

# Interaktive Entscheidungshilfe - Checklisten und Einführung in Methoden der Stadtklimaanalyse



Hessisches Landesamt für  
Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Für eine lebenswerte Zukunft

Erstellt durch:  
Fachzentrum Klimawandel und  
Anpassung  
Hessisches Landesamt für  
Naturschutz, Umwelt und Geologie





## Stadtklimaanalysen - wie gehe ich das an?

Die Folgen des [Klimawandels](#) bedeuten neue Herausforderungen für die Entwicklung unserer Städte und Gemeinden. ⇒ [Stadtklimaanalysen](#) sind die Grundlage für Fachplanungen, um die Folgen des Klimawandels für die bauliche Entwicklung unserer Städte und Gemeinden zu berücksichtigen. Diese interaktive Entscheidungshilfe hilft Ihnen

- einen Überblick über die verschiedenen Klimaanalysemethoden zu bekommen,
- den individuellen Aufwand und Nutzen für Ihre Kommune zu ermitteln,
- die externe Unterstützung bei der Durchführung der Stadtklimaanalysen zu bestimmen.

In Verbindung mit der [Arbeitshilfe zur Ausschreibung der Erstellung stadtklimatischer Gutachten](#) sind Sie damit in der Lage, sich für eine für Ihre Belange angemessene Methode der Stadtklimaanalyse zu entscheiden und die notwendige Unterstützung sicher zu stellen.

### Aufbau der Entscheidungshilfe

⇒ **Teil 1: Checklisten**, die Ihnen die Auswahl der geeigneten Klimaanalysemethode erleichtern soll. Die blau hinterlegten Kästen können Sie anklicken und so mit den Checklisten arbeiten.

⇒ **Teil 2:** Hier sind drei **Klimaanalysemethoden** ausführlicher beschrieben:

- ⇒ **M1** Beurteilung der thermischen Belastung anhand des Versiegelungsgrades und von Baustrukturen,
- ⇒ **M2** Beurteilung der thermischen Belastung sowie der Kaltluftsituation aus der Ermittlung von Klimatopen nach [VDI 3787 Blatt 1](#),
- ⇒ **M3** Ermittlung von Tages- und Nachttemperaturen, Kaltluftentstehung und -abfluss sowie von Kenntagen mit Stadtklimamodellierungen.

⇒ **Teil 3:** Wichtige **Inhalte einer Stadtklimaanalyse** sind hier erläutert, so dass Sie bei Interesse nachlesen können, was eine Stadtklimaanalyse kann (und nicht kann) und wie Sie die Ergebnisse einer Stadtklimaanalyse einordnen können.

⇒ **Teil 4: Beispiele** sind hilfreich, um die konkrete Umsetzung in der Praxis besser zu verstehen, hier finden Sie Kommunen, die die Klimaanalysemethoden angewendet haben.

Zahlreiche Begriffe und Inhalte sind untereinander verlinkt:

- Mit **Pfeil** ⇒ gekennzeichnete Begriffe: s. entsprechende Kapitel in der Entscheidungshilfe
- **Blaue Schrift:** diese Begriffe finden Sie im Glossar
- **Unterstrichen:** Links zu externen Seiten
- Über den "Zurück-Button" rechts unten gelangen Sie wieder zur Stelle, an der Sie vor der Weiterleitung der Links waren.



# Teil 1: Welche Klimaanalysemethode eignet sich für meine Kommune - Checklisten

Die Entscheidung für eine Klimaanalysemethode ist keine einfache „wenn - dann“ Entscheidung. Es gibt je nach Kommune ganz unterschiedliche Kombinationen von Rahmenbedingungen, Fragen, Anforderungen und Zielstellungen, die mit der Frage nach einer ⇒ [Stadtklimaanalyse](#) verbunden sind. Möglicherweise werden Sie durch diese Fragen auf Themen stoßen, welche zunächst für Klärungs- und Diskussionsbedarf in Ihrer Kommune sorgen. Die Klärung ist jedoch wichtig, bevor Sie in den nächsten Schritt der eigenen Erstellung bzw. Ausschreibung einer ⇒ [Stadtklimaanalyse](#) einsteigen.

Das Ergebnis am Ende der Checklisten lautet nicht: „Nehmen Sie diese Klimaanalysemethode“. Das Ziel der Checklisten ist, dass Sie ein klareres Bild bekommen, nach welchen Kriterien Sie sich für eine Klimaanalysemethode entscheiden.

## INFOBOX

Wollen Sie selbst eine Analyse anfertigen oder sich detaillierter informieren? Der Methodenbaukasten in Kapitel 5 des KLIMPRAX Stadtklima "Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen" leitet Sie durch die einzelnen Arbeitsschritte bis zur fertigen Stadtklimaanalyse und gibt wertvolle Tipps und Hintergrundinformationen.

## Anwendungshinweise Checkliste

Die nachstehenden Checklisten gliedern sich in vier Bereiche zu

- dem **Zweck und Anlass** Ihrer Stadtklimaanalyse,
- Ihren **erwarteten Ergebnissen** und der **Dokumentation**,
- den **Mindestanforderungen an Daten** und
- Ihren **weiteren Rahmenbedingungen** für die Auswahl der Methode.

Sie können dort Häkchen setzen, wo der Sachverhalt für Sie zutrifft. In der jeweiligen Zeile sehen Sie die entsprechende Relevanz für die Klimaanalysemethoden (siehe Bedeutung der Symbole und unteres Beispiel). Im Anschluss an die Checklisten steht Ihnen eine Tabelle zur Auswertung zur Verfügung. Dadurch soll Ihnen aufgezeigt werden, welche Klimaanalysemethoden für Ihre Anforderungen geeignet sind.

### Bedeutung der Symbole

- ✓ trifft zu
- (✓) trifft teilweise zu
- ✗ trifft nicht zu

Diese Spalten zeigen für welche Klimaanalyse-methode der entsprechende Sachverhalt zutrifft

Die für Sie zu beantwortende Frage

Welche Eingangsdaten werden benötigt?	Klimaanalysemethode		
	M1	M2	M3
<b>Geländedaten, z. B.</b>			
• Digitales Geländemodell	✗	✓	✓

Jeweiliger Sachverhalt

Ihr Häkchen



# Checkliste 1: Zweck/Anlass

Zu welchem Zweck bzw. aus welchem Anlass möchten Sie eine Stadtklimaanalyse erstellen (lassen)?		Klimaanalysemethode		
Wir benötigen Informationen zur ...				
aktuellen Verteilung von Wärmebelastungen im Stadt-/ Gemeindegebiet, um...		M1	M2	M3
einen ersten Überblick über den generellen Handlungsbedarf zu gewinnen.		✓	(✓)	✗
erste räumliche Prioritäten für den Handlungsbedarf zu setzen.		✓	(✓)	✗
das Potenzial für bauliche Verdichtungen/bauliche Erweiterungen einzuschätzen.		(✓)	✓	✓
Einrichtungen hitzesensibler Risikogruppen und anderer kritischer Infrastrukturen (wie z. B. Krankenhäuser) verorten zu können.		(✓)	✓	✓
die ⇒ <b>Wärmebelastung</b> und den Handlungsbedarf der einzelnen Stadtquartiere differenziert einzuschätzen.		✗	✓	✓
die aktuelle klimatische Situation anhand von ⇒ <b>Klimatologischen Kenntagen</b> aufzuzeigen.		✗	✗	✓
Kaltluftsituation im Stadt-/Gemeindegebiet, um...		M1	M2	M3
eine <b>allgemeine</b> Bewertung der Flächen hinsichtlich Ihrer Ausgleichsfunktionen bei Hitze durchzuführen.		(✓)	✓	✗
die konkreten Beziehungen zwischen ⇒ <b>Ausgleichs- und Belastungsräumen</b> zu kennen und in der Planung berücksichtigen zu können.		✗	✓	✓
genaue Informationen über ⇒ <b>Kaltluftproduktion, -fließwege und -geschwindigkeiten</b> etc. zu haben, als Grundlage für Entscheidungen über Bauvorhaben, Stadterweiterungen etc.		✗	(✓)	✓
zukünftigen Verteilung von Wärmebelastungen im Stadt-/ Gemeindegebiet, um...		M1	M2	M3
die ⇒ <b>zukünftige klimatische Situation</b> in der Stadt anhand von <b>Kenntagen</b> aufzuzeigen.		✗	✗	✓
eine Entscheidungsgrundlage für künftige Planungen im Bestand (Stadtquartiere) und bei Stadterweiterungen zu haben.		✗	✗	✓



## Checkliste 2: Erwartete Ergebnisse und Dokumentation

Welche Ergebnisdokumentation/-aufbereitung erwarten Sie?		Klimaanalysemethode		
		M1	M2	M3
<b>Dokumentation der Ergebnisse in Karten:</b>				
Einfache Klimafunktionskarte		✓	✓	✗
Klimaanalysekarte nach VDI 3787 Blatt 1 (Klimatope)		✗	✓	✗
Stadtklimamodellierung		✗	✗	✓
Karten zur Kaltluftentstehung und -abfluss		✗	✓	✓
Planungshinweiskarte		(✓)	✓	✓
<b>Platz für Ihre Notizen zu ggf. weiteren Ergebnissen:</b>				



## Checkliste 3: Datenaufbereitung

Generell gilt: alle verfügbaren Daten können bei der ⇒ [Stadtklimaanalyse](#), unabhängig von der Klimaanalysemethode genutzt werden. Es gibt jedoch **Mindestanforderungen**, die Sie in der folgenden Tabelle nachvollziehen können. Wenn Sie die Checkliste nutzen, können Sie sehen, ob für die von Ihnen gewählte Klimaanalysemethode ggf. noch weitere Daten erforderlich sind.

Die Häkchen, die Sie hier setzen, geben Aufschluss darüber, welche Daten in Ihrem Hause verfügbar sind und welche Sie innerhalb der Kommune (bspw. Katasteramt, GIS-Abteilung), bei Landesämtern oder dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie besorgen können, um diese mit den Mindestanforderungen für die entsprechende Klimaanalysemethode gegenüberstellen zu können.

### INFOBOX

Ab Februar 2022 stellt die Landesverwaltung Hessen Geodaten (Luftbilder, Geländekarten und andere Geobasisinformationen) kosten- und lizenzfrei öffentlich zur Verfügung. Online werden diese im [Geoportal Hessen](#) abrufbar sein.

Welche Eingangsdaten werden benötigt?		Klimaanalysemethode		
<b>Geländedaten, z. B.</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
• Digitales Geländemodell		X	✓	✓
• Geländedaten aus dem <a href="#">Copernicusprojekt</a> (Copernicus Land Monitoring Service - EU-DEM)		X	✓	✓
• <a href="#">Rasterdaten</a> der Geländehöhe (georeferenzierte Luftbilder, <a href="#">ATKIS-Daten DOP</a> )		X	X	✓
• Laserscandaten		X	X	✓
• Andere Informationen zur Geländeform/ -exposition		X	✓	✓
<b>Nutzungsdaten (Verteilung und Struktur Landnutzung), z. B.</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
• <a href="#">ATKIS-Daten DLM</a> /Realnutzungsdaten (Flächennutzung)		✓	✓	✓
• <a href="#">CORINE-Daten</a> (Flächennutzung)		✓	X	X
• Fachkarten zu Bebauungsart, Baudichte, Gebäude-/ Bauhöhe		(✓)	✓	✓
• Informationen zu Grünstrukturen (Grünflächenplan, Baumkataster etc.)		(✓)	(✓)	(✓)
• <a href="#">Rasterdaten</a> der Landnutzung (georeferenzierte Luftbilder)		X	X	✓
• <a href="#">Rasterdaten</a> der Bebauungsstruktur		X	X	✓



## Checkliste 4: Weitere Rahmenbedingungen

Welche Rahmenbedingungen liegen vor?		Klimaanalysemethode		
<b>Größe der Kommune/Lage im Raum</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
• Wir sind eine mittlere bis große Kommune (>70.000 EW), ... im Verdichtungsraum		X	(✓)	✓
• ... im ländlichen Raum		(✓)	✓	(✓)
• Wir sind eine kleine bis mittlere Kommune (<70.000 EW), ... die Topographie ist eher flach		✓	✓	X
• ... die Topographie ist bewegt (Mittelgebirgsregion)		(✓)	✓	X
<b>Verfügbare Ressourcen</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
• Wir werden einen Förderantrag stellen und mit einem Eigenanteil weitere Mittel bereitstellen.		✓	✓	✓
• Wir haben wenig/keine finanziellen Mittel für einen Eigenanteil, sind aber personell und technisch in der Lage, erforderliche Daten (Nutzung, Bebauung) eigenständig zu erheben und aufzubereiten.		✓	✓	(✓)
• Wir haben wenig/keine finanziellen Mittel für einen Eigenanteil und sind personell bzw. technisch nicht in der Lage, erforderliche Daten (Nutzung, Bebauung) eigenständig zu erheben und aufzubereiten.		✓	(✓)	X
<b>Ansprüche an die Ergebnisse</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
• Wir benötigen möglichst genaue Aussagen aus der ⇒ Stadtklimaanalyse, um bei Bau- und Entwicklungsprojekten fundierte Argumente zu haben.		X	(✓)	✓
• Wir benötigen einfache Aussagen, die uns den Handlungsbedarf für die Entwicklung der Gemeinde/ einzelner Ortsteile aufzeigen.		✓	(✓)	X

### Auswertung der Checklisten

Wenn Sie möchten, können Sie hier die Anzahl Häkchen ✓ und (✓) pro Klimaanalyse-methode bzw. Ihre Notizen bezüglich der Auswahl der Methode festhalten:

	Klimaanalysemethode M1	Klimaanalysemethode M2	Klimaanalysemethode M3
<b>Anzahl ✓</b>			
<b>Anzahl (✓)</b>			
<b>Notizen</b>			



## Teil 2: Die drei Methoden zur Stadtklima-analyse

Nachfolgend werden die drei Methoden zur Erstellung einer ⇒ [Stadtklimaanalyse](#) vorgestellt. Diese Informationen helfen Ihnen ggf. bei der weiteren Entscheidungsfindung. Direkt im Anschluss finden Sie zunächst einige Vorbemerkungen, die für alle ⇒ [Stadtklimaanalysen](#) gelten. Die drei Methoden sind dann in den nachfolgenden Kapiteln in folgender Struktur erläutert:

- Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen: Hier wird die Frage beantwortet, was die Klimaanalysemethode leisten kann und welche Rahmenbedingungen hilfreich sind.
- Erforderliche Daten: Hier wird auf die erforderlichen Eingangsdaten eingegangen, mit der die vorgestellte Klimaanalysemethode unabdinglich arbeitet.
- Ergebnisse und Anwendung: Hier wird auf die Endergebnisse eingegangen, die aus der Untersuchung durch die Klimaanalysemethode hervorgehen und was im Nachgang mit diesen Ergebnissen folgen kann.







# Stadtklimaanalysen

## Überblick

- Informationen zur Einschätzung der temperaturbedingten Situation in einer Kommune.
- Grundlage zur Berücksichtigung des Umweltfaktors „Klima“, um maßgeblich zu gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen beizutragen.
- Systematische Erfassung des lokalen Klimas einer Stadt mit räumlichem Bezug.
- Unterschiedliche Detaillierungsgrade - von der Nutzung vorliegender regionaler Klimaanalysen für Rückschlüsse auf die eigene Kommune bis hin zur gezielten Modellierung des Stadtklimas für die eigene Kommune.
- Die verschiedenen Klimaanalysemethoden sind untereinander kombinierbar.

In dieser Entscheidungshilfe **nicht** vertieft werden die Aspekte:

- Auseinandersetzung mit lufthygienischen Fragestellungen. Siehe hierzu VDI 3787 Blatt 3.
- Ermittlung der betroffenen Bevölkerung. Siehe hierzu Modul 5 im Methodenbaukasten des KLIMPRAX Stadtklima "Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen".

## INFOBOX

Die Analyse von Stadtklimaphänomenen schafft eine Grundlage, die erst mit der Verknüpfung zu betroffenen Themenfeldern ihre wirkliche Bedeutung und Stärke entfalten kann.

Die Ermittlung besonders betroffener Bevölkerungsteile bzw. hitzesensibler Risikogruppen bspw. anhand von

- Kleinkindern  $\leq 5$  Jahren mit unvollständig ausgeprägter Thermoregulation und
- Älteren  $\geq 75$  Jahre mit geringerer Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems

stellt somit eine gesonderte, aber nicht unwichtige ergänzende Analyse zur Stadtklimaanalyse dar.

Auch sozial und ökonomisch benachteiligte Menschen können als Risikogruppe angesehen werden. Armut kann u. a. aufgrund schlechterer Wohnbedingungen, einer geringeren Anzahl an Aufenthaltsalternativen und Teilhabechancen oder aufgrund von Demoralisierungsprozessen eine Gefährdung bei Hitzeextremen begünstigen.





## Vertiefende Erläuterungen

Die Festlegung der erforderlichen Klimaanalysemethoden und die Bewertung der Ergebnisse für den sogenannten **thermischen Wirkungskomplex** (Temperatur, Wärmeaustausch) erfolgen in Abhängigkeit von der Planungsebene und den verfügbaren Daten. Drei Methoden zur → **Stadtklimaanalyse** werden in dieser interaktiven Entscheidungshilfe erläutert:

- ⇒ **M1:** Beurteilung der thermischen Belastung anhand des **Versiegelungsgrades** und von Baustrukturen,
- ⇒ **M2:** Beurteilung der thermischen Belastung sowie der **Kaltluftsituation** aus der Ermittlung von **Klimatopen** nach VDI 3787 Blatt 1,
- ⇒ **M3:** Ermittlung von Tages- und Nachttemperaturen, **Kaltluftentstehung/-abfluss** sowie von **Kenntagen** mit **Stadtklimamodellierungen**.

Folgende planungsrelevante stadtklimatische Erkenntnisse sind die Basis, um eine Bewertung zur stadtklimatischen Situation ableiten zu können:

- Wärme im Stadtgebiet: Ausmaß und Verteilung von Wärme im Stadtgebiet geben Auskunft über **bioklimatisch** belastete oder unbelastete Gebiete. Entsprechende Schlussfolgerungen für die Planungspraxis sind u. a. von der Lage dieser Gebiete im Stadtgefüge und der **Sensitivität** der dortigen Bevölkerung abhängig.
- **Kaltluftentstehungsgebiete** sind als Ausgleichsräume von Bedeutung.
- **Kaltluftabfluss: Ventilationsbahnen** (auch Luftleitbahnen genannt) stellen die Verbindung zwischen den **Kaltluftentstehungsgebieten** und Räumen her, in denen sie wirken (Durchlüftung zum thermischen Ausgleich).

## Bedeutung für die kommunale Planung

Damit Sie Schlussfolgerungen und Maßnahmen aus den Erkenntnissen zur stadtklimatischen Situation für Ihre Kommune entwickeln können, müssen Sie diese Erkenntnisse bewerten und zueinander in Beziehung setzen. Dazu müssen die Erkenntnisse in Raumkategorien übersetzt werden, die als Belastungs- und Ausgleichsgebiete kartographisch dargestellt werden. Die Bewertung sollte dabei abgestuft erfolgen (vgl. KLIM-PRAX Stadtklima "Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen"):

- In Belastungsgebieten B1 und B2 kommt es aufgrund der lokalen Wärmeentwicklung zu relativ hohen **bioklimatischen** Belastungen für den Menschen.
- In Belastungsgebieten C kommt es aufgrund der lokalen Wärmeentwicklung zu relativ geringen **bioklimatischen** Belastungen für den Menschen.



