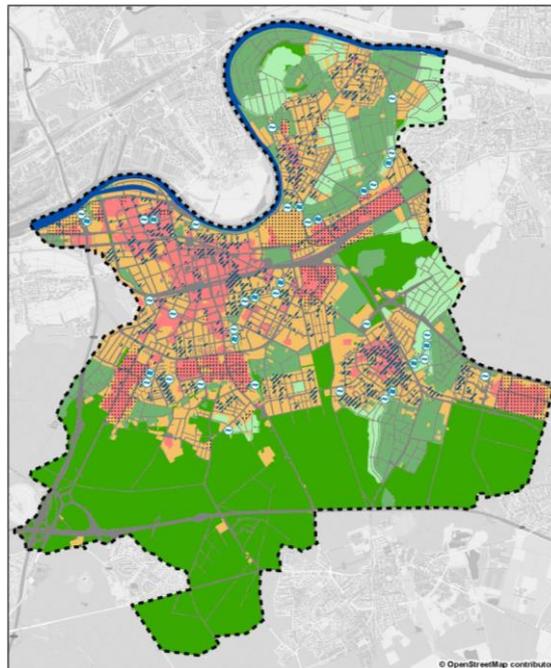


Stadtklimaanalyse mit Erstellung eines Kartenwerks zur Integration stadtklima- tischer Aspekte in der Planung für die Stadt Offenbach am Main

Dokumentation und Erläuterung der
durchgeführten Analysen



Bearbeitung

INFRASTRUKTUR & UMWELT
Professor Böhm und Partner,
Darmstadt und Potsdam

K.Plan
Klima. Umwelt & Planung GmbH
Bochum

Stand 05.08.2021

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung / Aufgabenstellung	1
2	Klimafunktionskarte	2
2.1	Methode und Grundlagen zur Berechnung der Klimafunktionskarte	2
2.2	Die Klimatope	8
2.3	Spezielle Klimafunktionen	16
3	Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet	21
3.1	Hitzeempfindliche Bevölkerung	21
3.2	Ermittlung der Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet	24
4	Zusatzbelastung infolge von Starkregengefahren	26
5	Planungshinweiskarten für die Stadt Offenbach am Main	28
5.1	Ausgleichsräume	28
5.1.1	<i>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</i>	29
5.1.2	<i>Bioklimatischer Ausgleichsraum Frei- und Grünflächen</i>	29
5.1.3	<i>Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer</i>	30
5.1.4	<i>Weitere Ausgleichsräume Frei- und Grünflächen</i>	30
5.2	Lasträume	30
5.2.1	<i>Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung</i>	30
5.2.2	<i>Bioklimatischer Lastraum stark verdichteter Bebauung</i>	31
5.2.3	<i>Lastraum Gewerbe- und Industriefläche</i>	31
5.3	Lokale Maßnahmen / Luftaustausch	33
5.3.1	<i>Städtische Grünflächen und Grünzüge</i>	33
5.3.2	<i>Luftleitbahnen</i>	33
5.3.3	<i>Luftleitbahnen vom Fließgewässer</i>	33
5.3.4	<i>Austausch und Vernetzung fördern bzw. herstellen</i>	34
5.4	Beispiele für konkrete Maßnahmen und zu Umsetzungsinstrumenten	34
6	Ergänzende Hinweise aufgrund der Analyse der Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet	36
7	Ergänzende Hinweise – Zusatzbelastung Starkregen	38

8 Planungshinweiskarte – Legende	40
9 Die Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main in einem Zukunftsszenario.....	43
9.1 Klimawandel-Szenario	43
9.2 Szenario der potenziellen Stadtentwicklung.....	45
9.3 Klimafunktionskarte - Zukunftsszenario	48
10 Literatur und Quellen	52

ANHANG

A1: Übersicht der Auswertungen und erstellten Karten

A2: Ergebniskarten (Format A3)

- Klimafunktionskarte
- Klimafunktionskarte – Zukunftsszenario
- Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet
- Zusatzbelastung – Berücksichtigung Starkregengefahrenkarten
- Planungshinweiskarte
- Ergänzende Hinweise - Hitzebetroffenheit der Bevölkerung
- Ergänzende Hinweise - Zusatzbelastung Starkregen

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Aktuelle Realnutzungskarte der Stadt Offenbach am Main.....	3
Abbildung 2: Infrarotkarte für die Stadt Offenbach am Main (Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 24.06.2020)	4
Abbildung 3: Kaltluflhöhe und Kaltluftfluss in der Stadt Offenbach am Main 4 Stunden nach Sonnenuntergang.....	7
Abbildung 4: Kaltluftvolumenstrom in der Stadt Offenbach am Main 4 Stunden nach Sonnenuntergang.....	8
Abbildung 5: Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main.....	16
Abbildung 6: Vorgehen zur Identifizierung der Hitzebetroffenheit gemäß HLNUG (2019a)	24
Abbildung 7: Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet	25
Abbildung 8: Zusatzbelastung – Berücksichtigung Starkregengefahren.....	27
Abbildung 9: Planungshinweiskarte	35
Abbildung 10: Ergänzende Hinweise – Hitzebetroffenheit Bevölkerung	37
Abbildung 11: Ergänzende Hinweise – Starkregen	39
Abbildung 12: Klimatopkarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario Klimawandel.....	45
Abbildung 13: Veränderungen der Realnutzung im Zukunftsszenario.....	47
Abbildung 14: Klimatopkarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario (Klimawandel und Stadtentwicklung.....	48
Abbildung 15: Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario 2050.....	49

TABELLEN

Tabelle 1: Bauvorhaben zur Anpassung der Realnutzungskarte für das Zukunftsszenario.....	46
---	----

Abkürzungsverzeichnis

DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
FNP	Flächennutzungsplan
GIS	Geographisches Informationssystem
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
SGB	Sozialgesetzbuch

1 Einleitung / Aufgabenstellung

Auftragsgegenstand ist die Neuerstellung der Klimafunktionskarte für das gesamte Stadtgebiet der Stadt Offenbach am Main mit ergänzenden Analysen zur Hitzebetroffenheit der Bevölkerung und zur Berücksichtigung der vorhandenen Starkregengefahrenkarte. Die auf den Analysen beruhende Planungshinweiskarte hat zum Ziel, auf Ebene der Gesamtstadt günstige stadtklimatische Verhältnisse zu sichern und Belastungssituationen zu verbessern. Die Schlussfolgerungen aus der Hitzebetroffenheit der Bevölkerung und der Zusatzbelastung infolge der Starkregengefahren sind mit ergänzenden Hinweisen in die Planungskarte integriert („integrierte Planungshinweiskarte“). Damit wird eine querschnittsorientierte Informationsgrundlage für Planungen zur Verfügung gestellt, die die besondere Berücksichtigung von Maßnahmensynergien ermöglicht, z. B. von Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen im Stadtgebiet für die Zielsetzungen des Stadtklimas und des Starkregen- und Hochwassermanagements. Weiterhin zeigt ein Zukunftsszenario auf, wie sich die Klimafunktionskarte unter Berücksichtigung geplanter städtebaulicher Entwicklungen und Klimawandelprojektionen für Hessen darstellt.

Die Analysen und Karten treffen Aussagen für das gesamte Stadtgebiet. Sie ermöglichen Schlussfolgerungen für Planungstätigkeiten, inwieweit z. B. mikroklimatische Untersuchungen erforderlich oder sinnvoll sind oder welche Flächen bzgl. des Klimas wie zu gestalten sind. Die durchgeführten Analysen und die Ergebniskarten sind in den Kapiteln 2 - 9 erläutert. Eine Übersicht der Analyse- und Ergebniskarten mit Kurzbeschreibung und Karteninhalten ist im Anhang 1 zusammengestellt. Anhang 2 enthält die Ergebniskarten der einzelnen Arbeitsschritte.

2 Klimafunktionskarte

2.1 Methode und Grundlagen zur Berechnung der Klimafunktionskarte

Eine rechnergestützte Modellierung der Auswirkung anthropogener Beeinflussung des Klimas im städtischen Raum in Form einer Klimafunktionskarte bietet einige Vorteile. Die erfassten Daten bleiben in einer konsistenten Form gespeichert und erleichtern damit eine Fortführung des Kartenmaterials. Durch die Festlegung eines einheitlichen Analyseansatzes und eine nachvollziehbare Gewichtung können subjektive Einflüsse reduziert bzw. verifiziert werden. Im Ergebnis präsentiert sich eine berechnete Klimafunktionskarte detailliert und räumlich hoch aufgelöst. Hierdurch wird eine Darstellung erreicht, welche die realen Stadtstrukturen im klimatischen Sinne realitätsnäher abbilden kann.

Bestimmend für die Einteilung des Stadtgebietes in Klimatope ist die dominierende Nutzungsart sowie die thermale Situation an dem jeweiligen Ort. Entsprechend dienen als Grundlage für die Berechnung der Klimafunktionskarte die Karte der Realnutzungen (Abbildung 1), die aus den ALKIS-Daten aktualisiert und verfeinert wurden, sowie eine Thermalkarte aus Satellitendaten (Abbildung 2). ALKIS® steht für Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem. Hier wurden alle Daten des Liegenschaftskatasters zusammengeführt. Der Grunddatenbestand der Realnutzungen aus den ALKIS-Daten wurde für das Stadtgebiet von Offenbach am Main durch Auswertung von Satellitenaufnahmen bezüglich der Vegetationsflächen, des Versiegelungsgrades und der Gebäudehöhen ergänzt. Aktuelle Nutzungsveränderungen im Stadtgebiet, die noch nicht im ALKIS-Datensatz vorhanden waren, wurden ergänzt.

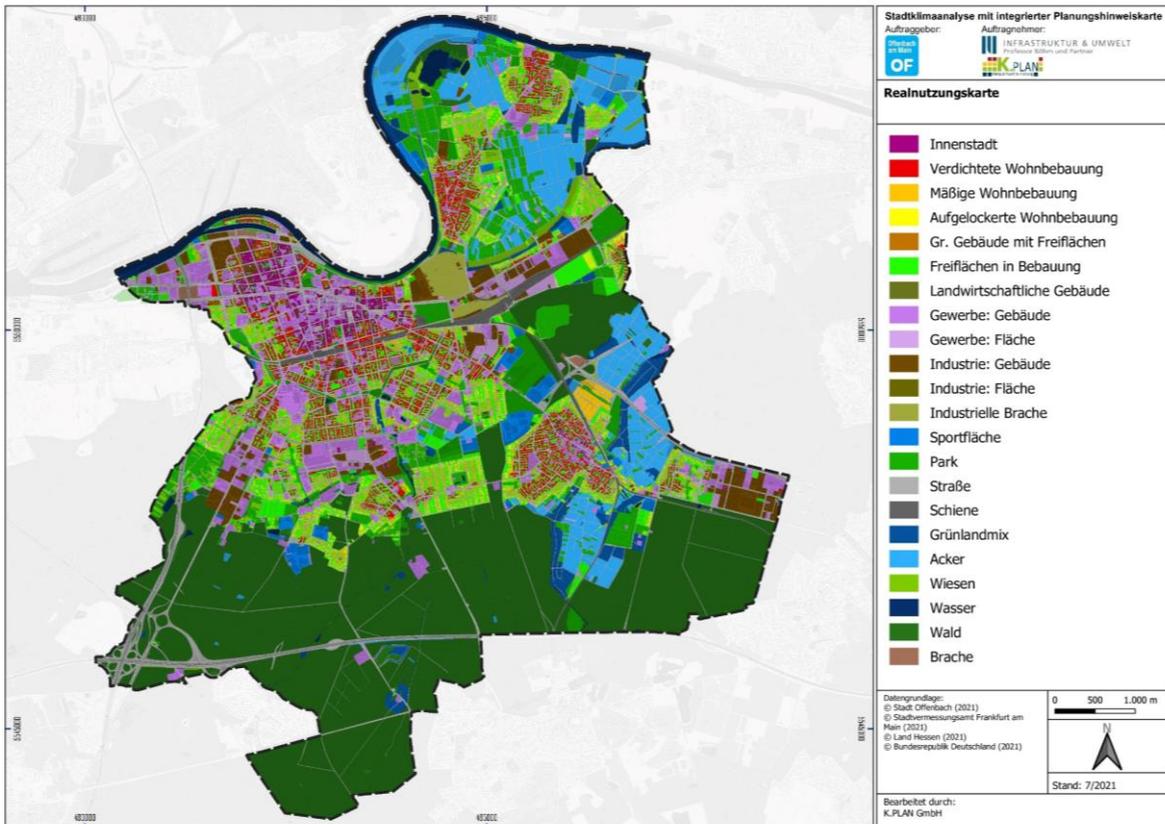


Abbildung 1: Aktuelle Realnutzungskarte der Stadt Offenbach am Main

Um aktuelle flächendeckende Informationen über die Temperaturverhältnisse in der Stadt Offenbach zu erhalten, wurde zu Beginn der Untersuchungen eine Infrarotaufnahme des Landsat 8 – Satelliten vom 24.06.2020 ausgewertet. Nur wenige Bilder des Satelliten liefern eine wolkenfreie Aufnahme im Infrarotspektrum, die für die vorliegende Auswertung notwendig ist. Die Legende der Karte der Oberflächentemperaturen (Abbildung 2) weist die ansteigenden Oberflächentemperaturen von kalten Werten unter 27 °C zu warmen Oberflächen über 41 °C in den Farbstufen Blau, Gelb und Rot aus. Die höchsten Oberflächentemperaturen treten in den Industrie- und Gewerbegebieten auf. Aber auch die Offenbacher Innenstadt kann sehr hohe Oberflächentemperaturen erreichen.

Thermalbilder sind in ihrer Eigenschaft der strikten Abbildung der Oberflächentemperaturen für die Beurteilung der stadtklimatischen Situation zunächst nur indirekt nutzbar. Aus der Thermalkarte lassen sich aber Rückschlüsse auf die Lufttemperatur-Situation in einem Gebiet ziehen. Die Luft wird über den Oberflächen erwärmt oder abgekühlt, das heißt, dass sehr warme Oberflächen zu erhöhten Lufttemperaturen führen. Versiegelte Flächen und Bebauungen speichern viel Energie und kühlen sich auch nachts nur langsam ab. In

Verbindung mit einem geringen Luftaustausch in bebauten Stadtgebieten führt dies zur Ausprägung von Wärmeinseln. Tagsüber zeigen auch trockene und unbewachsene landwirtschaftliche Flächen hohe Oberflächentemperaturen. Freiflächen kühlen nachts sehr schnell ab und haben niedrige Oberflächentemperaturen. Diese kühlen die darüber liegenden Luftschichten und führen zu einer nächtlichen Kaltluftbildung auf den Flächen. Bei austauscharmen Wetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten können die entsprechend der Geländeneigung abfließenden Kaltluftmassen einen erheblichen Betrag zur Belüftung und Kühlung von erwärmten Stadtgebieten leisten (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4). Im Winter kann es dagegen im Bereich von Kaltluftbildungs-, Kaltluftabfluss- und Kaltluftammelgebieten zu vermehrter Nebel- oder Frostbildung kommen.

Im Thermalbild wird bei bewaldeten Flächen nur das Kronendach abgebildet, der klimatisch abweichende Stammraum wird nicht aufgenommen. Die Nutzung dieser Karte zur Erzeugung der Klimafunktionskarte ist jedoch nicht eingeschränkt, da, wie in den weiteren Ausführungen erläutert, die Waldflächen ohne Berücksichtigung der thermalen Situation direkt in das Waldklimatop eingeteilt werden.

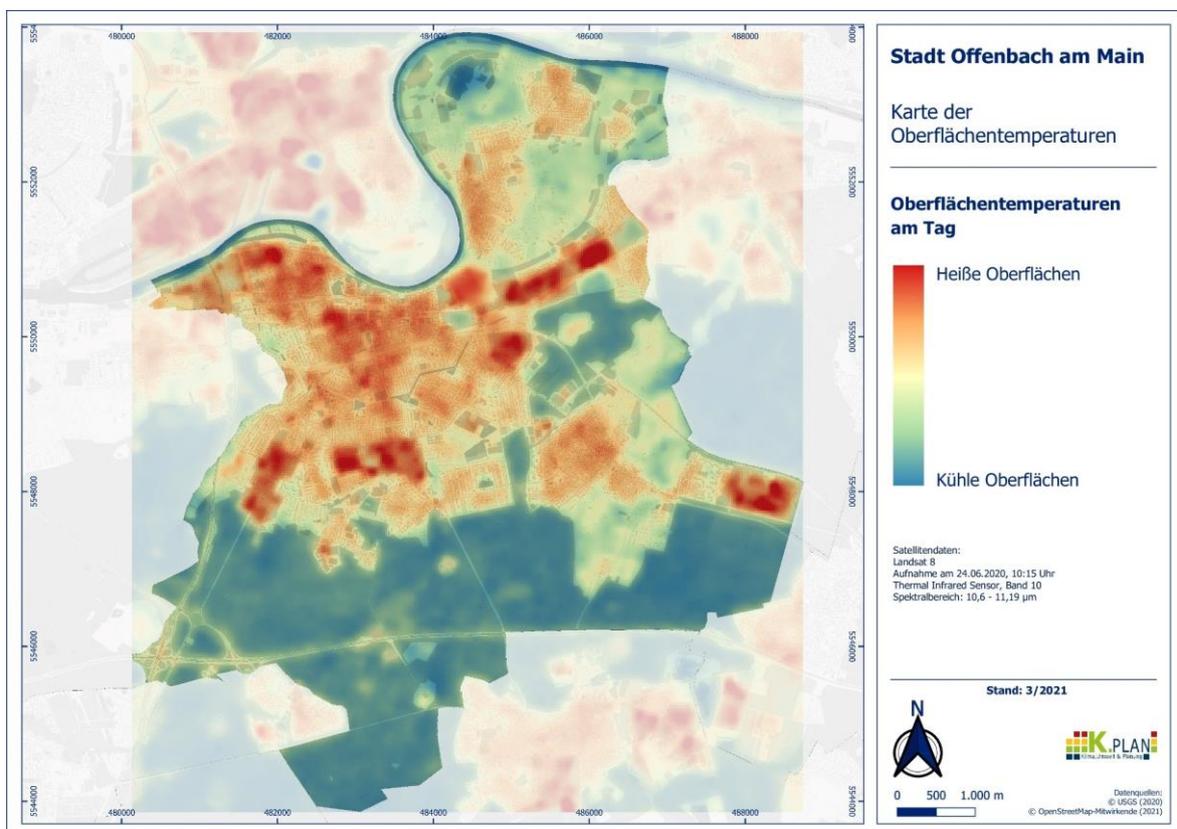


Abbildung 2: Infrarotkarte für die Stadt Offenbach am Main (Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 24.06.2020)

Die detaillierten Kaltluftberechnungen für das Offenbacher Stadtgebiet wurden mit dem vom Deutschen Wetterdienst entwickelten Kaltluftabflussmodell KLAM_21 (Sievers, U., 2005) durchgeführt. KLAM_21 ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. KLAM_21 ist in der Lage, Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiederzugeben. Die physikalische Basis des Modells bildet eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann die Kaltluflhöhe errechnet. Das Ergebnis stellt die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten dar.

Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (standardmäßig schematisiert in 9 Nutzungsklassen) sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark von der Landnutzung ab: Freilandflächen weisen die höchsten Kaltluftproduktionsraten (zwischen 10 und 20 m³/m²h) auf, für Waldflächen schwanken die Literaturangaben sehr stark (zwischen 1 m³/m²h in ebenem Gelände und 30– 40 m³/m²h am Hang).

Die natürliche Kaltluftproduktion einer Fläche ist auch von der Orographie bzw. dem Relief sowie den thermischen Eigenschaften abhängig. Mit Zunahme der Hangneigung nimmt auch die Kaltluftproduktion zu, da diese permanent in Richtung Talsohle abfließen kann und sich in den tieferen Lagen ansammelt bzw. dem natürlichen Gefälle folgt. Kaltluft ist schwerer als die Umgebungsluft und folgt daher bodennah dem Geländegefälle. Durch diesen „Abtransport“ der Kaltluft entsteht in den höheren Lagen ein Defizit, welches durch erneute Kaltluftproduktion ausgeglichen wird. Somit wird bei entsprechenden Witterungsbedingungen, das sind wolkenarme, windschwache Strahlungswetterlagen, in der Nacht kontinuierlich Kaltluft produziert. Entsprechend der Orographie können die einzelnen Kaltluftströme zusammenfließen oder auch aufgrund von Barrieren oder Geländevertiefungen in Kaltluftsenken teilweise oder vollständig akkumulieren. Bebaute Gebiete verhalten sich bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel). Hoch versiegelte Bereiche können durch deutliche Erwärmung der herangeführten Luftschichten zum Abbau von Kaltluft führen.

Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Die Mächtigkeit einer Kaltluftschicht kann in Abhängigkeit des Nachtzeitpunktes, der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes sowie den meteorologischen Rahmenbedingungen stark schwanken. Im Allgemeinen beträgt sie zwischen 1 und 50 m. Staut sich der Kaltluftabfluss an Hindernissen oder in Senken, bildet sich ein sogenannter Kaltluftsee, in dem die Kaltluft zum Stehen kommt. In solchen Kaltluftseen kann die Kaltluftschichtdicke auch deutlich größere Mächtigkeiten annehmen. Die Strömungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Kaltluftabflusses liegen typischerweise in einer Größenordnung von 0,2 bis 3 m/s. Aufgrund der oftmals nur sehr flachen Ausprägung und den geringen Strömungsgeschwindigkeiten sind Kaltluftabflüsse sehr störanfällig, sodass Hindernisse wie Gebäude, Wälle oder Lärmschutzwände unter gewissen Randbedingungen zu einem Strömungsabbruch führen können. Da das großräumige Kaltluftmodell nicht mit einzelnen Bauwerksstrukturen, sondern nur über Flächennutzungsklassen arbeitet, werden einzelne Strömungshindernisse wie Gebäude im Kaltluftfluss nicht direkt, sondern nur parametrisiert über die Landnutzungsklasse berücksichtigt und die Ergebnisse sind als potenzielle Kaltluftbewegungen zu verstehen.

