wirkung im bodennahen Bereich. Durch die Mächtigkeit des Kaltluftabflusses Über- / Durchströmung partieller Siedlungsbereiche.
	 Kaltluftabflussrichtung	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft.
	 Kaltluftabflussrichtung reduziert	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft mit reduzierter Wirkung.
kleinräumig	 Durchlüftung/ Durchlüftungsbahn	Innerstädtische Luftbahn, die insbesondere bei windstärkeren Wetterlagen Durchlüftung ermöglicht. Korridore (Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc.) die als zusätzliche Bahnen belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen.
	 Windfeldveränderung	Durch hohe Bebauung hervorgerufene Störung des Windfeldes. Hinweis auf erhöhte turbulente Windgeschwindigkeitsänderungen (Böigkeit) und drastische Windrichtungsänderungen (Wirbelbildung, Umströmung).

Abbildung 23: Legende der Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, Teil 2

5.3 Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden - 2022

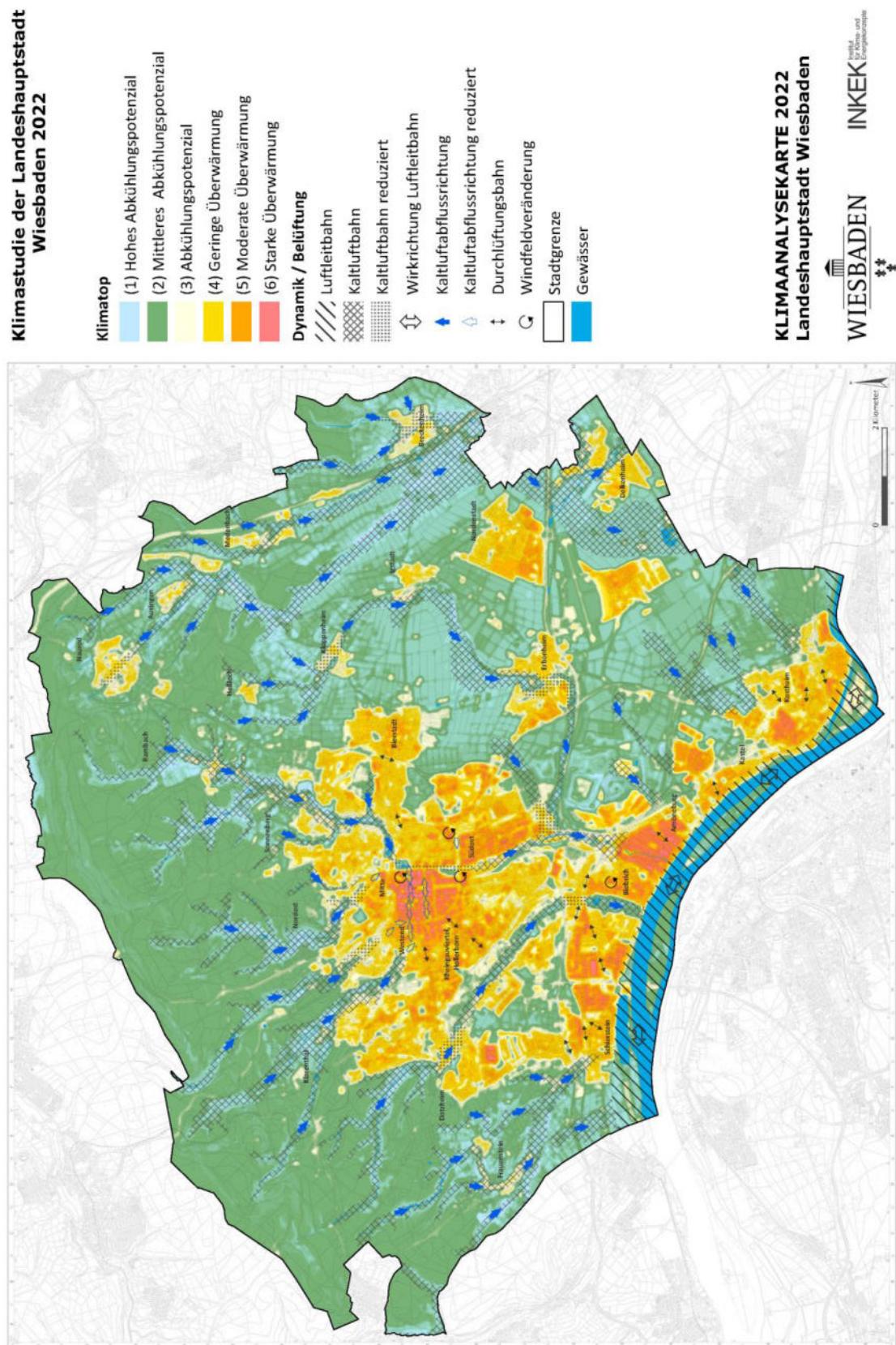


Abbildung 24: Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)

5.4 Klima der Zukunft

Um für heutige Planungsprozesse und Entscheidungen eine klimabewusste und zukunfts-fähige Ausrichtung zu realisieren, müssen Kenntnisse vorhanden sein, wie sich die klimatologischen Trends entwickeln und welche Auswirkungen diese auf den konkreten Betrachtungsraum haben werden.

Um diesen Trend der wahrscheinlich eintretenden Veränderungen zu veranschaulichen, wurde aufbauend auf der detaillierten Klimaanalysekarte 2022 (Bestand) ein Szenario für die mittlere Zukunft (2031-2060) entwickelt. Um eine inhaltliche Konsistenz zu gewährleisten, wurde für die gesamtstädtische Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden auf die eingesetzten Zukunftsdaten aus dem KLIMPRAX Stadtklima Projekt zurückgegriffen. Diese Daten beruhen auf dem Emissionsszenario SRES A1B, das als Ensemble von Klimaprojektionen aus 19 Einzelprojektionen besteht. Nachzulesen ist dies im Abschlussbericht des DWD (2017).

5.4.1 Voraussichtliche Auswirkungen des projizierten Klimawandels

Temperaturbezogene Auswirkungen des Klimawandels (2031-2060)

Im ganzen Stadtgebiet Wiesbadens ist eindeutig mit einer Zunahme der Klimaindizes (Kenntage) zu rechnen. Dieser Trend bildet sich in der gesamten Rhein-Main-Region ab und führt generell bei dichter Bebauung und intensiver Versiegelung zu einer deutlichen Erwärmung, während locker bebaute Landnutzungsklassen bzw. Naturräume in naher Zukunft (2031-2060) von etwas weniger starkem Temperaturanstieg betroffen sein werden.

Der Deutsche Wetterdienst (Projekt KLIMPRAX Stadtklima, DWD 2017) prognostiziert folgende Veränderungen der klimatischen Kennwerte für das Gebiet um die Klimamessstation „Wiesbaden Süd“ wie folgt:

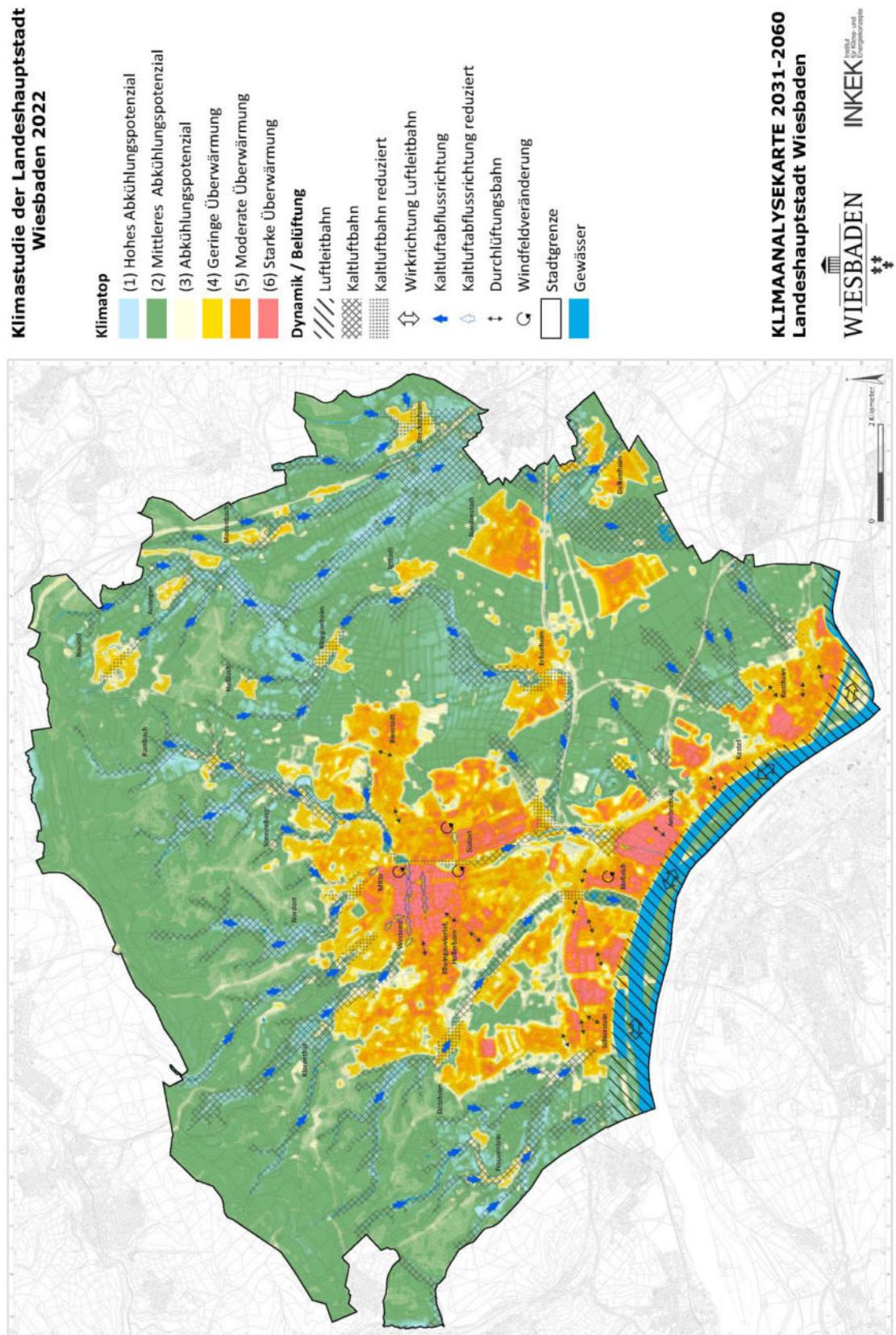
- Sommertage ($T_{max} \geq 25^\circ C$):
1971 – 2000 (Messung) 47,5 Tage
2031 – 2060 (Simulation) 59,7 bis 70,8 Tage (+12,2 bis +23,3 Tage)
- Heiße Tage ($T_{max} \geq 30^\circ C$):
1971 – 2000 (Messung) 10,8 Tage
2031 – 2060 (Simulation) 12,4 bis 24,9 Tage (+1,6 bis +14,1 Tage)
- Tropennächte ($T_{min} \geq 20^\circ C$):
1971 – 2000 (Messung) 0,9 Nächte
2031 – 2060 (Simulation) 5,1 bis 16,2 Nächte (+4,2 bis +15,3 Nächte).