- Belastungsgebiete D sind aufgrund der lokalen Wärmeentwicklung im städtischen Vergleich weitgehend unbelastet hinsichtlich der **bioklimatischen** Situation für den Menschen.
- Ausgleichsräume, die unmittelbar an **bioklimatisch** hoch oder mittel belastete Räume angrenzen oder die über **Kaltluftleitbahnen** mit belasteten Räumen verbunden sind, haben für das **Stadtklima** eine höhere Bedeutung als Ausgleichsräume, deren gebildete **Kaltluft** keines der belasteten Gebiete erreicht (vgl. Abbildung 1).

Die Einstufung der Belastungs- und Ausgleichsräume wird in Anlehnung an VDI 3787 Blatt 1 vorgeschlagen. Allerdings wird in der vorliegenden Entscheidungshilfe die Unterscheidung der Belastungsräume nach hoher und mittlerer Belastung vorgeschlagen, die es so in der VDI-Richtlinie nicht gibt. Diese Differenzierung erlaubt eine verfeinerte Abstufung.



Abb. 1: Schematische Darstellung der Belastungs- und Ausgleichsräume (HLNUG 2019)

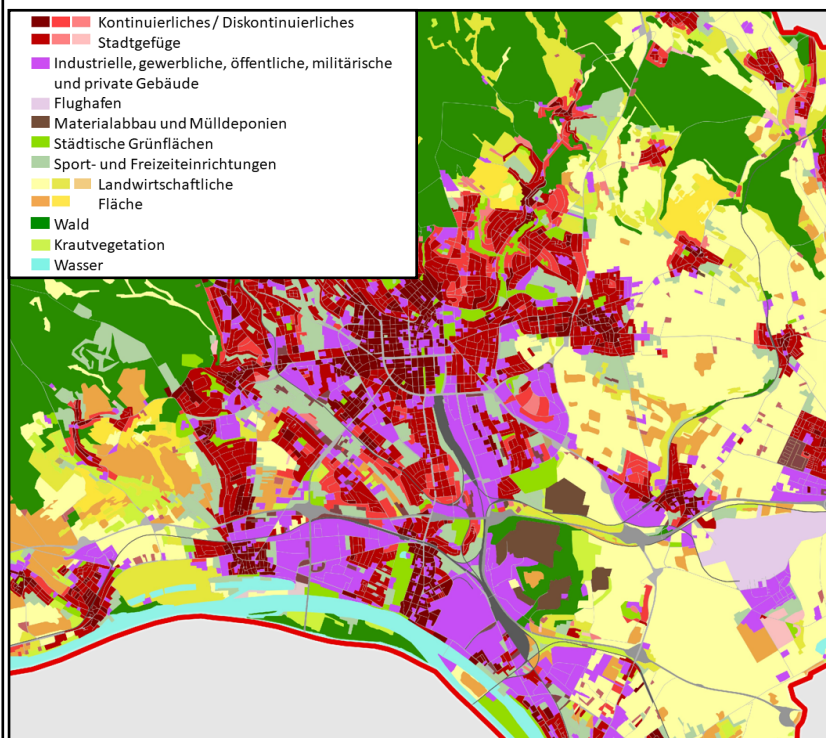
Die Einstufung und Bewertung der stadtklimatischen Erkenntnisse in Kategorien ermöglicht dann im nächsten Schritt die Ableitung von Planungshinweisen.



# M1: Beurteilung der thermischen Belastung anhand des Versiegelungsgrades und von Baustrukturen

## Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen

Ein wesentlicher Faktor, der die sommerliche **Wärmebelastung** beeinflusst, ist neben der verdichteten Bebauung der Versiegelungsgrad. Sie können diese bekannten Zusammenhänge nutzen, um Aussagen zur thermischen Belastung in Ihrer Kommune zu treffen.



Auf Basis des Versiegelungsgrades lassen sich die Flächen Ihres Gemeindegebiets hinsichtlich ihrer thermischen Belastung klassifizieren, woraus eine Einstufung der **Belastungsgebiete und Ausgleichsräume** (geringe/keine Versiegelung) getroffen werden kann. Die Einstufung erfolgt qualitativ. Die Herangehensweise berücksichtigt keine individuellen Rahmenbedingungen, wie Topografie oder Lage der Kommune,

Abb. 2: Beispieldarstellung - Kartenausschnitt mit unterschiedlichen Versiegelungsgraden in Wiesbaden aus Copernicus Urban Atlas 2012 (European Environment Agency 2021)

und erlaubt es, mit relativ einfachen Mitteln Informationen über die Verteilung der **Wärmebelastung** in Ihrer Kommune zu bekommen. Der Schwerpunkt liegt hier auf den möglichen Belastungen durch Temperatur. Werden Informationen zum Thema **Kaltluft** gewünscht, sollten Sie sich mit **Methode 2** und **Methode 3** beschäftigen.

Der Aufwand (Personal, Kosten, externe Unterstützung) ist im Vergleich der drei hier betrachteten Klimaanalysemethoden gering (z. B. im Vergleich zu einer modellgestützten Stadtklimaanalyse). Die Klimaanalysemethode eignet sich insbesondere für:

- kleine und mittlere Kommunen
- Kommunen mit weniger komplexen Stadt-/Siedlungsstrukturen
- Kommunen, die zunächst einen ersten Überblick zur Belastungssituation bekommen möchten.

Die Klimaanalysemethode kann sowohl für das gesamte Gemeindegebiet als auch für einzelne Ortsteile bzw. Stadtquartiere angewendet werden.



### Erforderliche Daten:

- Versiegelungsgrad, z. B. über Luftbildanalyse, vorhandene Auswertungen aus dem europäischen System [Copernicus](#) (European Environment Agency 2021)
- Flächennutzung
- Ergänzende Informationen zu Bebauungsstruktur/-typ

### Ergebnisse und Anwendung

Sie können den Versiegelungsgrad qualitativ einer thermischen Belastung zuordnen, z. B.:

- hoher Versiegelungsgrad (> 70 %): hohe **thermische Belastung**,
- mittlerer Versiegelungsgrad ( $\geq 50\%$  und  $\leq 70\%$ ): mittlere thermische Belastung,
- geringer Versiegelungsgrad (< 50 %): geringe thermische Belastung,
- unversiegelt (0 %): keine thermische Belastung.

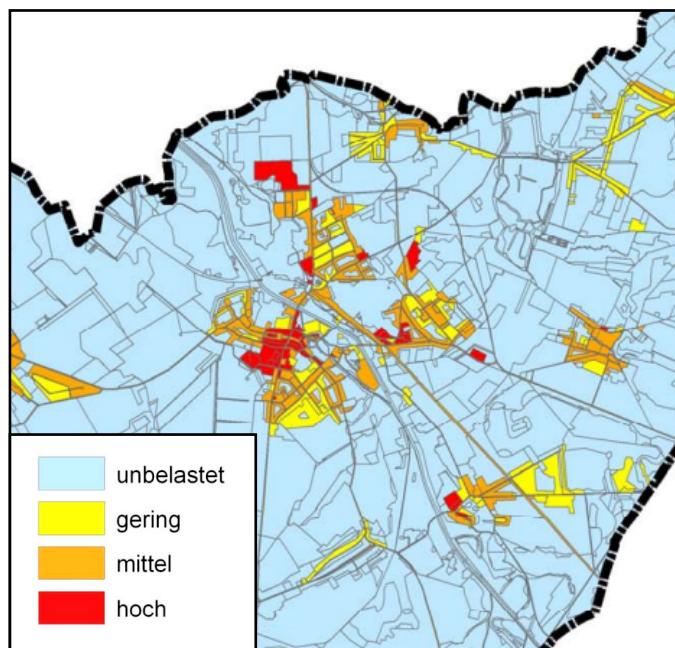


Abb. 3: Ausschnitt der Einstufung der thermischen Belastung im Siedlungsbereich anhand des Versiegelungsgrads unter Berücksichtigung der Flächennutzungen (Quelle: Stadt Bad Liebenwerda 2010)

Die Ergebnisse können Grundlage für zahlreiche Anwendungsfälle, insbesondere in kleinen und mittleren Kommunen, sein:

- Fortschreibung von [Flächennutzungsplan](#) und/oder Landschaftsplan auf Basis der aktuellen klimatischen Situation
- Grundlage für Festsetzungen zur Anpassung an den [Klimawandel](#) in Bebauungsplänen
- Anpassungsmaßnahmen in einzelnen Ortsteilen/Stadtquartieren



## M2: Beurteilung der thermischen Belastung sowie der Kaltluftsituation aus der Ermittlung von Klimatopen nach VDI 3787 Blatt 1

### Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen

Auf Basis der Zuordnung der Flächen Ihrer Kommune zu den in der **VDI-Richtlinie** benannten zehn **Klimatopen** können Sie Aussagen zu den Klimateigenschaften der jeweiligen Fläche ableiten. Die VDI-Richtlinie unterscheidet bebaute und nicht bebaute Gebiete, sodass alle Flächen Ihres Gemeindegebiets klassifiziert werden können. Damit haben Sie eine Grundlage für die Einschätzung der Flächen als  $\Rightarrow$  **Belastungs- bzw. Ausgleichsräume**.

**Klimatope** beschreiben eine „klimatische räumliche Einteilung von Gebieten mit ähnlichen **mikroklimatischen** Ausprägungen hinsichtlich des thermischen Tagesgangs, der durch Bodenrauigkeitsänderungen bedingten Windfeldstörungen, der topografischen Lage und/oder Exposition sowie der Art der realen Flächennutzung.“ (VDI 3787 Blatt 1: S. 4)

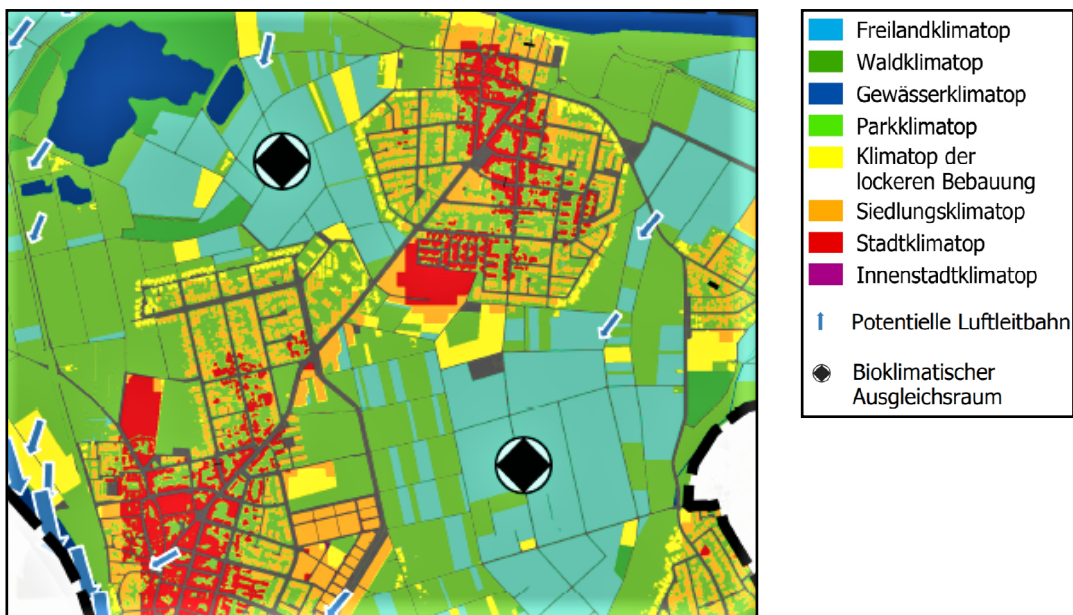


Abb. 4: Beispieldarstellung - Klimatopkarte (Stadt Offenbach)

Die Einstufung erfolgt qualitativ. Die Ergänzung von lokalen klimatischen Zusammenhängen, z. B. **Kaltluftabfluss**, ist bei entsprechendem Expertenwissen möglich. Die Ergebnisse dieser Methode bewegen sich damit zwischen einer ersten Einschätzung der Verteilung der **Wärmebelastung** im Gemeindegebiet ( $\Rightarrow$  M1) und der fachlichen Weiterentwicklung bis hin zu einer vertieften Stadtklimaanalyse ( $\Rightarrow$  M3).





## Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen

Die Klimaanalysemethode erfordert Fachwissen zur Einstufung der **Klimatope** und zur Ableitung relevanter Informationen zur  $\Rightarrow$  **Kaltluft**. In der Regel benötigen Sie externe Unterstützung bei der Durchführung. Da die Ergebnisse qualitativ auswertbar sind, eignet sich die Klimaanalysemethode für:

- Kommunen aller Größenklassen
- Kommunen, die einen vertieften Überblick zur Belastungssituation bekommen möchten.

Die Klimaanalysemethode kann für das gesamte Gemeindegebiet ebenso angewendet werden wie für einzelne Ortsteile bzw. Stadtquartiere. Für die Ermittlung der **Kaltluftsituation** darf der Untersuchungsraum nicht zu klein gewählt werden, da sonst die Gefahr besteht, wichtige Flächen für **Kaltluftproduktion** und **Kaltluftleitbahnen** auszuschließen. Sie können diese Methode auch mit Modellierungen zum **Kaltluftabfluss** kombinieren.

## Erforderliche Daten:

- Informationen zur tatsächlichen Flächennutzung (z.B. **ATKIS**, **CORINE**, Realnutzungskartierung)
- Informationen zum Relief und zur Oberflächenstruktur (z. B. digitales Höhenmodell)
- Fachkarten hinsichtlich Versiegelung oder Baudichte/-höhe und Bebauungsart
- Ergänzend können Messdaten zu physikalischen Größen die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen.

## Ergebnisse und Anwendung

Die Ergebnisse können Grundlage für zahlreiche Anwendungsfälle in Kommunen aller Größenordnungen sein:

- Erstellung einer **Klimaanalysekarte** und darauf aufbauend einer **Planungshinweiskarte**
- Grundlage für einen Teilplan **Klimaanpassung** zum Landschaftsplan
- Grundlage für ein Handlungskonzept zur Anpassung an den **Klimawandel**
- Anpassungsmaßnahmen in einzelnen Ortsteilen/Stadtquartieren
- Grundlage für Festsetzungen zur Anpassung an den **Klimawandel** in Bebauungsplänen

Die daraus resultierenden Informationen sind hilfreich, z. B. zur Überprüfung bzw. den Ausbau der Grünstrukturen in einer Stadt, die Planung hitzesensibler Einrichtungen wie Krankenhäuser, Pflegeheime, Kindergärten und Schulen oder auch für die Grün- und Freiflächenplanung.



## M3: Ermittlung von Tages- und Nachttemperaturen, Kaltluftentstehung/-abfluss sowie von Kenntagen mit Stadtklimamodellierungen

### Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen

Stadtklimamodellierungen liefern im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Klimanalysemethoden Angaben zur Temperatur und zu Temperaturverläufen im Tagesgang. Vor Durchführung der Stadtklimasimulation ist die räumliche Auflösung der Modellierung abzustimmen. Grundsätzlich steigt der Modellierungsaufwand mit zunehmender Größe des Gebiets und mit höherer Auflösung.

Es werden hier nur sogenannte „mesoskalige Modelle“ zu Grunde gelegt, mit denen eine ⇒ Stadtklimaanalyse für ein Stadt-/Gemeindegebiet erstellt werden kann, ggf. auch für einzelne Ortsteile. In diesen Modellen wird die Bebauungsstruktur zusammengefasst zu Kategorien der Baudichte bzw. Durchlässigkeit (Porosität). D. h. es sind keine Aussagen zu einzelnen Grundstücken und/oder Gebäuden möglich und es werden keine detaillierten Modellierungen für einzelne Quartiere und/oder Grundstücke durchgeführt.

Fragestellungen hinsichtlich der ⇒ Kaltluft können in gesonderten Modellen analysiert werden. Somit ist eine Kombination solcher Kaltluftabflussmodelle auch mit ⇒ Methode 2 denkbar. Die Stadtklimamodellierung wie auch die Kaltluftabflussmodellierung erfordern fachliches und technisches Wissen sowie eine entsprechende technische Ausstattung zur Durchführung der Modellierungen. In der Regel benötigen Sie externe Unterstützung bei der Durchführung. Zur Vorbereitung der Modellierung müssen Sie von Seiten der Kommune die Anforderungen an die Ergebnisse gemeinsam mit dem Auftragnehmer definieren und ggf. Daten zuvor aufbereiten. Aufgrund des relativ hohen Aufwands sollte vorher die Notwendigkeit an die Genauigkeit und den Umfang des Ergebnisses definiert worden sein. Diese Klimanalyse-methode eignet sich für:

- Mittlere/große Kommunen mit komplexen Herausforderungen durch den Klimawandel.
- Kommunen, die für städtebauliche Entwicklungen bzw. für ein Klimaanpassungskonzept detaillierte Angaben zur Temperatur, Temperaturverläufen und zur Kaltluft benötigen.

### Erforderliche Daten:

- Höhendaten, z. B. Digitales Geländemodell, Rasterdaten der Geländehöhe
- Nutzungsdaten, z. B. ATKIS, Biotop-/Vegetationskartierung, Realnutzungsdaten
- Fachkarten zur Versiegelung, Baudichte/-höhe, Bebauungsart, Rasterdaten zur Bebauungsstruktur
- Messdaten zu physikalischen Größen z. B. Wind, Temperatur, um die Modellierungsergebnisse zu plausibilisieren

Je nach gewähltem Modell können weitere Daten und Aufbereitungsschritte notwendig sein!







