

Regionale Klimaanalyse Heilbronn-Franken – Präsentation der Ergebnisse und Beschluss über die weitere VorgehensweiseAbschluss des Projektes, Veröffentlichung der Ergebnisse

Aufbauend auf die Ergebnisse der Simulation und Bewertung wurde vom Büro iMA Richter & Röckle in Abstimmung mit der Verbandsverwaltung als abschließender Arbeitsschritt und bedeutsamstes Produkt der Regionalen Klimaanalyse die Planungshinweiskarte erstellt (**Anlage 3**).

Die Planungshinweiskarte stellt zum einen, dem anthropozentrischen Ansatz folgend, die thermische Betroffenheit der Siedlungsflächen als Maß der Empfindlichkeit in Rottönen dar. Diese basiert neben den berechneten Werten der thermischen Belastung auf Angaben zur Einwohnerdichte und klimasensiblen Nutzungen wie z.B. Seniorenheimen (Vgl. Vorlage VV 10/10e). Es ist also sowohl die Empfindlichkeit der Bevölkerung gegenüber Hitze, als auch die Empfindlichkeit der thermisch belasteten Räume (Wirkräume) gegenüber einer weiteren Siedlungsverdichtung gemeint.

Zum anderen wird die Bewertung der klimatischen Ausgleichsfunktion nach aufsteigender Relevanz von grün nach blau dargestellt, also die Bedeutung der Freiflächen für die Durchlüftung thermisch belasteter Siedlungsflächen insbesondere mit nächtlicher Kaltluft.

Bei der Bewertung der klimatischen Ausgleichsfunktion werden nur regionalplanerisch relevante Siedlungsgebiete betrachtet, die eine gewisse Mindestgröße sowie eine überdurchschnittliche thermische Betroffenheit auf mindestens einem Hektar Siedlungsfläche aufweisen. Rein gewerblich genutzte Flächen fallen in der Regel ebenfalls aus der Betrachtung heraus, weil dort keine nennenswerte Anzahl an Einwohnern von nächtlicher Überhitzung betroffen ist. Mit Hilfe einer sogenannten Trajektorienberechnung (Verfolgung des Weges der Luftströmungen) wurden die für die Belüftung belasteter Siedlungsbereiche besonders wertvollen Kaltluftströmungen zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (22 Uhr und 4 Uhr) sowie in zwei verschiedenen Höhen-Niveaus (bodennah und über Dach) ermittelt. In der Zusammenschau lässt sich sehr gut differenzieren, welche Freiflächen für die Entstehung und den Abfluss von Kaltluft bzw. deren Zufluss zu Siedlungen von Relevanz sind. Nähere Angaben zur Methodik finden sich im Abschlussbericht (**Anlage 1**)

Sowohl für die gesamte Region in der Übersicht als auch für jede Kommune und sogar einzelne Ortslagen bzw. Quartiere lässt sich in der Planungshinweiskarte erkennen, wie stark die thermische Betroffenheit an einem wolkenlosen und windschwachen Sommertag ist. Dies verdeutlicht vor dem Hintergrund der Zukunftsprognosen den individuellen Handlungsdruck für die Hitzevorsorge (**Anlage 2** sowie Vorlage VV 10/10e). Für viele Siedlungen in den Höhenlagen zeigt sich eine geringe Betroffenheit und dementsprechend geringe Bedeutung der Kaltluftströmungen. Gerade im klimatisch stark wärmebegünstigten Westen der Region mit Neckarbecken, Zabergäu und Kraichgau sowie in den Tallagen von Neckar, Kocher, Jagst

und Tauber zeigt sich dagegen eine starke Belastung auch kleinerer Ortslagen und dementsprechend eine hohe Bedeutung der kaltluftproduzierenden Freiflächen.

Durch die Planungshinweiskarte wird noch keine konkrete Handlungsempfehlung ausgedrückt. Nicht alle dunkelblau gefärbten Flächen müssen zwingend von Bebauung freigehalten werden. In vielen Fällen wird es ausreichen, eine geplante Bebauung im Hinblick auf die Durchströmbbarkeit zu optimieren (sog. klimaangepasste Bauweise). Ggf. kann es notwendig sein, vertiefende Untersuchungen vorzunehmen und in der Zusammenschau mit weiteren Belangen eine fachliche und letztendlich politische Entscheidung zu treffen, welche Flächen freigehalten werden müssen oder lediglich klimaangepasst bebaut werden dürfen. Diese Entscheidung unterliegt der kommunalen Planungshoheit. Auch Verbesserungen innerhalb belasteter Siedlungsflächen durch Schaffung Blau-Grüner-Infrastruktur, Entsiegelung oder Verschattung liegen im Ermessen und in der Verantwortung der Städte und Gemeinden.

Die Planungshinweiskarte sowie alle weiteren Ergebnisse der Klimaaanalyse dienen für eine erste Einschätzung und als Grundlage für vertiefende Untersuchungen. Die Karten und der Bericht sollen in geeigneter Form als Download bzw. in einem WebGIS auf der Homepage des Regionalverbands veröffentlicht werden.

Um die Ergebnisse in das eigene kommunale GIS einzubinden, für Planungsprojekte an beauftragte Büros oder als Basis für vertiefende kleinräumige Klimasimulationen an Gutachter weiterzugeben, benötigen die Städte und Gemeinden die Ergebnisse in Form von Geodaten. Die Geodaten werden als Datensätze mit Beschreibung vorzugsweise für gesamte Verwaltungsräume ausgelesen und den Städten und Gemeinden gegen einen überschaubaren Kostenbeitrag zur Verfügung gestellt. Ergänzend können die Kommunen bzw. Verwaltungsgemeinschaften eine individuelle Interpretationshilfe bei iMA beauftragen. Alle Kommunen werden nochmals über die konkreten gestaffelten Kosten und Modalitäten informiert und können die Daten bzw. Leistungen dann entsprechend anfordern. Die Bereitstellung wird durch das Büro iMA Richter & Röckle erst nach dem Beschluss in der Sitzung der Verbandsversammlung erfolgen.

Um die beantragten Fördermittel des Landes aus dem Programm Klimopass zu erhalten, ist es zudem zwingend notwendig, die Ergebnisse vor Ende des Bewilligungszeitraums am 30.04.2023 bei der Förderstelle L-Bank einzureichen. Bericht und Karten können von der L-Bank bzw. vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft veröffentlicht werden.

Weiteres Vorgehen Regionalplanung

Vorrangiges Ziel bei der Beauftragung der Regionalen Klimaaanalyse war, Planungshinweise für die Regionalplanung zu erhalten. Diese sollten als Teil des Landschaftsrahmenplans und eines schutzgutübergreifenden Freiraumentwicklungskonzepts über eine Teil- oder Gesamtfortschreibung in den Regionalplan integriert werden. Wie bereits in der Sitzung der Verbandsversammlung am 9. Dezember 2022 angesprochen, tendiert die Verbandsverwaltung aufgrund der tatsächlich zu beobachtenden klimatischen Entwicklung und der damit verbundenen Dringlichkeit der Hitzevorsorge dazu, die nun mit der Planungshinweiskarte vorliegenden Erkenntnisse so bald als möglich in eine Änderung bzw. Teilfortschreibung des Regionalplans einfließen zu lassen (Vgl. Vorlage 10/10e).

Gemäß dem Auftrag der Regionalplanung, Raumnutzungen überörtlich und fachübergreifend zu steuern, sollen durch regionalplanerische Zielfestlegungen vor allem diejenigen durchlüftungsrelevanten Kaltluftentstehungsflächen und Kaltluftabflussgebiete gesichert werden, deren Wirkung über die Gemeindegrenzen hinausgeht. Die Festlegung von Vorbehaltsgebieten könnte zudem auf weitere besonders bedeutsame Flächen hinweisen, die in der Abwägung mit anderen Belangen zu berücksichtigen sind, deren Sicherung jedoch in der Verantwortung der Kommunen liegt. Darüber hinaus sollte der Belang Hitzevorsorge als Baustein der Klimaanpassung in Form eines Grundsatzes der Raumordnung im Textteil des Regionalplans verankert werden.

Die Zustimmung der Verbandsversammlung vorausgesetzt, und soweit es die personelle Situation zulässt, wird die Verbandsverwaltung ein Konzept für eine Änderung bzw. Teilfortschreibung des Regionalplans vorlegen. Aufgrund der bisherigen sehr guten Zusammenarbeit wird sich die Verwaltung bei Bedarf weiterhin fachliche Expertise durch das Büro iMA Richter & Röckle einholen. Auch der intensive Austausch mit den Mitgliedern des AK Klima hat sich bewährt, so dass die zu erstellende Konzeption in einer weiteren Arbeitskreissitzung vorberaten werden sollte.

Auch wenn bis zu der Umsetzung von konkreten Maßnahmen der Hitzevorsorge in der Bauleitplanung oder im Regionalplan vermutlich noch etwas Zeit vergehen wird, hat die Beschäftigung mit dem Thema bereits bei vielen Verantwortungsträgern zur Sensibilisierung geführt und wird es hoffentlich mit der Veröffentlichung und Bekanntmachung der Ergebnisse noch an weiteren Stellen tun. Hier trägt wie bei anderen aktuellen Aufgabenstellungen der Regionalplanung nicht erst das Ergebnis, sondern bereits der Prozess zur Bewusstseinsbildung bei.

Beschlussvorschlag:

- 1) Die Verbandsversammlung nimmt die Ergebnisse der Klimaaanalyse, insbesondere die Planungshinweiskarte, als gutachterliche Empfehlung zur Kenntnis.
- 2) Die Verbandsversammlung beauftragt die Verbandsverwaltung, die Ergebnisse der Klimaaanalyse an die L-Bank zu übermitteln und in geeigneter Form zu veröffentlichen (Download auf der Website / WebGIS) sowie die Ergebnisse als Geodaten über das Büro iMA Richter & Röckle den interessierten Städten und Gemeinden der Region gegen einen vorher definierten Kostenbeitrag, der durch die Kommunen zu entrichten ist, zugänglich zu machen.
- 3) Die Verbandsversammlung beauftragt die Verbandsverwaltung damit, auf Grundlage der Ergebnisse der Regionalen Klimaaanalyse eine Änderung bzw. Teilfortschreibung des Regionalplans mit dem Fokus Hitzevorsorge durch Sicherung durchlüftungsrelevanter Freiräume vorzubereiten.

Anlagen:

- Anlage 1: Auszug Entwurf Abschlussbericht (gesamter Bericht im Rats-Info-System abrufbar)
- Anlage 2: Karten Anzahl der Sommertage 1971-2000 / 2031-2060 / 2071-2100
- Anlage 3: Planungshinweiskarte



Richter & Röckle

Immissionen
Meteorologie
Akustik

Auftraggeber: Regionalverband Heilbronn-Franken
Am Wollhaus 17
74072 Heilbronn

Klimaanalyse für den Regionalverband Heilbronn-Franken

ENTWURF (Auszug)

Projektnummer: 20-03-06-FR
Umfang: 101 Seiten
Datum: 03.02.2023
Bearbeiter: Dr. Christine Ketterer, M.Sc. in Climate Sciences
Dr. Rainer Röckle, Diplom-Meteorologe
Dr. Markus Hasel, Diplom-Meteorologe
Dr. Tobias Gronemeier, M.Sc. Meteorologie

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 202 1662
Fax: 0761/ 202 1671
E-Mail: ketterer@ima-umwelt.de



Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
1 Einführung und Aufgabenstellung	10
1.1 Aufgabenstellung	10
1.2 Vorgehen	11
1.3 Anwendungsbereich der Klimaanalyse	12
2 Bedeutung von Klima in der räumlichen Planung	14
2.1 Europäische Raumplanung	14
2.2 Raumplanung auf Bundesebene	14
2.3 Raumplanung auf Landesebene	15
2.4 Regionalplanung	16
2.5 Kommunale Planung	16
3 Allgemeine meteorologische Grundlagen	18
3.1 Mesoklima und Mikroklima	18
3.2 Thermische Komponente des Klimas	18
3.2.1 Lufttemperatur	18
3.2.2 Klimatologische Kenntage	19
3.2.3 Energiebilanz und anthropogener Wärmestrom	19
3.2.4 Urbane Wärmeinsel	21
3.3 Dynamische Komponente des Klimas: lokale Strömungssysteme	22
3.3.1 Kaltluftabfluss	22
3.3.2 Kaltluftproduktion	25
3.3.3 Volumenstromdichte	26
3.3.4 Flurwinde	26
3.4 Human-Biometeorologie	27
3.5 Wirkräume und Ausgleichsräume	29
3.6 Klimawandel	30
4 Datengrundlage und Methodik	34
4.1 Datengrundlage	34
4.1.1 Topographie	34
4.1.2 Nutzungsstruktur	36
4.1.3 Weitere meteorologische Daten	38
4.2 FITNAH	39
4.2.1 Das prognostische Modell FITNAH	39
4.2.2 Rechengebiet, räumliche und zeitliche Auflösung	39
4.2.3 Meteorologische Situation und Anfangszustand	39
4.2.4 Berechnete meteorologische Größen	40

4.2.5	Betrachtung des Klimawandels	40
4.2.6	Modellvalidierung	41
4.3	Ermittlung von Gunstfaktoren	41
4.3.1	Strömungssysteme	42
4.3.2	Luftleitbahnen	43
4.3.3	Kaltluftproduktionsgebiete	43
4.4	Ermittlung von Ungunstfaktoren	43
4.5	Bewertung der Ergebnisse und ermittelten Faktoren	44
4.5.1	Berechnung der Empfindlichkeit	46
4.5.2	Berechnung der Betroffenheit	46
4.5.3	Ermittlung der regionalplanerisch relevanten thermisch belasteten Siedlungsgebiete	48
4.5.4	Identifikation der belüftungsrelevanten Strömungssysteme	48
5	Ausblick Klimawandel	50
5.1	Klimawandel im Regionalverband Heilbronn-Franken	50
5.2	Lufttemperatur	52
5.3	Niederschlag	53
5.4	Klimatologische Kenntage	55
5.4.1	Heiße Tage und tropische Nächte	58
5.4.2	Frosttage	59
6	Ergebnisse der regionalen Klimaanalyse	60
6.1	Kaltluft	60
6.2	Thermische Verhältnisse	62
6.2.1	Lufttemperatur	62
6.2.2	Physiologisch Äquivalente Temperatur	63
6.2.3	Urbane Wärmeinsel	64
6.2.4	Häufigkeit von Sommertagen	66
	Auswirkungen des Klimawandels	66
6.3	Bewertungsgrößen	68
6.3.1	Empfindlichkeit	68
6.3.2	Thermische Belastung	70
6.3.3	Thermische Betroffenheit	70
6.4	Regionalplanerisch relevante thermisch belastete Siedlungsgebiete	70
6.5	Planungshinweiskarte	72
7	Vorschläge zur Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsflächen	74
8	Glossar	76
9	Literatur	84
	Anhang 1: Bestimmung der Einwohnerdichte	88
	Anhang 2: Messungen	89

Zusammenfassung

Die weltweite Zunahme von klimatischen Extremen zeigt immer mehr, dass massiver Handlungsbedarf zur Reduzierung der klimaaktiven Gase besteht. Das geht jeden einzelnen an, es zeigt aber auch dass dazu globale Aktivitäten zur Einsparung fossiler Brennstoffe nötig sind. Auf den Weltklimakonferenzen werden durch unterschiedlichste politische und wirtschaftliche Interessen im Wesentlichen nur Willensbekundungen festgelegt. Die Zeithorizonte bis durch globale Maßnahmen ein Abbremsen des Klimawandels stattfindet dauern optimistisch noch mehrere Dekaden.

Umso wichtiger werden Klimaanpassungsmaßnahmen, die insbesondere die Bevölkerung vor den Risiken wie Starkregen, Hochwasser, Unwetter, Trockenheit und Hitze schützen. Hier sind die Planer beim Land, in den Regionalverbänden und nicht zuletzt in den Städten gefragt. Sie sollen die Bedingungen in belasteten Siedlungsräumen möglichst durch Planungen nicht weiter verschlechtern und Flächen mit Klimaausgleichspotenzial erhalten.

Dazu müssen sie die Belastungsschwerpunkte und den Grad der Ausgleichsfunktion umliegender Flächen kennen. Dies soll die Klimaanalyse leisten. Den Schwerpunkt stellt die zunehmende thermische Belastung dar. Die Erkenntnisse dienen für die Fortschreibung des Landesentwicklungsplans, der Regionalpläne und der Flächennutzungspläne. Auch in die Bauleitpläne können Ergebnisse der Klimaanalyse einfließen.

Der Regionalverband Heilbronn-Franken will in den kommenden Landschaftsrahmenplan den Belangen des Klimas Rechnung tragen. Unser Büro wurde beauftragt eine flächendeckende Klimaanalyse für den Regionalverband durchzuführen. Das Projekt wurde zudem durch KLIMOPASS-Fördermittel des Landes unterstützt.

Die tiefer gelegenen Bereiche des Regionalverbands, insbesondere das Neckarbecken im Heilbronner Raum, aber auch die Flussniederungen von Kocher, Jagst und Tauber zählen zu den thermisch belastetsten Regionen in Deutschland. Nur im Oberrheingraben und punktuell am Hochrhein werden mehr Sommertage beobachtet.

Durch das Relief ergeben sich aber auch Gunstfaktoren. In topographisch gegliedertem Gelände bilden sich bei windschwachen und wolkenarmen Wetterlagen lokale Kaltluftabflüsse aus, die in der Lage sind, thermische und lufthygienische Belastungen in den Abend- und Nachtstunden deutlich zu reduzieren.

Aus anthropozentrischer Sicht sind die Gunstfaktoren primär die thermisch belasteten Siedlungsbereichen zu erhalten und zu fördern. Die Sicherung klimabedeutsamer Flächen erfordert sowohl die Kenntnis, wo die belasteten Siedlungsbereiche liegen und welche Ausgleichsräume für eine Entlastung sorgen.

Dazu wurde eine flächendeckende Klimaanalyse für den Regionalverband angefertigt. Auf der Basis des digitalen Höhenmodells und der aktuellen Landnutzung (inklusive der planfestgestellten Bauleitpläne) wurde mittels des mesoskaligen 3dimensionalen Klimamodells FITNAH ein hochsommerlicher Tag ohne übergeordneten Wind und ohne Bewölkung simuliert. Die räumliche Auflösung betrug 50 m x 50 m.

Die Modellergebnisse umfassen u.a. Felder der Strömungsverhältnisse, der Luft- und Bodentemperaturen, der Feuchteverteilung und der Einstrahlung. Daraus lassen sich zum einen die nachmittägliche Hitzebelastung in Form der gefühlten Temperatur berechnen. Zum anderen wird die Ausprägung der nächtlichen urbanen Wärmeinsel und der abend- und nächtlichen Strömungssysteme ausgewiesen. Ferner geht die Häufigkeit der Belastung in Form der Zahl der Sommertage in die thermische Belastung ein. Aus der thermischen Belastung wird unter Berücksichtigung der Einwohnerdichte und der sensiblen Nutzungen (z.B. Krankenhäuser) die Betroffenheit (Vulnerabilität) der Siedlungsräume (Wirkungsraum) berechnet.

Erhöhte thermische Belastungen findet man vor allem in den Siedlungen der Neckarniederungen (Landkreis Heilbronn), in den Unterläufen von Kocher und Jagst und im Taubertal. Aufgrund der Einwohnerdichte werden auch in den Mittelzentren Öhringen, Schwäbisch Hall, Künzelsau und Crailsheim Belastungsschwerpunkte ausgewiesen.

Die Kaltluftabflusssituation gestaltet sich eher differenziert. Es gibt zwar die großen Talsysteme Neckar, Kocher, Jagst und Tauber, diese sind überwiegend stark eingeschnitten und weisen in der Regel nur ein geringes Talgefälle auf, so dass dort meist keine besonders intensiven Bergwinde gefunden werden. Intensivere Kaltluftströme treten in eher kleineren Talsystemen, z.B. von den Keuperwaldbergen im Süden des Regionalverbands auf. Häufig wird die abendliche Belüftung durch Handabwinde bewerkstelligt, z.B. im Raum Heilbronn von den östlich gelegenen Weinbergen des Wartberg oder Schweinsberg.

In die Bewertung der Ausgleichsfunktion durch Kaltluftabflüsse geht die Betroffenheit des belüfteten Wirkungsraumes ein. Ein Kaltluftstrom, der eine thermisch belastete Siedlungsstruktur belüftet hat demnach einen höheren Stellenwert als ein Kaltluftstrom, der eine thermisch gering belastete Siedlung erreicht. Die geringste Bewertung erhalten Kaltluftströme, die unbesiedelte Bereiche belüften. Auch wenn es zu einzelnen Fragestellungen der Bearbeitung VDI-Richtlinien und Verordnungen gibt, existieren bis heute keine Grenzwerte und Maßstäbe zur Bewertung bzw. zur planerischen Festlegung regional bedeutsamer Kaltluftströmungen. Die Simulationsergebnisse sind immer in Bezug zum jeweils zugrunde liegenden Untersuchungsraum zu interpretieren¹.