Für die Berechnung wurde eine Strahlungsnacht ohne übergeordneten Regionalwind angenommen, das heißt, die Berechnungsergebnisse zeigen das reine, thermisch bedingte Kaltluftgeschehen. Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang einer wolkenlosen Nacht. Die Berechnungen sind unabhängig von der Jahreszeit, haben klimatisch aber vor allem im Sommer eine Bedeutung. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, d. h. keine Bewölkung, angenommen. Zur Verdeutlichung des großräumigen Kaltluftgeschehens innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes werden die simulierten Kaltluftmächtigkeiten (Abbildung 3) und der Kaltluftvolumenstrom (Abbildung 4) vier Stunden nach Sonnenuntergang dargestellt.

In den Tälern und tiefliegenden Gebieten erreichen die Kaltluftmächtigkeiten Werte über 25 m Höhe. Die Orte, an denen sich die Kaltluft bewegt, sind anhand der roten Pfeile erkennbar. Sofern die Kaltluftflüsse auf Siedlungsbereiche treffen, können die thermischen Verhältnisse in den Stadtquartieren günstig beeinflusst werden. Eine dichte Bebauung führt zu einer schnellen Auflösung der Kaltluft. Hier sind Kaltluftvorkommen nur in den Siedlungsrandbereichen nachweisbar.

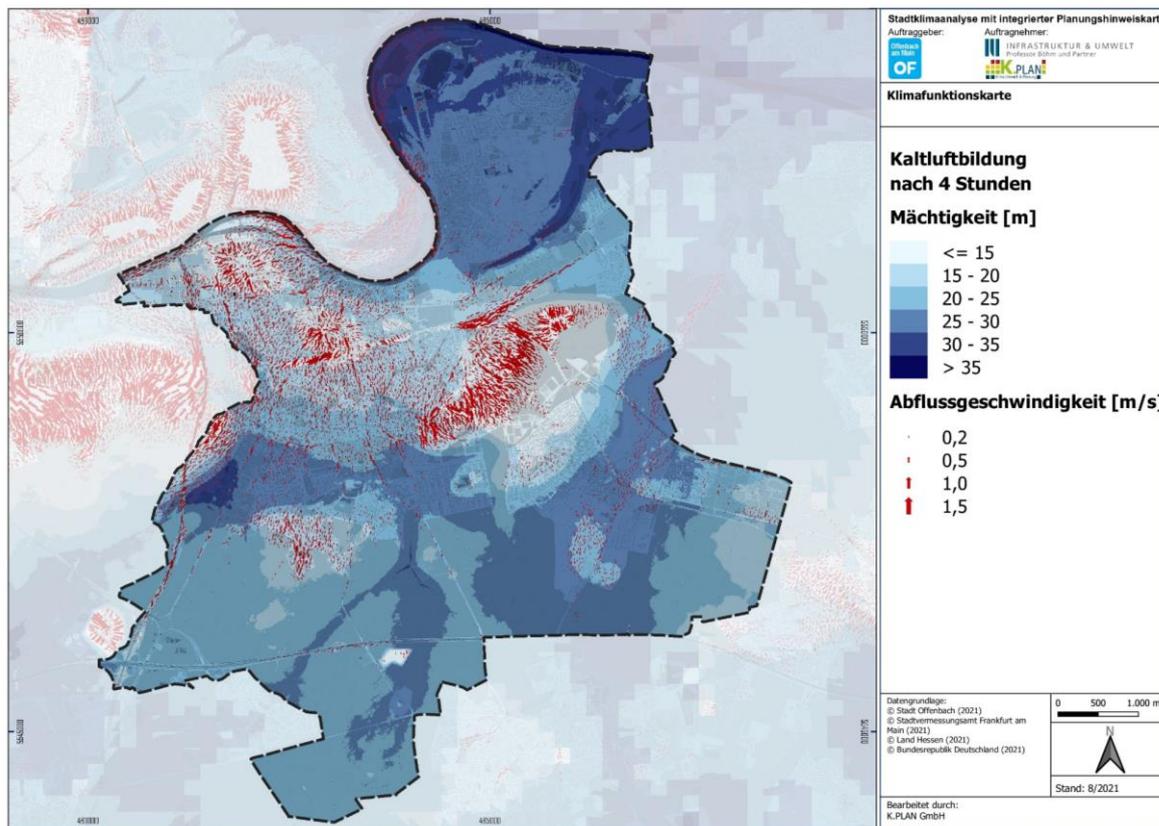


Abbildung 3: Kaltluflhöhe und Kaltluftfluss in der Stadt Offenbach am Main 4 Stunden nach Sonnenuntergang

Zur Quantifizierung von Kaltluftabflüssen wird in der Regel der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Der Kaltluftvolumenstrom ist das Produkt aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Kaltluftsäule sowie der Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft in einer definierten Zeit (z. B. 1s) durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt. Anhand der Karte zum Kaltluftvolumenstrom (Abbildung 4) lassen sich Luftleitbahnen deutlich ausweisen. Die Karte zu den Volumenströmen zeigt ein deutlich differenzierteres Bild als die reinen Kaltluftmächtigkeiten. So werden konkrete Kaltluftabflusslinien und Luftleitbahnen für das Stadtgebiet von Offenbach erkennbar. Die Verbindungen zwischen den Kaltluftentstehungsgebieten (Freiflächen) und den Wirkgebieten der Kaltluft werden durch die Darstellung des Kaltluftvolumenstroms sichtbar. Im Laufe der Nacht nehmen mit zunehmenden Kaltluftmächtigkeiten die Kaltluftströme leicht ab. Für die Ausweisung von relevanten Kaltluftbahnen ist deshalb die Situation in der ersten Nachthälfte entscheidend.

Die Stadtteile im Außenbereich profitieren alle von der auf den unbebauten Flächen gebildeten und herangeführten Kaltluft und sind deshalb weniger stark von sommerlicher Über-

wärmung betroffen wie die Innenstadtbereiche. Aus allen Himmelsrichtungen treffen Kaltluftströme auf den zentralen Offenbacher Siedlungsraum. Dabei sind deutlich Strömungsbahnen zu erkennen, die sich durch geringere Rauigkeiten gegenüber ihrer bebauten Umgebung auszeichnen. Dazu gehören neben breiten Straßen und Bahnlinien häufig auch untereinander vernetzte Grünflächen.

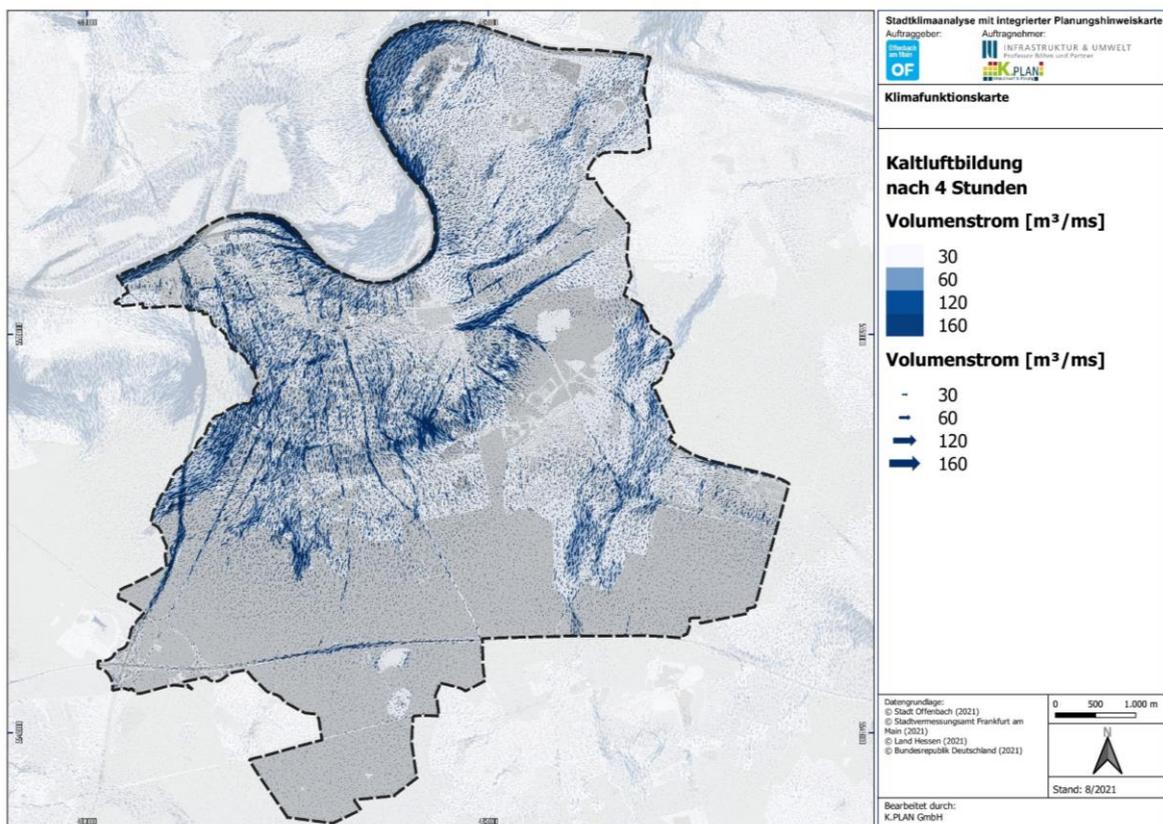


Abbildung 4: Kaltluftvolumenstrom in der Stadt Offenbach am Main 4 Stunden nach Sonnenuntergang

2.2 Die Klimatope

Unter dem Begriff Klimatop sind Flächen mit vergleichbaren mikroklimatischen Verhältnissen zu verstehen. Neben dem Relief sind die Flächennutzungsstrukturen wichtige Klimafaktoren, die für die Zuordnung eines Gebietes zu einem Klimatop entscheidend sind. So ist in der Regel von vergleichbaren mikroklimatischen Bedingungen auszugehen, wenn ähnliche oder gleiche Flächennutzungsstrukturen bei gleichen oder ähnlichen Reliefeigenschaften vorliegen. Hinsichtlich der Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich

klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Klimafunktionskarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen dargestellt werden. In den Übergangsbereichen zwischen den Klimatopen treten in der Regel zwei verschiedene Klimatoptypen eng miteinander verzahnt auf.

Die Klimatope des Ausgleichsraums (Park-, Wald-, Freiland- und Gewässerklimatop) sind aufgrund ihrer inhaltlichen Definition ausschließlich mithilfe der Daten der Nutzungsstruktur darstellbar. Im GIS sind diese Flächen durch eine Reklassifikation oder Datenbankabfrage leicht darstellbar. Für Bereiche mit Bebauungen ist die Einteilung in Klimatope jedoch nicht so einfach durchführbar, da diese ausgesprochen heterogene Strukturen bilden. Um die Zuordnung zu einem der Klimatope des Lastraums zu klären, ist es notwendig, die thermische Situation des jeweiligen Ortes zu berücksichtigen. Um zu bestimmen, welche Areale in das Klimatop der lockeren Bebauung, das Siedlungs-, Stadt- oder Innenstadtklimatop einzuordnen sind, muss für jedes dieser Klimatope eine individuelle Berechnung durchgeführt werden, welche den Grad der Eignung widerspiegelt. Da die Inhalte der Eingangskarten, also die Nutzungsstruktur und die Thermalkarte, nicht direkt vergleichbar, im Sinne der rechnergestützten Verarbeitung mit GIS nicht untereinander verrechenbar sind, müssen die Eingangsparameter zunächst standardisiert werden. Diese Standardisierung wird im Byte-Wertebereich von 0 bis 255 vorgenommen und dient gleichzeitig als Maß für die Bestimmung der Eignung der jeweiligen Parameter (0 = keine Eignung, 255 = sehr gute Eignung) für die Zuordnung zu einem der vier Klimatope der bebauten Bereiche. Auf diesem Weg wird für jedes der betroffenen Klimatope eine Karte erstellt, welche für jeden Bildpunkt die jeweilige Eignung darstellt. Die anschließende Verschneidung mit GIS, also die Zuordnung eines jeden Bildpunktes zu dem an genau diesem Punkt dominanten Klimatop, erzeugt eine Darstellung, in welcher eine überprüfbare räumliche Verteilung des Klimatops der lockeren Bebauung, des Siedlungs-, Stadt- und Innenstadtklimatops abgebildet ist.

Die Klimatope besitzen damit eine Spannweite von unterschiedlichen Flächennutzungen, die ähnliche klimatische Eigenschaften besitzen. Beispielsweise fallen in das „Parkklimatop“ neben Parks auch durch Hecken und/oder Bäume gegliederte Freilandbereiche, die den Übergangsbereich zum „Freilandklimatop“ darstellen. Aber auch Kleingartenanlagen mit geringen Bebauungen sind aufgrund der positiven Klimaeigenschaften dem „Parkklimatop“ zugeordnet, bilden aber den Übergangsbereich zum „Klimatop der lockeren Bebauung“. Diese Einteilungen ergeben sich durch die Einbeziehung der Oberflächentemperaturen und der Ergebnisse der Kaltluftberechnungen zusätzlich zu den Realnutzungsdaten.

Im Folgenden werden die aufgrund der Realnutzungskartierung abgegrenzten Klimatope der Freiland-, Gewässer-, Wald-, und Parkbereiche den berechneten Klimatopen überlagert, womit eine Gesamtdarstellung der Verteilung der Klimatope im Stadtgebiet erreicht wird.



Innenstadtklimatop

Das Innenstadtklimatop zeichnet sich durch die Ausbildung einer deutlichen Wärmeinsel und einer hohen Überwärmung aus. Charakteristische Flächennutzungen in Innenstadtklimatopen sind Verwaltungs-, Geschäfts- und Wohngebäude mit vielgeschossigen Baublöcken. Kennzeichnend sind weiterhin eine sehr hohe Bebauungsdichte, ein sehr hoher Versiegelungsgrad sowie ein sehr geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, z. T. mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Aufgrund dieser Eigenschaften weist das Innenstadtklimatop die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählen vor allem der starke Wärmeinseleffekt durch die Fähigkeit der Baumaterialien, Wärme zu speichern und die starken Windfeldveränderungen, die sich in der straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen äußern. Am Tag kann in den Bereichen mit Innenstadtklima ein erhöhtes Belastungspotential durch Hitzestress und Schwüle, hervorgerufen durch eingeschränkte Austauschverhältnisse und geringe Verdunstungskühlung aufgrund fehlender Vegetation, entstehen. Hitze und Schwülebelastungen im Sommer und erhöhte Luftschadstoffbelastungen während austauscharmer Wetterlagen führen in Innenstadtklimatopen zu einer hohen bioklimatischen Belastung. Zusätzlich macht sich eine Belastung des Menschen und der Infrastruktur bei Wind-Diskomfort durch Böigkeit und Windturbulenzen im Bereich von Straßenschluchten und offenen Plätzen bemerkbar. Demgegenüber steht ein geringerer Heizenergieverbrauch in den Wintermonaten, da im Innenstadtklimatop die Anzahl der Frost- und Eistage reduziert ist.

Auch die Industrie- und Gewerbegebiete werden auf der Grundlage ihres jeweiligen thermischen Verhaltens einer der vier Klimatop-Kategorien der bebauten Bereiche zugeordnet. In diesen Gebieten prägen die dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten das Mikroklima. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad kommt es verstärkt zu bioklimatischen Konfliktsituationen. Die insgesamt hohe Flächenversiegelung bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine dem Innenstadtklimatop analoge Ausprägung erreichen.

Hoch versiegelte Industrie- und Gewerbegebiete mit dem teilweise fast völligen Fehlen von Grünflächen fallen in die Kategorie des Innenstadtklimatops. Aufgelockerte und durchgrünte Gewerbeflächen werden eher dem Stadtklimatop, oder im Fall von industriellen oder gewerblichen Brachflächen sogar dem Siedlungsklimatop zugeordnet. Diese werden aber im Zuge einer neuen Bebauung zukünftig dem Stadt- oder sogar Innenstadtklimatop zugeordnet werden müssen. Aufgrund der räumlichen Nähe zu Wohngebieten und der häufig sehr starken Versiegelung in den Gewerbegebieten ist hier ein großes Risikopotenzial für weitreichende Überwärmungen gegeben.



Stadtklimatop

Das Stadtklimatop wird durch Gebiete mit einer dichten Nutzungsstruktur, einer mittleren bis deutlichen Überwärmung und, damit einhergehend, der Bildung einer schwachen Wärmeinsel definiert. Kennzeichnend für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit meist hohen Baukörpern und vielen Straßen. Während austauscharmer Strahlungsnächte kommt es bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die hohen Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile zu einer Zunahme der Überwärmungstendenz. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die z. T. mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen gekoppelt sind. Durch die Ausbildung von Wärmeinseln in den Nachtstunden wird ein konvektiver Durchmischungsraum aufrechterhalten, so dass hier selten Bodeninversionen mit einer kühlen bodennahen Luftschicht, in der sich Schadstoffe ansammeln können, auftreten.

Das Stadtklimatop tritt in Offenbach in der Innenstadt im Anschluss an die Bereiche des Innenstadtklimatops auf. In den Stadtteilen betrifft es insbesondere die Zentren, da hier eine hohe Versiegelungsrate das Klima bestimmt. Die Randbereiche der Industrie- und Gewerbegebiete gehören ebenfalls häufig dem Stadtklimatop an.



Siedlungsklimatop

Das Siedlungsklima unterscheidet sich vom Klima der lockeren Bebauung in erster Linie durch zwei Aspekte: zum einen durch eine dichtere Bebauung und zum anderen durch einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer mäßigen Bebauung und einer relativ guten Durchgrünung. Hieraus resultiert eine nur schwache Ausprägung von Wärmeinseln, und es werden ein ausreichender Luftaustausch sowie in der Regel gute bioklimatische Bedingungen in diesen Stadtteilen gewährleistet.

Insbesondere in den Außenbezirken sind weite Teile der Wohn- und Mischbebauung dem Siedlungsklimatop zuzuordnen. Charakteristisch für das Siedlungsklimatop sind Wohngebiete in Offenbach, in denen die stadtklimatischen Effekte nur einen geringen und selten belastenden Ausprägungsgrad erreichen. Dies ist nicht zuletzt auch eine Folge des Auftretens von Überlagerungseffekten durch geländeklimatische Faktoren wie Kaltluftströme oder Belüftung über Luftleitbahnen. Nachts zeichnen sich die Gebiete durch eine deutliche Abkühlung aus, tagsüber kommt es nur zu leichten Erwärmungsraten. Das Windfeld weist Strömungsveränderungen auf, die meist nicht erheblich sind. Durch die relative Nähe zu regionalen und lokalen Ausgleichsräumen ist eine Frischluft- und Kaltluftzufuhr auch während windschwacher Wetterlagen gewährleistet.

Klimatop der lockeren Bebauung

Die Eignungsklassifizierung der Nutzungsart für das Klimatop der lockeren Bebauung ergibt sich aus dem Umstand, dass Bereiche mit sehr lockerer und aufgelockerter Bebauung eine gute Belüftungssituation bieten und die thermische Belastung, bedingt durch einen relativ hohen Durchgrünungsanteil, eher gering ist. Das Klimatop der lockeren Bebauung bildet den Übergangsbereich zwischen den Klimatopen der bebauten Flächen und den Klimatopen des Freilandes. Charakteristisch für Flächen, die diesem Klimatop zugeordnet werden, sind in erster Linie Bebauungsstrukturen mit einem geringeren Versiegelungsgrad und starker Durchgrünung mit Baum- und Strauchvegetation. Das Klimatop der lockeren Bebauung ist charakteristisch für dörfliche Einzelsiedlungen und Vorstadtsiedlungen, die im unmittelbaren Einflussbereich des Freilandes stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimaelemente Temperatur, Feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit liegt niedriger als im Freiland, aber deutlich höher als in den Innenstädten.

Insbesondere die Siedlungsrandbereiche in allen Offenbacher Stadtteilen werden diesem Klimatop zugeordnet. Dabei handelt es sich um Vorstadtbereiche mit geringem Versiegelungsgrad, lockerer Bebauung und hohem Vegetationsanteil. Diese Klimatop-Flächen grenzen auf einer Seite an Siedlungsgebiete mit dichterem Bebauung und auf der anderen Seite an Freilandbereiche oder Waldgebiete.

Parkklimatop

Parkklimatope sind gekennzeichnet durch aufgelockerte Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen und reich strukturierten lockeren Gebüsch- oder Baumbeständen. Sowohl tagsüber als auch in der Nacht treten die Park- und Grünanlagen als Kälteinseln hervor (Oaseneffekte). Dabei reichen die dem Parkklimatop zugeordneten Flächen von Kleingartenanlagen, die durch ein Miteinander von geringfügigen Bebauungen und einer abwechslungsreichen Grünstruktur gekennzeichnet sind, über Parkanlagen bis hin zu bachbegleitenden Auenbereichen mit feuchten Wiesen. Die klimatischen Verhältnisse von Park- und Grünanlagen sind zwischen Freiland- und Waldklima einzustufen.