## Untersuchungsrahmen und Rahmenbedingungen

Je nach eingesetzten Modellen und vereinbarten Ergebnissen liefern **Stadtklimamodelle** eine Vielzahl von Datensätzen zu:

- **Temperatur/gefühlte Temperatur:** Tagesmaximum/-minimum der Lufttemperatur in unterschiedlichen Höhen, zu unterschiedlichen Uhrzeiten
- **Temperaturkentage** für eine definierte Periode (30-Jahre-Zeitraum)
- **Kaltluft:** Volumenstrom für unterschiedliche Schichtstärken (z. B. 20 m, 50 m), Richtung des Volumenstroms zu unterschiedlichen Uhrzeiten, mittlere Lufttemperatur des Volumenstroms zu unterschiedlichen Uhrzeiten, zeitlich aufintegrierter fühlbarer Wärmestrom

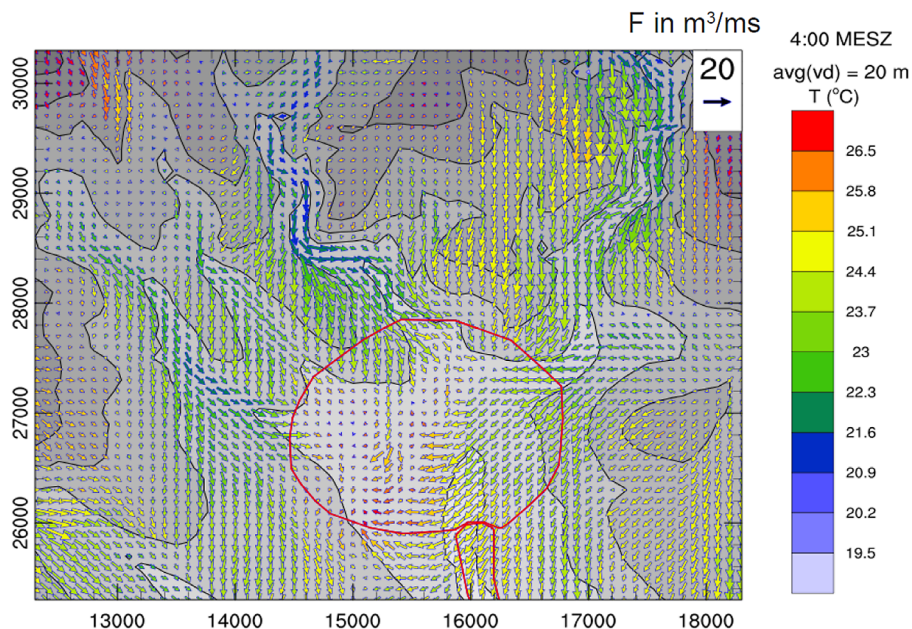


Abb. 5: Beispieldarstellung - Volumenstrom (Richtung, Stärke und Temperatur) für eine Schichtdicke von 20 m um 4 Uhr MESZ in Wiesbaden (Quelle: Noppel 2017: S. 67)

- **Windfelder:** Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in unterschiedlichen Höhen, zu unterschiedlichen Uhrzeiten

Aus den Ergebnissen lassen sich sehr detailliert **Belastungs- und Ausgleichsgebiete** ableiten. Die Ergebnisse können Grundlage für zahlreiche Anwendungsfälle sein:

- Erstellung einer **Klimaanalysekarte** und aufbauend einer **Planungshinweiskarte**
- Grundlage für einen Teilplan **Klimaanpassung** zum Landschaftsplan
- Grundlage für ein Handlungskonzept zur Anpassung an den Klimawandel
- Anpassungsmaßnahmen in einzelnen Ortsteilen/Stadtquartieren
- Grundlage für Festsetzungen zur Anpassung an den **Klimawandel** in Bebauungsplänen



## Vergleich der drei Methoden zur Stadtklimaanalyse

Nachfolgend finden Sie noch einmal alle wichtigen Stichworte zu den drei Klimaanalysemethoden im Vergleich.

	M1 Abschätzung nach Versiegelung	M2 Klimatope nach VDI	M3 Stadtklimamodellierung
<b>Was kann die Klimaanalyse-methode leisten?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitative Einschätzung der Verteilung der <b>Wärmebelastung</b> im Gebiet</li> <li>• Qualitative Einteilung von Belastungs- und Ausgleichsräumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimaeigenschaften der Flächen</li> <li>• Qualitative Einschätzung der Flächen als Belastungs- bzw. Ausgleichsräume</li> <li>• Ableitung relevanter Informationen zur <b>Kaltluft</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantitative Ergebnisse (Temperatur, Anzahl <b>Kenntage</b>, Volumenstrom <b>Kaltluft</b> etc.)</li> <li>• <b>Kaltluftentstehung und -abfluss</b></li> </ul>
<b>Rahmenbedingungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleine und mittlere Kommunen</li> <li>• Kommunen mit weniger komplexen Stadt-/Siedlungsstrukturen</li> <li>• Kommunen, die einen ersten Überblick zur Belastungssituation bekommen möchten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunen aller Größenklassen mit eher einfachem Relief / geringen Höhenunterschieden</li> <li>• Kommunen mit weniger komplexen Stadt-/Siedlungsstrukturen</li> <li>• Kommunen, die einen vertieften Überblick zur Belastungssituation inklusive <b>Kaltluft</b> bekommen möchten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittlere/große Kommunen mit komplexen Herausforderungen durch den <b>Klimawandel</b></li> <li>• Kommunen, die für städtebauliche Entwicklungen bzw. für ein <b>Klimaanpassungskonzept</b> konkrete Angaben zu Temperatur und Kaltluft benötigen.</li> </ul>
<b>Erforderliche Daten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versiegelungsgrad, z. B. über Luftbildanalyse oder andere</li> <li>• Bebauungsstruktur/-typ</li> <li>• Flächennutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen zur tatsächlichen Flächennutzung (z. B. <b>ATKIS</b>, <b>CORINE</b>, Realnutzungskartierung)</li> <li>• Informationen zum Relief und zur Oberflächenstruktur (z. B. digitales Höhenmodell)</li> <li>• Fachkarten hinsichtlich Versiegelung oder Baudichte/-höhe und Bebauungsart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhendaten, z. B. Digitales Geländemodell, <b>Rasterdaten</b> der Geländehöhe</li> <li>• Nutzungsdaten, z. B. <b>ATKIS</b>, Biotop-/Vegetationskartierung, Realnutzungskartierung</li> <li>• Fachkarten zur Versiegelung, Baudichte/-höhe, Bebauungsart, <b>Rasterdaten</b> zur Bebauungsstruktur</li> <li>• Messdaten zu physikalischen Größen z. B. Wind, Temperatur</li> </ul>
<b>Welche Informationen liefert die Klimaanalyse-methode?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einstufung der <b>thermischen Belastung</b> im Siedlungsbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Klimatope</b></li> <li>• <b>Klimaanalysekarte</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlreiche Datensätze mit Aussagen zu Temperatur, <b>Kenntage</b> (Gegenwart und Zukunft), Analyse zur <b>Kaltluft</b></li> <li>• Je nach Aufbereitung entsprechende Karten</li> </ul>



## Teil 3: Die Theorie hinter der Praxis

### Klimatologische Kenntage

Klimatologische **Kenntage** helfen dabei, die Klimaentwicklung zu verstehen und einzuordnen. Sie können in der Praxis helfen, um den aktuellen und – soweit diese **Kenntage** auch für die Zukunft ermittelt werden – den künftigen Handlungsbedarf zu bestimmen. Es gibt **Kenntage** für die Temperatur und für den Niederschlag. Zur Analyse der Temperaturbelastung werden nachfolgend die Temperatur-**Kenntage** näher erläutert.

#### Überblick

Es gibt verschiedene **klimatologische Kenntage**, die jeweils die Häufigkeit bestimmter Temperaturniveaus für ein Jahr beschreiben.

- **Eistag**: „Ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes (unter 0 °C) liegt, d. h. es herrscht durchgehend Frost.“
- **Frosttag**: „Ein Tag, an dem das Minimum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes (0 °C) liegt (ohne Beachtung des Lufttemperatur-Maximums).“
- **Sommertag**: „Ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur  $\geq 25$  °C beträgt.“
- **Heißer Tag** (Hitzetag): „Ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur  $\geq 30$  °C beträgt.“
- **Tropennacht**: „Eine Nacht, in der das Minimum der Lufttemperatur  $\geq 20$  °C beträgt.“

(DWD 2016)

Zur Ermittlung eines Trends werden in der Regel die Mittelwerte der Anzahl **Kenntage** pro Dekade (10-Jahreszeitraum) oder Periode (i. d. R. 30-Jahre, z.B. 1971 – 2000 für die Vergangenheit, 1991 – 2020 für die Gegenwart) verglichen.

### Vertiefende Erläuterungen

Zur Ermittlung der **Wärmebelastung** sind **Sommertage**, **Hitzetage** und **Tropennächte** wichtig. Die Anzahl **Eistage** und **Frosttage** können für Fragen zur Anpassung an den **Klimawandel** in der Land- und Forstwirtschaft eine Rolle spielen. Projektionen verschiedener Zukunftsszenarien zeigen für Hessen eine Zunahme der Sommertage, Hitzetage und Tropennächte und eine Abnahme der Frost- und Eistage.



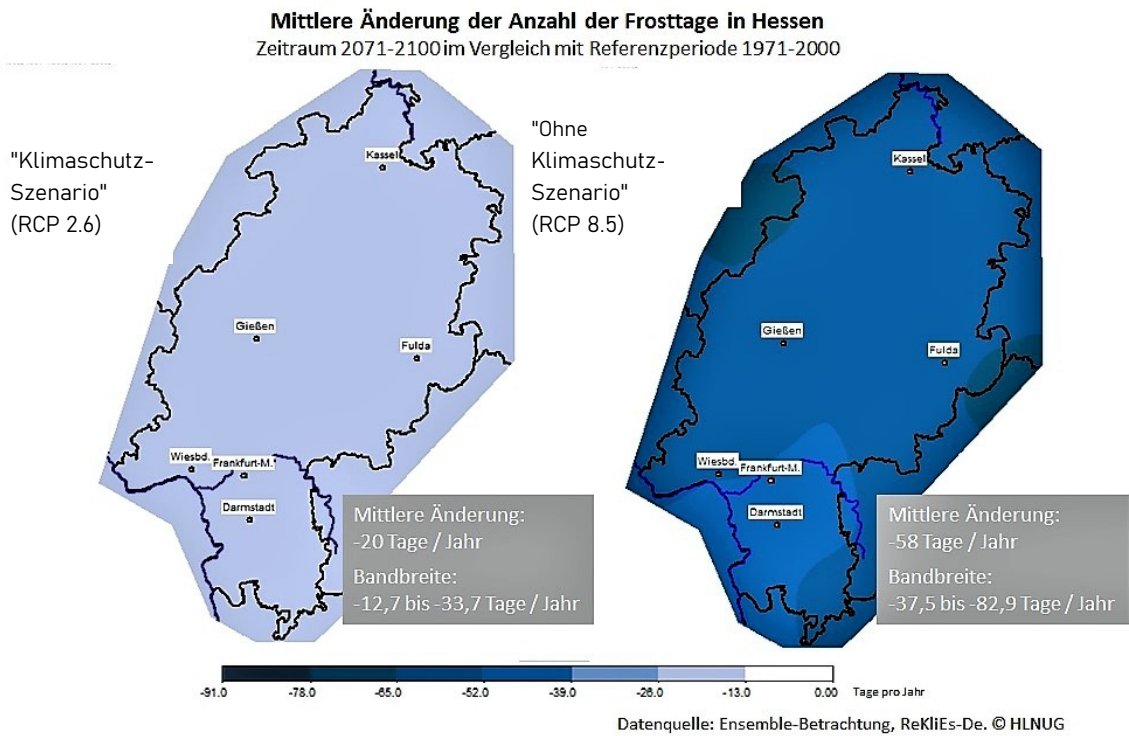


Abb. 6: Projizierte mittlere Änderung der Anzahl der Frosttage in Hessen RCP2.6 (links) und RCP8.5 (rechts) im Vergleich zum Mittelwert der mit den jeweiligen Modellen simulierten Referenzperiode 1971 - 2000 (HLNUG 2021)

Aussagen zu **meteorologischen Kenntagen** können aus der  $\Rightarrow$  **Stadtklimamodellierung (M3)** sowohl für die Häufigkeit als auch für die räumliche Verteilung im Stadtgebiet gewonnen werden. Die Ergebnisse aus der Modellierung können plausibilisiert und ergänzt werden durch Ergebnisse aus Messfahrten und eigene Aufzeichnungen.

Der DWD stellt Messdaten aus insgesamt 78 Stationen in Deutschland zur Verfügung, aus denen entsprechende Zeitreihen gebildet und analysiert werden können (DWD 2021). Damit können entsprechende **Kenntage** für die betreffende Region ermittelt werden, eine Ableitung unterschiedlicher Temperaturniveaus innerhalb eines Stadtgebietes ist damit nicht möglich.

„In der **landesweiten Klimaanalyse Hessen** ist pro Region die durchschnittliche Anzahl an **Sommertagen** pro Jahr im Zeitraum 1971 - 2000 dargestellt. Die räumliche Auflösung der dafür durchgeführten **Klimamodellierung** beträgt 200m x 200 m.“

### INFOBOX

Für die Bewertung von Belastungsgebieten wird vorrangig die Berücksichtigung der Nachttemperatur empfohlen, dies kann mit dem Indikator Tropennächte abgebildet werden. Eine ausreichende nächtliche Abkühlung ist von großer Bedeutung für einen erholsamen Schlaf und somit ein Faktor, der die menschliche Gesundheit beeinflusst.

So können für stadtplanerische Fragestellungen die Gebiete identifiziert werden, in denen es im gesamten Nachtverlauf kaum zur Abkühlung kommt. Tropennächte treten vor allem in Städten und Ballungsräumen auf, und erhöhen hier die gesundheitlichen Belastungen für die Bewohnerinnen und Bewohner ( $\Rightarrow$  Wärmebelastung).



## Bedeutung für die kommunale Planung

Die zunehmende Anzahl von Tagen mit einer erhöhten **Wärmebelastung** muss zukünftig verstärkt stadtplanerisch berücksichtigt werden. Nachfolgend abgebildetes Ergebnis aus einer  $\Rightarrow$  **Klimaprojektion für die ferne Zukunft** zeigt einen Anstieg der Anzahl der **Hitzetage** in Hessen – je nach **Szenario** – um durchschnittlich 3 bzw. 21 Tage pro Jahr auf (Abbildung 7).

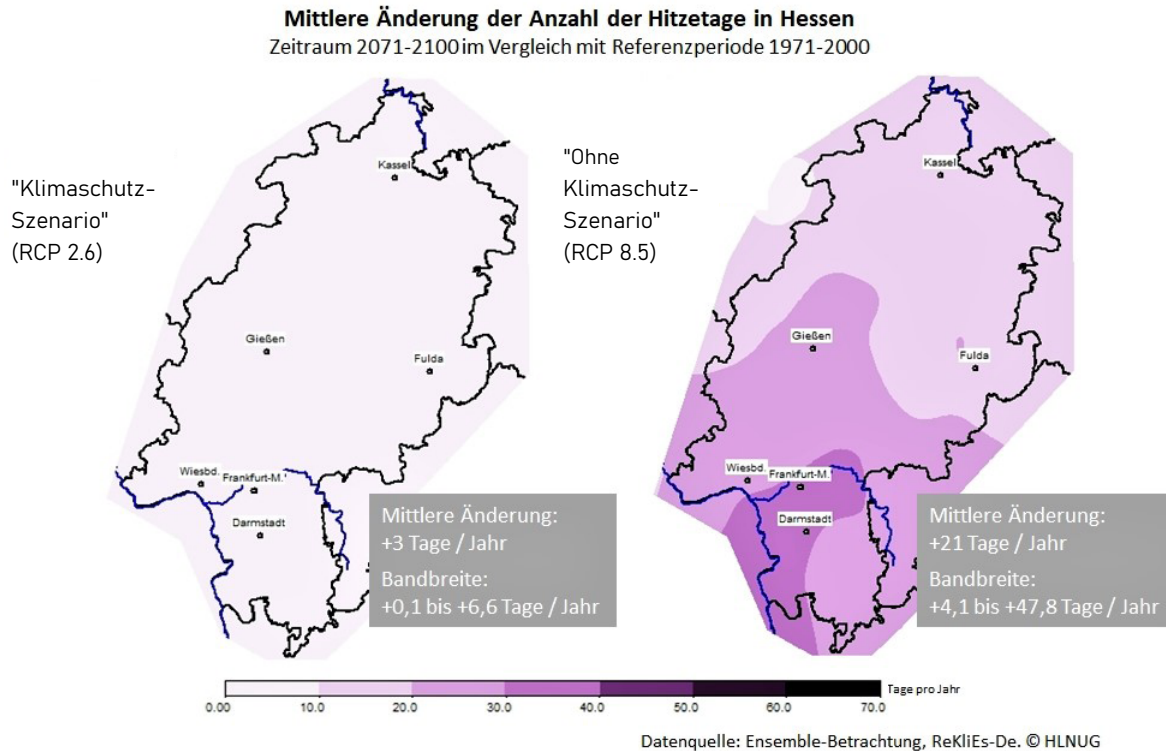


Abb. 7: Projizierte mittlere Änderung der Anzahl der Hitzetage in Hessen RCP2.6 (links) und RCP8.5 (rechts) im Vergleich zum Mittelwert der mit den jeweiligen Modellen simulierten Referenzperiode 1971 - 2000 (HLNUG 2021)

Die **Kenntage** sind ein anschauliches Mittel, um die Auswirkungen des **Klimawandels** aktuell (über einen Vergleich der **Kenntage** aktuell mit einer Periode aus der Vergangenheit) und in der Zukunft ( $\Rightarrow$  **Klima der Zukunft**) für die Öffentlichkeit deutlich zu machen.

In der Referenzperiode 1971 - 2000 wurden 5,6 Hitzetage beobachtet. Zum Vergleich sind in Hessen im Sommer 2018 durchschnittlich 24 Hitzetage gezählt worden, was bereits einer Änderung von + 18,4 Tagen entspricht.



## Wärmebelastung

Eine wesentliche Folge des [Klimawandels](#) ist ein globaler Anstieg der Temperaturen. Neben einem Anstieg der Durchschnittstemperaturen im langjährigen Mittel werden häufiger [Hitzeextreme](#) beobachtet. Die zunehmende Hitzebelastung im Sommerhalbjahr stellt für die menschliche [Gesundheit](#) eine große Herausforderung dar. Vor allem Personen mit reduzierter Anpassungskapazität (z. B. ältere Personen oder Säuglinge) sind durch Hitzeereignisse besonders gefährdet.

### Überblick

- Insbesondere Städte leiden unter der zunehmenden Hitzebelastung und müssen frühzeitig Anpassungsmaßnahmen treffen. Ziel ist es, gesunde Lebens- und Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten.
- Analysen zeigen eine erhöhte Sterblichkeit während Hitzeperioden, insbesondere extrem hohe Tages- und Nachttemperaturen sind dabei problematisch.
- [Hitzeextreme](#) treffen auch kleine und mittlere Kommunen.

## Vertiefende Erläuterungen

In einer umfassenden Untersuchung, die über einen Zeitraum von 1999 bis 2008 sowohl Sterbedaten als auch Krankenhausdaten für ganz Deutschland analysierte, konnte an [Hitzetagen](#) eine erhöhte Sterblichkeit von ungefähr 10 % in allen Altersgruppen über 30 Jahre beobachtet werden, während Krankenhauseinlieferungen für dieselben Altersgruppen um 5 % stiegen (Karlsson und Ziebarth 2018, vgl. Abbildung 8).

