

Auftraggeber: Regionalverband Heilbronn-Franken
Am Wollhaus 17
74072 Heilbronn

Klimaanalyse für den Regionalverband Heilbronn-Franken

– Kurzzusammenfassung –

Projektnummer: 20-03-06-FR
Umfang: 8 Seiten
Datum: 26.04.2023
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



Situation und Aufgabenstellung

Durch den anthropogenen Klimawandel wird im 21. Jahrhundert ein Anstieg der mittleren Lufttemperatur sowie eine Zunahme von klimatischen Extremereignissen, wie der Dauer, Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen und der Anzahl an heißen Tagen (Tageshöchsttemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$) erwartet.

Die weltweite Zunahme von klimatischen Extremereignissen zeigt, dass massiver Handlungsbedarf zur Reduzierung der Emission klimaaktiver Gase besteht. Auf den Weltklimakonferenzen werden durch unterschiedlichste politische und wirtschaftliche Interessen im Wesentlichen nur Willensbekundungen zur Einsparung fossiler Brennstoffe 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 Stürmen, Starkregen, Hochwasser, Unwetter, Trockenheit und Hitze schützen. Hier sind die Planenden beim Land, in den Regionalverbänden und nicht zuletzt in den Städten und Kommunen gefragt. Neben Notfallplänen um Unwetterereignissen zu begegnen, sollen die Bedingungen in belasteten Siedlungsräumen durch Planungen nicht weiter verschlechtert und Flächen mit Klimaausgleichspotenzial erhalten werden.

Die Klimaanalyse des Regionalverbands Heilbronn-Franken

Der Regionalverband Heilbronn-Franken will im 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 Baden-Württemberg unterstützt.

In dieser Klimaanalyse wird der thermische Wirkungskomplex im Zusammenhang mit der Entlastung durch Kaltluftströmungen untersucht. Im Fokus steht die Auswirkung auf die menschliche Gesundheit.

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. Städte weisen zudem nachts aufgrund der Wärmespeicherung von Baumaterialien und der Versiegelung bei windschwachen Strahlungswetterlagen eine gegenüber dem Umland deutlich erhöhte Lufttemperatur auf. Dadurch wird die nächtliche Regeneration der Stadtbewohner herabgesetzt, wodurch u.a. die Produktivität am Arbeitsplatz sinkt, die Mortalität und Morbidität jedoch ansteigt.

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

Die vom Regionalverband Heilbronn-Franken in Auftrag gegebene Klimaanalyse identifiziert die Intensität und Häufigkeit der thermischen Belastung mit dem Fokus auf die Siedlungsbereiche (Wirkungsraum) und ermittelt gleichzeitig die für die Städte und Gemeinden durchlüftungsrelevanten Kaltluftströmungen und Flurwinde einschließlich der dazugehörigen Kaltluftentstehungsgebiete und Luftleitbahnen (Ausgleichsraum).

Die regionale Klimaanalyse verfolgt den anthropozentrischen Ansatz, die für die Siedlungsbereiche belüftungsrelevanten Ausgleichsflächen zu identifizieren. Die Sicherung klimabedeutsamer Flächen erfordert die Kenntnis, wo die belasteten Siedlungsbereiche liegen und welche Ausgleichsräume für deren Entlastung sorgen.

Dazu wurden mithilfe des dreidimensionalen mesoskaligen Klimamodells FITNAH flächendeckend in einer räumlichen Auflösung von 50 m · 50 m ein hochsommerlicher Tag ohne übergeordneten Wind und ohne Bewölkung (autochthone Wetterlage) simuliert. Lokalklimatische Besonderheiten, wie die urbane Wärmeinsel und die Kaltluftströme, bilden sich während solcher Wetterlagen besonders gut aus (siehe VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1:2015). Die thermische Belastung für den Menschen ist im Sommer bei diesen Bedingungen meist am höchsten.