Die Ergebnisse liegen sowohl als einzelne Themenkarten wie auch als zusammenfassende Planungshinweiskarte vor. In dieser Karte sind die Siedlungsbereiche nach ihrer thermischen Betroffenheit und die Grün- und Freiflächen nach ihrer Relevanz für die abend- und nächtliche Ausgleichsfunktion eingefärbt. Aus regionalplanerischer Sicht sind die letzteren Flächen interessant, sofern sie kommunale Grenzen überschreiten. Die Stadtplanung kann zudem aus der thermischen Betroffenheit Maßnahmen ableiten, wo innerstädtisch eine stärkere Durchgrünung zielführender ist, als eine Nachverdichtung.

Bei der gewählten Auflösung ist eine detaillierte Darstellung in gebräuchlichen Maßstäben nicht mehr möglich. Die Ergebnisse werden deshalb als GIS-Anwendung zur Verfügung gestellt, so dass sowohl die Planer im Regionalverband sowie die Planer in den Kommunen die Möglichkeit

¹ So ist beispielsweise ein Temperaturwert (z.B. 30 °C) in durchschnittlich wärmeren Gebieten anders zu interpretieren als in durchschnittlich kühleren Gebieten, in denen dieser Temperaturwert nie oder sehr selten erreicht wird.

haben, mit diesen Daten weiter zu Arbeiten. Die Grafiken im vorliegenden Bericht vermitteln einen Überblick über die gesamte Raumschaft, sind aber für Detailbetrachtungen nicht geeignet.

Um den Handlungsbedarf zu unterstreichen, wurden auch die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die thermische Situation ausgewertet. Dazu wurden EURO-CORDEX-Daten für die nähere Zukunft (2031-2060) und die ferne Zukunft (2071-2100) mittels der Quader-Methode auf den Regionalverband verfeinert. Die Klimaprojektionen wurden unter verschiedenen Treibhausgaskonzentrationen (RCP2.6 bis RCP8.5) aufbereitet.

Aufgabe der Raumplanung ist es jetzt, die Flächenkonkurrenzen auch unter dem Gesichtspunkt lokalklimatischer Belange zu beurteilen. Dabei sind Querbeziehungen mit anderen Handlungsfeldern, z.B. dem Erhalt regionaler Grünzüge, einzubeziehen.

Die vorliegende Klimaanalyse stellt für den Regionalverband ein wesentliches Werkzeug dar, um eine fundierte Abwägung zu treffen, welche klimarelevanten Flächen unter Schutz zu stellen sind. Da die Ergebnisse auch den Kommunen zur Verfügung gestellt werden sollen, können diese ihre Flächennutzungsplanung oder Detailplanungen unter dem Aspekt einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung optimieren.

1 Einführung und Aufgabenstellung

1.1 Aufgabenstellung

Der rechtskräftige Regionalplan Heilbronn-Franken hat als Zielhorizont das Jahr 2020. Der Landschaftsrahmenplan (LRP) des Regionalverbands Heilbronn-Franken stammt aus dem Jahr 1988 und kann heute nicht mehr als Arbeitsgrundlage herangezogen werden. Zur Vorbereitung der Fortschreibung des Regionalplans ist daher zunächst der Landschaftsrahmenplan fortzuschreiben. Flächenansprüche mit raumordnerischer Relevanz ergeben sich sowohl durch die wirtschaftliche Situation, die zu weiterem Flächenbedarf für Wohnen und Gewerbe, zum Ausbau von Verkehrsinfrastruktur und zu Änderungen der Agrarstruktur führt, als auch durch den Klimawandel, der Maßnahmen zum Klimaschutz sowie zur Klimaanpassung nach sich zieht. Im Hinblick auf diese aktuellen Erfordernisse soll der Landschaftsrahmenplan eine Beurteilungsgrundlage für die Sicherung wichtiger Landschaftsfunktionen und die konfliktminimierende Lenkung von flächenbezogenen Nutzungen durch die Regionalplanung schaffen.

Der Regionalverband Heilbronn-Franken möchte dem planerischen Vorsorgegedanken Rechnung tragen und die mögliche Bandbreite des Klimawandels im 21. Jahrhundert unter Berücksichtigung der Verwundbarkeit der Bevölkerung durch Hitze bei der Fortschreibung des Regionalplans einbeziehen.

Die Region Heilbronn-Franken ist mit 4.765 km² die flächenmäßig größte Region in Baden-Württemberg². Die Bevölkerung im Regionalverband belief sich im Jahr 2021 auf 919.083 Einwohner. Mit einer Einwohnerdichte von 192 Einwohner pro km² gilt der Regionalverband im Baden-Württembergischen Vergleich als eher dünn besiedelt¹. Jedoch sind insbesondere das Neckarbecken und auch das Taubertal thermisch vergleichsweise hoch belastet.

Durch den anthropogen bedingten Klimawandel wird im 21. Jahrhundert ein Anstieg der mittleren Lufttemperatur erwartet. Dadurch bedingt wird ebenfalls die Anzahl der jährlichen Sommertage und der heißen Tage ansteigen. Auch die Häufigkeit, Dauer und Intensität von Hitzewellen wird durch einen Anstieg der mittleren Lufttemperatur in Zukunft zunehmen (Christidis, Jones & Stott (2015); Schär et al. (2004)). Die Vulnerabilität der europäischen und auch der deutschen Bevölkerung wurde bereits bei der Hitzewelle 2003 offensichtlich, als die hitzebedingte Mortalität europaweit mit mehreren zehntausend Fällen beziffert wurde (Robine et al. (2008)). Während Hitzewellen sind üblicherweise Kleinkinder, alte und gesundheitlich vorbelastete Menschen oder Menschen mit niedrigerem Sozialstatus, die in Städten leben (Basu (2009)) besonders betroffen. Das reduzierte Leistungsvermögen wirkt sich zudem negativ auf die Volkswirtschaft aus (Zander et al. (2015)).

Das thermische Empfinden des Menschen ist nicht nur von der Lufttemperatur abhängig. So spielen neben dem Alter, der Gesundheit, der Bekleidung und der Tätigkeit die Größen Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und vor allem Strahlungsflüsse eine wichtige Rolle. So empfindet der Mensch Hitze, kombiniert mit hoher Luftfeuchtigkeit, als körperlich belastender als trockene Hitze. Liegt die Lufttemperatur oberhalb der Hauttemperatur wird Wärme besonders über die Verdunstung von Schweiß abgegeben. Diese Verdunstungsrate sinkt mit steigender Luftfeuchtigkeit

²<https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/01515020.tab?R=RV12>, zuletzt abgerufen am 30.09.2022

und nachlassender Windgeschwindigkeit. Die Thermoregulation des Körpers nimmt dadurch spürbar ab.

Während die höchste gefühlte Temperatur in den Nachmittagsstunden auftritt, wird die Wärmebelastung in den Nachtstunden hauptsächlich durch Überwärmung der Siedlungsbereiche gegenüber dem Umland (Stichwort „städtische Wärmeinsel“) bedingt. Für den Temperatenausgleich können in den Abend- und Nachtstunden Kaltluftströmungen und Flurwinde sorgen. Die nächtliche Abkühlung ist sowohl für die menschliche Regenerierung (ausreichend tiefer Schlaf) wie auch für die Natur wichtig. Da die Bevölkerung nachts meist an ihren jeweiligen Wohnort gebunden ist, kommt der Zufuhr von Kaltluft in die Siedlungsräume ein besonders hoher Stellenwert für die Gesundheit und die Lebensqualität der Stadtbevölkerung zu. Ziel des Regionalplans ist daher die Sicherung der Kaltluftproduktionsflächen und der Luftleitbahnen, die für die Durchlüftung insbesondere belasteter Siedlungsgebiete relevant sind.

Die Klimaanalyse für die Region Heilbronn-Franken stellt eine wesentliche Grundlage für die Ausarbeitung von Landschaftsplänen, Umweltberichten und Grünordnungsplänen dar. Ferner dient die Klimaanalyse als Orientierung für die Bauleitplanung und für städtebauliche Maßnahmen. Die Ergebnisse der regionalen Klimaanalyse soll Kommunen und Gemeinden als Hilfsmittel dienen, eigene klimatische Bewertungen im Zuge ihrer städtebaulichen Aufgaben durchzuführen.

Der Vorteil einer regionalen Klimaanalyse ist, dass sie gegenüber einer kleinräumigeren Analyse eine flächendeckend, methodisch einheitliche Datengrundlage liefert. Das Schutzgut Klima kann so in der Planung gleichwertig berücksichtigt werden. Bei einer regionalen Betrachtung werden nicht nur jene Flächen ermittelt, die bedeutsam für das Lokalklima sind, auch der größere regionale Zusammenhang wird berücksichtigt und führt zur Identifizierung von lokal und regional bedeutsamen Flächen für das Klima. Klimaanpassungen können daher sowohl auf lokaler als auch auf regionaler Skala erarbeitet werden.

1.2 Vorgehen

Der Klimawandel birgt zahlreiche Risiken – Unwetter, Starkniederschläge, Hochwasser, Trockenperioden und Hitzewellen können erhebliche Schäden anrichten. Gewitter, Sturm, Hagel und Starkniederschläge treten sehr lokal auf und können nicht vorhergesagt werden. Trockenheit kann dagegen flächig auftreten. Eine Vorbereitung auf diese Gefahren ist durch die Erarbeitung von Notfall- und Maßnahmenplänen, meist auf kommunaler Ebene, erforderlich. Für Maßnahmen bei Hochwasserereignissen stellt die LUBW Hochwassergefahrenkarten zur Verfügung.

Eine Lokalisierung der Wärmebelastung und der entlastenden Momente soll die Klimaanalyse liefern. Planerische Vorsorgemaßnahmen können auf dieser Basis sowohl vom Regionalverband (Vorrang-/Vorbehaltsgebiete) wie auch von den Kommunen (Flächennutzungsplanung) festgelegt werden.

Deshalb stehen bei der Analyse sommerliche austauscharme Wetterlagen mit geringem übergeordnetem Wind und geringer Bewölkung im Fokus. Unter diesen meteorologischen Bedingungen bilden sich die lokalklimatischen Besonderheiten am deutlichsten heraus. Eine solche Wetterlage wird daher auch als autochthone Wetterlage bezeichnet. Eine autochthone hochsommerliche Wetterlage bildet eine der Grundlagen für die Klimasimulationen.

Neben der Wetterlage (den meteorologischen Bedingungen) fließen weitere Daten in die Klimanalyse ein. Dies sind insbesondere geographischen Daten wie Geländehöhen und die Landnutzung. Auf Basis dieser Daten werden numerische Modellierungen durchgeführt, die die meteorologischen Größen wie Wind, Temperatur und Feuchte flächendeckend für die Region berechnen. Die Modellierung erfolgt mit dem 3dimensionalen mesoskaligen Klimamodell FITNAH. Die räumliche Auflösung beträgt 50 m.

Die Simulationen liefern die Strömungsverhältnisse und die thermischen Bedingungen innerhalb des Regionalverbands und darüber hinaus. Aus den Daten wiederum lassen sich weitere Indikatoren und schließlich die sogenannten Gunst- und Ungunstfaktoren für das Lokalklima bestimmen.

Zu den Gunstfaktoren zählen die abend- und nächtlichen Strömungssysteme (Kaltluftabflüsse). Für die Bewertung der Kaltluftabflüsse ist das Wirkungsgefüge Kaltluftentstehung, Kaltluftleitung (Luftleitbahn) und Belüftungsfunktion maßgebend.

Bei den Ungunstfaktoren werden besonders die thermischen Bedingungen betrachtet. Überwärmte Bereiche am Tag und in der Nacht können das Unwohlsein und den Stresslevel der Anwohner erhöhen. Daher werden die stark erwärmten Gebiete am Tag (über thermophysiologische Indizes) und in der Nacht (über die Ausbildung sogenannter städtischer Wärmeinseln) ermittelt und als Ungunstfaktoren in die Bewertung übernommen.

Neben den Faktoren, die auf den meteorologischen Bedingungen beruhen, fließt die Empfindlichkeit der Bevölkerung in die Bewertung mit ein. Die Empfindlichkeit der Bevölkerung ergibt sich aus der Einwohnerdichte und den klimasensiblen Nutzungen, wie z.B. Pflegeheime, Sanatorien, oder Krankenhäuser. In den Geodaten dargestellt werden auch klimasensible Nutzungen, welche vorwiegend tagsüber in Betrieb sind, wie z.B. Kindertagesstätten, Bildungseinrichtungen oder Tageskliniken. Aus der Zusammenschau von Empfindlichkeit und Belastung ergibt sich die sogenannte Vulnerabilität.

Zur Berücksichtigung des Klimawandels werden Daten aus regionalen Klimamodellen, dem sogenannten EURO-CORDEX Datensatz (Jacob et al. (2014)) verwendet. Aus diesem Datensatz werden Randbedingungen für verschiedene Klimaszenarien im Raum Heilbronn-Franken ermittelt. Dazu werden zwei zukünftige Zeiträume betrachtet: 2021 – 2050 und 2071 – 2100. Da der EURO-CORDEX Datensatz eine sehr grobe räumliche Auflösung von ca. 12,5 km aufweist, werden die ermittelten Randbedingungen mit Hilfe der FITNAH-Ergebnisse auf eine Auflösung von 50 m verfeinert. Aus den flächendeckend ermittelten Strömungen und Temperaturen kann so die Entwicklung des Regionalklimas abgeleitet werden und in die weitere Analyse einfließen.

1.3 Anwendungsbereich der Klimanalyse

Die Klimanalyse stellt eine wesentliche Datengrundlage für die Fortschreibung der Regionalplanung für die Region Heilbronn-Franken dar (Maßstab 1:50.000). Die Auflösung der thematischen Fachkarten wird laut VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 (2015) den Maßstäben der Regionalplanung (1:50.000 bis 1:100.000), der vorbereitenden Bauleitplanung (Flächennutzungsplanung Maßstab 1:5.000 bis 1:25.000) und der verbindlichen Bauleitplanung (Bebauungsplanung, Maßstab 1:500 bis 1:1.000) gerecht.

Im Rahmen der Raumordnung kommt der Regionalplanung in diesem Zusammenhang in ihrer Mittler-, Beratungs- und Koordinationsfunktion zwischen Landes- und Kommunalebene eine besondere Bedeutung zu. Mittels ihrer Instrumente kann sie bindende Vorgaben für die kommunale Bauleitplanung machen und dabei die Raumnutzung auch über Gemarkungsgrenzen hinweg steuern, wodurch sie einen maßgeblichen Beitrag zur Klimaanpassung leisten kann³.

Die erarbeiteten Ergebnisse können aber auch als Grundlage für Untersuchungen auf den nachgeordneten kommunalen Planungsebenen verwendet werden, wie z.B. in der Flächennutzungs- und Bauleitplanung oder detaillierten Fachplanungen. Diese bewegen sich in der Regel im Spannungsfeld zwischen großräumiger Raumordnungspolitik und den lokalen Bedürfnissen. Dies erfordert die Abwägung der Zielkonflikte. Da dem Klima zukünftig ein größerer Stellenwert zukommt, werden im Einzelfall zusätzliche lokalklimatische Untersuchungen notwendig. Inwieweit eine Planung als klimaverträglich anzusehen ist, d.h. Risiken minimiert oder vermieden werden, sollte durch Analysen mit einer höheren räumlichen Auflösung ermittelt werden, die die feinen Strukturen abbildet (z.B. Kaltluftstau an Straßen- und Bahndämmen oder die Ausrichtung von Gebäuden). Im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung/Projektplanung sind deshalb mikroklimatische Untersuchungen mit expliziter Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs empfehlenswert.

³ <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/24761>, zuletzt besucht 20.02.2023

2 Bedeutung von Klima in der räumlichen Planung

Das Klima ist ein Bestandteil des Ökosystems. Es wirkt unter anderem über Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf den **Landschaftshaushalt**, die Artenvielfalt der Flora und Fauna und das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit des Menschen. Damit haben klimatische Bedingungen eine große Bedeutung für Wohn- und Arbeitsverhältnisse, Erholung und Tourismus, für die Landwirtschaft sowie für die Lebensräume von Tieren und Pflanzen.

Belastungen der Umwelt entstehen u.a. durch die Inanspruchnahme von Freiflächen, insbesondere für die Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung. Unversiegelte und naturnahe Flächen gehen verloren und der Material- und Energieverbrauch steigt. Deshalb ist der Vorsorgegrundsatz in der raumbezogenen Planung von großer Bedeutung. Die Herausforderung besteht darin, die auf den jeweiligen Planungsebenen angemessenen und ggf. auf den nachfolgenden Planungsebenen zu konkretisierenden Vorgaben zu verankern (hier: Schutz klimarelevanter Flächen). Dabei sind Wechselwirkungen mit anderen flächenrelevanten Nutzungen und Funktionen zu berücksichtigen und in Bezug zu anderen Belangen in die Abwägung einzustellen.

2.1 Europäische Raumplanung

Die Europäische Union (EU) unterstützt die Mitgliedsstaaten in der Raumordnung durch Instrumente und Initiativen oder wirkt durch Richtlinien auf die Planungs- bzw. Prüfmechanismen ein. Beispiele hierfür sind die Territoriale Agenda der EU⁴, die Leipzig Charta⁵ zur nachhaltigen europäischen Stadt, die FFH-Richtlinie⁶ oder die Richtlinie über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme⁷ (Strategische Umweltprüfung – SUP).

2.2 Raumplanung auf Bundesebene

Die Raumordnung in Deutschland wird durch die föderalistische Staatsordnung mit den drei Ebenen Bund, Länder und Gemeinden bestimmt. Dabei ist die Kompetenz- und Aufgabenverteilung rechtlich, organisatorisch und inhaltlich in den voneinander abgegrenzten Planungsebenen aufgeteilt.

Die Raumordnung des Bundes beschränkt sich mit wenigen Ausnahmen (z.B. vorbeugender Hochwasserschutz⁸) auf die Entwicklung von Leitbildern und Grundsätzen der Raumordnung.

Die im Raumordnungsgesetz (ROG) verankerten Grundsätze der Raumordnung sollen im Sinne der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung durch Festlegungen in den Raumordnungsplänen (landesweiter Raumordnungsplan und Raumordnungspläne für die Teilräume der Länder) konkretisiert werden. Die wesentlichen Grundsätze zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel, die in der planerischen Abwägung zunächst gleichwertig neben den weiteren Belangen stehen, sind insbesondere (vgl. § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG i. d. F. v. 23.05.2017):

⁴ <https://territorialagenda.eu/de/>, zuletzt abgerufen am 06.10.2022.

⁵ Z.B. <https://www.bmuv.de/download/die-leipzig-charta>, zuletzt abgerufen am 06.10.2022.

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM:l28076>, zuletzt abgerufen am 06.10.2022.

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM:l28036>, zuletzt abgerufen am 06.10.2022.

⁸ Am 1. September 2021 ist die Verordnung über die Raumordnung im Bund für einen länderübergreifenden Hochwasserschutz in Kraft getreten.

- Sicherung klimatisch bedeutsamer Freiräume bzw. Wiederherstellung ihrer klimatischen Funktionen;
- Sicherung von Flächen zum vorbeugenden Hochwasserschutz, zur Verbesserung der Siedlungsstruktur durch großräumig übergreifende Freiräume und Freiraumschutz.

Laut § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG i. d. F. v. 23.05.2017 sind sowohl Maßnahmen zu treffen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch Maßnahmen, die zur Klimaanpassung dienen. Die Maßnahmen sollen dabei die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe schaffen. Die Umsetzung des Grundsatzes erfolgt durch Instrumente der Raumordnung zur Gestaltung von CO₂-armen und energieeffizienten Raumstrukturen.

In den Raumordnungsplänen sind die Grundsätze der Raumordnung des Bundes über Festlegungen als Ziele und Grundsätze der Raumordnung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums, insbesondere zu den Nutzungen und Funktionen des Raums, zu treffen. Die räumliche Konkretisierung durch Gebietsfestlegung erfolgt als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete.

Vorranggebiete (Ziel der Raumordnung) sind Gebiete, die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind. Andere raumbedeutsame Funktionen und Nutzungen in diesem Gebiet sind ausgeschlossen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind.

Vorbehaltsgebiete (Grundsatz der Raumordnung) sind Gebiete, in denen bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Funktionen und Nutzungen besonderes Gewicht beizumessen ist.

Bei der Aufstellung der Raumordnungspläne ist eine Umweltprüfung durchzuführen (vgl. § 8 ROG). In dieser sollen die erheblichen Auswirkungen einer Planung auf die Umwelt (u.a. Festlegungen zur Anpassung an den Klimawandel/Hochwasserschutz) frühzeitig ermittelt, beschrieben und bewertet werden.

2.3 Raumplanung auf Landesebene

Das Landesplanungsgesetz des Landes Baden-Württemberg (LplG i. d. F. v. 10.07.2003) enthält Regelungen, die das Raumordnungsgesetz ergänzen. Zudem wurde 2002 der Landesentwicklungsplan (LEP) für Baden-Württemberg beschlossen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2002)).

Der LEP fasst die Ziele der Landesregierung Baden-Württembergs für die Entwicklung des Landes zusammen. Als beschlossene Verordnung ist der LEP verbindlich für die Regionalplanung, die kommunale Bauleitplanung und fachliche Einzelplanungen. Im LEP wird unterschieden zwischen Zielen und Grundsätzen, welche jeweils bindend für die kommunale Bauleitplanung und die Fachplanung sind. Ziele sind dabei festgesetzte Vorgaben, die zwingend in den jeweiligen Planungen einzuhalten sind. Grundsätze sind allgemein formulierte Aussagen. Sie sind in der Abwägung und Ermessensausübung in der Planung zu berücksichtigen.

