

KLIMAANALYSE STADT RODGAU

Klimaanalyse nach VDI-Richtlinie
(Klimaanalyse- und Planungshinweiskarte)
für die Stadt Rodgau.

Klimaanalyse Stadt Rodgau

Auftraggeber: Magistrat der Stadt Rodgau
Fachdienst 2 - Stadtplanung
Hintergasse 15
63110 Rodgau



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



Bearbeitung: Dipl.-Ing. Sebastian Kupski und B.Sc. Ursula Rachor

Qualitätssicherung: Prof. Dr. Lutz Katzschner


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

Gefördert mit Mitteln des Landes Hessen



Hessisches Ministerium für Umwelt,
Klimaschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz

**Integrierter
Klimaschutzplan
Hessen 2025**



Lohfelden im Februar 2020

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

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

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1. HINTERGRUND..... | 6 |
| 2. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG..... | 7 |
| 2.1 ZIELE VON STADTKLIMAANALYSEN | 9 |
| 2.2 STADTKLIMATISCHER BEWERTUNGSINDEX | 11 |
| 3. METHODIK..... | 13 |
| 3.1 EINFÜHRUNG KLIMAFUNKTIONSKARTE..... | 13 |
| 4. DATENGRUNDLAGE | 14 |
| 4.1 DATENBESTAND KLIMAANALYSE STADT RODGAU | 14 |
| 4.2. METEOROLOGISCHE EINORDNUNG | 14 |
| 5. ÜBERSICHT DER THEMENKARTEN..... | 16 |
| 5.1 GEBÄUDEVOLUMEN | 19 |
| 5.2 KALTLUFTMODELLIERUNG MIT KLAM_21..... | 21 |
| 6. KLIMAFUNKTIONSKARTE | 23 |
| 6.1 KLIMATOPE..... | 23 |
| 6.2 LEGENDE DER KLIMAFUNKTIONSKARTE | 29 |
| 6.3 KLIMAFUNKTIONSKARTE..... | 30 |
| 7. PLANUNGSHINWEISKARTE (PHK) | 31 |
| 7.1 BESCHREIBUNG DER RÄUMLICHEN PLANUNGSHINWEISE..... | 31 |
| 7.2 LEGENDE DER PLANUNGSHINWEISKARTE | 33 |
| 7.3 PLANUNGSHINWEISKARTE | 34 |
| 8. SCHLUSSBETRACHTUNG | 35 |
| 9. LITERATUR | 38 |
| 10. ANLAGE | 40 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Schema "Thermischer Wirkungskomplex" | 12 |
| Abbildung 2: Windrose Flughafen Frankfurt am Main im langjährigen Mittel. | 15 |
| Abbildung 3: Schematische Darstellung der angewandten Methode. | 18 |
| Abbildung 4: Themenkarte „Gebäudevolumendichte“, ohne Maßstab (Original in Anhang). | 20 |
| Abbildung 5: Kaltfluthöhe berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21 | 22 |
| Abbildung 6: Legende der Klimafunktionskarte Klimaanalysekarte Stadt Rodgau 2020. | 29 |
| Abbildung 7: Klimaanalysekarte Stadt Rodgau 2020, ohne Maßstab (Original in Anhang). | 30 |
| Abbildung 8: Legende der Planungshinweiskarte mit abgestimmten Planungshinweisen. | 33 |
| Abbildung 9: Planungshinweiskarte der Stadt Rodgau 2020, ohne Maßstab (Original in Anhang). | 34 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Wetterextreme in Offenbach/Main. | 7 |
| Tabelle 2: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010). | 12 |
| Tabelle 3: Digitale Eingangsdaten. | 14 |

1. Hintergrund

Die Stadt Rodgau mit den Stadtteilen Weiskirchen, Hainhausen, Jügesheim, Dufenhofen und Nieder-Roden befindet sich im Ballungsraum Rhein-Main-Gebiet im Landkreis Offenbach.

Die Gesamtgemarkung hat eine Größe von ca. 65 km², wovon 15 km² als Siedlungsfläche ausgewiesen sind, mit einer Bevölkerungszahl am 31.12.2019 von ca. 46.000 Einwohnern. (Zahlen und Daten Quelle IHK Offenbach am Main)

Von Süden nach Norden durchfließt die Rodau als Bach und Fließgewässer der Niederungen das Stadtgebiet.

Für die Stadt Rodgau wurde eine klimaökologische Analyse durchgeführt. Ausgehend von der betrachteten Ist-Situation (Klimaanalysekarte) wurden lokal abgestimmte Maßnahmen zur Minderung der prognostizierten Klimaauswirkungen den Flächen zugeordnet (Planungshinweiskarte).

Basis für die Darstellung bildet dabei die aktuelle Fassung der VDI 3787 Blatt 1:2015-09 (Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen). Sowie die VDI 3787 Blatt 8: Gründruck (Umweltmeteorologie - Stadtentwicklung im Klimawandel).

Solche umfangreichen Untersuchungen des Stadtklimas und vor allem der Kalt- und Frischluftversorgung sind bei der Stadtentwicklung notwendig, um gesunde Lebens-, Wohn- und Arbeitsbedingungen zu erhalten, zu sichern und weiter zu entwickeln. Gesetzlich ist dies etwa im BauGB verankert (§ 1 Abs. 5). Auch laut der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, Fortschrittsbericht 2020) nimmt die Stadt- und Raumplanung eine „Schlüsselrolle im Bereich der Klimaanpassung“ ein. Da sich die steigende Hitzebelastung negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt, ist im Themenbereich „Stadtklima und Luftqualität“ ein großer Handlungsbedarf gegeben. Eine klimasensible Entwicklung ist nur möglich, wenn die heutige Planung auf fundierten Kenntnissen der stadtklimatischen Gegebenheiten aufbaut.

2. Einleitung und Aufgabenstellung

Der Sommer 2018 und auch der Sommer 2019 zeigten durch die extrem langen und trockenen Hitzephasen die bereits beginnenden Auswirkungen des voranschreitenden Klimawandels auf (s. Tabelle 1). Auch in gemäßigten klimatischen Bereichen wie Nordhessen wurden die Folgen für die Bevölkerung bereits deutlich spürbar.

Tabelle 1: Wetterextreme in Offenbach/Main. Quelle: DWD, www.dwd.de/DE/wetter/wetterundklima_vorort/hessen/offenbach/

Lufttemperatur

Offenbach-Wetterpark, 01.12.2005 - 13.02.2021

| Mittel- und Extremwerte | extrem kalt | | normal | extrem warm | |
|--|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| | Minimum | Datum | Mittel | Maximum | Datum |
| Jahresmittel (°C) | 9,4 | 2010 | 10,6 | 12,0 | 2018 |
| absolut niedrigstes und höchstes Monatsmittel (°C) | -2,3 | Jan 2009 | - | 23,6 | Jul 2006 |
| absolute Minima und Maxima (°C) | -17,5 | 07. Jan 2009 | - | 39,9 | 25. Jul 2019 |
| Jährliche Anzahl | Minimum | Datum | Mittel | Maximum | Datum |
| Sommertage (Tmax ≥ 25 °C) | 44 | 2010 | | 106 | 2018 |
| Heiße Tage (Tmax ≥ 30 °C) | 6 | 2011 | | 40 | 2018 |
| Jährliche Anzahl | Maximum | Datum | Mittel | Minimum | Datum |
| Frosttage (Tmin < 0 °C) | 98 | 2010 | | 41 | 2014 |
| Eistage (Tmax < 0 °C) | 42 | 2010 | | 0 | 2008 |

Hinweis:

Alle Mittel beziehen sich auf den Zeitraum 01.01.1981 bis 31.12.2010 und alle Extrema auf den Zeitraum 01.12.2005 bis 13.02.2021. Ist ein Minimum oder Maximum mehrfach aufgetreten, wird nur das Datum für das letztmalige Auftreten genannt und mit * gekennzeichnet.

Die angewandte Stadtklimatologie befasst sich seit geraumer Zeit mit Analysemethoden, die direkte Grundlagen für eine Vielzahl planerischer Fragestellungen hervorbringen. Das Stadtklima setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen, da es sowohl durch thermische als auch dynamische Aspekte geprägt wird. Starken Einfluss nimmt dabei der Mensch, da durch den Eingriff und die Veränderung der Umwelt auch die klimatischen Bedingungen beeinflusst und verändert werden. Ausgehend von einem hohen Versiegelungsgrad der Oberflächen, dem teilweise sehr geringen Vegetationsanteil, der Wärmespeicherfähigkeit der verwendeten Materialien sowie dem eingeschränkten Luftaustausch aufgrund der hohen Bodenrauigkeit, stellt der städtische Raum im Vergleich zum Umland eine veränderte Ausgangslage dar.

Der regionalklimatische Hintergrund im gesamten Rhein-Main-Gebiet stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Da in diesem Bereich durch die bereits beschriebene Topografie ein besonders sensibler Austausch von Luftmassen zu erwarten ist, muss auch der umliegende Bereich des Gemarkungsgebietes der Stadt Rodgau in klimatischen Betrachtungen berücksichtigt werden. Wechselwirkungen

zwischen den einzelnen Bereichen können nur so sinnvoll betrachtet und in Bezug gesetzt werden.

Abschließend steht der Stadt Rodgau eine Klimaanalyse zur Ermittlung des Gefährdungspotenzials sowie Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Planungshinweiskarte) zur Verfügung, planungsrelevante Aufgaben, Maßnahmen und Empfehlungen für eine klimabewusste Entwicklung stehen bereit. Dafür werden als Grundlage u.a. folgende Kartenwerke angefertigt:

Klimaanalysekarte (Klimafunktionskarte)

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

Planungshinweiskarte

Um die Integration der Ergebnisse in die Planungsprozesse reibungslos zu gestalten, wurde aufbauend auf der KFK eine Planungshinweiskarte (PHK) erstellt, in der die analysierten und vielschichtigen Ergebnisse zusammengefasst sind. Durch die vereinfachte Darstellung ist es möglich, schnell und eindeutig eine Einschätzung der klimatischen Bedeutung einer Fläche zu erhalten. Auf Basis eines Katalogs mit Planungsempfehlungen können fundierte und lokal abgestimmte Maßnahmen direkt den Flächen zugeordnet werden.