Das prognostische Modell FITNAH löst die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie auf einem dreidimensionalen geländefolgenden Raster. Eingangsdaten sind das digitale Höhenmodell, die Landnutzung und der Anfangszustand der Atmosphäre. Als Ergebnisse werden die Strömungsverhältnisse, die Luft- und Bodentemperaturen, die Feuchteverteilung und die Strahlungsflüsse ausgewiesen.

Zur Berücksichtigung des Klimawandels werden meteorologische Größen aus mehreren Regionalen Klimamodellen (Multi-Modell-Multi-Szenario-Ensembledaten aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs-De) für die nähere Zukunft (2031 – 2060) und die ferne Zukunft (2071 – 2100) für die Szenarien RCP 4.5¹ und RCP 8.5² ausgewertet. Dabei wird z.B. die Anzahl an Sommertagen mittels der Quader-Methode von einer ursprünglichen Auflösung von 12,5 km · 12,5 km auf 50 m · 50 m verfeinert.

Aus den Simulationsdaten lassen sich die nachmittägliche Hitzebelastung für den Menschen in Form der gefühlten Temperatur (Physiologisch Äquivalente Temperatur, PET) berechnen. So wird unter Verwendung von Methoden der Human-Biometeorologie berücksichtigt, dass das menschliche Temperaturempfinden nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von der Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit und den Strahlungsflüssen (Unterschied zwischen Schatten und Sonne) abhängt.

Auf Grundlage der Modellsimulationen wird auch die Ausprägung der nächtlichen urbanen Wärmeinsel und der abend- und nächtlichen Strömungssysteme ausgewiesen. Zusätzlich wird die jetzige und zukünftige Häufigkeit der thermischen Belastung in Form der Zahl der Sommertage quantifiziert und berücksichtigt. Aus der Intensität und Häufigkeit der thermischen Belastung wird unter Berücksichtigung der Einwohnerdichte und der klimasensiblen Nutzungen (z.B. Krankenhäuser) die Betroffenheit (Vulnerabilität) der Siedlungsräume bestimmt.

In die Bewertung der Ausgleichsfunktion durch Kaltluftabflüsse geht die Betroffenheit des belüfteten Wirkungsraumes ein. Je höher die thermische Belastung und die Einwohnerdichte ist, desto höher ist die thermische Betroffenheit und desto größer ist die Relevanz des entlastenden Strömungssystems (Kaltluftströmung/Flurwind). Ein Kaltluftstrom, der eine thermisch belastete

¹ Szenario RCP 4.5: Eher geringe globale Erwärmung der Erdoberflächentemperatur von 1,1 K bis 2,6 K bis 2081 – 2100 gegenüber 1986 – 2005.

² Szenario RCP 8.5: Hohe globale Erwärmung von 2,6 K bis 4,8 K bis 2081 – 2100 gegenüber 1986 – 2005.

Siedlungsstruktur belüftet, hat demnach einen höheren Stellenwert als ein Kaltluftstrom, der eine thermisch gering belastete Siedlung erreicht.

Auch wenn es zu einzelnen Fragestellungen 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 interpretieren³. Der Arbeitsprozess wurde deshalb durch sechs Sitzungen mit dem Regionalverband Heilbronn-Franken begleitet. Die Schwerpunkte lagen dabei auf der Beschaffung und Erhebung der Eingangsdaten sowie der iterativen Erarbeitung der Bewertungsmaßstäbe. Zur politischen Partizipation wurde ein Arbeitskreis Klima gebildet, in welchem über mehrere Runden die Zielsetzung, die Vorgehensweise und die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert wurden. Dieser bestand aus Mitgliedern aller Fraktionen der Verbandsversammlung des Regionalverbands Heilbronn-Franken.

Die hochaufgelöste regionale Klimaanalyse stellt eine wesentliche Datengrundlage für die Fortschreibung der Regionalplanung für die Region Heilbronn-Franken dar (Maßstab 1:50.000). Für den Schutz der regional bedeutsamen, klimarelevanten Ausgleichsräume stehen den Regionalplanern eine Anzahl von freiraumsichernden Instrumenten, wie der Ausweisung von Vorranggebieten, Vorbehaltsgebieten oder Regionalen Grünzügen zur Verfügung.