Die wichtigsten Ziele des LEP sind der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen, die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Landes als Wirtschafts- und Wohnstandort, der Erhalt der Primärfunktionen von Land- und Forstwirtschaft sowie die Offenhaltung angemessener Gestaltungsmöglichkeiten für kommende Generationen.

Unter anderem weist der LEP verschiedene Raumkategorien aus wie Verdichtungsräume und Randzonen um Verdichtungsräume, Verdichtungsgebiete im Ländlichen Raum und Ländlicher Raum. Auch werden Ober- und Mittelzentren, Entwicklungsachsen und Räume mit besonderen Entwicklungsaufgaben definiert. Auch mit Blick auf das lokale Klima lenkt der LEP die Nutzung und den Schutz von Freiräumen. Unter Punkt 1.9 wird der Grundsatz formuliert, dass das Naturgut Klima zu bewahren und die Landschaft in ihrer Vielfalt und Eigenart zu schützen und weiterzuentwickeln ist (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2002)). Ferner sind bedeutsame Freiräume zu sichern und zu einen Freiraumverbund zu entwickeln.

2.4 Regionalplanung

Die im Landesentwicklungsplan (LEP) festgelegte Planung für das Land Baden-Württemberg wird gemäß Landesplanungsgesetz von den Trägern der Regionalplanung weiter konkretisiert. Im Fall der Region Heilbronn-Franken obliegt diese Aufgabe dem Regionalverband Heilbronn-Franken.

Im Regionalplan wird die räumliche Entwicklung und Ordnung in Form von Zielen und Grundsätzen einer Region analog zum LEP festgelegt. Insbesondere werden Festlegungen zur Entwicklung der Siedlungsstruktur, Freiraumstruktur und Infrastruktur getroffen.

Für die Freiraumstruktur beinhaltet der Regionalplan beispielsweise die Ausweisung verschiedener Gebiete wie Vorranggebiete für Naturschutz oder Landschaftspflege. Auch werden regionale Grünzüge ausgewiesen. Diese Flächen sollen von einer Bebauung freigehalten werden und zur Sicherung von Freiflächen dienen.

2.5 Kommunale Planung

Die kommunale Planungshoheit umfasst das Recht der Gebietskörperschaften, die jeweilige städtebauliche Entwicklung im Rahmen der Bauleitplanung eigenverantwortlich zu gestalten. Die Bauleitplanung ist zweistufig aufgebaut: Für das gesamte Gemeindegebiet stellt der Flächennutzungsplan (vorbereitender Bauleitplan) die sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung in den Grundzügen dar. Der Bebauungsplan (verbindlicher Bauleitplan) konkretisiert diese für einzelne Teile des Gemeindegebietes. Die Bauleitpläne sind den Zielen der Raumordnung anzupassen.

Das Baugesetzbuch (BauGB, i. d. F. v. 03.11.2017) sieht zur Berücksichtigung von Klimaschutz und Klimaanpassung vor, dass

- bei der Aufstellung von Bauleitplänen insbesondere der Naturhaushalt, Wasser, Luft, Boden, Klima, der Mensch und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt zu berücksichtigen sind (§ 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB);
- den Erfordernissen des Klimaschutzes sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen,

Rechnung getragen werden soll. Der Grundsatz nach Satz 1 ist in der Abwägung nach § 1 Absatz 7 zu berücksichtigen (§ 1a Abs. 5 BauGB);

- im Flächennutzungsplan Flächen einer Gemeinde dargestellt werden können, die dem Klimaschutz oder der Klimaanpassung dienen (§ 5 Abs. 2 Nr. 2 BauGB).

Auch in den Bebauungsplänen sind verschiedene Festsetzungen möglich, die dem Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel dienen (z.B. die Auszeichnung von Flächen für den Naturschutz, § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB). Hierbei zeichnen sich zahlreiche Synergien mit dem Hochwasserschutz, dem Schutz von landwirtschaftlich genutzten Flächen, dem Schutz der Biodiversität sowie dem menschlichen Wohlergehen ab.

Während die Luftqualität in europäischen Richtlinien (z.B. EU-Richtlinie 2008/50/EG (2008)) und im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG, i. d. F. v. 20.07.2022) gesetzlich geregelt und durch die Festlegung von Grenzwerten für Emissionen und Immissionen konkretisiert ist, gibt es bislang keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte zur Beurteilung der thermischen sowie human-biometeorologischen Bedingungen. Einzig die Richtlinie für Kur- und Erholungsorte (VDI-Richtlinie 3787, Blatt 10 (2010)) behandelt die Anforderungen an Lärm, Luftgüte und die human-biometeorologischen Bedingungen für die Prädikatisierung von Luftkurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen.

Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung wurden gemäß der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (2022) herangezogen. Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 (2003) stellt einen Leitfadens zur Untersuchung der Entstehung und Wirkung der Kaltluft dar. Sie bildet damit eine wichtige Grundlage für die regionale Klimaanalyse. Zur Bewertung der thermischen Situation und zur Erarbeitung von Planungshinweisen wurde die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 (2015) zugrunde gelegt.

5 Ausblick Klimawandel

Das Klima unterliegt ständigen Schwankungen und Veränderungen, da die Witterungsabläufe während einzelner Jahre sehr unterschiedlich sein können. Zusätzlich zu den natürlichen Klimaschwankungen tragen anthropogene Einflüsse zu Klimaveränderungen bei. So ist seit etwa der Mitte des 20. Jahrhunderts eine Zunahme der globalen Lufttemperatur zu beobachten, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Folge der anthropogen bedingten Freisetzung von Treibhausgasen ist. Auch in Baden-Württemberg wird eine Zunahme der Lufttemperatur beobachtet (siehe Abbildung 5-1).

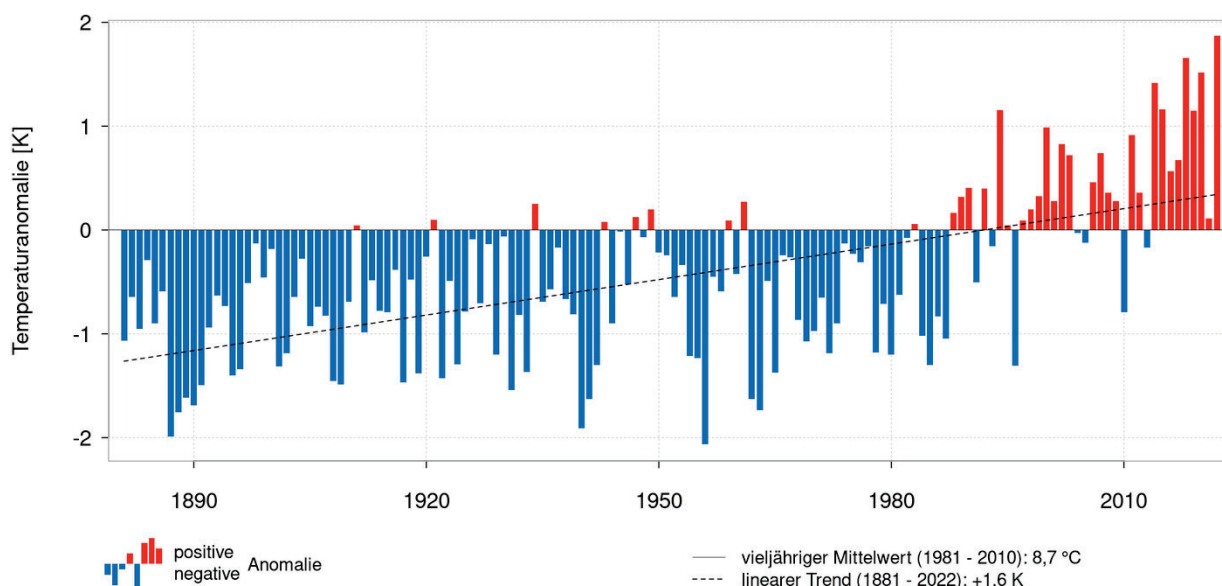


Abbildung 5-1: Beobachteter Klimawandel in Baden-Württemberg. Differenz der mittleren Lufttemperatur zum langjährigen Mittel in der Klimanormalperiode 1981 – 2010 von 1880 bis heute (Daten: DWD).

Eine wichtige Grundlage zur Projektion des Klimas spielt die Konzentration von Treibhausgasen und Aerosolen in der Atmosphäre und deren mögliche Entwicklung. Für die Betrachtung der zukünftigen Entwicklung des Klimas wurden die Klimaprojektionen auf Basis der EURO-CORDEX-Daten ausgewertet (siehe Kapitel 4.2.5). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse für Baden-Württemberg den Raum Heilbronn dargestellt. Dabei werden zunächst die Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag und anschließend klimatologische Kenntage betrachtet.

5.1 Klimawandel im Regionalverband Heilbronn-Franken

Auf die Auswirkungen und Maßnahmen für unterschiedliche Akteure kann in einer Klimaanpassungsstrategie näher eingegangen werden. Hier sollen als Übersicht die klimatologischen Aspekte beleuchtet werden. Eine Übersicht über die betroffenen Bereiche findet sich auf der Webseite des Umweltbundesamts¹⁸.

¹⁸<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/klimalotse/uebersicht-betroffenheiten>

In Tabelle 5-1 sind die potenziellen Änderungen der meteorologischen Größen dargestellt. Welche Auswirkungen sich auf die betroffenen Bereiche ergeben, ist in den anschließenden Kapiteln aufgeführt.

Tabelle 5-1: Veränderung meteorologischer Größen im Laufe des 21. Jahrhunderts.

Meteorologische Größe	Erwartete Änderung im 21. Jahrhundert
Lufttemperatur	EURO-CORDEX_Daten: +2,0 K (Mitte des Jhd.) +4,0 K (Ende des Jhd.)
Niederschlag	EURO-CORDEX-Daten: +6 % (Mitte des Jhd.) +4 % (Ende des Jhd.) Innerhalb dieser Trends muss die jahreszeitliche Variabilität berücksichtigt werden. Hierbei ist generell von winterlicher Zunahme des Niederschlags und sommerlicher Abnahme auszugehen. Gleichzeitig wird eine Zunahme an Starkregenereignissen erwartet. Saisonale Variabilität: +9 % Winter (Mitte des Jhd.) +19 % Winter (Ende des Jhd.) +11 % Frühling (Mitte des Jhd.) +15 % Frühling (Ende des Jhd.) -3 % Sommer (Mitte des Jhd.) -9 % Sommer (Ende des Jhd.) keine Tendenz im Herbst
Starkwind	Zunahme ¹⁹
Starkregen-Ereignisse	EURO-CORDEX-Daten: steigende Tendenz für Sommer (5 % – 15 %) und Winter (15 % – 25 %)
Hagel	Münchner Rückversicherung: etwa +0,1 Hageltage (Mitte des Jhd.)
Trockenheit	Sommerlicher Rückgang von Niederschlägen

¹⁹ Für Starkwind liegen keine belastbaren Prognosen vor. Quelle: Umweltbundesamt. Projekt-Nr. 24309; 2015, „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem-klimawandel>

5.2 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist die Temperatur der bodennahen Atmosphäre. Deren Messung soll nicht von Sonnenstrahlung oder anderen Wärmeströmen beeinflusst werden. Sie ist ein wesentlicher Parameter bei der Bestimmung der Wärmebelastung.

Weltweit wird durch den Klimawandel ein Anstieg der Lufttemperaturen erwartet. Lokal können sich jedoch Verhältnisse einstellen, die von weltweit prognostizierten mittleren Werten abweichen. An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass weniger die Mittelwerte als vielmehr die Extreme für den Menschen und die Umwelt ein Problem darstellen. In unseren Breiten verschiebt sich die Verteilung der Temperaturen nicht nur zu höheren Werten hin, sie wird auch flacher. Eine flachere Verteilung bedeutet, dass sowohl die Extremtemperaturen im Sommer ansteigen, wie auch winterliche Kältephasen ausgeprägter auftreten können²⁰.

In Abbildung 5-2 ist die berechnete Zunahme der Lufttemperatur für die Klimanormalperioden 2031 – 2060 und 2071 – 2100 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 – 2000 dargestellt.

In dem betrachteten Szenario tritt eine deutliche Temperaturerhöhung auf. Diese äußert sich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts in einer Zunahme um 2,0 K. Zum Ende des 21. Jahrhunderts wird eine deutliche Zunahme von 4,0 K prognostiziert.

Die grundsätzlich festgestellte Temperaturerhöhung wirkt sich außerdem auf die in den folgenden Kapiteln betrachteten Parameter maßgeblich aus.

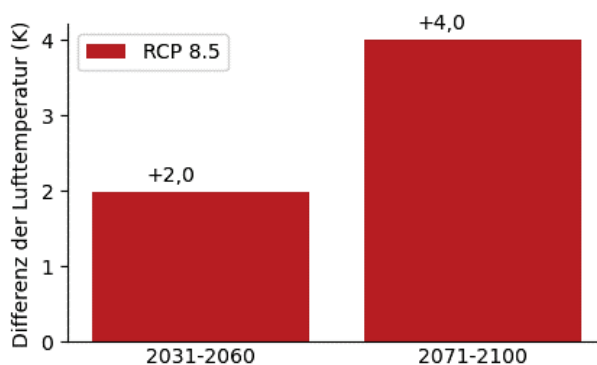


Abbildung 5-2: Änderung der Lufttemperatur (Median) bis Mitte und Ende des 21. Jahrhunderts gegenüber der Klimanormalperiode 1971 – 2000.

Die Zeitreihe des Jahresmittelwerts der Lufttemperatur in Abbildung 5-3 verdeutlicht nochmals die prognostizierte Zunahme der Lufttemperatur bis 2100. Der grau hervorgehobene Unsicherheitsbereich, definiert als Wertebereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil*, zeigt, dass die Prognose um bis zu 4 K schwankt.

²⁰ Vgl. auch https://www.zamg.ac.at/cms/de/images/klima/bild_ip-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/3-2-4_1_ipcc_srex_spm_grafik_deutsch Stand: März 2022

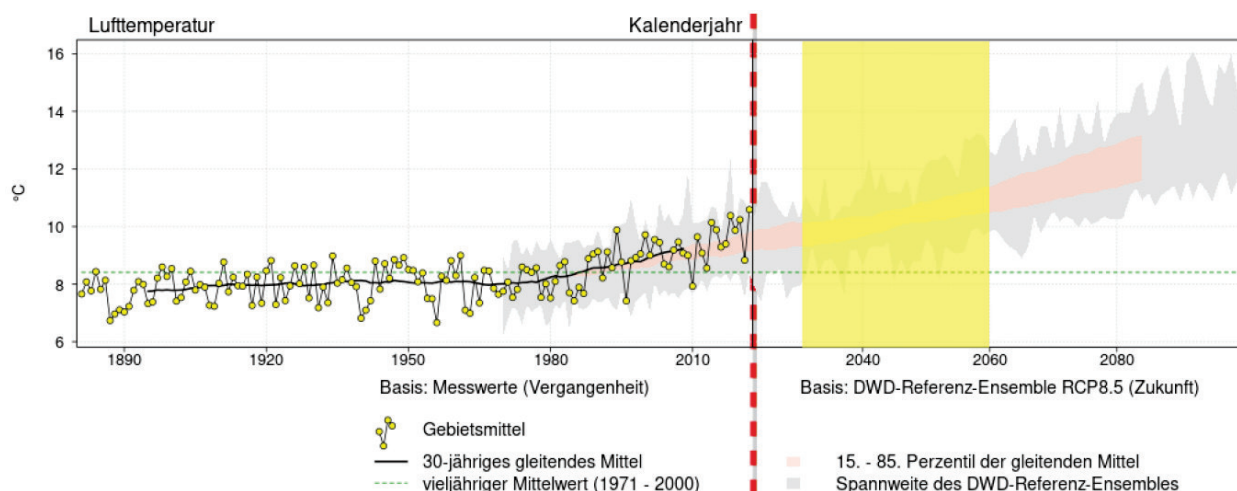


Abbildung 5-3: Gemessene Jahresmittelwerte der Lufttemperatur 1971 – 2022 in Baden-Württemberg. Prognose 2023 – 2100 für das RCP 8.5 Szenario (Daten: Klimaatlas DWD).

5.3 Niederschlag

Niederschlag ist das in flüssiger oder fester Form aus Wolken auf die Erde fallende Wasser.

Im Frühjahr (Januar bis April) fallen in der Regel die geringsten Niederschlagsmengen an. Das Maximum der Niederschlagsmenge fällt im Mai, Juni und Juli an (Abbildung 5-4), da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann und dadurch potenziell mehr Wasser in der Atmosphäre vorhanden ist.

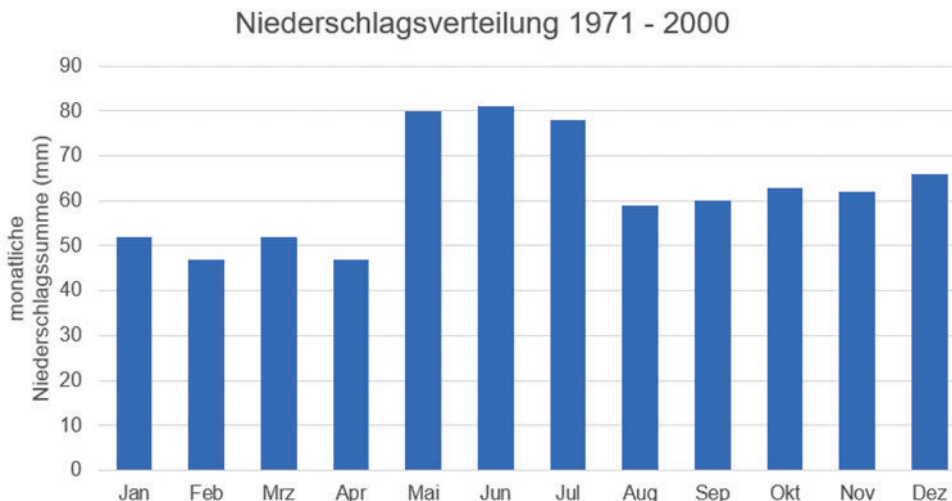


Abbildung 5-4: Mittlere monatliche Niederschlagsverteilung von 1971 – 2000 gemessen in Heilbronn (Daten: DWD).

Für das 21. Jahrhundert wird keine eindeutige Änderung des Jahresniederschlags in Baden-Württemberg prognostiziert (Abbildung 5-5). Zwar wird im Mittel eine geringe Zunahme von etwa 6 % zur Mitte des Jahrhunderts bzw. von 4 % zum Ende des Jahrhunderts berechnet, allerdings lässt sich durch die hohe Variabilität keine gesicherte Aussage über die Entwicklung treffen (Abbildung 5-6).

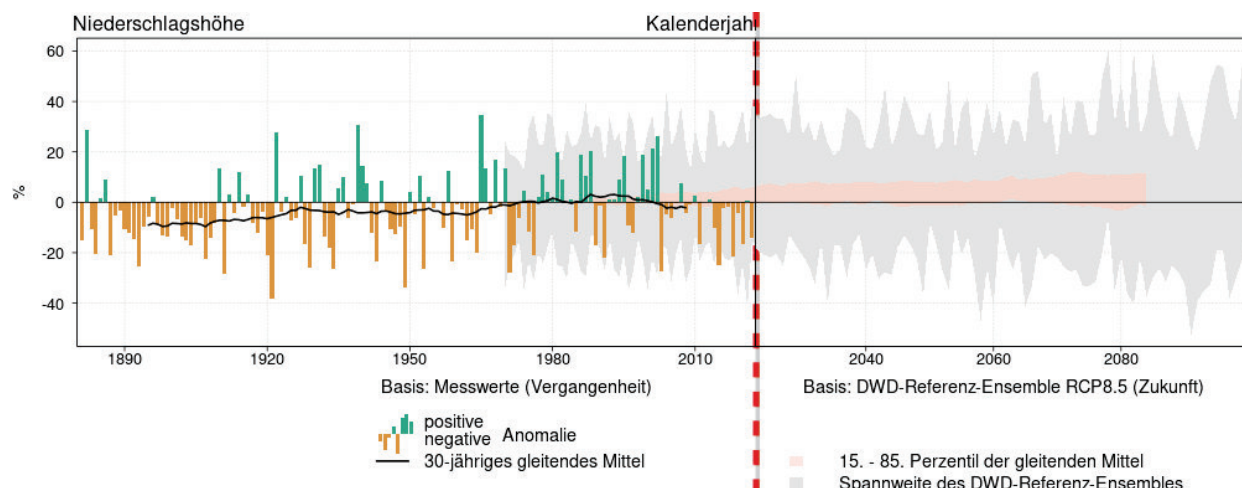


Abbildung 5-5: Gemessene Abweichung des Jahresniederschlags in Baden-Württemberg 1971 – 2022 und Prognose 2023 – 2100 für das RCP 8.5 Szenario (Daten: Klimaatlas DWD).