Für die Beurteilung der [Wärmebelastung](#) im Stadtgebiet ist die [gefühlte Temperatur](#) interessant. Alle gängigen Modellierungsergebnisse der [gefühlten Temperatur](#) oder ähnlicher humanbiometeorologischer Indikatoren beziehen sich auf eine Normperson und auf außenklimatische Bedingungen. Die Klassifizierung nach [VDI 3787 Blatt 2](#) ist wie folgt:

- unter 20 °C behaglich: Komfort möglich
- 20 °C - 26 °C leicht warm: schwache [Wärmebelastung](#)
- 26 °C - 32 °C warm: mäßige [Wärmebelastung](#)
- 32 °C - 38 °C heiß: starke [Wärmebelastung](#)
- über 38 °C sehr heiß: extreme [Wärmebelastung](#)



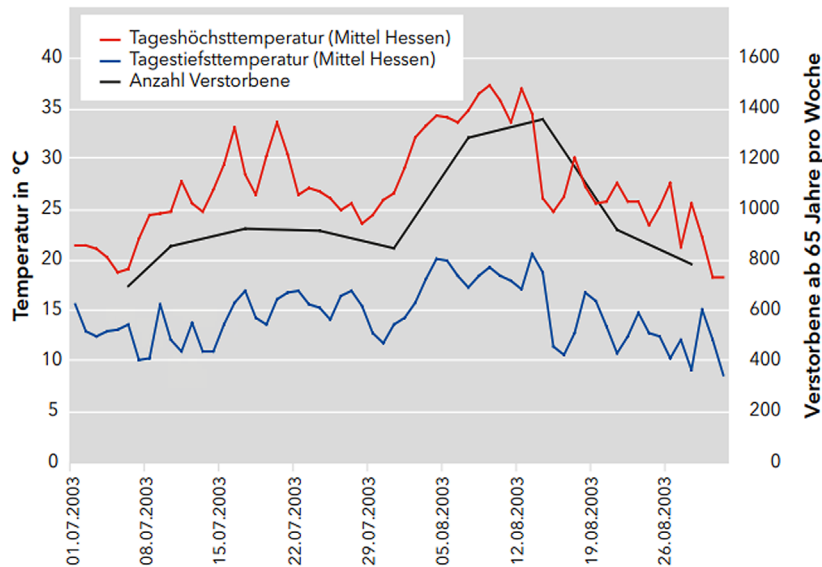


Abb. 8: Durchschnittliche maximale und minimale Tagestemperatur (Mittel über hessische Stationen) sowie verstorbene ältere Menschen in Hessen, Juli bis August 2003 (Quelle: HLNUG 2019: S. 17)

Wenn Sie eine [Stadtklimamodellierung](#) durchführen (lassen), erhalten Sie Informationen zu den [klimatologischen Kenntagen](#) zur Ableitung von [Wärmebelastungen](#) speziell für Ihr Gebiet:

- [Sommertage](#) (Tageshöchsttemperatur  $\geq 25$  °C)
- [Hitzetage](#) (Tageshöchsttemperatur  $\geq 30$  °C)
- [Tropennächte](#) (Tagestiefsttemperatur  $\geq 20$  °C)

Ebenso über die [Stadtklimamodellierung](#) möglich und zu empfehlen ist die Ermittlung der Lufttemperatur und deren Verteilung bzw. der gefühlten Temperatur. Für die weitere Analyse werden i. d. R. zwei Zeitpunkte gewählt:

- Der Zeitpunkt mit der höchsten [Wärmebelastung](#) zur Einschätzung der Tagesbelastung.
- Der Zeitpunkt mit der geringsten [Wärmebelastung](#) tritt in der zweiten Nachthälfte auf und gibt Hinweise zur nächtlichen Belastung im Stadtgebiet.

Die Nachtsituation hat für die menschliche [Gesundheit](#) eine hohe Bedeutung: Eine ausreichende nächtliche Abkühlung ist wichtig für einen erholsamen Schlaf. Bei zu geringer nächtlicher Abkühlung wird auch die Hitze tagsüber schlechter verkraftet. Mit dem Zeitpunkt in der zweiten Nachthälfte kann herausgearbeitet werden, in welchen Stadtgebieten es im Verlauf der Nacht nur zu geringen Abkühlungen kommt und welche Gebiete weniger belastet sind. Durch dieses Vorgehen wird die Priorisierung innerhalb des Stadtgebiets deutlicher.

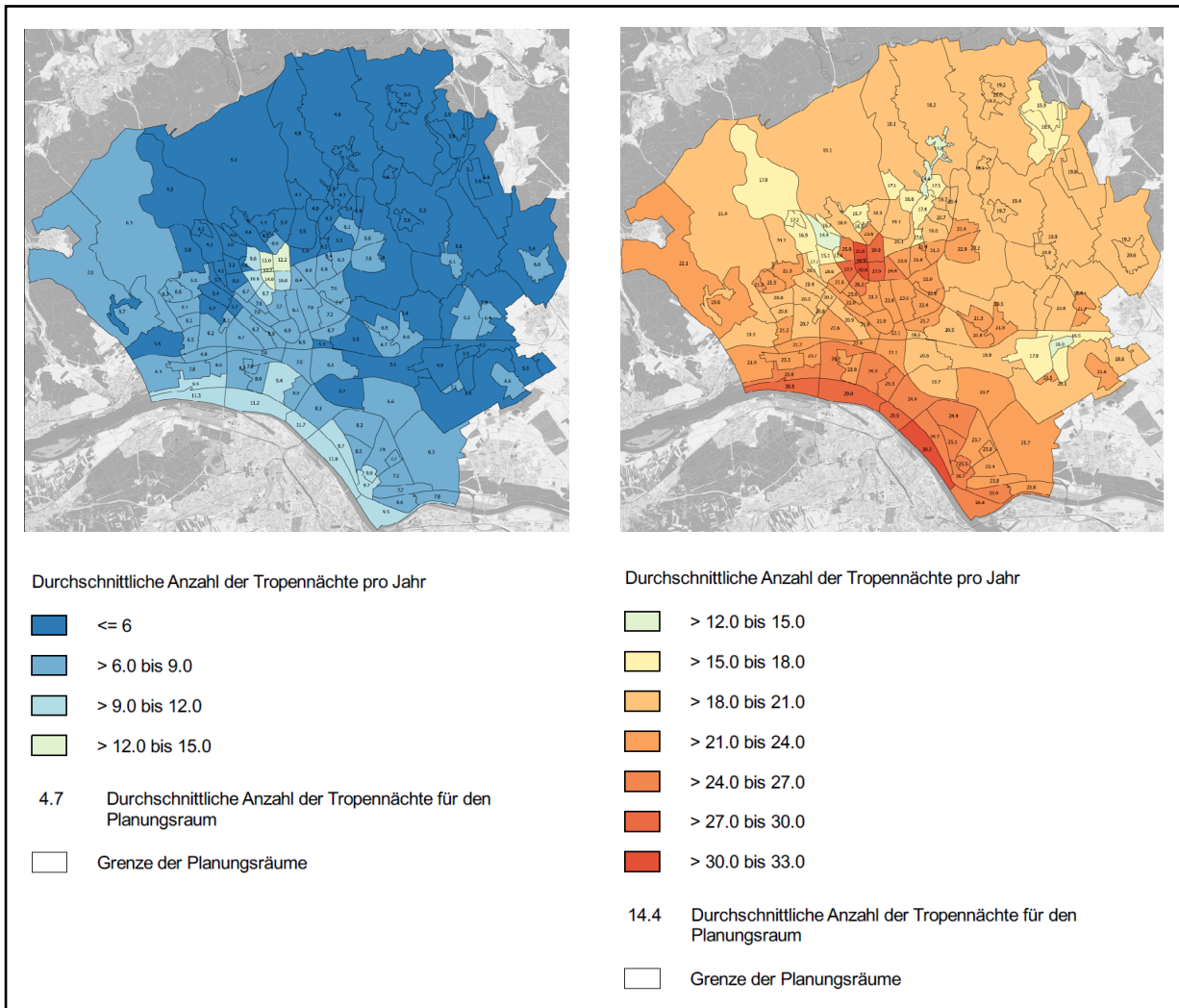


Abb. 9: Simulierte Anzahl der Tropennächte Wiesbaden (Zeitraum 1971 - 2000, links) und simulierte Anzahl der Tropennächte Wiesbaden (Zeitraum 2031 - 2060, Szenario A1B/mittleres Emissionsszenario, rechts) (Quelle HLNUG 2019)

## Bedeutung für die kommunale Planung

Insbesondere Städte leiden unter der zunehmenden Hitzebelastung und müssen frühzeitig Anpassungsmaßnahmen treffen, um für die Bevölkerung gesunde Lebens- und Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten. Dafür müssen Kommunen klimarelevante Belange in den Planungsprozessen berücksichtigen. Extrem hohe Tages- und Nachttemperaturen sind dabei problematisch. Diese treten aufgrund der zusätzlichen urbanen Aufheizung in den Großstädten häufiger als im Umland auf, dies gilt vorwiegend für **Tropennächte**.





## Kaltluft

Kaltluftbildende Räume und [Kaltluftleitbahnen](#) sind für die Entlastung von hitzebelasteten Stadtteilen von zentraler Bedeutung. Insbesondere auf Freiflächen im Umland der Stadt bildet sich in der Nacht [Kaltluft](#). Unbebaute Flächen in der Stadt haben in der Regel weniger Potential zur Kaltluftbildung. Die Kenntnis über die relevanten Flächen und deren jeweiligen Potenziale ist Grundlage für eine gezielte Freihaltung im Rahmen der Stadtplanung.

### Überblick

- [Kaltluftentstehungsgebiete](#) sind vor allem landwirtschaftlich genutzte Freiflächen (Wiesen, Felder, Äcker mit geringem Gehölzbestand).
- [Kaltluftleitbahnen](#) transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte, Luftmassen.
- Sowohl die [Kaltluftentstehungsgebiete](#) als auch die [Leitbahnen](#) sind wichtige Elemente zum Ausgleich temperaturbedingter Belastungen in der Stadt und als solche unbedingt schützenswert.

## Vertiefende Erläuterungen

[Kaltluft](#) bildet sich vor allem über unversiegelten Flächen durch die Abstrahlung von Wärme während der Nacht. In der [⇒ Stadtklimamodellierung \(M3\)](#) werden komplexe physikalische Prozesse der Bildung von [Kaltluft](#) sowie des Abflusses aufgrund der Geländeneigung und der Einflüsse der Windsysteme nachgebildet (vgl. Abbildung 10).

In der [⇒ Klimaanalysemethode der Klimatope nach VDI \(M2\)](#) stehen hier die Flächen mit „Freilandklima“ im Fokus. Dies sind landwirtschaftliche Nutzflächen, Weide- oder Wiesengelände sowie Brachen o. Ä. mit einem geringen Versiegelungsgrad (< 10 %). Bei entsprechend bewachsenen Flächen mit „Waldklima“ findet die [Kaltluftentstehung](#) oberhalb des Kronenraums statt. Der [Kaltluftabfluss](#) wird anhand der Topographie, der Windrichtungsverteilung und der Flächennutzung ermittelt.

Für die Einschätzungen der Wirkung eines [Kaltluftabflusses](#) ist des Weiteren zu ermitteln, wieviel Luft in den Luftleitbahnen strömt. Dafür wird in der [Stadtklimamodellierung](#) z. B. der Kaltluftvolumenstrom berechnet. Der Kaltluftvolumenstrom „gibt an, welches Luftvolumen pro Sekunde durch einen bestimmten Querschnitt fließt“ (Noppel 2017: S. 63). Für den Querschnitt können unterschiedliche Schichtdicken, z. B. 20 m und 50 m, festgelegt werden. Für die Schichtdicken können neben dem Luftvolumen auch die vertikal gemittelte Temperatur bestimmt werden, um zu erfassen, wie kalt die fließende Luft ist.



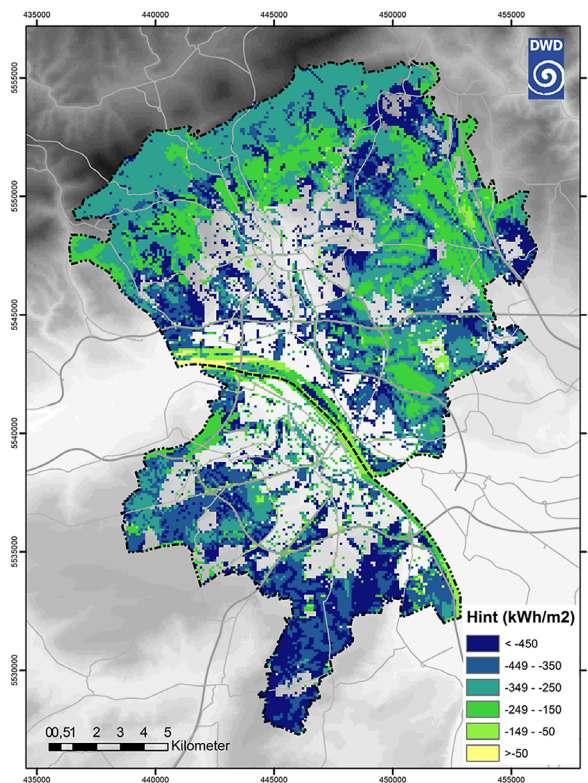


Abb. 10: Von 22 MESZ bis 4 MESZ zeitlich akkumulierter fühlbarer Wärmestrom zwischen dem Boden sowie den Bäumen und der umgebenden Atmosphäre (in der Abbildung mit Hint abgekürzt) in kWh/m<sup>2</sup> zur Beurteilung des Potentials einer Fläche, Kaltluft zu bilden (Quelle: DWD 2017).

## Bedeutung für die kommunale Anpassung

Auf Basis der Einstufung der **Kaltluftproduktion** und einer Beurteilung von **Kaltluftleitbahnen** können Sie ermitteln, welche Grün- und Freiflächen für die Durchlüftung und Abkühlung von Belastungsgebieten von hoher Bedeutung sind (Ausgleichsräume). Ausgleichsräume, die unmittelbar an **bioklimatisch** hoch oder mittel belastete Räume angrenzen oder die über **Kaltluftleitbahnen** mit belasteten Räumen verbunden sind, haben für das Stadtklima eine höhere Bedeutung als Ausgleichsräume, deren gebildete **Kaltluft** keines der belasteten Gebiete erreicht.

Das Ausmaß der **Kaltluftproduktion** kann nicht als alleiniger Indikator für die Bewertung der Bedeutung von Ausgleichsräumen für das **Stadtklima** angesehen werden. Grün- und Freiflächen können selbst im Fall von geringer **Kaltluftproduktion** in unmittelbarer Nähe zu stark verdichteten bebauten Gebieten zu einer Verbesserung, besonders der Nachtsituation, beitragen. Hieraus kann sich auch eine höhere Bedeutung von kleineren Ausgleichsflächen ableiten, die innerhalb von Belastungsgebieten liegen, z.B. Grünflächen einer Größe auch unter 1 ha (die als Anhaltswert für die Mindestgröße zur Ausbildung einer Kaltluftströmung angesetzt werden kann) (Scherer 2007).

**Kaltluftentstehungsgebiete** und Abflussbahnen können sowohl nach VDI 3787 Blatt 1 (vgl. ⇒ **Methode 2**) als auch mit Hilfe von **Stadtklimamodellen** bzw. speziellen Kaltluftabflussmodellen (vgl. ⇒ **Methode 3**) ermittelt werden.



## Klima der Zukunft

Neben der Analyse der aktuellen klimatischen Situation stellt sich im Zusammenhang mit einer städtebaulichen Entwicklung auch die Frage nach der möglichen Entwicklung des **Stadtklimas** in der Zukunft. Die Grundlage für eine Aussage über das **Klima** in der weiten Zukunft (üblich bis zum Jahr 2100 oder darüber hinaus) sind **Klimaprojektionen**. Solche **Klimaprojektionen** beruhen auf Annahmen über zukünftige gesellschaftliche und technologische Entwicklungen, die mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind. Der Nutzen der Projektionen liegt darin, dass unterschiedliche mögliche Entwicklungen aufgezeigt werden, die in der Gesamtbetrachtung bestimmte Trends aufzeigen. Mit diesen Trends hat man eine robuste Grundlage für Entscheidungen über notwendige Maßnahmen.

### Überblick

- Eine **Klimaprojektion** ist das Ergebnis modellhafter Berechnungen des Klimas über Zeiträume von der nahen Vergangenheit (z.B. ab 1971) üblicherweise bis zum Jahr 2100.
- Mit Hilfe globaler Szenarien, den **RCP-Szenarien**, des Weltklimarats des Weltklimarats (IPCC) werden globale Klimamodelle erstellt, die dann Grundlage für regionale und lokale Klimamodelle sind.
- Eine exakte Vorhersage, wie sich das **Klima** in nächster Zeit ändern wird, ist dabei nicht möglich. Enthaltene Unsicherheiten werden durch die gleichzeitige Verwendung vieler Modellergebnisse (sogenannte Ensembles) deutlich reduziert.

### Vertiefende Erläuterung

Die globalen Zukunftsszenarien basieren auf Szenarien der globalen gesellschaftlichen, ökonomischen und sozialen Entwicklung (Bevölkerung, Technologie, Energiebedarf, Klimaschutzmaßnahmen, ...), die in den Berichten des Weltklimarates (IPCC) verwendet werden. Aus diesen Szenarien werden die resultierenden Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre berechnet, die dann als Randbedingungen in Simulationen mit globalen Klimamodellen eingehen. Die Simulationsergebnisse der Klimamodelle sind die Klimaprojektionen. Derzeit werden als antreibende Szenarien die sog. RCPs (representative concentration pathways = repräsentative Konzentrationspfade) verwendet. Die RCPs werden mit Zahlen beschriftet, die ihre jeweilige Klimaänderung so beschreiben, als würde die Sonne stärker strahlen (in W/m<sup>2</sup>). Das Szenario RCP2.6 geht von einer unmittelbaren und drastischen Treibhausgasreduktion aus und stellt einen Pfad mit einer Chance auf Einhaltung des 2°- Zieles dar. RCP4.5 und RCP6.0 sind mittlere Szenarien. Das „Kein-Klimaschutz-Szenario“, RCP8.5, geht hingegen von keinerlei Emissionsreduktionen aus. Mit den RCP-Szenarien wurden die älteren SRES-Szenarien (Special Report on Emissions Scenarios) abgelöst (MWKEL 2013).

Die globalen Klimasimulationen auf Basis der IPCC-**RCP-Szenarien** sind Grundlage für zahlreiche regionale **Klimamodelle**. Diese wiederum können als Grundlage für die Erstellung von **Stadtklimamodellen** genutzt werden. Abbildung 11 zeigt schematisch den Prozess dieses „Downscalings“ auf.



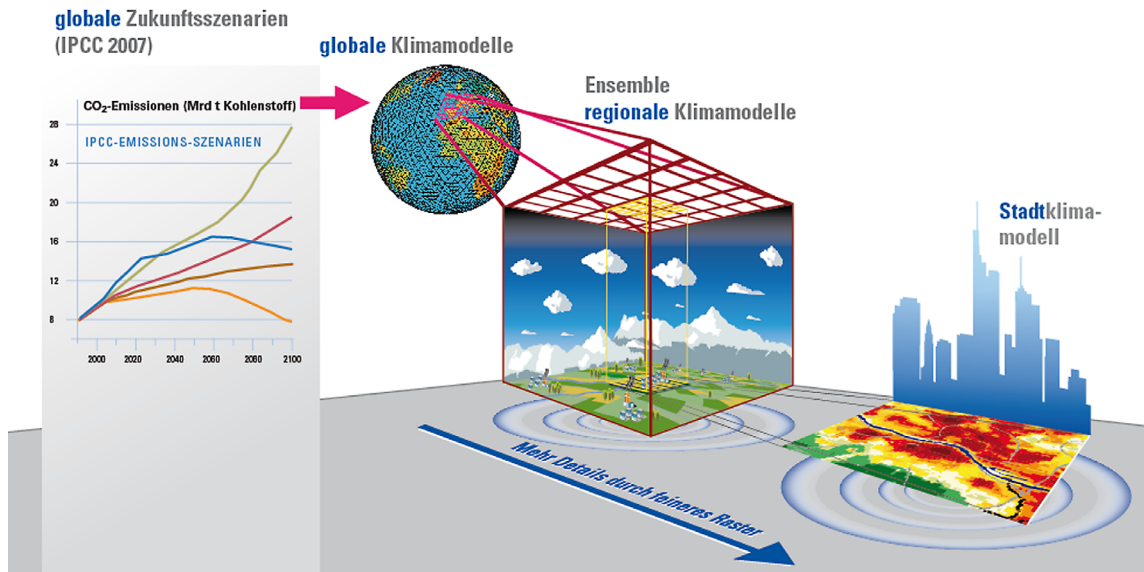


Abb. 11: Schematische Darstellung der räumlichen Verfeinerung (Downscaling) der Klimasimulationsrechnungen von der globalen Skala zur städtischen Skala (Quelle: DWD 2021d)

Die Klimaprojektionen (eine Liste der Klimaprojektionen stellt der DWD auf seiner Internetseite bereit DWD 2021b) sind eine wesentliche Grundlage zur Erstellung von Szenarien für die Entwicklung des Stadtklimas in der Zukunft. Die Daten aus Projektionen können in eine Stadtklimamodellierung eingebunden werden, um die Veränderungen, z. B. anhand der Kenntage, zu verdeutlichen. Eine andere Möglichkeit ist die Anpassung der ermittelten Klimatope (⇒ Methode 2) an die voraussichtlichen Temperaturänderungen, um so Szenarien für zukünftige Klimatopverteilungen in der Kommune zu bilden.