Für die Erstellung dieser Datensätze wurde im Projekt KLIMPRAX das Stadtklimamodell MUKLIMO_3 (DWD) eingesetzt. Mit Geodaten in Form von Landnutzungsinformationen bzw. Bebauungsstrukturen und Geländehöhe wurde das Modell in einer 100 Meter Auflösung erstellt und die Stadtklimasimulationen durchgeführt. Um die Auswirkungen des pro-

jizierten Klimawandels darzustellen, wurden neben den gemessenen Klimazeitreihen (Simulation Gegenwart) ebenso Zeitreihen aus Klimaprojektionen verwendet, die auf regionaler Ebene vorliegen. „Für die Betrachtung des Klimas der Zukunft wurde in KLIMPRAK-Stadtclima der Zeitraum 2031-2060 festgesetzt“.

Es ist zu folgern, dass mit einer deutlichen Erhöhung der thermischen Belastung in Zukunft zu rechnen ist (siehe Abbildung 25).

5.4.2 Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden – 2031-2060



5.5 Vulnerabilitätsanalyse – Empfindlichkeit und Betroffenheit der Bevölkerung

Im Jahr 2021 wurde eine umfangreiche Betroffenheitsanalyse der Landeshauptstadt Wiesbaden erstellt (Landeshauptstadt Wiesbaden 2021), die in der Klimastudie aktualisiert werden soll, um Eingang in die Planungshinweiskarte (Kapitel 6) zu finden. Dazu wurden zwei Kartenwerke auf Grundlage der Karten aus 2021 erstellt. (1) die klimatische Empfindlichkeit gibt die potenzielle Empfindlichkeit der Bevölkerung hinsichtlich Hitze an und (2) die Betroffenheitskarte zeigt aufbauend auf (1) die reale Betroffenheit in Folge von Empfindlichkeit und Hitzebelastung.

5.5.1 Empfindlichkeit der Bevölkerung

Als besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen wurden bei diesem Analyseschritt Klein-kinder (0-6 Jahre) und ältere und hochaltrige Menschen (über 65 Jahre) gewählt, da diese besonders sensibel auf klimatische Extreme reagieren. Die zugrundeliegenden Daten (Stand 31.12.2022) wurden von der Landeshauptstadt Wiesbaden in einer 100 m x 100 m Auflösung zur Verfügung gestellt. Für die Flächen mit Bevölkerung der US-Streitkräfte wurde aufgrund der fehlenden Daten eine potenzielle Empfindlichkeit kartografisch dargestellt.

Als Indikator für die Einteilung in 4 Klassen (geringe, mittlere, hohe und sehr hohe Empfindlichkeit) wurde die Summe der vulnerablen Bevölkerungsgruppen mit der Einwohner-dichte der jeweiligen 100 m x 100 m Zelle multipliziert.

Abbildung 26 zeigt die flächige Verteilung der Empfindlichkeit der Bevölkerung im Wiesba-dener Stadtgebiet.

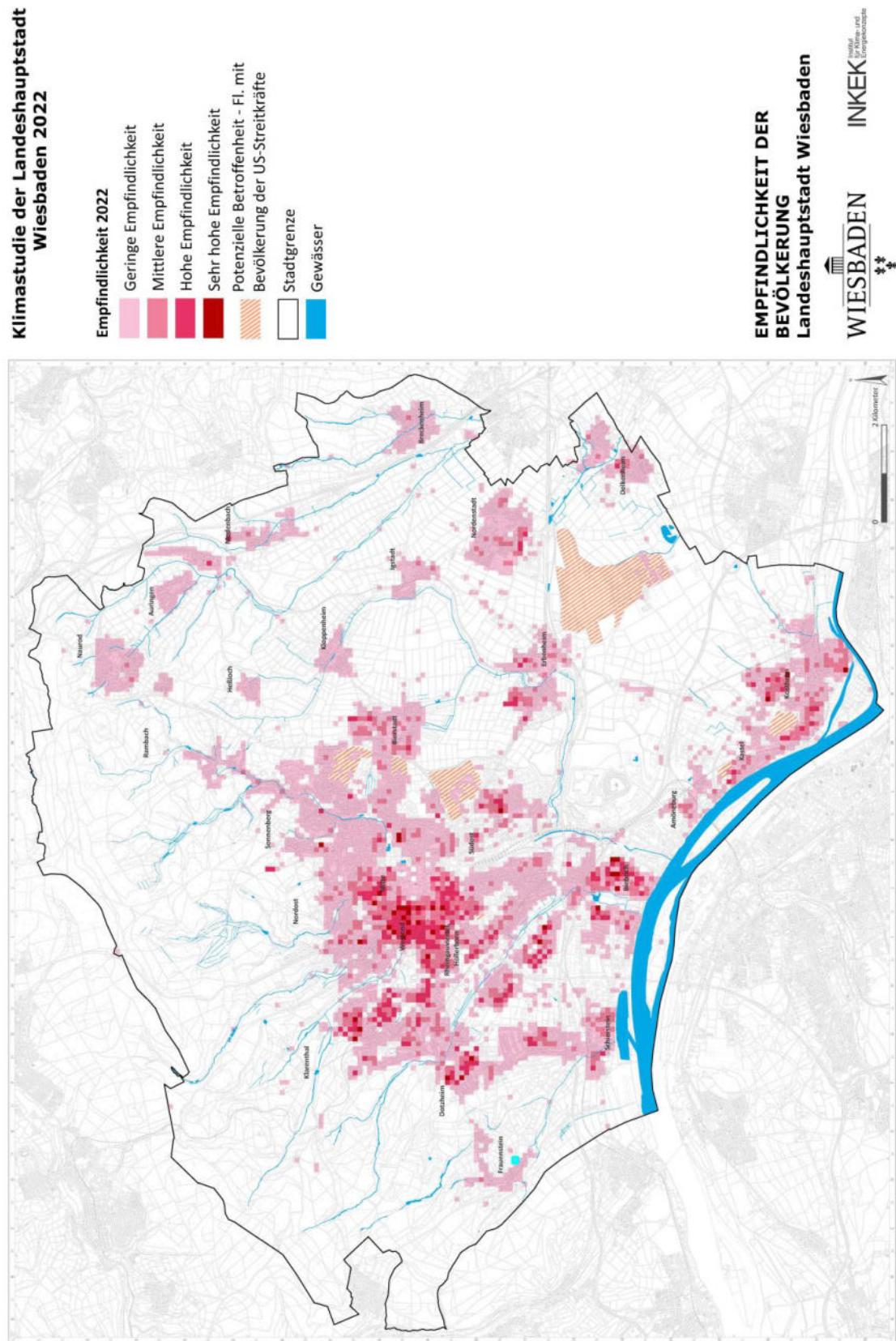


Abbildung 26: Empfindlichkeit der Bevölkerung Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)

5.5.2 Betroffenheit der Bevölkerung

Die Empfindlichkeit der Bevölkerung bildet nur die altersbezogene und wohnumfeldbezogene Sensitivität ab. Das bedeutet, die unterschiedlichen Ausprägungen des Stadtklimas wurden noch nicht beachtet. Dies wird in der anschließende Betroffenheitsanalyse ausgeführt.

Dabei bildet die Klimaanalysekarte die Ausgangslage der folgenden Analyseschritte. Der klimatische Einfluss wird durch die Klimawirkung der Klimatope beschrieben. Das räumliche Vorkommen der Klimatope wird mit der Empfindlichkeit verschnitten.

Die beiden Indikatoren sind somit die Klimaanalysekarte 2022 und die Empfindlichkeit der Bevölkerung (basierend auf Einwohnerdaten 2022).

Als Indikator für die Einteilung in 5 Klassen (sehr geringe, geringe, mittlere, hohe und sehr hohe Betroffenheit) wird der Wert der Empfindlichkeit mit der thermischen Belastung der Klimatope multipliziert und anschließend gruppiert. Somit konnte eine qualitative Klassifizierung vorgenommen werden.

Abbildung 27 zeigt die flächige Verteilung der Betroffenheit der Bevölkerung im Wiesbadener Stadtgebiet. Eine sehr hohe Betroffenheit besteht, wenn eine hohe Empfindlichkeit und ein hoher Überwärmungsgrad gemeinsam auftreten. Dies sind vor allem die stark verdichteten Bereiche mit Wohnnutzung im Bereich der Innenstadt und Biebrich. Geringere Betroffenheiten bestehen in Gebieten, die entweder keine hohe Empfindlichkeit aufweisen, nur wenige Menschen der sensiblen Bevölkerungsgruppen verzeichnen, oder in Gebieten, die nur eine geringe thermische Belastung aufweisen wie in den nördlichen Siedlungsbereichen mit ausreichend Freifläche im Wohnumfeld.

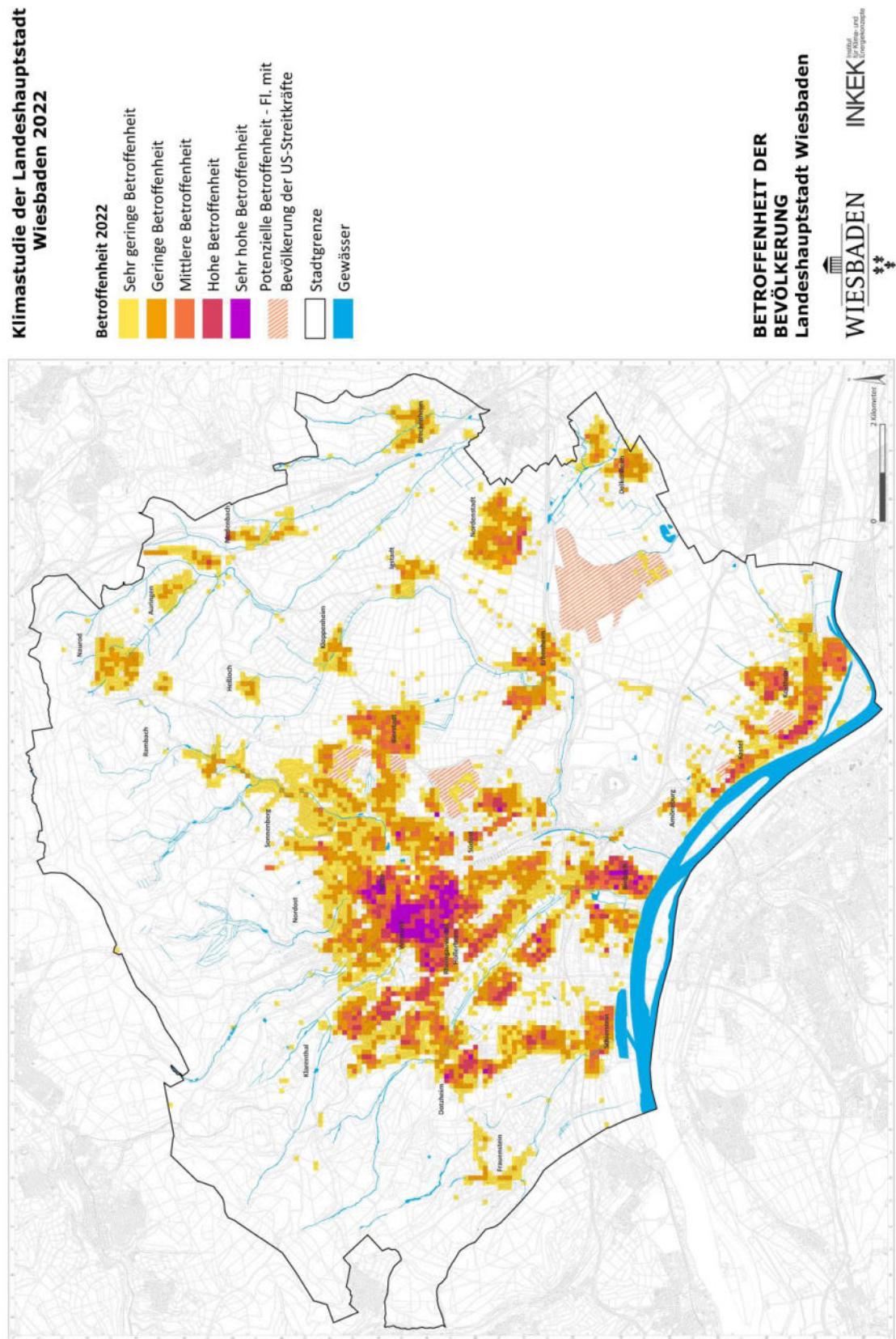


Abbildung 27: Betroffenheit der Bevölkerung Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab (Original im DINA0-Format im Anhang)