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. So können auch die Städte und Gemeinden des Regionalverbands Heilbronn-Franken die Ergebnisse auf den nachgeordneten kommunalen Planungsebenen verwendet werden (siehe unten).

Ergebnisse der regionalen Klimaanalyse

Grundlegende thermische Verhältnisse und Kaltluftströmungen

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

³ Beispielsweise ist ein Temperaturwert von 30 °C in durchschnittlich wärmeren Gebieten anders zu interpretieren als in durchschnittlich kühleren Gebieten, in denen dieser Temperaturwert nie oder sehr selten auftritt.

Die zukünftige klimatische Entwicklung wurde aus Ergebnissen regionaler Klimamodellierungen und deren Verfeinerung mittels Quader-Methode ermittelt. Zukünftige Klimaprojektionen zeigen eine Zunahme der Lufttemperatur um 2 K zur Mitte bzw. um 4 K zum Ende des Jahrhunderts. Dadurch ändern sich auch die klimatischen Kenntage wie beispielsweise die Anzahl an Sommertagen, welche als Indikator der Häufigkeit von Wärmebelastungssituationen dienen. Während die jährliche Anzahl an Sommertagen in Heilbronn bereits im Zeitraum 1971 – 2000 mit 58 Tagen vergleichsweise hoch war, steigt dieser Wert auf über 111 Tage im Jahr zum Ende des Jahrhunderts an. Auch Gebiete mit bisher wenigen Sommertagen werden bis 2100 deutlich mehr Sommertage aufweisen. Exemplarisch für den ländlichen Raum weist Frauental im Zeitraum 1971 – 2000 nur etwa 40 Sommertage pro Jahr auf. Gegen Ende des Jahrhunderts werden dort dann auch über 91 Sommertage pro Jahr prognostiziert.

Die Ergebnisse liegen sowohl als einzelne Themenkarten wie auch als zusammenfassende Planungshinweiskarte vor. In der Planungshinweiskarte (Abbildung 1) 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 Flächen im Ausgleichsraum interessant, sofern sie kommunale Grenzen überschreiten.

Interpretation und Anwendung der Klimaanalyse in den Kommunen

Die hochaufgelöste Klimaanalyse für die Region Heilbronn-Franken ist so konzipiert, dass die Daten für die Kommunen im Regionalverband auch über die regionale Klimaanalyse hinaus nutzbar sind. So können die Daten auf kommunaler Basis weiter ausgewertet, oder als Grundlage für Planungen auf kommunaler Ebene herangezogen werden. Bei Fragestellungen, die detailliertere Ergebnisse benötigen, können die Daten der regionalen Klimaanalyse durch weiterführende Analysen verfeinert werden. Auch ist die Verwendung in der Flächennutzungsplanung möglich.

Die regionale Klimaanalyse als Grundlage

Die hochaufgelöste Klimaanalyse für die Region Heilbronn-Franken stellt eine wesentliche Grundlage für die Ausarbeitung von Landschaftsplänen, Umweltberichten und Grünordnungsplänen dar. Die Ergebnisse werden in einem WebGIS veröffentlicht und als georeferenzierte Daten den Städten und Gemeinden zur Verfügung gestellt. Planende in den Kommunen erhalten so die Möglichkeit, die Daten unter dem Aspekt einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung aus klimatischer Sicht, z.B. für die Flächennutzungsplanung oder die Erarbeitung von Klimaanpassungskonzepten zu nutzen.

So können Karten der thermischen Belastung und Betroffenheit Hinweise geben, wo Klimaanpassungsmaßnahmen sinnvoll platziert werden können. Die Stadtplanung kann zudem aus der thermischen Betroffenheit ableiten, wo innerstädtisch eine stärkere Durchgrünung zielführender ist, als eine Nachverdichtung.