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

„Für das Erkennen von lokalklimatischen Einzelheiten geeignete Wetterlagen sind von hohem Luftdruck geprägt, bei denen nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Dies bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimatelemente, z. B. Temperatur, Feuchte und Wind.“

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

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

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

Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinien VDI 3785 Blatt 1 (Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima) und VDI 3787 Blatt 2 (Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima) verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.“

2.1 Ziele von Stadtklimaanalysen

Das Signal, welches von Klimaveränderungen ausgeht, wird sich in Ballungsräumen und innerstädtischen Gebieten verstärkt auswirken. Die Zunahme an austauscharmen Strahlungswetterlagen vermehrt den Hitzestress, vor allem innerhalb windschwacher Stadträume. Zu beachten ist somit, wie sich der Wärmeinseleffekt und die Belüftung, auf die Lufthygiene und den thermischen Komfort auswirken. Die Hitzewellen im Juni und August 2003, im Juli/August 2015 sowie im Sommer 2018 und 2019 sind dafür eindrucksvolle Beispiele.

Damit Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten auch zukünftig gesichert sind und lebenswerte urbane Räume weiterhin ermöglicht werden, muss die Stadtplanung schon heute städtebauliche Planungen so optimieren, dass die thermischen Belastungen auch unter extremen Hitzebedingungen sowohl im Freien als auch in den Innenräumen auf ein erträgliches Maß begrenzt bleiben. Solche praxistauglichen Planungsleitfäden werden auf den unterschiedlichen Ebenen in Bundesländern (für Hessen: Anforderungen an die Berücksichtigung klimarelevanter Belange in kommunalen Planungsprozessen - Leitfaden für Kommunen -) und im Bereich der Forschung entwickelt. Sie sollen Konzepte beinhalten, auf welche Weise in bestehenden städtischen Strukturen der Hitzestress für Menschen minimiert werden kann, sodass ihr thermischer Komfort nur in erträglichem Ausmaß beeinträchtigt wird.

Richtlinien werden vor dem Hintergrund einer stadtplanerischen Anwendung erstellt, um mit einheitlicher Untersuchungsmethodik zur Ergebnisdarstellung und zur Bewertung des Stadtklimas zu kommen. Bei der Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene im Bereich der Stadtplanung ist es von größter Bedeutung, nicht auf die Darstellung der großräumigen mittleren klimatischen Verhältnisse einzugehen, sondern die differenzierte Betrachtung der einzelnen innerstädtischen Kleinklimate, einschließlich ihrer gegenseitigen Wechselwirkungen, zu bewerten. Das Mesoklima wird danach typischerweise dem Stadtentwicklungsplan und dem Flächennutzungsplan im Maßstab 1:25.000 bis 1:10.000 zugeordnet, während die

Bauleitplanung im Maßstab von 1:2.000 im mikroklimatischen Bereich bearbeitet werden muss.

Klimaanalysen und Stadtklimakarten werden deshalb vor dem Hintergrund von Stadtentwicklungsprozessen durchgeführt, die sowohl in wachsenden als auch in schrumpfenden Städten stattfinden. Damit verbunden ist die Tendenz, innerstädtisches Wohnen wieder attraktiver zu machen und die verdichtete Stadt gegenüber der Ausbreitung des Stadtraumes in das Umland vorzuziehen. Stadtplanungsziele und Planungsebenen sind mit den klimatischen Bewertungsmethoden in ihrer räumlichen, zeitlichen und quantitativen Beschreibung und Festlegung zusammenzuführen. Überall dort, wo dies bereits geschehen ist, wie in den Regionalplänen als Flächen für schützenswerte Klimafunktionen oder in den Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplänen als Überwärmungsbereiche, Frischluftversorgung und Luftleitbahnen, werden die Funktionen mit Planungsmaßnahmen belegt.

Stadtklimatologie erstreckt sich über die Bereiche Stadtplanung und Architektur, Gebäude- und Bauleitplanung sowie Quartiers- und Stadtentwicklungsplanung. Sie unterstützt den Anwender bei der Bewertung der thermischen und lufthygienischen Situation und der Auswirkung von Flächen, Verdichtungen, Konversionsmaßnahmen, Stadtrückbau und Einzelbaumaßnahmen. Die Berücksichtigung des Klimas in der Stadtplanung erfordert eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen den städtischen Faktoren und der Atmosphäre. Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit von der Stadtplanungsebene, als Karten in unterschiedlicher räumlicher Auflösung, dargestellt. Festlegungen von Untersuchungsmethoden und die Bewertung der Ergebnisse für den thermischen und lufthygienischen Wirkungskomplex sind abhängig von der Planungsebene und den hier verfügbaren Daten. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat sich zur Aufgabe gestellt, Richtlinien zu verfassen und Verfahren zur Erstellung von Klimakarten einheitlich zu regeln, um sie vergleichbar zu machen. Hierzu existieren einschlägige VDI Richtlinien: „Planungsrelevante Stadtklimatologie“, RL 3785 Blatt 1, „Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen“, RL 3787 Blatt 1, in denen folgende stadtklimatisch relevanten Fragestellungen dargestellt werden, wie sie auch in den EU-Guidelines zum 5. Rahmenprogramm entwickelt wurden:

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

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

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

Auf Grundlage dieser Erhebungen erfolgt die räumliche Festlegung in einer verbindlichen Planung. Festlegungen können sein: das Freihalten von Kalt- bzw. Frischluftentstehungsflächen (Hanglagen) und von Luftleitbahnen, Gebäudeausrichtung/ -höhe und Bebauungsdichte.

Solche Festlegungen können gemäß § 1a Baugesetzbuch (BauGB) in der Bauleitplanung erfolgen. Darüber hinaus sind aufgrund der Stadtklimaanalysen Darstellungen freizuhaltender Flächen im Flächennutzungsplan möglich. Ebenso kann überprüft werden, ob Festsetzungen in der Regionalplanung erfolgt sind. Klimabelange werden dort in der Planung regionaler Grünzüge berücksichtigt.

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

2.2 Stadtklimatischer Bewertungsindex

Grundlage der analysierten Klimatope (s. Kap. 6.1), bzw. deren Abgrenzungen, bildet der stadtklimatische Bewertungsindex „physiologisch äquivalente Temperatur“ (PET) (vgl. Höppe 1999).

Die biometeorologische Kenngröße PET beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007), und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex abhängig ist (siehe Abbildung 1). Dabei liegt das Behaglichkeitsniveau des Menschen bei einem PET-Wert von 24°C. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie selbstständig wieder abgegeben werden kann.

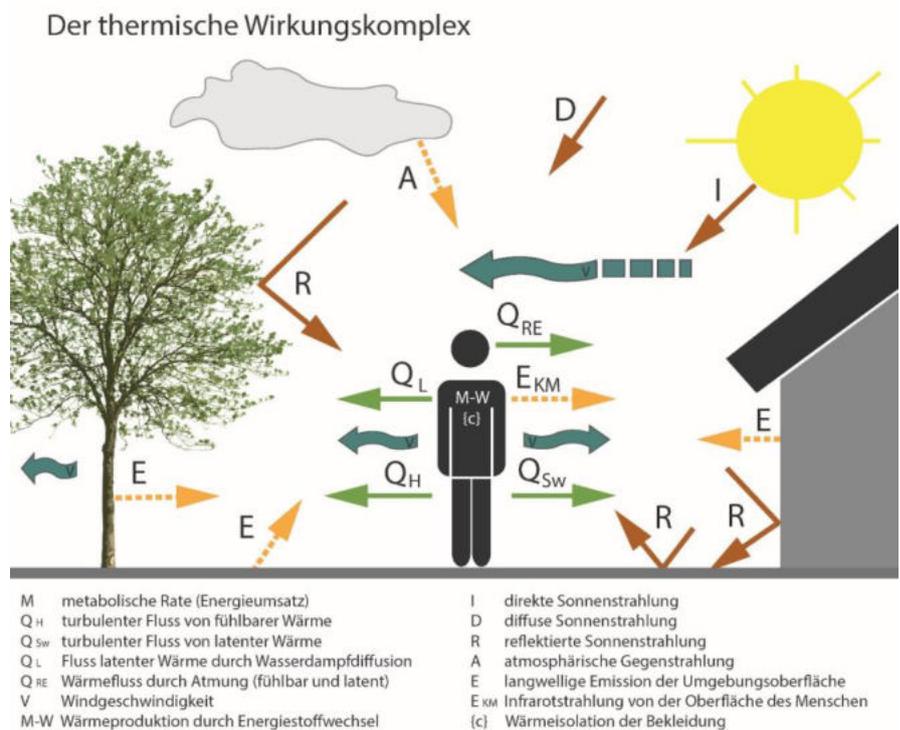


Abbildung 1: Schema "Thermischer Wirkungskomplex". Dargestellt sind die unterschiedlichen Parameter, die sich auf den Wärmehaushalt des Menschen auswirken. Durch planerische Eingriffe können diese Bedingungen beeinflusst werden (nach dem Klima-Michel-Modell, DWD).

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, werden die PET-Werte (angegeben in °C) in Abhängigkeit des Stressniveaus des Menschen in die Kategorien der Tabelle 2 eingeordnet.

Tabelle 2: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010).