6 Klimastudie Wiesbaden Teil 2 – Planungshinweiskarte

Die Auswertung und Weiterverarbeitung der bisher gewonnenen Analyseergebnisse in eine für die Flächennutzungs- und Bebauungsplanung nutzbare „Sprache“ fördert eine erfolgreiche Einbindung stadtclimatischer Anforderungen in Planungsprozesse. Die Planungshinweiskarte nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 stellt dafür ein geeignetes Instrument dar, das in einem abschließenden Schritt unter Berücksichtigung der aktuellen stadtclimatischen Gegebenheiten sowie der zukünftigen Klimaentwicklung und der Betroffenheit der Bevölkerung erstellt wird.

Die Planungshinweiskarte bildet im Anwendungsfall die erste Einordnung einer Fläche in Bezug auf die klimatische Situation. Detailliertere Informationen wie Wechselwirkungen und die Ausprägung der Klimatope sind der Klimaanalysekarte zu entnehmen. Bei detaillierten und bestimmten Parametern kann auf die Themenkarten der nächtlichen Kaltluft zurückgegriffen werden. Daraus ergibt sich folgende empfohlene Anwendungsreihenfolge der Klimakarten (siehe Abbildung 28):

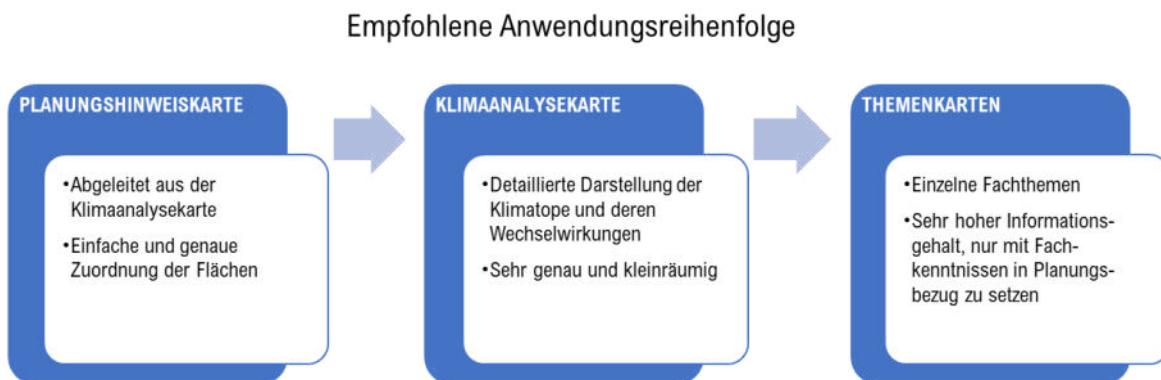


Abbildung 28: Empfohlene Anwendungsreihenfolge bei der Verwendung von Stadtclimakarten

6.1 Einführung und Methodik

Die Planungshinweiskarte (siehe Abbildung 34) fokussiert eine möglichst optimale Raumgliederung der relevanten Bereiche im Kontext von Planungsaufgaben unter Klimasichtspunkten. „Die Erstellung einer klimatischen Planungshinweiskarte [...] beinhaltet immer einen Teil von Expertenwissen der Stadt- und Geländeklimatologie“ (VDI 3787 Blatt 1). Dabei werden die Klimatope der Klimaanalysekarte zusammengefasst, in Planungsbezug gesetzt und mit einer scharfen Abgrenzung dargestellt. Ergänzt werden die Informationen mit den Ergebnissen der zukünftigen klimatischen Entwicklung und der Betroffenheitsanalyse (siehe Abbildung 29).

Schematische Darstellung der Methodik zur Erstellung der Planungshinweiskarte 2022 der Landeshauptstadt Wiesbaden
Klimaanalysekarte 2022 **Auswirkungen Klimawandel** **Betroffenheit der Bevölkerung**

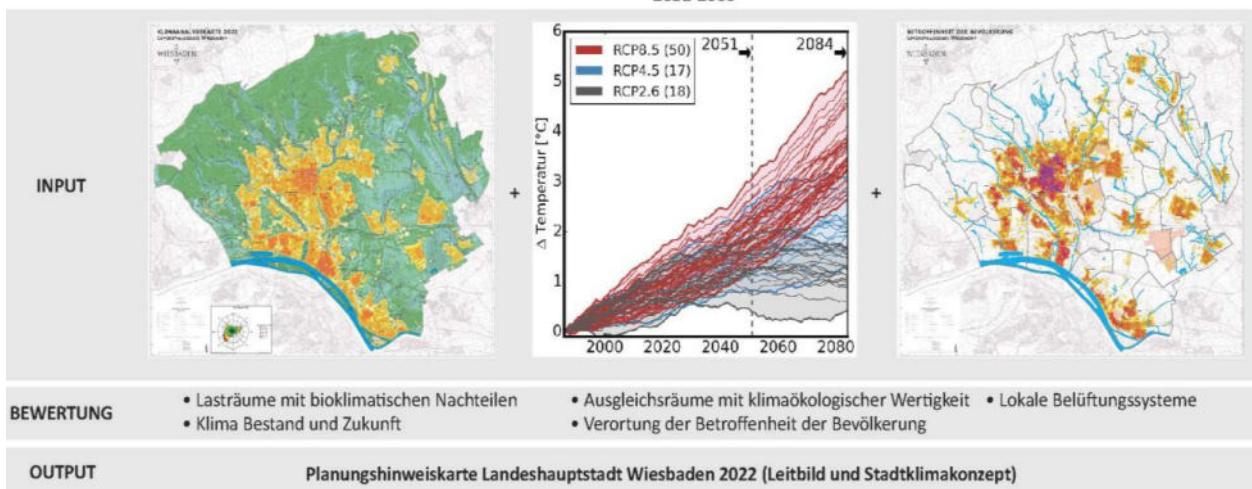


Abbildung 29: Schematische Darstellung der Methodik der Planungshinweiskarte LHW

Die Umsetzung folgt den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 und sieht grundsätzlich zwei übergeordnete Hinwestypen vor: „Ausgleichsräume“ in Form von Grün- und Freiräumen sowie „Lasträume“ in Form von Siedlungsräumen (bebaute Gebiete).

Die bewertenden Stufen der Planungshinweiskarte beinhalten Hinweise bezüglich der klimatischen Empfindlichkeit von Flächen gegenüber nutzungsändernden Eingriffen oder Bebauungsänderungen. Abbildung 30 zeigt die typische Einordnung unterschiedlicher Flächennutzungen hinsichtlich ihrer Funktion als Ausgleichsräume.



Abbildung 30: Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Ausgleichsräume (aus Wiesbaden und vergleichbaren Orten)

Die Einteilung der Lasträume geschieht in insgesamt 4 Kategorien, die entsprechend bewertet werden und für die die Planungshinweise nach VDI-Richtlinie gelten (siehe Abbildung 31).

Siedlungsflächen, Lasträume			
Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion	Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion	Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen
 <p>Bebautes Gebiet ohne nennenswerte bioklimatische Belastung, gute Durchlüftung mit stadtökologischer Funktion an den Rändern und Übergängen.</p>	 <p>Bebautes Gebiet mit geringer bioklimatischer Belastung, ausreichender Durchgrünung und mit klimasensiblen Entwicklungsmöglichkeiten.</p>	 <p>Bebautes Gebiet mit mittlerer bioklimatischer Belastung, wenig Vegetation, geringem Belüftungspotenzial und hohem Anpassungsbedarf.</p>	 <p>Bebautes Gebiet mit hoher bioklimatischer Belastung. Extreme Verdichtung, zu wenig Vegetation und fehlende Durchlüftung führt zu hohem Handlungsdruck bei der Klimaanpassung.</p>

Abbildung 31: Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Lasträume (aus Wiesbaden und vergleichbaren Orten)

Beschreibung der Planungshinweiskategorien nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1:

Ausgleichsräume, Grün- und Freiräume

Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung

Dies sind vor allem klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum, wie innerstädtische und siedlungsnaher Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Berg-/Talwindsystems bzw. der lokalen oder regionalen Belüftung liegen.

Diese Gruppe umfasst des Weiteren nicht bebauten Täler, insbesondere deren Talsohlen und Geländeinschnitte, in denen ein Kaltluftabfluss auftritt. Diese Gebiete sind mit hohen Restriktionen gegenüber Bebauung belegt. Außerdem sind große zusammenhängende Freiflächen aus klimatisch-lufthygienischen Gründen für den Ballungsraum von großer Wichtigkeit.

Die genannten Flächentypen sind mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet; das heißt bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu bedenklichen klimatischen Beeinträchtigungen. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern.

Sollten trotz klimatischer Bedenken in solchen Gebieten Planungen in Erwägung gezogen werden, sind dafür klimatisch-lufthygienische Sondergutachten unbedingt notwendig.

Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung

Die auf diesen Freiflächen entstehende Kalt- und Frischluft fließt entweder nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete oder es liegt nur eine geringe Kaltluftproduktion aufgrund der Ausstattung vor.

Auf derartigen Flächen ist aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich. Klimatisch bedeutsame lokale Gegebenheiten wie Talsohlen, Schneisen, Bachläufe usw. sind jedoch bei der Planung zu berücksichtigen. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung sind die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen, die Schaffung von Dach- und Fassadenbegrünungen und möglichst geringe Gebäudehöhen sowie windoffene Gebäudeanordnungen zu empfehlen.

Ausgleichsraum mit geringer Bedeutung

Diese Freiflächen haben entweder keine direkte Zuordnung zum Siedlungsraum, das heißt, dort entstehende Kalt- und Frischluft fließt nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete, oder es liegt nur eine geringe Kaltluftproduktion vor. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung ist die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen zu empfehlen.

Sie sind mit geringerer Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet. Auf derartigen Flächen ist aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich.

Lasträume, Siedlungsräume (bebaute Gebiete)

Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion

Bebaute Gebiete mit geringen klimatischen Funktionen, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermisch-lufthygienischen Belastungen aufweisen und benachbarte Siedlungsbereiche nicht wesentlich beeinträchtigen.