In Abhängigkeit von der Größe der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung variiert die klimatische Reichweite von Parkklimatopflächen. Die Auswirkungen in die Randbereiche der Umgebung sind meist gering und auf die direkt umgebende Bebauung beschränkt. Insbesondere für kleine isolierte Park- und Grünflächen gilt, dass die klimatische Bedeutung auf die Flächen selbst beschränkt ist. Flächen, für die dieses zutrifft, sind insbesondere eine Vielzahl von kleineren Grünflächen wie Innenhofbegrünungen, kleine Parks, aber auch Sportanlagen, die über das gesamte Stadtgebiet verteilt zu finden sind. Den größeren und z. T. mit einem abwechslungsreichen Bestand an Bäumen und Büschen ausgestatteten Grünanlagen kann dagegen aufgrund ihrer Ausdehnung ein positiver Einfluss auf die sie umgebende Wohnbebauung zugesprochen werden.

Waldklimatop

Typische Ausprägungen des Waldklimas sind stark gedämpfte Temperatur- und Feuchteamplituden mit geringeren Maximal- und weniger tiefen Minimalwerten im Tages- und im Jahresverlauf, die eine Folge des Energieumsatzes im Stammraum (verminderte Ein- und Ausstrahlung) sind. Waldflächen erweisen sich daher aufgrund sehr geringer thermischer und bioklimatischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Bei geringen oder fehlenden Emissionen sind Waldflächen darüber hinaus Frischluftentstehungsgebiete, können jedoch aufgrund der hohen Rauigkeit im Gegensatz zu den unbewaldeten Freiflächen keine Luftleitfunktion übernehmen. Daher zeichnen sie sich auch durch niedrige Windgeschwindigkeiten im Stammraum aus. Oberhalb des Kronenraumes, der auch als Hauptumsatzfläche für energetische Prozesse betrachtet werden kann, oder im Stammraum ohne oder mit nur geringem Unterwuchs kann auch bei Waldbeständen Kaltluft gebildet und durchgeleitet werden. Hervorzuheben ist weiterhin die Filterkapazität

der Waldflächen gegenüber Luftschadstoffen. Durch Ad- und Absorption vermögen Waldflächen gas- und partikelförmige Luftschadstoffe zu filtern.

Weitläufige Waldgebiete sind im Süden des Offenbacher Stadtgebietes anzutreffen. Große, zusammenhängende Waldgebiete nehmen eine regionale Funktion als Freizeit- und Erholungsgebiete ein und dienen als kühle klimatische Zufluchtsorte an heißen Tagen.

Freilandklimatop

Dieser Klimatotyp gibt die Verhältnisse des Freilandes wieder. Freilandklimate stellen sich über den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Außenbereichen ein und zeichnen sich durch ausgeprägte Tagesgänge von Temperatur und Feuchte sowie nur wenig lokal beeinflusste Windströmungsbedingungen aus. Da zudem in diesen Bereichen überwiegend keine Emittenten angesiedelt sind, handelt es sich um bedeutsame Frischluftgebiete mit einer hohen Ausgleichswirkung für die in bioklimatischer und immissionsklimatischer Hinsicht belasteten Gebiete mit Wohnbebauung. Bei geeigneten Wetterlagen tragen landwirtschaftlich genutzte Flächen darüber hinaus zur Kaltluftbildung bei.

Im Stadtgebiet von Offenbach sind relativ wenige Flächen des Freilandklimatops zu finden. Sie konzentrieren sich auf den Nordosten und den Osten des Stadtgebietes. Viele der Freilandflächen weisen über Kaltluftbahnen eine direkte Anbindung an die Siedlungsbereiche auf und haben damit eine hohe klimatische Bedeutung als Ausgleichsraum.

Gewässerklimatop

Gewässerklimate zeichnen sich tagsüber durch deutlich reduzierte Erwärmungsraten auf, so dass bei gleichzeitig hoher Verdunstung der fühlbare Wärmestrom herabgesetzt wird. Während Wasserflächen am Tage relativ kühl sind, sind sie nachts relativ warm. Dieses Phänomen ist auf die hohe Wärmespeicherkapazität des Wassers zurückzuführen, die nur schwache tagesperiodische Temperaturunterschiede an der Gewässeroberfläche ermöglicht. Die Lufttemperaturen in diesem Klimatop weisen einen ausgeglichenen Tagesgang mit abgeschwächten Minima und Maxima auf. Ein zusätzlich positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden.

Das Gewässerklimatop tritt in Offenbach, abgesehen vom Main, nur vereinzelt auf und spielt damit nur eine sehr untergeordnete Rolle. Der Main als Fließgewässer kann während nächtlicher Strahlungswetterlagen im Sommer aufgrund der geringen Rauigkeiten der Wasseroberfläche die Austauschbedingungen verbessern. Luftströmungen finden hier auch während ansonsten fast windstiller Strahlungswetterlagen statt. Die Windgeschwindigkeiten liegen deutlich über denen der Umgebung. Kleinere Bachläufe wie der Hainbach zusammen mit seiner grünen Uferzone werden von kühler Freilandluft als Luftleitbahn genutzt. Zukünftig könnte durch das Anlegen/Freilegen weiterer kleiner Fließgewässer in überhitzten Stadtteilen eine Verbesserung der klimatischen Situation erreicht werden.

Zusammenfassende Darstellung der Klimatope im Stadtgebiet von Offenbach

Werden nur die durch Bebauung charakterisierten Klimatope betrachtet, so fällt auf, dass der Anteil der Klimatope des Siedlungsklimas im Stadtgebiet von Offenbach am größten ist. Es handelt sich hierbei um Flächen, die sich hinsichtlich des Bioklimas durch eine mittlere Wärmebelastung und merkliche Veränderung des Luftaustausches kennzeichnen. Ein punktuell auftretendes Stadtklimatop in diesen Bereichen unterstreicht das Risiko, dass sich das jeweilige Gebiet bei weiterer baulicher Verdichtung in ein stärker bioklimatisch belastetes Stadt- oder Innenstadtklimatop zu entwickeln droht.

Schwerpunkte mit stärker modifizierten Klimaten sind aufgrund der Bebauung und der veränderten Oberflächenrauigkeit im Bereich der Innenstadt sowie der die Innenstadt umgebenden Stadtteile zu finden. Daneben sind vor allem die gewerblich und industriell genutzten Flächen zu nennen, auf denen negative Klimaeigenschaften zu erwarten sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die klimatische Situation in der Stadt Offenbach am Main nur in den Randbereichen zum durch Freiland geprägten Norden und zum durch Waldgebiete geprägten Süden als relativ günstig darstellt, während das Stadtzentrum und die Industrie- und Gewerbegebiete aufgrund der hohen Versiegelungsraten in bioklimatischer Hinsicht stark belastet sind. Die Belastungssituationen äußern sich in einer deutlichen Überwärmung und einer Reduzierung der relativen Feuchte sowie veränderten Windströmungsbedingungen. Der Main verbessert die klimatische Situation am Nordrand der Innenstadt.

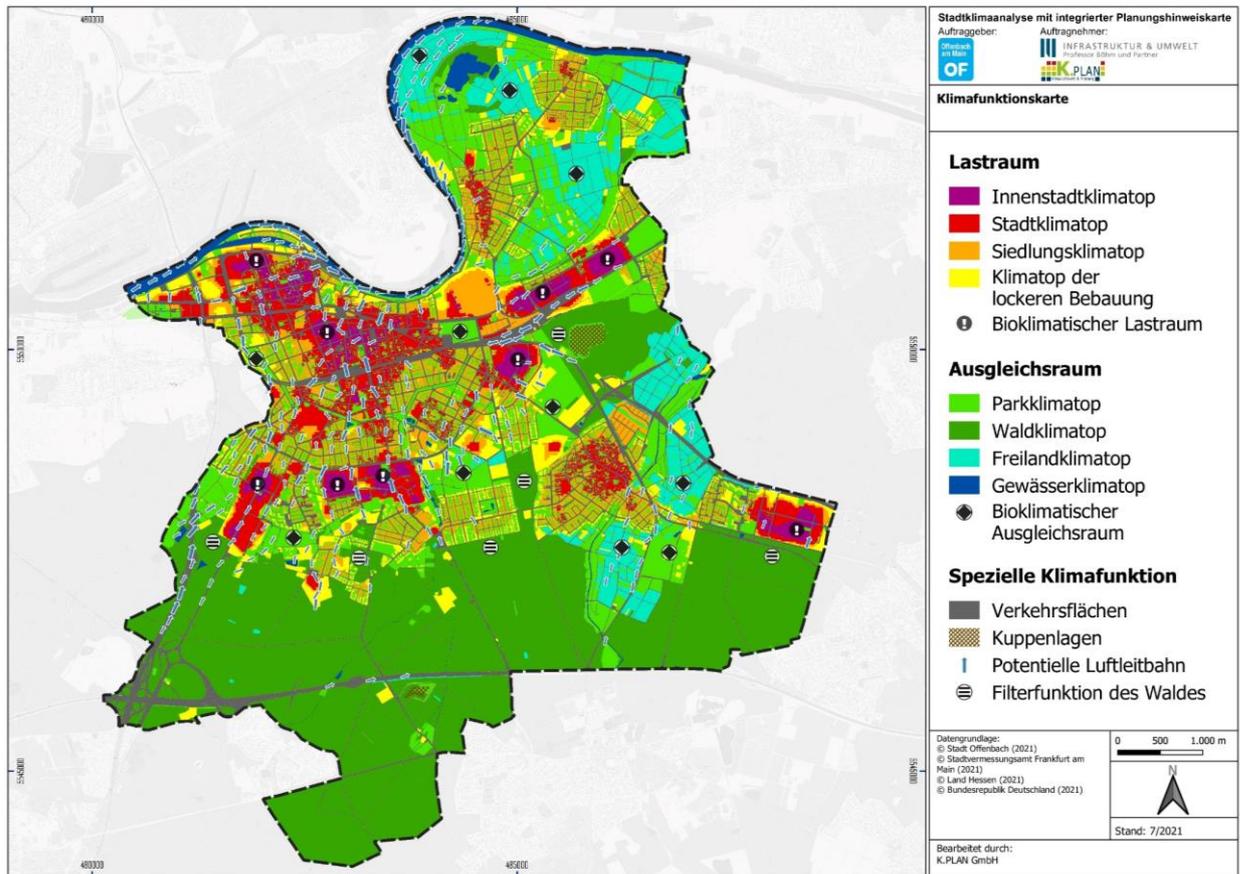


Abbildung 5: Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main

2.3 Spezielle Klimafunktionen

In der Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main sind neben den Klimatopen spezielle Klimafunktionen dargestellt. Hierunter sind zusätzliche Modifikationen der Klimatopeigenschaften einzelner Flächen durch natürliche und anthropogene Klimafaktoren zu verstehen. Die für die Belüftung bedeutsamen Bereiche sind anhand von Pfeilsignaturen hervorgehoben. Spezielle Klimafunktionen in den Klimatopen sind in der Klimafunktionskarte mithilfe von Planzeichen gekennzeichnet. Sie weisen auf Zusatzfunktionen hin, die zwar schon im Zusammenhang mit der Klimatopbeschreibung erwähnt wurden, jedoch stärker ausgeprägt sind als bei anderen Flächen gleichen Typs.

Es bleibt in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass die Ausprägung der speziellen Klimaeigenschaften eng an bestimmte Wetterlagen gebunden ist. Hierbei stehen die wind-schwachen Strahlungswetterlagen insbesondere in den Sommermonaten im Vordergrund.

Bioklimatischer Lastraum

Bioklimatische Belastungsräume zeichnen sich bedingt durch die hohe Versiegelung, durch eine starke Erwärmung am Tag und eine ausgeprägte nächtliche Wärmeinsel aus. Dies kann in den Sommermonaten Hitze- und Schwülebelastungen hervorrufen, die eine stärkere bioklimatische Belastungssituation für den Menschen darstellen. Zusätzlich wird bei windschwachen Wetterlagen eine Belastung durch lokal emittierte Schadstoffe hervorgerufen.

Der Verdichtungsraum des Innenstadtbereiches stellt einen Belastungsraum dar. Die dichte Bebauung in Verbindung mit einem sehr hohen Versiegelungsgrad führt zu einer eingeschränkten Austauschsituation und einer erhöhten thermischen Belastung. Die bioklimatischen Eigenschaften dieser Innenstadtklimatope sind daher als sehr negativ zu beurteilen. In diesen Bereichen spielt insbesondere die fehlende nächtliche Abkühlung, die zu einer Belastung des menschlichen Organismus führen kann, eine entscheidende Rolle für das Belastungspotenzial. Während langanhaltender Hitzeperioden bleiben die Nachttemperaturen häufig über 20 °C und eine Lüftung zur Kühlung von aufgeheizten Innenräumen ist nicht mehr möglich. Die Differenz zwischen der überwärmten Innenstadt und den kühleren Freilandbereichen liegt in sommerlichen Strahlungsnächten bei über 8 Kelvin.

Die weiteren bioklimatischen Lasträume sind im Stadtgebiet von Offenbach in den Zentren der Industrie- und Gewerbegebiete zu finden. Die insgesamt hohe Flächenversiegelung, teilweise bis zu 90 %, bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Die Hitze tagsüber kann zu einer Verminderung der Produktivität der in diesen Bereichen beschäftigten Menschen führen. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen. Aufgrund der Gebäudeanordnungen und der hohen Rauigkeit in den Industriegebieten wird das Windfeld stark verändert. Dies kann sich äußern durch Düseneffekte im Bereich der Werkhallen, die jedoch keine immissionsverbessernden Effekte haben müssen. Besonders problematisch sind unmittelbar an Wohngebiete angrenzende Industriekomplexe, die aufgrund der hohen Versiegelungsrate eine stark eingeschränkte nächtliche Abkühlung aufweisen. Im Zusammenspiel mit dichter Stadtbebauung könnten sich große Wärmeinseln ausbilden. Die dicht bebauten Gewerbegebiete sind aus klimatischer wie auch aus lufthygienischer Sicht als ausgeprägte Lasträume zu bezeichnen.

Die Hitzeeinwirkung wird im Zuge des Klimawandels sowohl in ihrer Intensität wie auch in der Dauer von Hitzewellen drastisch verstärkt. Der bioklimatische Lastraum umfasst Gebiete mit einer hohen Flächenkonkurrenz. Platzmangel setzt hier enge Grenzen für Maßnahmen zur klimatischen Optimierung, bioklimatische Extreme können nur abgemildert werden. Eine Ausdehnung von Flächen dieses Lastraums im Stadtgebiet ist zu vermeiden, auch durch die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen bei zukünftigen Bauvorhaben.

Bioklimatischer Ausgleichsraum

Im gesamten Stadtgebiet von Offenbach wurden alle Grünflächen und Freiräume bezüglich ihrer Relevanz für das Stadtklima bewertet. Vegetationsflächen haben eine bedeutende Wirkung auf das Lokalklima, da sie einerseits die nächtliche Frisch- und Kaltluftproduktion ermöglichen und andererseits tagsüber thermisch ausgleichend sind. Innerstädtische und siedlungsnahen Grünflächen beeinflussen die direkte Umgebung in mikroklimatischer Sicht positiv. Sie spielen eine Rolle als lokale, innenstadtnahe Aufenthaltsräume, die es als klimatische Gunsträume und zur Naherholung zu erhalten gilt. Größere Parkflächen stellen wertvolle Regenerationsräume für die Bevölkerung, aber auch für die Tier- und Pflanzenwelt dar. Kleine Grünflächen sind dagegen häufig den klimatischen Bedingungen der Umgebung ausgesetzt und nicht immer in der Lage, eigene Mikroklimata zu bilden.

Freiflächen mit einer hohen Klimaaktivität sind vor allem Gebiete mit direktem Bezug zu den Hitze-Belastungsgebieten wie z. B. innerstädtische und siedlungsnahen Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Kaltluftsystems liegen. Innerhalb der bebauten Bereiche sind vorhandene Grünflächen überwiegend mit den höchsten Empfindlichkeiten und Restriktionen gegenüber Nutzungsänderungen versehen. Vegetationsflächen am Siedlungsrand fördern den Luftaustausch. Größere zusammenhängende Vegetationsflächen stellen das klimatisch-lufthygienische Regenerationspotential dar. Neben innerstädtischen Parks haben vor allem Grünflächen im städtischen Randbereich, die die Hitzeinseln begrenzen können, und Freiflächen mit stadtklimarelevantem Kaltluftbildungspotential eine hohe Bedeutung. Aufgrund der Ergebnisse der Kaltluftberechnungen für Offenbach sind fast alle Freiflächen im Außenbereich über Luftleitbahnen an überhitzte Stadtteile angebunden. Entsprechend sind diese Freiflächen als Kaltluftlieferanten unersetzlich und daher sehr schützenswert.



Verkehrsflächen

Die größeren Bahntrassen im Stadtgebiet weisen einen ausgeprägten Temperaturtagesgang (hohe Oberflächentemperaturen tagsüber, niedrige in der Nacht) und aufgrund der geringen Rauigkeit zumeist einen guten Luftaustausch auf. Bahnanlagen mit einer in klimaökologischer Hinsicht größeren Bedeutung – insbesondere als Luftleitbahn – verlaufen von Osten auf den zentralen Bereich der Innenstadt von Offenbach zu.

Hauptverkehrsstraßen erweisen sich als lineare Emissionsbänder für Luftschadstoffe mit zusätzlich erhöhter Lärmemission, die aufgrund ihrer Breite und geringen Rauigkeit z. T. die Funktion belasteter Luftleitbahnen erfüllen. Kleinere Straßen können aufgrund eines geringeren Verkehrsaufkommens als gute Luftleitbahnen für die Versorgung mit Kaltluft dienen. Dies ist insbesondere entlang der aus Süden auf die Innenstadt zulaufenden Straßen zu erkennen.



Kuppenlagen

Kuppenlagen zeichnen sich dadurch aus, dass sie lange Zeit über die nächtlichen Bodeninversionen hinausragen, die kalte Luft von hier abfließen kann und somit die Kuppenzonen relativ warm sind. Damit können Kuppenlagen während nächtlicher Inversionswetterlagen durch eine natürliche Temperaturzunahme mit der Höhe eine den dichten Bebauungsstrukturen analoge Überwärmung erreichen. Darüber hinaus ist den Kuppenlagen ein hoher Durchlüftungsgrad zuzusprechen.



Potenzielle Luftleitbahn

Luftleitbahnen sind dort wirksam, wo bei entsprechenden Wetterlagen durch herabgesetzte Bodenreibung der Transport von Luftmassen zwischen dem Umland und der Stadt oder in angrenzende Stadtstrukturen stattfindet. Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind Luftleitbahnen klimarelevant, da sie in der Lage sind, weniger belastete oder kühlere Luftmassen in die Lasträume der Stadt zu transportieren. Luftleitbahnen sind selten breiter als 200 m und ihre Begrenzung wird durch Bebauungsränder oder das Relief vorgegeben.

Eine gute Belüftungssituation in der Stadt trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit

Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden.

Die stadtklimarelevanten Luftbewegungen des autochthonen (= nur von den Gegebenheiten lokal vor Ort beeinflussten) Windfeldes aus der Kaltluftsimulation sind in die Klimafunktionskarte übernommen. Entlang dieser mit Pfeilen gekennzeichneten Bereiche findet bei Schwachwindlagen eine Belüftung des überwärmten Bereichs durch Kaltluftzufluss oder Flurwinde statt. Kaltluftströme sind empfindlich gegenüber Störungen wie Hindernisse. Bauliche Eingriffe in diese Bereiche werden zu Einschränkungen der lokalen thermisch induzierten Windsysteme führen. Die Folgen wären eine geringere Abkühlung in heißen Sommernächten und ein verringerter Luftaustausch.



Filterfunktion des Waldes

Größere Waldflächen haben die Eigenschaft, einerseits durch trockene Deposition (= Ablagerung von Luftbeimengungen) im Stammraum und am Blatt- und Nadelwerk, andererseits durch nasse Deposition im Erdreich und Wurzelraum des Waldes eine Filterfunktion auf Luftschadstoffe auszuüben. Erhöht wird die Filterleistung noch während nächtlicher Strahlungswetterlagen, wenn die Luftmassen am Blattwerk abkühlen, in den Stammraum absinken und durch wärmere Luft aus größerer Höhe ersetzt werden. Dadurch ist ein kontinuierlicher Luftdurchsatz gewährleistet, der eine stärkere Filterleistung bewirkt. Diese ist insbesondere für staubförmige Luftschadstoffe wirksam.

Als in lufthygienischer und bioklimatischer Hinsicht besonders bedeutungsvolle Ausgleichsräume in Offenbach erweisen sich die großflächigen Waldgebiete entlang der Siedlungsgrenzen im Osten und Süden des Stadtgebietes.

3 Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet

Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet betrachtet die Klimawirkung auf die Bevölkerung unter Berücksichtigung der Sensitivität (d.h. Hitzeempfindlichkeit der Bevölkerung) und des räumlichen Vorkommens (d.h. überwärmte Stadtgebiete) (vgl. UBA 2017: S. 10). Die Hitzebetroffenheit der Bevölkerung im Stadtgebiet ist somit das Ergebnis der dort vorliegenden Hitzebelastung und der Sensitivität der Bevölkerung. Die Betroffenheit der Bevölkerung zeigt somit, wo wärmebelastete Gebiete liegen, in denen besonders viele gefährdete oder besonders schützenswerte Bevölkerungsgruppen wohnen, um gezielt Maßnahmen zur Hitzevorsorge und zum Schutz der dort lebenden Bevölkerung zu entwickeln.