Der DWD stellt für Deutschland und die Bundesländer solche hochaufgelösten regionalen Klimaprojektionen bereit und gibt Hinweise zu deren Anwendung (DWD 2021a).

## Bedeutung für die kommunale Planung

Neben der Analyse der aktuellen klimatischen Situation in einer Kommune ist auch die mögliche Entwicklung in der Zukunft eine wichtige Planungsfrage. Die temperaturbedingten Auswirkungen des Klimawandels sind daher auch im Hinblick auf deren Entwicklung in der Zukunft von Interesse. Mit entsprechenden Analysen können jeweils nur Hinweise auf mögliche künftige Entwicklungen gegeben werden, da diese immer mit Annahmen und Unsicherheiten verbunden sind. Dennoch können daraus wichtige Anhaltspunkte für die Planung hervorgehen, wenn deutlich wird, in welchen Gebieten bei unverändertem Trend einer Temperaturzunahme künftig Probleme mit der Wärmebelastung zu erwarten sind, auch wenn diese Gebiete aktuell ggf. noch unbelastet sind. Klimatologische Kenntage sind z. B. gut geeignet zur Gegenüberstellung der Situation heute und der Einschätzung der zukünftigen Situation bei unveränderter Bebauung (vgl. Abbildung 12).

Weiterhin können in diesen Analysen auch unterschiedliche Szenarien der baulichen Entwicklung unter dem Gesichtspunkt der Wärmebelastung betrachtet und bewertet werden.



## Teil 4: Klimaanalysen an Beispielstädten/ -kommunen

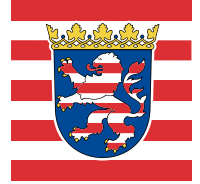
Nachfolgend werden Beispiele von Kommunen/Städten gegeben, welche die drei unterschiedlichen Klimaanalysemethoden verwendet haben. Zuerst erhalten Sie allgemeine Informationen über die jeweilige ⇒ [Stadtklimaanalyse](#), welche sich mit

- dem Namen der Kommune/Stadt,
- dem Bearbeitungsjahr,
- der Einwohnerzahl,
- der geographischen Lage,
- den meteorologischen Besonderheiten

beschäftigen. Anschließend werden Beispiele der Ergebnisse aufgezeigt.

Bei ⇒ [Methode 1](#), der Beurteilung der [thermischen Belastung](#) anhand des Versiegelungsgrades und von Baustrukturen, werden Beispiele aus der Stadt Bad Liebenwerda genannt. ⇒ [Methode 2](#) beschäftigt sich mit den Klimatopkarten nach [VDI 3787 Blatt 1](#). Hierzu sind Beispiele aus der aus dem Zweckverband Raum Kassel und der Stadt Offenbach gegeben. Idstein und Gießen sind als Beispielstädte für die ⇒ [Methode 3](#) aufgezeigt.





## Beispiel Klimaanalysemethode 1

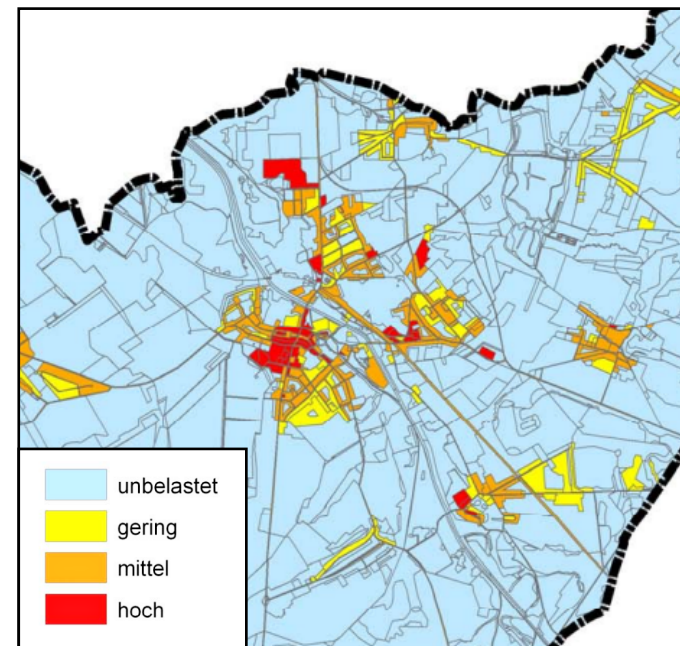
### Stadt: Bad Liebenwerda

Die Stadt Bad Liebenwerda befindet sich im Bundesland Brandenburg und die nächstgrößeren Städte sind Dresden im Süden und Leipzig im Westen. Bad Liebenwerda hat rund 10 000 Einwohner und hat 2010 eine Stadtklimaanalyse nach [Methode 1](#) durchgeführt. Als meteorologische Besonderheiten der Stadt gelten die ausgeprägten jahreszeitlichen Unterschiede von Sommer- und Wintertemperaturen, sowie geringe Niederschlagsmengen, weshalb das Gebiet als dürrgefährdet gilt.

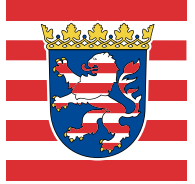
Versiegelungsgrad	hoch >70%	mittel <= 70% und >= 50%	gering < 50%	unversiegelt 0%
thermische Belastung	hoch	mittel	gering	unbelastet

Zur Darstellung der **thermischen Belastung** im gesamten Stadtgebiet sind zuerst Fachinformationen und Geodaten ausgewertet worden, um die durchschnittlichen Versiegelungsgrade für verschiedene Flächennutzungen zu erhalten. Bei einer Zuweisung zu mehreren Nutzungsflächen wird eine Differenzierung durch Luftbilder vorgenommen. Anschließend sind die durchschnittlichen Versiegelungsgrade der Flächen anhand der oben dargestellten Tabelle eingeteilt worden. So erhält die Nutzung „Gewerbe- und Industriegebiet“ mit einem Versiegelungsgrad von 67 % die Einstufung in eine mittlere thermische Belastung.

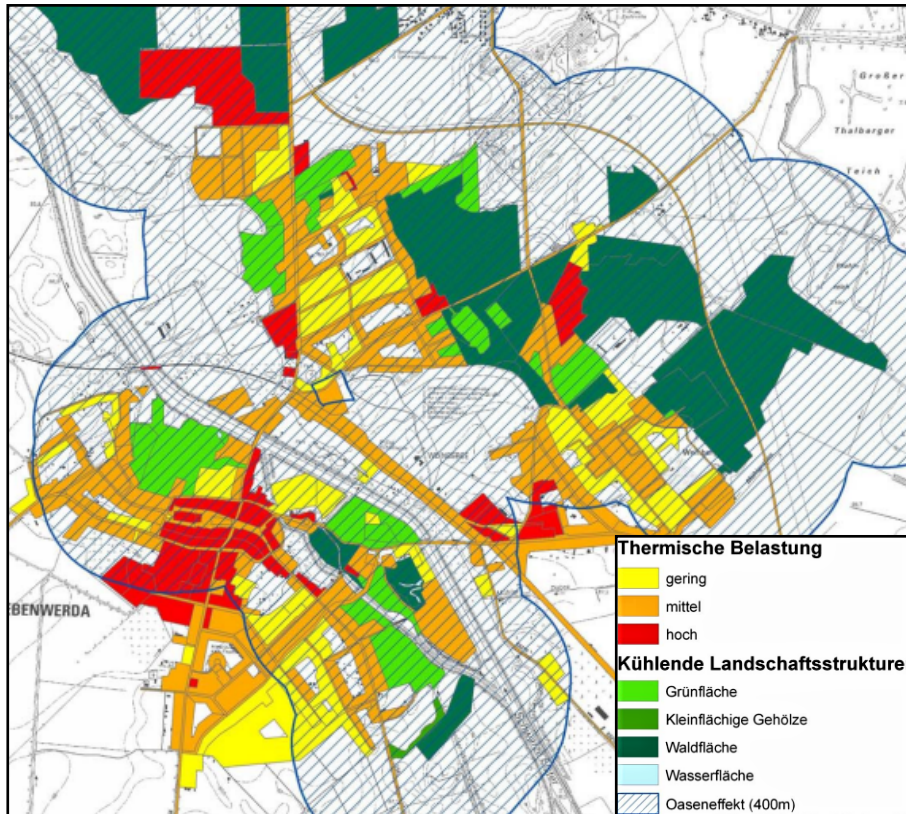
Nachdem allen Flächen eine **thermische Belastung** zugewiesen werden konnte, sind diese Belastungen für das gesamte Stadtgebiet dargestellt worden. Ebenfalls ist die thermische Belastung auch für das Wander- und Radwanderwegenetz erstellt worden.



Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der thermischen Belastung im Siedlungsbereich.



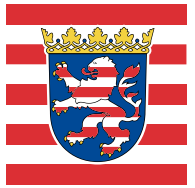
Stadt: Bad Liebenwerda



Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der **thermischen Belastung** und den kühlenden Landschaftsstrukturen aus dem Stadtgebiet Bad Liebenwerda.

Neben einer reinen Einstufung der Fläche hinsichtlich ihrer **thermischen Belastung** erfolgte für die Stadt Bad Liebenwerda noch eine Darstellung mit kühlenden Landschaftsstrukturen. Diese können aufgrund ihrer kühlenden Wirkung für einen Oaseneffekt sorgen. Durch diese Unterteilung ist eine Einschätzung in  $\Rightarrow$  **Ausgleichs- und Belastungsräume** möglich. Die kühlenden Landschaftsstrukturen können einen Ausstrahlungseffekt von bis zu 400 m erzeugen. Die Voraussetzungen für den Ausstrahlungseffekt bis zu 400 m sind gegeben, sobald eine Fläche größer als 3 ha ist, eine Mindestbreite von 50 m besitzt und nicht über 400 m von einer Versiegelungsfläche entfernt ist.

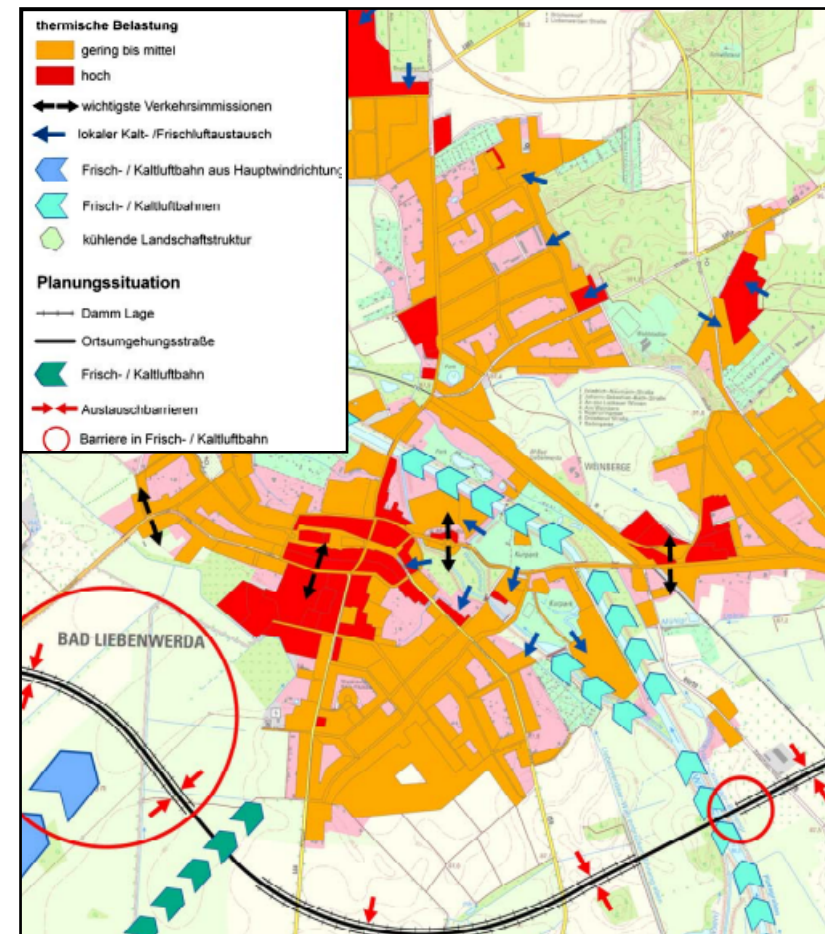
Anmerkung: Die thermische Belastung und der Oaseneffekt sind nur an schwachwindigen und wolkenlosen **Sommertagen** in diesem Ausmaß vorhanden, das heißt an den meisten Tagen wird die dargestellte thermische Belastung nicht erreicht. Grund dafür ist die gute Durchlüftungssituation der Stadt. Jedoch ist der thermische Komfort geringer, je größer die thermische Belastung und je geringer die Anzahl angrenzender kühlender Strukturen ist.



## Stadt: Bad Liebenwerda

Dargestellt ist ein Ausschnitt der **Klimafunktionskarte** für die Stadt Bad Liebenwerda.

Durch den **Klimawandel** wird mit großer Wahrscheinlichkeit eine erhöhte thermische Luftbelastung auftreten. Deshalb ist es für die Stadt von besonderer Bedeutung eine gute Frisch- und Kaltluftversorgung zu besitzen. Für die **Kaltluftentstehung** wurde die Nutzung der Fläche betrachtet. Weiterhin spielt die Flächengröße, die räumliche Lage, die Verteilung der Hauptwindrichtung, das Relief und die Bebauungsstruktur eine wichtige Rolle. Dadurch könnten Luftleitbahnen beurteilt werden. Die Windrichtungsverteilungen wurden über Messdaten der Messstation Bad Liebenwerda entnommen. Durch die genannten Punkte konnte eine Einschätzung der lokalen Klimafunktionen und deren Wirksamkeit gemacht werden, woraufhin die Ergebnisse in der Klimafunktionskarte dargestellt wurden. Die Darstellung der **Frischluf**t erfolgte auf Grundlage von Daten des Landesumweltamtes Brandenburg, wobei hier die Daten der nächstgelegenen Station Elsterwerda ausgewertet wurden.



Quelle: Stadt Bad Liebenwerda 2010

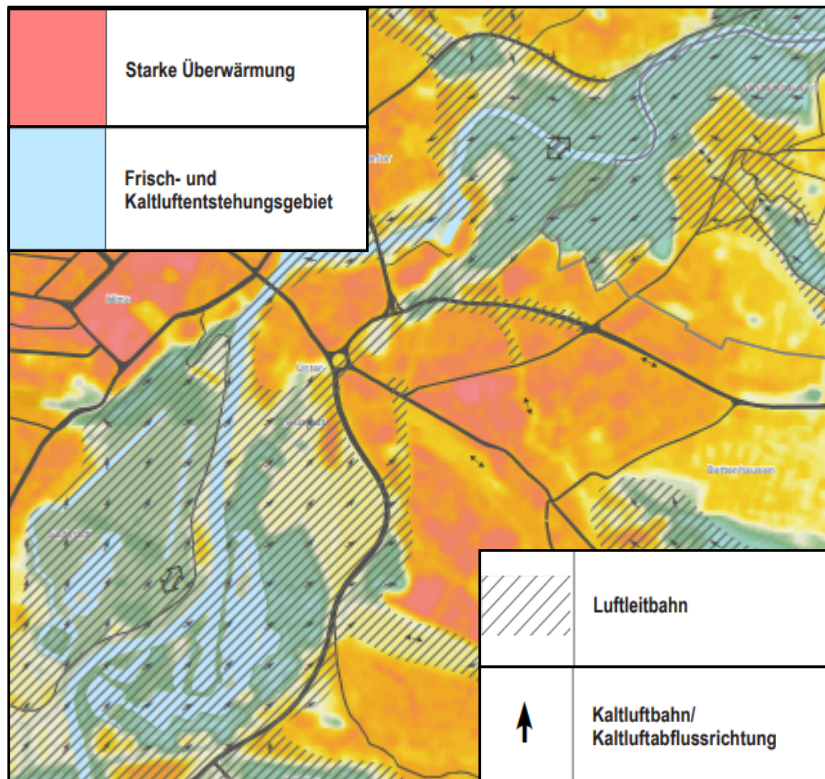




## Beispiel Klimaanalysemethode 2

### Stadt: Zweckverband Raum Kassel

Der Zweckverband Raum Kassel befindet sich im Norden Hessens an der Grenze zum Bundesland Niedersachsen. Die Stadt Kassel fasst rund 200 000 Einwohner und ist somit die drittgrößte Stadt Hessens. Der Zweckverband Raum Kassel führte 2019 eine Stadtklimaanalyse nach ⇒ [Methode 2](#) durch. Als meteorologische Besonderheit gilt eine potenzielle Überwärmungsgefährdung durch einen problematischen Luftaustausch aufgrund des Kassler Beckens, welches mit Randhöhen umgeben ist.



Dargestellt ist ein Ausschnitt der [Klimafunktionskarte](#) hinsichtlich der klimatologischen Wertigkeit der Gebiete. Die Einteilung orientiert sich an den Klimateigenschaften der [Klimatope](#), welche in der [VDI 3787 Blatt 1](#) beschrieben sind. Auf Grundlage der [Klimatopausweisung](#) kann eine Einteilung in die thermische Belastung erfolgen, wodurch z. B. in Frisch- und [Kaltluftentstehungsgebiete](#) (blau) und Gebiete mit starker Überwärmung (rot) unterschieden wird. Das Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet orientiert sich hierbei an dem [Klimatop](#) „Freilandklima“. Dabei handelt es sich um hoch aktive, [kaltluftproduzierende Flächen](#) im Außenbereich, welche eine geringe Rauigkeit und die entsprechende Hangneigung aufweisen. Außerdem sind noch Luftleitbahnen und [Kaltluftbahnen](#) dargestellt, welche hauptsächlich durch die Wetterlagen, die Relief- und Strukturtypisierung herausgearbeitet wurden. Die [Kaltluftbahn](#) ist im Vergleich zur Luftleitbahn kleinräumiger und beschreibt ein thermisches Windsystem (Hangabwind), wobei das Pfeilsymbol die Abflussrichtung darstellt.