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

3. Methodik

3.1 Einführung Klimafunktionskarte

Eine Klimafunktionskarte (KFK) stellt ein klimaökologisches Gutachten dar, welches für eine bestimmte geografische Verortung angefertigt wird. In den VDI Richtlinien (insbesondere VDI RL 3787 Blatt 1) wird die Vorgehensweise zur Generierung einer Klimafunktionskarte festgelegt. Hauptsächlich werden diese Gutachten für Ballungsräume und größere Städte erstellt. Die Anwendung der VDI Richtlinien macht eine Vergleichbarkeit zwischen Städten möglich. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, also eine möglichst präzise Abbildung der realen Klimafunktionen im Untersuchungsraum. Die Analyse des planungsrechtlichen bzw. zukünftig erreichbaren Zustandes erfolgt in einem weiteren Schritt. Für eine komplexe Abbildung der Ist-Situation ist eine entsprechende Datenbasis Grundvoraussetzung. Aus klimaökologischen Gesichtspunkten sind Faktoren, wie Höheninformationen und Fließgewässer ein erster Anhaltspunkt, um die natürlichen Bedingungen abzubilden. Analog hierzu spielen natürlich die anthropogenen Einflüsse eine entscheidende Rolle. Gerade in den Städten hat die vom Menschen verursachte Veränderung der Erdoberfläche den größten und in den meisten Fällen auch negativsten Einfluss. Deshalb werden ebenso Daten bezüglich der Flächennutzung und Gebäudeinformationen benötigt. Je detaillierter die Eingangsdaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen.

Neben den Geoinformationen ist das Wissen um klimarelevante Parameter von Bedeutung. Dabei ist die Lage eines verdichteten Stadtgebietes in Bezug auf Belüftung und regionale Windsysteme von besonderer Bedeutung. Aber auch lokale und kleinräumige Windzirkulationen entwickeln sich durch physikalische Prozesse und können im Rahmen einer Klimafunktionskarte berechnet werden. Weitere Klimaparameter lassen sich aus der geografische Lage des Untersuchungsraumes ableiten.

4. Datengrundlage

Für eine Klimaanalyse sind die regionalen Klimaverhältnisse wichtig. Von planerischer Bedeutung sind:

- thermische Verhältnisse (Wärmeinsel Stadt)
und die
- Belüftungssituation im Sinne der horizontalen Durchmischung.

Daraus ergibt sich im Zusammenhang mit der Klimafunktionskarte die planerische Bewertung (Planungshinweiskarte) von einzelnen Flächen.

4.1 Datenbestand Klimaanalyse Stadt Rodgau

Tabelle 3: Digitale Eingangsdaten.

| Nr. | Datensatz |
|-----|---|
| 1 | ATKIS® Basis-DLM (Landnutzung) |
| 2 | Gebäudegrundrisse und Gebäudehöhen (LOD1) |
| 3 | DGM (Digitales Geländemodell) |
| 4 | Orthofotos |
| 5 | WebAtlasDe |

4.2. Meteorologische Einordnung

Die Stadt Rodgau und das Rhein-Main-Gebiet gehören zur warmgemäßigten Klimazone. Die Lage der Stadt Rodgau führt zu einem typischen Lokalklima, das je nach Wetterlage mehr oder weniger zur Geltung kommt. Dies führt zu einer Anreicherung der Luft mit Schadstoffen im Winter und im Sommer zur Hitzebelastung.

Städte weisen im Allgemeinen höhere Temperaturen als ihre Umgebung auf. Ursache ist neben der Wärmeabgabe der Gebäude die durch die Luftverschmutzung entstehende Dunstglocke über dem Stadtgebiet, die die langwellige Ausstrahlung herabsetzt. Je ausgeprägter diese innerstädtische Wärmeinsel sich ausbildet, desto mehr ist die Durchlüftung dieses Stadtquartiers eingeschränkt. Abbildung 2 zeigt die Windverteilung an einer repräsentativen Messstation Frankfurter Flughafen.

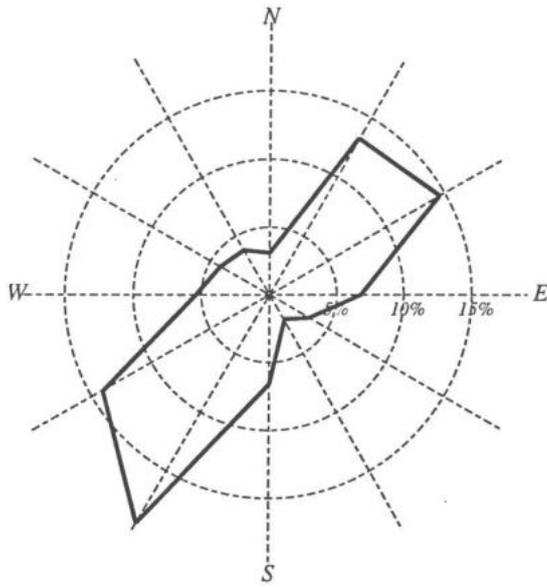


Abbildung 2: Windrose Flughafen Frankfurt am Main im langjährigen Mittel.

5. Übersicht der Themenkarten

Relieftypisierung

Herausarbeitung klimatisch relevanter topografischer Faktoren (z. B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) und daraus ableitend Luftleitpotenzialbestimmung auf Basis des digitalen Höhenmodells von Luftbildern und topografischen Karten als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische und dynamische Analyse.

Strukturtypisierung

Herausarbeitung der v.a. nutzungsbedingten Oberflächenrauigkeit, differenziert nach klimatischer Relevanz (z. B. potenzielle Barrierewirkung bzw. Kanalisierung von Luftmassen), auf Basis der Nutzungsartflächen, topografischen Karten sowie Luftbildern als wichtiges Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

Gebäudevolumen

- Herausarbeitung der gebäudeabhängigen Barrierewirkung und der daraus resultierenden Minderung des Belüftungspotenzials auf Basis der Gebäudefläche und –höhe.
- Berechnung und Generalisierung des Volumens als Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

Abflussbahnen und Abflussrichtungen

- Herausarbeitung der orografisch bedingten Schneisen, die in Abhängigkeit von der Relieftypisierung, der Gebäudevolumina und der Strukturtypisierung berechnet werden konnten und als ergänzender Faktor für die dynamische Analyse eingesetzt werden.

Nutzungstypisierung

- Herausarbeitung der thermischen Bedeutung unterschiedlicher Oberflächennutzungen und Zusammenfassung mikroklimatisch ähnlicher Nutzungen (z. B. potenzielles Kaltluftentstehungsgebiet, potenzielles Überwärmungsgebiet) auf Basis der Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der Luftbilder als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Gebäudemasse

- Herausarbeitung der gebäudeabhängigen, thermischen Belastung durch die Wärmespeicherkapazität und Reflexion.
- Ableitung des physikalischen Verhaltens auf Grundlage der Gebäudekartierung (sowohl gesamtstädtisch als auch mikroklimatisch) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Versiegelung der Oberflächen

- Herausarbeitung der versiegelten Bereiche und Generalisierung bestimmter Gebietstypen. Zweidimensionale Betrachtung auf Grundlage der Realnutzungs-kartierung, der Gebäudekartierung sowie der Nutzungsartflächen als Ausgangsprodukt der thermischen Analyse.

Funktionsanalyse

Die Analyse erfolgt zunächst zweigleisig, unterteilt nach dynamischen und thermischen Aspekten. Anschließend wird die gegenseitige Einflussnahme im Sinne einer Wirkungsanalyse untersucht und entsprechend eingearbeitet (siehe Abbildung 3).

Dynamische Analyse

- Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z. B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/Frischluftentstehungsgebieten).

Thermische Analyse

- Verknüpfung der thermischen (und lufthygienischen) Nutzungseigenschaften untereinander sowie mit den dynamischen Einflussfaktoren des Reliefs und der Strömungsstruktur (Bestimmung z. B. des Auftretens von Kaltluftseen und des Abkühlungseinflusses auf Überwärmungsbereiche).

Funktionssynthese

Klimafunktionskarten stellen die Verknüpfung der dynamischen und thermischen Themenebenen in Bezug auf klimaökologische Potenziale, Defizite und Funktionen dar und symbolisieren damit eine idealtypische Wiedergabe der real existierenden flächenbezogenen, klimaökologischen Situation als Ausgangsbasis für die klimaökologische Bewertung.

Bewertung von Einzelaspekten/-kriterien

- Auf Basis der Funktionsanalyse bzw. der Klimafunktionskarte sowie unter der Annahme von planerischen Fragestellungen der Bauleitplanung erfolgt eine Bewertung sowohl der klimaökologischen Potenziale als auch der Defizitbereiche.
- Hierzu werden insgesamt sechs einzelne Bewertungskriterien herangezogen, separat betrachtet und bewertet. Diese dienen als Ausgangsbasis für die zusammenfassende Gesamtbewertung.