3.1 Hitzeempfindliche Bevölkerung

Menschen reagieren mit einer unterschiedlichen Sensitivität¹ (Empfindlichkeit) auf Hitze- einwirkungen. Gesundheitliche Folgen betreffen vorwiegend Menschen, die sich aufgrund ihres Alters, ihrer bestehenden Erkrankungen oder kognitiver bzw. körperlicher Einschränkungen weniger gut vor Hitze schützen können oder stärker mit gefährlichen Veränderungen des Stoffwechsels reagieren. Zur Ermittlung der Sensitivität werden die folgenden Indikatoren verwendet (HLNUG, 2019a):

- Hochaltrigendichte,
- Dichte von Kindern unter 5 Jahren,
- Dichte von durch Armut Benachteiligte,
- Lage von Einrichtungen mit besonders sensiblen Bevölkerungsgruppen.

Die Indikatoren geben die Verteilung der entsprechenden Personengruppen auf die statistischen Bezirke an. Die Lage von Einrichtungen mit besonders sensiblen Bevölkerungsgruppen bietet ergänzende Informationen.

Indikator Hochaltrigendichte

Im Kontext von Hitzeextremen werden Personen im Alter von 75 Jahren und älter als hochaltrig bezeichnet. In der Regel wird die Altersgruppe der über 75-Jährigen als die

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

Gruppe mit dem größten Risiko identifiziert. Mit dem Älterwerden erhöhen sich die hitzeabhängigen Gesundheitsrisiken infolge von chronischen Erkrankungen, kognitiven und körperlichen Einschränkungen, Multimorbidität² sowie Multimedikation³ und physiologische Anpassungsprozesse gelangen im Alter schlechter (HLNUG, 2019a). Ältere Menschen sind bei Hitzeextremen stärker von Übersterblichkeit betroffen (HLNUG, 2019a). Daher ist die Ermittlung der Hochaltrigendichte nach HLNUG (2019a) von zentraler Bedeutung.

Indikator Kleinkinderdichte

Kleinkinder verfügen im Vergleich zu Erwachsenen über eine eingeschränkte Thermoregulation und eine geringere Schweißproduktion bei gleichzeitig größerer relativer Absorptionsfläche für Wärmeeinstrahlungen (HLNUG, 2019a). Ihr Körper hat zudem einen höheren Flüssigkeitsanteil und gemessen an ihrem Körpervolumen eine größere Körperoberfläche, über die sie Flüssigkeit verdunsten (HLNUG, 2019a). Der Indikator wird in HLNUG (2019a) empfohlen, da die Kindergesundheit in den Kommunen eine besondere Bedeutung hat, da Kinder eine besonders schützenswerte Bevölkerungsgruppe sind.

Indikator Benachteiligung durch Armut

Armut kann u. a. aufgrund schlechterer Wohnbedingungen, einer geringeren Anzahl an Aufenthaltsalternativen und Teilhabechancen, eines schlechteren Gesundheitszustands oder aufgrund von Demoralisierungsprozessen eine Gefährdung bei Hitzeextremen begünstigen (HLNUG, 2019a). Der Indikator wird in HLNUG (2019a) empfohlen, da die sozial bedingte Ungleichheit sowohl in den Kommunen als auch in den Gesundheitswissenschaften von hoher Bedeutung ist. Als ökonomisch und sozial benachteiligt werden Menschen definiert, die Leistungen zur Existenzsicherung nach SGB II (Grundsicherung für Arbeitssuchende) und SGB XII (Sozialhilfe) erhalten und somit über knappe ökonomische Ressourcen verfügen (Lampert et al. 2013).

Berücksichtigt wurden die Einwohnerzahlen für diese Bevölkerungsgruppen, die mit dem Stand 31.12.2020 je statistischem Bezirk vorlagen.

Für die Gefährdung aller Bevölkerungsgruppen entscheidend ist die absolute Zahl der jeweiligen Gruppe im Wohngebiet pro Wohn- und Mischbaufläche (Hektar). Die Dichte der

2 Gleichzeitiges Bestehen von mehreren Krankheiten bei einer einzelnen Person

3 Gleichzeitige Anwendung verschiedener Medikamente gegen mehrere Krankheiten

Bevölkerung besagt, wie viele Menschen in einem Wohngebiet grundsätzlich gefährdet sein könnten. Den Analysen wurden die Wohn- und Mischbauflächen zugrunde gelegt, die im regionalen Flächennutzungsplan (Stand 2019) als Bestand dargestellt waren, ergänzt um weitere Bestandsflächen aus der aktualisierten Realnutzungskarte.

Für die Definition von allgemeingültigen Schwellenwerten für die Sensitivität gibt es keine Referenzwerte oder belastbare Daten. Daher werden, wie in HLNUG (2019a) empfohlen, für die Definition der Klassengrenzen Dezile der Verteilung der Indikatoren berechnet. Die Wertebereiche zwischen den Dezilen bilden die zehn Klassen zur Bewertung der Sensitivität eines statistischen Bezirks (Klasse 1 – geringste Dichte bis Klasse 10 – höchste Dichte), dabei werden die unteren 70% nach der in HLNUG (2019a) empfohlenen Methodik als weniger sensitiv zusammengefasst:

- Klassen 1 bis 7: weniger sensitive statistische Bezirke
- Klasse 8: sensitive statistische Bezirke
- Klasse 9: hoch sensitive statistische Bezirke
- Klasse 10: extrem sensitive statistische Bezirke

Die Indikatoren Hochaltrige, Benachteiligung durch Armut und Kleinkinder werden zur Ermittlung der hitzesensitiven Bevölkerung im Stadtgebiet zusammengefasst. Bei der Zusammenfassung wird die Hochaltrigendichte aufgrund ihrer Bedeutung am stärksten berücksichtigt (HLNUG, 2019a):

- Extrem sensitives Gebiet: Hochaltrigendichte Klassen 8 bis 10 und Kleinkinderdichte und Benachteiligung durch Armut Klasse 10
- Hoch sensitives Gebiet: Hochaltrigendichte Klassen 8 bis 10 und Kleinkinderdichte Wil/ Benachteiligung durch Armut Klasse 10
- Sensitives Gebiet: Hochaltrigendichte Klassen 8 bis 10 oder Kleinkinderdichte / Benachteiligung durch Armut Klasse 10
- Weniger sensitives Gebiet: Keines der Kriterien zutreffend

Als extrem sensitives Gebiet ist der statistische Bezirk Mathildenschule einzustufen mit der höchsten Dichte aller Indikatoren. Eine hohe Sensitivität ist für den statistischen Bezirk Messehalle festzustellen, hier gibt die Hochaltrigendichte zusammen mit der Kleinkinderdichte den Ausschlag.

Weitere sensitive Gebiete sind in den statistischen Bezirken Wilhelmschule, Klinikum, Lauterborn, Bachschule und Lichtenplatte zu finden. Im Bezirk Wilhelmschule ist dies auf

den Indikator Benachteiligung durch Armut zurückzuführen (höchste Dichteklasse), in den anderen sensitiven Gebieten allein auf die Hochaltrigendichte.

Ergänzend sind in den Karten hitzeempfindliche soziale Einrichtungen dargestellt. Dies sind Einrichtungen, in denen sich besonders gefährdete Personengruppen vorübergehend oder dauerhaft aufhalten (Datengrundlage: Stadt Offenbach – Kategorien Klinik und Krankenhaus, Altenpflegeheim und Seniorenwohnanlage sowie Kindergarten, Kindertagesstätte und Hort). Besonders betroffen können diese Einrichtungen sein, wenn sie innerhalb von Gebieten mit stark erhöhter Wärmebelastung (Innenstadt – und Stadtklimatop lt. Klimafunktionskarte) liegen. 54 Einrichtungen für Kinder bis 6 Jahre und 7 Altenpflegeheime oder -Wohnanlagen sowie das Sana-Klinikum liegen innerhalb von Stadtgebieten mit stark erhöhter Wärmebelastung. Für diese hitzeempfindlichen Einrichtungen sind thermische Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen sowie eine Beschattung der Außenbereiche zu berücksichtigen und zusätzliche Maßnahmen empfohlen (Beispiele siehe HLNUG, 2019b).

3.2 Ermittlung der Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet

Die Verschneidung der wärmebelasteten Stadtgebiete mit der Hitzeempfindlichkeit der Bevölkerung erfolgt nach HLNUG (2019a) wie folgt:

Bevölkerung - Sensitivitätsgrad aus der Kombination der Indikatoren

Wärmebelastung der Stadtgebiete	extrem sensitiv	hoch sensitiv	sensitiv	wenig sensitiv
Innenstadtklimatop	sehr hohe Betroffenheit	sehr hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	-
Stadtklimatop	hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	mittlere Betroffenheit	-
Siedlungsklimatop	mittlere Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	-
Klimatop der lockeren Bebauung	In diesen Gebieten ist selbst für extrem sensitive Bevölkerung nicht von einer Betroffenheit auszugehen.			

Abbildung 6: Vorgehen zur Identifizierung der Hitzebetroffenheit gemäß HLNUG (2019a)

Je höher die Hitzeempfindlichkeit, desto eher ist bereits in Gebieten mit mittlerer Wärmebelastung (Siedlungsklimatop) von einer Betroffenheit auszugehen. In Stadtgebieten mit lockerer Bebauung ist selbst bei extrem empfindlicher Bevölkerung nicht von einer Betroffenheit auszugehen.

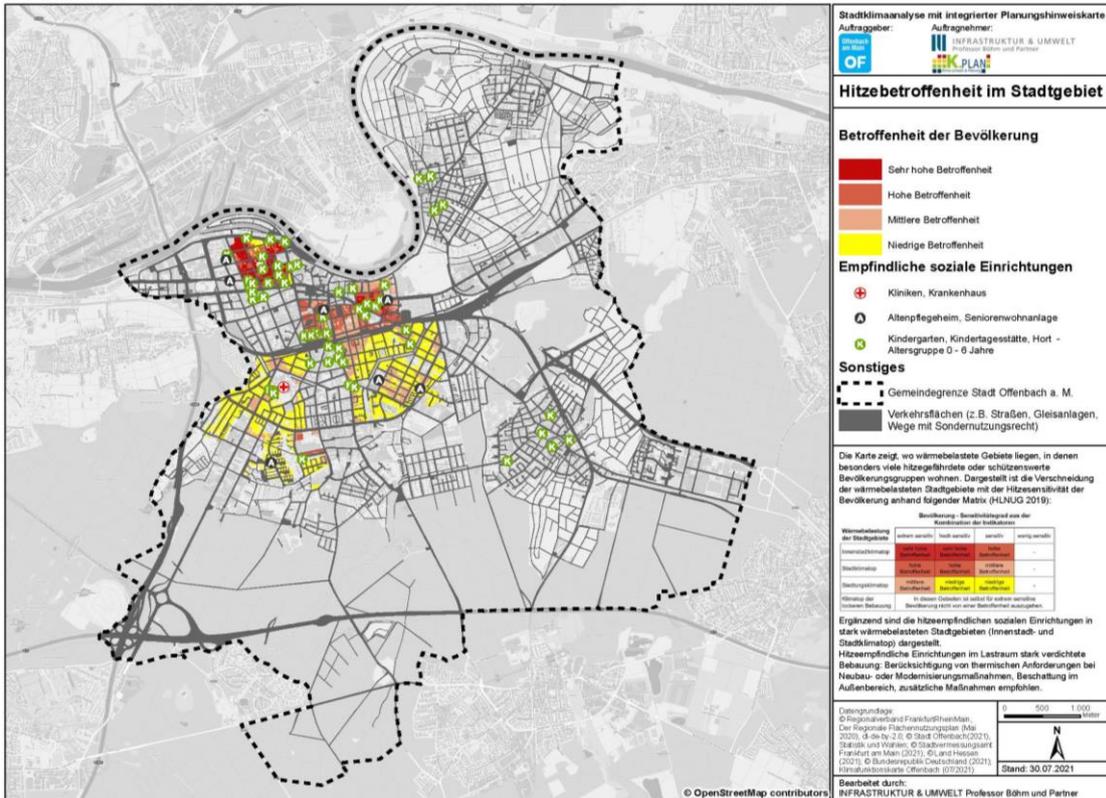


Abbildung 7: Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet

Eine sehr hohe bis hohe Hitzebetroffenheit ergibt sich für den bioklimatischen Lastraum im Nordend, eine vorwiegend hohe Hitzebetroffenheit ergibt sich für die Innenstadtbereiche und im Bereich des Mathildenviertels nördlich der Gleisanlagen.

In den Wohn- und Mischgebieten südlich der Gleisanlagen ist überwiegend von einer niedrigen Betroffenheit auszugehen, mit Ausnahme eines zusammenhängenden Gebiets mittlerer Betroffenheit im westlichen Bereich von Lindenfeld. Anzumerken ist, dass die Analysen auf der Grundlage der verfügbaren Bevölkerungsdaten für die statistischen Bezirke erfolgten und somit die dort verwendeten Grenzen (Straßen) abbilden.

4 Zusatzbelastung infolge von Starkregengefahren

Die Stadt Offenbach am Main hat Starkregengefahren- und Risikokarten erstellen lassen (Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH, Bearbeitungsstand 04/2021). Die Ergebnisse wurden ausgewertet im Hinblick auf:

- Zusatzbelastung von wärmebelasteten Stadtgebieten: Hierfür wurde die Dichte von im Falle eines Starkregenereignisses gefährdeten Gebäuden zugrunde gelegt.
- Funktionen von Grünflächen für den Wasserrückhalt: Hierfür wurde die ermittelte Überflutung von Grünflächen zugrunde gelegt.

Die Analyse der Dichte gefährdeter Gebäude erfolgte unter Berücksichtigung der Höhe der Gefährdung (Gefährdungsklassen 1 bis 4 in der Starkregengefahrenkarte entsprechend den zur Verfügung gestellten GIS-Daten). Die räumliche Verteilung der Dichte zeigt, wo sich besonders viele gefährdete Gebäude unter Berücksichtigung der Gefährdungshöhe befinden. Die drei höchsten Dichteklassen (Klassen 8 bis 10), d. h. die obersten 30 %, werden zur Darstellung der Zusatzbelastung verwendet.⁴

Gebiete mit besonders hoher Dichte und hochgefährdeten Gebäuden befinden sich über das Stadtgebiet verteilt mit vergleichsweise ausgedehnteren zusammenhängenden Bereichen im Stadtteil Bieber, in den innerstädtischen Bereichen, aber auch im Bereich Mathildenviertel oder im Stadtteil Bürgel. Die Überlagerung mit den Klimafunktionen zeigt, dass eine hohe Dichte gefährdeter Gebäude sowohl in den stark verdichteten Innenstadt- und Stadtklimatopen als auch in Gebieten auftritt, die als Siedlungsklimatop eingestuft sind. Flächen, die als Klimatop der lockeren Bebauung bewertet sind, sind dagegen kaum von der Zusatzbelastung betroffen.

Grünflächen, die im Fall des zugrunde gelegten Starkregenereignisses überflutet werden, kommt eine besondere Funktion für Wasserrückhalt und Versickerung zu. Die Analyse erfolgt für zwei Überflutungstiefen (über 5 cm und über 15 cm), bei einer erhöhten Wassertiefe sind zusätzlich mögliche Schäden an der Vegetation zu berücksichtigen, die die bioklimatischen Ausgleichsleistungen beeinträchtigen könnten. Für die Grünflächen wurden die Kategorien Park, Wiese und Grünlandmix entsprechend der aktualisierten Realnutzungskarte berücksichtigt.

4 Zugrunde gelegtes Niederschlagsereignis: 30 jährliches Ereignis, Dauer 120 Minuten

Überflutete Grünflächen befinden sich im Stadtgebiet verteilt. Besonders hinzuweisen ist auf solche Flächen innerhalb von Gebieten mit hoher Wärmebelastung oder in Gebieten mit wichtigen stadtklimatischen Ausgleichs-, Puffer- und Belüftungsfunktionen, da hier der Erhalt und die Förderung der Grünflächen in Kombination mit ihrem Beitrag zum Wasserrückhalt und zur Verbesserung des Stadtklimas eine besondere Bedeutung erhalten.

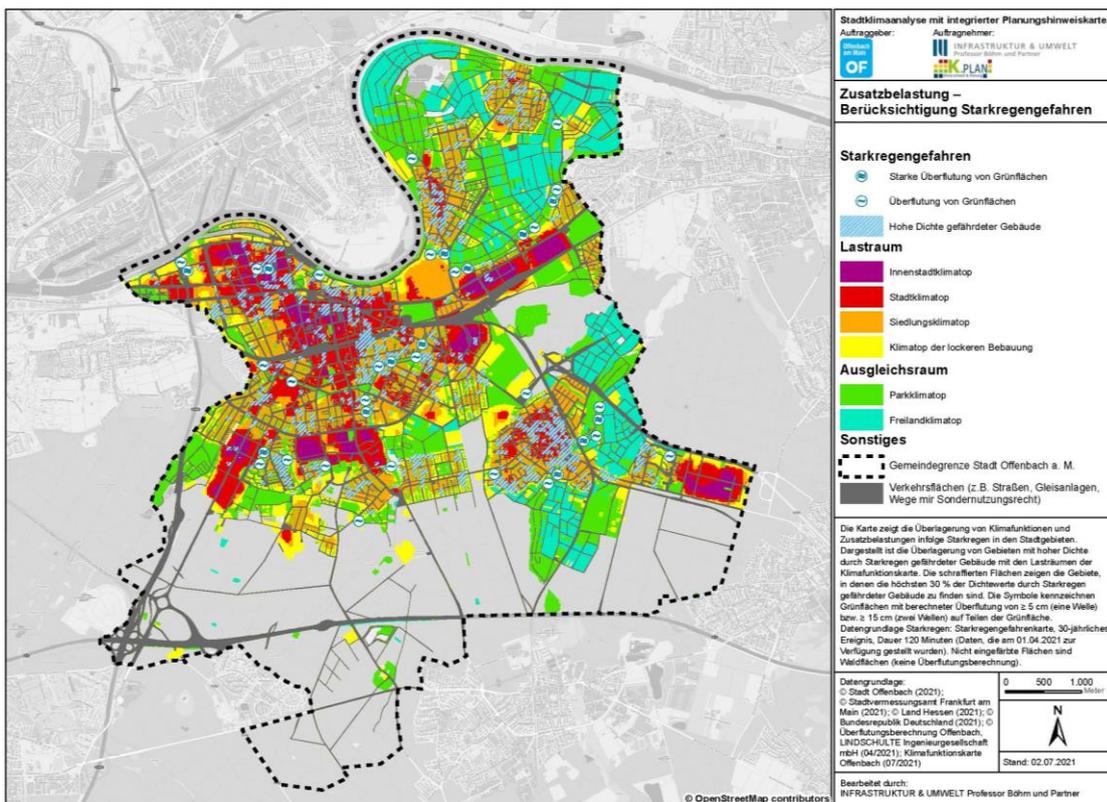


Abbildung 8: Zusatzbelastung – Berücksichtigung Starkregengefahren

5 Planungshinweiskarten für die Stadt Offenbach am Main

Die Planungshinweiskarte für die Stadt Offenbach am Main basiert auf der Klimafunktionskarte und den dafür durchgeführten Klimaanalysen (z. B. der Kaltluftsimulation). Die Planungshinweise verfolgen die Zielsetzung, auf Ebene der Gesamtstadt, günstige stadtklimatische Verhältnisse zu sichern und vorhandene Belastungssituationen zu verbessern. Ergänzende Planungshinweise, die auf den Analyseergebnissen zu Hitzebetroffenheit der Bevölkerung und aus der Zusatzbelastung infolge der Starkregengefahren beruhen, wurden in zwei weiteren Kartendarstellungen in die Planungshinweiskarte integriert.

In der Planungshinweiskarte sind Planungsräume (Last- und Ausgleichsräume) dargestellt, für die flächenhafte Planungshinweise gelten. Der bioklimatische Lastraum stark verdichteter Bebauung umfasst die Gebiete des Innenstadt- und Stadtklimatops, den Lastraum mittlere bis lockere Bebauung die Gebiete des Siedlungsklimatops sowie der lockeren Bebauung, mit stadtklimatisch vergleichsweise günstigen Bedingungen. Die klimatischen Ausgleichsräume umfassen neben den größeren innerstädtischen Grünflächen und den Freilandgebieten Waldgebiete und Gewässer.

Die den Planungsräumen zugrundeliegenden Klimatope weisen z. T. eine sehr detaillierte Verzahnung mit angrenzenden Klimatopen auf. Diese wurde für die Zusammenfassung zu Planungsräumen begründet bzw. generalisiert. Diese Abgrenzungen stellen keine flächenscharfe Grenze dar. Die flächenhaften Einteilungen der Hinweise für die Planung werden durch die Inhalte der Klimafunktionskarte näher erläutert. Weitere spezifische Planungshinweise von oft lokaler Relevanz sind mit Symbolen dargestellt, wie z. B. die Erhaltung von Luftleitbahnen.

Die in der Karte dargestellten Planungshinweise enthalten für alle Räume und spezifischen Hinweise mehrere Empfehlungen. Je mehr und verbreitet diese angewendet werden, desto effektiver wird eine positive Wirkung zur Verbesserung der klimatischen Situation sein.

5.1 Ausgleichsräume

Die klimatischen Ausgleichsräume weisen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen auf, bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen sowie Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern, führen zu bedenklichen klimati-

schen Beeinträchtigungen. Sollten trotz klimatischer Bedenken in diesen Gebieten Planungen in Erwägung gezogen werden, sind je nach Bedeutung klimatische Sondergutachten notwendig (Kategorie „Bioklimatische Ausgleichsräume“) oder empfohlen (Kategorie „weitere Ausgleichsräume“).