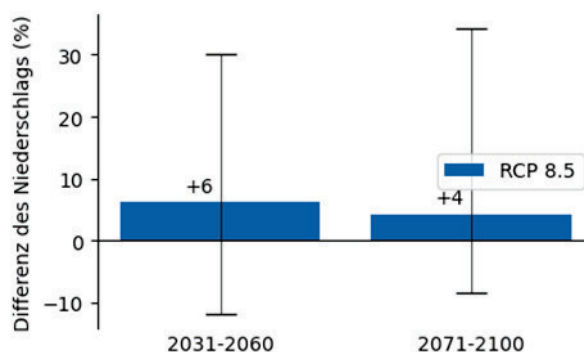


Abbildung 5-6: Niederschlagsänderung in % bis Mitte und Ende des 21. Jahrhunderts gegenüber der Klimanormalperiode 1971 – 2000. Die Fehlerbalken stellen den Bereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil dar. Der Median (50. Perzentil) wird als Zahl angegeben.

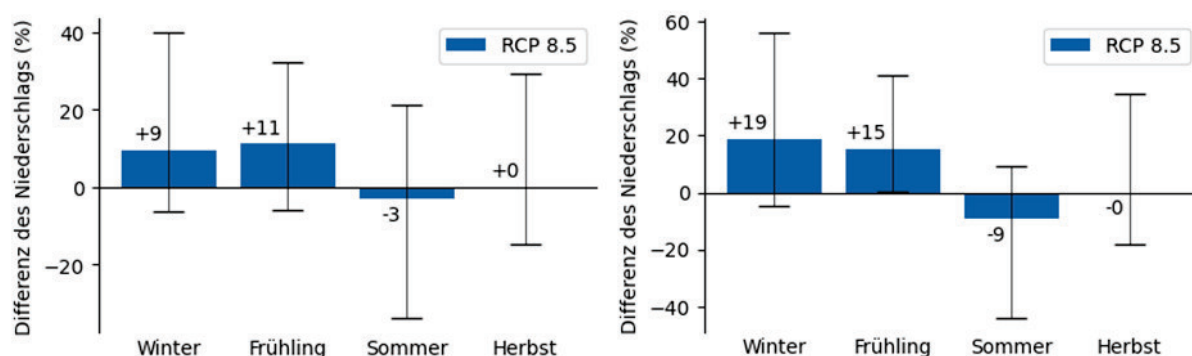


Abbildung 5-7: Saisonale Niederschlagsänderung für den Zeitraum 2031- 2060 (links) und den Zeitraum 2071 – 2100 (rechts) gegenüber der Klimanormalperiode 1971 – 2000. Die Fehlerbalken stellen den Bereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil dar. Der Median (50. Perzentil) wird als Zahl angegeben.

Die saisonale Betrachtung zeigt eine Verschiebung der Niederschlagsmenge vom Sommer in den Frühling und Winter hinein (Abbildung 5-7). Während die Niederschlagsmengen im Winter und Frühling um 9 % bis 11 % (Mitte 21. Jhd.) bzw. um bis zu 19 % (Ende 21. Jhd.) zunehmen,

wird mit einer Abnahme der Niederschlagsmenge im Sommer von 3 % bis Mitte des Jhd. bzw. 9 % bis Ende des Jhd. ausgegangen. Zu beachten sind die hohen Unsicherheiten der Prognosen.

Neben der Gesamtregenmenge ist auch die Entwicklung von Starkniederschlagsereignissen (z.B. durch unwetterartige Gewitter) von Bedeutung. Für den Winter wird eine Zunahme von 15 % bis 25 % für das Regionalverbandsgebiet prognostiziert (Abbildung 5-8). Am Main und südwestlich von Heilbronn werden punktuell auch 25 % bis 35 % ausgewiesen. Im Sommerhalbjahr ist dagegen überwiegend nur mit einer leichten Zunahme von 5 % bis 15 % zu rechnen.

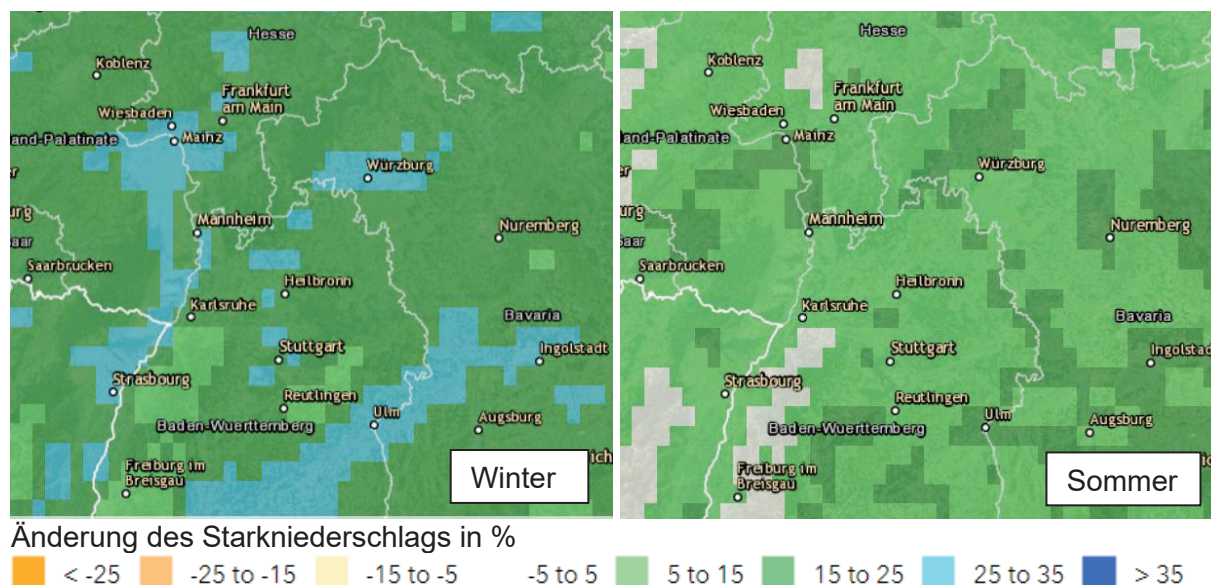


Abbildung 5-8: Änderung des Starkniederschlags im Winter (oben) und Sommer (unten) im Zeitraum 2071 – 2100 im Vergleich zum aktuellen Klima (1971 – 2000) bei Betrachtung des RCP 8.5. Starkniederschlag wird definiert als 95. Perzentil der Intensität aller Regenereignisse (Quelle: Europäisches Umweltamt 2020²¹).

5.4 Klimatologische Kenntage

Mittelwerte vermitteln nicht immer die klimatischen Charakteristiken. Deshalb zieht man als Klimaindikatoren Über- oder Unterschreitungshäufigkeiten heran. Einen Überblick über gebräuchliche Indikatoren wurde bereits in Kapitel 3.2.2 aufgeführt.

In Abbildung 5-11 sind exemplarisch die Anzahl der Sommertage und der Frosttage in Deutschland für die Klimanormalperiode 1991 – 2020 dargestellt. Die meisten Sommertage werden am Oberrhein beobachtet. Danach folgt auch schon bald der Heilbronner Raum, der ebenfalls deutliche Wärmebelastungen aufweist. Die wenigsten Sommertage werden an den Küsten, den Mittelgebirgen und am Alpenrand gemessen.

Bei den Frosttagen kehrt sich die Verteilung nahezu um. Die meisten Frosttage findet man am Alpenrand und in den Mittelgebirgen. Die wenigsten werden im norddeutschen Tiefland, am Niederrhein und am Oberrhein ausgewiesen. Auch der Heilbronner Raum hat vergleichsweise wenig Frosttage.

²¹ <https://experience.arcgis.com/experience/5f6596de6c4445a58aec956532b9813d>, aufgerufen 20.02.2023

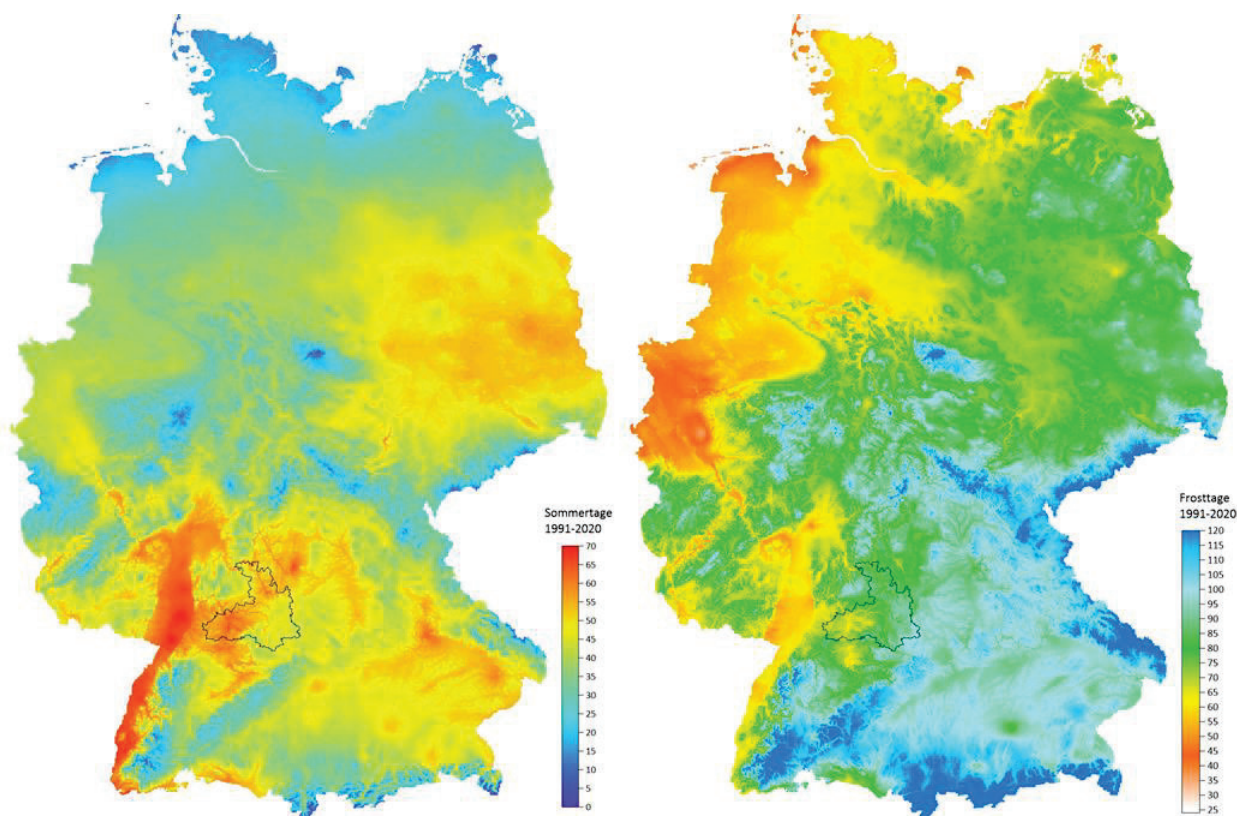


Abbildung 5-9: Anzahl der Sommertage (links) und der Frosttage (rechts) für die Klimanormalperiode 1991 – 2020 in Deutschland. Das Gebiet des Regionalverbands ist schwarz umrandet. (Quelle: DWD).

Durch die höheren Lufttemperaturen im Klimawandel nimmt zukünftig auch die Anzahl der Sommertage zu. Abbildung 5-10 zeigt die ab 1951 gemessenen Häufigkeiten in Baden-Württemberg und die Prognose für das RCP8.5-Szenario. Bereits in den letzten 70 Jahren ist eine merkliche Zunahme der Sommertage zu verzeichnen. Zukünftig ist von einer weiteren Zunahme auszugehen, so dass bei diesem Szenario eine Verdoppelung der Sommertage bis zum Ende des Jahrhunderts nicht auszuschließen ist.

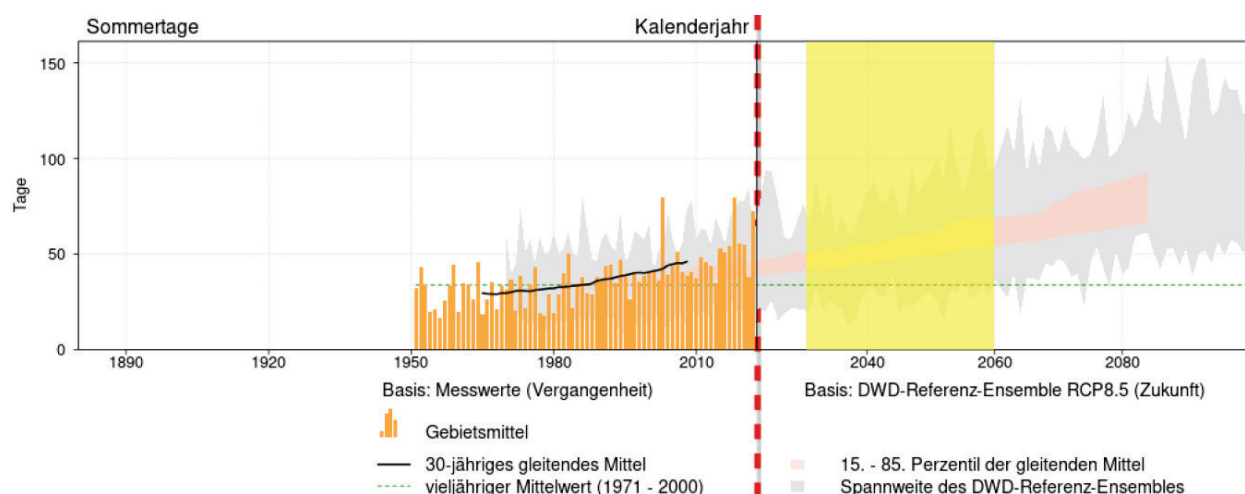


Abbildung 5-10: Anzahl der Sommertage in Baden-Württemberg zwischen 1951 und 2022 und Prognose für das Szenario RCP8.5 für den Zeitraum 2023 – 2100. (Quelle: Klimaatlas DWD).

In Tabelle 5-2 sind die klimatologischen Kenntage aufgeführt, die sowohl für den Zeitraum 1971 – 2010 (siehe Kapitel 3.2.2), als auch mit den Multi-Modell-Multi-Szenario-Klimadaten für die Zeiträume 2031 – 2060 und 2071 – 2100 ermittelt wurden.

Tabelle 5-2: Klimatologische Kenntage für verschiedene Klimanormalperioden ermittelt aus EURO-CORDEX Klimamodelldaten auf dem Gebiet von Neckarsulm. Kenntage für zukünftige Perioden basieren auf dem Szenario RCP 8.5.

Klimatologischer Kenntag	1971 – 2000	2031 – 2060	2071 – 2100
Frosttage	71	42	22
Eistage	14	5	2
Sommertage	48	74	105
Heiße Tage	8	22	43

Tabelle 5-3: Anzahl der jährlichen Sommertage für Heilbronn und Frauental in der historischen Klimanormalperiode 1971 – 2000 und für die Prognosezeiträume 2031 – 2060 und 2071 – 2100. Die Prognose beruht auf dem Klimaszenario RCP8.5.

	1971 – 2000	2031 – 2060			2071 – 2100		
		15. Perz.	Median	85. Perz.	15. Perz.	Median	85. Perz.
Heilbronn	58,7	76,5	81,4	88,0	101,9	111,3	120,5
Frauental	40,3	56,4	60,0	67,2	82,7	91,2	103,0

Die regionalen EURO-CORDEX Projektionen haben eine Auflösung von 12,5 km. In Abbildung 5-11 sind die Anzahl der Sommertage in der Klimanormalperiode 1971 – 2000 und die Projektionen für 2031 – 2060 und 2071 – 2100 dargestellt. In der oberen Reihe für das Szenario RCP2.6, unten für das Szenario 8.5.

Daraus geht auch in der Fläche hervor, dass die Zahl der Sommertage sowohl in den Verdichtungsräumen am Neckar wie auch in den Hochebenen im Osten des Regionalverbands ansteigt. Das erfolgt im bereits unrealistischen Szenario RCP2.6 noch langsam, im eher anzunehmenden Szenario RCP8.5 schon relativ drastisch.

Die Verfeinerung der Häufigkeit der Sommertage auf das 50 m-Raster mit Hilfe der Quader-Methode ist in Kapitel 6.2.4 dargestellt.

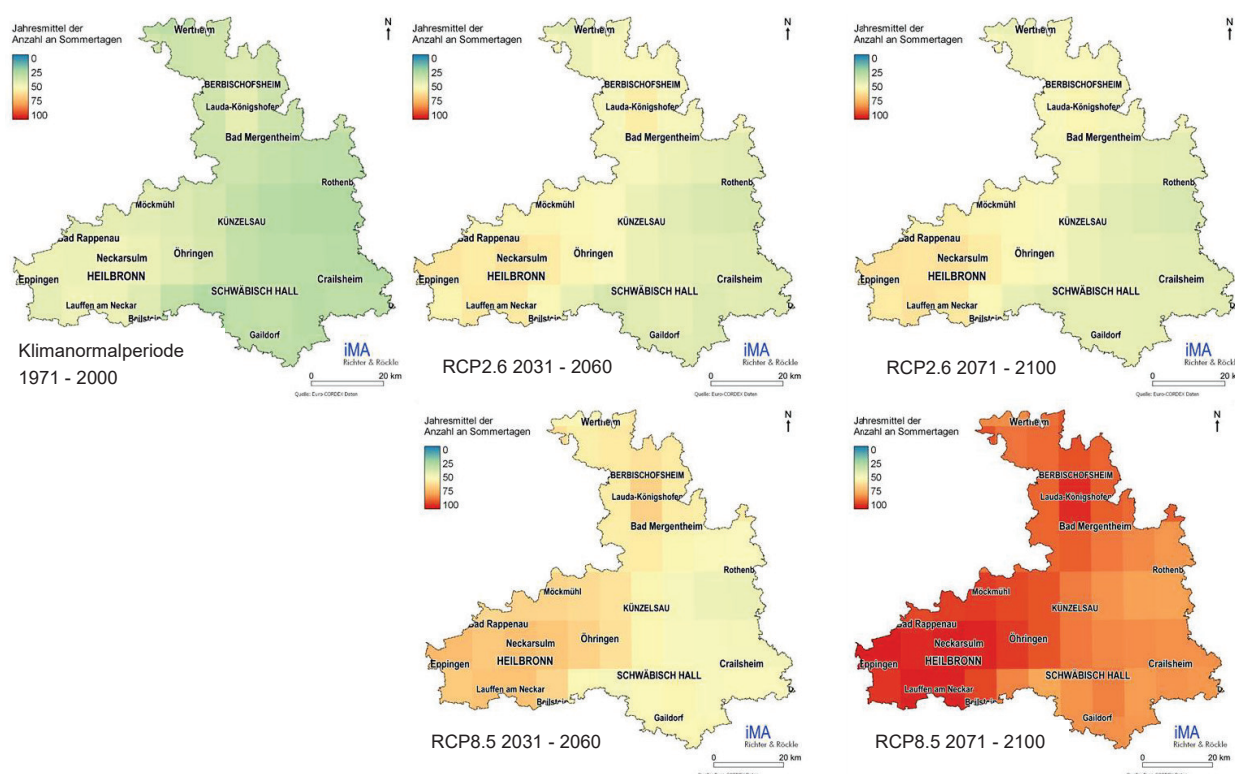


Abbildung 5-11: Anzahl an Sommertagen während der Klimanormalperiode 1971 – 2000 (oben links) und Prognosen EURO-CORDEX für den Zeitraum 2031 – 2060 (Mitte) und den Zeitraum 2071 – 2100 (rechts) für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5.

5.4.1 Heiße Tage und tropische Nächte

Die Anzahl an heißen Tagen beschreibt in erster Linie ein Gütekriterium für den Sommer, was durch die Anzahl an Sommertagen ergänzt wird²².

Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird prognostiziert, dass die Anzahl der heißen Tage um etwa 14 Tage (RCP 8.5) ansteigt (Tabelle 5-2, Abbildung 5-12). Bis 2100 wird ein Anstieg um 35 Tage auf dann 43 Tage jährlich (RCP 8.5) erwartet. Zu beachten ist hier die große Unsicherheit, welche durch die Variabilität in der Temperaturzunahme bedingt ist (vgl. Abbildung 5-3).

Eine ähnliche Tendenz wie für die Anzahl an heißen Tagen lassen sich in Tabelle 5-2 auch für die Anzahl an Sommertagen erkennen. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts könnte die Anzahl der Sommertage um etwa 26 Tage (RCP 8.5) ansteigen (Abbildung 5-12). Bis 2100 könnten es letztlich etwa 57 Tage (RCP 8.5) mehr sein als im Zeitraum 1971 – 2000.

²²www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html

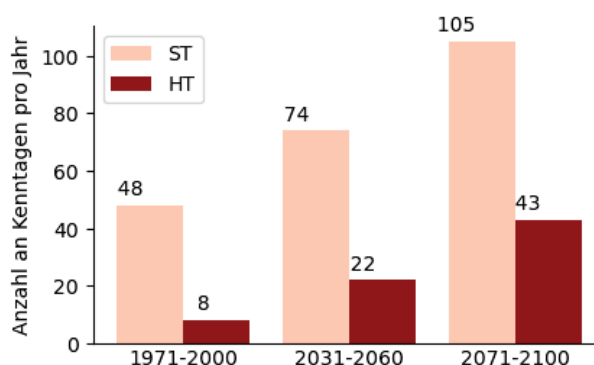


Abbildung 5-12: Anzahl der Sommertage (ST) und der heißen Tage (HT) für den Zeitraum 1971 – 2000 und für die Prognosezeiträume bis Mitte und Ende des 21. Jahrhunderts basierend auf dem Szenario RCP 8.5.