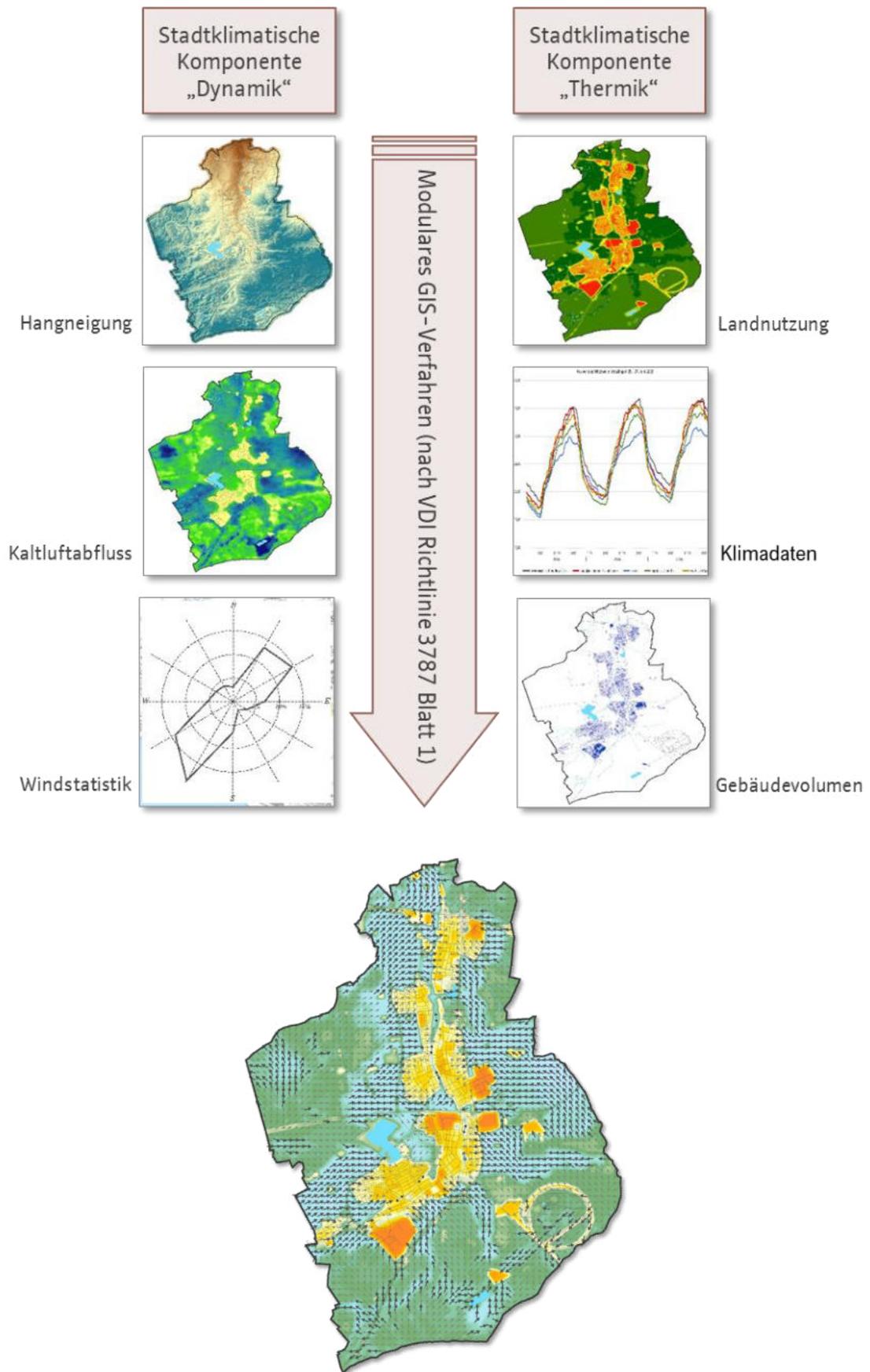


Abbildung 3: Schematische Darstellung der angewandten Methode.

5.1 Gebäudevolumen

Entsprechend des physikalischen Grundgesetzes der Energieerhaltung wird kurzwellige Sonnenstrahlung beim Auftreffen auf ein Objekt unter anderem in Wärmeenergie umgewandelt. Das Objekt wird erwärmt, speichert die Energie und gibt einen Teil dieser aufgenommenen Energie als langwellige Wärmestrahlung an die umgebende Atmosphäre ab. Dieser Prozess unterstützt die Ausprägung des städtischen Wärmeinseleffekts, da es zu einer verstärkten Speicherung von Energie in der bebauten Substanz, gefolgt von einer zeitlich verzögerten Abgabe (in der Nacht) kommen kann, wodurch sich die nächtliche Abkühlung des städtischen Raumes vermindert. Um sowohl die Speicherkapazität der eintreffenden Wärmestrahlungen als auch die Barrierewirkung der Bauwerke zu berücksichtigen, wurde die Themenkarte „Gebäudevolumen“ angefertigt.

Eingangsdaten: Blockmodell

Bearbeitung: Nachdem das Blockmodell (Gebäude mit hinterlegten Gebäudehöhen) angefertigt wurde, konnte das mittlere Gebäudevolumen flächendeckend für das Stadtgebiet berechnet werden.

Hierbei wurde auf Basis des Datensatzes mit 1 Meter horizontaler Auflösung je einen Wert mit einer Bezugshöhe von 20 Metern zugeordnet, um den daraus resultierenden dreidimensionalen Raum zu erfassen.

Zur Weiterverarbeitung der Informationen im stadtklimatischen Maßstab, wurden die Ergebnisse auf eine 10 Meter Auflösung aggregiert. Das Ergebnis zeigt die statistische Verteilung von Kubikmeter Bauvolumen pro Quadratmeter Flächeneinheit (siehe Themenkarte „Gebäudevolumen“, Abbildung). Diese Informationen fließen hauptsächlich in die Betrachtung der Wärmespeicherung ein, teilweise werden Parameter von der dynamischen Berechnung der Bodenrauigkeit genutzt.

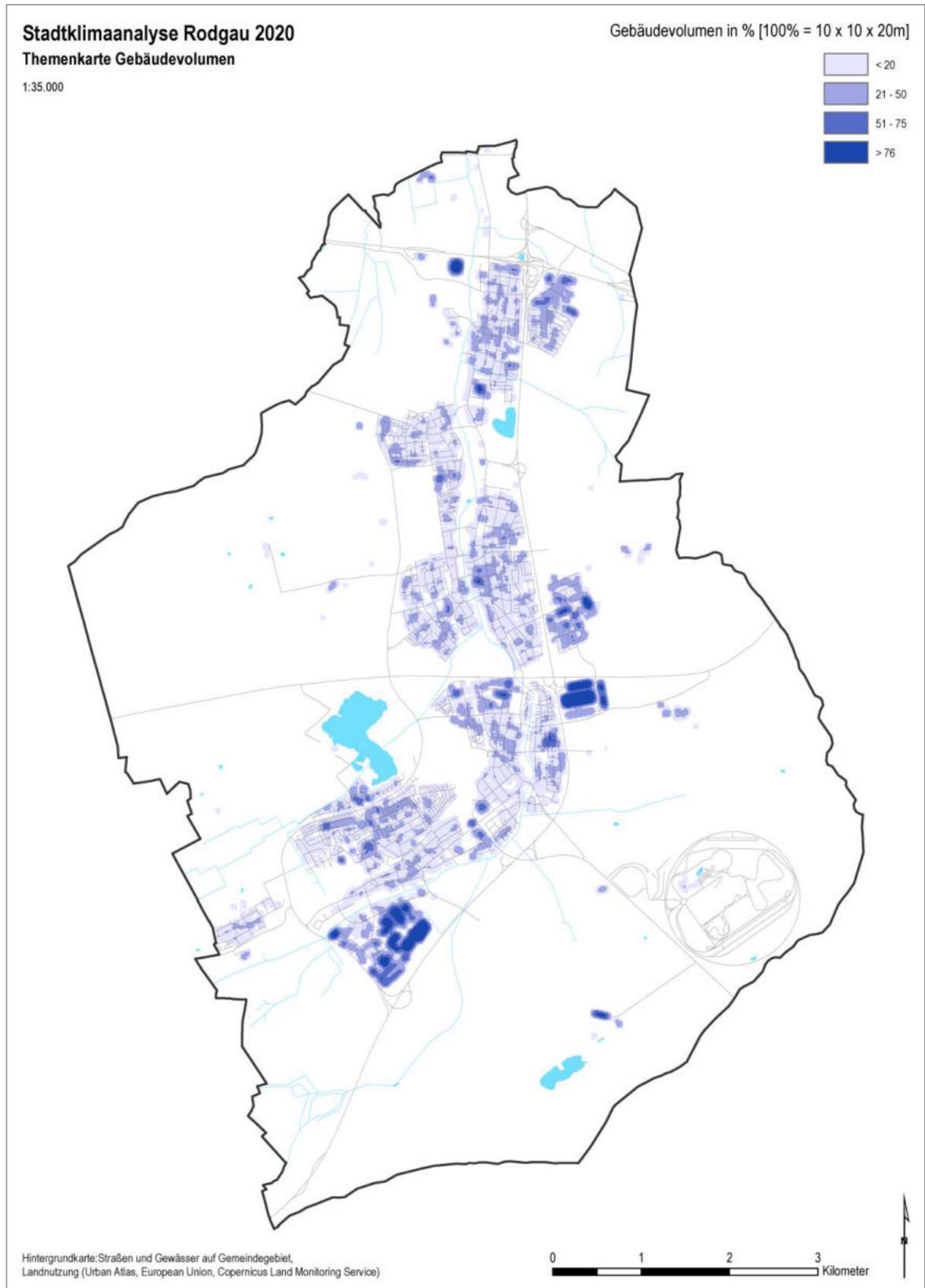


Abbildung 4: Themenkarte „Gebäudevolumendichte“, ohne Maßstab (Original in Anhang).

5.2 Kaltluftmodellierung mit KLAM_21

KLAM 21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltlufthöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit, oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

Eingangsdaten: Realnutzungskartierung und DGM

Bearbeitung: Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Bei den guten Ausstrahlungsbedingungen der untersuchten Wetterlage (ohne/geringe Bewölkung) findet ab diesem Zeitpunkt eine Abkühlung des Erdbodens statt. Dadurch kühlt die bodennahe Luftschicht ab, so dass diese kühleren und damit schwereren Luftmassen der Geländeneigung folgend abfließen können.

Für die Klimaanalyse der Stadt Rodgau wurde eine sehr feine horizontale Auflösung von 10 Meter je Gitterzelle gewählt, um möglichst genaue Aussagen zu den teilweise sehr kleinräumigen klimatischen Wechselwirkungen der kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

In Abbildung sind die Ergebnisse in Form der Kaltlufthöhe 120 Minuten nach Sonnenuntergang abgebildet.