Die Einstufung als bioklimatischer Ausgleichsraum erfolgt aufgrund der Kaltluftproduktion, der Nähe und Funktion für Lasträume sowie als Teil einer Luftleitbahn für belastete Siedlungsbereiche. Die Einstufung erfolgt aufgrund der klimatischen Bedeutung im Hinblick auf Entlastungs- und Ausgleichsleistung für die Lasträume als Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiet und zum Luftaustausch bzw. als Fließwege in Richtung Siedlung.

5.1.1 Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald

■ Große zusammenhängende Waldflächen sind aus klimatisch-lufthygienischen Gründen für Ballungsräume von großer Bedeutung, daher werden alle Waldklimatope, auch ohne direkten Bezug zu Lasträumen als bioklimatische Ausgleichsräume eingestuft. Die positiven klimatischen Funktionen für die Frischluftentstehung und Filterung von Schadstoffen sind zu erhalten und weiterzuentwickeln. Dafür ist der Erhalt und die Entwicklung von zusammenhängenden Waldgebieten für die Frischluftentstehung sowie die Verbesserung der Filterfunktion am Übergang zur Bebauung erforderlich.

Um die Funktion als Frischluftentstehungsgebiet nicht zu beeinträchtigen, sind Emissionsquellen zu vermeiden (Waldgebiet im Süden) und keine weiteren Emissionsquellen zuzulassen.

5.1.2 Bioklimatischer Ausgleichsraum Frei- und Grünflächen

■ Dieser Ausgleichsraum umfasst kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich, insbesondere Freilandklimatope mit sehr hoher nächtlicher Abkühlung, die Lasträume versorgen sowie Park- und Freilandklimatope, die Teil von Luftleitbahnen sind. Sie stellen wichtige klimatische und lufthygienische Ausgleichspotenziale dar und sollten daher erhalten und möglichst ausgebaut werden. Neben dem Erhalt und Ausbau der kaltluftproduzierenden Fläche ist der Erhalt der Verbindung mit den Lasträumen von größter Bedeutung. Die Funktionen als Kaltluftentstehungsgebiete sind zu erhalten und auszubauen, von einer Verdichtung und Versiegelung ist abzusehen. Transportbahnen für Frischluft und Kaltluftzufuhr von dem Ausgleichsraum zu den Lasträumen sind freizuhalten, die Belüftungssituation ist zu sichern. Der Übergangsbereich zur Bebauung ist frei bzw. offen zu halten, damit keine Barrierewirkung erzeugt wird. In diesen Ausgleichsräumen dürfen keine weiteren Emissionsquellen zugelassen werden. Emissionen müssen reduziert werden.

5.1.3 Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer

Der Main ist als Gewässerklimatop mit hoher Luftaustauschfunktion besonders für die stark belasteten Innenstadtbereiche von großer Bedeutung. Das Gewässer mit seinen Randbereichen ist in seiner Funktion als Kaltlufttransportbahn zur Belüftung zu erhalten.

Eine zusätzliche Riegelbebauung in den Randbereichen sollte vermieden werden, eine Vernetzung mit angrenzender Bebauung ist zu fördern bzw. herzustellen.

5.1.4 Weitere Ausgleichsräume Frei- und Grünflächen

In diesen Ausgleichsräumen liegt entweder eine geringe Kaltluftproduktion aufgrund der Ausstattung vor oder die auf diesen Freiflächen entstehende Kalt- und Frischluft fließt nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete ab.

Diese Flächen weisen eine geringere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen auf. Eine zusätzliche Versiegelung und Bebauung und damit Wärmebelastung muss möglichst vermieden werden.

5.2 Lasträume

5.2.1 Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung

Zum Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung gehören weite Teile der Wohn- und Mischbebauung außerhalb der Innenstadt und Stadtteilzentren mit ausreichender bis guter Belüftung und nur schwach bis kaum ausgeprägten Wärmeinseln. Diese günstigen stadtklimatischen Strukturen und Belüftungsfunktionen sind für die Gebiete selbst zu erhalten. Sie erfüllen aber auch eine wichtige Funktion als Puffer- und Ausgleichszonen für die angrenzenden bioklimatischen Lasträume stark verdichteter Bebauung. Diese ist zu erhalten und möglichst auszuweiten: Eine weitere Verdichtung in den noch günstigen Gebieten innerhalb des bioklimatischen Lastraums ist zu vermeiden. In den Übergangsbereichen zum bioklimatischen Lastraum ist eine Ausweitung der ausgeprägten Wärmeinseln der bioklimatischen Lasträume zu vermeiden und die Belüftungssituation dieser Lasträume durch Ausweitung der Pufferfunktion z. B. durch Öffnen von Randbereichen zu verbessern. In den Siedlungsrandbereichen ist eine Verdichtung und zusätzliche Bebauung unter Beachtung der Belüftungsfunktion im Gebiet, dem Erhalt und der Entwicklung von Luftleitbahnen (z. B. durch Beachtung der Gebäudeausrichtung) und der Vermeidung von Barrierewirkungen durch die Bebauung möglich. Emissionen aus Verkehr und Hausbrand

(d.h. Verwendung von Brennmaterialien zum Heizen), sind zu verringern und günstige Belüftungsstrukturen zu stärken.

5.2.2 Bioklimatischer Lastraum stark verdichteter Bebauung

Die bioklimatischen Lasträume der stark verdichteten Bebauung (Innenstadtbereiche, Gewerbegebiete und Stadtteilzentren) sind geprägt durch eine deutliche bis hohe Überwärmung mit ausgeprägten Wärmeinseln, thermisch und lufthygienisch hohen Defiziten und ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen. Eine weitere Belastung der ungünstigen stadtklimatischen Bedingungen ist zu vermeiden (sollte nicht zugelassen werden). Maßnahmen zur Reduzierung der wärme- und lufthygienischen Belastung sollten ergriffen werden. Eine weitere Ausdehnung der Wärmeinseln, besonders ein Übergang zu noch günstigen Bereichen des Lastraums der mittleren und lockeren Bebauung ist zu vermeiden. Von einer weiteren Verdichtung, die mit zusätzlicher Versiegelung einhergeht, ist abzusehen. Die Be- und Entlüftung durch Verbindung mit klimatischen Ausgleichsräumen muss zur weiteren Verbesserung der klimatischen/lufthygienischen Verhältnisse gefördert werden (Erhalt/Entwicklung Luftleitbahnen, Vernetzung von Grünflächen).

Maßnahmen umfassen:

- Erhaltung und Entwicklung von Freiräumen
- Erhöhung des Grünanteils unter Berücksichtigung der Belüftungsfunktion (z. B. Fassadenbegrünung auch bei hoher Flächenkonkurrenz)
- Verdunstungskühlung schaffen
- Vernetzung von kleineren Grünflächen unter Berücksichtigung der Belüftungsfunktion
- Entsiegelung, Verringerung des Versiegelungsgrads (z. B. von Innenhöfen)
- Beschattungen im Außenbereich sowie Fassaden-/ Dachisolation und Oberflächenentsiegelung fördern
- Rückstrahlung verbessern durch Oberflächengestaltung
- Reduktion verkehrlicher Emissionen und von Emissionen aus Hausbrand
- Sicherung und Verbesserung der Belüftung, Erhalt und Ausbau der Funktion der Luftleitbahnen, Erhalt und Öffnung der Belüftungsschneisen zum/vom Main

5.2.3 Lastraum Gewerbe- und Industriefläche

Die Gewerbe- und Industriegebiete stellen in Offenbach mit über 34 % Anteil an den Innenstadt- und Stadtklimatop (beim Innenstadtklimatop überwiegen die Gewerbeflächen

mit über 60 %) einen erheblichen Anteil der stark wärmebelasteten Siedlungsflächen dar. Es handelt sich um ausgeprägte Lasträume fast ohne Grünflächen, die jedoch aufgrund ihrer Wechselwirkung mit den angrenzenden Wohngebieten klimatisch von Bedeutung sind und stark überwärmte Gebiete bis in die Siedlungsrandbereiche verursachen. Für diese Gebiete werden gesonderte Hinweise gegeben, um den spezifischen funktionalen Bedingungen von Gewerbegebieten gerecht zu werden.

Gewerbe- und Industrieflächen – Lastraum stark verdichtete Bebauung

 In diesen Planungsräumen sind die Zielsetzungen gesunde Aufenthalts- und Arbeitsbedingungen tagsüber und die Reduzierung nachteiliger klimatischer Wirkungen auf angrenzende (Wohn-)Gebiete, insbesondere hinsichtlich der nächtlichen Überwärmung. Emissionen aus Verkehrsbelastung und Produktion müssen reduziert, die des Grün- und Freiflächenanteils (z. B. durch Dach- und Fassadenbegrünung oder Begrünung weiterer Flächen, soweit keine Umweltschutzgründe entgegenstehen) erhöht werden. (Großflächige) Lager- und Parkplätze sollten entsiegelt und begrünt werden, Immissionschutzpflanzungen den Übergangsbereich zu Wohn- und Mischbauflächen puffern und öffentliche Flächen begrünt werden (z. B. Schaffung zusammenhängender Grünflächen für eine Zonierung). Die Aufheizung von Gebäude- und Verkehrsflächen kann durch die Wahl geeigneter Oberflächen mit hoher Rückstrahlung verringert werden.

Gewerbe- und Industrieflächen – Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung

 In den Gewerbeflächen, die als Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung gekennzeichnet sind, ist die Pufferfunktion zu erhalten und möglichst auszubauen, die vergleichsweise positiven klimatischen Wirkungen sind zu erhalten und weiter zu fördern. Zusätzliche Emissionen aus Verkehrsbelastung und Produktion sind zu vermeiden. Der Grün- und Freiflächenanteil muss erhalten werden. Bei zusätzlicher Bebauung ist auf die Belüftungsfunktion zu achten und die Ausdehnung angrenzender stark überwärmter Bereiche zu vermeiden, z. B. durch Schaffung zusammenhängender Grünflächen im öffentlichen Bereich, Vorsehen von Dach- und Fassadenbegrünung und Begrünung (entsiegelte Betriebsflächen wo möglich z. B. Parkflächen).

5.3 Lokale Maßnahmen / Luftaustausch

5.3.1 Städtische Grünflächen und Grünzüge

 Klimaaktive Grünflächen und Grünverbindungen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum oder Teil einer Luftleitbahn sind wichtig für die Belüftung. Ihre Wirkung zeigt sich in der Modellierung in deutlichen Kaltluftströmungen. Die markierten Bereiche weisen aufgrund der städtischen Grünflächen verbunden mit der lockeren Bebauung mit hohem Grünflächenanteil eine hohe Bedeutung für die Verbindung von bioklimatischen Lasträumen mit bioklimatischen Ausgleichsräumen auf. Diese stadtklimatisch günstige Frei- und Grünflächenstruktur müssen erhalten und gefördert werden, eine zusätzliche Versiegelung sollte vermieden werden. Das Öffnen größerer Grünflächen zur umgebenden Bebauung unterstützt die Abkühlungswirkung für die Lasträume.

5.3.2 Luftleitbahnen

Luftleitbahnen sind insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen klimarelevant, um Frischluft oder Kaltluft in die Lasträume der Stadt zu transportieren und so die Lasträume klimatisch zu entlasten. Ein guter Luftaustausch trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet können abgekühlt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden, mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden. Luftleitbahnen können je nach Nutzung lufthygienisch belastet sein. Kaltluftströme sind empfindlich gegenüber Störungen wie Hindernissen. Bauliche Eingriffe in diese Bereiche führen zu Einschränkungen der lokalen, thermisch induzierten Windsysteme, mit einer geringeren Abkühlung in heißen Sommernächten und einem verringerten Luftaustausch.

 In Offenbach stellen die Straßen- und Bahnverkehrswege von Süden und Osten sowie der Main gute Luftleitbahnen dar. Diese Luftleitbahnen und ihre geringe Oberflächenrauigkeit sind zu erhalten und zu fördern und weitere Emissionsquellen zu vermeiden.

 Für die belasteten Luftleitbahnen sind zusätzlich die Emissionen zu verringern.

5.3.3 Luftleitbahnen vom Fließgewässer

 Der Main stellt für die nahe gelegenen bioklimatischen Lasträume eine wichtige Luftaustauschmöglichkeit dar, hier sind im Übergang Barrierewirkungen zu vermeiden oder zur Förderung der Belüftung der überwärmten Gebiete abzubauen.

5.3.4 Austausch und Vernetzung fördern bzw. herstellen

↔ In den gekennzeichneten Bereichen ist eine Förderung des Luftaustausches bzw. das Herstellen zwischen klimatisch günstigeren und ungünstigeren Räumen vorrangig, besonders um der Ausbreitung bzw. dem Zusammenschluss von größeren wärmebelasteten Gebieten entgegen zu wirken. Der Abbau vorhandener Barrierewirkungen (im Bereich der Gleisanlagen und der Gewerbefläche) kann den Luftaustausch mit den bioklimatischen Lasträumen verbessern.

5.4 Beispiele für konkrete Maßnahmen und zu Umsetzungsinstrumenten

Konkrete Maßnahmen zur Erreichung der genannten Handlungsempfehlungen finden sich z. B. im Planungshinweiskatalog des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG 2019b) und der VDI Richtlinie 3787 Blatt 8, Stadtentwicklung im Klimawandel.

Beispielhaft seien hier genannt:

- Planung und Festsetzung in der Bauleitplanung von Dach- und Fassadenbegrünung,
- Versiegelung reduzieren durch Entsiegelung öffentlicher Flächen, Förderung der Entsiegelung privater Flächen, Sensibilisierung der Öffentlichkeit,
- Neuversiegelung begrenzen durch Festsetzung von Freiflächenanteilen bzw. reduzierter Versiegelung durch Vorgartensatzung etc.,
- Beschattung von öffentlichen Plätzen und Freiflächen durch Erhalt von schattenspendenden Grünstrukturen, insbesondere großkroniger Bäume durch Baumschutzsatzung, neu anzulegende schattenspendende Grünstrukturen,
- Baumstandorte auf zunehmende Hitze vorbereiten durch verschiedene Maßnahmen.

6 Ergänzende Hinweise aufgrund der Analyse der Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet

Menschen reagieren unterschiedlich empfindlich auf Hitzebelastung. Besonders gefährdete und schützenswerte Bevölkerungsgruppen sind ältere Menschen, Kleinkinder und durch Armut Benachteiligte, die in stark wärmebelasteten Stadtgebieten wohnen. Eine stark erhöhte Hitzebetroffenheit ist so in Offenbach für die dicht bebauten Bereiche im Nordend, Zentrum und Mathildenviertel festzustellen. Weiterhin wurde ein Teil von Lindenfeld südlich der Bahntrasse als betroffen identifiziert. Die Planungshinweise für diese Lasträume und die angrenzenden Lasträume mit Puffer- und Ausgleichswirkung erhalten damit eine verstärkte Bedeutung.

Zum weiteren Schutz der menschlichen Gesundheit sind für die Gebiete planerische Maßnahmen zur Reduktion von Hitzebelastungen oder zur Vermeidung einer Zunahme notwendig. Zur Vermeidung von Übersterblichkeit ist der präventive Aufbau von geeigneten Unterstützungsstrukturen für ältere, alleinlebende Menschen in den hitzebetroffenen Gebieten im Rahmen der kommunalen Gesundheitsförderung anzustreben. Während Hitzeextremen wird empfohlen, kühle Orte bereit zu stellen, an denen sich hochaltrige Menschen aufhalten können.

Insbesondere dann, wenn in betroffenen Gebiete zugleich eher bildungsbenachteiligte Personen leben, sollten Strategien zur Information von Eltern über geeignete Multiplikatoren (z.B. Familienhebammen, Kinderärzte/-ärztinnen, Erziehende, Lehrkräfte) entwickelt werden. Die Bauten von Kindertagesstätten und Schulen in öffentlicher Trägerschaft sollten auf ihr thermisches Verhalten hin überprüft und ggf. saniert werden. Empfehlungen zum Aufenthalt im Freien während Hitzeextremen müssen gegeben werden.

Bei Benachteiligung durch Armut ist mit einem geringen Potenzial für Schutzmöglichkeiten zu rechnen. Sowohl Wohnungsbedingungen als auch geringes Wissen und fehlende Motivation zur Verhaltensänderung könnten Anpassungen an Hitzeextreme erschweren. Öffentlich nutzbare, gut beschattete Grünflächen, öffentliche kühle Räume sowie eine Sanierung der Bausubstanz im Gebiet haben eine besondere Bedeutung.

Für Gebiete mit stark erhöhter Betroffenheit (sehr hohe und hohe Betroffenheit) (in der Planungshinweiskarte gekennzeichnet mit (1)) müssen die allgemeinen Planungshinweise für diese Gebiete und ihr Umfeld zur Reduktion der Hitzebelastung eine besondere Priorisierung erfahren. Günstige mikroklimatische Bedingungen sind zu fördern. Thermische

Anforderungen und die Gebäudeorientierung sind bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind zusätzliche Maßnahmen zur Entlastung der Bevölkerung (s. HLNUG, 2019b – Wirkungsfeld menschliche Gesundheit) notwendig. Hierzu zählen auch kurzfristige nicht-städtebauliche Maßnahmen.

Für Gebiete mit mittlerer Betroffenheit (2) müssen die allgemeinen Planungshinweise für den Lastraum stark verdichteter Bebauung eine besondere Berücksichtigung erfahren, so wie thermische Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Zusätzliche Maßnahmen zur Entlastung der Bevölkerung werden empfohlen.

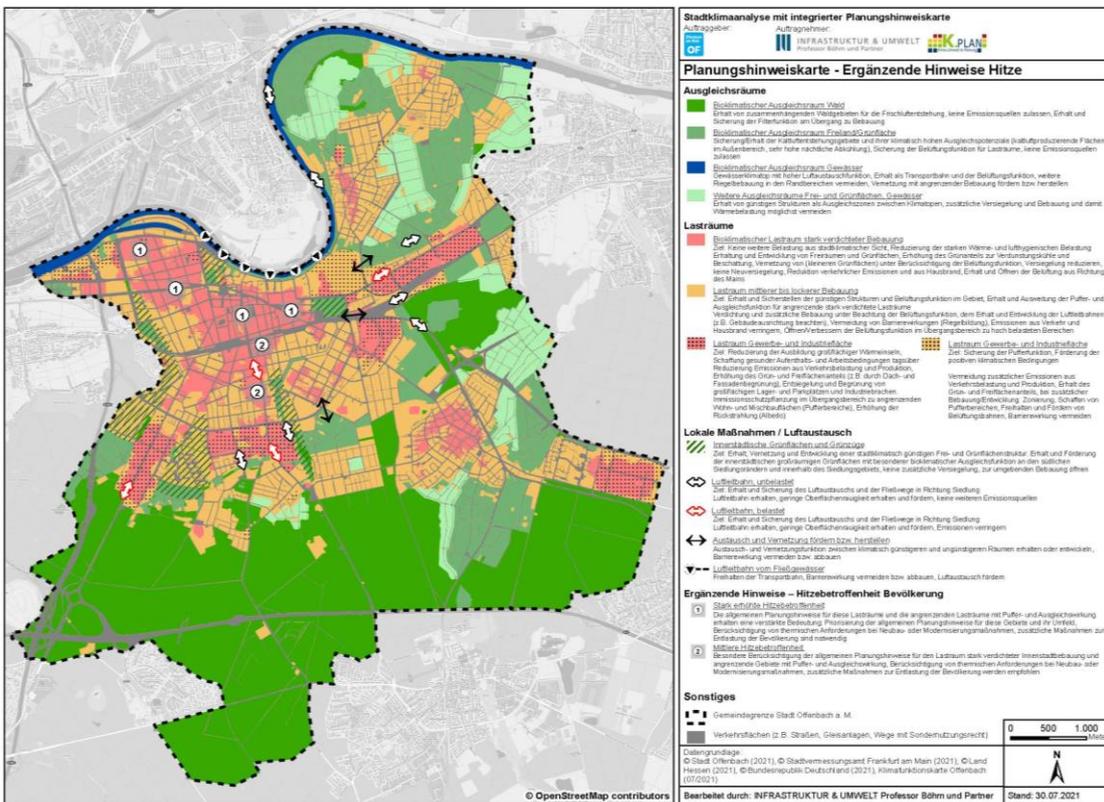


Abbildung 10: Ergänzende Hinweise – Hitzebetroffenheit Bevölkerung

7 Ergänzende Hinweise – Zusatzbelastung Starkregen

Die Hinweise zur Erhaltung und Förderung günstiger stadtklimatischer Bedingungen dienen oft auch dem Rückhalt, verzögertem Abfluss und Versickerung von Regenwasser und somit der Gefahrenabwehr. Umgekehrt tragen viele Handlungsempfehlungen zur wassersensiblen Stadtentwicklung⁵ auch zu günstigen klimatischen Bedingungen bei. Ergänzende Hinweise sind in der Karte dargestellt für Gebiete, die eine hohe Dichte von bei Starkregen gefährdeten Gebäuden aufweisen und für Grünflächen, denen neben ihren positiven Wirkungen für günstige klimatische Bedingungen eine besondere Funktion für Wasserrückhalt und Versickerung zukommt.

Eine hohe Dichte gefährdeter Gebäude bei Starkregen findet sich nicht nur im bioklimatischen Lastraum stark verdichteter Bebauung, sondern auch verbreitet im Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung. Die allgemeinen Planungshinweise für die Lasträume, die gleichzeitig ein dezentrales Retentionsvermögen und die Verdunstung fördern, erhalten eine besondere Bedeutung. Im bioklimatischen Lastraum stark verdichteter Bebauung sind dies z. B. Entsiegeln, zusätzliche Versiegelung vermeiden und Vegetationsanteil erhöhen. Für den Lastraum mittlerer und lockerer Bebauung ist bei Verdichtung und zusätzliche Bebauung zusätzlich zur Beachtung der Belüftungsfunktion auf die Förderung des dezentralen Retentions- und Versickerungsvermögens zu achten.