Es handelt es sich um bebaute, gut durchlüftete Kuppenlagen oder um bebaute Gebiete, deren thermisch-lufthygienische Emissionen nicht zu Verschlechterungen in nahegelegenen Siedlungsbereichen führen. Bei einer zusätzlichen Verdichtung ist keine nennenswerte klimatisch-lufthygienische Auswirkung zu erwarten.

Allerdings ist darauf zu achten, dass bestehende Belüftungsmöglichkeiten erhalten werden und zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch Dach- und Fassadenbegrünung und Beibehaltung von Grünflächen kann einer thermischen Belastung vorgebeugt werden.

Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion

Hierbei handelt es sich um bebaute Gebiete, die aufgrund ihrer Lage und ihrer Bebauungsart klimarelevante Funktionen übernehmen. Darunter fallen z. B. locker bebaute und durchgrünte Siedlungen oder Siedlungsränder, die nachts entsprechend abkühlen und relativ windoffen sind oder gut durchlüftete verdichtete Siedlungsbereiche (z. B. Kuppenlagen).

Diese Gebiete führen weder zu intensiver thermisch-lufthygienischer Belastung noch zu Beeinträchtigungen des Luftaustauschs und weisen im Allgemeinen geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierungen auf.

Damit sind z. B. Arrondierungen an den Siedlungsrändern und das Schließen von Baulücken gemeint, wobei die in diesem Gebiet vorhandene Dimension der Bebauung beibehalten werden sollte. Solche relativ geringfügigen und der Umgebung angemessenen Nutzungsänderungen ziehen keine wesentlichen klimatisch-lufthygienischen Änderungen nach sich.

Allerdings ist bei Planungen von Baumaßnahmen in diesen ausgewiesenen Flächen eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Erhaltung und Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil. Eine zusätzliche Versiegelung ist minimal zu halten und durch Schaffung von Vegetationsflächen sowie Dach- und Fassadenbegrünung auszugleichen.

Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion

Diese ausgewiesenen bebauten Bereiche übernehmen für sich und angrenzende Siedlungen bedeutende klimarelevante Funktionen, wobei Art und Dimension der vorhandenen Bebauung sehr unterschiedlich sein können.

Die genannten Gebiete weisen allesamt eine erhebliche klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Weitere Bau und Versiegelungsmaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf die klimatische Situation. Für diese Gebiete wird eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung oder Erweiterung der Belüftungsflächen empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen in diesen ausgewiesenen Flächen sind klimatisch-lufthygienische Gutachten notwendig.

Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen

Diese Ausweisung umfasst vornehmlich verdichtete Siedlungsräume, die klimatisch-lufthygienisch stark belastet sind; dazu zählen auch diejenigen bebauten Bereiche, in denen der Luftaustausch maßgeblich durch Bauwerke behindert ist.

Diese Gebiete sind unter Landeshauptstadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.

Als Aufwertungs- oder Sanierungsmaßnamen kommen infrage:

Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads und Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere des Verkehrs und der Feuerungsanlagen. Zudem wird eine Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Durchlängungsbahnen empfohlen; damit ist u. U. die Entfernung oder Verlagerung störender Bauwerke verbunden.

Bei allen Planungen innerhalb dieser Flächenausweisungen sind klimatisch-lufthygienische Gutachten notwendig.

6.2 Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden

Die Legende der Planungshinweiskarte der Landeshauptstadt Wiesbaden mit zugeordneten Planungshinweisen unterteilt die zusammengefassten Klimatope der Klimaanalyse-karte in Hinblick auf den Umgang der entsprechenden Flächen aus stadtklimatischer Sicht (siehe Abbildung 32 und Abbildung 33). Rechtskräftige Bebauungspläne, welche im Sommer 2022 baulich noch nicht oder nicht vollständig umgesetzt wurden, sind gekennzeichnet.

Ausgleichsräume, Grün- und Freiflächen:

Kategorie	Name	Planungshinweise
schützen und vernetzen	Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung	<p>Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Großflächige, klimaaktive Freiflächen mit direktem, positiv wirksamen Bezug zum Siedlungsraum. Hoher Einfluss für das aktive Kaltluftsystem, das die Siedlungsräume mit Kalt- und oder Frischluft versorgt. Hohe klimaökologische Wertigkeit. <i>Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten, nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anstreben. Innerstädtische Potenzialflächen über Schneisen und Vegetationsflächen verbinden.</i></p>
	Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung	<p>Empfindlich gegenüber Nutzungsänderungen. Flächen im indirekten und selten direkten Wirkungszusammenhang mit Siedlungsflächen. Hohe klimaökologische Wertigkeit der landwirtschaftlichen Flächen im Osten und Westen der Stadt. Dadurch wichtige Ausgleichsfunktion zur thermischen Entlastung. <i>Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten. Bei Planungen von Baumaßnahmen ist eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil.</i></p>
schützen	Ausgleichsraum	<p>Geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Flächen mit geringem klimatischen Einfluss auf Siedlungsgebiete. Von Siedlungsgebieten abgewandt oder wenig bedeutend für die Kalt- und Frischluftproduktion. <i>Klimabewusste Entwicklungen sind unter Beachtung des „Bodenverbrauchs“/ Klimaschutz durchführbar. Eine möglichst geringe Gebäudehöhe sowie windoffene Gebäudeanordnungen sind zu empfehlen (Ausrichtung beachten!).</i></p>

Abbildung 32: Teil 1 der Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022 (Ausgleichsräume, Grün- und Freiflächen)

Lasträume, Siedlungsflächen:

Kategorie	Name	Planungshinweise
klimasensible Entwicklung möglich sanieren	Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion	Gebiete im Siedlungs- oder Stadtgebiet mit geringer klimatisch-lufthygienischen Empfindlichkeit aufgrund ihrer Lage und der geringen thermischen Belastungen. Diese Flächen haben keine nennenswerte klimatische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen und baulicher Nachverdichtung. <i>Entwicklungen können stadtklimatologische Auswirkungen haben, sofern ein Einfluss auf die Durchlüftung der Stadt oder die Abkühlung in der Nacht besteht, Siedlungsräder offenhalten. Nachverdichtungen im Sinne des Klimaschutzes sind stadtklimasensibel durchzuführen.</i>
	Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	Klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende Belüftungsmöglichkeiten sollten erhalten und ausgebaut werden. <i>Bauliche Maßnahmen und Stadtentwicklungsaktivitäten auf diesen Flächen sollen klimasensibel unter Beachtung der Durchlüftung des Gebiets und des Einflusses auf das Stadtgebiet betrieben werden und durch ein stadtclimatisches Gutachten begleitet werden.</i>
	Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion	Erhebliche Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung, Bautätigkeit oder weiterer Versiegelung. Diese Faktoren können zu erheblichen negativen Auswirkungen der klimatischen Situation führen und sollten stets durch Mikroklimauntersuchungen begleitet werden. <i>Für diese Gebiete wird eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung oder Erweiterung der Belüftungsflächen empfohlen.</i>
	Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen	Diese Gebiete sind unter stadtclimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig . <i>Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads.</i> <i>Zudem wird eine Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Ventilationsbahnen empfohlen, damit das lokale Belüftungssystem entlastend wirken kann.</i> Human-Biometeorologische Empfehlung: <i>Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung.</i>

Abbildung 33: Teil 2 der Legende der Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022 (Lasträume, Siedlungsflächen)

6.3 Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

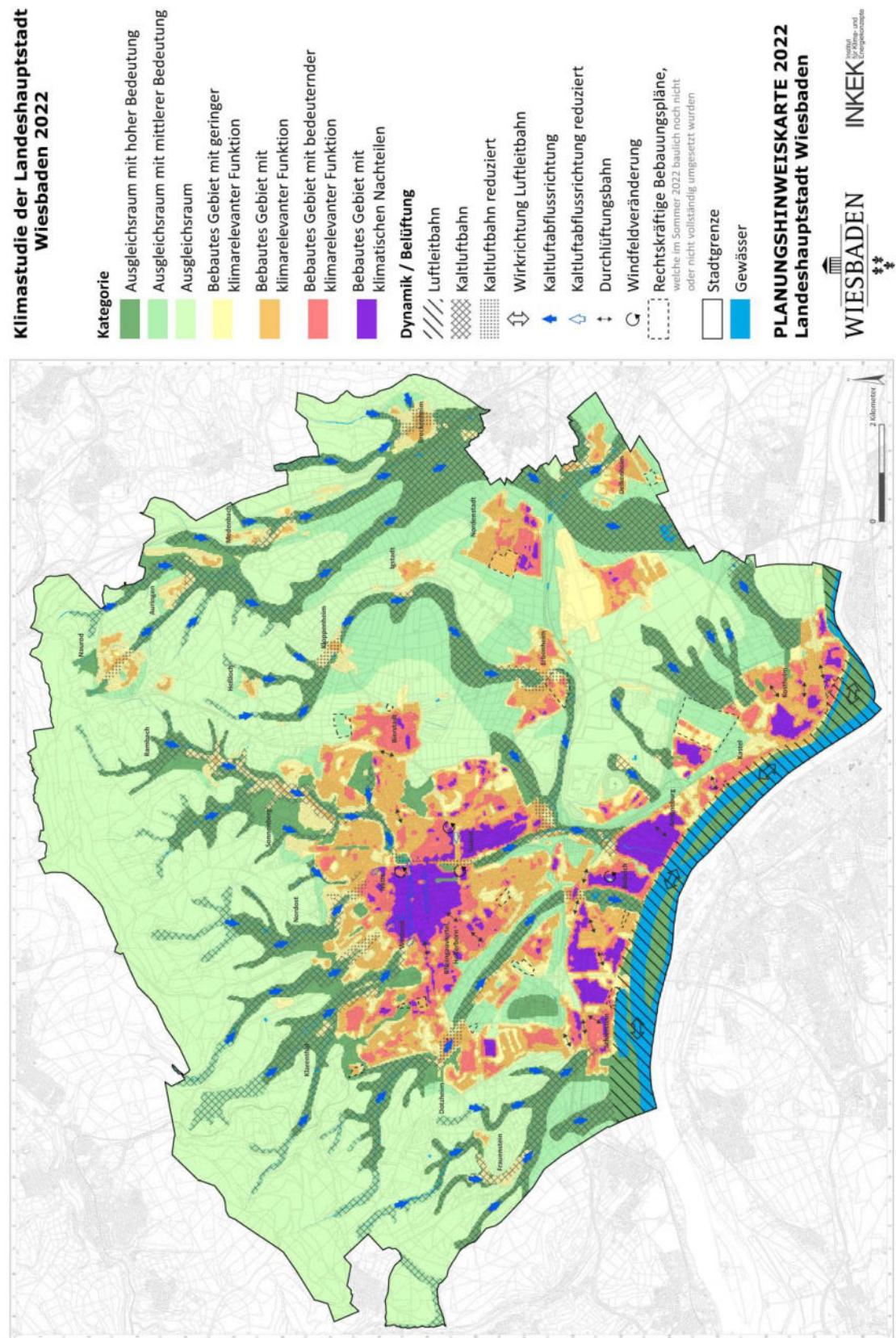


Abbildung 34: Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022, ohne Maßstab
(Original im DINA0-Format im Anhang)

7 SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK

Laut der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, Fortschrittsbericht 2020) nimmt die Stadt- und Raumplanung eine „Schlüsselrolle im Bereich der Klimaanpassung“ ein. Da sich die steigende Hitzebelastung negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt, ist im Themenbereich „Stadtclima und Luftqualität“ ein großer Handlungsbedarf gegeben.