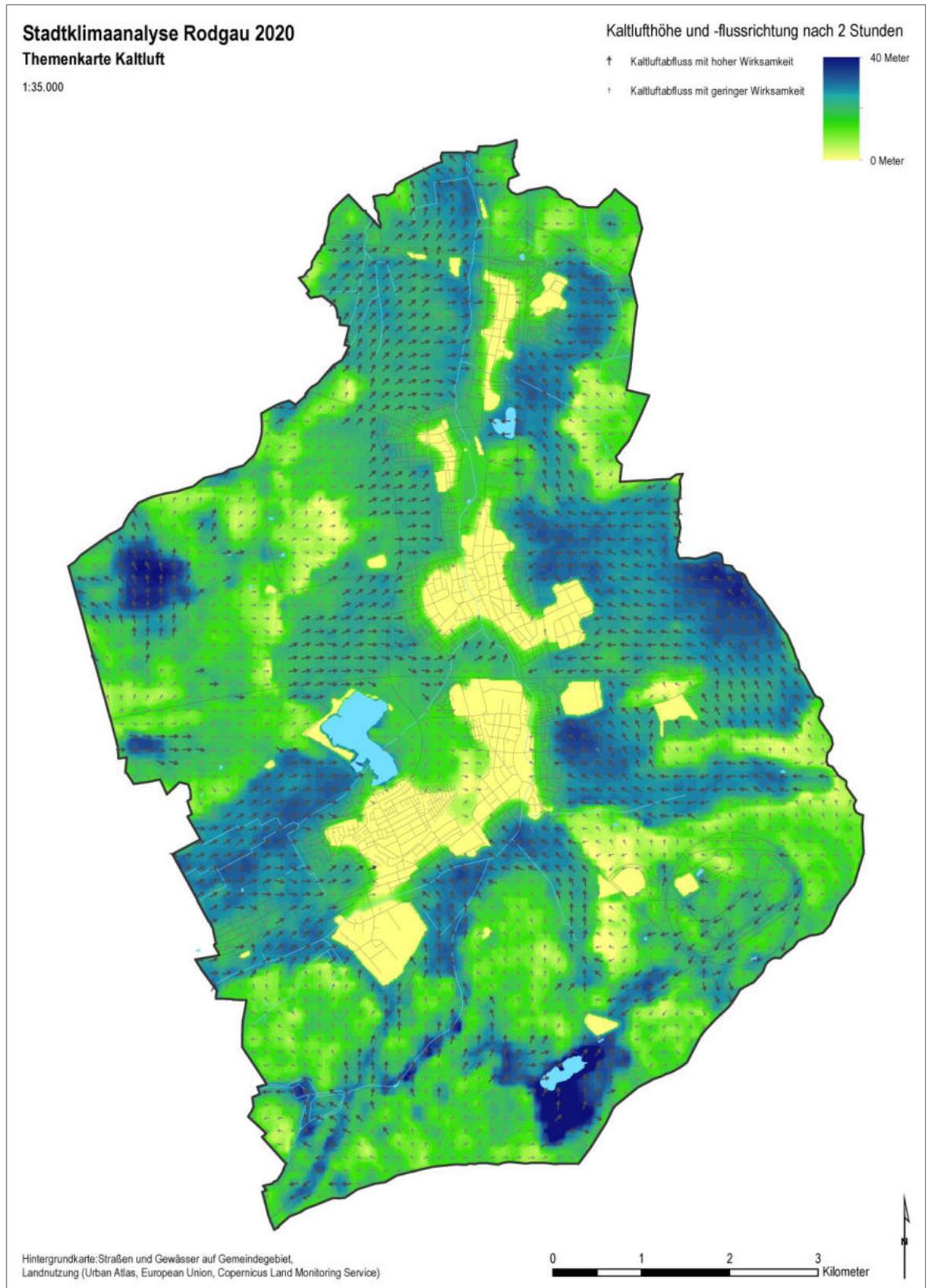


Abbildung 5: Kaltlufthöhe berechnet mit dem Kaltluftmodell des Deutschen Wetterdienstes KLAM_21, ohne Maßstab (Original in Anhang).

6. Klimafunktionskarte

Eine Klimafunktionskarte/ Klimaanalysekarte stellt die räumlichen Klimateigenschaften einer Bezugsfläche dar, die sich aufgrund der Flächennutzung und Topografie einstellen. Dargestellt werden darin die thermischen und dynamischen Verhältnisse.

6.1 Klimatope

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

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

Eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung der Klimatope ist der aufgeführte thermische Index PET (Höppe, 1999). Er beschreibt und bewertet die Eigenschaften und die Wirkung der Klimatope der Klimafunktionskarte auf den Menschen und vermittelt das Stressniveau (siehe Kap. 2.2). Grundlage bilden die Untersuchungen über das thermische Empfinden aus verschiedenen Forschungsprojekten, z.B. im Rahmen der „klimazwei-Projekte“ (Katzschner et al., 2010).

Klimatopbeschreibung nach VDI RL 3787 Blatt 1:

(Im Folgenden ist die Auflistung nach Richtlinie dargestellt, bei der KFK Stadt Rodgau zum Teil nur implizit vorhanden, jedoch inhaltlich berücksichtigt.)

Gewässerklima (implizit vorhanden)

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

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

Hinweise für die Planung: Undurchlässige Strukturen (z. B. geschlossene Bebauung oder dichte Hecken bis hin zu Waldflächen) sollten am Uferrand und den angrenzenden Bereichen vermieden werden.

Freilandklima

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

Hinweise für die Planung: Aufforstungs- und Siedlungsmöglichkeiten entsprechend den lokalklimatischen Verhältnissen, jedoch zudem Bedeutung der Flächen für den großräumigen Luftaustausch beachten (z. B. in Stadtrandlage). Erhaltung des Kaltluftentstehungspotenzials.

Waldklima

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

Hinweise für die Planung: Erhalten und ausbauen soweit lokalklimatisch verträglich (siehe Hindernisse für den Kaltluftabfluss).

Klima innerstädtischer Grünflächen

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

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

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

Hinweise für die Planung: Erhalten und möglichst vernetzen, offene Randbebauung erhalten oder anstreben (zur Förderung des Luftaustauschs).

Vorstadtklima (implizit vorhanden)

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

Hinweise für die Planung: Weitere Versiegelung vermeiden, Arrondierung möglich. Emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Stadtrandklima

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

Hinweise für die Planung: Besonders in diesen Klimatopen ist die Grünflächenvernetzung zum Freiland zu erhalten oder zu schaffen. Hohe, geschlossene Bauformen und verriegelnde Bebauung zum Umland vermeiden. Emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Stadtklima

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

Hinweise für die Planung: Entsiegelung, Blockentkernung und -Begrünung, Fassaden-, Dachbegrünungen anstreben, hohe Verkehrsdichte in engen Straßenschluchten vermeiden, Verkehrsberuhigung und emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Innenstadtklima

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

Hinweise für die Planung: Siehe Stadtklima, Vorrang für emissionsarme Energieversorgung

Gewerbe-/Industrieklima (implizit vorhanden)

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

Hinweise für die Planung: Dach- und Fassadenbegrünung anstreben. Begrünung von Parkplätzen, Flächenbegrünung, Grünvernetzung, Entsiegelung, durchgängige Belüftungsstrukturen erhalten/schaffen, Beschränkung auf emissionsarme Betriebe, emissionsarme Energieversorgung, z. B. Fernwärme.

Gleisanlagen (implizit vorhanden)

Extremer Lufttemperaturtagesgang, trocken, nachts mögliche Kaltluftleitbahnen, geringe Strömungshindernisse.

Hinweise für die Planung: Von Emittenten und bei Umnutzung von erhöhter Rauigkeit freihalten. Flächenbegrünung vorsehen zum Erhalt der hochwertigen Funktion.

Klimaphänomene nach VDI RL 3787 Blatt 1:

Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung

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

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

Luftleitbahn

Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite stellt eine Luftleitbahn eine bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport dar.

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

Durchlüftungsbahn

Als Durchlüftungsbahnen werden klimarelevante Luftleitbahnen mit unterschiedlichem thermischem und/oder lufthygienischem Niveau bezeichnet, auf denen bei austauscharmen und/oder austauschreichen Wetterlagen lufthygienisch belastete oder unbelastete Luftmassen mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften in das Zielgebiet, hier die Stadt, transportiert werden.

6.2 Legende der Klimafunktionskarte

Die Legende der Klimafunktionskarte beschreibt sowohl die thermische (Farbkodierung), als auch die dynamische (Schraffur und Symbolik) Komponente des Stadtklimas in der Stadt Rodgau.

Thermische Komponente

| Kategorie | Name | Beschreibung |
|---------------------------------|--|---|
| Klimakologische Wertigkeit + | Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Freilandklima . Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauigkeit und/oder mit entsprechender Hangneigung und Kaltluftabfluss. |
| | Frischlufentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Waldklima . Flächen ohne Emissionsquellen; Hauptsächlich mit dichtem Baumbestand und hoher Filterwirkung. Potenzielle Kaltluftbildung oberhalb des Kronenraums. |
| | Misch- und Übergangsklimate | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Klima innerstädtischer Grünflächen . Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatopen. |
| | Überwärmungspotential | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Vorstadtklima . Baulich geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen; Größtenteils ausreichende Belüftung. |
| | Moderate Überwärmung | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtklima . Dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen; Belüftungsdefizite. |
| | Starke Überwärmung (nicht in der Analysekarte vorhanden) | Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City, Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung. |

Dynamische Komponente:

| Kategorie | Name | Beschreibung |
|---|---|--|
|  | Kaltluftabfluss mit hoher Wirksamkeit | Abflussbereich des thermischen, während der Nacht induzierten Windsystems (Kaltluftabfluss). Die Ausrichtung des Pfeils beschreibt die Abflussrichtung, die Größe symbolisiert die berechnete Wirksamkeit (Geschwindigkeit und Kaltluftvolumen). |
|  | Kaltluftabfluss mit geringer Wirksamkeit | Abflussbereich des thermischen, während der Nacht induzierten Windsystems (Kaltluftabfluss). Die Ausrichtung des Pfeils beschreibt die Abflussrichtung, die Größe symbolisiert die berechnete Wirksamkeit (Geschwindigkeit und Kaltluftvolumen). |
|  | Durchlüftungsbahn | Ventilationsbahnen wie Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc. die belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen. |

Abbildung 6: Legende der Klimafunktionskarte Klimaanalysekarte Stadt Rodgau 2020.