Die schraffierten Flächen stellen eine Einordnung für die vergleichende Betrachtung auf gesamtstädtischer Ebene dar, eine Förderung des dezentralen Retentionsvermögens, muss zur Reduzierung des Gefahrenpotenzials angestrebt werden. Bei der Umsetzung von Handlungsempfehlungen sollte auf Synergien (z. B. bei der Gestaltung multifunktionaler Stadträume) zum Erhalt und zur Schaffung von stadtklimatisch günstigen Bedingungen geachtet werden.

Ergänzend sind Grünflächen, die im Fall des zugrunde gelegten Starkregenereignisses überflutet werden und denen somit eine besondere Funktion für Rückhalt und Versickerung zukommt, durch Symbole gekennzeichnet:

- In beiden Fällen ist die Retentions-/Versickerungsfunktion von Grünflächen zu erhalten und zu entwickeln.

⁵ siehe z. B. StEB Köln (2017)

- Bei einer erhöhten Wassertiefe können darüber hinaus Schäden an der Vegetation eintreten und die Funktion aus klimatischer und lufthygienischer Sicht ist durch Anpassung der Bepflanzung sicherzustellen, z. B. durch Wahl von Baumarten und Sträuchern mit hoher Trocken- und gleichzeitig hoher Überflutungstoleranz.

Besonders hinzuweisen ist auf die Überlagerung dieser Funktionen mit Flächen zum Erhalt, Vernetzung und Entwicklung einer stadtklimatisch günstigen Frei- und Grünflächenstruktur vor allem im Bereich zwischen Odenwaldring und Rosenhöhe entlang der Richard-Wagner-Straße und entlang des Hainbachs von der Offenbacher Stadthalle bis zum Hessenring. Hier besteht ein hohes Potenzial zur Nutzung von Synergien aus beiden Handlungsfeldern.

Konkrete Maßnahmen sind z. B. in VDI 3787 Blatt 8 (Tabelle 4) für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung zusammengestellt. Hinweise zu Instrumenten vermittelt der Planungshinweiskatalog des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019b).

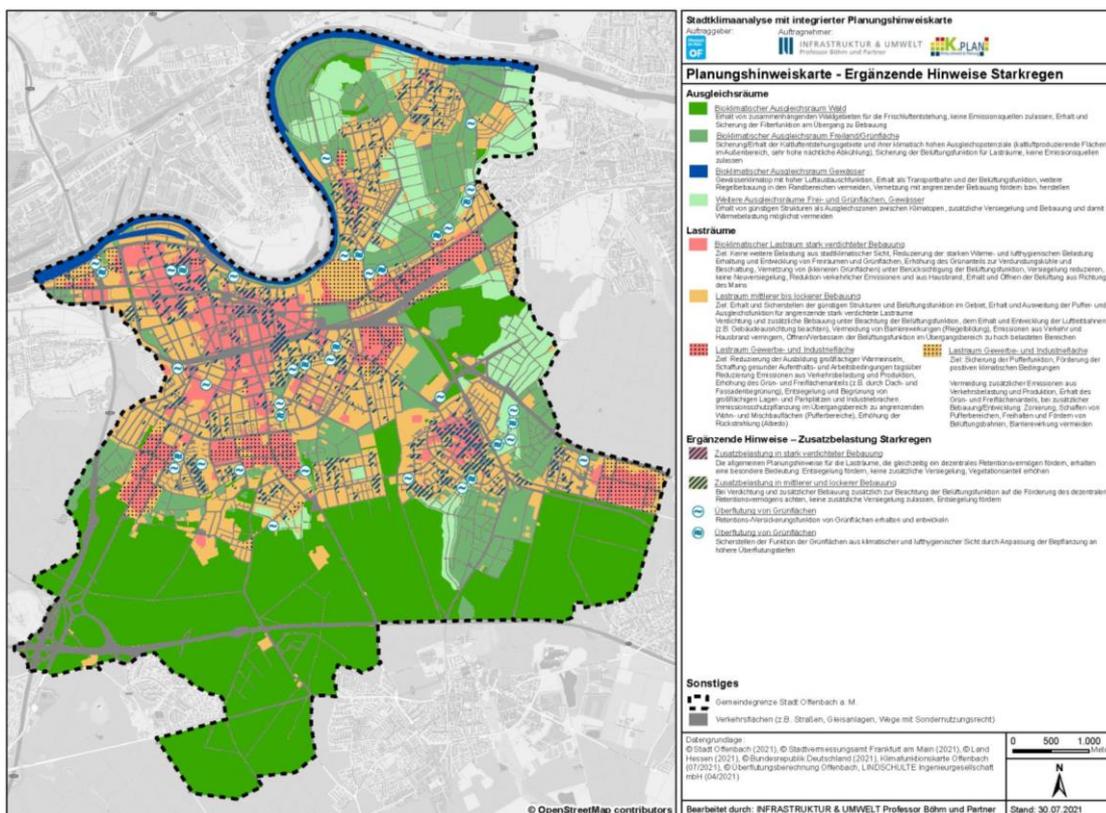


Abbildung 11: Ergänzende Hinweise – Starkregen

8 Planungshinweiskarte – Legende

Vergrößerte Darstellung der Legende der Planungshinweiskarten:

Ausgleichsräume	
	<p>Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald</p> <p>Erhalt von zusammenhängenden Waldgebieten für die Frischluftentstehung, keine Emissionsquellen zulassen, Erhalt und Sicherung der Filterfunktion am Übergang zu Bebauung</p>
	<p>Bioklimatischer Ausgleichsraum Frei- und Grünflächen</p> <p>Sicherung/Erhalt der Kaltluftentstehungsgebiete und ihrer klimatisch hohen Ausgleichspotenziale (kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich, sehr hohe nächtliche Abkühlung), Sicherung der Belüftungsfunktion für Lasträume, keine Emissionsquellen zulassen</p>
	<p>Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer</p> <p>Gewässerklimatop mit hoher Luftaustauschfunktion, Erhalt als Transportbahn und der Belüftungsfunktion, weitere Riegelbebauung in den Randbereichen vermeiden, Vernetzung mit angrenzender Bebauung fördern bzw. herstellen</p>
	<p>Weitere Ausgleichsräume Frei- und Grünflächen, Gewässer</p> <p>Erhalt von günstigen Strukturen als Ausgleichszonen zwischen Klimatopen, zusätzliche Versiegelung und Bebauung und damit Wärmebelastung möglichst vermeiden</p>
Lasträume	
	<p>Bioklimatischer Lastrraum stark verdichteter Bebauung</p> <p>Ziel: Keine weitere Belastung aus stadtklimatischer Sicht, Reduzierung der starken Wärme- und lufthygienischen Belastung</p> <p>Erhaltung und Entwicklung von Freiräumen und Grünflächen, Erhöhung des Grünanteils zur Verdunstungskühle und Beschattung, Vernetzung von (kleineren Grünflächen) unter Berücksichtigung der Belüftungsfunktion, Versiegelung reduzieren, keine Neuversiegelung, Reduktion verkehrlicher Emissionen und aus Hausbrand, Erhalt und Öffnen der Belüftung aus Richtung des Mains</p>
	<p>Lastrraum mittlerer und lockerer Bebauung</p> <p>Ziel: Erhalt und Sicherstellen der günstigen Strukturen und Belüftungsfunktion im Gebiet, Erhalt und Ausweitung der Puffer- und Ausgleichsfunktion für angrenzende stark verdichtete Lasträume</p> <p>Verdichtung und zusätzliche Bebauung unter Beachtung der Belüftungsfunktion, dem Erhalt und Entwicklung der Luftleitbahnen (z.B. Gebäudeausrichtung beachten), Vermeidung von Barrierewirkungen (Riegelbildung), Emissionen aus Verkehr und Hausbrand verringern, Öffnen/ Verbessern der Belüftungsfunktion im Übergangsbereich zu hoch belasteten Bereichen</p>

<p> Lastraum Gewerbe- und Industriefläche</p> <p>Ziel: Sicherung der Pufferfunktion, Förderung der positiven klimatischen Bedingungen</p> <p>Vermeidung zusätzlicher Emissionen aus Verkehrsbelastung und Produktion, Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils, bei zusätzlicher Bebauung/Entwicklung: Zonierung, Schaffen von Pufferbereichen, Freihalten und Fördern von Belüftungsbahnen, Barrierewirkung vermeiden</p>
<p> Lastraum Gewerbe- und Industriefläche</p> <p>Ziel: Reduzierung der Ausbildung großflächiger Wärmeinseln, Schaffung gesunder Aufenthalts- und Arbeitsbedingungen tagsüber</p> <p>Reduzierung Emissionen aus Verkehrsbelastung und Produktion, Erhöhung des Grün- und Freiflächenanteils (z.B. durch Dach- und Fassadenbegrünung), Entsiegelung und Begrünung von großflächigen Lager- und Parkplätzen und Industriebrachen. Immissionsschutzpflanzung im Übergangsbereich zu angrenzenden Wohn- und Mischbauflächen (Pufferbereiche), Erhöhung der Rückstrahlung (Albedo)</p>
<p>Lokale Maßnahmen / Luftaustausch</p>
<p> Innerstädtische Grünflächen und Grünzüge</p> <p>Ziel: Erhalt, Vernetzung und Entwicklung einer stadtklimatisch günstigen Frei- und Grünflächenstruktur</p> <p>Erhalt und Förderung der innerstädtischen großräumigen Grünflächen mit besonderer bioklimatischer Ausgleichsfunktion an den südlichen Siedlungsrändern und innerhalb des Siedlungsgebiets, keine zusätzliche Versiegelung, zur umgebenden Bebauung öffnen</p>
<p> Luftleitbahn, unbelastet</p> <p>Ziel: Erhalt und Sicherung des Luftaustauschs und der Fließwege in Richtung Siedlung</p> <p>Luftleitbahn erhalten, geringe Oberflächenrauigkeit erhalten und fördern, keine weiteren Emissionsquellen</p>
<p> Luftleitbahn, belastet</p> <p>Ziel: Erhalt und Sicherung des Luftaustauschs und der Fließwege in Richtung Siedlung</p> <p>Luftleitbahn erhalten, geringe Oberflächenrauigkeit erhalten und fördern, Emissionen verringern</p>
<p> Austausch und Vernetzung fördern oder herstellen</p> <p>Austausch- und Vernetzungsfunktion zwischen klimatisch günstigeren und ungünstigeren Räumen erhalten oder entwickeln, Barrierewirkung vermeiden bzw. abbauen</p>
<p> Luftleitbahnen vom Fließgewässer</p> <p>Freihalten der Transportbahn, Barrierewirkung vermeiden bzw. abbauen, Luftaustausch fördern</p>

Ergänzende Hinweise – Hitzebetroffenheit Bevölkerung

① Stark erhöhte Hitzebetroffenheit

Die allgemeinen Planungshinweise für diese Lasträume und die angrenzenden Lasträume mit Puffer- und Ausgleichswirkung erhalten eine verstärkte Bedeutung:

Priorisierung der allgemeinen Planungshinweise für diese Gebiete und ihr Umfeld, Berücksichtigung von thermischen Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen, zusätzliche Maßnahmen zur Entlastung der Bevölkerung sind notwendig

② Mittlere Hitzebetroffenheit

Besondere Berücksichtigung der allgemeinen Planungshinweise für den Lastraum stark verdichteter Bebauung und angrenzende Gebiete mit Puffer- und Ausgleichswirkung, Berücksichtigung von thermischen Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen, zusätzliche Maßnahmen zur Entlastung der Bevölkerung werden empfohlen

Hitzeempfindliche Einrichtungen im Lastraum stark verdichtete Bebauung: Berücksichtigung von thermischen Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen, Beschattung im Außenbereich, zusätzliche Maßnahmen empfohlen

Ergänzende Hinweise – Zusatzbelastung Starkregen

Zusatzbelastung in stark verdichteter Bebauung

Die allgemeinen Planungshinweise für die Lasträume, die gleichzeitig ein dezentrales Retentionsvermögen fördern, erhalten eine besondere Bedeutung: Entsiegelung fördern, keine zusätzliche Versiegelung, Vegetationsanteil erhöhen

Zusatzbelastung in mittlerer und lockerer Bebauung

Bei Verdichtung und zusätzlicher Bebauung zusätzlich zur Beachtung der Belüftungsfunktion auf die Förderung des dezentralen Retentionsvermögens achten, keine zusätzliche Versiegelung zulassen, Entsiegelung fördern.

Überflutung von Grünflächen

Retentions-/Versickerungsfunktion von Grünflächen erhalten und entwickeln

Überflutung von Grünflächen

Sicherstellen der Funktion der Grünflächen aus klimatischer und lufthygienischer Sicht durch Anpassung der Bepflanzung an höhere Überflutungstiefen

9 Die Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main in einem Zukunftsszenario

9.1 Klimawandel-Szenario

Insbesondere ältere Menschen, die aufgrund des demographischen Wandels bald einen großen Teil der Gesamtbevölkerung ausmachen werden, sowie Säuglinge, Kleinkinder und Kranke leiden verstärkt unter langen Hitzeperioden oder größeren Temperaturschwankungen. In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von Hitzebelastungen betroffen zu sein. Bereits heute sind Teile des Stadtgebietes von Offenbach durch Wärmeinseleffekte, verminderte Durchlüftung und mangelnde nächtliche Abkühlung gekennzeichnet. Die daraus resultierenden Handlungserfordernisse werden in ihrer Dringlichkeit erheblich verschärft durch die in den nächsten Jahrzehnten absehbaren Klimaveränderungen. Der Klimawandel betrifft auch Offenbach. Nicht der mittlere globale Temperaturanstieg von rund 2 bis 4 Kelvin in den nächsten 50 bis 100 Jahren ist von Bedeutung für Klimaanpassungsmaßnahmen, sondern die aus der Verschiebung der Temperaturverteilung resultierende zunehmende Hitzebelastung in den Innenstädten.

Durch die zukünftige Entwicklung des Klimas wird sich in den bereits heute höher belasteten städtischen Klimatopen die Belastungssituation gegenüber den Klimatopen der Freiräume noch verschärfen. Für die Berechnung der Klimatopkarte im Zukunftsszenario (Abbildung 12) wurde die Realnutzungskarte unverändert gelassen. Für die Zukunft geplante Bauprojekte wurden in einem zweiten Schritt (Kapitel 9.2) in die Klimatopkarte eingerechnet. Ein Aspekt des Klimawandels ist der je nach Szenario prognostizierte globale Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um mindestens 2 Kelvin bis zum Jahr 2050 (Zukunftsszenario). Die Jahresmitteltemperatur ist für die sommerliche Hitzebelastung nicht ausschlaggebend, aber die in Zukunft längeren Hitzeperioden führen zu einer größeren Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Freiland. Das schwerwiegende Folgen von Hitzewellen vor allem in Städten auftreten, liegt an der Wärmespeicherung in der Bebauung und an der Bedeutung der Nachttemperaturen für die Erholungsphase des Menschen. Die Auswertung verschiedener Hitzewellen in Städten zeigt, dass im Verlauf einer mehrtägigen Hitzewelle die nächtlichen Lufttemperaturen von Tag zu Tag ansteigen und schon nach drei bis vier Tagen um 2 bis 4 Kelvin zugenommen haben. Dabei verstärken sich auch die Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland und der dichter bebauten Stadt. Entsprechend der Versiegelungsrate und der Dichte der Bebauung wurde zur Berechnung einer

Klimatopkarte im Zukunftsszenario der Temperaturunterschied zwischen Freiland und bebauten Gebieten erhöht. Auf dieser Grundlage wurde mit gleich bleibenden Gewichtungen und Grenzwerten eine Klimatopkarte der Zukunftsprojektion für die Dekade 2050-2060 berechnet (Abbildung 12: Klimatopkarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario Klimawandel).

Im Zukunftsszenario kommt es zu einer Ausweitung der Flächen insbesondere des Innenstadtklimatops. Unberücksichtigt sind in dieser Karte noch in den nächsten Jahrzehnten umgesetzte Bauprojekte, die je nach Lage zu einer weiteren Verschärfung der Belastungen durch Hitze führen könnten. Zukünftig können auch die umgebenden Stadtteile, die eine leicht erhöhte Bebauungsdichte aufweisen, zusätzlich von der Hitzebelastung aufgrund der Ausweitung der städtischen Wärmeinsel betroffen sein. Diese Flächen sind momentan noch überwiegend dem Siedlungsklimatop zugeordnet. In den bisherigen Bereichen des Siedlungsklimatops, insbesondere in räumlicher Nähe zu innerstädtischen Gebieten oder Gewerbe- und Industrieflächen, verstärkt sich die im IST-Zustand schwache Ausprägung der Überwärmung durch die Zunahme der Hitzebelastung im Zukunftsszenario. Abgesehen von Siedlungsflächen in Randlage mit Anschluss an Freiflächen fallen im Zukunftsszenario fast alle bebauten Bereiche in das Innenstadt- oder das Stadtklimatop. Im Zentrum von Offenbach wachsen die Innenstadtbereiche mit den Industrie- und Gewerbeflächen zu einer großen zusammenhängenden Hitzeinsel zusammen.

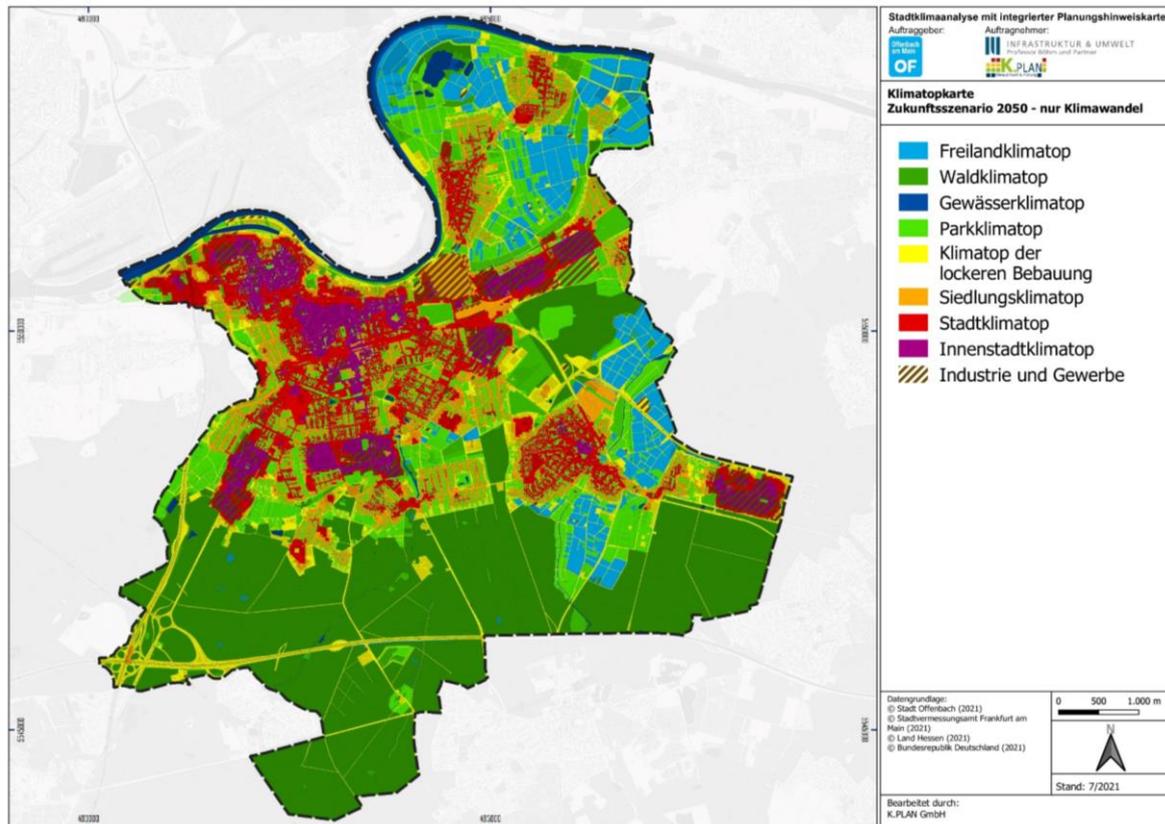


Abbildung 12: Klimatopkarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario Klimawandel

9.2 Szenario der potenziellen Stadtentwicklung

Die Analysen der aktuellen Klimafunktionskarte stellen die Situation im städtebaulichen Bestand von Februar 2021 dar. Zusätzlich zu den klimatischen Veränderungen auf Grundlage der Klimawandelszenarien wurde zudem eine realistische bauliche Entwicklung im Stadtgebiet von Offenbach für die nächsten Jahrzehnte angenommen. Dazu wurde eine Anpassung der Realnutzungskarte mit den in der folgenden Tabelle aufgelisteten Bauvorhaben vorgenommen, deren Umsetzung zum Stand März 2021 sicher ist. Die sich daraus ergebenden Veränderungen in der Realnutzung sind in der Abbildung 13 dargestellt.

Tabelle 1: Bauvorhaben zur Anpassung der Realnutzungskarte für das Zukunftsszenario.