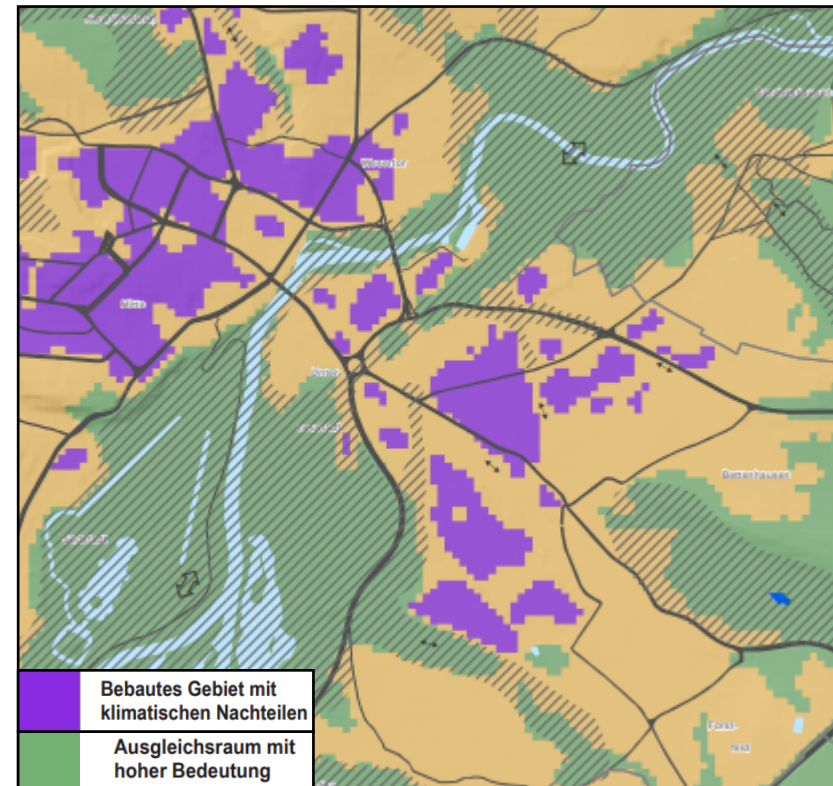


## Stadt: Zweckverband Raum Kassel

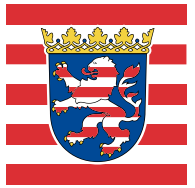
In der Klimafunktionskarte als **Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete** ausgewiesene Flächen werden in der **Planungshinweiskarte** als Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung definiert. Hieraus lassen sich durch die **VDI 3787 Blatt 1** und Expertenwissen Planungshinweise ableiten. So ist der Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung an eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen gekoppelt. Die Flächen sind durch ein hohes Ausgleichspotenzial und eine hohe klimaökologische Wertigkeit gekennzeichnet, welche durch Bebauung und Versiegelung negative Auswirkungen auf bereits verdichtete Bereiche haben würde. Somit ergeben sich als Planungshinweise die Aufrechterhaltung des Ausgleichsraums, die Verhinderung von Versiegelung, sowie nach Möglichkeit eine weitere Vernetzung mit innerstädtischen Potenzialflächen.

Als Ableitung der stark überwärmten Gebiete der **Klimafunktionskarte** ergibt sich das bebaute Gebiet mit klimatischen Nachteilen. Diese Gebiete sind sanierungsbedürftig und als Planungshinweise können unter anderem die Erhöhung der Vegetation, die Verringerung des Versiegelungsgrads, sowie die Schaffung von begrünten **Ventilationsbahnen** genannt werden.

Quelle: [ZRK 2019a](#) und [ZRK 2019b](#)

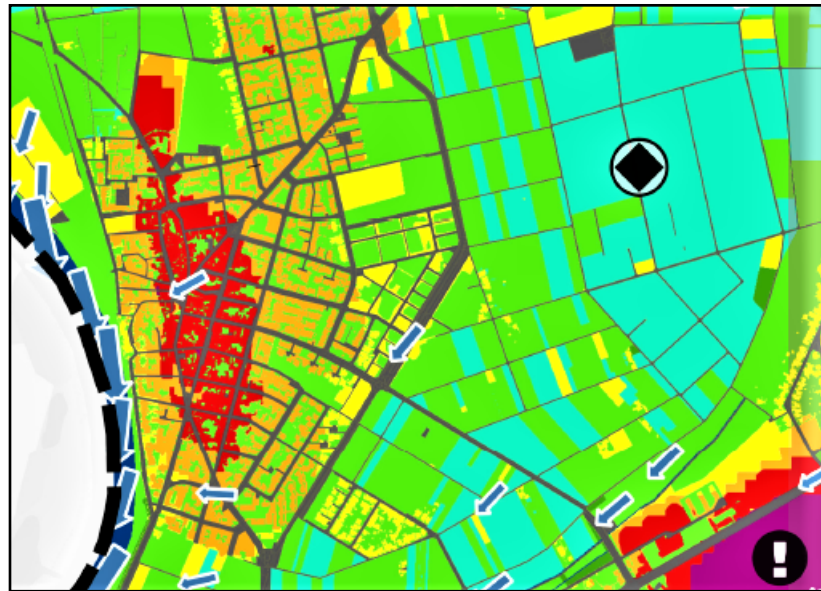


Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der **Planungshinweiskarte**, welche auf den Ausweisungen der **Klimaanalysekarte** basiert. Hier erfolgt eine Bewertung der **Wärmebelastung**.

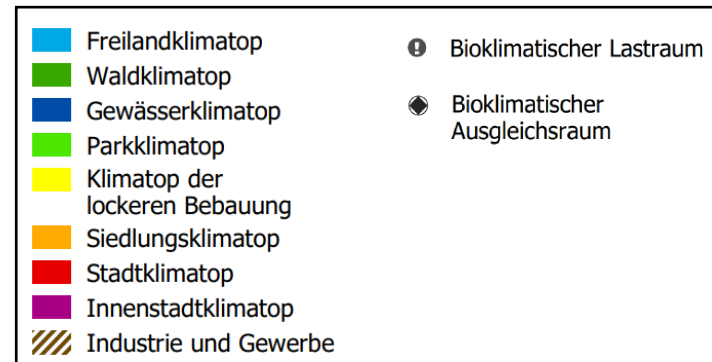


## Stadt: Offenbach

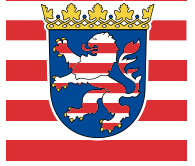
Die Stadt Offenbach befindet sich im Bundesland Hessen und liegt südwestlich der Stadt Frankfurt am Main. Mit etwa 130 000 Einwohnern zählt die Stadt zu den fünf größten Städten Hessens. Offenbach führte 2021 eine Stadtklimaanalyse durch, welche nach ⇒ Methode 2 erfolgte.



Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte Offenbach.



Die **Klimafunktionskarte** basiert auf der Grundlage der Klimatopkarte. Die einzelnen **Klimatope** sind in der dargestellten Legende aufgezeigt. Auf Grundlage der **Klimatope** kann eine Einteilung in Ausgleichsräume (Park-, Wald-, Freiland- und Gewässerklimatop) und Lasträume (Innenstadt-, Stadt-, Siedlungsklimatop und Klimatop der lockeren Bebauung) erfolgen, welche durch die gezeigte Symbolik dargestellt werden. Bedeutsame Bereiche zur Belüftung werden durch das Pfeilsymbol dargestellt, welches die potenziellen Luftleitbahnen anzeigt. Diese **Luftleitbahnen** verbinden alle **bioklimatischen** Ausgleichsräume mit überhitzten Stadtteilen, weshalb die Freiflächen unersetzlich und schützenswert sind.



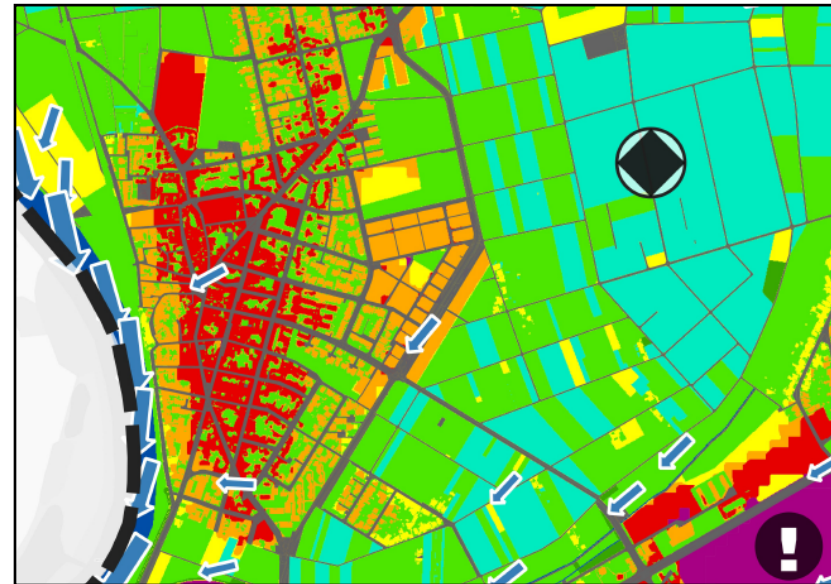
## Stadt: Offenbach

Die Klimafunktionskarte der Zukunft basiert auf der Klimatopkarte der Zukunft. Hierfür wurde die Realnutzungskarte unverändert gelassen und zukünftig geplante Bauvorhaben, sowie den mit dem Klimawandel einhergehenden Temperaturanstieg und dem damit verbundenen stärkeren Temperaturgradienten zwischen Freiland und Siedlungsfläche in die Klimatopkarte eingerechnet.

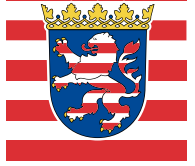
Durch hohe Versiegelungsraten weitet sich der bioklimatische Lastraum besonders in innerstädtischen Bereichen, Gewerbe- und Industriegebieten stark aus. Dafür ist es umso wichtiger, bereits vorhandene Ausgleichsräume und die potenziellen Luftleitbahnen zu erhalten. Sollten Bauvorhaben innerhalb dieser Bereiche geplant sein, könnte eine mikroskalige Modellierung weitere Erkenntnisse und Auswirkungen dieser Bebauung geben.

Die Legende von der Klimafunktionskarte kann auf die Klimafunktionskarte des Zukunftsszenarios 2050 übernommen werden.

Quelle: [Stadt Offenbach 2021](#)



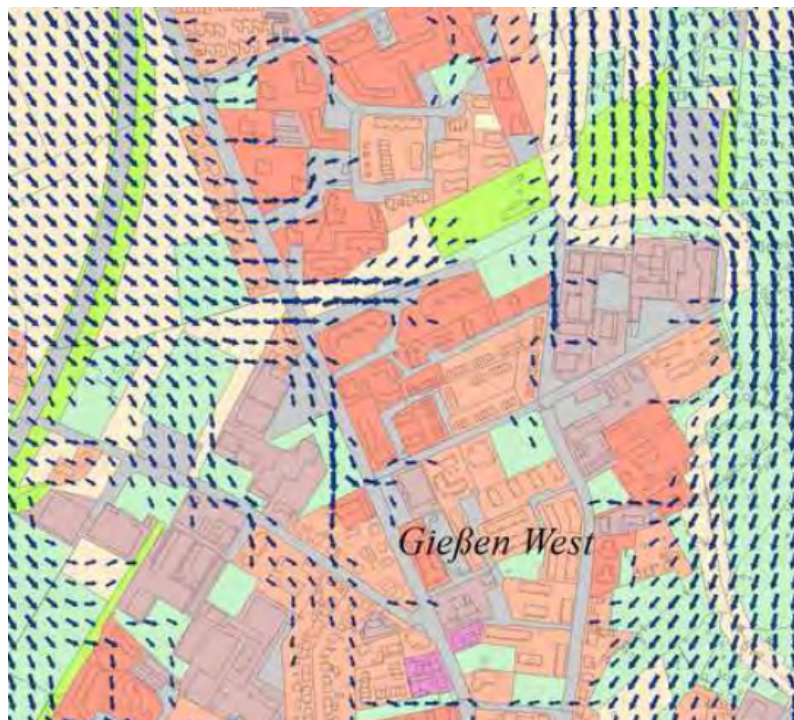
Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Klimafunktionskarte des Zukunftsszenarios 2050 für Offenbach. Zur besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit handelt es sich bei beiden Klimafunktionskarten um den gleichen Ausschnitt.



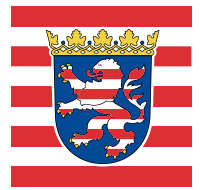
## Beispiel Klimaanalysemethode 3

### Stadt: Gießen

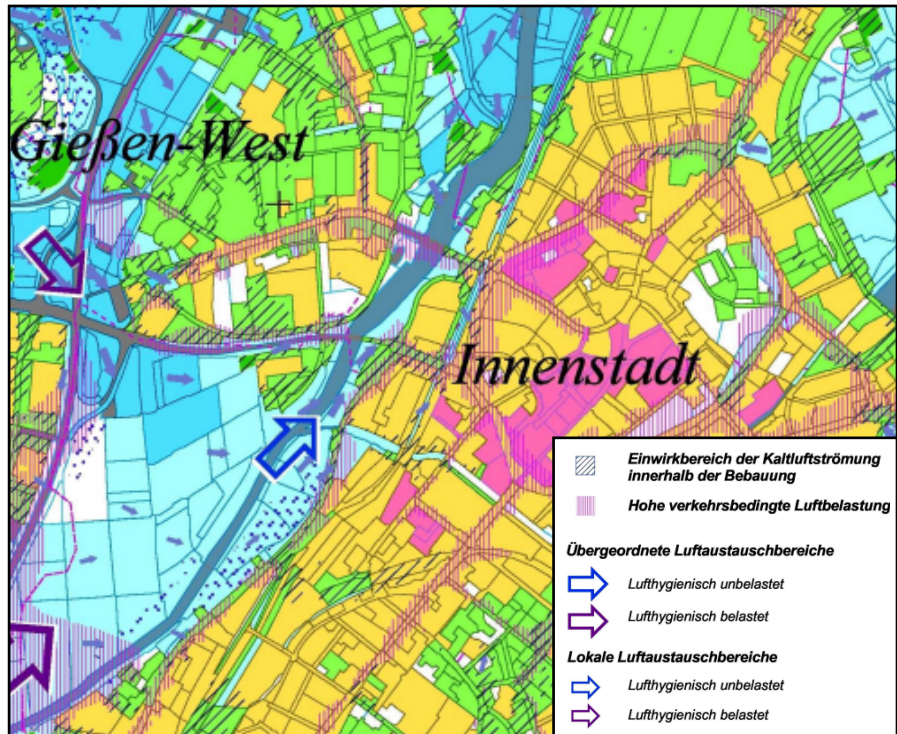
Die Stadt Gießen befindet sich in Mittelhessen, nördlich der Stadt Frankfurt am Main. Gießen hat rund 90 000 Einwohner und führte 2014 eine Stadtklimaanalyse nach [⇒ Methode 3](#), der modellgestützten Analyse, durch. Als meteorologische Besonderheit gilt der problematische Luftaustausch aufgrund des Gießener Beckens, welches für niedrige Windgeschwindigkeiten und eine zeitweise schwache Belüftung sorgt.



Der Luftaustausch zwischen [⇒ Ausgleichs- und Belastungsräumen](#) besitzt eine wichtige Bedeutung, weshalb [Kaltluftleitbahnen](#) einen geringen Überbauungsgrad und einen hohen Grünflächenanteil aufweisen sollten. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Strömungsverlauf der [Kaltluft](#) am Beispiel von Gießen West. Die Kaltluftströme sind durch die blauen Pfeile dargestellt. Aus Freiräumen kann Kaltluft in das Siedlungsgebiet strömen und so zur Abkühlung und zum Luftmassenaustausch beitragen. Je nach Ausrichtung der Bebauung, sowie des Bebauungstyps kann ein erhöhtes oder verringertes Einströmen der Luft in die Siedlungsstruktur erfolgen. Weiterführend können durch die [Modellierung](#) Erkenntnisse zur Strömungsgeschwindigkeit (m/s), dem Kaltluftvolumenstrom (m<sup>3</sup>/s) und zur Kaltluftproduktionsrate (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*h) gewonnen werden, welche in die [Klimafunktionskarte](#) einfließen.



Stadt: Gießen



Quelle: Universitätsstadt Gießen 2014

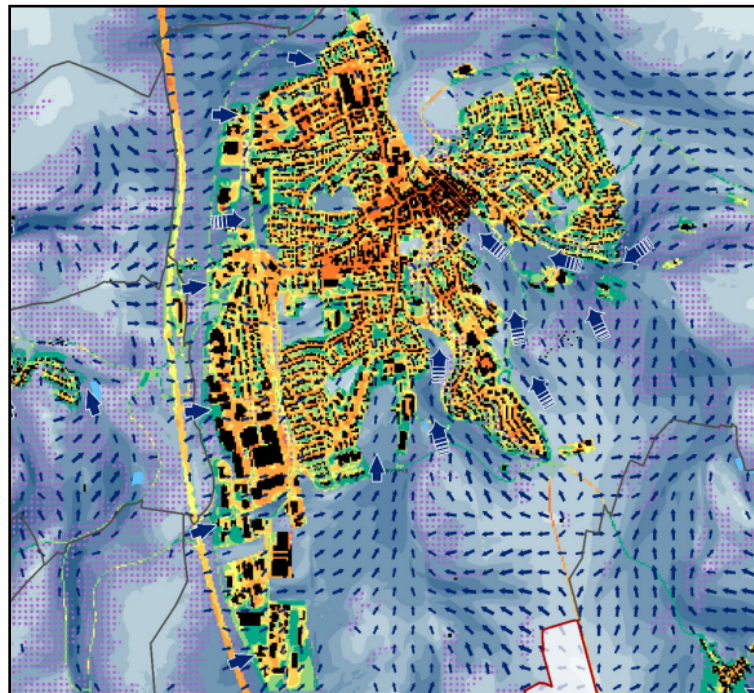
Aus der Modellierung mit Hilfe des Modells FITNAH wurde eine **Klimafunktionskarte** erstellt, welche die Kaltluftlieferung und die vorherrschende Strömungsrichtung und mittlere Strömungsgeschwindigkeit aufzeigt. Weiterführend wird die **bioklimatische** Situation im Siedlungsraum dargestellt. Diese lässt sich in günstige und ungünstige Bereiche einteilen, welche das Versiegelungsmaß und die Zugänglichkeit der Ausgleichsströmung widerspiegeln. Für die bioklimatischen Verhältnisse wurden verschiedene Parameter wie Windgeschwindigkeit, **Kaltluftproduktionsrate** oder der Kaltluftvolumenstrom berechnet.