Die Bewertung des Ausgleichsraums gibt Hinweise, wo aus klimatischer Sicht eine Bebauung einer guten Belüftung des Siedlungsgebietes während thermisch belasteter Wetterlagen im Wege steht, aber auch wo eine Bebauung aus klimatischer Sicht möglich wäre.

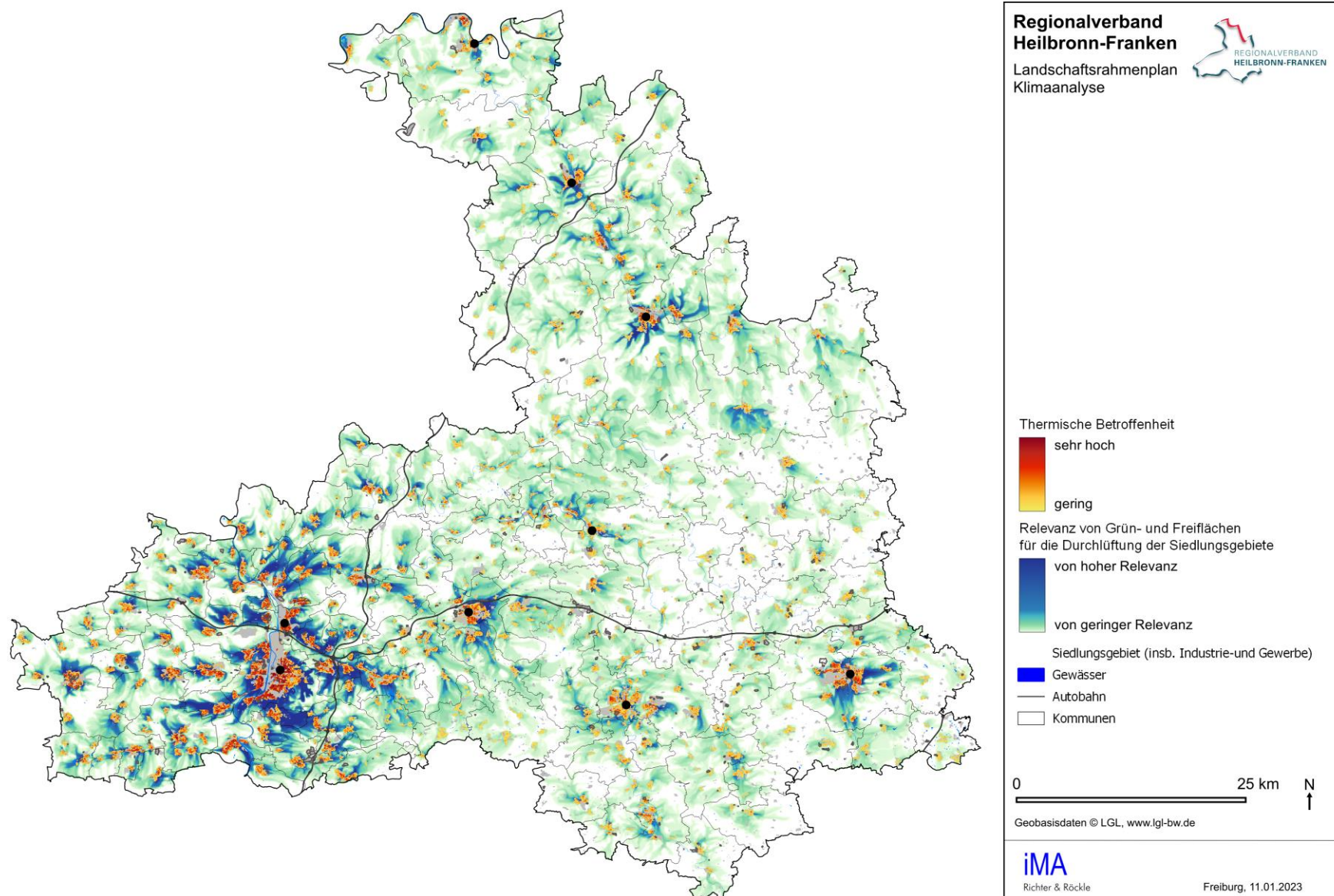


Abbildung 1: Planungshinweiskarte für den Regionalverband Heilbronn-Franken mit Darstellung der regionalplanerisch relevanten Kaltluftströmungen.