B-Plan	Projekt	Status
528 C	Berliner Straße / Pirazzistraße	Abgeschlossen
563 A+B	Hafen Offenbach, Mainviertel	In Bebauung / Fertig
580 B	Bürgel-Ost	Noch nicht in Bau
618 A-D	Waldheim Süd	Überwiegend fertig
645	Strahlenbergerstraße Ost	Noch nicht in Bau
646	Luisenstraße / Ludwigstraße, südlich des Lerdemuseums	In Bebauung
647	Ehem. Güterbahnhof Offenbach	In der Planung
650 A	Wohn- und Geschäftshaus Berliner Straße	Noch nicht in Bau
609	Zw. Strahlenbergerstr. im Norden, Kaiserleikreisel im Osten, Gemarkungsgr. z. Ffm. im Süden, Verlängerung der Kaiserleistr. im Westen	In Bebauung
610	Strahlenbergerstraße-West	In Bebauung
614 A	An der BAB 661 – zwischen Strahlenbergerstraße und Berliner Straße	In Bebauung
	Wohngebiet Bieber Waldhof-West	In der Planung / Wettbewerbsgewinner steht fest
	Bauvorhaben Bahndamm/Feldstraße	In Bebauung
	Bauvorhaben Rechenzentrum Cloud HQ	Noch nicht in Bau
	Innovationscampus	In der Planung

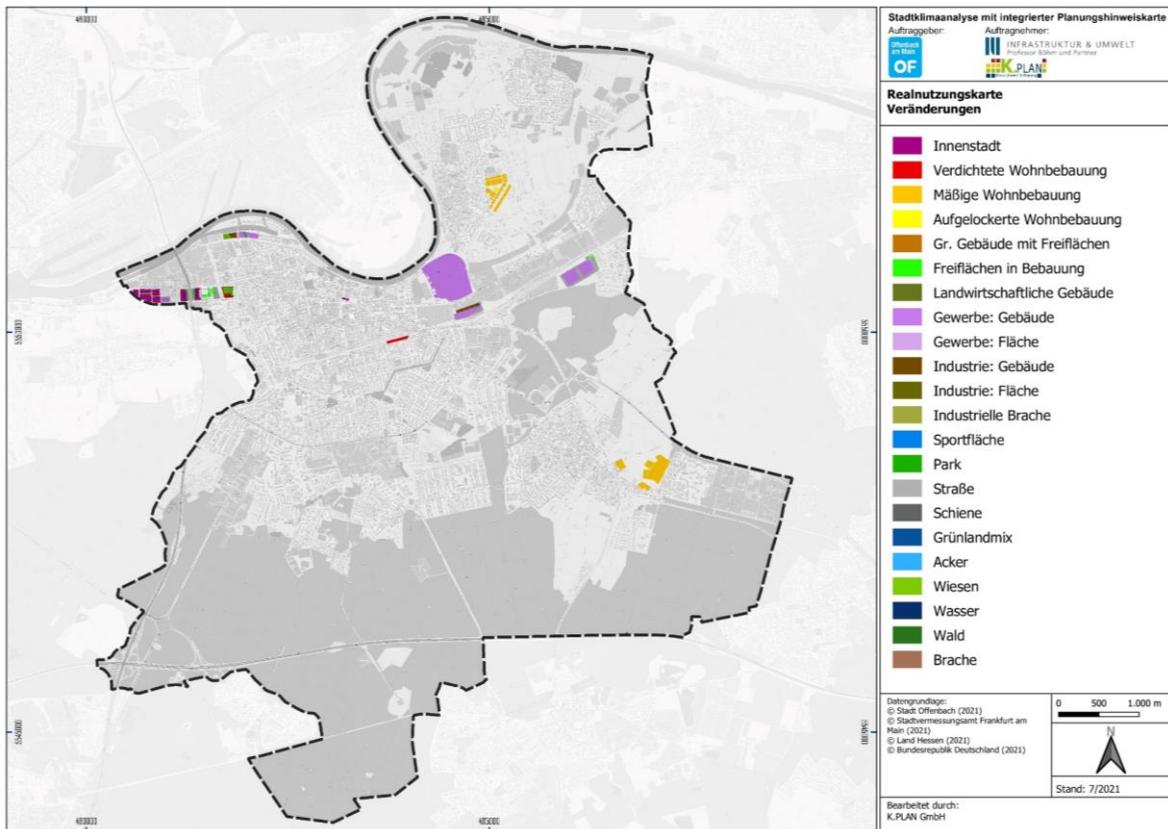


Abbildung 13: Veränderungen der Realnutzung im Zukunftsszenario

Die auf dieser Grundlage erstellte zukünftige Realnutzungskarte diene zusammen mit dem Klimawandelszenario aus Kapitel 9.1 als Eingabedatensatz zur Berechnung einer Klimatopkarte im Zukunftsszenario (Abbildung 14). Zusätzlich zur Ausweitung der Hitzebelastungen durch den Klimawandel in den stärker versiegelten Stadtbereichen kommt es an den Standorten der vorgesehenen Bauprojekte meist zu einer weiteren Belastung durch die Ausweitung oder Neuentstehung von Hitzearealen des Stadt- oder Innenstadtklimatops. Aber auch positive Effekte durch das Einbringen von Grünanlagen in die Stadtteile können vereinzelt nachgewiesen werden (Goethequartier, Kaiserlei).

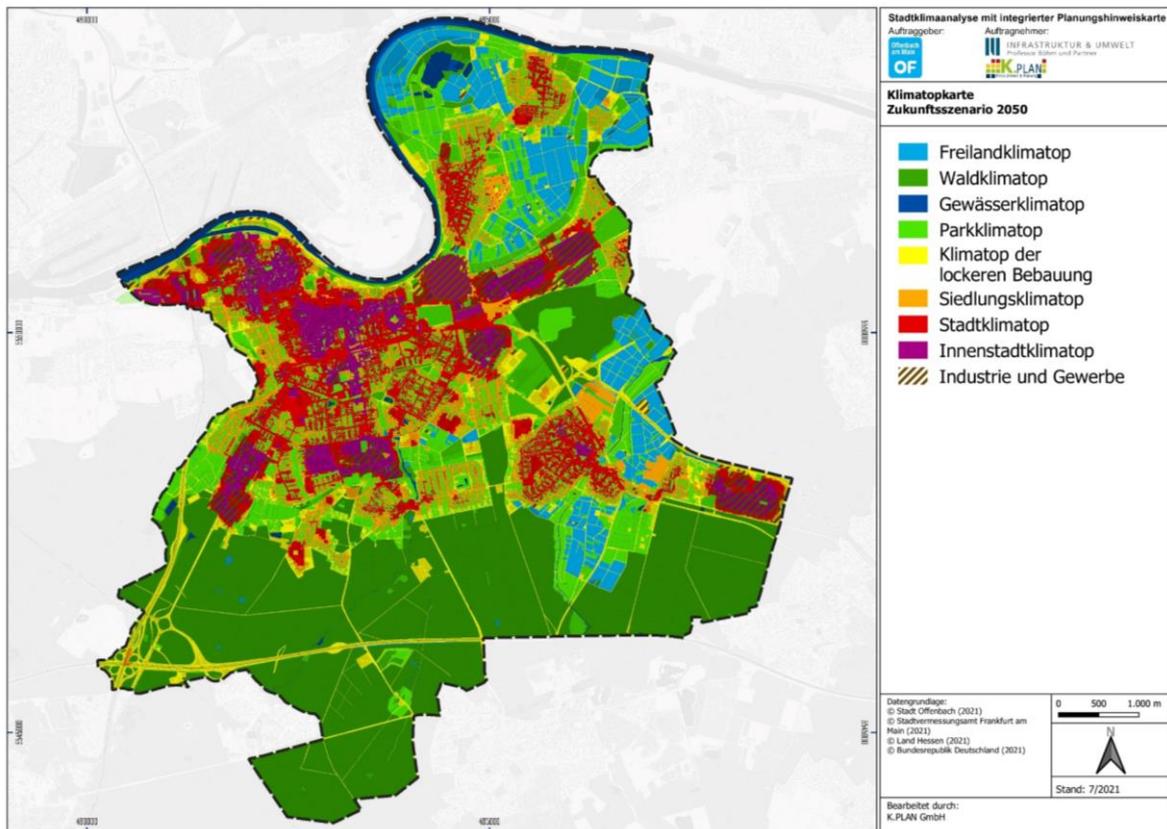


Abbildung 14: Klimatopkarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario (Klimawandel und Stadtentwicklung)

9.3 Klimafunktionskarte - Zukunftsszenario

Auf der Grundlage der neu berechneten Klimatope des Zukunftsszenarios (Klimawandel und Stadtentwicklung) wurde eine Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach im Zukunftsszenario berechnet. Deutlich ist die Ausweitung der Hitzebelastungen im Stadtgebiet zu erkennen (Abbildung 15). Auch im Zukunftsszenario stellt sich die klimatische Situation in der Stadt in den Randbereichen zum durch Freiland geprägten Norden und zum durch Waldgebiete geprägten Süden als relativ günstig dar. Dagegen ist im Stadtzentrum und in den Industrie- und Gewerbegebiete aufgrund der hohen Versieglungsraten in bioklimatischer Hinsicht eine Zunahme der Belastungen festzustellen, die sich in die angrenzenden Gebiete ausweiten. Die Belastungssituationen äußern sich in einer deutlichen Überwärmung und einer Reduzierung der relativen Feuchte sowie veränderten Windströmungsbedingungen. Durch eine Ausweitung der Hitzeinseln im Zuge des Klimawandels kommen

im Zukunftsszenario 2050 insbesondere im Randbereich der Stadtviertel Gebiete dazu, die von einer hohen Hitzebelastung betroffen sein werden.

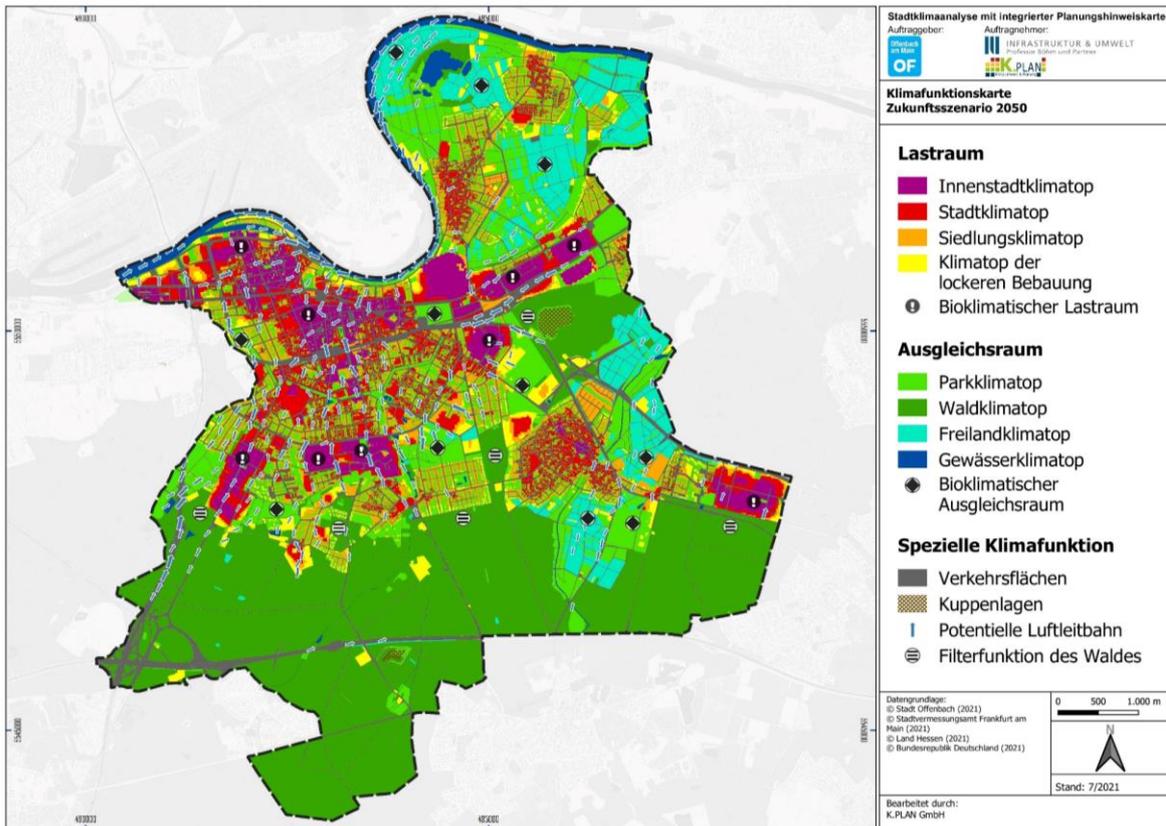


Abbildung 15: Klimafunktionskarte der Stadt Offenbach am Main im Zukunftsszenario 2050

Die Bedeutung der Ausgleichsräume und insbesondere der potentiellen Luftleitbahnen im Stadtgebiet von Offenbach nimmt im Zukunftsszenario noch zu. Die in der Klimafunktionskarte ausgewiesenen Luftleitbahnen und die bioklimatischen Ausgleichsräume sind aufgrund ihrer Bedeutung für die klimatische Situation im Bereich der Hitzebelastungsgebiete unbedingt zu erhalten. Bauliche Eingriffe in diese Bereiche werden zu Einschränkungen der lokalen thermisch induzierten Windsysteme führen. Die Folgen wären eine geringere Abkühlung in heißen Sommernächten und ein verringerter Luftaustausch. Diese Schutzzone ist bei der Bauleitplanung mit einer sehr hohen Priorität in die Abwägung einzustellen, die Auswirkungen von Eingriffen in die betroffenen Flächen sind im Verfahren durch einen entsprechenden Fachbeitrag qualitativ und quantitativ näher zu untersuchen. Es wird empfohlen, die Auswirkungen geplanter Veränderungen durch eine mikroskalige Modellierung zu überprüfen.

Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen. Durch geeignete Maßnahmen kann einer Ausweitung der Hitzeinseln in der Zukunft entgegengewirkt werden. Momentan noch vorhandene Freiflächen, die für eine Innenverdichtung herangezogen werden sollen, dürfen nur klimasensibel umgenutzt werden. Hier dürfen keine neuen Belastungen hinzukommen. Die Neuplanung von stark durchgrüntem Wohngebieten mit einer aufgelockerten Bebauungsstruktur, die kühle Freilandluft tief eindringen lässt, sind möglich. Im Bereich der privaten Hausbesitzer muss mit Aufklärungskampagnen dem Trend der versiegelten Vorgärten oder den Steingärten entgegengewirkt werden. Im Neubau sind hierzu Vorgaben festzuschreiben, um den Versiegelungsgrad zu verringern.

Kindertagesstätten, die aktuell oder zukünftig im Bereich der Hitzeareale liegen oder gebaut werden, müssen durch Klimaanpassungsmaßnahmen zukunftsfähig gestaltet werden. Kinder können insbesondere in den Außenbereichen bei Hitzewellen einer starken Wärmeeinwirkung ausgesetzt werden. Abhilfe kann geschaffen werden, indem Außenbereiche verschattet werden, einer Gebäudeaufheizung durch Begrünung, Dämmung und hellem Anstrich entgegengewirkt wird und Erzieherinnen und Erzieher das Verhalten der Kinder steuern und geeignete Rahmenbedingungen schaffen (z. B. reichlich trinken, keine Anstrengungen in der Sonne etc.).

Bei einer Lage von Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen im Bereich der Hitzeareale muss aktiver Hitzeschutz gestartet werden. Alte und kranke Menschen leiden besonders unter Hitze und können im schlimmsten Fall durch zu große Hitzeeinwirkungen sterben. Abhilfe kann geschaffen werden, indem das Pflegepersonal Angebote macht, um auf das Verhalten der Menschen einzuwirken (reichlich trinken, keine Anstrengungen in der Sonne), einer Gebäudeaufheizung durch Beschattung, Begrünung, Dämmung und hellem Anstrich entgegengewirkt wird, kühle Plätze zur Erholung von der Hitze angeboten werden und bewegtes Wasser zur Abkühlung genutzt wird.

Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben aber auch erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation und die Land- und Forstwirtschaft. Eine Kühlungsfunktion der Vegetation durch Evapotranspiration (Evapotranspiration bezeichnet in der Meteorologie die Summe aus Transpiration und Evaporation, also der Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt) setzt eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen voraus. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten innerstädtischen Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder

Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht. Zunehmende Sommerhitze kann zudem zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen.

10 Literatur und Quellen

HLNUG, 2019a: Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen – Hitze und Gesundheit -, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, 2019.

HLNUG, 2019b: Planungshinweiskatalog zur Anpassung an den Klimawandel – Hitze und Menschliche Gesundheit .

Lampert, T., et al., 2013: Messungen des sozioökonomischen Status in der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ (GEDA). In: Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 56 (1): 131-143.

Sievers, U., 2005: In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 227, Offenbach am Main.

Stadtentwässerungsbetriebe (StEB) Köln (2017): MURIEL – Multifunktionale Retentionsflächen – Teil 3 Arbeitshilfe, 2017.

UBA, 2017: Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen. Empfehlungen der interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung.

VDI 3787, Blatt 1, 2015: Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Verein Deutscher Ingenieure, September 2015.

VDI 3787, Blatt 8, 2020: Umweltmeteorologie – Stadtentwicklung im Klimawandel, Verein Deutscher Ingenieure, September 2020.

Datengrundlagen Stadt Offenbach am Main

Amt für Statistiken und Wahlen: Altersstruktur nach statistischen Bezirken, Stand 12/2020; Leistungsempfänger nach SGBII und SGBXII nach statistischen Bezirken, Stand 12/2019; Liste der sozialen Infrastrukturen, Stand Februar 2021.

Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH, Überflutungsberechnung Offenbach, Gefährdungslageplan (Bearbeitungsstand 04/2021).

Datengrundlagen Stadt Frankfurt am Main

Stadtvermessungsamt Frankfurt am Main: Laserscannerdaten Frankfurt Nordost/Südost, Stand April 2021

Anhang

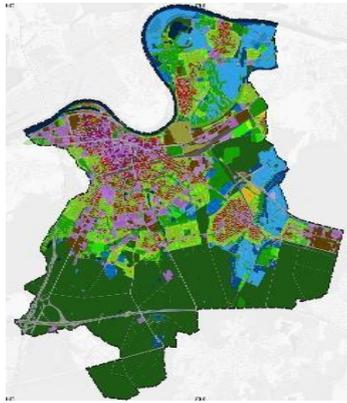
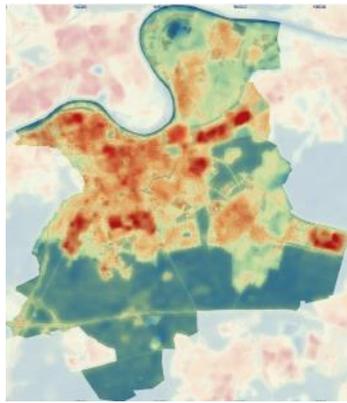
A1: Übersicht der Auswertungen und erstellten Karten

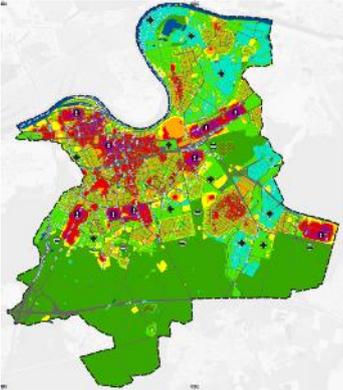
A2: Ergebniskarten (Format A3)

Anhang A1: Übersicht der Auswertungen und erstellten Karten

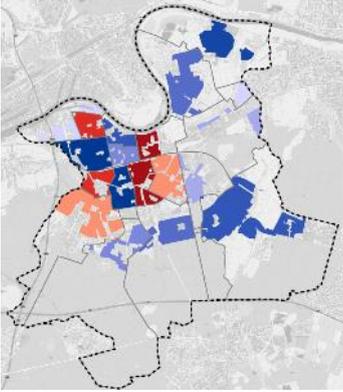
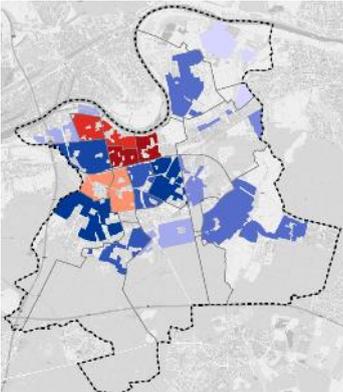
Die Tabelle enthält eine Zusammenstellung aller Karten (Analyse- und Ergebniskarten) mit Erläuterungen zum methodischen Vorgehen.