6.3 Klimafunktionskarte

STADTKLIMAANALYSE RODGAU 2020 Klimaanalysekarte

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

| Vorgehensweise nach VDI RL 3787 Blatt 1 (KRL, 2015): In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadtklimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweisarten für die Planung nutzbar gemacht werden können. Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächenutzungs- und Bauwerkplanung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung. Hinsichtlich der dargestellten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinien VDI 3786 Blatt 1 und VDI 3787 Blatt 2 verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.

| Grundlage für die Klassifizierung der analysierten Klimatype bildet der stadtklimatische Index PET (physiologisch äquivalente Temperatur). Diese Kenngröße beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysikalischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007) und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex abhängig ist. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie auch selbstständig wieder abgegeben werden kann. Wird mehr Wärme aufgenommen (z. B. direkter Sonneneinstrahlung oder fehlende Belüftung) ist Hitze- (oder Überwärmungs-) stress (Belastungsklimatype) die Folge.

| Thermische Komponente | | |
|-----------------------|--|--|
| Kategorie | Name | Beschreibung |
| + | Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Freilandklima . Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauigkeit und/oder mit entsprechender Hangneigung und Kaltluftabfluss. |
| | Frischlufitentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Waldklima . Flächen ohne Emissionsquellen; hauptsächlich mit dichtem Baumbestand und hoher Filterwirkung. Potenzielle Kaltluftbildung oberhalb des Kronenraums. |
| | Misch- und Übergangsklimats | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Klima innerstädtischer Grünflächen . Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatypes. |
| | Überwärmungspotential | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Vorstadtklima . Barock geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen; Größtenteils ausreichende Belüftung. |
| | Moderate Überwärmung | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Stadtklima . Dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen; Belüftungdefizite. |
| | Starke Überwärmung (nicht in der Analysekarte vorhanden) | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtbereiche; Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung. |

| Dynamische Komponente: | | |
|------------------------|--|--|
| Kategorie | Name | Beschreibung |
| ↑ | Kaltluftabfluss mit hoher Wirksamkeit | Abflussbereich des thermischen, während der Nacht induzierten Windsystems (Kaltluftabfluss). Die Ausrichtung des Pfeils beschreibt die Abflussrichtung, die Größe symbolisiert die berechnete Wirksamkeit (Geschwindigkeit und Kaltluftvolumen). |
| ↑ | Kaltluftabfluss mit geringer Wirksamkeit | Abflussbereich des thermischen, während der Nacht induzierten Windsystems (Kaltluftabfluss). Die Ausrichtung des Pfeils beschreibt die Abflussrichtung, die Größe symbolisiert die berechnete Wirksamkeit (Geschwindigkeit und Kaltluftvolumen). |
| ↕ | Durchlüftungsbahn | Ventilationsbahnen wie Geis-anlagen, breite Straßen, Flussläufe etc. die belüftend wirken, Kanalisierung von Luftströmungen. |

Auftraggeber: Stadt Rodgau
 Fachdienst: 2 - Stadtplanung
 Hintergrasse 15
 63083 Rodgau

Auftragnehmer: INKEK GmbH
 Institut für Klima- und Energiekonzepte
 Schillerstraße 50
 34253 Lohfelden
 v1 Kupak, Februar 2021

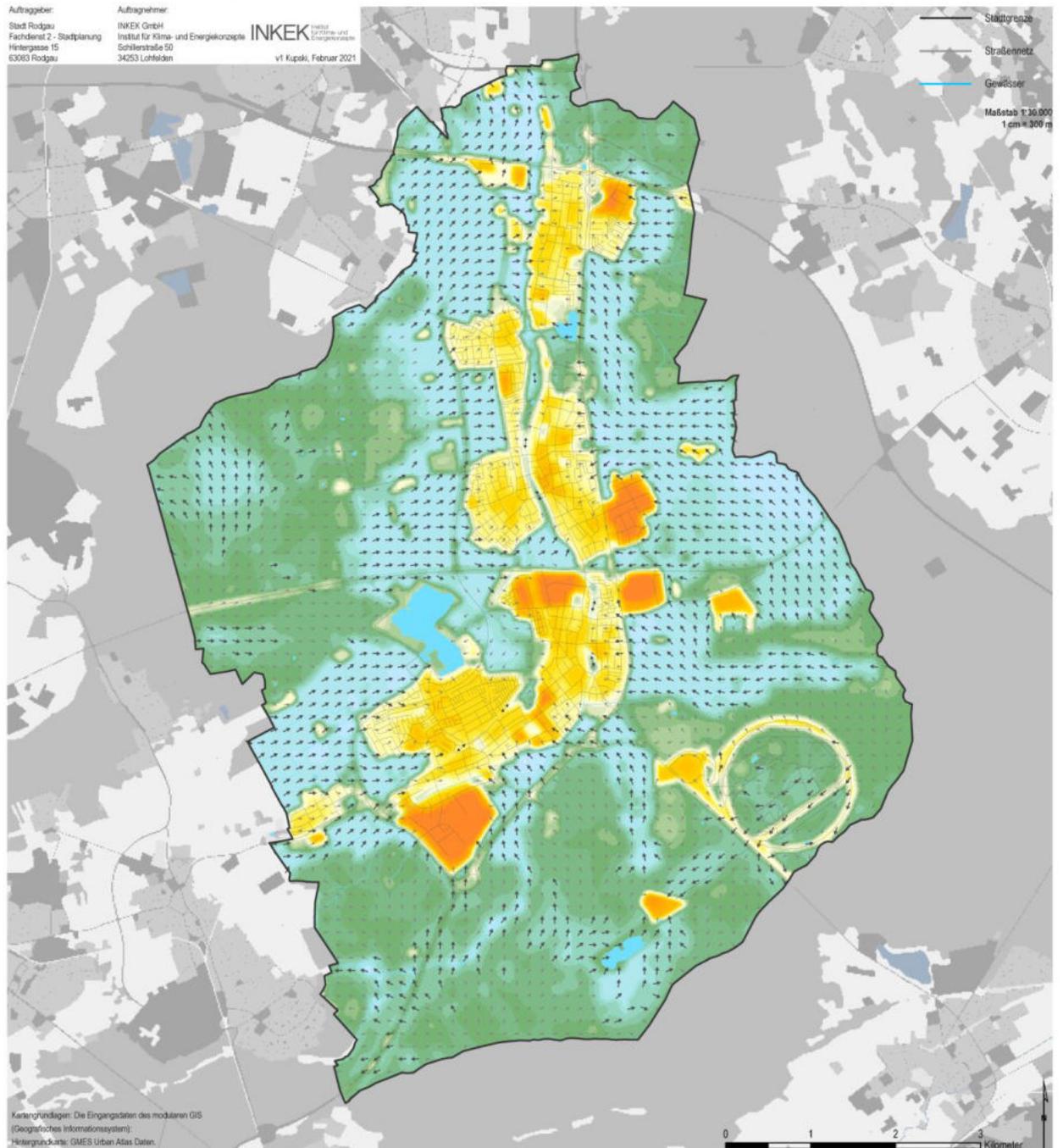


Abbildung 7: Klimaanalysekarte Stadt Rodgau 2020, ohne Maßstab (Original in Anhang).

7. Planungshinweiskarte (PHK)

Die Bewertung der im Analyseprozess gewonnenen Erkenntnisse in einer für die Regional-, Flächennutzungs- und Bauleitplanung verständlichen „Sprache“, fördert eine erfolgreiche Einbindung stadtklimatischer Anforderungen in Planungsprozesse.

Die bewertenden Stufen der PHK beinhalten Hinweise bezüglich der klimatischen Empfindlichkeit von Flächen gegenüber nutzungsändernden Eingriffen oder Bebauungsänderungen.

7.1 Beschreibung der räumlichen Planungshinweise

Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung

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

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

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

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

Ausgleichsraum

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

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

Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion

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

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

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

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

Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen

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

Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.