Die flächendeckende Klimaanalyse kann allerdings eine detaillierte Stadtklimaanalyse nur eingeschränkt ersetzen. Dies liegt an der Zielsetzung der regionalen Analyse, der räumlichen Auflösung zur Ausweisung der innerörtlichen Hotspots und dem Fehlen konkreter Empfehlungen für Klimaanpassungsmaßnahmen. Auch die Auswirkungen einer Bebauung zukünftiger Potenzialflächen kann nur durch ergänzende Simulationen beantwortet werden.

Berücksichtigung der klimatischen Belange in der Flächennutzungsplanung

Zur Berücksichtigung der klimatischen Belange in der Flächennutzungsplanung können in einer zusätzlichen Simulation mit dem Mesoskalenmodell FITNAH die potenziellen Plangebiete berücksichtigt werden und die Änderungen des Lokalklimas (Lufttemperatur, Kaltluftabflüsse, etc.) quantifiziert und dargestellt werden. Abschließend können Planungshinweise pro Plangebiet ausgearbeitet werden.

Liegen bereits detaillierte Planungen zur Bebauung, wie Lage und Höhe der Gebäude, vor, können auch mikroskalige Simulationen in einer höheren Auflösung durchgeführt werden.

Verfeinerung der regionalen Klimaanalyse durch mikroskalige Simulationen

Für Fragestellungen, die einen hohen Detailgrad erfordern, kann die regionale Klimaanalyse mit mikroskaligen Modellen, wie z.B. PALM-4U oder ENVI-met, ergänzt werden. Mikroskalige Stadtklimamodelle berechnen das Lokalklima auf feinen Gittern (Maschenweite < 10 m). Dabei werden sowohl die Strömungsverhältnisse als auch die thermischen sowie die human-biometeorologischen Bedingungen detailliert betrachtet.