Über die zukünftige Anzahl an Tropennächten kann aufgrund ihres seltenen Vorkommens aus statistischer Sicht keine aussagekräftige Tendenz abgeleitet werden. Mit einer Erhöhung der Lufttemperatur werden diese jedoch analog zu den heißen Tagen ebenfalls häufiger auftreten.

5.4.2 Frosttage

Die Anzahl an Frosttagen wird tendenziell abnehmen (Tabelle 5-2, Abbildung 5-13). Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts wird sich deren Anzahl um 29 Tage (RCP 8.5) verringern. Bis zum Ende des Jahrhunderts sinkt die Anzahl um bis zu 49 Tage (RCP 8.5) im Vergleich zum Zeitraum 1971 – 2000 auf dann lediglich 22 Frosttage jährlich.

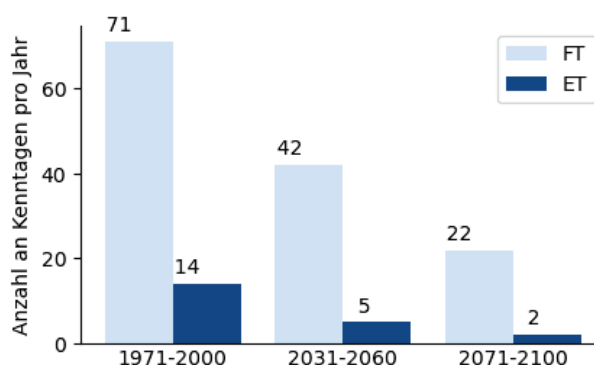


Abbildung 5-13: Anzahl der Frosttage (FT) und Eistage (ET) für den Zeitraum 1971 – 2000 und für die Prognosezeiträume bis Mitte und Ende des 21. Jahrhunderts basierend auf dem Szenario RCP 8.5.

In der Landwirtschaft (speziell im Weinbau) sind insbesondere Spätfröste im April und Mai von Bedeutung, da diese zu Erfrierungen im Austriebs- und Blühstadium führen. Obwohl ein Rückgang der Frosthäufigkeit die Frostschäden reduzieren könnte, führen die milden Winter häufig schon zu einem verfrühten Austrieb der Pflanzen, so dass die kritische phänologische Phase* in Monate mit noch hoher Frostrate fällt.

6 Ergebnisse der regionalen Klimaanalyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulationen mit dem Strömungsmodell FITNAH (Kapitel 4.2) und die daraus abgeleitete Quantifizierung der Gunst- und Ungunstfaktoren (Kapitel 4.3 und 4.4) dargestellt.

Zu den Gunstfaktoren zählen die Strömungssysteme, die Kaltluftproduktionsgebiete und die Luftleitbahnen. Zu den Ungunstfaktoren gehören die thermischen Bedingungen tags und nachts. Die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels für den Regionalverband werden in Kapitel 6.2.4 dargestellt.

Im Kapitel 6.3 wird die Empfindlichkeit und Betroffenheit dargestellt.

6.1 Kaltluft

Zur Betrachtung der Durchlüftung ist neben dem bodennahen Wind (hier ausgewertet für den bodennahen Raum in 5 m über Grund) auch der Wind im Überdach-Niveau (hier: 28 m über Grund) von Bedeutung. Abbildungen der Strömung mittels Pfeilen ist im regionalen Maßstab nicht sinnvoll, da die Informationsdichte zu hoch ist. Eine Ausdünnung der Pfeile vermittelt ein verzerrtes Bild der Verhältnisse. Für eine Betrachtung müssen Ausschnitte im GIS herangezogen werden.

Die Kaltluftverhältnisse im Regionalverband Heilbronn-Franken wird hier die Volumenstromdichte (siehe Kapitel 3.3.3 und 4.3.1) für die Zeitpunkte 22:00 Uhr und 04:00 Uhr (Abbildung 6-1) ausgewertet. Die Volumenstromdichte ist ein Maß für die Intensität einer Strömung. Eher flache Hangabwinde können zwar eine hohe bodennahe Fließgeschwindigkeit aufweisen, aufgrund der geringen Kaltluftmächtigkeit kommen jedoch keine großen Volumenstromdichten zustande. Solche Strömungen können durch Hindernisse stark beeinträchtigt werden.

In Tälern, in denen sich Kaltluft ansammelt, entstehen große Kaltluftmächtigkeiten. Dann können auch geringe mittlere Windgeschwindigkeiten zu markanten Volumenstromdichten führen. Diese Strömungssysteme reagieren weniger auf Hindernisse, da sie diese in der Regel überströmen können.

Etwa zur Zeit des Sonnenuntergangs bilden sich bodennah Hangabwinde von vergleichsweise geringer Mächtigkeit. Die Kaltluft kann dann in Tobeln und Tälern zusammenfließen und bereits intensive Kaltluftabflüsse ausprägen. Diese sind in Abbildung 6-1 dunkelblau eingefärbt.

In weiten Teilen des Regionalverbands werden geringe bis mäßige Volumenstromdichten berechnet. Zum Beispiel werden in den Hochebenen der Kreise Niederstetten, Schrozberg und Blafelden aufgrund der geringen Relieferung kaum signifikante Kaltluftströme ausgewiesen. In diesen Bereichen wird auch schon durch schwache übergeordnete Winde die bodennahe Kaltluftbildung unterdrückt, was dann die Abflüsse unterdrückt.

Die großen Flusstäler von Neckar, Kocher, Jagst und Tauber zeigen keine signifikanten Talabwinde. Meist sind die Zuflüsse aus deren Seitentälern deutlich intensiver als der Kaltluftstrom in den stark eingeschnittenen Tallagen. Zudem sind die Talgefälle gering, was am mäandrieren der Flussläufe zu erkennen ist. Außerdem ist durch die Besiedlung der Tallagen eine vergleichsweise hohe Rauigkeit vorhanden.

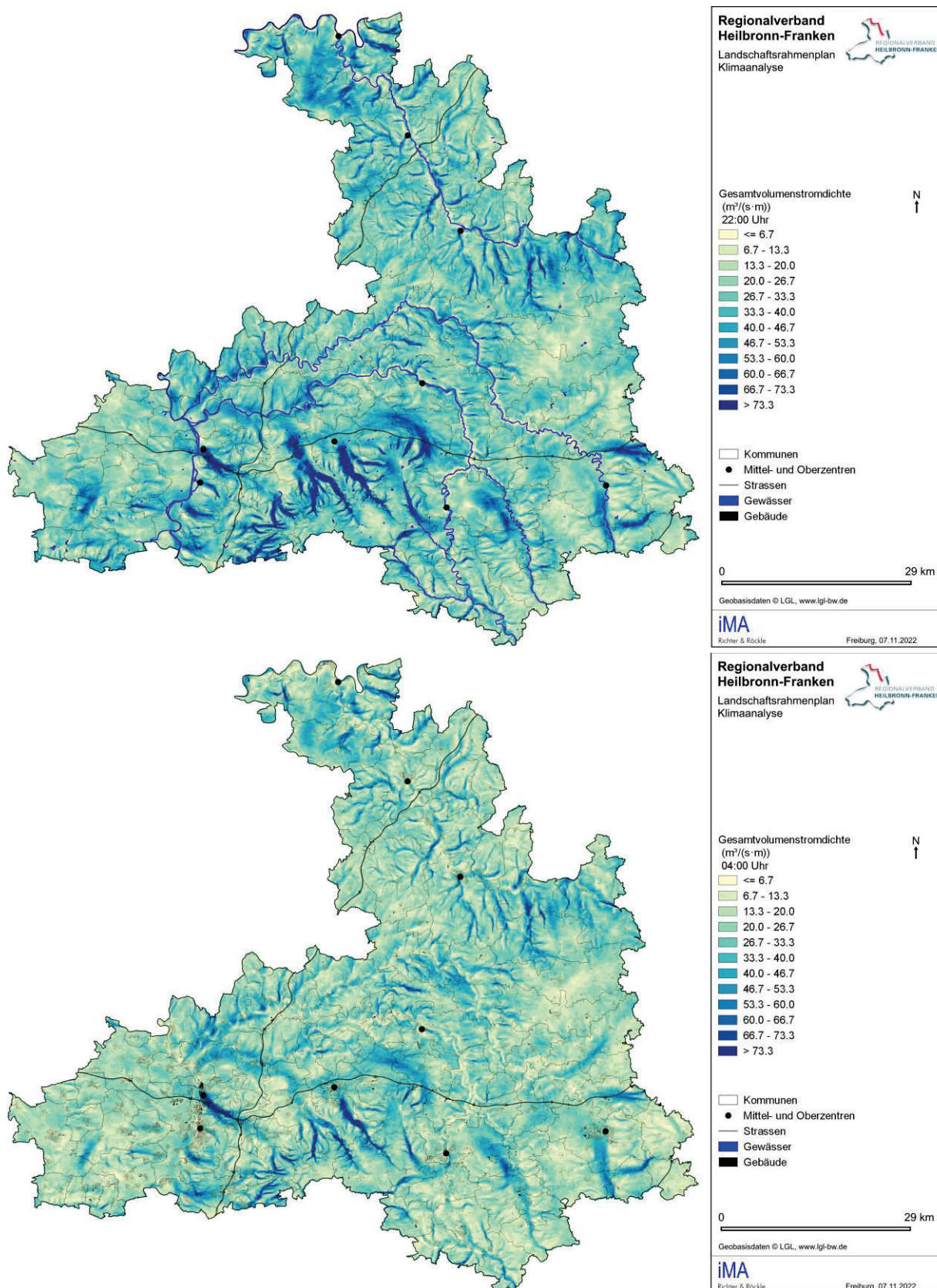


Abbildung 6-1: Gesamtvolumenstromdichte im Regionalverband Heilbronn-Franken in den Abendstunden (22:00 Uhr, oben) und in der zweiten Nachthälfte (04:00 Uhr, unten).

Die intensivsten Kaltluftabflüsse findet man in den Tälern, die von der Keuperstufe nach Norden hin auslaufen. Hier wäre das Brettachtal und das Ohmtal südlich von Öhringen zu nennen.

Im Bereich Heilbronn – Neckarsulm stellt ein Kaltluftabfluss entlang der Sulm einen markanten Kaltluftabfluss dar („Sulmtäler“), der insbesondere Teile von Neckarsulm belüftet.

Im Laufe der Nacht füllen sich Täler und Senken zunehmend mit Kaltluft, so dass der Antrieb, der durch Temperaturunterschiede bedingt ist, zurückgeht. Infolge lässt auch die Intensität der Kaltluftabflüsse nach. Die größten Intensitäten werden in den Tälern von der Keuperstufe und im Sulmtal simuliert. Mittlere Intensitäten mit größerer räumlicher Ausdehnung finden sich an den Unterläufen von Kocher und Jagst, im Jagsttal südlich von Crailsheim oder im Bereich des Hirschbachtals östlich von Öhringen.

Strömungssysteme von geringer Intensität (gelb - hellgrün) zeigen sich überwiegend in Gebieten mit geringer Reliefenergie, hoher Rauigkeit und hohem Waldanteil.

6.2 Thermische Verhältnisse

6.2.1 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur in 2 m über Grund zeigt primär eine Abhängigkeit von der Höhenlage und der Landnutzung (vgl. Abbildung 6-2).

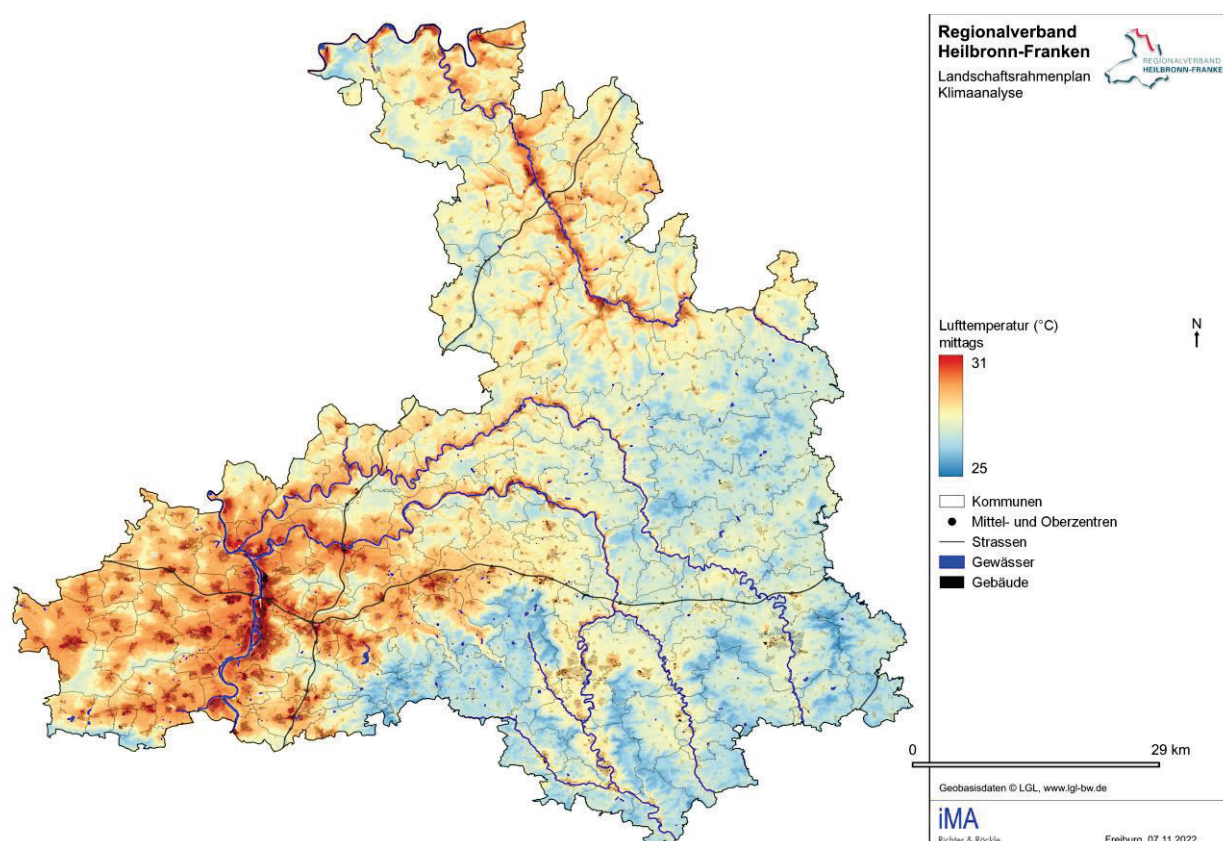


Abbildung 6-2: Lufttemperatur in 2 m Höhe zur Mittagszeit an einem heißen Sommertag.

So ist die Lufttemperatur im Neckarbecken, an den Unterläufen von Kocher und Jagst, im Taubertal und an den Siedlungsgebieten entlang der A6 am höchsten. Die maximalen Temperaturen

werden aufgrund des Versiegelungsgrades und der Tallage im Verdichtungsraum Heilbronn – Neckarsulm gefunden. Die kühlest Gebiete befinden sich in den höheren Lagen im Osten und Südosten des Regionalverbandgebietes.

6.2.2 Physiologisch Äquivalente Temperatur

Die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) ist tagsüber ein Indikator für die Wärmebelastung des Menschen. Sie zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit der kurzwelligen Strahlung. PET wurde für die Mittagssituation an einem repräsentativen Sommertag berechnet (Abbildung 6-3).

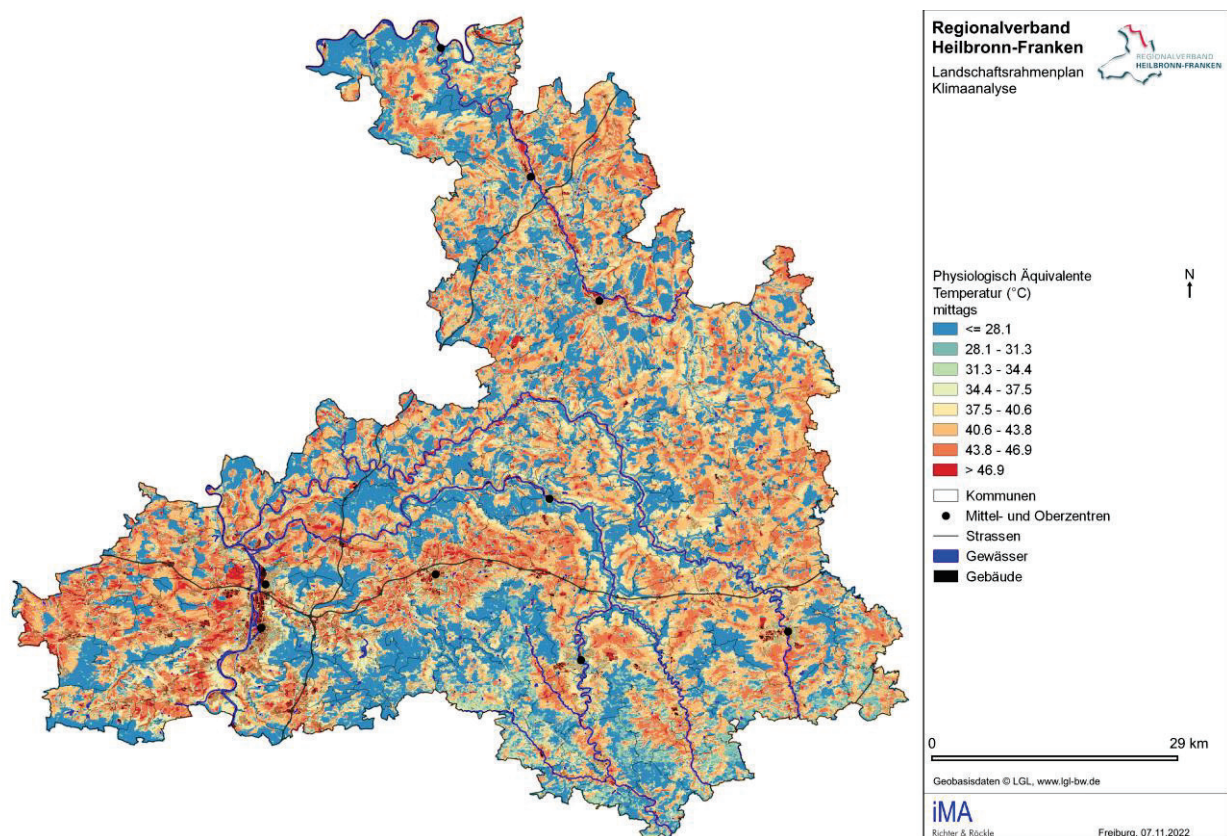


Abbildung 6-3: Physiologische Äquivalente Temperatur (PET) zur Mittagszeit an einem heißen Sommertag.

Die Höhe der PET korreliert stark mit der kurzwelligen Sonneneinstrahlung. Somit ist eine starke Wärmebelastung nicht nur in Städten und dort besonders auf großen versiegelten, nicht abgeschatteten Flächen (z.B. Parkplätze oder Gleisanlagen), sondern auch im ländlichen Umland (z.B. auf landwirtschaftlichen Flächen – aufgrund der fehlenden Abschattung) zu finden. Industrie- und Gewerbeflächen fallen durch eine extreme Wärmebelastung auf. Dies ist bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad und einen eher geringen Anteil an Verschattung durch Baumbestand und oftmals einheitliche Gebäudehöhen. Die Wärmebelastung in Siedlungsgebieten variiert je nach Siedlungsdichte und Grünanteil.

Auch Freiflächen können, je nach Höhenlage, eine extreme Wärmebelastung aufweisen. In Wäldern ist aufgrund der Abschattung und je nach Höhenlage eine geringe Wärmebelastung zu finden. Dort ist noch ein ausreichender thermischer Komfort vorhanden.

6.2.3 Urbane Wärmeinsel

Als urbane Wärmeinsel (urban heat island, UHI) wird die Überwärmung des Siedlungsbereichs gegenüber dem Umland bezeichnet. Die UHI ist insbesondere in der frühen Nacht stark ausgeprägt, während sie am Tage eher schwach ausgebildet ist. Die Überwärmung des Siedlungsbereichs entsteht durch Unterschiede in der Energieumsetzung der unterschiedlichen Oberflächen zwischen Stadt und Umland. Die überwiegend versiegelten Flächen im Siedlungsgebiet wie Asphaltflächen, gepflasterte Wege und Plätze oder die Bebauung nehmen tagsüber mehr Energie durch die Sonneneinstrahlung auf als Vegetationsflächen. Diese gespeicherte Energie wird nach Sonnenuntergang in Form von Wärme an die Atmosphäre abgegeben. Das führt lokal zu höheren Lufttemperaturen im Siedlungsbereich als im Umland.

Zur Berechnung der UHI wurden die Ergebnisse der Simulation mit denen einer weiteren Simulation verglichen, in der die versiegelten und bebauten Flächen im Stadtgebiet durch Wald- und Feldflächen ersetzt wurden. Die Differenz der bodennahen Lufttemperatur zwischen dem Bestand und dieser Simulation wird als UHI ausgewiesen.

In Abbildung 6-4 ist der Grad der UHI in den Abendstunden (oben) und in der zweiten Nachthälfte (unten) dargestellt. Die höchsten Werte mit über 3 K findet man im Verdichtungsraum Heilbronn – Neckarsulm. Auch die Mittelzentren weisen aufgrund der Größe der Städte noch eine deutliche Überwärmung auf. Die eher dörflichen Gemeinden besitzen nur eine geringe UHI.