Als Aufwertungs- oder Sanierungsmaßnahmen kommen infrage:

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

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

7.2 Legende der Planungshinweiskarte

Die Legende der Planungshinweiskarte mit zugeordneten Planungshinweisen unterteilt die zusammengefassten Klimatope der Klimafunktionskarte in Hinblick auf den Umgang der entsprechenden Flächen aus stadtklimatischer Sicht.

| Kategorie | Name | Planungshinweise |
|-----------|---|--|
| schützen | Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung | <p>Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen.</p> <p>Diese Flächen stellen ein hohes Ausgleichspotenzial der städtischen Klimatope mit direkten Wirkzusammenhang dar. Hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und/oder -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung). Weitere Bebauung / zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu klimatischen Beeinträchtigungen der verdichteten Bereiche. Das selbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern (Bodenrauigkeit, Querbauung).</p> <p><i>Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten, nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anstreben. Innerstädtische Potentialflächen über Schneisen und Vegetationsflächen verbinden.</i></p> |
| | Ausgleichsraum | <p>Empfindlich gegenüber Nutzungsänderungen.</p> <p>Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung sind die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen zu empfehlen. Vor allem der umgebende Wald trägt zur Verbesserung der thermischen Bedingungen bei. Weitere naturnahe Ausgleichsräume mit Abstand zu urbanen Bereichen haben positive Wirkung.</p> <p>Klimabewusste Entwicklungen sind unter Beachtung des „Bodenverbrauchs“/ Klimaschutz durchführbar. Eine möglichst <i>geringe Gebäudehöhe</i> sowie <i>windoffene Gebäudeanordnungen</i> sind zu empfehlen.</p> |
| sanieren | Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion | <p>Geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende <i>Belüftungsmöglichkeiten erhalten</i> (Pfeilsymbolik beachten) und sicher stellen, dass zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch <i>Dach- und Fassadenbegrünung</i> sowie Beibehaltung/ Ausbau von <i>Grünflächen</i> wird einer thermischen Belastung vorgebeugt. Allgemein Vegetationsanteil beachten und Siedlungsränder offenhalten; Vernetzungspotentiale der Ausgleichsräume durch vertiefende Stadtklimabetrachtung prüfen.</p> |
| | Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion | <p>Diese Gebiete weisen allesamt eine erhebliche klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Weitere Bau- und Versiegelungsmaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf die klimatische Situation. Für diese Gebiete wird eine <i>Vergrößerung des Vegetationsanteils</i> und eine <i>Betonung oder Erweiterung der Belüftungsflächen</i> empfohlen.</p> <p>Bei nutzungsändernden Planungen in diesen ausgewiesenen Flächen sind klimatisch-lufthygienische Gutachten notwendig. Human-Biometeorologische Empfehlung: Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung.</p> |

Abbildung 8: Legende der Planungshinweiskarte mit abgestimmten Planungshinweisen.

7.3 Planungshinweiskarte

STADTKLIMAANALYSE RODGAU 2020 Planungshinweiskarte

Vorgehensweise nach VDI RL 3787 Blatt 1 (KfKdL, 1997).

In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadtklimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweiskarten für die Planung nutzbar gemacht werden können. Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächennutzungs- und Bauleitplanung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung. Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinien VDI 3785 Blatt 1 und VDI 3787 Blatt 2 verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.

Die Erstellung einer klimatischen Planungshinweiskarte basiert auf den Auswertungen der jeweiligen Klimaanalyse und beinhaltet immer einen Teil von Expertenwissen der Stadt- und Geländeklimatologie, um aus der Klimanalyse die entsprechenden Planungshinweise abzuleiten. Die flächenhaften Auswertungen der relativ einfach gehaltenen Einteilung der Hinweise für die Planung werden durch die entsprechenden Inhalte in der Klimaanalyse näher erläutert. Planungshinweiskarten dienen vor allem dem Schutz und der Vorsorge zum Erhalt gesunder Lebens- und Arbeitsverhältnisse für die anlassige Bevölkerung. Das schließt die Sicherung bestehender günstiger lokalklimatischer und lufthygienischer Verhältnisse ebenso ein wie im Bedarfsfall die Verbesserung etwaiger Belastungssituationen.

| Kategorie | Name | Planungshinweise |
|-----------|---|---|
| schützen | Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung | Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Diese Flächen stellen ein hohes Ausgleichspotenzial dar städtischen Klimatoppe mit direkten Wirkungszusammenhang dar. Hohe klimakologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und/oder -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung). Weitere Bebauung / zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu klimatischen Beeinträchtigungen der verdichteten Bereiche. Das selbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern (Bodenauklage, Querbebauung). Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten, nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anstreben. Innerstädtische Potentialflächen über Schreien und Vegetationsflächen verändern. |
| | Ausgleichsraum | Empfindlich gegenüber Nutzungsänderungen. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung sind die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen zu empfehlen. Vor allem der umgebende Wald trägt zur Verbesserung der thermischen Bedingungen bei. Weitere naturnahe Ausgleichsräume mit Abstand zu urbanen Bereichen haben positive Wirkung. Klimabewusste Entwicklungen sind unter Beachtung des „Bodenverbrauchs“ Klimaschutz durchführbar. Eine möglichst geringe Gebäudehöhe sowie windoffene Gebäudeanordnungen sind zu empfehlen. |
| entlasten | Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion | Geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende Belüftungsmöglichkeiten erhalten (Pfeilsymbol beachten) und sicher stellen, dass zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie Belbehaltung/ Ausbau von Grünflächen wird einer thermischen Belastung vorgebeugt. Allgemeinen Vegetationsanteil beachten und Siedlungsänderungen offenerhalten; Vernetzungspotentiale der Ausgleichsräume durch vertiefende Stadtklimabeurteilung prüfen. |
| | Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion | Diese Gebiete weisen allesamt eine erhebliche klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen auf. Weitere Bau- und Versiegelungsmaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf die klimatische Situation. Für diese Gebiete wird eine Vergrößerung des Vegetationsanteils und eine Betonung oder Erweiterung der Belüftungsmöglichkeiten empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen in diesen ausgewiesenen Flächen sind klimatisch-lufthygienische Gutachten notwendig. Human-Biometeorologische Empfehlung: Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung. |

Auftraggeber: Stadt Rodgau
Fachdienst 2 - Stadtplanung
Haltergasse 15
63083 Rodgau

Auftragnehmer: INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden
v1 Kupaki, Februar 2021

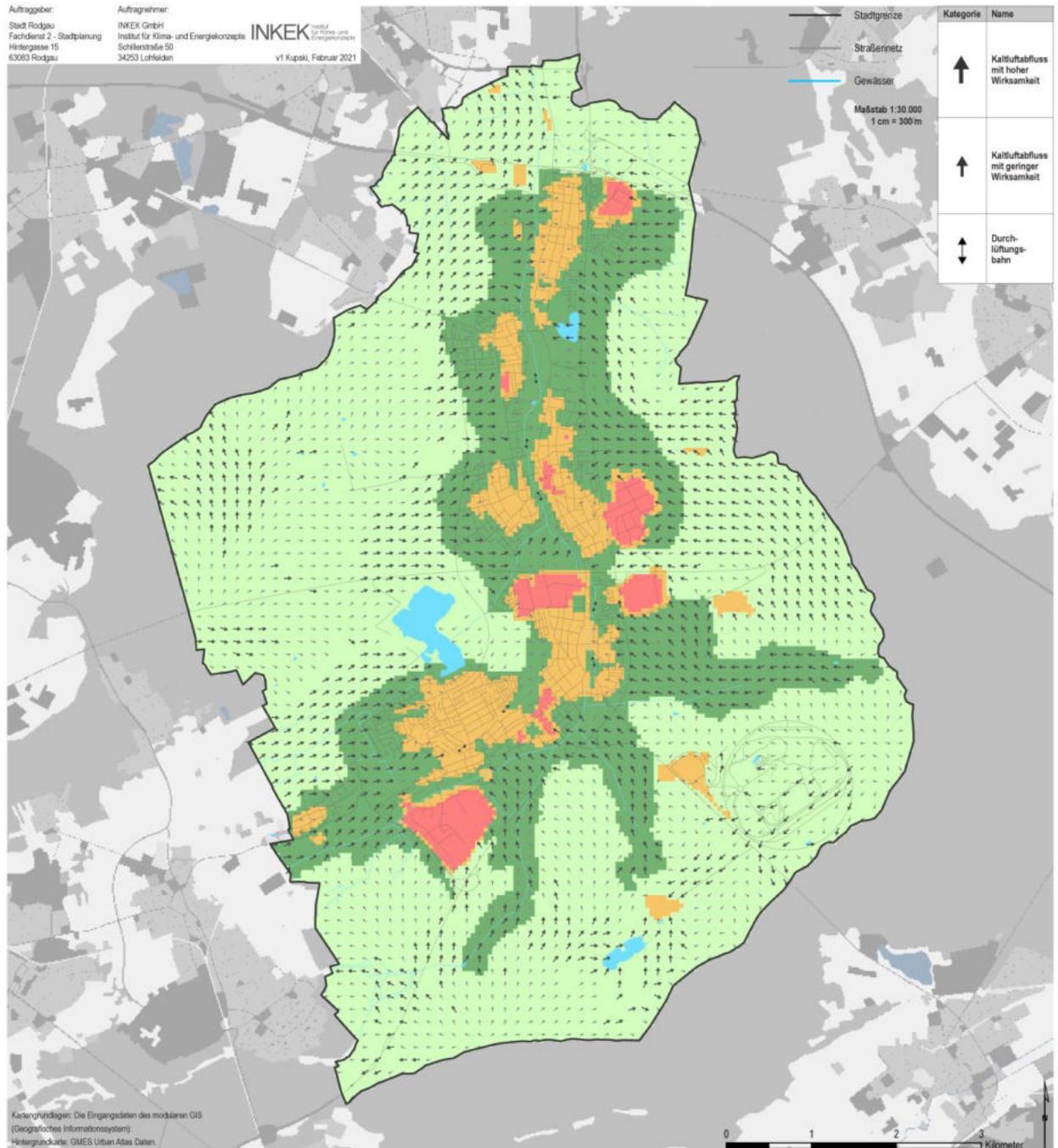


Abbildung 9: Planungshinweiskarte der Stadt Rodgau 2020, ohne Maßstab (Original in Anhang).

8. Schlussbetrachtung

Die Ergebnisse der Klimaanalyse haben gezeigt, dass vor allem aus human-biometeorologischen Faktoren der siedlungsbezogenen Vegetation und Freiflächen ein hohes Maß an Ausgleichsleistung zukommt. Neben der Verdunstungskühlung, der Luftfilterung und dem Schattenwurf aus klimaökologischer Sicht sind auch weitere ökologische und soziale Funktionen aufzuführen, die auf Vegetation im Außenraum zurückzuführen sind. Dies deckt sich sowohl mit den Erkenntnissen der KLIMPRAX Studien des HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden) und zeigt auch die Relevanz in diversen Handlungsleitfäden auf Landes- und Bundesebene.