Bioklimatische Verhältnisse	Temperatur (°C)	Windgeschwindigkeit (m·s <sup>-1</sup> )	Kaltluftvolumenstrom (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	Kaltluftproduktionsrate (m <sup>3</sup> ·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )
<b>Sehr günstig</b>	17,3	0,26	1255	6,9
<b>Günstig</b>	18,8	0,11	607	5,3
<b>Weniger günstig</b>	20,1	0,03	276	4,0
<b>Ungünstig</b>	21,1	0,01	63	3,3

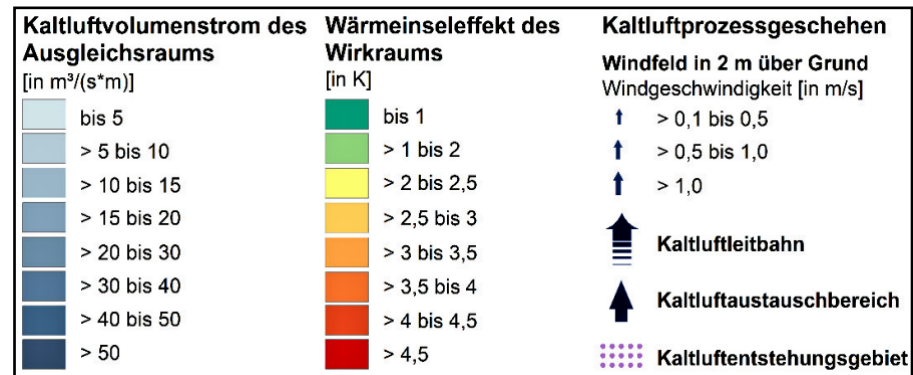


## Stadt: Idstein

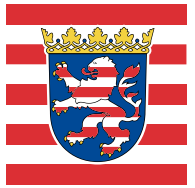
Die Stadt Idstein liegt in Hessen, nördlich der Landeshauptstadt Wiesbaden und hat rund 25 000 Einwohner. Idstein führte 2021 eine modellgestützte Stadtklimaanalyse mit dem Stadtklimamodell FITNAH nach  $\Rightarrow$  Methode 3 durch, wobei sommerliche, austauscharme Wetterlagen, welche für eine hohe **Wärmebelastung** sorgen, im Vordergrund der Untersuchung standen.



Untersucht wurde in Idstein sowohl die Nachtsituation, als auch die Tagsituation. Die dargestellte Abbildung zeigt die **Klimaanalysekarte** der Nacht. Hierbei werden der Kaltluftvolumenstrom des Ausgleichsraums, der **Wärmeinseleffekt** des Wirkungsraumes und das Kaltluftprozessgeschehen dargestellt.

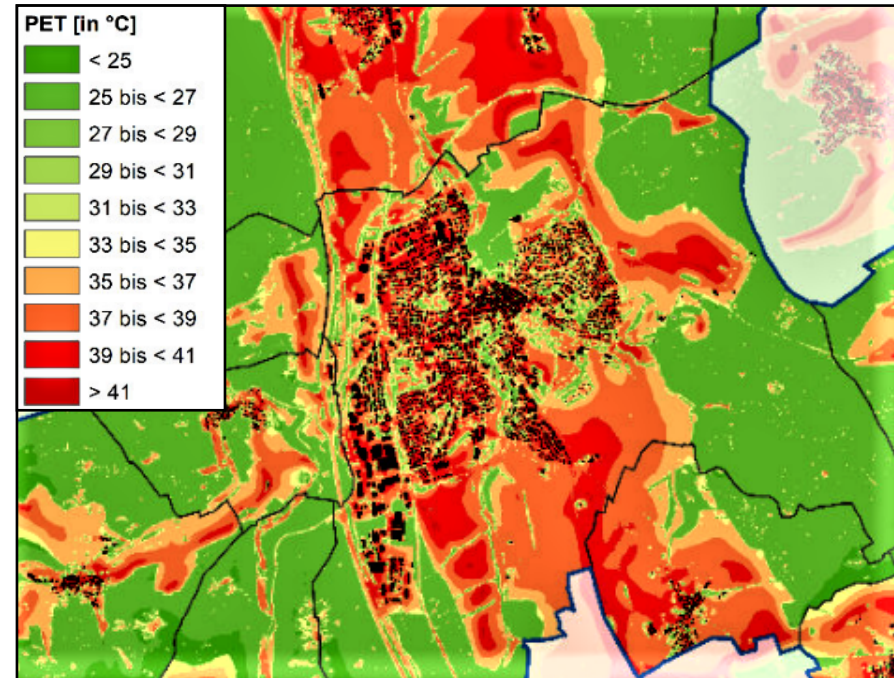


Die Klimaanalysekarte beruht auf den Modellergebnissen der **Kaltluftproduktionsrate**, dem Kaltluftströmungsfeld, dem Kaltluftvolumenstrom und der nächtlichen Lufttemperatur.



Stadt: Idstein

Für die Tagsituation wurde die **physiologisch äquivalente Temperatur (PET)** um 14 Uhr als ausschlaggebender Parameter gewählt, weshalb die nebenstehende Abbildung auch als **Klimaanalysekarte** des Tages verstanden werden kann. Die PET kann mit anderen Städten verglichen werden und lässt sich in eine Bewertungsskala hinsichtlich des thermischen Empfindens und der physiologischen Belastungsstufen einteilen. Dadurch können humanbioklimatische Belastungen aufgezeigt werden. Die humanbioklimatische Belastung ermöglicht Rückschlüsse auf die Aufenthaltsqualität eines Ortes außerhalb eines Gebäudes.



Quelle: Stadt Idstein 2021





## Glossar

### ALK-Daten

sind Automatisierte Liegenschaftskarten. ALK-Daten sind digitale Daten, welche als Nachfolger der analogen Liegenschaftskarten gelten. Diese liegen auf den jeweiligen Katasterämtern oder Kommunen zur Verfügung (LGB 2021).

### ATKIS-Daten

Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem. Hier werden digitale Daten auf topographischen Landesaufnahmen und topographischen Karten aufgebaut. Dadurch stehen Digitale Geländemodelle (DGM), Digitale Landschaftsmodelle (DLM) und Digitale Orthofotos (DOP) zur Verfügung (LGLN o.J.).

### Betroffenheit

betrachtet die Klimawirkung auf ein System oder Handlungsfeld (z. B. Wirtschaftssektor, Bevölkerungsgruppe, Ökosystem) unter Berücksichtigung der jeweiligen Sensitivität und des räumlichen Vorkommens (vgl. UBA 2017: S. 10). Die Betroffenheit der Bevölkerung im Stadtgebiet ist also das Ergebnis der dort vorliegenden temperaturbedingten Folgen des Klimawandels (Exposition) und der Sensitivität der Bevölkerung (UBA 2017).

### Bioklima

beschreibt „die Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf den menschlichen Organismus. Entsprechend ihrer Ausprägung und Wirkung werden sie als belastend, schonend oder als Reiz empfunden.“ (DWD 2016).

### Copernicus Land Monitoring Service - EU-DEM

„stellt Datenprodukte zum Monitoring der Landoberfläche und von Binnengewässern bereit. Es handelt sich um Daten, die den Zustand und Veränderungen der Landbedeckung, der Landnutzung, des Vegetationszustands, des Wasserkreislaufs und der Energieflüsse dokumentieren. Die Produkte stehen einem breiten Spektrum von Nutzern in Europa und auf der ganzen Welt im Bereich der terrestrischen Umwelthanwendungen zur Verfügung.“ (EEA 2021)

### CORINE

„Zum Programm CORINE (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Union gehört auch das Projekt CORINE Land Cover (CLC). Ziel dieses Projekts ist die Bereitstellung von einheitlichen und damit vergleichbaren Daten der Bodenbedeckung für Europa. Die Kartierung der Bodenbedeckung und Landnutzung wurde europaweit auf der Basis von Satellitendaten im Maßstab 1:100 000 und ab einer Mindestkartiereinheit (MKE) von 25 ha durchgeführt. Die Ersterfassung (CLC1990) erfolgte einheitlich nach 44 Landnutzungsklassen, von denen 37 Klassen in Deutschland relevant sind. Zu den Bezugsjahren 2000 und 2006 erfolgte eine Aktualisierung des Datenbestandes sowie die Kartierung der Veränderungen. Für das Bezugsjahr 2012 (CLC2012) stehen auch Datensätze mit einer MKE von 10 ha zur Verfügung.“ (Noppel 2017)





### DGM50-Datensatz

Datensatz des Digitalen Geländemodells mit einer Gitterweite von 50 Metern. Hierbei werden 50 Meter der Geländeform der Erdoberfläche in einer Gitterweite dargestellt (BKG o.J.).

### Eistag

beschreibt einen „Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes (unter 0 °C) liegt, d. h. es herrscht durchgehend Frost.“ (DWD 2016)

### Exposition

beschreibt in den Gesundheitswissenschaften das Ausmaß, in dem ein Mensch einer bestimmten Gesundheitsbelastung ausgesetzt ist. Die Exposition eines Menschen gegenüber Hitze im Kontext des Klimawandels ist abhängig vom Eintreffen eines Hitzeextremwetterereignisses, der Intensität und Dauer, der Intensität, mit der das Hitzeextrem eine bestimmte Region betrifft, von dem genauen Ort, an dem sich der Mensch während des Ereignisses überwiegend aufhält (z. B. im Freien oder in Räumen, im innerstädtischen Überwärmungsgebiet oder im Wald), ggf. vom thermischen Verhalten des Gebäudes, das er bewohnt bzw. in dem er sich aufhält und dem Verhalten, d. h. der Art, wie der Aufenthaltsraum beschattet und belüftet wird.

Unter Exposition werden in den Gesundheitswissenschaften damit prinzipiell Faktoren zusammengefasst, die dem klimatischen Einfluss und seinem räumlichen Vorkommen zuzuordnen sind, zum Teil aber auch der Sensitivität gegenüber dem Hitzeereignis und der Anpassungsfähigkeit von Individuen.

### FITNAH

ist ein Klimamodell, welches im mesoskaligen Bereich arbeitet. Es ist ein numerisches Modell und berechnet lokal- und regionalklimatische Phänomene hinsichtlich unterschiedlicher Fragestellungen (Stadtentwicklung Berlin o.J.).

### Flächennutzungsplan

Der Flächennutzungsplan ist ein vorbereitender Bauleitplan und ein wichtiges Planungsinstrument. Aus dem Flächennutzungsplan werden verbindliche Bauleitpläne, die Bebauungspläne, entwickelt (Stadt Wiesbaden o.J.).

### Frischluft

„Je nach lufthygienischer Eigenschaft können Luftströmungen in einem Einwirkungsbereich die Luftqualität positiv oder negativ beeinflussen. Ist die Luft unbelastet von Luftschadstoffen, spricht man von Frischluft.“ (Klamis 2013: S.55)

### Frischlufitentstehungsgebiet

„Frischlufitentstehungsgebiete sind emissionsarme Kaltluftentstehungsgebiete, die oftmals durch einen hohen Grünanteil mit einhergehender lufthygienischer Filterfunktion gekennzeichnet sind (beispielsweise Wälder, dichtere Parkanlagen und Streuobstbereiche).“ (Regierungspräsidium Gießen 2011)





### Frosttag

beschreibt einen „Tag, an dem das Minimum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes (0 °C) liegt (ohne Beachtung des Lufttemperatur-Maximums).“ (DWD 2016)

### Gefühlte Temperatur

„Um die thermische Umwelt gesundheitsrelevant bewerten zu können, wird beim Deutschen Wetterdienst die Gefühlte Temperatur verwendet (siehe auch Wärmebelastung). Diese basiert auf einem Wärmehaushaltsmodell des menschlichen Körpers und umfasst alle relevanten Mechanismen des Wärmeaustauschs. Dabei werden die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie die lang- und kurzwelligen Strahlungsflüsse berücksichtigt. Der Wärmeaustausch wird für einen Standard-Menschen modelliert (Klima-Michel-Modell). Dieser passt seine Kleidung soweit an, dass er nach Möglichkeit im thermischen Komfortbereich bleibt. Jeder Gefühlten Temperatur kann eine thermophysiologische Beanspruchung bzw. ein bestimmter Grad der Wärmebelastung zugeordnet werden.“ (Noppel 2017: S. 94)

### Geoinformationssystem

Ein Geoinformationssystem (GIS) „[...] umfasst verschiedene Methoden und Tools zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Visualisierung von räumlichen Daten. Unter den Begriff fallen nicht nur Daten und Software, sondern auch die dafür benötigte Hardware.“ (DVAG o.J.)

### Gesundheit

wird an Mortalität (Anzahl von Todesfällen in einem bestimmten Zeitraum), Morbidität (Anzahl von Krankheitsfällen in einem bestimmten Zeitraum) oder gesundheitsbezogener Lebensqualität (Wohlbefinden und Funktionalität) gemessen. Im Kontext von Hitzeextremen liegen aus methodischen Gründen belastbare Studien vor allem zu Mortalität vor. Mortalität ist zugleich der relevanteste Endpunkt menschlicher Gesundheit. Morbiditätsrisiken werden an einzelnen Erkrankungen bestimmt, bislang meist nicht in der Summe.

### Heißer Tag (Hitzetag)

beschreibt „einen Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur  $\geq 30$  °C beträgt. Ein Heißer Tag wurde früher auch als Tropentag bezeichnet. Die Anzahl der Heißen Tage ist immer  $\leq$  der Anzahl der Sommertage.“ (DWD 2016)

### Hitzewelle

beschreibt ein Aufeinanderfolgen mehrerer Tage mit hohem Temperaturmaximum. Es existiert keine einheitliche Definition. Der DWD versteht unter dem Begriff Hitzewelle mindestens drei aufeinander folgende Tage, an denen das Temperaturmaximum über dem 98-Perzentil-Schwellenwert der Referenzperiode von 1961-1990 sowie über 28 °C liegt (DWD 2016). Andere Quellen in Deutschland definieren eine Überschreitung der Temperaturschwelle von 30 °C an mindestens fünf aufeinander folgenden Tagen als Hitzewelle (GERICS 2012).





### Hitzeextrem

bezeichnet das Überschreiten einer Temperaturschwelle unabhängig von der Anzahl von Tagen, an denen dies erreicht wird. Für Hessen wurde im Projekt HEAT II anhand der Übersterblichkeit retrospektiv eine Tagesmitteltemperatur von 23 °C als Temperaturschwelle ermittelt. Andere Definitionen betrachten die Tageshöchsttemperatur (siehe Hitzewelle).

### Kaltluft (lokale) – auch Kaltluftabfluss

ist „Luft, die aufgrund des Energieumsatzes an der Erdoberfläche eine niedrigere Temperatur als die Luft in der Umgebung aufweist. Die nachts durch Ausstrahlung abkühlende Erdoberfläche kühlt ihrerseits die darüber liegende bodennahe Luftschicht ab. Es handelt sich dabei um einen relativen und nicht um einen absoluten Bezug.“ (Klamis 2013: S.56). Kaltluft behält beim Abfluss ihre Eigenschaft als Frischluft bei, solange sie sich nicht über Emissionsquellen bewegt. Siehe auch ⇒ [Kaltluft](#).

### Kaltluftentstehungsgebiet/-leitbahn

Kaltluftentstehungsgebiete sind vor allem landwirtschaftlich genutzte Freiflächen (Wiesen, Felder, Äcker mit geringem Gehölzbestand), auf denen sich auf Grund einer negativen Strahlungsbilanz, insbesondere bei guten nächtlichen Ausstrahlungen, die Oberfläche und somit auch die darüber liegenden Luftmassen verhältnismäßig rasch abkühlen (HLNUG 2017). Kaltluftleitbahnen transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen (MKULNV 2011). Siehe auch ⇒ [Kaltluft](#).

### Klima

„Das Klima ist definiert als die Zusammenfassung der Wettererscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem mehr oder weniger großen Gebiet charakterisieren. Es wird repräsentiert durch die statistischen Gesamteigenschaften (Mittelwerte, Extremwerte, Häufigkeiten, Andauerwerte u.a.) über einen genügend langen Zeitraum. Im Allgemeinen wird ein Zeitraum von 30 Jahren zugrunde gelegt, die sog. Normalperiode, es sind aber durchaus auch kürzere Zeitabschnitte gebräuchlich.“ (DWD 2016)

### Klimaanalysekarte (auch Klimafunktionskarte)

„Karte, die die räumlichen Klimaeigenschaften wie thermische, dynamische sowie lufthygienische Verhältnisse einer Bezugsfläche darstellt, die sich aufgrund der Flächennutzung und Topografie einstellen.“ (VDI 3787 Blatt 1)

### Klimaanpassung

umfasst Maßnahmen und Initiativen, die darauf abzielen, die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren (Bundesregierung 2011).

### Klima-Michel-Modell

Das Klima-Michel-Modell des Deutschen Wetterdienstes ist ein Energiebilanzmodell für den menschlichen Organismus. Es verknüpft das atmosphärische Milieu mit dem Energieumsatz einer „Standardperson“ - dem Klima-Michel - beim Gehen mit konstanter Geschwindigkeit von 4 km/h. Er ist männlich, 35 Jahre alt, 1,75 m groß, 75 kg schwer.





Seine Bekleidung passt er zwischen leichter Sommer- und dicker Winterbekleidung so an, dass er nach Möglichkeit Behaglichkeit empfindet. Die Standardisierung liefert eine Einschätzung der thermischen Bedingungen im Mittel und erlaubt eine Vergleichbarkeit verschiedener Wetterereignisse und Klimate in Raum und Zeit. Zur Beschreibung der Anpassungsleistung dient die Gefühlte Temperatur. (Klamis 2013, Noppel 2017)

### Klimamodelle

„Für die Analyse der Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf das Klima der Erde werden Klimamodelle [...] genutzt. [...] Mit ihnen können die beobachteten Änderungen des Klimas in der Erdgeschichte analysiert und nachvollzogen werden.“ (Noppel 2017) Klimamodelle unterscheiden sich unter anderem nach ihrer Maßstabsebene. „Mesoskalige Modelle können Bebauungsstrukturen nur stark parameterisiert darstellen [...]. Dagegen sind mikroskalige Modelle in der Lage, die einzelnen Baukörper detailliert darzustellen und Prozesse an einzelnen Gebäuden oder sogar Gebäudeteilen zu betrachten.“ (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg 2012).

### Klimaprojektionen

„Für die Analyse der Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf das Klima der Erde werden Klimamodelle [...] genutzt. [...] Möchte man Aussagen über die Zukunft, z. B. die nächsten 100 Jahre machen, so benötigen die Klimamodelle angenommene Vorgaben („Szenarien“). [...] Diese beruhen auf Annahmen über zukünftige gesellschaftliche und technologische Entwicklungen, die mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind. Man spricht deshalb nicht von Klimaprognosen, sondern von Klimaprojektionen.“ (Noppel 2017: S.96)

### Klimatologischer Kenntag

„ein Tag, an dem ein definierter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht beziehungsweise über- oder unterschritten wird (z. B. Sommertag als Tag mit Temperaturmaximum  $\geq 25\text{ °C}$ ) oder ein Tag, an dem ein definiertes meteorologisches Phänomen auftrat (z. B. Gewittertag als Tag, an dem irgendwann am Tag ein Gewitter (hörbarer Donner) auftrat).“ (DWD 2016)

### Klimatop

bezeichnet die „klimatische räumliche Einteilung von Gebieten mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen hinsichtlich des thermischen Tagesgangs, der durch Bodenrauigkeitsänderungen bedingten Windfeldstörungen, der topografischen Lage und/oder Exposition sowie der Art der realen Flächennutzung.“ (VDI 3787 Blatt 1: S.4)

### Klimawandel

bezeichnet jede Veränderung des Klimas und ist ein Synonym für Klimaveränderung. Dies beinhaltet jede Veränderung des Klimas unabhängig von der betrachteten Größenordnung in Raum und Zeit. „Neben Veränderungen der Mittelwerte können auch Änderungen anderer statistischer Kenngrößen (Streuung, Extreme, Form der Häufigkeitsverteilungen) einzelner Klimaparameter (Temperatur, Niederschlag, Wind, Feuchte, Bewölkung usw.) auftreten.“ (DWD 2016)





### Lokalklima

„Ist das Klima an einem konkreten Ort. Es ist eingebettet in das Regionalklima und wird zusätzlich durch Relief und Flächennutzung in der näheren Umgebung des Ortes bestimmt.“ (DWD 2016).