Im Laufe der Nacht kühlen sich auch die städtischen Oberflächen ab, wodurch sich der Grad der urbanen Wärmeinsel abschwächt.

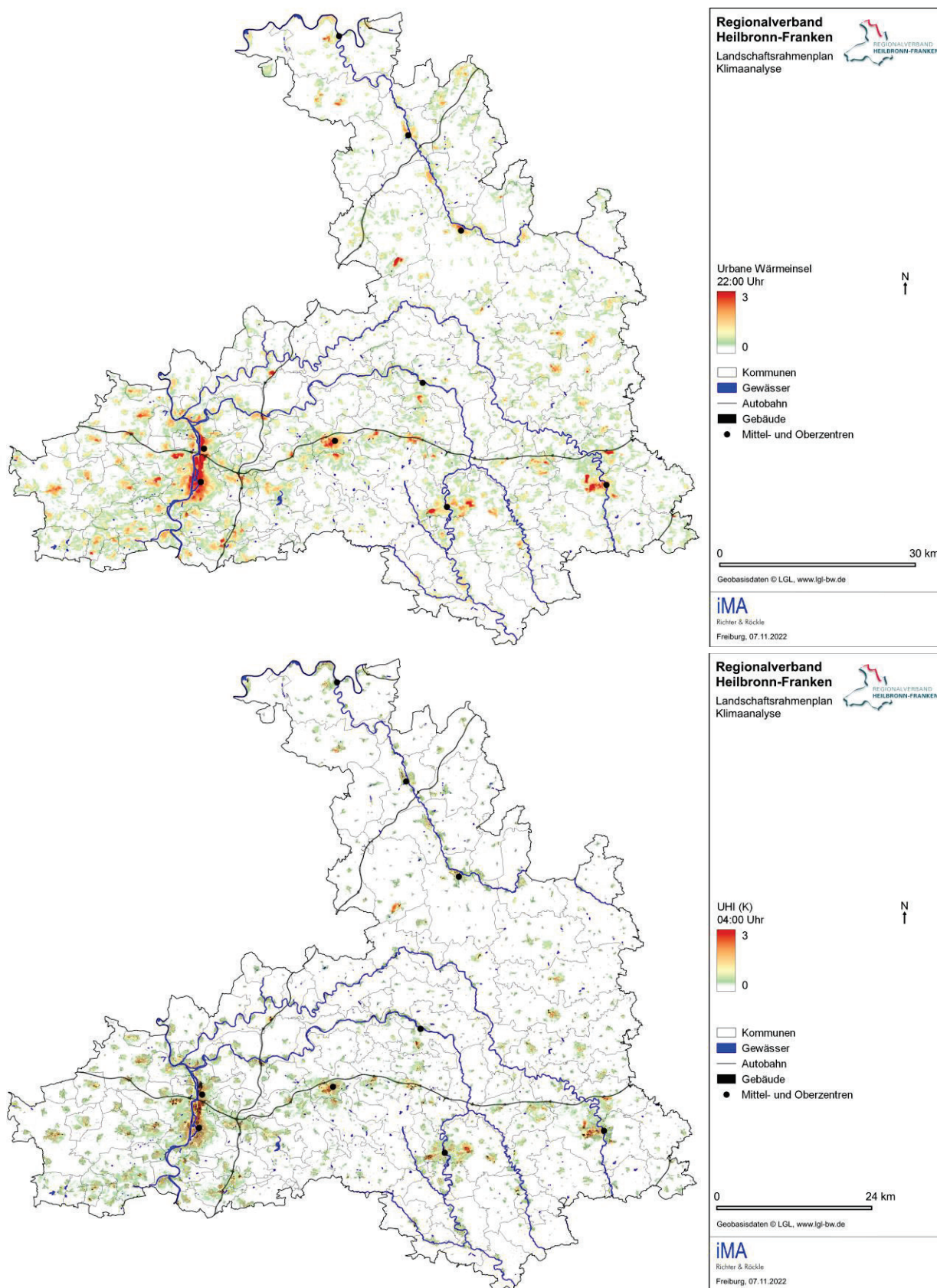


Abbildung 6-4: Urbane Wärmeinsel (UHI) in den Abendstunden (22:00 Uhr, oben) und in der zweiten Nachthälfte (04:00 Uhr, unten).

6.2.4 Häufigkeit von Sommertagen

Die Anzahl an Sommertagen im Jahr kann als Indikator für die Auftretswahrscheinlichkeit von Wärmebelastungen herangezogen werden. Im Rahmen der regionalen Klimaanalyse für den Regionalverband Heilbronn-Franken wurden die mittlere Anzahl an Sommertagen flächendeckend ermittelt. Die Berechnung basiert dabei auf EURO-CORDEX Modellsimulationen (siehe Kapitel 3.6), die mittels Downscaling-Verfahren räumlich verfeinert wurden (iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG (2023)).

In Heilbronn wurden im Mittel etwa 48 Sommertage pro Jahr im Zeitraum 1971 – 2000 registriert (siehe Kapitel 5.4). Mittels Downscaling-Verfahren ergibt sich die in Abbildung 6-5 gezeigte räumliche Verteilung. Da die Anzahl an Sommertagen direkt abhängig ist von der Lufttemperatur (ein Sommertag ist definiert als ein Tag mit einer Tageshöchsttemperatur $\geq 25^\circ\text{C}$), folgt die Verteilung den bereits in den vorigen Abschnitten ermittelten Verteilungen der PET und UHI.

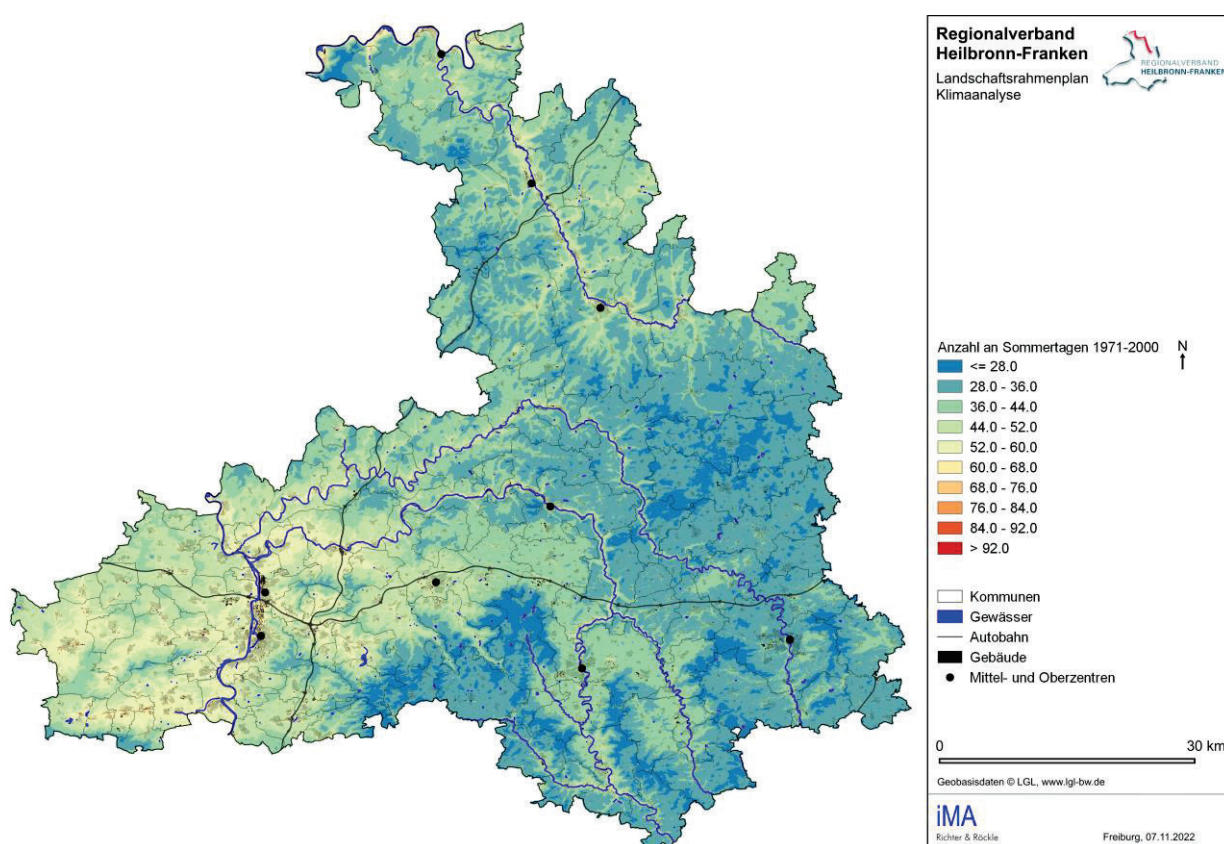


Abbildung 6-5: Verteilung der mittleren Anzahl an Sommertagen pro Jahr im Regionalverband Heilbronn für den Zeitraum 1971 – 2000.

Auswirkungen des Klimawandels

In Abbildung 6-6 oben ist die Anzahl der Sommertage für die nähere Zukunft 2031 – 2060 unter Maßgabe des Szenario RCP8.5 dargestellt. Die räumliche Struktur bleibt weitgehend erhalten, die Häufigkeit der Überschreitung der 25°C -Marke nimmt aber schon merklich zu.

Dramatischer sieht es im Szenario RCP8.5 gegen Ende des Jahrhunderts aus (Abbildung 6-6 unten). Hier ist auch in den ländlichen Regionen und den Höhenlagen des Regionalverbands eine hohe Anzahl an Sommertagen zu erwarten.

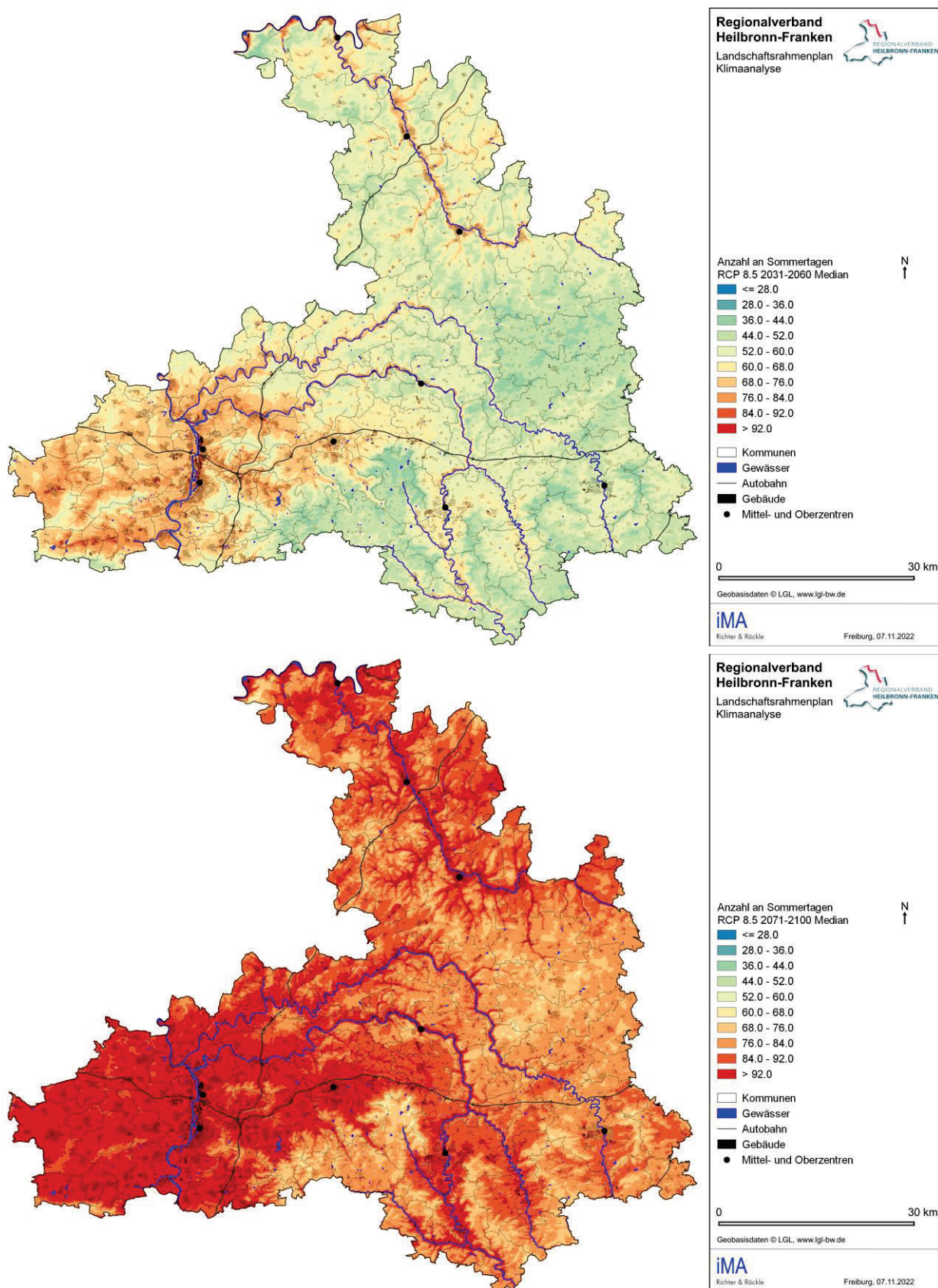


Abbildung 6-6: Verteilung der mittleren Anzahl an Sommertagen pro Jahr im Regionalverband Heilbronn für die Prognosezeiträume 2031 – 2060 (oben) und 2071 – 2100 (unten). Der Prognose liegt das Klimaszenario RCP8.5 zugrunde.

6.3 Bewertungsgrößen

6.3.1 Empfindlichkeit

Um die Relevanz der Strömungssysteme und der dazugehörigen Freiflächen für die Bevölkerung zu ermitteln, wurde die Empfindlichkeit der Bevölkerung in die Untersuchung mit einbezogen.

Die Empfindlichkeit wurde auf Basis der Einwohnerdichte und unter Berücksichtigung klimasensibler Nutzung ermittelt (siehe Kapitel 4.5.1). Die räumliche Verteilung der Einwohnerdichte ist in Abbildung 6-7, die daraus resultierende Empfindlichkeit in Abbildung 6-8 dargestellt.

Flächen ohne Bevölkerung oder mit sehr geringer Bevölkerungsdichte weisen eine geringere Empfindlichkeit und i.d.R. eine geringere thermische Betroffenheit auf. Je höher die Einwohnerdichte ist, desto höher wird die Empfindlichkeit eingestuft. Gewerbe- und Industriegebiete weisen eine sehr geringe Einwohnerdichte (meist nur Hausmeisterwohnungen) auf. Deren Betroffenheit ist deshalb sehr gering.

Die Berechnung der Empfindlichkeit ist in Kapitel 4.5.1 beschrieben. Siedlungen mit hoher Empfindlichkeit konzentrieren sich auf den Bereich Heilbronn-Neckarsulm und die dichter besiedelten Mittelzentren (Abbildung 6-8). In den größeren Siedlungsgebieten ist sehr wohl eine kleinräumige Differenzierung vorhanden, die aber in den Übersichtsdarstellungen nicht zur Geltung kommen.

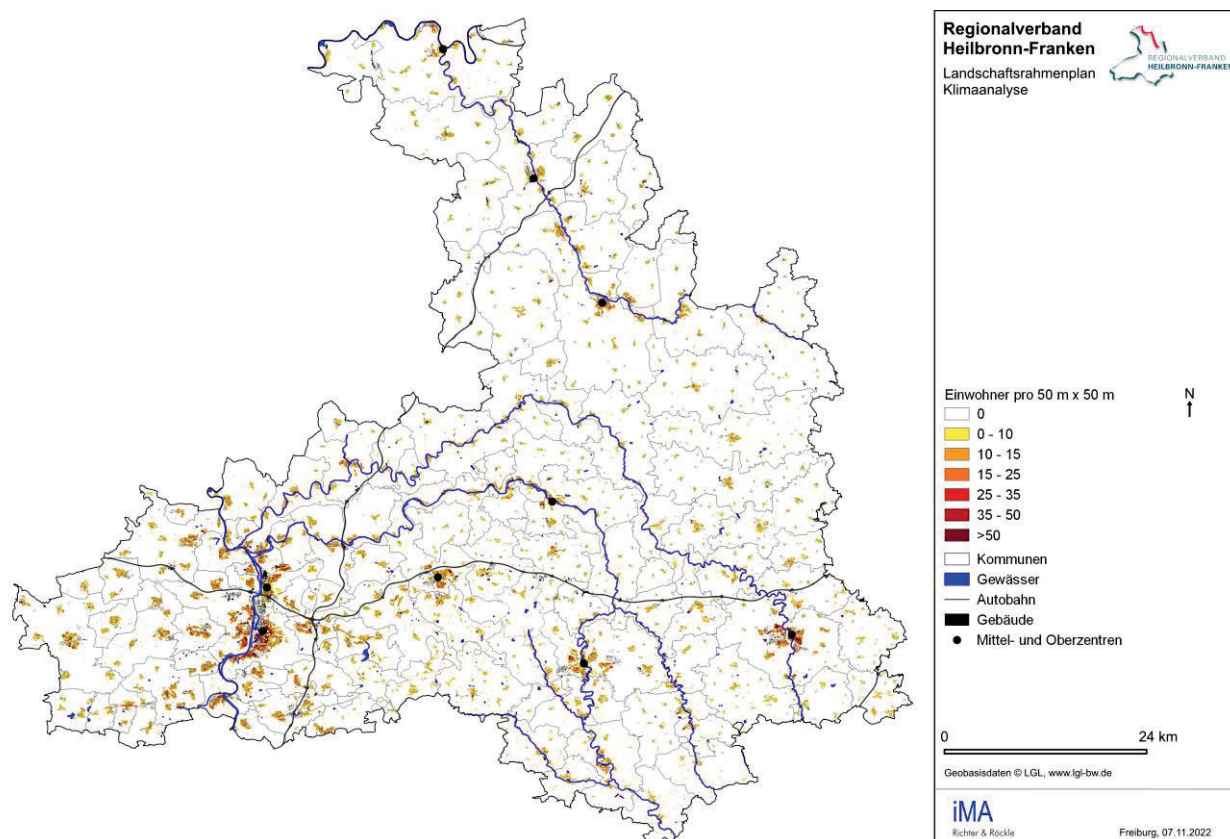


Abbildung 6-7: Verteilung der Einwohnerdichte (Einwohner je ¼ Hektar) im Regionalverband Heilbronn-Franken.

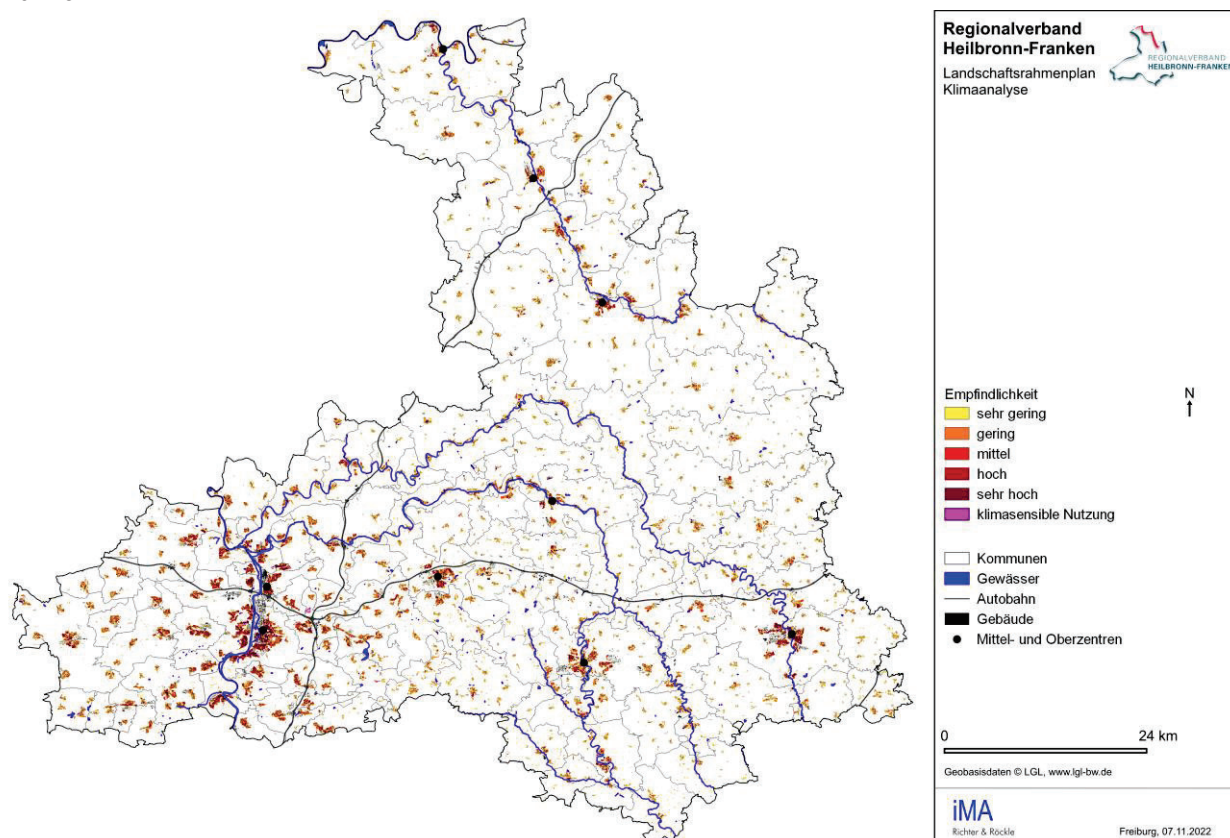


Abbildung 6-8: Empfindlichkeit der Bevölkerung bezogen auf klimatische Bedingungen.