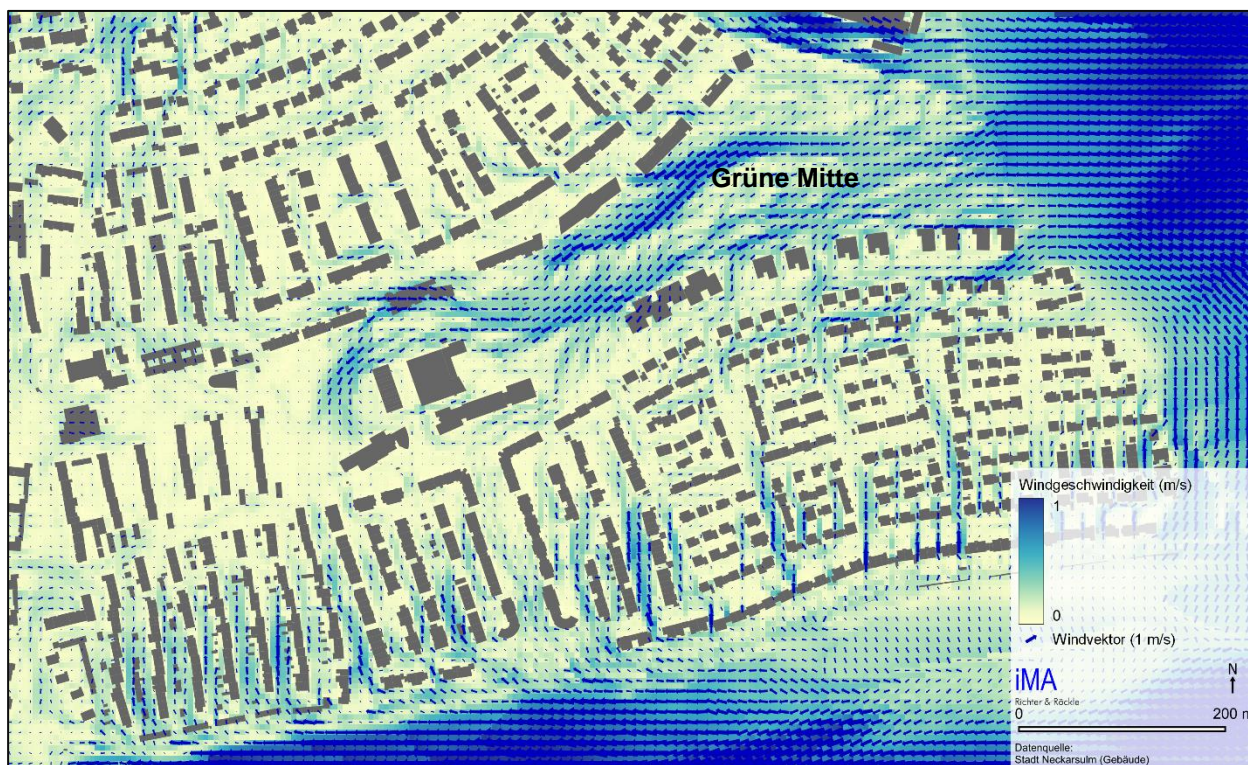


Abbildung 2: Bodennahe Durchlüftung der Ortschaft Amorbach bei Neckarsulm. Teilergebnis der Stadtklimaanalyse Neckarsulm, die auf den Ergebnissen der regionalen Klimaanalyse aufbaut.

Die Ergebnisse der vorliegenden regionalen Klimaanalyse stellen für die mikroskalige Betrachtung die Grundlage der Untersuchung dar. Die ermittelten regionalklimatischen Bedingungen dienen den mikroskaligen Simulationen als Antrieb. Über solche sogenannten „Nesting“-Verfahren können die regionalen klimatischen Verhältnisse in den mikroskaligen Simulationen angemessen berücksichtigt werden. Die Güte der mikroskaligen Analyse werden so deutlich erhöht.

Mikroskalige Modelle berücksichtigen durch ihre hohe räumliche Auflösung (geringe Maschenweite) deutlich mehr Details. So werden Gebäude und die hohe Vegetation wie Straßenbäume explizit in den Simulationen berücksichtigt. Die Umströmung von Gebäuden oder der Schattenwurf von Bäumen fließt somit realitätsnah in die Ergebnisse ein. Dies ermöglicht Aussagen zu Gebäudekonfigurationen und deren Einfluss auf die Durchlüftung in ihrer Umgebung zu treffen. Ergebnisse zu den thermischen Verhältnissen helfen, sogenannte „Hot-Spots“ zu identifizieren, also Bereiche mit hoher thermischer Belastung am Tag und fehlender Durchlüftung in der Nacht.

Als Beispiel einer detaillierten Analyse mit mikroskaligen Simulationen zeigt Abbildung 2 die Strömungsverhältnisse der Ortschaft Amorbach in Neckarsulm. Durch die verwendete Auflösung von 5 m · 5 m sind Aussagen zu der Durchlüftung in einzelnen Straßenzügen möglich. Gut zu erkennen sind die positiven Effekte auf die Durchlüftung durch die „Grüne Mitte“, einer breiten Parkanlage ohne Bebauung. Die abendliche Kaltluftströmung dringt von Osten her in die Parkanlage ein und belüftet so die Bebauung nördlich und südlich des Parks. Zeilenbebauung nördlich der Grünen Mitte sowie am südlichen Rand der Ortschaft verhindert teilweise das Eindringen von Kaltluft.

Ergebnisse dieser Art können für konkret geplante Bauprojekte wertvolle Zusatzinformationen liefern, um deren Verträglichkeit mit dem Lokalklima zu prüfen. Auch für größere Stadtgebiete können durch detaillierte mikroskalige Analysen stadtklimatische Problembereiche herausgearbeitet werden, um diesen anschließend gezielt durch stadtplanerische Maßnahmen zu begegnen.