### Mesoklima

„Unter Mesoklima versteht man den Bereich, der zwischen dem Mikroklima und dem Makroklima liegt. Während das Makroklima hauptsächlich von großskaligen und das Mikroklima vor allem von kleinskaligen, lokalen Prozessen beeinflusst ist, ist es im Mesoklima eine Mischung von beiden. Beispielsweise können auch viele Phänomene des Stadtklimas (wie z. B. die Wärmeinsel) dem Mesoklima zugeordnet werden. Durch die Überlagerung von großskaligen und lokalen Einflüssen sind die Phänomene des Mesoklimas nicht immer einfach zu untersuchen oder vorherzusagen.“ (Noppel 2017: S. 96)  
Die Größenordnung des Einflussbereiches des Mesoklimas liegt bei ungefähr 100 km<sup>2</sup> bis 10.000 km<sup>2</sup> (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 2009).

### Mikroklima

„Das Mikroklima beschreibt mittlere atmosphärische Zustände und wiederkehrende Phänomene im mikro-meteorologischen Maßstabsbereich (mikroskalig). Mit Mikroklima ist damit das spezielle Klima eines Areals gemeint, das sich in den bodennahen Luftschichten ausbildet und stark von den vorhandenen Oberflächen (Untergrund, Bewuchs, Bebauung), z. B. deren Rauigkeit und thermischen Eigenschaften, beeinflusst ist. Verschiedenheiten in der Geländeform oder im Pflanzenbewuchs können dabei auf engem Raum große Unterschiede in der Temperatur oder der Windgeschwindigkeit verursachen. So kann es z. B. an einem Sommertag über einer Asphaltdecke mehrere Grad wärmer sein als über einer benachbarten, feuchten Wiese. Auch in klaren Nächten können sich, z. B. durch unterschiedliche Ausstrahlungsbedingungen, auf kleinem Raum signifikante Temperaturunterschiede ergeben. Bedeutsam ist das Mikroklima vor allem für die jeweilige Flora und Fauna eines Areals, aber auch der Mensch ist dem Mikroklima direkt ausgesetzt. Am ausgeprägtesten zeigt es sich bei sogenannter autochthoner Witterung, also bei schwach-windigen Hochdrucklagen. Spezielle Mikroklimata sind beispielsweise das Bestandsklima und das Standortklima.“ (Noppel 2017: S. 97)

### MUKLIMO\_3

Mikroskaliges Urbanes KLImaMOdell. MUKLIMO\_3 ist wie FITNAH ein Klimamodell und besitzt drei räumliche Dimensionen. Im Gegensatz zu FITNAH arbeitet MUKLIMO\_3 im mikroskaligen Bereich und berechnet lokalklimatische Phänomene (DWD 2016a).

### Perzentil

„Ist ein Lagemaß aus der Statistik. Durch die Perzentile wird ein der Größe nach geordneter Datensatz in 100 umfangsgleiche Teile zerlegt. Diese teilen somit den Datensatz in 1% Schritte auf. Das x. Perzentil ist sozusagen ein Schwellenwert innerhalb eines geordneten Datensatzes bei dem x % aller Werte kleiner oder gleich dieses Schwellenwertes sind. Der Rest ist größer. Für das 25. Perzentil bedeutet das zum Beispiel, dass 25 % der Werte unterhalb oder gleich dieses Perzentils liegen. Anhand von Perzentilen lässt sich somit ein einzelner Wert einer Datenreihe qualitativ einordnen. Das 50. Perzentil entspricht genau dem Median.“ (Noppel 2017: S.97)





### Physiologische Äquivalente Temperatur (PET)

ist ein thermischer Index zur Kennzeichnung von Wärmebelastung. Er ist definiert als diejenige „Raumlufttemperatur [in °C] bei der die Energiebilanz eines Menschen im Raum mit den gleichen mittleren Hauttemperaturen und Schweißraten wie im zu bewertenden Außenklima ausgeglichen ist.“ Der PET basiert auf dem Münchener Energiebilanzmodells für Individuen (MEMI) nach Höppe (1984). Als körperbezogenen Größen werden diejenigen einer normierten Person (**Klima-Michel**) verwendet. (Kuttler 1999)

### Planungshinweiskarte

ist eine „informelle Hinweiskarte, die eine integrierende Bewertung der in der Klimanalysekarte dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange enthält.“ (VDI 3787 Blatt 1: S.5).

### Rasterdaten

„sind berechnete Daten, die räumlich regelmäßig verteilt sind. Die Stützpunkte werden häufig in Form eines Quadratgitters angeordnet. Als Rasterdaten werden sowohl meteorologische Größen (z .B. Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung) als auch topographische Daten (z. B. Geländehöhe, Flächennutzung) dargestellt.“ (DWD 2016)

### Representative Concentration Pathways (RCP)

„deutsch: „Repräsentative Konzentrationspfade geben Szenarien für zukünftige Konzentrationen u.a. von Treibhausgasen bzw. deren Strahlungsantrieb wieder. Sie wurden für den 5. Sachstandsbericht des IPCC entwickelt und ersetzen damit die früheren SRES-Szenarien.“ (Noppel 2017: S. 98)

### Sensitivität (Empfindlichkeit)

Die Sensitivität (Anfälligkeit oder Empfindlichkeit) beschreibt, in welchem Maße ein System (z. B. Wirtschaftssektor, Bevölkerungsgruppe, Ökosystem) aufgrund seiner Eigenschaften auf einen klimatischen Einfluss reagiert. (UBA 2017)

### Sommertag

beschreibt einen „Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur  $\geq 25$  °C beträgt. Die Menge der Sommertage enthält auch die Untermenge der Heißen Tage.“ (DWD 2016)

### Stadtklima

ist das durch die Wechselwirkungen mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission und Luftverunreinigungen) modifizierte Mesoklima in Stadt- und Ballungsgebieten. Es ist vor allem geprägt durch die veränderten Windgeschwindigkeiten auf Grund der Bebauung sowie durch die Eigenschaften der eingesetzten Baustoffe (bspw. in Bezug auf die Wärmespeicherung, Reflexion der Sonnenstrahlung und Bodenversiegelung). (DWD 2016)

### Szenario

ist eine kohärente, konsistente und plausible Beschreibung möglicher zukünftiger Entwicklungen und Verhältnisse, die auf bestimmten Annahmen basieren. Sie können von Projektionen abgeleitet werden, enthalten aber oft zusätzliche Informationen aus weiteren Quellen und Modellgeschichten. (IPCC 2007).





### Thermischer Wirkungskomplex

Der thermische Wirkungskomplex gehört zu den drei atmosphärischen Wirkungskomplexen, die in der Biometeorologie unterschieden werden. Eine zentrale Frage dabei ist die Beeinflussung von allen Größen des Wetters und Klimas bezüglich des Austausches von Wärme zwischen lebenden Organismen, wie Pflanzen, Tiere und Menschen, und der Atmosphäre. Dazu zählen meteorologische Größen wie die Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlung. (DWD 2016)

### Tropennacht

beschreibt „eine Nacht (18 bis 06 UTC), in der das Minimum der Lufttemperatur  $\geq 20$  °C beträgt.“ (DWD 2016)

### Ventilationsbahnen

gewährleisten einen Luftmassentransport unabhängig von der thermischen oder luft-hygienischen Ausprägung. (MKULNV 2011)

### Verband Deutscher Ingenieure (VDI)

ist ein technisch-wissenschaftlicher Verein und hat sich seit 165 Jahren das Zusammenwirken von IngenieurInnen zur Aufgabe gemacht, mit dem Ziel einen verantwortungsvollen Umgang mit Technik zur Gestaltung der Zukunft durch neue Technologien und technische Lösungen zu fördern. Mehr Informationen finden Sie unter <https://www.vdi.de/>

### Wärmebelastung

„Wärmebelastung tritt ein, wenn die Thermoregulation des menschlichen Körpers trotz angepassten Verhaltens nicht mehr ausreicht, um Behaglichkeit herzustellen. Ein mögliches Maß für die Wärmebelastung ist die **Gefühlte Temperatur**. Die Wärmebelastung wird in vier Stufen unterteilt: schwache, mäßige, starke und extreme Wärmebelastung.“ (Noppel 2017: S. 100; vgl. zur Einteilung der Wärmebelastung auch VDI 3787, Blatt 2) In dieser Interaktiven Entscheidungshilfe wird die thermische Belastung mit Wärmebelastung synonym verwendet. Siehe auch  $\Rightarrow$  [Wärmebelastung](#).

### Wärmeinseleffekt

beschreibt das Phänomen der höheren Luft- und Oberflächentemperaturen in Siedlungsgebieten im Vergleich zum Umland, auch Hitzeinseleffekt genannt (MKULNV 2011). „Die Ausprägung des Wärmeinseleffekts hängt von der Größe der Stadt, der Bebauungsstruktur sowie der jeweiligen Wetterlage ab. Die höchsten Temperaturdifferenzen ergeben sich bei geringem Wind und hoher Ein- bzw. Ausstrahlung (d. h. geringer Bewölkung). In Städten, die in einer windschwachen Region liegen, wird der mittlere Wärmeinseleffekt also z. B. höher sein, als in Städten, in deren Umgebung in der Regel eine relativ hohe Windgeschwindigkeit herrscht.“ (Noppel 2017: S.70)







## Literatur

- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (o.J.). Digitales Geländemodell Gitterweite 50 m (DGM50). <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-geländemodell-gitterweite-50-m-dgm50.html>
- Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin.
- DKRZ – Deutsches Klimarechenzentrum (2016): Die Szenarien. <https://www.dkrz.de/de/kommunikation/klimasimulationen/de-cmip5-ipcc-ar5/die-szenarien>
- DVAG – Deutscher Verband für Angewandte Geographie e.V. (o.J.): Geoinformationssysteme (GIS). <https://geographie-dvag.de/geoinformationssysteme-gis/>
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2016): Wetter und Klimalexikon. [https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2016a): Stadtklimamodell MUKLIMO\_3 (Thermodynamik-version). [https://www.dwd.de/DE/leistungen/muklimo\\_thermodynamik/muklimo\\_thermo.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/muklimo_thermodynamik/muklimo_thermo.html)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2017): Stadtklima: (Fast) alles bekannt – Wir müssen nur noch handeln. Präsentation von J. Hessel und H. Noppel. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/veranstaltung\\_wiesbaden/5\\_20180816\\_KLIMPRAX\\_Buergerinfo\\_Hessel\\_Final\\_r.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/veranstaltung_wiesbaden/5_20180816_KLIMPRAX_Buergerinfo_Hessel_Final_r.pdf)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2019): Städtische Wärmeinseln: [https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2019/8/30.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2019/8/30.html)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2021): Stationsliste der 78 Messstationen. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/stationsuebersicht.html?nn=16102&lsblid=343278>
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2021a): Klimaprojektionen [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer\\_deutschland/fuer\\_dtld\\_homenode.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtld_homenode.html)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2021b): Liste der Klimaprojektionen. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimaprojektionen/referenz-ensemble\\_tabelle.html?nn=452224](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimaprojektionen/referenz-ensemble_tabelle.html?nn=452224)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2021c): Deutscher Klimaatlas. [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html)
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2021d): Stadtklimaprojekt Offenbach am Main. [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/stadtklimaprojekte/projekt\\_offenbach/stadtpl-offenbach\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/stadtklimaprojekte/projekt_offenbach/stadtpl-offenbach_node.html)



- European Environment Agency (2021): Urban Atlas 2012. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012>
- GERICS Climate Service Center Germany (2012): Hitzewelle (Hitzeperiode). [http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/lexikon\\_definitionen\\_mit\\_cover.pdf](http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/lexikon_definitionen_mit_cover.pdf)
- HLNUG - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2017): Anforderungen an die Berücksichtigung klimarelevanter Belange in kommunalen Planungsprozessen. Leitfaden für Kommunen; KLIMawandel in der PRAXis, Wiesbaden.
- HLNUG - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2018): Klimawandel in der Zukunft; Fachzentrum Klimawandel und Anpassung, Wiesbaden. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Ausgabe\\_02Klimawandel-in-der-Zukunft\\_internet.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Ausgabe_02Klimawandel-in-der-Zukunft_internet.pdf)
- HLNUG - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): KLIMPRAX Stadtklima. Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen - Hitze und Gesundheit -. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/KLIMPRAXStadtklima2019/L-Handlungsleitfaden2019\\_Einzelseiten.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/KLIMPRAXStadtklima2019/L-Handlungsleitfaden2019_Einzelseiten.pdf)
- HLNUG - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2021): Klima-  
projektion für Hessen. <https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/klima-und-klimawandel/klimaprojektion-hessen>
- Höppe, P. (1984): Die Energiebilanz des Menschen. Band 49 von Meteorologisches Institut München, Wissenschaftliche Mitteilungen.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Climate Change 2007 - The Physical science Basic. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge.
- Karlsson, M., Ziebarth, N. (2018): Population Health Effects and Health-Related Costs of Extreme Temperatures: Comprehensive Evidence from Germany. <https://www.tagesschau.de/faktenfinder/studie-hitzetote-109.pdf>
- Klamis - Klimaanpassung in Mittel- und Südhessen (2013): Modellgestützte Klimaanalysen und -bewertungen für die Regionalplanung.



Kuttler, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. [https://www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/75\\_human-biometeorologische\\_bewertung\\_stadtklimatologischer\\_erkennnisse.pdf](https://www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/75_human-biometeorologische_bewertung_stadtklimatologischer_erkennnisse.pdf)

LGB - Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (2021): ALKIS - Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem. <https://geobasis-bb.de/lgb/de/geodaten/liegenschaftskataster/alkis/#>

LGLN - Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (o.J.): Topo-graphische Geodaten aus ATKIS. [https://www.lgl.niedersachsen.de/startseite/geodaten\\_karten/topographische\\_geodaten\\_aus\\_atkis/topographische\\_geodaten-144142.html](https://www.lgl.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/topographische_geodaten_aus_atkis/topographische_geodaten-144142.html)

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (2009): Glossardatenbank. Mesoklima. <https://paradigmmaps.geo.uni-halle.de/klimawandel/content/impresum>

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (Hrsg.) (2012): Städtebauliche Klimafibel, Hinweise für die Bauleitplanung. Stuttgart.

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.

MWKEL - Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz (2013): Klimawandelbericht - Grundlagen und Empfehlungen für Naturschutz und Biodiversität, Boden, Wasser, Landwirtschaft, Weinbau und Wald. Mainz.

MWKEL - Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz (2013): Klimawandelbericht - Grundlagen und Empfehlungen für Naturschutz und Biodiversität, Boden, Wasser, Landwirtschaft, Weinbau und Wald. Mainz.

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

Scherer, D. (2007): Viele kleine Parks verbessern Stadtklima. Mit Stadtplanung Klima optimieren. In: TASPO Report. Die Grüne Stadt.



Stadt Bad Liebenwerda (2010): Bad Liebenwerda, Studie zur lokalen Betroffenheit durch potentielle Folgen des Klimawandels. [http://www.klimastadtraum.de/SharedDocs/Downloads/Veroeffentlichungen/Modellprojekte/ExWoSt/Bad%20Liebenwerda%20Studie%20lokale%20Betroffenheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.klimastadtraum.de/SharedDocs/Downloads/Veroeffentlichungen/Modellprojekte/ExWoSt/Bad%20Liebenwerda%20Studie%20lokale%20Betroffenheit.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

Stadt Idstein (2021): Klimaanalyse Stadt Idstein. [https://www.ratsinfo-idstein.de/buergerinfo/vo0050.php?\\_\\_kvonr=5629](https://www.ratsinfo-idstein.de/buergerinfo/vo0050.php?__kvonr=5629)

Stadt Offenbach (2021): Stadtklimaanalyse mit Erstellung eines Kartenwerks zur Integration stadtklimatischer Aspekte in der Planung für die Stadt Offenbach am Main. Dokumentation und Erläuterung der durchgeführten Analysen. Darmstadt: Infrastruktur & Umwelt.

Stadt Wiesbaden (o.J.): Flächennutzungsplan. <https://www.wiesbaden.de/leben-in-wiesbaden/planen/stadtentwicklung/flaechennutzungsplan/flaechennutzungsplan.php>

Stadtentwicklung Berlin (o.J.): Das mesoskalige Simulationsmodell FITNAH. [https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/FITNAH\\_Modellanwendung.pdf](https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/FITNAH_Modellanwendung.pdf)

UBA - Umweltbundesamt (2017): Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen. Empfehlungen der interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba\\_2017\\_leitfaden\\_klimawirkungs\\_und\\_vulnerabilitatsanalysen.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba_2017_leitfaden_klimawirkungs_und_vulnerabilitatsanalysen.pdf)

Universitätsstadt Gießen (2014): Klimafunktionskarte und Planungshinweiskarte Klima/Luft für die Universitätsstadt Gießen. Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen im Stadtgebiet von Gießen und deren planungsrelevante Inwertsetzung im Rahmen einer vorsorgeorientierten Umweltplanung. [https://www.giessen.de/media/custom/684\\_12677\\_1.PDF?1414157722?direct](https://www.giessen.de/media/custom/684_12677_1.PDF?1414157722?direct)

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2015): VDI 3787 Blatt 1, Umweltmeteorologie: Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss KRdL; September 2015

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2021): VDI 3787 Blatt 2, Umweltmeteorologie: Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss KRdL; Juli 2021

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2019): VDI 3787 Blatt 3, Umweltmeteorologie: Methoden zur Beschreibung der Luftqualität für die Stadt- und Regionalplanung, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss KRdL; Januar 2019



ZRK – Zweckverband Raum Kassel (2019a): Klimafunktionskarte 2019. [https://www.zrk-kassel.de/media/files/download/pdf/klimaanalyse-2019/anlage2\\_zrk\\_kfk\\_2019.pdf](https://www.zrk-kassel.de/media/files/download/pdf/klimaanalyse-2019/anlage2_zrk_kfk_2019.pdf)

ZRK – Zweckverband Raum Kassel (2019b): Planungshinweiskarte 2019. [https://www.zrk-kassel.de/media/files/download/pdf/klimaanalyse-2019/anlage2\\_zrk\\_phk\\_2019.pdf](https://www.zrk-kassel.de/media/files/download/pdf/klimaanalyse-2019/anlage2_zrk_phk_2019.pdf)



## Impressum

### Interaktive Entscheidungshilfe - Checklisten und Einführung in Methoden der Stadtklimaanalyse



Projektleitung: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Fachzentrum Klimawandel und Anpassung

Bearbeitung: INFRASTRUKTUR & UMWELT  
Professor Böhm und Partner

Redaktion: Harald Hoeckner (HLNUG)

Herausgeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Fachzentrum Klimawandel und Anpassung  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden  
Telefon: 0611 6939-111  
Telefax: 0611 6939-113  
E-Mail: [fachzentrum.klimawandel@hlnug.hessen.de](mailto:fachzentrum.klimawandel@hlnug.hessen.de)

Satz & Layout:  INFRASTRUKTUR & UMWELT  
Professor Böhm und Partner

[www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)  
[klimawandel.hlnug.de](http://klimawandel.hlnug.de)

Das HLNUG auf Twitter:  
[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)

Stand: Februar 2022

Bildnachweis Titelbild:  
iStock | #1089327660  
© sataporn\_chayawan