6.3.2 Thermische Belastung

Die thermische Belastung ergibt sich gemäß Kapitel 4.5.2 aus der PET, der UHI und der Anzahl an Sommertagen. Die bewertete thermische Belastung im Regionalverband Heilbronn-Franken ist in Abbildung 6-9 dargestellt.

Durch die PET ergeben sich auch auf den landwirtschaftlichen Freiflächen erhöhte thermische Belastungen. Sehr hohe Belastungen beschränken sich aber auf die größeren Siedlungsräume. In den Waldgebieten herrscht dagegen eine geringe thermische Belastung vor.

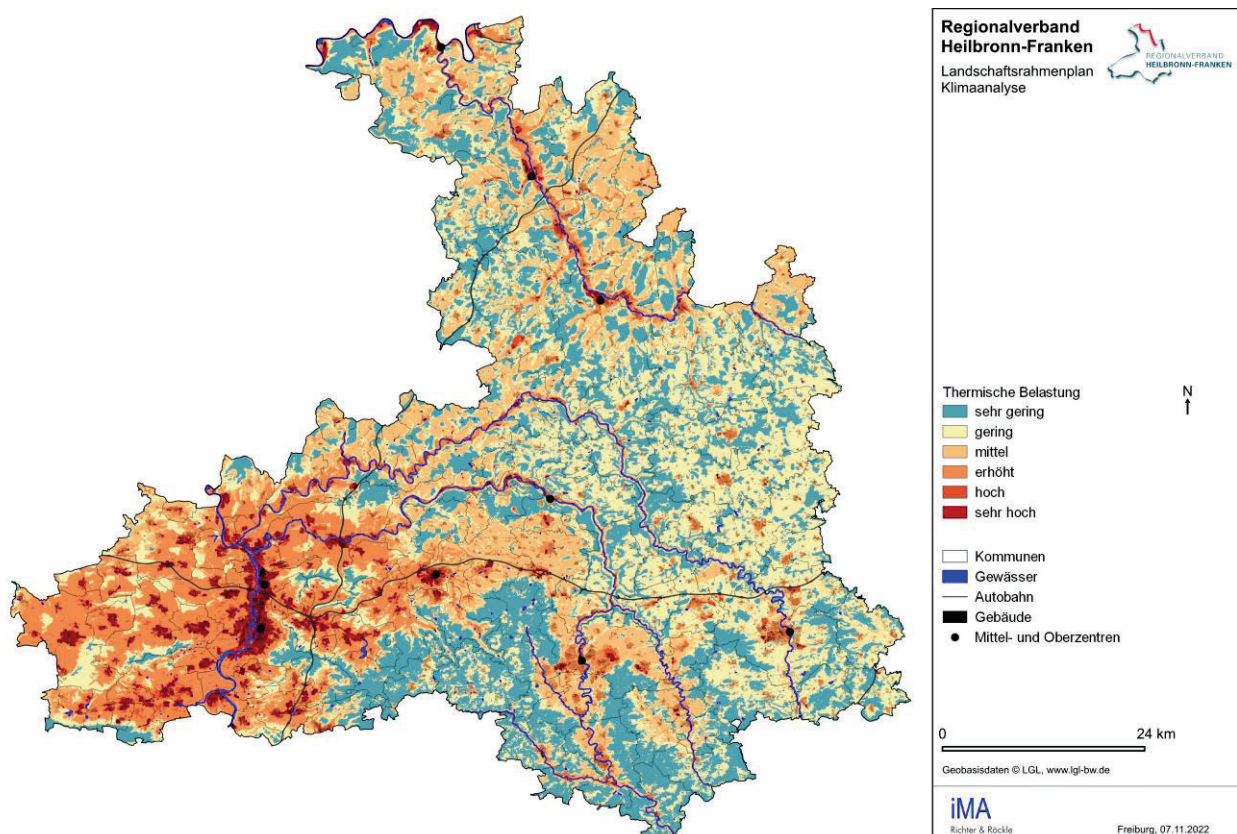


Abbildung 6-9: Thermische Belastung im Regionalverband Heilbronn-Franken.

6.3.3 Thermische Betroffenheit

Abbildung 6-10 zeigt die thermische Betroffenheit der Bevölkerung im Regionalverband Heilbronn-Franken. Die Berechnung der Betroffenheit wird in Kapitel 4.5.2 erläutert. Je höher die Einwohnerdichte und je größer die thermische Belastung, desto höher ist die Betroffenheit. Als Konsequenz sind damit die entlastenden Faktoren für das jeweilige Gebiet umso schützenswerter einzustufen je höher die Betroffenheit ausfällt (siehe auch Kapitel 6.5).

6.4 Regionalplanerisch relevante thermisch belastete Siedlungsgebiete

Um neben der Einwohnerdichte auch der Siedlungsdichte gerecht zu werden, wurden solche Siedlungsgebiete identifiziert, in denen mindestens 1 ha der Fläche mit mindestens mittlerer thermischer Betroffenheit belastet ist. Diese Siedlungsgebiete werden als thermisch betroffene Siedlungsgebiete von regionalplanerischer Relevanz klassifiziert. Das Ergebnis der Analyse ist in Abbildung 6-11 gezeigt.

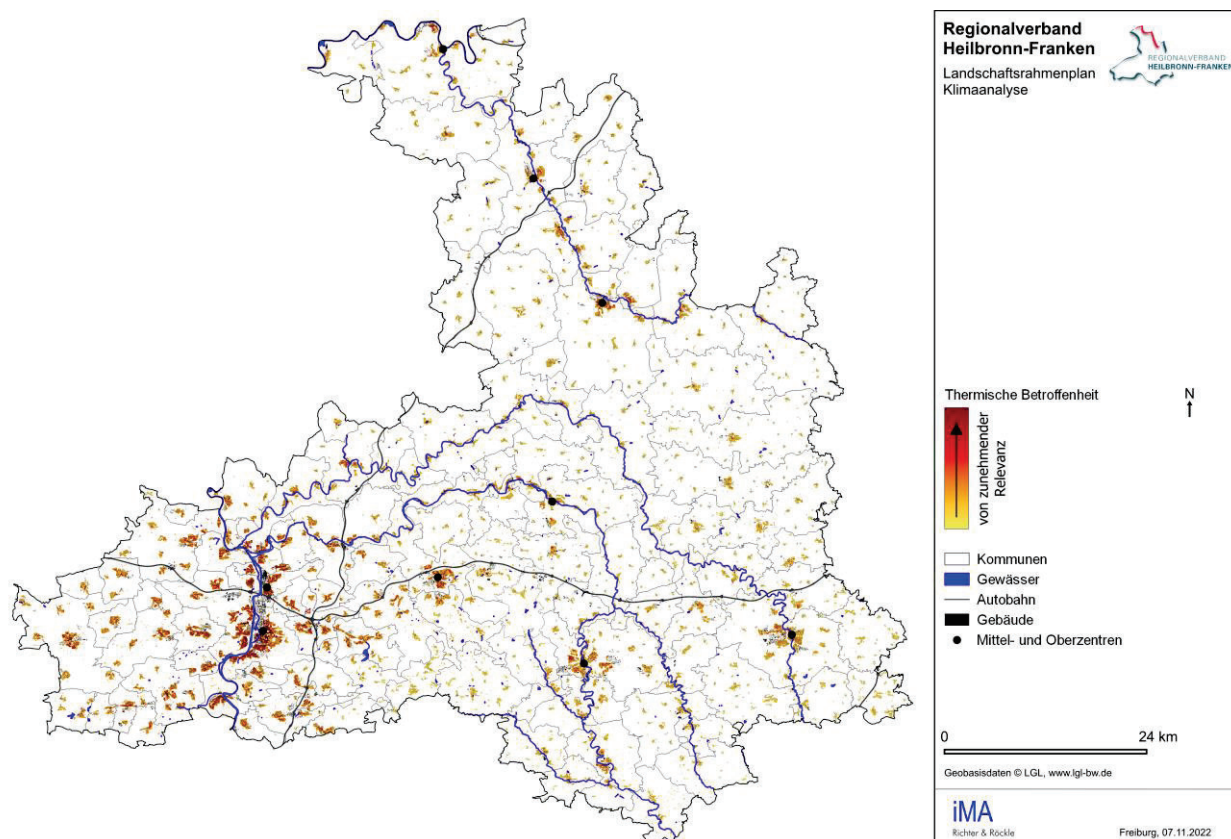


Abbildung 6-10: Thermische Betroffenheit der Bevölkerung im Regionalverband Heilbronn-Franken.

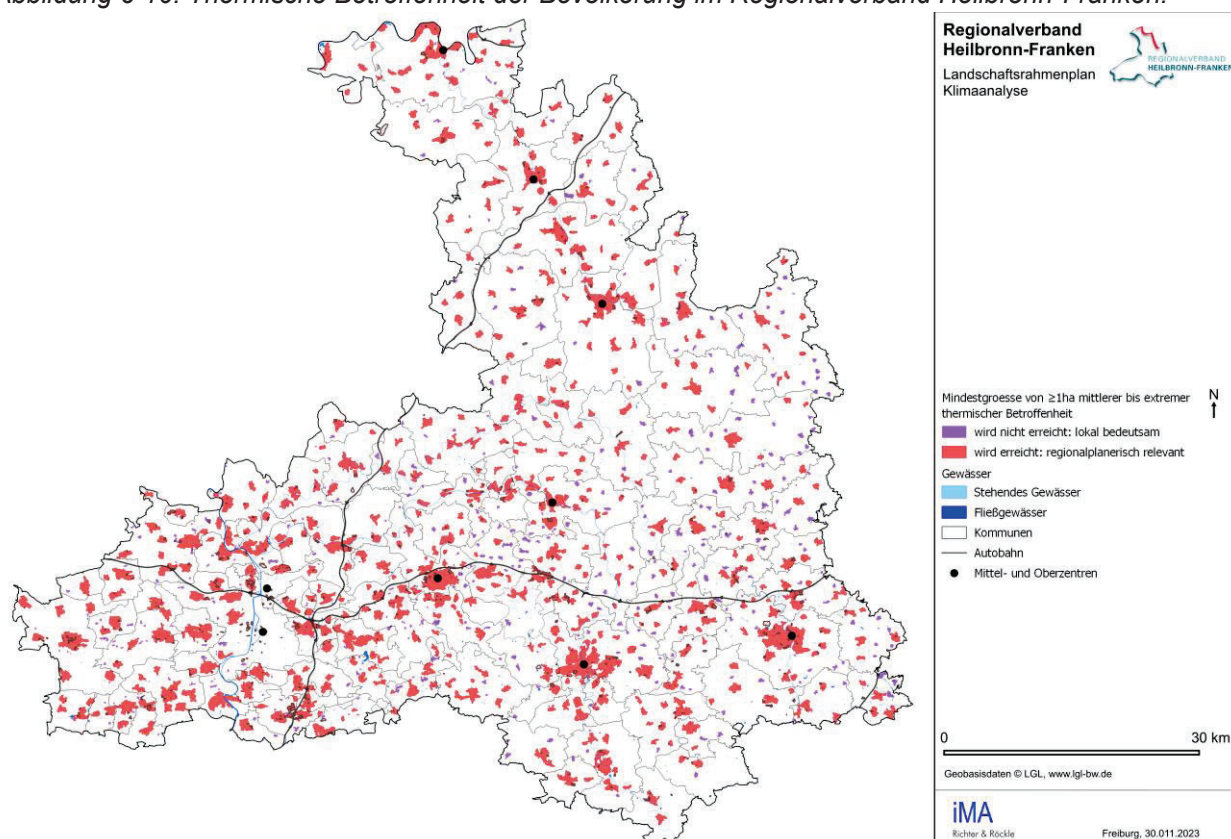


Abbildung 6-11: Siedlungsgebiete mit mindestens 1 ha Flächenanteil mit mindestens mittlerer thermischer Betroffenheit.

6.5 Planungshinweiskarte

In der Planungshinweiskarte werden zum einen die Freiflächen hinsichtlich ihrer klimatischen Ausgleichsfunktion und zum anderen die Siedlungsflächen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber einer Siedlungsverdichtung oder -erweiterung klassifiziert. Dies ermöglicht die räumlich differenzierte Bewertung der Relevanz der thermisch belasteten Räume (Wirkungsraum) und den ihnen zugeordneten Ausgleichsräumen.

Abbildung 6-12 zeigt die Planungshinweiskarte gemäß VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 (2015). Aus unserer Sicht ist eine andere Form der Planungshinweiskarte (siehe Abbildung 6-13) aus regionalplanerischer Sicht informativer.

Die Siedlungsflächen werden im Hinblick auf die **thermische Belastung** bewertet. Rot eingefärbte Bereiche weisen die höchste Belastung auf. In den stark belasteten Bereichen ist es von Vorteil, die Wärmebelastung nicht weiter zu erhöhen und stattdessen Minderungsmaßnahmen anzustreben. Dies kann in Form von Ausgleichsflächen erfolgen, die stärker begrünt werden. Aber auch eine Verringerung des Anteils der versiegelten Fläche z.B. durch Fassaden- und Dachbegrünung, Bäume sowie Pocket-Parks verringern die Wärmebelastung. Nachverdichtungen in diesen Bereichen sind zwar möglich, es empfiehlt sich aber, sie durch Schaffung von Ausgleichsflächen zu kompensieren.

Die **Grünflächen** sind nach aufsteigender Relevanz für die nächtliche Durchlüftung von grün nach blau eingefärbt. Je blauer die Fläche, desto wichtiger ist diese für den Kaltluftzustrom. Um ihre Funktion zu erhalten, sollten diese Flächen von geschlossener Bebauung freigehalten werden. Einzelne Gebäude führen meist zu keinen wesentlichen Veränderungen der Strömungsverhältnisse, wenn sie die Höhe der angrenzenden oder umliegenden Bebauung nicht übersteigen.

Die dunkelblauen Bereiche die für die Belüftung der thermisch hochbelasteten Siedlungsgebiete verantwortlich sind, fallen zunächst ins Auge. Schwerpunkt liegt im Bereich der Siedlungen im Neckartal, insbesondere Heilbronn und Neckarsulm, und den östlich und westlich gelegenen Niederungen. Im Verbandsgebiet gibt es ferner Städte mit klimatisch bedeutsamen angrenzenden Frei- und Grünflächen. Hier sind Öhringen, Schwäbisch Hall, Crailsheim und Bad Mergentheim zu nennen.

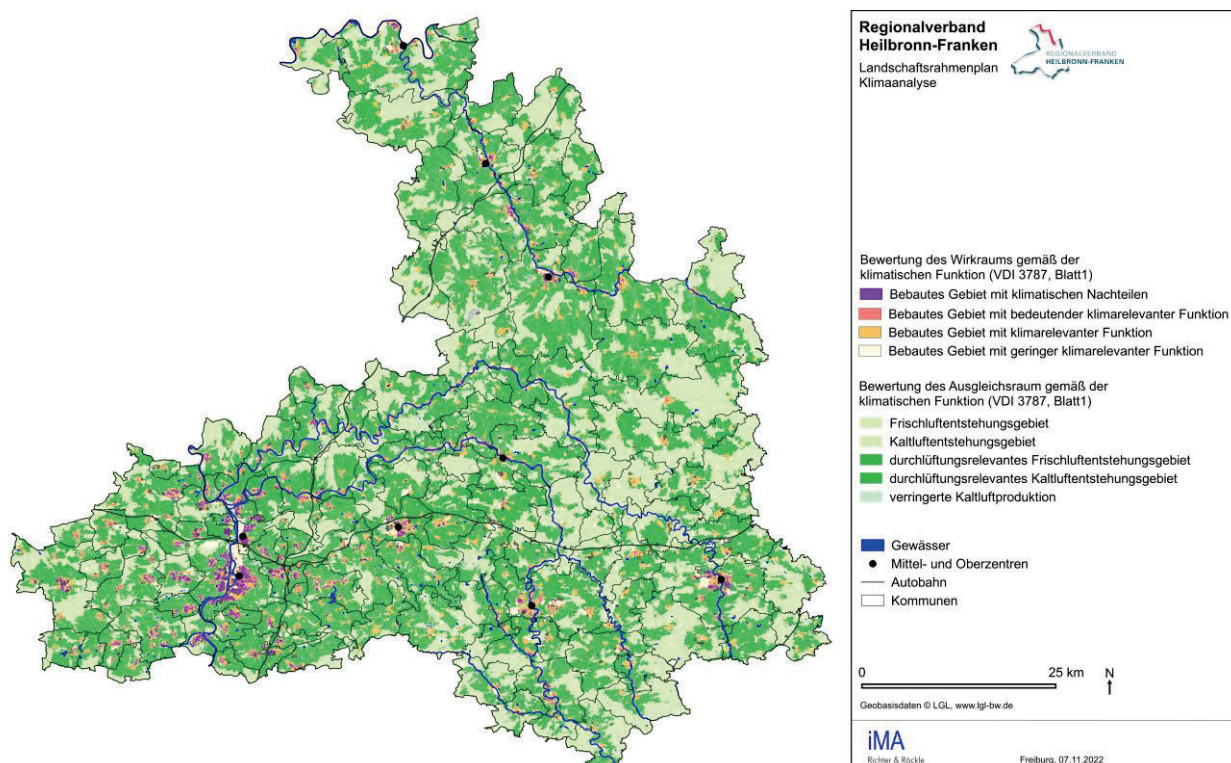


Abbildung 6-12: Planungshinweiskarte für den Regionalverband Heilbronn-Franken nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 (2015).

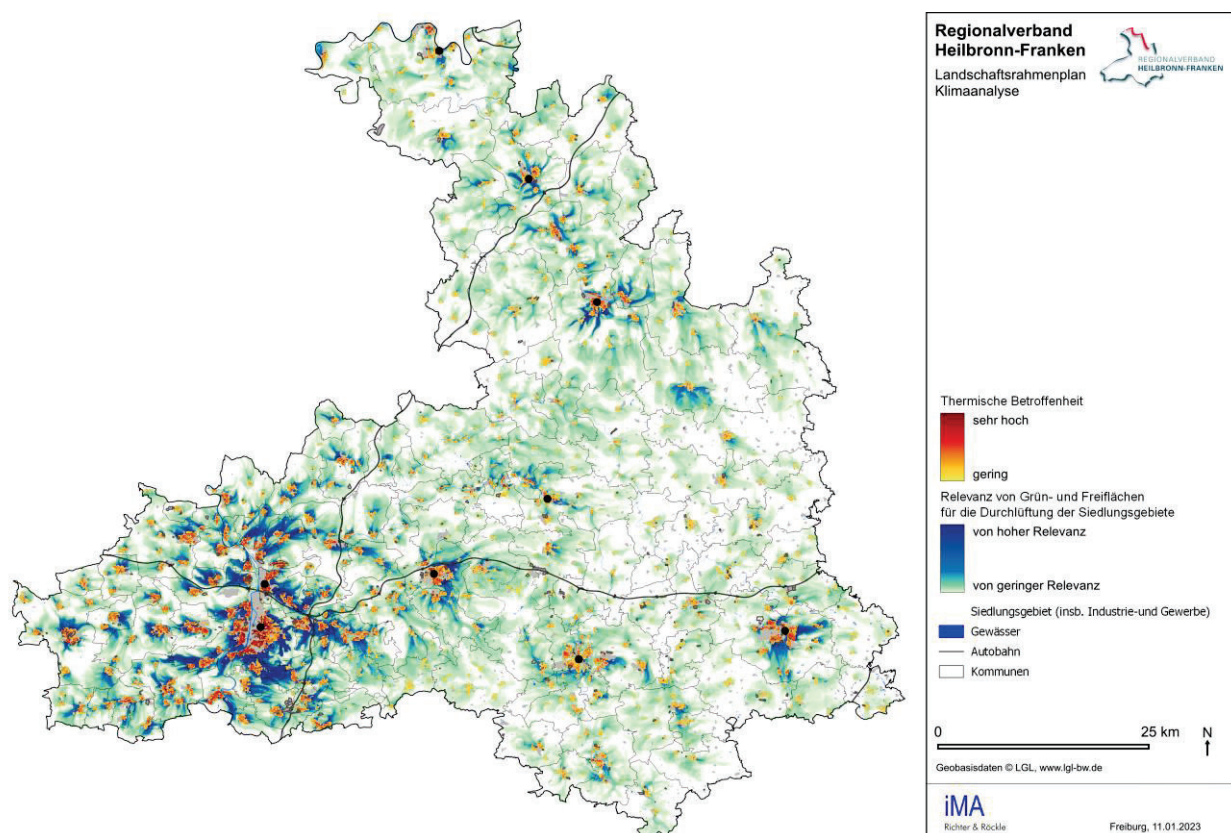


Abbildung 6-13: Planungshinweiskarte für den Regionalverband Heilbronn-Franken mit Darstellung der regionalplanerisch relevanten Kaltluftströmungen.