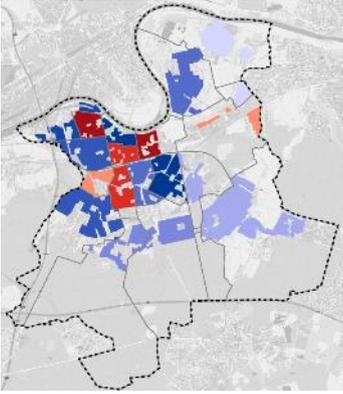
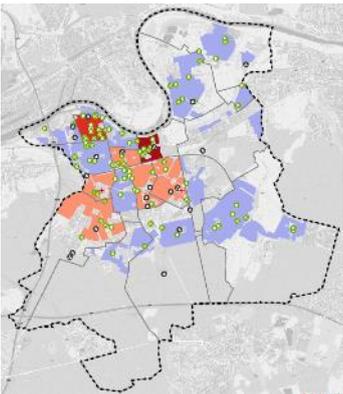
Arbeitspaket 1

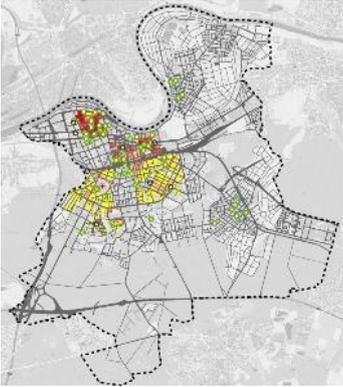
Nr.	Titel	Inhalt
1	Stadtklimaanalyse - Klimafunktionen	
1.1	Aktualisierte Realnutzungskarte 	Karte der Realnutzungen, aktualisiert und verfeinert aus den ALKIS-Daten
1.2	Oberflächentemperaturen am Tag 	Infrarotkarte für die Stadt Offenbach am Main, Oberflächentemperaturen, Aufnahme Landsat 8 vom 24.06.2020)

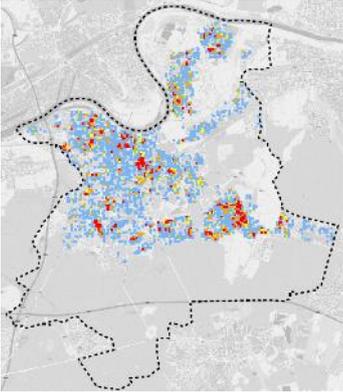
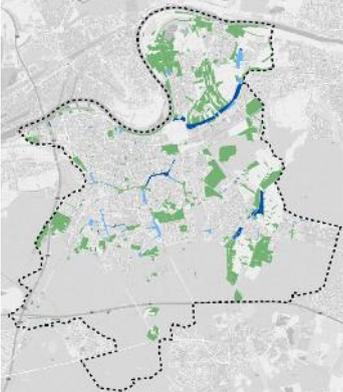
Nr.	Titel	Inhalt
1.3	<p>Kaltluftbildung – Mächtigkeit und Abflussgeschwindigkeit</p> 	<p>Kaltluftbildung nach 4 Stunden: Kaltlufthöhe und Kaltluftabfluss 4 Stunden nach Sonnenuntergang, Berechnung mit dem vom DWD entwickelten Kaltluftabflussmodell KLAM_21</p>
1.4	<p>Kaltluftbildung - Volumenstrom</p> 	<p>Kaltluftvolumenstrom 4 Stunden nach Sonnenuntergang</p>
1.5	<p>Klimafunktionskarte</p> 	<p>Darstellung der berechneten Klimatope des Lastraums und der Klimatope des Ausgleichsraums mit Verortung von bioklimatischen Lasträumen, bioklimatischen Ausgleichsräumen und potenziellen Luftleitbahnen</p>

Arbeitspaket 2

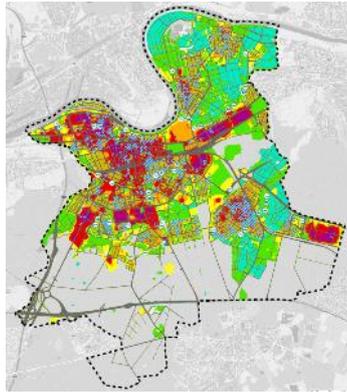
Nr.	Titel	Inhalt
2	<p>Karten zur Hitzebetroffenheit</p> <p>Die Analyse erfolgt anhand der in HLNUG 2019a beschriebenen Methodik und fachlich-wissenschaftlicher Grundlagen (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie - Fachzentrum Klimawandel und Anpassung: Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen – Hitze und Gesundheit). Die Karten 2.1 bis 2.5 sind Herleitungskarten zur Analyse, die Karte 2.6 stellt das Ergebnis dar.</p>	
2.1	<p>Hitzesensitive Bevölkerung – Indikator Hochaltrige</p> 	<p>Die Hochaltrigendichte beschreibt die Anzahl der Einwohner/innen ≥ 75 Jahre je ha Wohn- und Mischbaufläche. Die Einwohnerzahlen (Stand 31.12.2020) liegen je statistischem Bezirk vor. Personen ≥ 75 Jahre werden im Kontext von Hitzeextremen als hochaltrig bezeichnet. Diese Altersgruppe stellt die Gruppe mit dem höchsten hitzeabhängigen Gesundheitsrisiko dar. Die Analyse erfolgt anhand der im Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen (HLNUG, 2019a) beschriebenen Methodik.</p> <p>Die Kategorisierung erfolgt in den Klassen von 1 (geringste Dichte) bis 10 (höchste Dichte). Flächen ohne Einfärbung sind keine Wohn- und Mischbauflächen.</p>
2.2	<p>Hitzesensitive Bevölkerung – Indikator Benachteiligung durch Armut</p> 	<p>Der Indikator Benachteiligung durch Armut beschreibt die Anzahl an Einwohner/innen je ha Wohn- und Mischbauflächen, die Leistungen im Sinne des SGB II oder SGB XII beziehen. Die Einwohnerzahlen (Stand 31.12.2020) liegen je statistischem Bezirk vor. Armut kann u. a. aufgrund schlechterer Wohnbedingungen, einer geringeren Anzahl an Aufenthaltsalternativen und Teilhabechancen oder aufgrund von Demoralisierungsprozessen eine Gefährdung bei Hitzeextremen begünstigen. Die Analyse erfolgt anhand der im Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen (HLNUG, 2019a) beschriebenen Methodik.</p> <p>Die Kategorisierung erfolgt in den Klassen von 1 (geringste Dichte) bis 10 (höchste Dichte). Flächen ohne Einfärbung sind keine Wohn- und Mischbauflächen.</p>

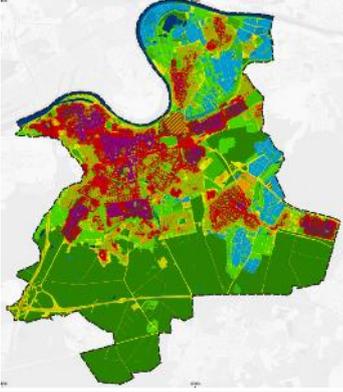
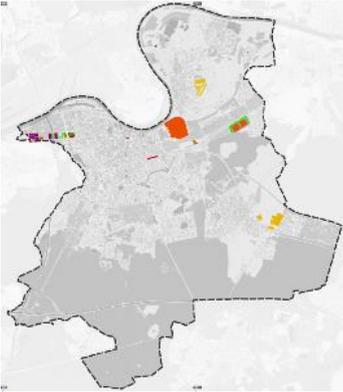
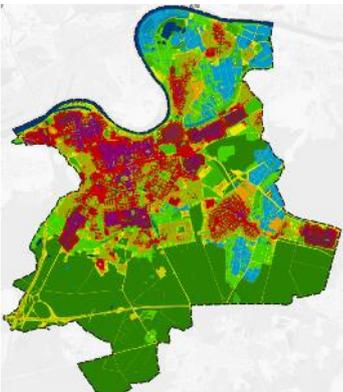
Nr.	Titel	Inhalt
2.3	<p>Hitzesensitive Bevölkerung – Indikator Kleinkinder</p> 	<p>Die Kleinkinderdichte beschreibt die Anzahl der Kinder <5 Jahre je ha Wohn- und Mischbaufläche. Die Einwohnerzahlen (Stand 31.12.2020) liegen je statistischem Bezirk vor. Der Indikator wird empfohlen, da Kleinkinder über eine eingeschränkte Thermoregulation verfügen und Kinder eine besonders schützenswerte Bevölkerungsgruppe sind. Die Analyse erfolgt anhand der im Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen (HLNUG, 2019) beschriebenen Methodik.</p> <p>Die Kategorisierung erfolgt in den Klassen von 1 (geringste Dichte) bis 10 (höchste Dichte). Flächen ohne Einfärbung sind keine Wohn- und Mischbauflächen.</p>
2.4	<p>Hitzesensitive Bevölkerung und Einrichtungen im Stadtgebiet</p> 	<p>Die Karte zeigt, in welchen Gebieten eine extrem, hoch, sensitive oder wenig sensitive Bevölkerung angesiedelt ist, indem die Indikatoren Hochaltrige, Benachteiligung durch Armut und Kleinkinder zusammengefasst werden. Bei der Zusammenfassung wird der Indikator Hochaltrigendichte aufgrund seiner Bedeutung am stärksten berücksichtigt (HLNUG, 2019a). Zusätzlich sind hitzeempfindliche soziale Einrichtungen dargestellt. Hierzu gehören die drei Kategorien Kliniken und Krankenhäuser, Altenpflegeheime und Seniorenwohnanlagen sowie Kindergärten, Kindertagesstätten und Horte.</p> <p>Flächen ohne Einfärbung sind keine Wohn- und Mischbauflächen.</p>
2.5	<p>Stadtgebiete (Wohn- und Mischbauflächen) mit Wärmebelastung</p> 	<p>Dargestellt sind die Gebiete der Innenstadt-, Stadt- und Siedlungsklimatope (nur Wohn- und Mischbauflächen). In diesen Gebieten kann je nach Grad der Hitzeempfindlichkeit der Bevölkerung eine Betroffenheit vorhanden sein. Zusätzlich dargestellt sind hitzeempfindliche soziale Einrichtungen (Kategorien Klinik und Krankenhaus, Altenpflegeheim und Seniorenwohnanlage sowie Kindergarten, Kindertagesstätte und Hort), die innerhalb von Gebieten mit stark erhöhter Wärmebelastung der Innenstadt- und Stadtklimatope liegen.</p> <p>Hitzeempfindliche Einrichtungen im Lastraum stark verdichtete Bebauung: Berücksichtigung von thermischen Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen, Beschattung im Außenbereich, zusätzliche Maßnahmen empfohlen.</p>

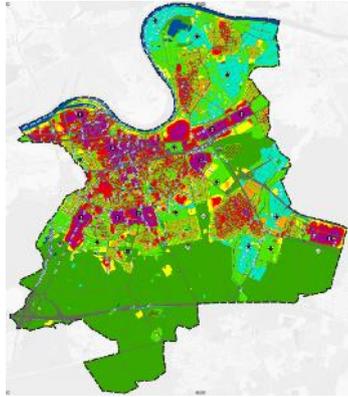
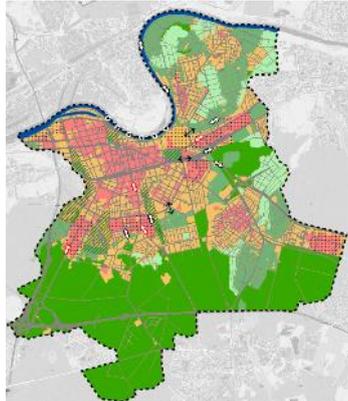
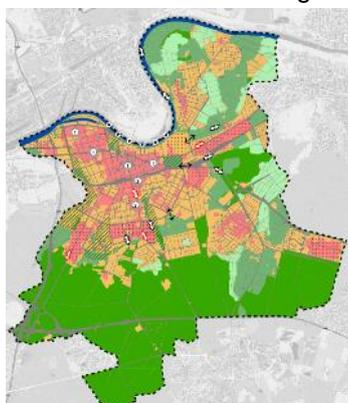
Nr.	Titel	Inhalt																									
2.6	<p data-bbox="322 418 735 477">Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet</p> 	<p data-bbox="742 418 1482 517">Die Karte zeigt, wo wärmebelastete Gebiete liegen, in denen besonders viele hitzegefährdete oder schützenswerte Bevölkerungsgruppen wohnen.</p> <p data-bbox="742 555 1482 654">Dargestellt ist die Verschneidung der wärmebelasteten Stadtgebiete mit der Hitzesensitivität der Bevölkerung anhand folgender Matrix (HLNUG 2019a):</p> <p data-bbox="1018 660 1390 707" style="text-align: center;">Bevölkerung - Sensitivitätsgrad aus der Kombination der Indikatoren</p> <table border="1" data-bbox="756 712 1465 987"> <thead> <tr> <th data-bbox="756 712 935 757">Wärmebelastung der Stadtgebiete</th> <th data-bbox="938 712 1070 757">extrem sensitiv</th> <th data-bbox="1074 712 1206 757">hoch sensitiv</th> <th data-bbox="1209 712 1342 757">sensitiv</th> <th data-bbox="1345 712 1465 757">wenig sensitiv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="756 763 935 819">Innenstadtklimatop</td> <td data-bbox="938 763 1070 819">sehr hohe Betroffenheit</td> <td data-bbox="1074 763 1206 819">sehr hohe Betroffenheit</td> <td data-bbox="1209 763 1342 819">hohe Betroffenheit</td> <td data-bbox="1345 763 1465 819">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="756 826 935 882">Stadtklimatop</td> <td data-bbox="938 826 1070 882">hohe Betroffenheit</td> <td data-bbox="1074 826 1206 882">hohe Betroffenheit</td> <td data-bbox="1209 826 1342 882">mittlere Betroffenheit</td> <td data-bbox="1345 826 1465 882">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="756 889 935 934">Siedlungsklimatop</td> <td data-bbox="938 889 1070 934">mittlere Betroffenheit</td> <td data-bbox="1074 889 1206 934">niedrige Betroffenheit</td> <td data-bbox="1209 889 1342 934">niedrige Betroffenheit</td> <td data-bbox="1345 889 1465 934">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="756 940 935 987">Klimatop der lockeren Bebauung</td> <td colspan="4" data-bbox="938 940 1465 987">In diesen Gebieten ist selbst für extrem sensitive Bevölkerung nicht von einer Betroffenheit auszugehen.</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="742 1003 1482 1093">Ergänzend sind die hitzeempfindlichen sozialen Einrichtungen in stark wärmebelasteten Stadtgebieten (Innenstadt- und Stadtklimatop) dargestellt.</p> <p data-bbox="742 1099 1482 1245">Hitzeempfindliche Einrichtungen im Lastraum stark verdichtete Bebauung: Berücksichtigung von thermischen Anforderungen bei Neubau- oder Modernisierungsmaßnahmen, Beschattung im Außenbereich, zusätzliche Maßnahmen empfohlen.</p>	Wärmebelastung der Stadtgebiete	extrem sensitiv	hoch sensitiv	sensitiv	wenig sensitiv	Innenstadtklimatop	sehr hohe Betroffenheit	sehr hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	-	Stadtklimatop	hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	mittlere Betroffenheit	-	Siedlungsklimatop	mittlere Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	-	Klimatop der lockeren Bebauung	In diesen Gebieten ist selbst für extrem sensitive Bevölkerung nicht von einer Betroffenheit auszugehen.			
Wärmebelastung der Stadtgebiete	extrem sensitiv	hoch sensitiv	sensitiv	wenig sensitiv																							
Innenstadtklimatop	sehr hohe Betroffenheit	sehr hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	-																							
Stadtklimatop	hohe Betroffenheit	hohe Betroffenheit	mittlere Betroffenheit	-																							
Siedlungsklimatop	mittlere Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	niedrige Betroffenheit	-																							
Klimatop der lockeren Bebauung	In diesen Gebieten ist selbst für extrem sensitive Bevölkerung nicht von einer Betroffenheit auszugehen.																										

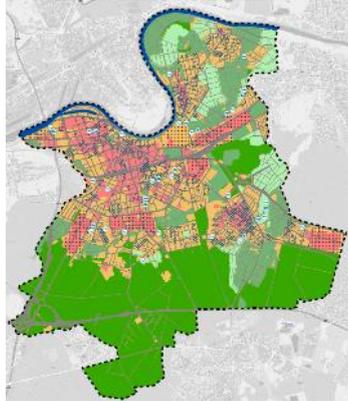
Nr.	Titel	Inhalt
3	Karten zur Zusatzbelastung Die Karten 3.1 bis 3.2b sind Herleitungskarten zur Analyse, die Karten 3.3 stellt das Ergebnis dar.	
3.1	Zusatzbelastung – Indikator Starkregengefährdung 	Die Herleitungskarte zeigt die räumliche Verteilung der Dichte infolge Starkregen gefährdeter Gebäude. Datengrundlage: Starkregengefahrenkarte, 30-jährliches Ereignis, Dauer 120 Minuten. Die Analyse der Dichte gefährdeter Gebäude erfolgte unter Berücksichtigung der Höhe der Gefährdung entsprechend der Einstufung der Fließtiefe am Gebäude in der Starkregengefahrenkarte. Dargestellt ist die Verteilung der Dichteklassen. Die drei höchsten Dichteklassen (Klassen 8 bis 10), d. h. die obersten 30 %, werden zur Darstellung der Zusatzbelastung verwendet. In Gebieten ohne dargestellte Dichteklassen der Gefährdung liegt entweder eine Wassertiefe am Gebäude unter 5 cm vor oder es handelt sich um Gebiete, die nicht Teil der Überflutungsberechnung waren.
3.2a bzw. 3.2b	Zusatzbelastung – Indikator Wassertiefe 	Die Herleitungskarte zeigt Grünflächen (Kategorien Park, Wiese und Grünlandmix gemäß Realnutzungskarte), die im Fall des zugrunde gelegten Starkregenereignisses überflutet werden und denen somit eine besondere Funktion für Wasserrückhalt und Versickerung zukommt. Datengrundlage Wassertiefe: Starkregengefahrenkarte, 30-jährliches Ereignis, Dauer 120 Minuten. Dargestellt sind berechnete Wassertiefen in zwei Karten über 5 cm bzw. über 15 cm auf verschiedenen Flächenanteilen (bis 25 % und über 25 %). Bei einer erhöhten Wassertiefe sind mögliche Schäden an der Vegetation zu berücksichtigen.

Nr.	Titel	Inhalt
3.3	Zusatzbelastung – Berücksichtigung Starkregengefahren	<p>Die Karte zeigt die Überlagerung von Klimafunktionen und Zusatzbelastungen infolge Starkregen in den Stadtgebieten. Dargestellt ist die Überlagerung von Gebieten mit hoher Dichte durch Starkregen gefährdeter Gebäude mit den Lasträumen der Klimafunktionskarte. Die schraffierten Flächen zeigen die Gebiete, in denen die höchsten 30 % der Dichtewerte durch Starkregen gefährdeter Gebäude zu finden sind.</p> <p>Die Symbole kennzeichnen Grünflächen mit berechneter Überflutung von über 5 cm (eine Welle) bzw. über 15 cm (zwei Wellen) auf Teilen der Grünfläche.</p> <p>Datengrundlage Starkregen: Starkregengefahrenkarte, 30-jährliches Ereignis, Dauer 120 Minuten. (Daten, die am 01.04.2021 zur Verfügung gestellt wurden)</p> <p>Nicht eingefärbte Flächen sind Waldflächen (nicht Teil der Überflutungsberechnung).</p>



Nr.	Titel	Inhalt
4	Zukunftsszenario	
4.1	Klimatopkarte – Klimawandel 	Dargestellt sind die Veränderungen der Klimatopkarte infolge des Klimawandels.
4.2	Realnutzungsveränderungen – Zukunft 	Dargestellt sind die für das Zukunftsszenario zugrunde gelegten städtebaulichen Entwicklungsflächen.
4.3	Klimatopkarte Zukunft – Klimawandel und Neubau 	Dargestellt sind die Veränderungen der Klimatopkarte infolge des Klimawandels und der städtebaulichen Entwicklungsflächen (Karte 4.2).

Nr.	Titel	Inhalt
4.4	Klimafunktionskarte Zukunft 	<p>Darstellung der Klimafunktionskarte im Zukunftsszenario „Klimawandel und städtebauliche Entwicklung“. Die berechneten Klimatope des Lastraums und des Ausgleichsraums wurden auf der Grundlage von Karte 4.3 eingefügt.</p>
5 Planungshinweise		
5.1	Planungshinweiskarte 	<p>Die Planungshinweiskarte veranschaulicht die Lage von Lasträumen mittlerer und lockerer Bebauung sowie Bioklimatische Lasträume mit stark verdichteter Bebauung. Weiterhin bietet die Karte eine Übersicht über die Ausgleichsräume Frei- und Grünflächen, Wald und Gewässer sowie weitere Ausgleichsräume, die eine sekundäre Bedeutung für das Stadtklima haben.</p> <p>Die Planungshinweiskarte gibt Aufschluss über die Lage von bereits vorhandenen unbelasteten und belasteten (entlang von hochfrequentierten Verkehrswegen) Belüftungskorridoren in die Innenstadt und vom Main aus. Diese Luftleitbahnen gilt es im Zuge der Stadtentwicklung zu erhalten und zu sichern. Zudem wird dargestellt, an welchen Stellen zusätzliche Austausch- und Vernetzungsfunktionen herzustellen sind.</p>
5.2	Ergänzende Hinweise – Hitze- betroffenheit Bevölkerung 	<p>Die Karte veranschaulicht und verortet ergänzende Hinweise zur Hitzebetroffenheit der Bevölkerung auf Grundlage der zuvor bereits dargestellten Last- und Ausgleichsräume. Es werden weitere Planungshinweise für eine stark erhöhte (1) und mittlere (2) Hitzebetroffenheit gegeben.</p>

Nr.	Titel	Inhalt
5.3	Ergänzende Hinweise – Zusatzbelastung Starkregen 	Die Karte veranschaulicht und verortet ergänzende Hinweise zur Zusatzbelastung durch Starkregen auf Grundlage der zuvor bereits dargestellten Last- und Ausgleichsräume. Es werden die Bereiche angezeigt, in denen eine Zusatzbelastung durch Starkregen in stark verdichteter und mittlerer und lockerer Bebauung vorliegt. Darüber hinaus wird hier mit Symbolen gekennzeichnet an welchen Stellen die Retentions-/Versickerungsfunktion von Grünflächen erhalten bzw. entwickelt werden soll und wo eine Anpassung der Bepflanzung an höhere Überflutungstiefen zur Sicherstellung der klimatischen und lufthygienischen Funktion zu berücksichtigen ist.

Anhang A2: Ergebniskarten (Format A3)

- Klimafunktionskarte
- Hitzebetroffenheit im Stadtgebiet
- Zusatzbelastung – Berücksichtigung Starkregengefahrenkarten
- Planungshinweiskarte
- Ergänzende Hinweise - Hitzebetroffenheit der Bevölkerung
- Ergänzende Hinweise - Zusatzbelastung Starkregen
- Klimafunktionskarte – Zukunftsszenario