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

Bei der Auswahl der Maßnahmen ergeben sich Synergieeffekte, wenn für die Klimaanpassung auf naturbasierte Lösungen gesetzt wird, die gleichzeitig Vorteile für beispielsweise die Artenvielfalt bringen. Dabei kann es sich etwa um Parks, Baumpflanzungen, Dach- oder Fassadenbegrünung, Renaturierung von Feuchtgebieten oder Ähnlichem handeln.

Das Kartenmaterial bietet die Voraussetzung, auf klimatische Belastungssituationen planerisch zu reagieren und zukünftige Planungsprozesse im Sinne einer klimabewussten Ausrichtung zu begleiten. Neben den unterschiedlichen Themenkarten, die für sich bei entsprechenden Fragestellungen hilfreiche Informationen bieten (siehe Gebäudevolumen oder Kaltluftabfluss), kann die Analysekarte (Klimafunktionskarte) Fragestellungen zu klimatischen Wechselwirkungen im mesoklimatischen Maßstab beantworten. Somit sind generierte Informationen über die real vorhandenen Gegebenheiten in der Ist-Situation abrufbar. Diese werden zur Bewertung der Belüftungsverhältnisse und der thermischen Bedingungen zusammengeführt.

Daraus abgeleitet konnte die Planungshinweiskarte als bewertende und vereinfachte Karte für den Planungsprozess mit konkreten Hinweisen zum Erhalt, bzw. zur Sicherung der klimaökologisch wertvollen Flächen erstellt werden.

Informationsgewinn aus der Klimafunktionskarte:

Flächig dargestellte Potenzial- und Defizitbereiche können aufgrund der feinen Auflösung sehr gut räumlich verortet werden. Vor allem die Bereiche mit wenig Vegetation, hoher Versiegelung und dichten Gebäuden wird nahezu komplett in die hohen Belastungskategorien eingestuft. Ähnlich belastet sind die Verhältnisse in den Gewerbe- und Industriearealen. Wohnviertel in direkter Nähe zu verdichteten Quartieren können ebenfalls sehr hohe Belastungsstufen erreichen. Weniger hohe

Werte wurden in den Ortslagen mit stärkerer Durchgrünung, weniger Baumassen und einer besseren Belüftung berechnet. Dennoch sind auch in den kleineren Kommunen Gebiete mit erhöhter thermischer Belastung vorzufinden. Dabei spielt die absolute Flächengröße eine untergeordnete Rolle, Überwärmungsgebiete, vor allem mit Wohnnutzung in der Nähe sollten stadtklimatisch saniert werden.

Planerische Empfehlungen aus der Planungshinweiskarte:

Die Planungshinweiskarte wurde nach der VDI Richtlinie 3787 Blatt 1 von der Klimafunktionskarte abgeleitet. Die fließenden Übergänge sind den scharfen Grenzen der Kategorien gewichen, eine Reduktion auf vier Kategorien soll die Planungspraxis mit diesem Instrument anwendungsfreundlicher machen.

Die Potenzialbereiche wurden auf ihre Wirksamkeit hin unterteilt. Ausgleichsräume mit hoher Bedeutung sind im direkten Wirkzusammenhang mit Belastungsbereichen zu finden, während Ausgleichsräume / Naturräume, die keinen unmittelbaren Bezug zur Bebauung haben, andere Planungshinweise enthalten. Allgemein gibt es Hinweise von „Funktion erhalten/schützen/entwickeln“ -> sensible Bereiche mit direktem Bezug zu Defizitbereichen, die in ihrer Funktion erhalten/entwickelt werden sollten. Die Abstufung reicht dabei bis „klimabewusste Entwicklungen möglich“ -> dies sind Bereiche, die zwar in der Fläche eine hohe klimaökologische Wertigkeit haben und unter gewissen Gesichtspunkten Entwicklungsmöglichkeiten bieten.

Analog zu den Potenzialbereichen/ Ausgleichsräumen wurden die bebauten Gebiete mit klimatischen Defiziten in zwei Kategorien unterteilt. „Bebautes Gebiet mit klimatischer Funktion“ sind Flächen, die unter bestimmten Aspekten nutzungsintensiviert werden können, wobei stets der Zusammenhang zu benachbarten Arealen berücksichtigt werden muss und vertiefende Betrachtungen empfohlen werden. „Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen“ weist Bereiche mit der höchsten Belastungsstufe aus, die aus Sicht der Stadtklimatologie sanierungsbedürftig sind. Hier sind kleinräumige Aufwertungen (Freiräume mit Vegetation und Schatten) zu empfehlen und eine Vernetzung von Belüftungsstrukturen anzustreben.

Abschließend ist festzustellen, dass die analysierte Stadt Rodgau von den regionalen Gegebenheiten profitiert. Durch die großzügigen naturnahen Freiräume und das hohe Volumen an Vegetation findet eine ausreichende Belüftung statt, die schon in den frühen Abendstunden im bebauten Gebiet wirkt. Die natürliche Durchlüftungsbahn entlang der Rodau ist weitestgehend in Takt und hat ebenfalls das Potenzial positiv auf die benachbarten Siedlungsräume zu wirken. Bautätigkeiten in diesen Bereichen sollten stets hinsichtlich Höhe und Ausrichtung untersucht werden, so dass Barrieren vermieden werden.

Durch diese naturräumlichen Potenziale und die aufgelockerte Struktur der Stadtteile wird das höchste Belastungsklimatop „Starke Überwärmung“ nicht erreicht, allerdings tendieren die Gewerbegebiete mit hohem Versiegelungsgrad und fehlender Vegetation sehr stark zu dieser Kategorie.

Die extrem hohen Temperaturen im Sommer 2018 und 2019 weisen auf den Handlungsbedarf hin, der in den analysierten Überwärmungsgebieten besteht. Der öffentliche Raum sollte so gestaltet werden, dass er auch bei heißen Wetterlagen attraktiv bleibt und kleinklimatische Oasen für eine lebenswerte Stadt bietet.

Stadtklimatische Besonderheiten Rodgau:

| Kategorie | Beschreibung | Ortsbezogene Hinweise |
|-----------------------|--|---|
| Grün- und Freiflächen | Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete mit Hangneigung in Richtung Rodau haben hohe klimaökologische Ausgleichspotenziale. | Vor allem die östlich, südlich und südwestlich gelegenen Ausgleichsräume der Stadtteile Dudenhofen, Nieder-Roden und Rollwald mit hoher Bedeutung haben direkten Einfluss auf Belastungsbereiche – Funktion erhalten/schützen/entwickeln. |
| Grün- und Freiflächen | Kaltentstehungsgebiete mit Hangneigung in Richtung Rodau haben hohe klimaökologische Ausgleichspotenziale. | Nördlich der L3121 übernehmen die direkt an Siedlungsräume angrenzende Freiflächen wichtige Ausgleichsfunktionen. Entwicklungen in diesen Bereich sollten fachtechnisch untersucht werden, auf Ausrichtung und Porosität achten. |
| Grün- und Freiflächen | Durchlüftungsbahnen im Siedlungsbereich (Rodau) | Klimaökologischer Gunstraum mit positiver Wirkung auf die angrenzenden Gebiete - Barrieren vermeiden. |
| Siedlungsflächen | Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion | Diese Bereiche profitieren vom Vegetationsanteil, bei Entwicklungen müssen die Belüftungsverhältnisse beachtet werden. |
| Siedlungsflächen | Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion | Dicht bebaute und hoch versiegelte Gebiete, die schon heute bioklimatische Nachteile mit sich bringen, die sich in Zukunft intensivieren werden. Bei Entwicklungen müssen Klimawandelanpassungsmaßnahmen eingeplant werden. |

9. Literatur

Baugesetzbuch (BauGB):

Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zul. geändert 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474).

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

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

DWD 2016:

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

Häckel H. 1985:

Meteorologie. UTB – Ulmer, Stuttgart.

HMUELV 2011:

1. Fortschreibung, Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main Teilplan Frankfurt am Main. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden.

Hupfer P., Kuttler, W. 1998:

Witterung und Klima B.G. Teubner Stuttgart.

Höppe, P. 1999:

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

Katzschner, L. 2004:

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

HMUELV 2011:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 1. Fortschreibung Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rodgau, Wiesbaden April 2011.

Katzschner, L.; Katzschner, A.; Kupski, S. 2010:

Abschlussbericht des BMBF Verbundprojekts KLIMES. Teilvorhaben Planerische Bewertung der kleinräumigen Stadtklimaanalyse zur Umsetzung der Maßnahmen „Anpassung an Klimaextreme“, Universität Rodgau.

Katzschner, L 2011:

Urban Climate Strategies Against Future Heat Stress Conditions. Resilient Cities: Cities and Adaptation to Climate Change. Proceedings of the Global Forum 2010. K. Otto-Zimmermann. Dordrecht, Heidelberg, London, New York, Springer: 79-89.

Kirchhof, W., Kupski, S. 2019:

Stadtklimaanalysen zur Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung. Schwerpunktbeitrag UVP-report 32(4) | 2018. UVP-Gesellschaft e.V., Paderborn, Juni 2019.

Kupski S. 2017:

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

Kuttler, W. 2011:

Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Climate change in urban areas, Part 1, Effects. In: Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open, DOI: 10.1186/2190-4715-23-11, S. 1-12.

Lohmeyer, A. 2008:

Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, Lohmeyer Aktuell, 20/2008, Karlsruhe.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (ehem. MUNLV NRW) 2010:

Handbuch Stadtklima– Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Balungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.

OKE, T. R. 2006:

Boundary layer climates. Routledge. London. New York.

VDI 2008:

Richtlinie 3785 Blatt 1 Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 2015:

Richtlinie 3787 Blatt 1 Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 2008:

Richtlinie 3787 Blatt 2 Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

10. Anlage

- Themenkarte „Gebäudevolumen“
- Themenkarte „KLAM_21 (Kaltluft)“
- Klimaanalysekarte Stadt Rodgau 2020
- Planungshinweiskarte Stadt Rodgau 2020