7 Vorschläge zur Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsflächen

Der Regionalverband konkretisiert nicht nur die Vorgaben des Landesentwicklungsplans. Er legt ferner die Siedlungs- und Freiraumstruktur fest. Dazu gehört auch die Sicherung von regional bedeutsamen Flächen durch die Ausweisung von Vorrang- oder Vorbehaltsflächen. Der Fokus liegt auf Flächen im Ausgleichsraum, während der Fokus städtebaulicher Klimaanpassungsmaßnahmen auf dem Wirkungsraum liegt.

In Vorranggebieten hat der Schutz der Kaltluftentstehungsgebiete und der Luftleitbahnen Vorrang, so dass eine Bebauung i.d.R. unzulässig ist.

In Vorbehaltsgebieten für besondere Klimafunktionen ist im Einzelfall eine Bebauung zulässig, wenn diese entsprechend „klimaverträglich“ erfolgt, sodass es zu keiner nennenswerten Verschlechterung der Durchlüftung der thermisch belasteten Siedlungsgebiete kommt. Die Abnahme der Kaltluftströmung sollte dazu laut VDI 3787 Blatt 5 unter 10 % liegen. Dies sollte durch ein qualifiziertes Klimagutachten nachgewiesen werden.

Weiterhin sind folgende Punkte zu beachten:

- Es wird erwartet, dass die lufthygienische Belastung in den nächsten Jahren weiter zurückgehen wird, wohingegen die thermische Belastung zunimmt. Der Fokus hinsichtlich der Ausweisungen liegt deshalb auf den thermischen Bedingungen.
- Die Sicherung regionalplanerisch bedeutsamer Ausgleichsräume für Siedlungsgebiete hoher thermischer Belastung ist nur für größere Siedlungsgebiete mit mindestens 1 ha Flächenanteil mittlerer bis extremer thermischer Betroffenheit zielführend. In kleinen Kommunen ist die Betroffenheit vergleichsweise gering.
- Einem regionalplanerisch bedeutsamen thermisch belasteten Siedlungsgebiet werden diejenigen Strömungssysteme zugeordnet, die zu dessen Belüftung beitragen. Luftleitbahnen und Kaltluftproduktionsgebiete sind an sich nicht schützenswert, wenn sie nicht zur Belüftung beitragen.
- Da Strömungssysteme mit geringer Gesamtvolumenstromdichte aufgrund ihrer schwachen Dynamik durch eine Erhöhung der Rauigkeit (z.B. durch Bebauung) stärker geschwächt oder gar zum Erliegen kommen, werden diese mit Blick auf die Festlegung von Vorranggebieten für besondere Klimafunktionen als planerisch schützenswerter eingestuft als solche mit großer Gesamtvolumenstromdichte (Gesamtvolumenstromdichte $> 60 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$), die gegenüber Veränderungen robuster sind.
- Als Vorranggebiete sollten nur die für die betrachtete Kommune relativ am höchsten bewerteten Kaltluftströmungen (Legende ggf. anpassen) ausgewiesen werden, welche sich im Idealfall über das Hoheitsgebiet einer oder mehrerer Kommunen erstrecken.
- Der Schutz von Kaltluftströmungen, deren Kaltluftproduktionsgebiete und Luftleitbahnen und -flächen innerhalb des Hoheitsgebietes einer Kommune liegen, obliegt der Kommune selbst. Eine Ausweisung von Vorbehaltsgebieten seitens der Regionalplanung kann bei besonders thermisch belasteten Siedlungen aus gutachterlicher Sicht sinnvoll sein.
- Für Kommunen in Kessellagen oder im Zustrombereich mehrerer Seitentäler, welche von Kaltluftströmungen aus mehreren Himmelsrichtungen belüftet werden, reicht aus gutachterlicher Sicht eine Ausweisung von Vorbehaltsgebieten aus. Hier kann gefordert werden, dass bei einer Planung die Auswirkungen auf das lokale Klima zu begutachten sind.

Der Schutz von klimatisch relevanten Ausgleichsflächen kann nur ein Teil der Klimaanpassungsstrategien sein. Wie auch beim Klimaschutz müssen bei der Anpassung viele unterschiedliche Akteure einen Teil beitragen, um aus lokalklimatischer Sicht „gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ sicherzustellen.

Es gibt zwar viele Empfehlungen den Klimawandelfolgen zu begegnen, da jede Kommune sowohl individuelle Merkmale aufweist, die sowohl das städtische Umfeld wie auch die lokalklimatischen Bedingungen betreffen, müssen auch die Anpassungsmaßnahmen flexibel gehandhabt werden.

Freiburg, den 03.02.2023

Dr. Rainer Röckle

Geschäftsleitung
Diplom-Meteorologe

Dr. Christine Ketterer

Fachlich Verantwortliche Klima
M.Sc. in Climate Sciences

Dr. Markus Hasel

Stellv. fachlich Verantwortlicher Klima
Diplom-Meteorologe

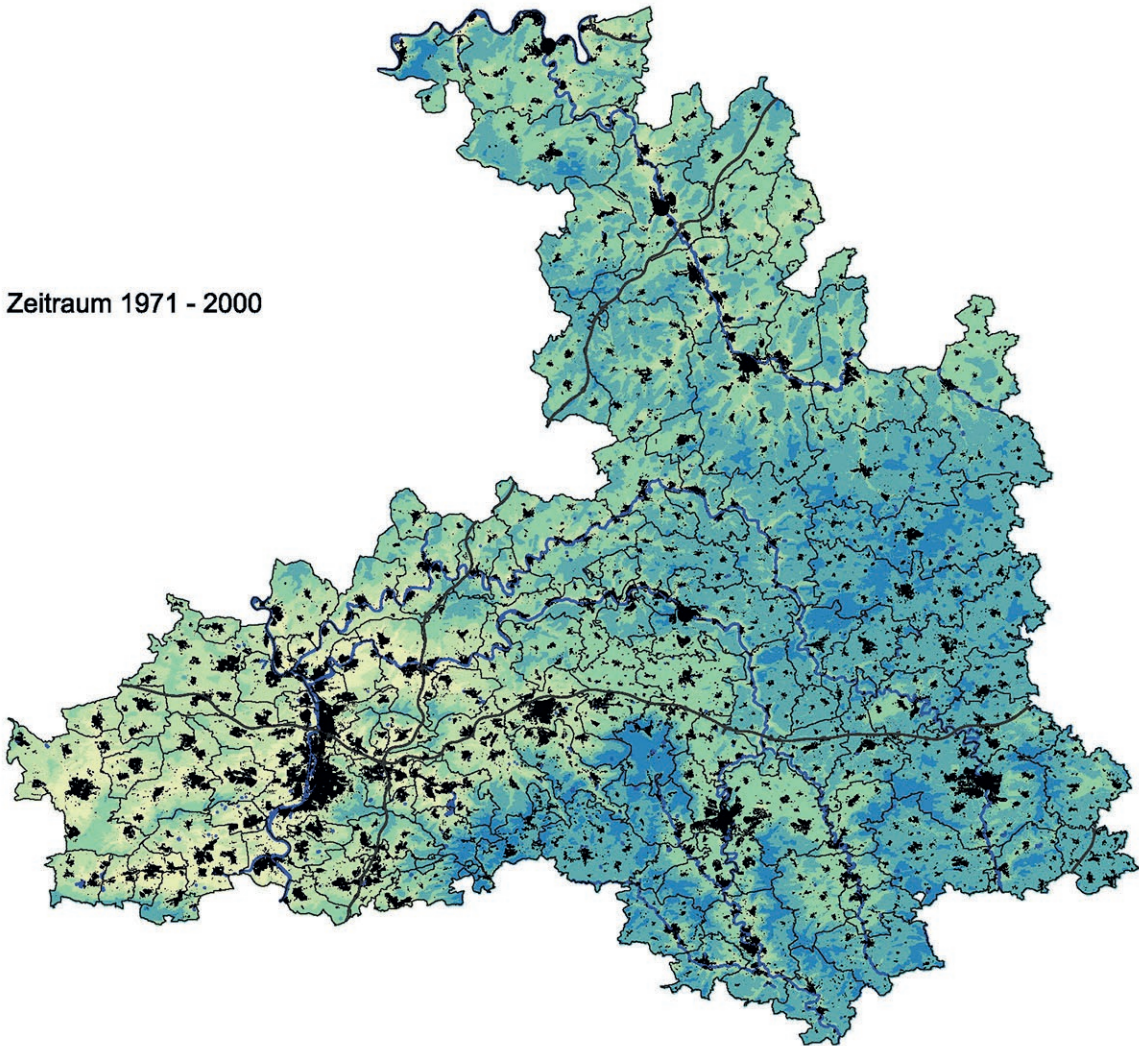
Dr. Tobias Gronemeier

Modellentwickler PALM, Sachverständiger
M.Sc. in Meteorologie

Dieser Bericht wurde nach den Anforderungen unseres Qualitätsmanagementsystems nach DIN 17025 erstellt. Er darf ohne die Genehmigung der iMA Richter & Röckle GmbH und Co. KG weder ganz noch in Teilen weitergegeben oder vervielfältigt werden.



Zeitraum 1971 - 2000

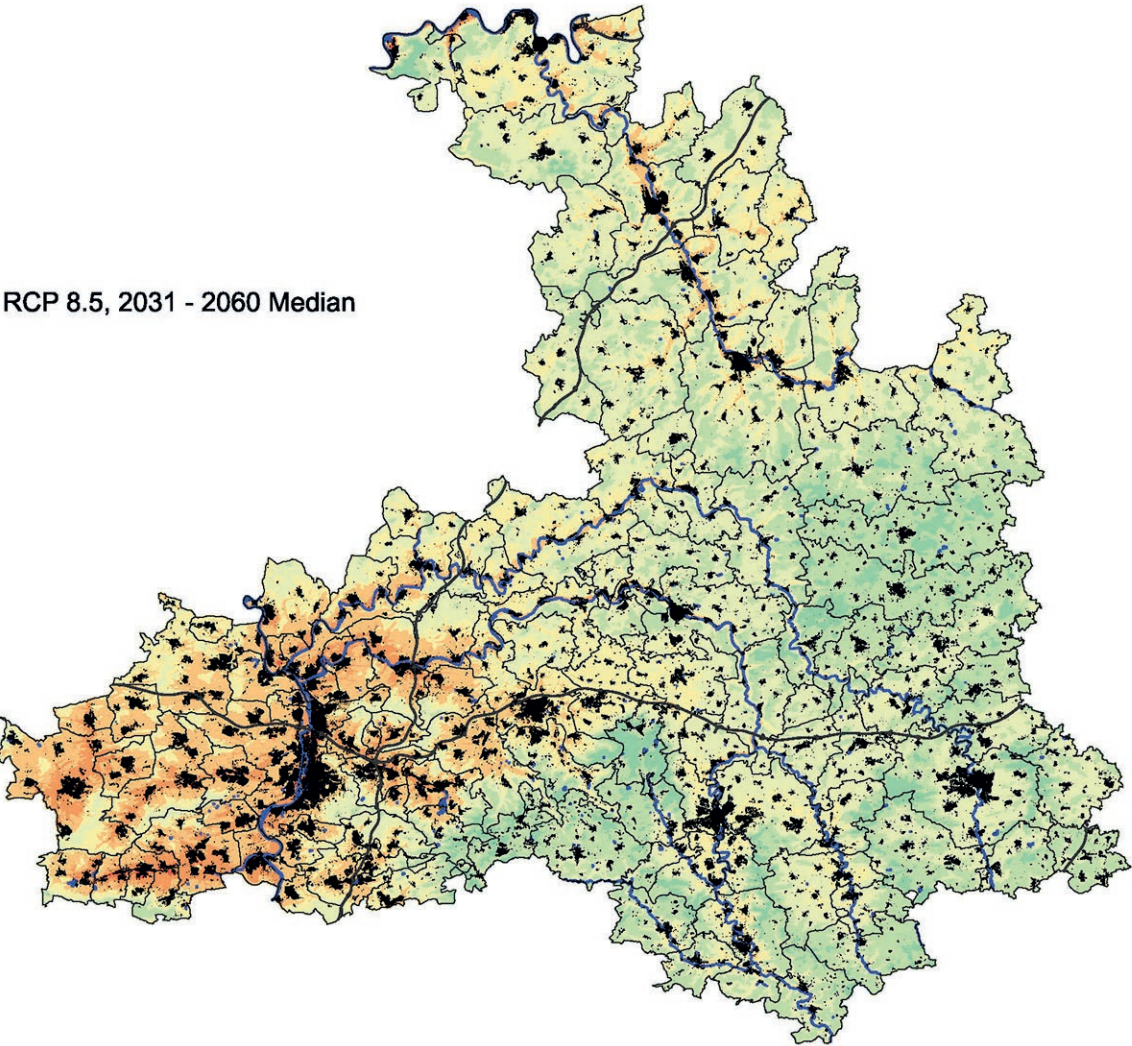


Anzahl an Sommertagen

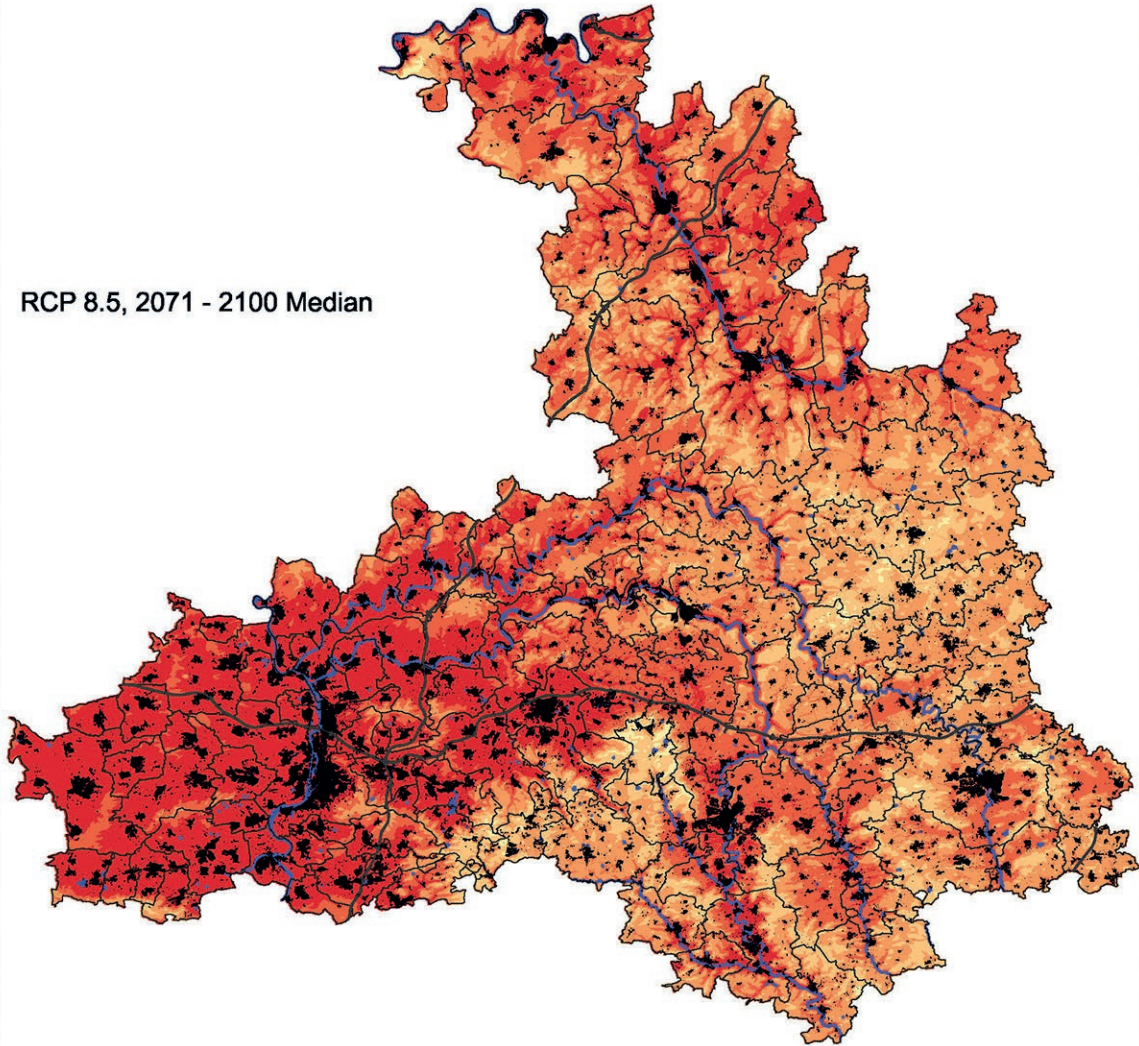
- <= 28
- 28 - 36
- 36 - 44
- 44 - 52
- 52 - 60
- 60 - 68
- 68 - 76
- 76 - 84
- 84 - 92
- > 92

- Kommunen
- Gewässer
- Autobahnen
- Gebäude
- Mittel- und Oberzentren

RCP 8.5, 2031 - 2060 Median



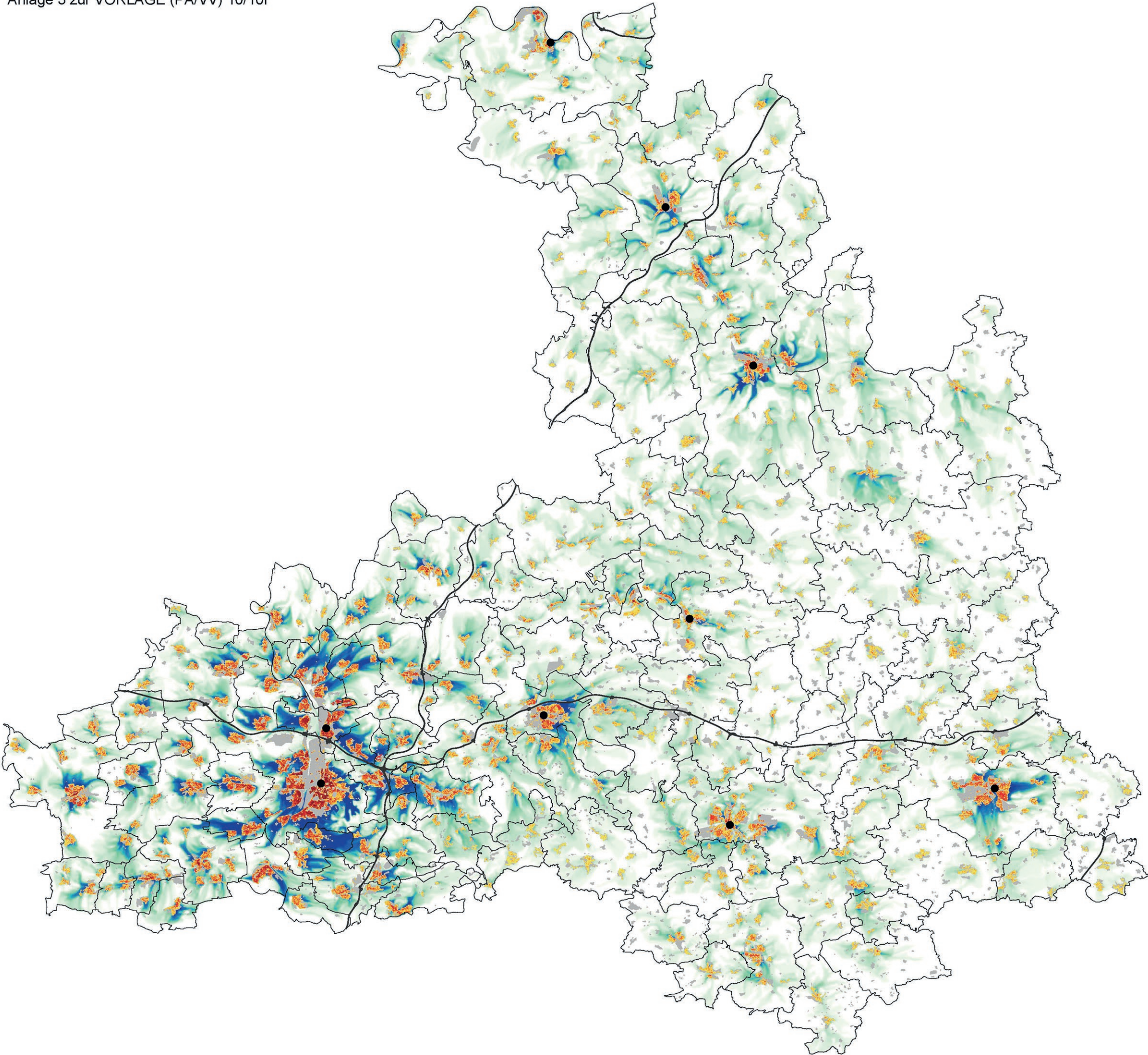
RCP 8.5, 2071 - 2100 Median



0 25 km



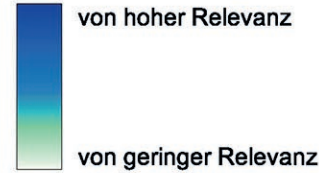
Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de



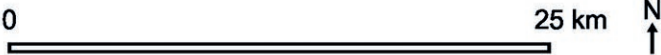
Thermische Betroffenheit



Relevanz von Grün- und Freiflächen
für die Durchlüftung der Siedlungsgebiete



- Siedlungsgebiete (insb. Industrie und Gewerbe)
- Mittel- und Oberzentren
- Autobahnen
- Kommunen



Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de