Ziel der vorliegenden Klimastudie der Gesamtstadt war es, die Landeshauptstadt Wiesbaden sowohl in der Ist-Situation als auch in der Zukunft zu analysieren, um Grundlagen für die räumliche Interpretation zur Klimawirkung von Vegetation, Baudichten bzw. Bauhöhen etc. zu erhalten, womit flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden. Mit der Klimaanalysekarte für Wiesbaden werden die Wärmebelastung, das Kaltluftprozessgeschehen hinsichtlich Kaltluftentstehung und Kaltluftfluss sowie die Luftqualität zusammengeführt und präzisiert.

Die Ergebnisse der Klimaanalyse zeigen, dass vor allem die lokalen Kaltluftabflüsse eine hohe Bedeutung für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen haben. Kaltluftabflüsse von höher gelegenen naturnahen Flächen der Taunushänge in Richtung Überwärmungsgebiete und weiter in Richtung Rhein bringen während sommerlichen Hitzeepisoden nächtliche Abkühlung. Diese günstige naturräumliche Lage führt zu einem hohen Kaltluftvolumen, das über die prägenden Täler hangabwärts fließt und sich schon in den frühen Abendstunden entwickelt.

Die in der Planungshinweiskarte enthaltenen Planungsempfehlungen sind Rahmenvorgaben, die der vorbereitenden und verbindlichen Bauleitplanung als Orientierung dienen sollen. Positiv wirksame Raumstrukturen sollen stabilisiert und belastete Räume aufgewertet werden. Die Hinweise und Empfehlungen leiten sich aus der Analyse der klimatischen Situation heute und in Zukunft sowie der Betroffenheit der Bevölkerung im Wiesbadener Stadtgebiet ab. Die vereinfachte Darstellung der Planungshinweiskarte ermöglicht eine schnelle Einschätzung der klimatischen Bedeutung einer Fläche.

Im Hinblick auf die städtebauliche Entwicklung des Wiesbadener Stadtgebietes sowie die zukünftig zu erwartenden klimatischen Veränderungen gewinnen diese Ergebnisse zunehmend an Bedeutung. Daraus können stadtclimatische Anforderungen in die städtischen Planungsprozesse einbezogen und Schlussfolgerungen für Planungstätigkeiten getroffen werden, etwa inwieweit z. B. eine klimafachliche Begleitung durch Mikroklimauntersuchungen erforderlich sind oder welche Flächen bezüglich des Schutzwertes Klima wie zu handeln sind.

Für die Bewertung der potenziellen Bauflächen im Rahmen der Neuaufstellung des Flächennutzungsplanes dienen die Ergebnisse der Klimastudie der Einordnung der klimaökologischen Wirkung der Siedlungsflächenentwicklung.

Die Planungshinweise der gesamtstädtischen Klimastudie können damit einen wichtigen Teil der Abwägungen mit anderen Belangen in Planverfahren für eine klimasensible Entwicklung der Landeshauptstadt Wiesbaden darstellen.

8 QUELLEN

Baugesetzbuch (BauGB):

Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 20.12.2023 I Nr. 394.

Baumüller, J.; Hoffmann, U.; Reuter, U. 1995:

Städtebauliche Klimafibel, Hinweise für die Bauleitplanung Folge 2. Stuttgart: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.

Baumüller, J. und Katschner, L. 2023:

Stadtclima und Klimaanpassung in der städtebaulichen Planung, DWD Promet, Heft 106, S. 115-125.

BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2020):

Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Brandenburg C. und Matzarakis, A., 2007:

Das thermische Empfinden von Touristen und Einwohnern der Region Neusiedler See. In: Matzarakis, A., und Mayer, H. (Hrsg.), Proceedings zur 6. Fachtagung BIOMET. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg Nr. 16, 67-72.

Brasseur, G., Jacob, D. und Schuck-Zöller, S. (Hrsg.) 2023:

Klimawandel in Deutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

DWD (Deutscher Wetterdienst) 2017:

KLIMPRAX: Noppel, H. (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst): Modellbasierte Analyse des Stadtclimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 3 des Projekts KLIMPRAX Wiesbaden/Mainz -Stadtclima in der kommunalen Praxis. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2017 (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 249). S. 31-51.

DWD 2016:

Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung.

GERICS 2021:

Klimaausblick für Landkreise. Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg.

Häckel H. 1985:

Meteorologie. Ulmer, Stuttgart: UTB.

Höppe, P. 1999:

The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol. 43, 71-75.

Katschner, L. 2004:

Beitrag der Stadtklimatologie zu den Zielen einer neuen Urbanität UVP Report, Nr. 1/2004, Hamm.

Katschner L. und Kupski, S. 2019:

Bedeutung der Kaltluft und Ventilation in Städten. In: Lozán J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler & A. Matzarakis (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Städte. pp. 48-52. Online: www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.25592/warnsignal.klima.die-staedte.07.

Katschner, L., Katschner, A. und Kupski, S. (2010):

Abschlussbericht des BMBF Verbundprojekts KLIMES. Teilverhaben Planerische Bewertung der kleinräumigen Stadtklimaanalyse zur Umsetzung der Maßnahmen „Anpassung an Klimaextreme“. Meteorologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg [Hg.].

Kupski S. 2017:

Klimagerechte Materialien – Hitze Hotspot Stadt. Natürlich Technik: Mit neuen Materialien dem Klimawandel trotzen. In Garten + Landschaft 07/2017, Georg D.W. Callwey GmbH & Co. KG, München.

Kuttler, W. (2019):

Stadtklima: Charakteristika, Nachweismöglichkeiten. In: Lozán, J.L., Breckle, S.-W., Graßl, H., Kuttler, W. und Matzarakis, A. [Hg.], Warnsignal Klima, Die Städte. Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen GEO. S.21-28.

Kuttler, W., Halbig, G. und Oßenbrügge, J. (2023):

Städte im Klimawandel. In: Brasseur, G.P., Jacob, D. und Schuck-Zöllner, S. [Hg.], Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin: Springer Nature, 2. Auflg., S. 275-288. Online: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-66696-8> (aufgerufen am: 05.06.2024).

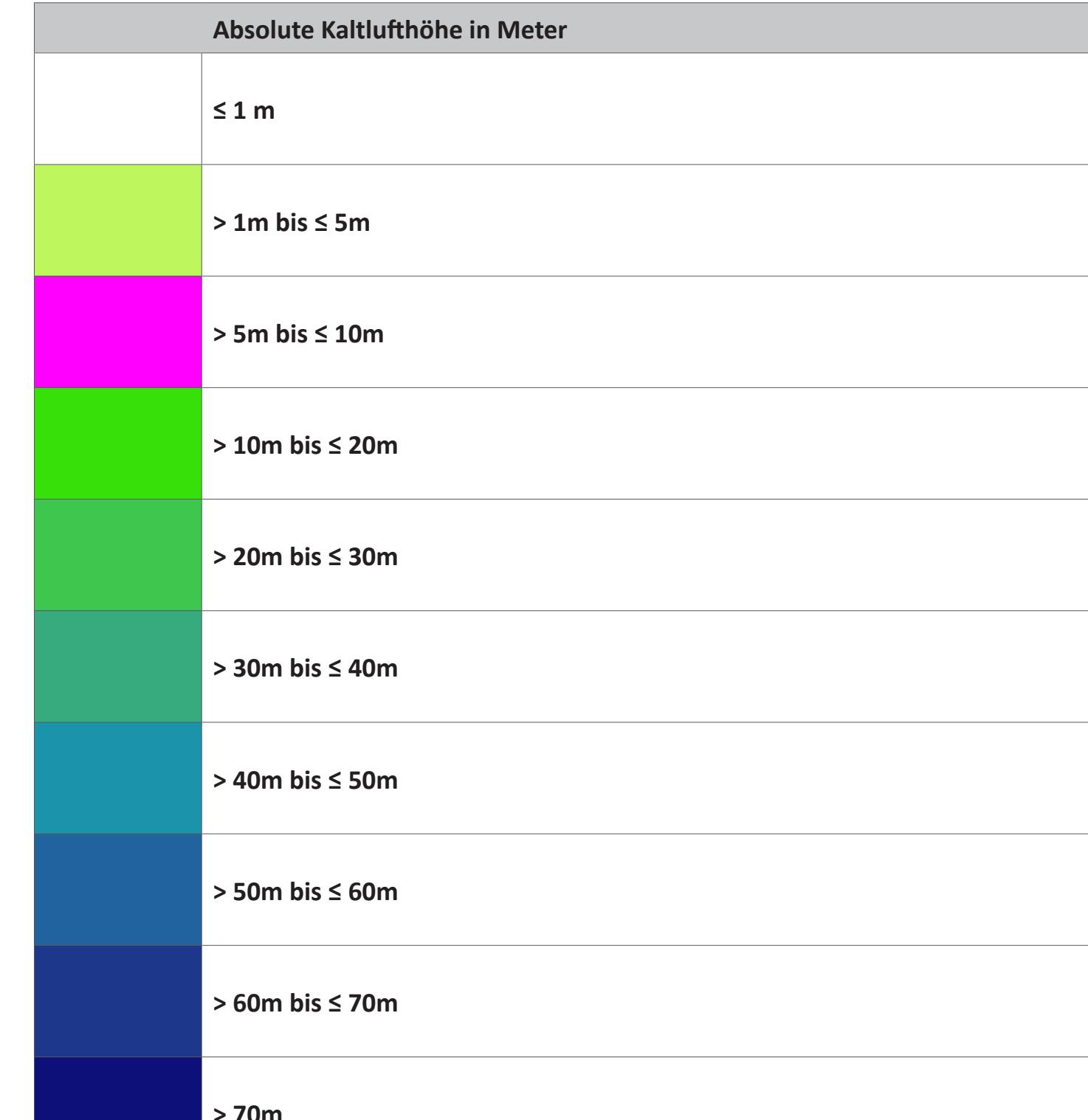
- Landeshauptstadt Wiesbaden 2024:
Klima. Online Luftqualität | Landeshauptstadt Wiesbaden (zuletzt abgerufen am 28.08.2024).
- Landeshauptstadt Wiesbaden (2021). Wiesbadener Stadtanalysen. Wiesbadener Wetter und Klima in Messungen und Projektionsdaten. Stadtanalysen Nr. 120.
- Lorenz D. (1973):
Meteorologische Probleme bei der Stadtplanung; FBW Blätter, Folge 5, Stuttgart
- Oke, T. R. 2006:
Boundary layer climates. London, New York: Routledge.
- Scherer, D. 2023:
Temperatur und Hitze in der Stadt, DWD Promet, Heft 106, S. 15-27.
- Schlegel, I., und Mücke, H. (2021):
Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen: Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt (2017):
Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen – Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung, Dessau-Roßlau, 2017. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-für-klimawirkungs> (zuletzt abgerufen am 28.01.2022).
- VDI 2024:
VDI-Handlungsempfehlung Modellbasierte Bestimmung hitzegefährdeter Siedlungsräume. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2024a:
Richtlinie 3787 Blatt 7: Umweltmeteorologie – Klimaindikatoren (Entwurf). Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf
- VDI 2023:
VDI-Richtlinie 3785 Blatt 2 Umweltmeteorologie: Methoden bodengebundener Stadt- und Standortklimamessungen mit mobilen Messsystemen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2015:
Richtlinie 3787 Blatt 1 Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2008:
Richtlinie 3787 Blatt 2 Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2003:
Richtlinie 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- .

9 ANLAGEN

- Anlage 01: Themenkarte „Kaltlufthöhe 2022“
- Anlage 02: Themenkarte „Kaltluftvolumenstrom 2022“
- Anlage 03: Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022
- Anlage 04: Klimaanalysekarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2031-2060
- Anlage 05: Planungshinweiskarte Landeshauptstadt Wiesbaden 2022
- Anlage 06: Empfindlichkeit der Bevölkerung
- Anlage 07: Betroffenheit der Bevölkerung

Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Kaltluft Höhe drei Stunden nach Sonnenuntergang



Stadtteilgrenze

Nächtliche Kaltluft Höhe


Kaltluftmodellierung mit KLAM_21 (Deutscher Wetterdienst)
KLAM_21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orografisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluft Höhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

Eingangsdaten: ATKIS® Basis-DLM (Landnutzung) und DGM (Geländemodell)

Bearbeitung: Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdrücke vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bevölkerung, angenommen (DWD 2016).

Für die Klimaanalyse der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde eine horizontale Auflösung von 10 Meter je Gitterzelle gewählt, um Aussagen zu den kleinkrämerlichen Klimatischen Wechselwirkungen der kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

Abgebildet ist die Kaltluft Höhe 180 Minuten (drei Stunden) nach Sonnenuntergang.



NÄCHTLICHE KALT LUFT HÖHE

Landeshauptstadt Wiesbaden

Maßstab 1:22.500
1 cm = 225 m

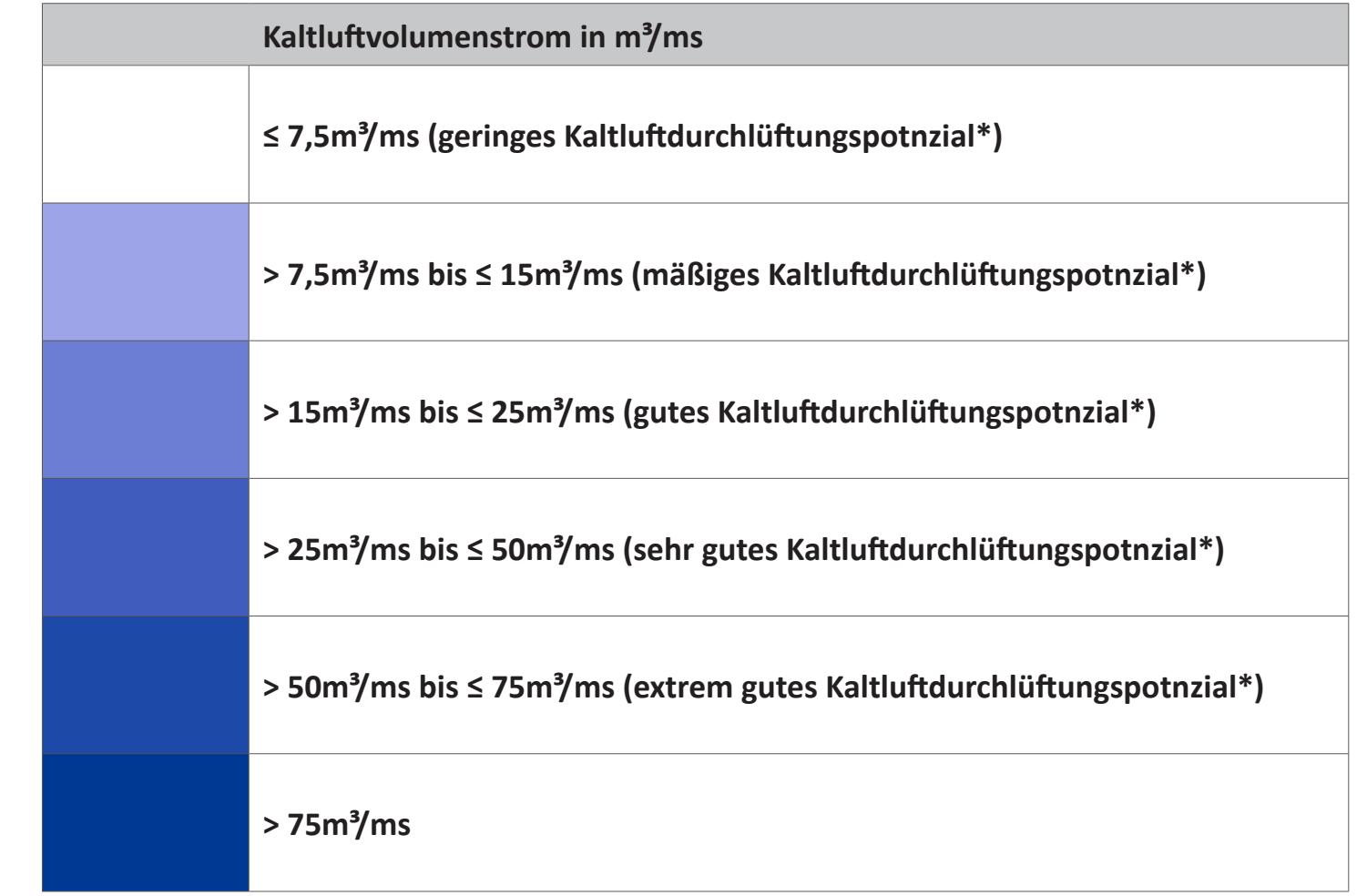


Auftraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Stadtplanungsamt in fachlicher
Abstimmung mit dem Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Auftragnehmer:
INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden

Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Kaltluftvolumenstrom drei Stunden nach Sonnenuntergang



↑	Kaltluftbahn reduziert	Teil einer Kaltluftbahn mit reduzierter Wirkung im bodennahen Bereich. Durch die Mächtigkeit des Kaltluftabflusses über-/Durchströmung partieller Siedlungsbereiche.
↑	Kaltluftabflussrichtung	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft.

Stadtteilgrenze

Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom


Kaltluftmodellierung mit KLAM_21 (Deutscher Wetterdienst)
KLAM_21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orografisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluft Höhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgrenzbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

Eingangsdaten: ATKIS® Basis-DLM (Landnutzung) und DGM (Geländemodell)

Bearbeitung: Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bevölkerung, angenommen (DWD 2016).

Für die Klimaanalyse der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde eine horizontale Auflösung von 10 Meter je Gitterzelle gewählt, um Aussagen zu den kleinkrämerigen klimatischen Wechselwirkungen der kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

Der Kaltluftvolumenstrom (hier: 180 Minuten nach Sonnenuntergang) ist das Produkt aus Geschwindigkeit und Kaltluft Höhe und gibt an, wie viel Kaltluft pro Zeiteinheit durch einen 1 Meter breiten Querschnitt (zur Flussrichtung, von der Erdoberfläche bis zur Kaltluftobergrenze) strömt. Die Richtungspfeile entsprechen der bodennahen Abflussrichtung. Der Kaltluftvolumenstrom bestimmt das Durchlüftungspotenzial.



NÄCHTLICHER KALTLUFTVOLUMENSTROM

Landeshauptstadt Wiesbaden

Maßstab 1:22.500
1 cm = 225 m



Auftraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Stadtplanungsamt in fachlicher
Abstimmung mit dem Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Auftragnehmer:
INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden



Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Klimatope (thermische und dynamische Komponente):

Kategorie	Name	Beschreibung
Hohes Abkühlungspotenzial	Hochaktiv, vor allem kaltluft- und/oder frischluftproduzierende Flächen im Außenbereich. Größtenteils mit geringer Raugkeit und/oder entsprechender Hangneigung.	
Mittleres Abkühlungspotenzial	Hauptsächlich Frischluftentstehung. Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Freilandklima .	
Abkühlungspotenzial	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Waldklima . Hochrelevante Flächen für Frischluft- und Kaltluftentstehung, hauptsächlich mit dichten Baumbestand.	
Geringe Überwärmung	Misch- und Übergangsklima. Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Vorstadtklima . Flächen mit hohem Vegetationsanteil, die zur Abmilderung von Wärmeinseln beitragen.	
Moderate Überwärmung	Schwach ausgeprägte Wärmeinsel. Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtrandklima . Bau- lich geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen, größtenteils ausreichende Belüftung.	
Starke Überwärmung	Ausgeprägte Wärmeinseln. Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtclima . Dichte Bebauung, hoher Versiegungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen. Durch Barrieren entstehen Belüftungsdefizite.	
	Ausgeprägte Wärmeinseln mit hoher Belastung	Ausgeprägte Wärmeinseln mit hoher Belastung. Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City, Industrie- und Gewerbeblöcke mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung.

Hervorhebung dynamische Komponente:

Kategorie	Name	Beschreibung
	Luftleitbahn	Luftleitbahn von unterschiedlichem thermischen und/oder luftphysiologischen Niveau mit lokaler und regionaler Bedeutung. Bei Schwachwindlagen und windstarken Wetterlagen aktiv. Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Fläche für den Luftmassenaustausch.
	Wirkrichtung Luftleitbahn	Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab. Die Ausrichtung der Pfeilsymbole entsprechen der bevorzugten Fließrichtung.
	Kaltluftbahn	Thermisches, während der Nacht induziertes Windsystem. Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Die bodennahen Kaltluftabflüsse werden durch Temperatur- und Dichtunterschiede initiiert.
	Kaltluftbahn reduziert	Teil einer Kaltluftbahn mit reduzierter Wirkung im bodennahen Bereich. Durch die Mächtigkeit des Kaltluftabflusses Über-/ Durchströmung partieller Siedlungsbereiche.
	Kaltluftabflussrichtung	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft.
	Kaltluftabflussrichtung reduziert	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft mit reduzierter Wirkung.
	Durchlüftung/Durchlüftungsbahn	Innerstädtische Luftbahn, die insbesondere bei windstärkeren Wetterlagen Durchlüftung ermöglicht. Korridore (Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc.) die als zusätzliche Bahnen beflutiend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen.
	Windfeldveränderung	Durch hohe Bebauung hervorgerufene Störung des Windfeldes. Hinweis auf erhöhte turbulente Windgeschwindigkeitsänderungen (Bögigkeit) und drastische Windrichtungsänderungen (Wirbelbildung, Umströmung).

Stadtteilgrenze

Gewässer

/ Analyisierte Wetterlage (nächtliche Situation): Für das Erkennen von lokalklimatischen Einzelheiten geeignete Wetterlagen sind von hohem Luftdruck geprägt, bei denen nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Die geringe Windgeschwindigkeit verhindert die Zufuhr von neuen Luftmassen; innerhalb einer inhomogenen Luftmasse erreichen die lokalklimatischen Eigenheiten ihre größten Gegenwerte. Geringe oder fehlende Bewölkung bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimaelemente, z. B. Temperatur, Feuchte und Wind.

/ Vorgehensweise nach VDI RL 3787 Blatt 1 (Krdl., 2015): In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadt-klimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweiskarten für die Planung nutzbar gemacht werden. Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächenmixs- und Bauleitplanung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung.

Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinie VDI 3787 Blatt 2 verwiesen, die wichtige im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreibt und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellt.

/ Grundlage für die Klassifizierung der analysierten Klimatope bildet der stadt-klimatische Index PET (physiological equivalent temperature). Diese Kenngröße beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007) und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungscomplex abhängt.

Neutralität herrscht dann, wenn soviel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie auch selbstständig wieder abgegeben werden kann. Hitzestress in den Belastungsklimatopen (Überwärmung) ist die Folge.

/ Kartengrundlagen: Die Eingangsdaten des modularen GIS (Geographisches Informationssystem): Biotopkartierung 2022 (Umweltamt LHW), Gebäudeflächen Stand 2022; Digitales Höhenmodell LiDAR Befliegung 2020, Baumstandorte 2021 (teilweise ergänzt 2022)

KLIMAANALYSEKARTE 2022

Landeshauptstadt Wiesbaden


Auftraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Stadtplanungsamt in fachlicher
Abstimmung mit dem Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Aufnahmegerber:
INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden

Maßstab 1:22.500
1 cm = 225 m

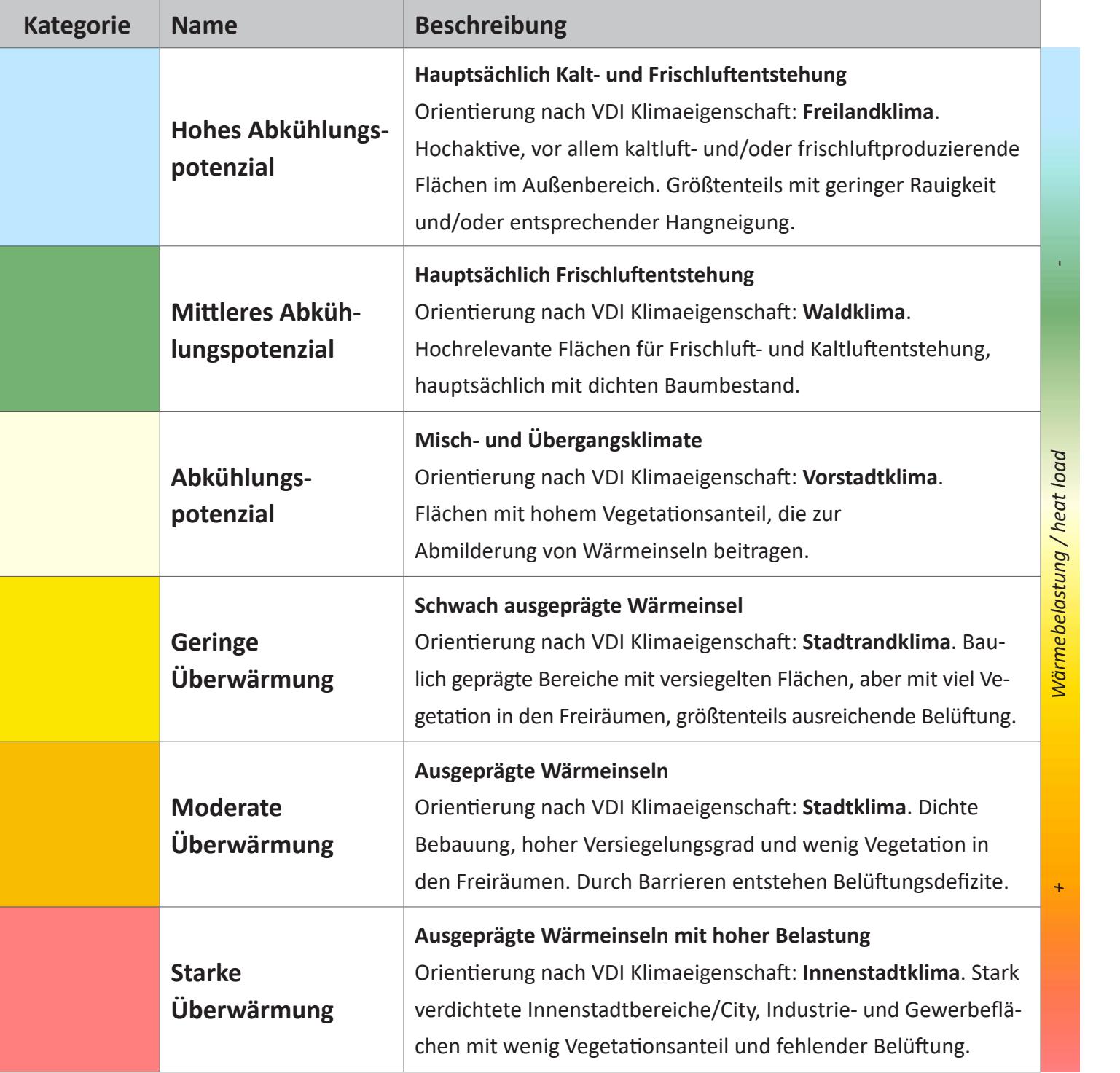
WIESBADEN

INKEK Institut
für Klima- und
Energiekonzepte

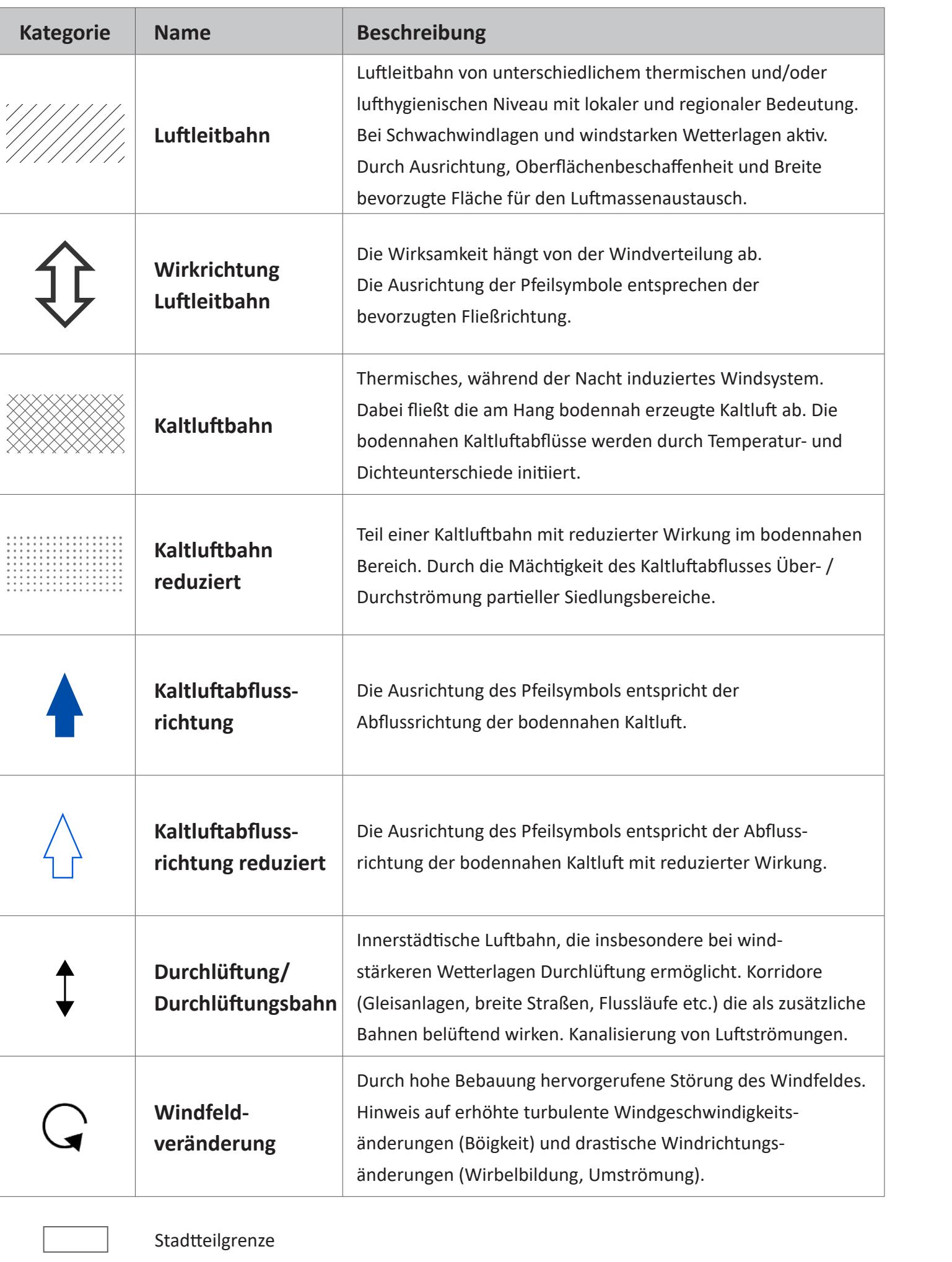


Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Klimatope (thermische und dynamische Komponente):



Hervorhebung dynamische Komponente:



Stadtteilgrenze

Gewässer

/ Analyseweise: Wetterlage (nächtliche Situation). Für das Erkennen von lokalklimatischen Einheiten gesuchte Wetterlagen und von hohen Luftdruck geprägte die denen nur geringe Windgeschwindigkeiten aufweisen und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Da geringe Windgeschwindigkeit verhindert die Zufuhr von neuen Luftsäcken innerhalb einer Einheitlichen Luftmasse erreichen die lokalklimatischen Einheiten ihre größten Grenzen. Geringe oder fehlende Bewölkung bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimaelemente, z. B. Temperatur, Feuchtigkeit und Wind.

/ Vorgehensweise nach VDI RL 3787 Blatt 1 (Urte, 2015): In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadt- klimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweise für die Planung nutzbar gemacht werden können. Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächennutzungs- und Bau- planung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung.
Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinie VDI 3787 Blatt 2 verwiesen, die wichtige Rahmen von Bewertung der Witterungsbelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreibt und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.

/ Grundlage für die Klassifizierung der analysierten Klimatope bildet der stadtklimatische Index PET (physiological equivalent temperature). Diese Kenngröße beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matajakis, 2007) und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex abhängt. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie auch selbstständig wieder abgegeben werden kann. Hitzestress in den Belastungskategorien (Überwärmung) ist die Folge.

/ Szenario Klimawandel
Mit dem Klimawandel kann sich auf die stadt- und regionale Klimaszenarien eine steigende, hochauflöste Prognose der zukünftigen Entwicklung der Klimaportalverteilung in Wiesbaden auf Basis des Projekt KLIMPRAX-Stadtclima (DWD 2017) festgesetzten Zeitraums 2031-2060 und Emissionszenarios GRES A1B durchgeführt.
Hierfür wurde keine lokale Klimaszenarienrechnung für die nächsten Dekaden durchgeführt, sondern die Ergebnisse der regionalen Klimamodelle durch ein statistisches Verfahren auf die Stadtclimatenebene Wiesbadens heruntergebrochen und mit der angepassten Methodik gekoppelt.

/ Kartengrundlagen: Die Eingangsdaten des modularen GIS (Geographisches Informationssystem):
Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden, Regionale Klimaprojektionen (SRES A1B)


KLIMAANALYSEKARTE 2031-2060

Landeshauptstadt Wiesbaden

Maßstab 1:22.500
1 cm = 225 m

Auftraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Stadtplanungsamt in fechtlicher
Abstimmung mit dem Umweltamt
Gustav-Stressemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Auftragnehmer:
INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden




Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Ausgleichsräume, Grün- und Freiflächen:

Kategorie	Name	Planungshinweise
schützen und vernetzen	Ausgleichraum mit hoher Bedeutung	Höhe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Großflächige, klimatische Freiflächen mit direktem, positiv wirksamen Bezug zum Siedlungsraum. Hoher Einfluss für das aktive Kultursystem, das die Siedlungsräume mit Kalt- und oder Frischluft versorgt. Hohe klimakologische Wertigkeit. Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten, nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anstreben. Innerstädtische Potenzialflächen über Schneisen und Vegetationsflächen verbinden.
	Ausgleichraum mit mittlerer Bedeutung	Flächen im indirekten und selten direkten Wirkungszusammenhang mit Siedlungsflächen. Hohe klimakologische Wertigkeit der landwirtschaftlichen Flächen im Osten und Westen der Stadt. Dadurch wichtige Ausgleichsfunktionen zur thermischen Entlastung. Schutz und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten. Bei Planungen von Baumgruppen ist eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bäumen sowie der Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil.
schützen	Ausgleichraum	Geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Flächen im direkten und kleinen Einfluss auf Siedlungsgebiete. Von Siedlungsgebieten abhängig oder wenig bedeutend für die Kalt- und Frischluftproduktion. Klimabewusste Entwicklungen sind unter Beachtung des „Bodenbrauchs“/ Klimaschutz durchführbar. Eine möglichst geringe Gebäudehöhe sowie winddichte Gebäudeanordnungen sind zu empfehlen (Ausrichtung beachten).


Kategorie	Name	Planungshinweise
klassische Entwicklung möglich	Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringerer klimarelevanten Funktion	Gebiete im Siedlungs- oder Stadtgebiet mit geringer klimatisch-lufthygienischen Empfindlichkeit aufgrund ihrer Lage und der geringen thermischen Belastungen. Diese Flächen haben keine nennenswerte klimatische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen und baulicher Nachverdichtung.
	Bebautes Gebiet mit klimarelevanten Funktion	Entwicklungen mit negativen stadt-klimatischen Auswirkungen haben einen Einfluss auf die Durchlüftung der Stadt oder die Abkühlung in der Nacht bestätigt. Siedlungsänder offenhalten. Nachverdichtungen im Sinne des Klimaschutzes sind stadt-klimasensibel durchzuführen.
sanieren	Bebautes Gebiet mit bedeutsamer klimarelevanten Funktion	Klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende Belüftungsmöglichkeiten sollen erhalten und ausgebaut werden. Bauliche Maßnahmen und Stadtentwicklungsaktivitäten auf diesen Flächen sollen klimasensibel unter Beachtung der Durchlüftung des Gebiets und des Einflusses auf das Stadtgebiet betrieben werden und durch ein stadt-klimatisches Gutachten begleitet werden.
	Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen	Erhebliche Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung, Bautätigkeit oder weiterer Verdichtung. Diese Faktoren können zu erheblichen negativen Auswirkungen der klimatischen Situation führen und sollten stets durch Mikroklimauntersuchungen berücksichtigt werden. Für diese Gebiete wird eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung oder Erweiterung der Belüftungsfächen empfohlen.

Kategorie	Name	Beschreibung
großraumig	Luftleitung	Undurchlässige Strukturen (z. B. geschlossene Bebauung oder dichte Hecken bis hin zu Waldfächern) sollten vermieden werden. Offene Randbebauung in den Übergangsbereichen beachten.
	Wirkrichtung Luftleitung	Die Wirkamkeit hängt von der Windverteilung ab. Die Ausrichtung der Pfeilembösse entspricht der bevorzugten Fließrichtung.
	Kaltluftbahn	Sicherung der Flächen mit Kaltluftfunktionalität und mögliche Freihaltung von Bebauung bzw. Pfropfung auf klimasensible Bauteupologien. Bei Entwicklungsmaßnahmen in diesen und direkt angrenzenden Bereichen muss eine klimakologische Begleitung erfolgen.
	Kaltluftbahn reduziert	Weitere bauliche Verdichtung in diesen Bereichen sollte vermieden werden. Bei Entwicklungsmaßnahmen in diesen und direkt angrenzenden Bereichen sollte eine klimakologische Begleitung erfolgen. Entkernungen-, Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen zur Verbesserung der Durchlüftung fördern.
kleinräumig	Kaltluftflussrichtung	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft. Bei klimasensiblen Entwicklungen oder bei Rückbau/Entsiegelung muss die Fließrichtung aufgenommen werden.
	Kaltluftflussrichtung reduziert	Die Ausrichtung des Pfeilsymbols entspricht der Abflussrichtung der bodennahen Kaltluft mit reduzierter Wirkung. Bei klimasensiblen Entwicklungen oder bei Rückbau/Entsiegelung muss die Fließrichtung aufgenommen werden.
	Durchlüftung/ Durchlüftungs-bahn	Sicherung der Durchlüftung des Stadtgebietes bei denen bei austauscharmen und/oder austauschfreien Wetterlagen. Hierbei ist vor allem die Ausrichtung, Raugkeit und Breite entscheidend, Änderungen dieser Parameter vermeiden und Offenheit der Ränder fördern.
	Windfeld-veränderung	Bei Maßnahmen in diesem Bereich muss das heterogene Windfeld beachtet werden (Windkomfortberatungen prüfen).



EMPFINDLICHKEIT DER BEVÖLKERUNG

Landeshauptstadt Wiesbaden



Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Wiesbaden 2022

Gruppen mit besonderer Empfindlichkeit der Bevölkerung

Empfindlichkeit 2022

	Geringe Empfindlichkeit
	Mittlere Empfindlichkeit
	Hohe Empfindlichkeit
	Sehr hohe Empfindlichkeit
	Potenzielle Empfindlichkeit - Flächen mit Bevölkerung der US-Streitkräfte

Empfindlichkeit der Bevölkerung

Empfindlichkeit der Bevölkerung anhand der Einwohnerdichte und des Anteils Kleinkinder (0-6 Jahre) und des Anteils Hochaltriger (über 65 Jahre)

Empfindlichkeit kategorisiert je 100m Rasterzelle

Kartengrundlagen: Die Eingangsdaten des modularen GIS (Geografisches Informationssystem):
nwohnerdaten LHW Stand 31.07.2023

EMPFINDLICHKEIT DER BEVÖLKERUNG

Landeshauptstadt Wiesbaden

fraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Referat für Raumplanung und Umwelt
in fachlicher
Stellung mit dem Umweltamt
Ludwig-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

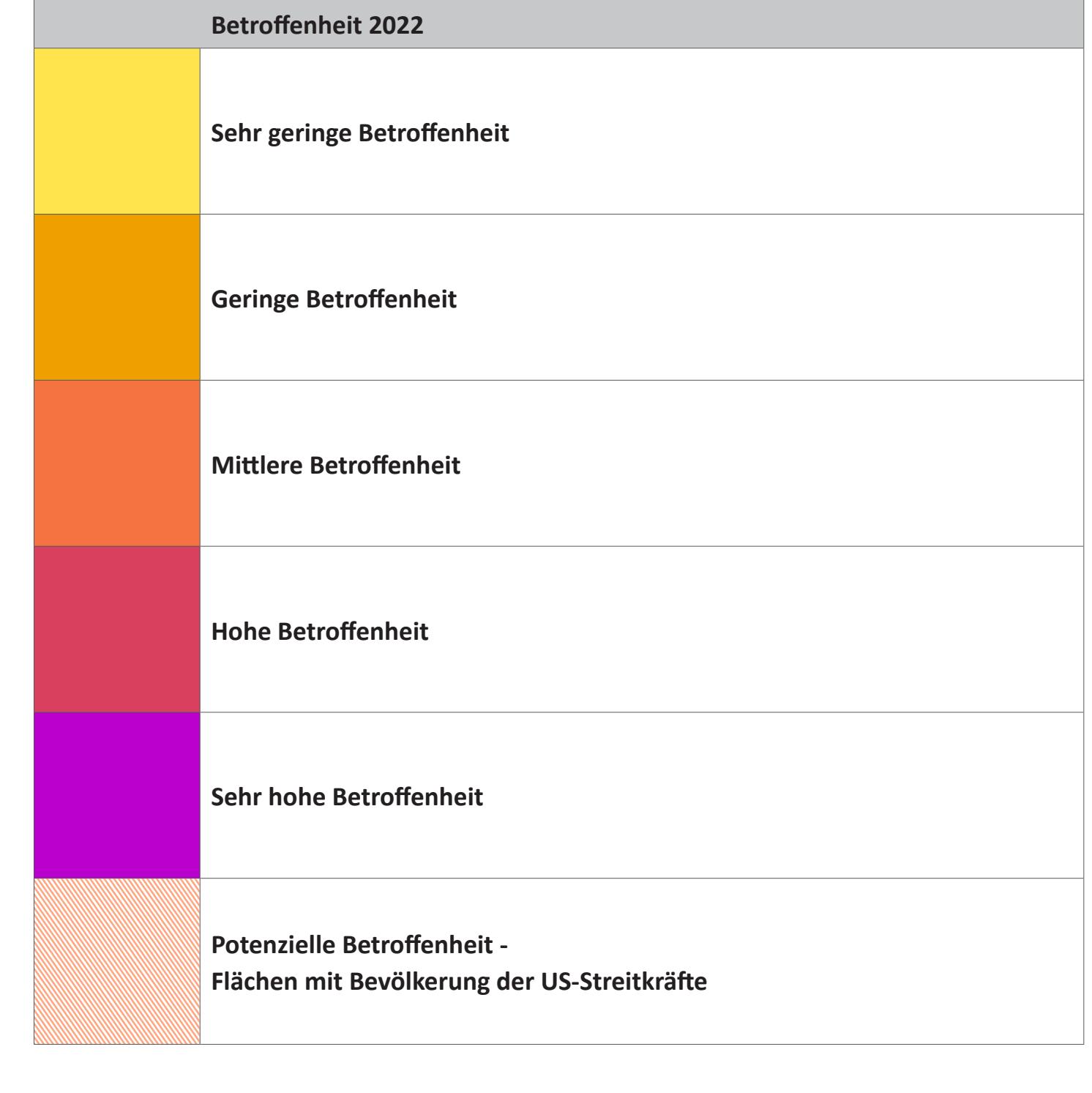


Tragnehmer:
KEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Millerstraße 50
2524 Lohfelden

INKEK Institut
für Klima- und
Energiekonzepte

Klimastudie der Landeshauptstadt Wiesbaden 2022

Flächen mit besonderer Betroffenheit der Bevölkerung




Stadtteilgrenze
Gewässer

Betroffenheit der Bevölkerung

Indikatoren: Klimatope der Klimaanalysekarke 2022 und Einwohnerdaten 2023

Empfindlichkeit der Bevölkerung anhand der Einwohnerdichte und des Anteils Kleinkinder (0-6 Jahre) und des Anteils Hochaltriger (über 75 Jahre)

Betroffenheit kategorisiert je 100m Rasterzelle



/ Kartengrundlagen: Die Eingangsdaten des modularen GIS (Geographisches Informationssystem):
Klimaanalysekarke Landeshauptstadt Wiesbaden, Einwohnerdaten LHW Stand 31.07.2023

BETROFFENHEIT DER BEVÖLKERUNG

Landeshauptstadt Wiesbaden

Auftraggeber:
Landeshauptstadt Wiesbaden
Stadtplanungskontor in fachlicher
Abstimmung mit dem Umweltamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Auftragnehmer:
INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden

