



Stadtklimaanalyse (SKA)
für den Kreis Groß-Gerau

Steckbriefe der Kommunen

- Stadt **Rüsselsheim am Main** -

04/2024

AUFTRAGGEBER

Kreisausschuss des Kreises Groß-Gerau
Fachbereich Regionalentwicklung, Bauen,
Wirtschaft und Umwelt
Fachdienst Klimaschutz



KONTAKT

Dr. Marta Wachowiak
Tel.: +49 6152 989-859
E-Mail: m.wachowiak@kreisgg.de

gefördert durch:



HESSEN



Hessisches Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt,
Weinbau, Forsten, Jagd und
Heimat

BEARBEITUNG

Burghardt und Partner, Ingenieure

E-Mail: info@lp-kassel.de | www.lp-kassel.de

Dr.-Ing. René Burghardt

Annika Poblocki, M.Sc.

Frederik Hilden, M.Sc.

Kiara Thielemann

Dipl.-Biol. Nicole Burghardt, M.Sc. ULM



BPI

Burghardt und Partner, Ingenieure

IN ZUSAMMENARBEIT MIT

Kreis Groß-Gerau - Fachdienstleitung Klimaschutz

Dr. Marta Wachowiak

Insofern nicht anders angegeben gilt für alle Abbildungen und Tabellen als Quelle:
Burghardt und Partner, Ingenieure (BPI) - 2024

VORBEMERKUNG ZUM STECKBRIEF

Für das administrative Gebiet des Kreises Groß-Gerau wurde ebenfalls eine vollumfängliche Stadtklimaanalyse durchgeführt.

Tieferegehende fachliche Grundlagen und Hintergründe werden in diesem Teil ausgeführt und erklärt.

Der Steckbrief fokussiert sich mit seinen Inhalten und Aussagen auf den Bereich der Gemeinde.

1 Allgemeine Informationen zur Gemeinde

1.1 allgemeine Zahlen

Einwohnende: Rüsselsheim am Main ist bezogen auf die Zahl der Einwohnenden die größte der 14 Städte und Gemeinden im Landkreis Groß-Gerau. Die im Jahr 2022 67.277 erfassten Bewohnenden machen ganze 24 % der gesamten Bevölkerung des Landkreises aus (vgl. Hessisches Statistisches Landesamt 2023).

Vulnerable Bevölkerungsgruppen: Im Zuge des Klimawandels wird eine Zunahme von Hitzeereignistagen projiziert (Kazmierczak 2022). Faktoren wie soziale Lage, Gesundheitszustand oder Alter beeinflussen die Vulnerabilität von Menschen bezogen auf ebendiese Hitzeereignisse (Wöhl, C et al. 2020). Häufig werden zu den besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen Kinder unter 5 Jahren (Schoierer, J. and Lehmann, H. 2023) und Über-60-Jährige (Blättner et al. 2023) gezählt, weshalb diese Aspekte auch in diesem Bericht von Bedeutung sind. Der Anteil der Unter-5-Jährigen ist dabei um 0,5 Prozentpunkte höher als durchschnittlich im Landkreis und beträgt 5,7 % (Hessisches Statistisches Landesamt 2023). Die erfassten älteren Menschen von 60 Jahren und mehr machen einen Anteil von 24,5 % aus. Verglichen mit dem Durchschnitt des Landkreises Groß-Gerau, welcher 26,2 % beträgt, sind das 1,7 Prozentpunkte weniger (Hessisches Statistisches Landesamt 2023).

1.2 Abgrenzungen der Gemeinde

Abgrenzung: Mit 58,3 km² macht die Fläche von Rüsselsheim am Main 12,87 % der gesamten Fläche des Landkreises aus und ist somit hinter Riedstadt die zweitgrößte Stadt im Landkreis. Im Nordwesten wird die Stadt durch den Main begrenzt, auf dessen anderer Uferseite sich der Main-Taunus-Kreis befindet. Nördlich schließt sich außerdem die ebenfalls im Landkreis Groß-Gerau liegende Stadt Raunheim an und im Nordosten Frankfurt am Main. Das Gelände des Frankfurter Flughafens erstreckt sich teilweise bis auf das Stadtgebiet von Rüsselsheim am Main. Im Osten besteht eine gemeinsame Grenze mit Mörfelden-Walldorf, im Süden mit Nauheim, im Südwesten mit Trebur und im Westen mit Bischofsheim und Ginsheim-Gustavsburg, welche alle ebenfalls Gemeinden und Städte im Landkreis Groß-Gerau sind (vgl. Lohr et al. 2020).

Flächennutzung: Zu Rüsselsheim am Main gehören große Waldflächen, welche insgesamt 43 % des Stadtgebiets ausmachen. Knapp 20 % der Fläche nimmt die Landwirtschaft ein. Rüsselsheim am Main ist bekannt als wichtiger Industriestandort im Landkreis. Auf 4 % des Stadtgebiets, welche für industrielle Zwecke genutzt werden, befinden sich unter anderem Teile des Frankfurter Flughafens und Produktionsstätten des Automobilherstellers Opel. Rund 10 % des Gebietes von Rüsselsheim am Main werden als Wohnfläche genutzt.

1.3 Naturraum

Naturräumliche Einordnung: Rüsselsheim am Main liegt laut der Gliederung der naturräumlichen Großregionen nach Meynen und Schmithüsen (1962) im Oberrheinischen Tiefland und konkret im Bereich des Rhein-Main-Tieflandes. Südlichwestlich angrenzend befindet sich das ebenfalls der Naturräumlichen Großregion „Oberrheinisches Tiefland“ nach Meynen und Schmithüsen (1962) zugeordnete Nördliche Oberrheintiefland. Das Oberrheinische Tiefland

erstreckt sich über 300 km von der Schweiz bis zum Taunus und ist geprägt von günstigen klimatischen Bedingungen für den agrarischen Anbau sowie dichter Infrastruktur innerhalb der Talregion (Richter, Gert 1991). Ssymank (1994) ordnet das Stadtgebiet der Großregion „Ober-rheinisches Tiefland und Rhein-Main-Tiefland“ zu.

Abgrenzung Naturraum: Rüsselsheim am Main befindet sich in der Großlandschaft Südwest-deutsches Mittelgebirgs- / Stufenland. Der nördliche Teil des Stadtgebietes von Rüsselsheim am Main wird der Landschaft „Rhein-Main-Gebiet“ zugeordnet, welche bezogen auf den Landschaftstyp als „Verdichtungsraum“ und auf die Landschaftsbewertung als „Städtischer Verdichtungsraum“ klassifiziert wird. Im Süden erstreckt sich die Landschaft „Untermainebene“. Ihr Landschaftstyp wird als „Andere waldreiche Landschaft“ und ihre Landschaftsbewertung als „Schutzwürdige Landschaft mit Defiziten“ beschrieben.

Naturräumliche Besonderheiten: keine

1.4 Topographie

Wie bereits der naturräumlichen Einordnung zu entnehmen ist, befindet sich Rüsselsheim am Main als Teil des Oberrheinischen Tieflandes in einer Talregion. Die durchschnittliche Höhe der Stadt beträgt 96 m, die minimale Höhe 81 m und die maximale Höhe 155 m (Topographic Map 2023).

1.5 Lokalklimatische Besonderheiten

Klima: Anhand der seitens des DWD zur Verfügung stehenden klimatischen Daten wurde eine Darstellung der klimatischen Gliederung Deutschlands erstellt (siehe Abbildung 1).

In Rüsselsheim am Main herrscht größtenteils, wie im überwiegenden Teil des Landkreises, ein sub-maritimes Klima. Das bedeutet, dass die Lufttemperatur-Jahresschwankungen zwischen 17 und 18 Kelvin liegen. Der Unterschied zwischen sommerlichen und winterlichen Temperaturen ist geringer als bei subkontinentalem Klima. Dieses kommt in einem kleinen Bereich im Westen und im Nord-osten von Rüsselsheim am Main sowie lokal in wei-teren nördlichen Bereich des Landkreises vor. Wie ein Großteil der Städte und Gemeinden im Landkreis Groß-Gerau liegt auch Rüsselsheim am Main in einem niederschlagsbenachteiligten Bereich, hat also eine Jahresniederschlags-summe von < 600 mm.

Das **Kelvin (K)** gehört zu den sieben Basiseinheiten (SI-Einheit), und wird verwendet, um die (thermodynami-sche) Temperatur und Temperatur-differenzen zu beschreiben. Der Zahlenwert einer Temperaturdiffe-renz ist in den beiden Temperaturein-heiten Kelvin und Grad Celsius gleich. 0 K stellt den absoluten Tem-peraturnullpunkt dar, weshalb die Kelvin-Skala gegenüber der Celsius-Skala um -273,15 K verschoben ist.

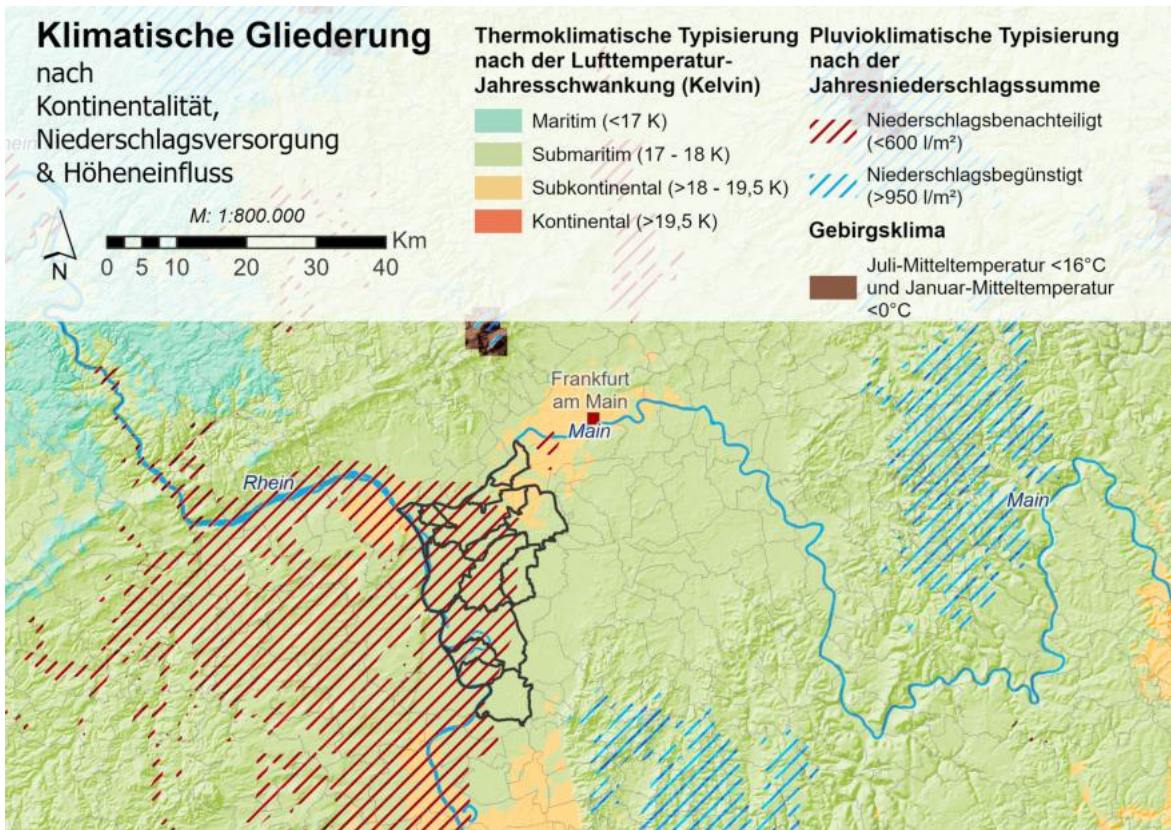


Abbildung 1: Darstellung der „Klimatischen Gliederung Deutschlands“ nach ausgewerteten Rasterdaten des DWD (o.J.). Die Gemeindegrenzen des Kreises Groß-Gerau sind eingezeichnet und liegen überwiegend im submaritimen sowie partiell im subkontinentalen Bereich.

Bioklimatische Bewertung: Für vulnerable Bevölkerungsgruppen sind die atmosphärischen Bedingungen besonders bedeutsam. Doch jeder Mensch ist zur Erhaltung seiner Lebensfunktionen von biologischen Faktoren des Klimas abhängig. Die Bioklimakarten des Deutschen Wetterdienstes (DWD o.J. a, siehe Abbildung 2) stellen die Häufigkeit von Kältereizen und Wärmebelastungen dar, welche trotz angepasster Bekleidung zu erwarten sind. Rüsselsheim am Main liegt größtenteils in einem Bereich, in dem eine Wärmebelastung häufig und Kältereize gelegentlich auftreten. Lediglich im westlichen Teil sowie im Zentrum des Stadtgebietes gibt es Flächen, an denen Kältereize selten auftreten.



Abbildung 2: Einstufung des DWD (Auszug aus der Bioklimakarte) hinsichtlich der thermischen Beanspruchung der Bevölkerung, unterteilt in Wärmebelastung und Kältereiz. Der Kreis Groß-Gerau liegt in einer Region, in der die Wärmebelastung deutlich dominiert und „häufig“ auftritt, Kältereize eher „selten“ bis „gelegentlich“. Zum Vergleich wurden zusätzlich andere deutsche Großstädte in dem Diagramm ergänzt.

2 Temperatur

2.1 Kurzinformationen

Die **historischen Klimadaten** zu den Temperaturdynamiken basieren auf den Messungen der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD, Abbildung 3). Diese sind in Deutschland auf aktuell 1.117 Standorte verteilt und messen die Lufttemperatur in °C auf einer Höhe von 2 m über Grund. Die zeitliche Auflösung variiert dabei zwischen minütlich bis stündlich. Da das Stationsnetz stetig erweitert wird, sind die realgemessenen Zeiträume stationsabhängig, umfassen jedoch häufig eine Zeitspanne von mehreren Jahrzehnten (DWD o.J. b). Die Informationen werden der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, wodurch die Daten transparent überprüft werden können.

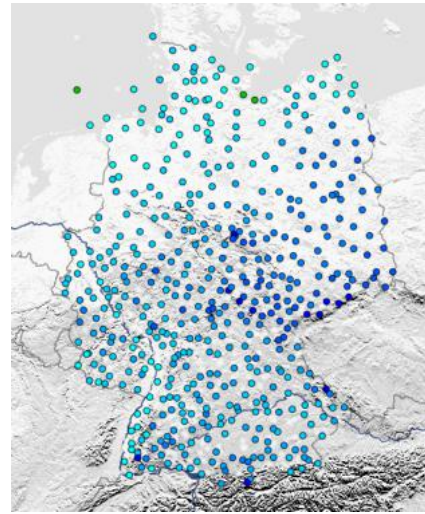


Abbildung 3: Screenshot der aktuell verfügbaren DWD-Messtationen des DWD für die stündliche Messung der Lufttemperatur

Ferner liefert der DWD mit einem 1 km x 1 km Raster innerhalb Deutschlands die Möglichkeit, die gemessenen Temperaturdaten in einer flächendeckenden Darstellung auflösen zu lassen. Diese basiert auf dem Interpolationsverfahren des DWD nach Kaspar et al. (2013) und befähigt die Verschneidung mit bspw. kommunalen Verwaltungsgrenzen, wie im folgenden Kapitel geschehen.

In der Stadtmeteorologie hilft die historische Betrachtung bei dem Aufzeigen von klimatischen Veränderungen und der klimatischen, lokaltypischen Bewertung. Außerdem bilden sie die Grundlage für weitergehende klimatische Analysen, wie bspw. der Simulation der bodennahen Lufttemperatur und damit der Ableitung des städtischen Wärmeinseleffekts.

Klimaprojektionen gehen von dem Status quo der historisch gemessenen Temperaturen und projizieren diese auf mögliche zukünftige Pfade. Im vorliegenden Bericht werden die sog. RCP-Szenarien (Representative Concentration Pathways) angenommen, welche vom International Panel on Climate Change (IPCC) vorgeschlagen und berechnet wurden (IPCC 2023). Insbesondere für die Öffentlichkeitsarbeit ist hierbei zu beachten, dass Klimamodelle keine Klima-Prognosen liefern, sondern lediglich Klima-Projektionen. Das heißt, sie liefern Aussagen darüber, wie sich das Klima unter den im Modell enthaltenen Voraussetzungen verändert, bspw. was passiert, wenn sich die Menschheit weiterhin so verhält, wie bisher.

Aus der fachlichen Perspektive sind Klimaprojektionen ein zentraler Baustein bei der Abschätzung zu Veränderungen bei klimatischen Rahmenbedingungen. Durch die Darstellung der klimatischen Ereignistage (Tage an denen bestimmte Grenzwerte erreicht werden) etwa können zukünftige thermische Belastungssituationen nachvollzogen und in der Planung mit berücksichtigt werden.

Sowohl in der historischen als auch in der zukünftigen Klimabetrachtung wird das **30-jährige Mittel** angenommen, um das Klima zu beschreiben. Hierdurch fallen zeitlich begrenzte Variabilitäten weniger stark ins Gewicht und die statistische Vergleichbarkeit von Jahresmitteln wird gewahrt.

2.2 Überblick

Tabelle 1: Übersicht Rüsselsheim am Main - die Tabelle beinhaltet die temperaturbezogenen klimatischen Entwicklungen für einen Zeitraum von 200 Jahren von 1901 bis 2100. Hierdurch entsteht ein umfassendes Bild, sowohl der historisch gemessenen Veränderungen des Klimas als auch der – auf historischen Werten aufbauenden - Klimaprojektionen.

| Rüsselsheim a.M. | Historischer Zeitraum | | | | | Klimaprojektionen | | | | | |
|---|-----------------------|----------------|----------------|---------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | Zeitraum | 1901 bis 1930 | 1971 bis 2000 | 1991 bis 2020 | Vergleich 30-jährige Mittel | Deutschland 1991 bis 2020 | 2031 bis 2060 | | 2071 bis 2100 | | Hessen 2071 bis 2100 |
| Ø Temperatur | 30 Jahre | 30 Jahre | 30 Jahre | 120 Jahre | 30 Jahre | RCP2.6 | RCP8.5 | RCP2.6 | RCP8.5 | RCP 2.6 | RCP 8.5 |
| Temperatur [°C] Gesamtjahr | 9,9 °C | 10,3 °C | 11,1 °C | Zunahme +1,2 °C | 9,2 °C | 11,4 °C +1,1 °C zu 1971-2000 | 12,2 °C +1,0 °C zu 1971-2000 | 11,4 °C +1,1 °C zu 1971-2000 | 14,2 °C +3,9 °C zu 1971-2000 | 9,6 °C +1,1 °C zu 1971-2000 | 12,4 °C +3,9 °C zu 1971-2000 |
| Temperatur [°C] Sommermonate (JJA) | 17,9 °C | 18,7 °C | 19,6 °C | Zunahme +1,7 °C | 17,6 °C | 19,7 °C +1,1 °C zu 1971-2000 | 20,7 °C +2,0 °C zu 1971-2000 | 19,5 °C +0,9 °C zu 1971-2000 | 21,7 °C +3,1 °C zu 1971-2000 | 17,4 °C +0,9 °C zu 1971-2000 | 19,6 °C +3,1 °C zu 1971-2000 |
| Δ = Gesamtjahr - Sommermonate | 8,0 °C | 8,3 °C | 8,5 °C | Zunahme +0,5 °C | 8,3 °C | 8,3 °C | 8,5 °C | 8,1 °C | 7,5 °C | 7,8 °C | 7,2 °C |
| Ø Tage/Jahr | 50 Jahre | | | | | | | | | | |
| Anzahl Sommertage (T _{MAX} ≥ 25 °C) | - | 48 | 60 | Zunahme +12 | 41 | 60 +12 zu 1971-2000 | 73 +25 zu 1971-2000 | 60 +12 zu 1971-2000 | 100 +52 zu 1971-2000 | 41 +10 zu 1971-2000 | 78 +46 zu 1971-2000 |
| Anzahl Heiße Tage (T _{MAX} ≥ 30 °C) | - | 11 | 17 | Zunahme +6 | 9 | 18 +6 zu 1971-2000 | 24 +13 zu 1971-2000 | 19 +8 zu 1971-2000 | 45 +34 zu 1971-2000 | 10 +5 zu 1971-2000 | 30 +24 zu 1971-2000 |
| Anzahl Tropennächte (T _{MIN} ≥ 20 °C) | - | - | - | - | - | - +2 zu 1971-2000 | - +5 zu 1971-2000 | - +11 zu 1971-2000 | - +22 zu 1971-2000 | - +2 zu 1971-2000 | - +11 zu 1971-2000 |
| Anzahl Frosttage (T _{MIN} < 0 °C) | - | 59 | 57 | Abnahme -2 | 84 | 43 -16 zu 1971-2000 | 35 -24 zu 1971-2000 | 45 -15 zu 1971-2000 | 18 -42 zu 1971-2000 | 68 -17 zu 1971-2000 | 36 -49 zu 1971-2000 |
| Anzahl Eistage (T _{MAX} < 0 °C) | - | 10 | 8 | Abnahme -2 | 20 | 4 -6 zu 1971-2000 | 3 -7 zu 1971-2000 | 3 -7 zu 1971-2000 | 0 -10 zu 1971-2000 | 13 -9 zu 1971-2000 | 6 -16 zu 1971-2000 |

Für Rüsselsheim a.M. (siehe Tabelle 1) hat sich in den vergangenen 120 Jahren eine Zunahme der jährlichen Durchschnittstemperatur verstetigt, was einer Erwärmung von +1,2 °C entspricht. Indes steigt die langjährige Temperatur der Sommermonate mit +1,7 °C überproportional im Jahresdurchschnitt an, was durch die wachsende Differenz erkennbar wird.

Der Vergleich mit den deutschlandweiten Durchschnittswerten charakterisiert Rüsselsheim a.M. und den Kreis Groß-Gerau als Wärmebecken entlang des Rheinverlaufs. Die durchschnittlichen Lufttemperaturen liegen bereits heute um +1,9 °C über dem gemittelten Deutschlandwert.

Ebenso hat sich die Dynamik der Tagesspitzentemperaturen in Form der Ereignistage seit dem Jahr 2000 in Richtung höherer Lufttemperaturen verschoben. In Konsequenz erschließen sich daraus mildere Winter und heißere Sommer.

Diese Entwicklung wird entsprechend den verschiedenen Klimaprojektionen (hier das RCP 2.6 und das RCP 8.5) auch in Zukunft weiter anhalten, jedoch in Abhängigkeit der jeweiligen Szenarien in unterschiedlicher Intensität. Ausführliche Informationen zu den Klimaprojektionen sind in der Stadtklimaanalyse für den Kreis Groß-Gerau verfügbar.

Für das aktuell realistischere RCP 8.5-Szenario werden bis zum Jahr 2100 für Rüsselsheim a.M. 100 Sommertage (+52 Tage) und 45 Heiße Tage (+34 Tage) pro Jahr projiziert.

Die Zunahme der Tropennächte bis zum Jahr 2100 für Rüsselsheim a.M. liegt mit +22 Nächten deutlich über dem hessischen Schnitt mit +11 Nächten. Aus humanphysiologischer Sicht sind Tropennächte ein wichtiger Marker, da an diesen Tagen die nächtliche Abkühlung nicht unter 20 °C fällt und der menschliche Körper nicht regenerieren kann.

2.3 Bestand, Auswirkungen und Planungshinweise

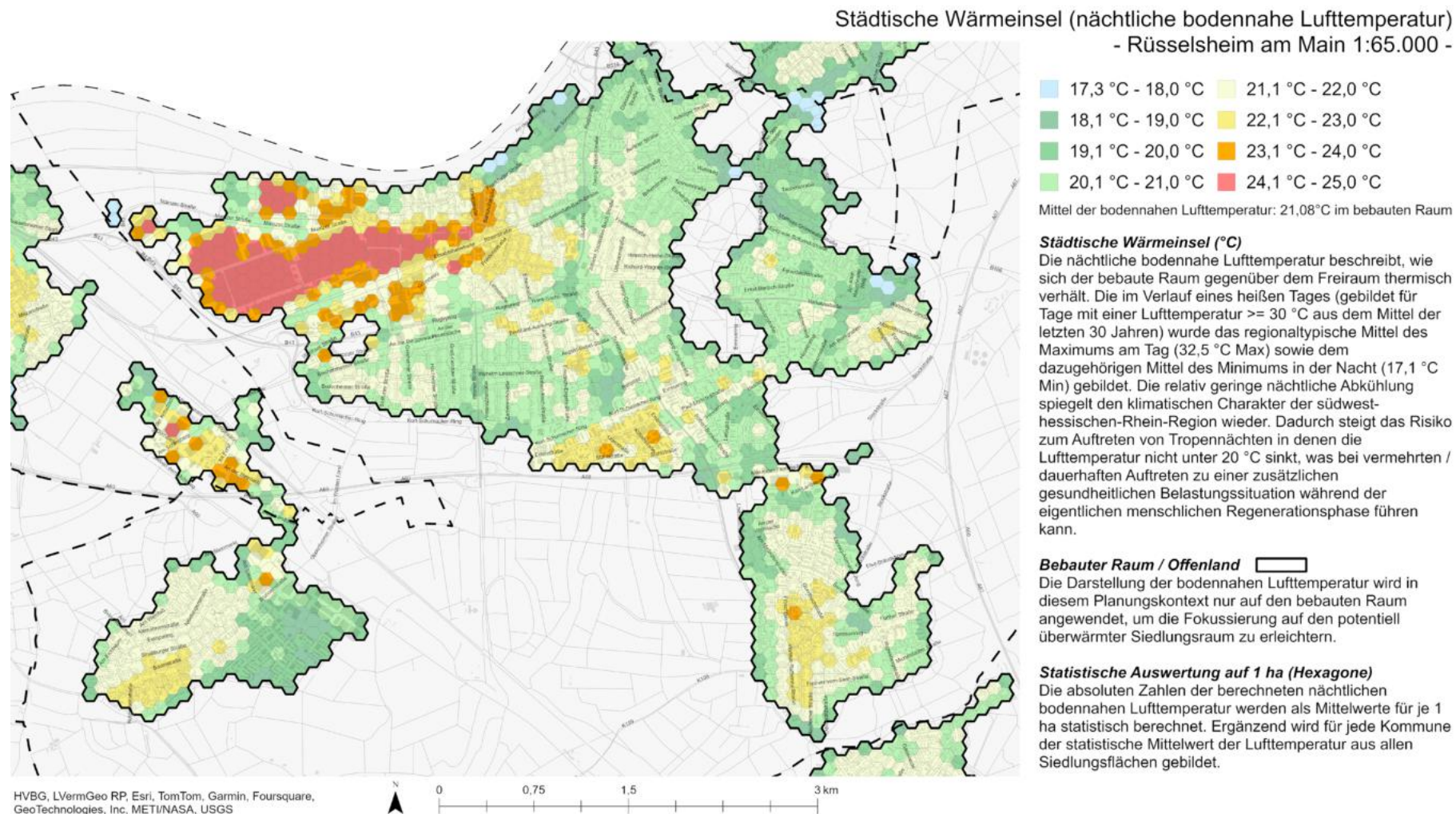


Abbildung 4: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklima-analyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Allgemeine Beschreibung

Bei Abbildung 4 handelt es sich um eine visuelle Darstellung der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur mit Fokus auf den Siedlungsraum von Rüsselsheim am Main im Maßstab 1:65.000. Die nächtliche bodennahe Lufttemperatur beschreibt, wie sich der bebaute Raum gegenüber dem Freiraum thermisch verhält. Für den Verlauf eines heißen Tages (gebildet für Tage mit einer Lufttemperatur ≥ 30 °C aus dem Mittel der letzten 30 Jahren) wurde das regionaltypische Mittel des Maximums am Tag (32,5 °C Max) sowie das dazugehörige Mittel des Minimums in der Nacht (17,1 °C Min) gebildet. Die relativ geringe nächtliche Abkühlung spiegelt den klimatischen Charakter der südwest-hessischen-Rhein-Region wider. Dadurch steigt das Risiko zum Auftreten von Tropennächten in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C sinkt, was bei vermehrtem / dauerhaftem Auftreten zu einer zusätzlichen gesundheitlichen Belastungssituation während der eigentlichen menschlichen Regenerationsphase in der Nacht führen kann. Die Hexagone stellen statistische Gebiete für die Datenerfassung / Datenanalyse dar und sind farblich kodiert, um die Intensität der gemessenen Parameter anzuzeigen.

Interpretation der Karte

Siedlungsräume verhalten sich aufgrund ihrer baulichen Prägung und der entsprechenden heterogenen Oberflächenarten klimatisch wesentlich dynamischer als Offenland oder Waldbereiche. Die in der Karte verwendete farbliche Skala beschreibt dabei einen Wertebereich zwischen 17,3 °C und 25 °C nächtlicher bodennaher Lufttemperatur, ausgehend von dem bereits beschriebenen regionaltypischen „Heißen Tag“. Dabei bezieht sich der regionaltypische „Heiße Tag“ auf die Auswertung von Messungen im klimatisch „unbelasteten“ bzw. durch Siedlungsräume unbeeinflussten Offenland. Infolgedessen wird durch die potentielle Überwärmung der heterogen bebauten Siedlungsräume eine nächtliche bodennahe Lufttemperatur erreicht, die bis zu 7 °C über dem „kühleren“ unbebauten Offenland liegen kann. Im Kontext der Visualisierung auf Grundlage der statistischen Bezugsgröße von 1 ha mit Hilfe der Hexagon-Struktur, stellen die dargestellten Werte die berechneten Mittelwerte je Hexagon dar. Entsprechend geschieht eine Homogenisierung in der Darstellung, mit deren Hilfe die klimatische Charakteristik (der nächtlichen bodennahen Lufttemperatur) räumlich greifbar und erfassbar visualisiert werden kann.

Beschreibung der Stadt Rüsselsheim am Main

Auch in der Gesamtschau der nächtlichen bodennahen Lufttemperatur von Rüsselsheim am Main sind unterschiedliche bebaute Teilgebiete ersichtlich: Neben dem Hauptsiedlungsbereich von Rüsselsheim, welcher wiederum bezogen auf die bodennahe nächtliche Temperatur in verschiedene Räume aufgeteilt werden kann, sind auch Haßloch im Osten, Königstädten im Südosten und Bauschheim im Südwesten in der Abbildung dargestellt. Außerdem sind im Norden bereits Ausläufer der Siedlungsflächen von Raunheim und im Westen von Bischofsheim erkennbar.

Die Betrachtung der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur für die Hauptsiedlungsfläche der Stadt Rüsselsheim am Main verdeutlicht eine klimatische Teilung der Kernsiedlungsflächen in zwei Bereiche. Der kleine Bereich befindet sich im Nordwesten und wird begrenzt durch den Main im Norden, die Stadtgrenze im Westen, die B 43 im Süden und die

„Darmstädter Straße“ in Verlängerung der „Marktstraße“ und „Mainstraße“ im Osten. Der Großteil dieses Bereichs ist insbesondere nördlich der Bahntrassen flächenhaft geprägt durch nächtliche Temperaturen zwischen 23 °C und 25 °C. Bei der vorhandenen Bebauungsstruktur zeigen sich also großflächige Akkumulierungseffekte. Südlich der Bahntrasse gliedert sich der Siedlungsraum baulich etwas heterogener, ebenso wie die vorhandenen Freiräume, die teils unterschiedlich stark durchgrünt sind. Räume, die eine hohe bauliche Dichte besitzen sind per se von einer stärkeren Überwärmung betroffen, als Freiräume die sowohl versiegelt als auch vegetationsbestanden sein können.

Der restliche Teil von Rüsselsheim am Main setzt sich aus größeren homogen geprägten Räumen zusammen. Größtenteils ist der Siedlungsbereich geprägt durch typische Wohnbaustrukturen, die einen Temperaturbereich von 20 °C bis 22 °C abdecken. Dazu gehören bspw. die „Walter-Flex-Straße“ und „Ahornallee“ im Osten, „Ludwig-Dörfler-Allee“ und „Berliner Straße“ im Nordosten sowie „Nackenheim Straße“, „Ginsheimer Straße“ und „Keplerring“ im Süden. Weiterhin sind verdichtete Siedlungsstrukturen erkennbar bspw. im Gewerbegebiet südlich des „Kurt-Schumacher-Ring“ und westlich der „Adam-Opel-Straße“ oder in direkter Nähe des großen Gewerbegebietes im Nordwesten um die „Friedensstraße“, „Im Großen Ramsee“ und „Moselstraße“. Hier betragen die Temperaturen zwischen 22 °C und 23 °C und vereinzelt werden auch Temperaturen im Bereich bis 24 °C rechnerisch erreicht. In den am Rand gelegenen Siedlungsrandbereichen fällt die Temperatur entsprechend der Nähe zum Umland ab, gleichzeitig bilden sich Bereiche heraus, die bspw. bedingt durch eine bessere nächtliche Durchlüftung stärker abkühlen als andere Siedlungsrandbereiche, die eher schwach durchlüftet werden.

Ähnliche Werte werden für die nächtliche Temperatur in Bauschheim und Königstädten errechnet. In beiden Stadtteilen befinden sich die typischen Wohnbaustrukturen mit Temperaturen zwischen 20 °C bis 22 °C eher im Norden und verdichtete Siedlungsstrukturen mit Temperaturen im Bereich von 22 °C bis 23 °C und vereinzelt auch bis 24 °C eher im Süden (bspw. „Nauheimer Straße“ und „Adam-Foßhag-Straße“ im Süden von Königstädten sowie „Backesgasse“ und „An d. Brückenwiese“ im Süden von Bauchheim und „Am Steinmarkt“ im Norden). In Haßloch sind die nächtlichen bodennahen Lufttemperaturen insgesamt niedriger. Es kommen mehr Hexagone vor, welche Temperaturen in Bereichen zwischen 18 °C und 20 °C anzeigen. Gleichzeitig betragen die höchsten berechneten Temperaturen dort 23 °C. Auch in Bauschheim, Königstädten und Haßloch sind die nächtlichen Temperaturen in den Randbereichen niedriger.

Allgemeine Planungs- und Maßnahmenhinweise

In der Wechselwirkung zwischen städtischer und landschaftsplanerischer Gestaltung, gerade im Rahmen der Bauleitplanung, ergibt sich aus der Betrachtung der Wärmeinseldarstellung die Notwendigkeit einer integrierten Planung. Hierbei ist es essenziell, die städtebaulichen Festsetzungen unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen vorzunehmen.

Grünflächenplanung und Bebauung: Die Planung sollte einen Ausgleich zwischen Bebauungsdichte und Grünflächen schaffen. Festsetzungen könnten etwa Mindestflächenanteile für Begrünung in Bebauungsplänen oder die Implementierung von Pflanzgebotsflächen umfassen, um Hitzeinseln entgegenzuwirken. In der Stadt- und Landschaftsplanung sollte die Schaffung von Grünachsen betont werden, die als ökologische Netzwerke fungieren und kühle Luft leiten

können. Hierzu gehören Parkanlagen, Grünstreifen entlang der Straßen und Dachbegrünungen.

Städtebauliche Strukturierung: Die raumordnerische Anordnung von Baukörpern sollte Durchlüftungsschneisen vorsehen, die heiße Luft abführen und kühlere Luft aus den Umlandbereichen heranführen können. Dies könnte durch entsprechende Festsetzungen in den Bebauungsplänen sichergestellt werden.

Baumaterialien und Bauweisen: Die Bauleitplanung sollte die Verwendung von Materialien und Bauweisen fördern, die zur Reduzierung der Wärmespeicherung und zur Erhöhung der Reflexion von Sonnenstrahlung beitragen. Über Festsetzungen können etwa helle Dach- und Fassadenmaterialien oder innovative Dämmtechniken vorgeschrieben werden. Dies sollte aber immer nur im direkten Abgleich der zugrundeliegenden oder angedachten Nutzung des Freiraums geschehen, da sonst auch negative Effekte bspw. für die Aufenthaltsqualität entstehen können.

Klimaangepasste Infrastrukturen: Die Bauleitplanung kann Vorgaben zur Verwendung von wasserdurchlässigen Belägen in den öffentlichen und privaten Freiflächen machen, um die Versickerung zu fördern und Wärme durch Verdunstung abzubauen.

Weiterführende Informationen:

- Hitze in der Stadt und kommunale Planung (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – HALNUG)
<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/hitzeinderstadt-internetversion.pdf>
- Kommunale Klimaanpassung – Hitze und Gesundheit (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – HALNUG)
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/KLIMPRAXStadt-klima2019/B-hitze_in_der_Stadt-modellbaukasten-20190820-internet.pdf
- Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen – Hitze und Gesundheit (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – HALNUG)
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/KLIMPRAXStadt-klima2019/L-Handlungsleitfaden2019_Einzelseiten.pdf

3 Niederschlag

3.1 Kurzinformationen

Die **historischen Klimadaten** zu den Niederschlagsdynamiken basieren, wie schon die Temperaturdaten, auf den Messungen der Messstationen des DWD. Mithilfe des DWD-Rasters besteht innerhalb Deutschlands die Möglichkeit, die gemessenen Niederschlagssummen in einer flächendeckenden Darstellung aufzulösen und für Verwaltungsgrenzen mitteln zu lassen. Der Bezugszeitraum ist ebenfalls das jeweilige 30-jährige Mittel.

Beim Niederschlag wird zwischen den **Niederschlagssummen** und der **klimatischen Wasserbilanz** unterschieden.

Bei den absoluten Niederschlagswerten (gefallener Niederschlag in Litern pro Quadratmeter) werden jeweils die monatlichen Summen des langjährigen Mittels ausgewertet. Die Betrachtung der Niederschlagsentwicklungen der jüngeren Vergangenheit haben gezeigt, dass die Jahresniederschlagssummen sich nicht bis wenig verändern, dass aber sehr starke Veränderungen innerhalb der jährlichen Verteilung des Niederschlags auftreten. Typischerweise verzeichnen die Sommermonate und der April zunehmend weniger, aber ggf. lokal sehr massive Niederschläge (Starkregen), während die Wintermonate höhere Niederschlagssummen aufweisen.

Der DWD unterteilt **Starkregen** in drei Stufen, mit folgenden Schwellenwerten:

Markante Wetterwarnung: Regenmengen 15 l/m^2 bis 25 l/m^2 in 1 Stunde oder 20 l/m^2 bis 35 l/m^2 in 6 Stunden

Unwetterwarnung: Regenmengen $> 25 \text{ l/m}^2$ bis 40 l/m^2 in 1 Stunde oder $> 35 \text{ l/m}^2$ bis 60 l/m^2 in 6 Stunden

Extreme Unwetterwarnung: Regenmengen $> 40 \text{ l/m}^2$ in 1 Stunde oder $> 60 \text{ l/m}^2$ in 6 Stunden

(mm Niederschlag = l/m^2) (DWD o.J. c)

Die klimatische Wasserbilanz ist eine weiterführende niederschlagsbezogene Auswertung. Der Mehrwert erschließt sich aus der realistischeren Betrachtung des natürlichen Wasserhaushaltes, da neben der Betrachtung der absoluten Niederschlagsmenge auch die potenzielle Verdunstung mit der absoluten Niederschlagsmenge bilanziert wird. Dementsprechend ermöglicht die klimatische Wasserbilanz eine Abschätzung, wie viel des Niederschlags tatsächlich langfristig als Reserve dem Menschen und der Natur zur Verfügung steht. Die steigenden Lufttemperaturen und die saisonale Umverteilung der Niederschlagsmengen, die bereits herausgestellt werden kann, stehen im direkten Zusammenhang mit der klimatischen Wasserbilanz (Bormann 2011). Durch die steigenden Temperaturen im Sommer wird die Verdunstung verstärkt und mehr Wasser in der Atmosphäre aufgenommen. Sommerliche Niederschlagsereignisse können somit, auf Grund der höheren Feuchtigkeit in der Atmosphäre, extremer (Starkregen) ausfallen (Gräff et al., 2018).

3.2 Überblick

Tabelle 2: Auswertung unterschiedlicher niederschlagsbezogener Parameter für historische und projizierte Klimadaten im langjährigen Mittel.

| Rüsselsheim a.M. | Historischer Zeitraum | | | | | Klimaprojektionen | | | | | |
|---|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|---|---|--|---|---|
| Zeitraum | 1901 bis 1930 | 1971 bis 2000 | 1991 bis 2020 | Vergleich 30-jährige Mittel | Deutschland 1991 bis 2020 | 2031 bis 2060 | | 2071 bis 2100 | | Hessen 2071 bis 2100 | |
| Ø Niederschlag | 30 Jahre | 30 Jahre | 30 Jahre | 120 Jahre | 30 Jahre | RCP2.6 | RCP8.5 | RCP2.6 | RCP8.5 | RCP 2.6 | RCP 8.5 |
| Niederschlag [l/m ²] | 566 l/m² | 603 l/m² | 581 l/m² | Zunahme +15 l | 583 l/m ² | 633 l/m² +5 % zu 1971-2000 | 627 l/m² +4 % zu 1971-2000 | 627 l/m² +4 % zu 1971-2000 | 627 l/m² +4 % zu 1971-2000 | 805 l/m ² 4% zu 1971-2000 | 813 l/m ² 5% zu 1971-2000 |
| Niederschlag [l/m ²] Sommermonate (JJA) | 177 l/m² | 178 l/m² | 178 l/m² | Zunahme +1 l | 178 l/m ² | 176 l/m² -1 % zu 1971-2000 | 171 l/m² -4 % zu 1971-2000 | 178 l/m² +0 % zu 1971-2000 | 154 l/m² -13 % zu 1971-2000 | 249 l/m ² 0% zu 1971-2000 | 219 l/m ² -12% zu 1971-2000 |
| Δ = Gesamtjahr - Sommermonate | 390 l/m ² | 425 l/m ² | 404 l/m ² | Zunahme +14 l | 405 l/m ² | 457 l/m ² | 456 l/m ² | 449 l/m ² | 473 l/m ² | 556 l/m ² | 594 l/m ² |
| Ø Kl. Wasserbilanz | 50 Jahre | | | | | | | | | | |
| Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Gesamtjahr | - | -27 l/m² | -64 l/m² | Abnahme -37 l | 248 l/m ² | - | - | - | - | -15 l/m ² | 121 l/m ² |
| Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Sommermonate | - | -111 l/m² | -118 l/m² | Abnahme -7 l | -13 l/m ² | - | - | - | - | -131 l/m ² | -146 l/m ² |
| Δ = Gesamtjahr - Sommermonate | - | 84 l/m ² | 55 l/m ² | Abnahme -29 l | 261 l/m ² | - | - | - | - | 116 l/m ² | 267 l/m ² |

Für Rüsselsheim a.M. (siehe Tabelle 2) wurden die niederschlagsbezogenen, klimatischen Entwicklungen für einen Zeitraum von 200 Jahren von 1901 bis 2100 ausgewertet. Hierdurch entsteht ein umfassendes Bild, sowohl der historisch gemessenen Veränderungen des Klimas als auch die – auf historischen Werten aufbauenden - Klimaprojektionen.

Die Werte zeigen für den Niederschlag zwei deutliche Tendenzen. Einerseits nimmt die langjährige Jahressumme seit 1930 bis heute zu (+15 l) und wird auch in Zukunft gemäß der Klimaprojektionen eine weiter anhaltende Steigerung der Niederschlagsmenge bis 2100 von 4 % (RCP 2.6 und RCP 8.5) beschreiben.

Andererseits stagnieren die historischen Sommerniederschläge bzw. weisen eine leicht negative Tendenz (-1 l) für Rüsselsheim a.M. auf.

Für das aktuell realistischere RCP 8.5-Szenario wird bis zum Jahr 2100 für Rüsselsheim a.M. ein Rückgang des Niederschlags in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) von -13 % gegenüber dem langjährigen Mittel von 1971 bis 2000 projiziert.

Die klimatische Wasserbilanz zeigt, dass bereits jetzt in den Sommern mehr Wasser verdunstet, als es in diesem Zeitraum in Rüsselsheim a.M. regnet. Zusätzlich wächst die Differenz der klimatischen Wasserbilanz im Sommer zum Gesamtjahr, wodurch besonders der Vegetation (und mittelbar dem Menschen) in dieser Zeit weniger Wasser zur Verfügung steht.

Nehmen die Regenmengen weiter ab, ist Rüsselsheim a.M. und die Region möglicherweise von dürreartiger Trockenheit und den damit einhergehenden Herausforderungen betroffen.

Während die derzeitigen Niederschläge näherungsweise im deutschlandweiten Durchschnitt liegen, fallen sie im Vergleich mit Hessen geringer aus.

4 Wind | Be- und Durchlüftung

4.1 Kurzinformationen

Als Wind wird Luft bezeichnet, welche durch Luftdruckunterschiede in Bewegung gesetzt wird. Die Anströmungsrichtung bzw. Windrichtung benennt die Himmelsrichtung, aus der der Wind weht. Offene Gebiete wie Sand- und Wasserflächen bieten einen geringen Widerstand für bodennahe Winde. Siedlungsgebiete, Wälder und andere Elemente, welche die Rauigkeit der Oberfläche erhöhen, sorgen hingegen für eine Abnahme der Windgeschwindigkeit und somit eine geringere Durchlüftung. Die thermische Belastung ist von der Rauigkeit und der gegebenen Windgeschwindigkeit abhängig. Eine gute Belüftung besiedelter Räume kann Luftverschmutzungen und Wärmebelastungen entgegenwirken (vgl. DWD o.J. d; Sedlmeier und Tinz 2023).

Auf Grund der im Sommer geringeren Temperaturdifferenzen zwischen den Äquator- und Polregionen wird der globale bis regionale Antrieb (durch die geringe Druckdifferenz) reduziert. Dadurch herrscht auf regionaler Ebene typischerweise eine im Sommer geringere durchschnittliche Windgeschwindigkeit als im Winter vor (vgl. Vallis 2006).

Der Grund für die niedrigeren Windgeschwindigkeiten auf lokaler und regionaler Ebene tagsüber bzw. in den frühen Morgenstunden ist die Konvektion (Strömungstransport) der erwärmten Luftmassen. Luftmoleküle heizen sich bei verstärkter Sonneneinstrahlung auf und werden leichter, wodurch sie nach oben steigen, während kältere Luftmassen absinken. Diese lokalen, kurzlebigen, vertikalen Luftaustauschbewegungen verlangsamen die gleichzeitig stattfindenden großräumigen horizontalen Windbewegungen. Nachts tritt die lokale Komponente der vertikalen Konvektion in den Vordergrund, da aufgrund fehlender Sonneneinstrahlung potenziell eine größere Druckdifferenz zwischen unbebautem Umland und bebautem Siedlungsraum entstehen kann.

Windgeschwindigkeiten beeinflussen nicht nur die thermische Belastung, sondern indirekt auch menschliche Aktivitäten und das menschliche Wohlbefinden. Die Bedeutung städtischer Durchlüftung, Kühlung und Temperierung dient beispielsweise dem Schutz insbesondere vulnerabler Bevölkerungsgruppen wie alter Menschen und Kleinkinder vor Hitzestress, welcher tödlich enden kann (vgl. European Environment Agency 2021; Katschner und Kupski 2019).

Zum Schutz der Bevölkerung vor Hitze heute und in Zukunft, ist also eine ausreichend gute Durchlüftung und Kühlung urbaner Flächen entscheidend. Dabei unterstützen insbesondere Flächen mit günstiger klimatischer oder lufthygienischer Wirkung, wie Luftaustauschbahnen und Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebieten. Um Flächen zu identifizieren, welche diese Funktion potenziell erbringen könnten, ist es unerlässlich, die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten über dem Grund zu kennen. Auch Kenntnisse über Anströmungsrichtungen und die topographischen Gegebenheiten sind relevant, um Durchlüftungsachsen und Kaltluftabflüsse zu identifizieren, und so einen planerischen Beitrag für eine insgesamt vorteilhafte Belüftung dicht besiedelter Gebiete zu leisten.

Windrose

Grafisch dargestellt wird die Anströmungsrichtung oft auf Grundlage einer kreisförmigen 360 ° Skala. Dabei orientiert sich die Skala am geographischen Norden, welcher sich bei 0 ° befindet. Ost ist bei 90 °, Süden bei 180 ° und Westen bei 270 °. Als Darstellungsform eignet sich die Windrose. Orientiert an den Himmelsrichtungen wird der Horizontalkreis in 8, 16, 32 oder eine andere durch vier teilbare Anzahl von Sektoren eingeteilt. Der Global Wind Atlas (Neil N. Davis et al. 2023) gibt dazu eine Darstellung in 12 Sektoren vor, die jeweils 30 ° des Horizonts darstellen (vgl. Danish Wind Industry Association 2003; DWD o.J. e).

Streudiagramm

Scatter Plots oder Streudiagramme visualisieren mögliche Zusammenhänge zwischen zwei Variablen. Dabei stellen die x-Achse und die y-Achse jeweils eine Variable dar. So kann eine unterschiedlich starke Korrelation mithilfe einer Skala dargestellt werden. Ein Beispiel für die Verwendung von Streudiagrammen ist die grafische Darstellung der relativen durchschnittlichen Windgeschwindigkeit je Stunde (0 Uhr bis 24 Uhr auf der y-Achse) für die zwölf Monate (Januar bis Dezember auf der x-Achse) für den größten zusammenhängenden bebauten Teil einer Stadt oder Gemeinde auf einer Fläche von 3 km x 3 km zu sehen in Abbildung 7.

Die **Kaltluftentstehung** beschreibt auf mikro- und mesoskaliger Ebene den nächtlichen Abkühlungsprozess der bodennahen Luftschichten. Mit dem Sonnenuntergang beginnt auf ausreichend großen Grün- und Freiflächen die Kaltluftproduktion. Diese dauert bis in die frühen Morgenstunden an und wird sowohl durch die ausbleibende solare Einstrahlung als auch durch die thermische Ausstrahlung der oberen Bodenschicht bedingt. Da sich die Luft mit dem Erkalten auch verdichtet, strömt sie anschließend flüssigkeitsähnlich der Reliefausprägung folgend in tiefere Regionen. Eine signifikante Strömungsdynamik entwickelt sich hierbei ab ca. 1 °–2 ° Gefälle und wird stets von der Rauigkeit der überströmten Bodenschichten beeinflusst.

Sowohl das Entstehungsgebiet als auch die Kaltluftproduktionsrate werden von dem vorhandenen Untergrund bestimmt. Hierbei fördern besonders unversiegelte Freiflächen (z.B. Wiesen, Brachen, Grünflächen etc.) mit einer geringen Vegetationshöhe die Kaltluftproduktion. Liegen diese Areale in einem reliefierten Gebiet (z.B. unbebaute Hänge), werden die Kaltluftmassen über die topographischen Windsysteme (Hang- und Bergwinde) abgeleitet. Allerdings können Hindernisse, in Abhängigkeit ihrer Ausprägung (Länge, Höhe, Ausrichtung), den Kaltluftabfluss behindern oder auch komplett zum Erliegen bringen.

Kaltluft beschreibt ausschließlich einen Temperaturzustand von Luftmassen, nimmt aber keinen Bezug auf lufthygienische Aspekte (Thematik „Frischluft“) (siehe Kapitel 2.5, 3.4.2 und 5.4.1 in der Stadtklimaanalyse für den Kreis Groß-Gerau).

4.2 Überblick

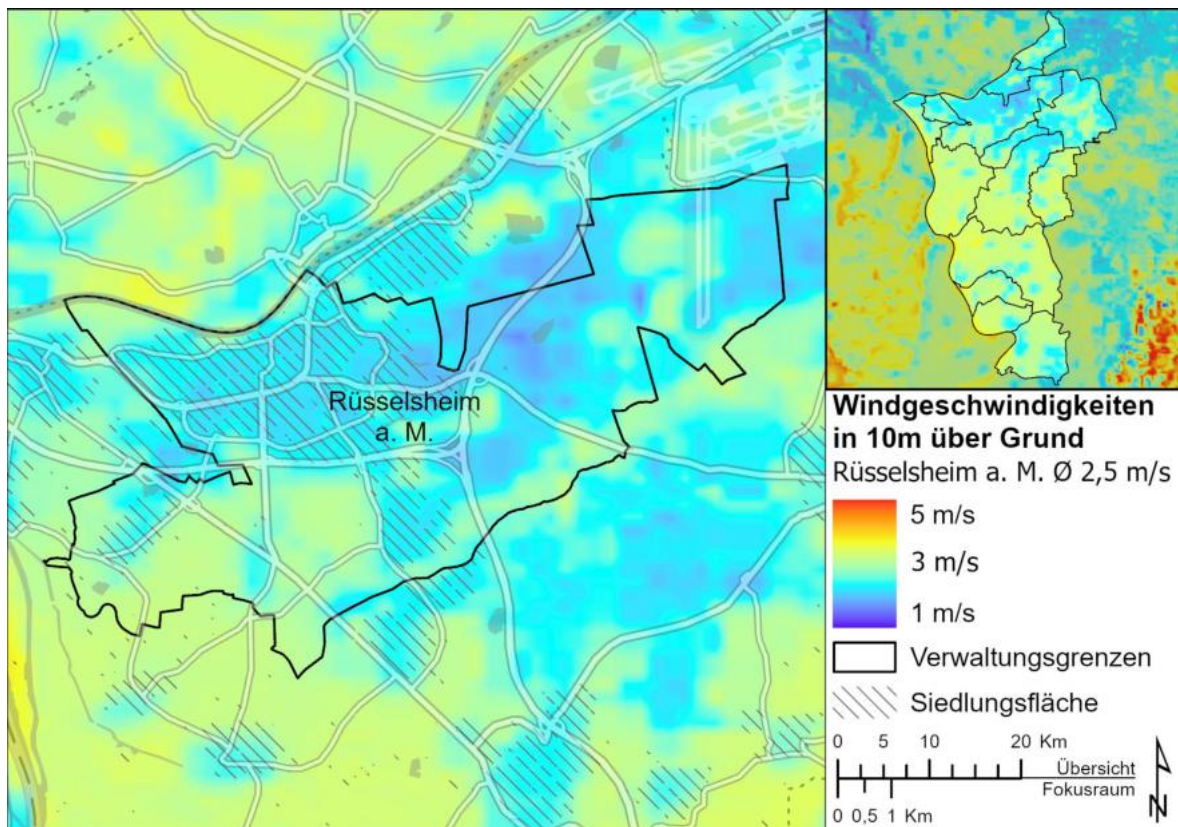


Abbildung 5: Diagramm mittlere Windgeschwindigkeit pro Jahr dargestellt auf der administrativen Fläche von Rüsselsheim am Main (links) und des Landkreises Groß-Gerau (rechts oben) in 10 m Höhe über Grund

Abbildung 5 zeigt auf der linken Seite die administrative Fläche von Rüsselsheim am Main, umrandet mit einer schwarzen Linie. Es ist in unterschiedlichen Farben die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund dargestellt. Der niedrigste im Landkreis Groß-Gerau und der umgebenden Region durchschnittliche Wert beträgt rund 1 m/s und der höchste mittlere Wert rund 5 m/s. Die Farbskala zur Darstellung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten verläuft von violett (1 m/s) über hellblau (2 m/s), grün (3 m/s), gelb (4 m/s) bis hin zu rot (5 m/s). Siedlungsbereiche sind mit parallelen Linien in der Karte straffiert. Auf der oberen rechten Seite der Abbildung ist eine weitere Karte zu sehen. Sie zeigt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund des Landkreises Groß-Gerau und der umliegenden Region mithilfe derselben Farben und derselben Skala.

Die in beiden Karten dargestellten Werte sind auf 10 Jahre (2001-2010) gemittelt. Sie stammen vom Global Wind Atlas und wurden aus globalen Datensätzen in Form von mehreren Kategorien zusammengestellt. Dazu gehört unter anderem die Topografie, im Sinne der Beschreibung der Oberflächenhöhe sowie die Landnutzung. Die Landnutzung wurde in einem Raster von 300 m x 300 m berechnet, in 17 Landnutzungsarten unterteilt und als Grundlage zur Einordnung der Rauigkeit der Oberfläche angewandt. Für die Beschreibung der Oberflächenhöhe wurden Satellitendaten mit einem digitalen Höhenmodell kombiniert. Für einen besseren Überblick der verwendeten globalen Datensätze empfiehlt sich ein Besuch der Website GWA (o.J.).

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in Rüsselsheim am Main beträgt in 10 m Höhe über Grund 2,5 m/s. Insbesondere die östlich des Siedlungsbereichs gelegenen Waldflächen weisen sehr geringe Windgeschwindigkeiten zwischen 1 m/s und 2 m/s auf. Auch innerhalb der Siedlungsflächen wurden durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeiten von rund 2 m/s ermittelt. Diese Bereiche stellen Barrieren für die Luftströmungen dar. Vereinzelt sind Flächen auszumachen, die Geschwindigkeiten von rund 3 m/s im Jahresverlauf zu verzeichnen haben. Das sind in erster Linie die Freiflächen im Westen und Osten des Stadtgebiets. Verglichen mit dem gesamten Landkreis liegt Rüsselsheim am Main eher im Bereich der Städte und Gemeinden mit vergleichsweise etwas geringerer Windgeschwindigkeit. Wie Sedlmeier und Tinz (2023) beschrieben haben, treten in den Tälern der Mittelgebirge und Süddeutschlands tendenziell vergleichsweise geringere Windgeschwindigkeiten auf. Dies spiegelt sich auch in der Region um den Landkreis Groß-Gerau wider.

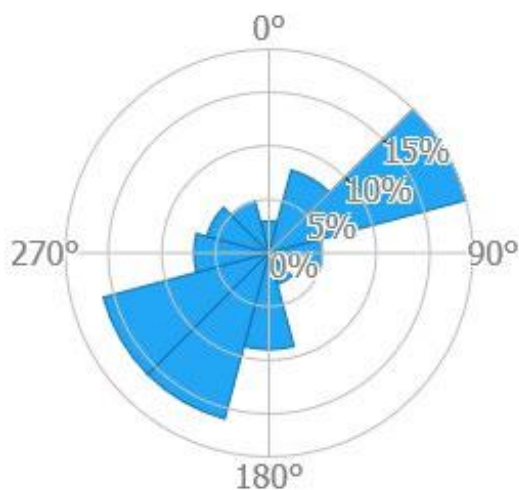


Abbildung 6: Windrose zur mittleren Anströmungsrichtung pro Jahr in 100 m Höhe über Grund für Rüsselsheim am Main

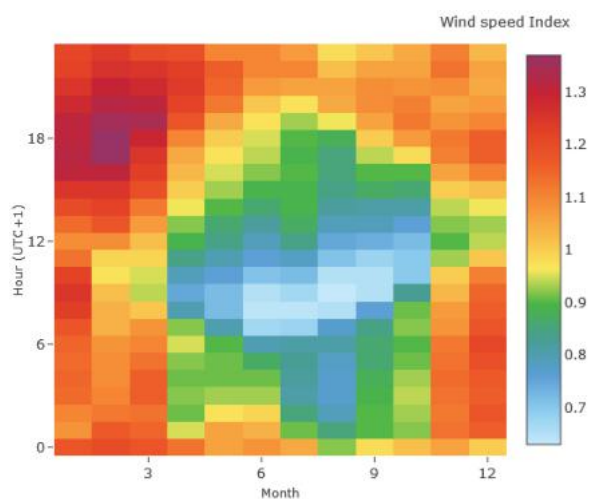


Abbildung 7: Streudiagramm durchschnittliche Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Rüsselsheim am Main mit 1 = 5,4 m/s in 100 m Höhe über Grund

Die Windrose in Abbildung 6 veranschaulicht die durchschnittlich auftretende Häufigkeit der Anströmungsrichtungen in Rüsselsheim am Main. In der Mitte der Grafik am Kreuzungspunkt der Linien, welche die Himmelsrichtungen darstellen, befindet sich die Markierung von 0 %. Diesen Punkt umgeben unterschiedlich große Kreise, die jeweils in 5-Prozent-Schritten die Markierungen von 5 %, 10 % und 15 % bilden. Der letzte Kreis stellt den höchsten Wert dar, welcher in dem Fall bei 19 % liegt. Mithilfe dieser Prozentangaben werden Häufigkeiten der durchschnittlich vorkommenden Anströmungsrichtungen erkennbar. Dabei stellen blaue Felder die tatsächlichen Werte für die hier zwölf unterschiedlichen durchschnittlichen jährlichen Anströmungsrichtungen dar. Die Daten wurden langjährig für eine Höhe von 100 m über Grund ermittelt und stammen aus dem Global Wind Atlas (Neil N. Davis et al. 2023).

Die häufigste jährliche Anströmungsrichtung in Rüsselsheim am Main ist Ostnordost mit bis zu 19 %. Diese Anströmungsrichtung sticht sehr heraus, da sie eindeutig dominant ist, jedoch die angegliederten Anströmungsrichtungen deutlich seltener vorkommen: Nordnordost kommt in 8 % der Fälle vor, Nord in unter 5 % und Ost in höchstens 5 % der Fälle. Auch Südsüdost und Ostsüdost sind mit weniger als 5 % sehr seltene Anströmungsrichtungen der Winde in

Rüsselsheim. Südsüdwest und Westsüdwest sind mit jeweils rund 16 % sehr häufig auftretende Anströmungsrichtungen. West, Westnordwest und Nordnordwest bilden ebenso wie Süd in zwischen 5 % und 10 % der Fälle die Anströmungsrichtungen in Rüsselsheim am Main.

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe über Grund in Rüsselsheim am Main beträgt 5,4 m/s und entspricht somit dem Wert 1 auf der Skala in Abbildung 7 – dem Streudiagramm zur Darstellung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Rüsselsheim am Main. Als Skala dient in diesem Fall der „Wind speed index“ – also die durchschnittliche Windgeschwindigkeit, verglichen mit ihrem langjährigen Mittel in 100 m über Grund (European Environment Agency 2021). Der Index ist in einem Farbspektrum ausgedrückt: Hellblau zeigt den niedrigsten Wert von 0,6 – also 60 % der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit. Der Wert 1 bzw. 100 % in der Farbe gelb kommt zum Tragen, wenn die durchschnittliche Windgeschwindigkeit dem langjährigen Mittelwert entspricht. Darüberliegende Werte werden mit rötlichen Farben angezeigt bis hin zum höchsten Wert 1,4 bzw. 140 %, welcher in einem dunklen Violett abgebildet ist. Es ist also möglich, für jede Stunde in jedem Monat die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 100 m über Grund abzulesen.

Auf den ersten Blick wird ersichtlich, dass die Windgeschwindigkeiten, dargestellt im Verhältnis zur durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (s.o.) in Rüsselsheim in den Wintermonaten höher sind (dunkelrote und violette Felder) als während der anderen Jahreszeiten. Alleine bezogen auf die Tageszeit treten i.d.R. nachmittags bis abends die höheren Windgeschwindigkeiten auf. Die langjährig höchsten Werte wurden im Januar zwischen 16 Uhr und 19 Uhr, im Februar zwischen 16 Uhr und 20 Uhr und im März zwischen 19 Uhr und 20 Uhr gemessen. Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten durchschnittlich im Monat Februar in der Zeit um 18 Uhr, gefolgt von 17 Uhr auf. Gleichzeitig treten bereits in den Wintermonaten Werte auf der Skala des Wind speed index unter der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit (Wert 1) des langjährigen Mittels auf. Insbesondere gegen 13 Uhr im Dezember treten durchschnittlich Werte auf, die sich knapp über dem Wert 0,9 auf der Skala bewegen. In den Sommermonaten liegen die Werte größtenteils unter 1 (durchschnittliche Windgeschwindigkeit). Niedrige Werte fallen insbesondere auf den Zeitraum zwischen 7 Uhr und 9 Uhr im Juni und Juli sowie zwischen 8 Uhr und 10 Uhr im August und September. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten in Rüsselsheim am Main wurden langjährig im August um 9 Uhr gemessen, gefolgt von 8 Uhr im Juni und Juli. Im Frühling und Herbst findet ein Übergang zwischen den sommerlichen und winterlichen Monaten statt. Von März bis Mai sinken Windgeschwindigkeiten besonders tagsüber ab und die Zeitspanne, in der die Werte auf der Skala des Wind speed index unter 1 (entspricht 5,4 m/s) fallen, wird von 2 Stunden bis 14 Stunden immer größer. Der umgekehrte Effekt ist von September bis November zu beobachten. Die Anzahl der Stunden ab dem Wert 1 auf der Skala wächst von 7 Stunden bis 21 Stunden an.

4.3 Bestand, Auswirkungen und Planungshinweise

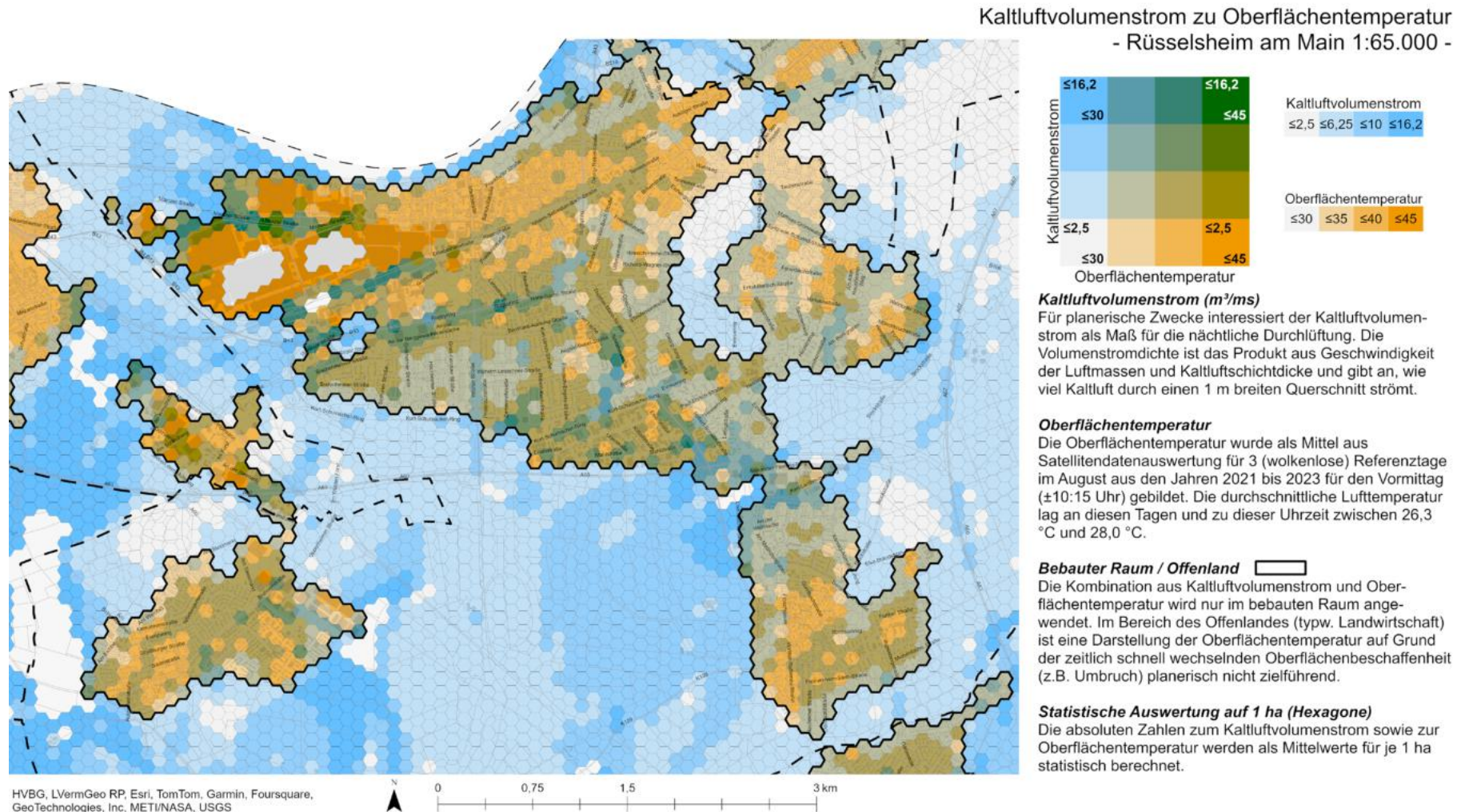


Abbildung 8: Darstellung des Kaltluftvolumenstroms und der Oberflächentemperatur für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Kaltluftentstehung und -transport sowie der Oberflächentemperatur sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Allgemeine Beschreibung

Bei Abbildung 8 handelt es sich um eine visuelle Darstellung der Kombination des Kaltluftvolumenstroms (in der Nacht) und der Oberflächentemperatur (am Tag) mit Fokus auf den Siedlungsraum von Rüsselsheim im Maßstab 1:65.000. Die Hexagone stellen statistische Gebiete für die Datenerfassung / Datenanalyse dar und sind farblich kodiert, um die Intensität der gemessenen Parameter anzuzeigen. Bei diesen Parametern handelt es sich zum einen um den nächtlich auftretenden Kaltluftvolumenstrom (angegeben in m^3/ms) sowie die Oberflächentemperatur (in $^{\circ}\text{C}$). Die Berechnung des Kaltluftvolumenstroms geschieht auf Grundlage der flächendeckenden Modellierung der nächtlichen Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung während einer austauscharmen Wetterlage (Strahlungsnacht) für den Großraum der Gesamregion Groß-Gerau mit dem Simulationsprogramm KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Die Abbildung der Oberflächentemperatur in $^{\circ}\text{C}$ basiert auf der Analyse der „Landsat 8“ Satellitendaten, welche als Mittelwert aus Aufnahmen (mit typischem austauscharmem Charakter) der Jahre 2021 bis 2023 erstellt wurden. Durch die Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Satelliten Überfliegungen in Kombination mit der Vorgabe einer Wolkenbedeckung von weniger als 10 %, konnten 3 Satelliten Aufnahmen aus den entsprechenden Jahren identifiziert werden bei denen bereits vormittags zwischen 10:00 Uhr und 10:30 Uhr (nach Abgleich der Zeitpunkte mit den regionalen Wetterdaten des DWD) die Situation eines Sommertages ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) vorgeherrscht hat. Da insbesondere Offenland bzw. landwirtschaftliche Flächen schnell wechselnden Veränderungen in der Bodenbeschaffenheit (Umbruch der Äcker, Fruchtstand etc.) unterliegen, was entsprechend zu unterschiedlichen thermischen Situationen führt, wurden die ermittelten Oberflächentemperaturen nur im besiedelten Raum in Kombination mit dem Kaltluftvolumenstrom gesetzt. Entsprechend zeigt der unbesiedelte Raum ausschließlich die Intensität des Kaltluftvolumenstroms. Im Rahmen der zukunftsgerichteten Stadtentwicklung kann diese Karte genutzt werden, um die Effizienz der nächtlichen Luftzirkulation zu bewerten, potenzielle Hitzestressgebiete zu identifizieren und Klimaanpassungsmaßnahmen zu planen.

Interpretation der Karte

Siedlungsräume sind typischerweise gegenüber dem unbebauten vegetationsdominierten Umland durch höhere Oberflächentemperaturen am Tag geprägt. Entsprechend werden sie von Weißgrau (gering) bis Tieforange (hoch) dargestellt. Der nächtliche Kaltluftvolumenstrom besitzt hingegen im Normalfall seine stärkste Ausprägung im Bereich des Offenlandes und wird in seiner Intensität von Weißgrau (gering) bis Blau (hoch) visualisiert. In der Kombination beider Aspekte lassen sich die 4 möglichen Extrema nachfolgend beschreiben.

Geringer Kaltluftvolumenstrom / Geringe Oberflächentemperatur (Farbcode Weißgrau)

Dies sind typischerweise vegetations- oder wasserdominierte Räume, die sich jedoch aufgrund ihrer Lage im Raum nicht innerhalb des „aktiven“ Flurwindsystems befinden und entsprechend eine geringe klimatische Fernwirkung besitzen, da nur ein schwacher Beitrag für die nächtliche Durchlüftung während austauscharmer Wetterlagen geleistet wird.

Hoher Kaltluftvolumenstrom / Geringe Oberflächentemperatur (Farbcode Blau)

Primär vegetationsdominierte oder wassergeprägte Räume im unbebauten Außenbereich aber auch vereinzelt im Siedlungsraum vertreten. Diese Räume sind Teil des nächtlichen Flurwindsystems und stellen die Grundlage für ein hohes nächtliches Durchlüftungspotential dar,

wodurch auch von einer hohen klimatischen Fernwirkung mit entsprechender Planungsrelevanz der Flächen auszugehen ist.

Geringer Kaltluftvolumenstrom / Hohe Oberflächentemperatur (Farbcode Tieforange)

Primär Siedlungsflächen mit starkem Versiegelungscharakter, die eine intensive Aufheizung der Oberflächen am Tag beschreiben. Gleichzeitig besitzen diese Räume jedoch ein vermindertes Abkühlungspotential, da sie nicht durch das nächtliche Flurwindssystem oder topographisch bedingte Kaltluftabflüsse entlastet werden. Ferner bleibt festzuhalten, dass die nächtliche Auskühlung dieser am Tag stark überwärmten Bereiche auch von der vorhandenen Materialität und der Masse der wärmespeichernden Oberflächen abhängig ist.

Hoher Kaltluftvolumenstrom / Hohe Oberflächentemperatur (Farbcode Dunkelgrün)

Diese Räume sind durch eine hohe Aufheizung und Überwärmung der Oberflächen am Tag geprägt. Gleichzeitig liegen sie jedoch günstig im Bereich von nächtlichen Durchlüftungsachsen, die hohes Kaltluftvolumen transportieren und so einen wichtigen Beitrag für die nächtliche Abkühlung dieser belasteten Räume aber auch für Räume darüber hinaus (Fernwirkung) leisten können.

Beschreibung der Stadt Rüsselsheim am Main

Rüsselsheim am Main setzt sich aus fünf Stadtteilen zusammen, welche in der Abbildung zu sehen sind: Die Innenstadt im Zentrum, Haßloch im Osten, Königstädten südlich davon im Südosten und Bauschheim im Südwesten. Im Siedlungsgebiet ist besonders im Westen und Süden ein höherer Kaltluftvolumenstrom zu verzeichnen. Im Norden und Osten ist ein geringerer nächtlicher Kaltluftvolumenstrom vorhanden.

Die tieforange gefärbten Hexagone weisen auf Oberflächentemperaturen bis zu 45 °C und ein geringes nächtliches Abkühlungspotenzial, aufgrund kaum vorhandenem Kaltluftvolumenstrom (höchstens 2,5 m³/m/s) hin. Insbesondere ein Gebiet in der Innenstadt lässt sich durch einen solchen Farbcode charakterisieren. Dabei handelt es sich um das Gewerbegebiet im Westen. Der tieforange gekennzeichnete Hotspot zieht sich von den Bahntrassen bis zum Main und vom westlichen Rand des bebauten Bereiches bis beinahe zur Marktstraße im Osten. Die Bebauung ist geprägt durch eine große Anzahl an Hallen mit einem sehr großen Gebäudevolumen. Die Grundstücke sind dementsprechend stark versiegelt und es ist kaum grüne Infrastruktur vorhanden. Auch die Materialität der Gebäude, wie bspw. ein Blechdach, kann zu einer Überhitzung der Oberfläche beitragen. Weiterhin befinden sich in dem Gebiet große Hallen mit dunklen Dächern und mehrere weitläufige Parkplätze, welche sich ebenfalls schnell aufheizen können. Diese Siedlungsflächen werden kaum von nächtlicher Kaltluft erreicht.

Es gibt jedoch Bereiche, in denen ein nächtlicher Kaltluftvolumenstrom in das aufgeheizte Gebiet eindringen und für eine Abkühlung sorgen kann. Diese sind in Blau dargestellt. Die dunkelgrünen Hexagone kennzeichnen Flächen, deren Oberflächen sich, wie die der tieforange dargestellten Flächen, am Tag stark aufheizen, im Gegensatz dazu aber wie die blau dargestellten Flächen, günstig im Bereich nächtlicher Durchlüftungsachsen liegen. Zu den wichtigsten in dunkelgrün und blau dargestellten Kaltluftleitbahnen gehören die Bahntrassen und die Mainzer Straße, welche sich von Westen nach Osten durch das Gewerbegebiet ziehen. Die Höhe der Kaltluftvolumenströme erreicht bis zu 16,2 m³/m/s.

Auch südlich der Bahntrassen und in Bauschheim befinden sich drei verschiedene tieforange Hexagone, welche einzelne Grundstücke bzw. Gebäude markieren, die am Tag stark überhitzen und kaum durch nächtliche Kaltluft abkühlen. Eines dieser Grundstücke ist bebaut mit einer Halle mit großem Gebäudevolumen und befindet sich zwischen Grundweg und Bahntrassen. Die Halle ist umgeben von Parkplätzen im Süden und Westen. In diesem Fall kann die Kaltluft von den Bahntrassen über die Parkplätze in die Umgebung dieser Halle transportiert werden. Das aufgeheizte Grundstück, auf dem sich die Halle befindet, kann dennoch nicht durch die umgebende Kaltluft entlastet werden. Das kann an seiner Materialität und Masse der wärmespeichernden Oberflächen liegen. Weiter westlich zwischen B 43 und Bahntrassen befindet sich eine weitere Halle, welche durch ähnliche Bedingungen geprägt ist. Auch eine Fläche in Bauschheim kann ähnlich beschrieben werden. Sie befindet sich umgeben von L 3482, am Steinmarkt und Brunnenstraße in einem Gewerbegebiet mit drei Hallen umgeben von Parkplätzen. Eine dieser Hallen ist ebenfalls tieforange eingefärbt.

Neben der Mainzer Straße und den Bahntrassen im Westen gibt es in der Innenstadt von Rüsselsheim am Main weitere Durchlüftungsbahnen zum Kaltlufttransport insbesondere aus Westen und Süden. Dazu gehört die B 43 welche gemeinsam mit angrenzenden Parkplätzen Kaltluft bis in den Westen der Innenstadt transportiert, wo sie auf andere Kaltluftleitbahnen stößt. Die Kaltluftvolumenströme entstehen im Offenland westlich des Gewerbegebietes. Sie bewegen sich meistens in einer Höhe von bis zu $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$. Im westlichen Teil nehmen sie etwas ab und erreichen Höhen bis $6,25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$. Stellenweise erreichen die Werte bis $16,2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$. Im Westen transportiert ebenfalls die Alzeyer Straße etwas südlicher, Kaltluft in den Siedlungsbereich und die beiden Kaltluftströme fließen über Parkplätze nördlich der Alzeyer Straße und südlich der B 43 zusammen. Aus Süden transportiert die Darmstädter Straße Kaltluft in ein ohnehin recht gut mit Kaltluft versorgtes Gebiet, welches im Vergleich zum Gewerbegebiet auch viel weniger von intensiver Aufheizung am Tag betroffen ist. Östlich der Darmstädter Straße befindet sich eine weitere Durchlüftungsbahn. Diese verläuft über Freiflächen und den Sophie-Opel-Sportplatz nördlich des Kurt-Schumacher-Ring. Diese Freiflächen produzieren potenziell als innerstädtische Flächen (lokal begrenzt) zusätzlich nächtliche Kaltluft bzw. transportieren die Kaltluft aus dem südlichen Offenland weiter in die Innenhöfe der Bildungseinrichtungen um die Sophie-Opel-Schule. Die Adam-Opel-Straße bildet eine weitere Durchlüftungsbahn für den nächtlichen Kaltlufttransport. Diese wird über den Kurt-Schumacher-Ring und den Evreuxring weiter in die Siedlungsbereiche transportiert. Auch die Kleingartenanlage westlich der Schreiberstraße transportieren die im südlichen Offenland entstandene Kaltluft weiter in die nördliche Bebauung. Stark durchgrünte Gärten können zur lokalen nächtlichen Abkühlung beitragen und im optimalen Fall den Transport von Kaltluft im Siedlungsraum unterstützen. Dafür sind diese Kleingärten ein gutes Beispiel. Über einen Parkplatz, eine Freifläche und Sportanlagen an der Ecke der Adam-Opel-Straße und Evreuxring fließt die Kaltluft aus dem Süden mit Kaltluft zusammen, die im Ostpark entsteht. Dieser versorgt die angrenzenden Siedlungsbereiche mit nächtlicher Kaltluft insbesondere im Westen, Süden und Osten, wo sich der Stadtteil Haßloch befindet. Auch die A 60 im Südosten der Innenstadt und ihr Straßenbegleitgrün transportieren Kaltluft aus dem umliegenden Offenland und tragen zu einer guten Belüftung der Siedlungsbereiche im Süden der Innenstadt bzw. im Norden von Königstädten bei. Die im Norden an den Mainwiesen gelegenen Bereiche der Innenstadt sind größtenteils mit Kaltluft versorgt, welche jedoch außer im Nordosten um die Sportanlagen und die Kreuzung der B 519 und B 43 und umgebende Freiflächen nicht weiter in die umliegenden Gebiete transportiert wird.

In Haßloch transportiert der Hessenring Kaltluft aus dem südlichen Offenland über den Horlachgraben in das Siedlungsgebiet. An dieser Stelle befindet sich die einzige Durchlüftungsbahn, in der der Kaltluftvolumenstrom bis zu $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$ beträgt. Beinahe der gesamte südliche Teil von Haßloch ist durch einen Kaltluftvolumenstrom bis $6,25 \text{ m}^3/\text{m/s}$ geprägt. Die Oberflächentemperaturen übersteigen in dem Bereich keine $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Weitere Kaltluftleitbahnen mit ähnlichen Eigenschaften verlaufen entlang der Thüringer Straße und des Sachsenweg bzw. Wartburgweg über die Verkausstraße hinweg durch die nördlich angrenzende Zeilenbebauung bis zu den Gärten der Gebäude an der Spitzwegstraße. Nördlich bildet der Horlachgraben eine Durchlüftungsbahn für den Kaltlufttransport zwischen Ostpark und Offenland. Die Flächen im Osten nördlich der Varkausstraße und südlich des Horlachgraben bestehen beinahe ausschließlich aus Freiflächen, welche zur lokalen nächtlichen Abkühlung von Haßloch beitragen.

Wie bereits beschrieben, wird der Norden von Königstädten mit Kaltluft versorgt, welche über die A 60 und umgebendes Begleitgrün als Kaltluftleitbahn in die Siedlungsbereiche transportiert werden kann. Größtenteils beträgt der über Parkplätze, mehrere Freiflächen und Straßen in das Gewerbegebiet im Norden eindringende Kaltluftvolumenstrom hier bis zu $6,25 \text{ m}^3/\text{m/s}$. Die Freiflächen tragen teilweise nicht nur zum Transport, sondern auch zur lokalen nächtlichen Abkühlung durch Kaltluftproduktion bei. Dazu gehören unbebaute, begrünte Flächen südlich der Marie-Curie-Straße und des Alexander-Fleming-Ring auf denen der Kaltluftvolumenstrom bis $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$ beträgt – ebenso wie auf dem angrenzenden dunkelgrünen Hexagon. Dieses ist neben einem hohen Kaltluftvolumenstrom gekennzeichnet durch hohe Oberflächentemperaturen bis $40 \text{ }^\circ\text{C}$ im Gegensatz zu den umgebenden bis $30 \text{ }^\circ\text{C}$ bzw. $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Dabei handelt es sich um einen Kreisverkehr, welcher sich möglicherweise tagsüber stark aufheizt. Aus dem Gewerbegebiet wird die Kaltluft über Durchlüftungsbahnen in Form von innerstädtischen Grünflächen zwischen Georg-Walter-Straße und Johann-Philip-Mohr-Weg sowie Georg-Friedmann-Straße und Adolf-Korell-Straße in den Süden transportiert. Auch aus dem Offenland aus dem Westen, Süden und Osten dringt Kaltluft in die Siedlungsbereiche ein. Insgesamt sind die Randbereiche von Königstädten gut mit Kaltluft versorgt. Meistens dringt diese jedoch nicht weit in die Siedlungsbereiche ein. Eine besonders wichtige Rolle für die Kaltluftversorgung spielt der Beinesgraben im Osten, in dessen Umgebung an mehreren Stellen der Kaltluftvolumenstrom bis $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$ beträgt.

Der restliche Siedlungsraum verhält sich weitestgehend homogen. Der Großteil der restlichen Flächen ist geprägt durch hohe Oberflächentemperaturen bis $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Dabei beträgt der Kaltluftvolumenstrom bis $2,5 \text{ m}^3/\text{m/s}$ (mittelorangene Hexagone) bzw. bis $6,25 \text{ m}^3/\text{m/s}$ (orange-grüne Hexagone). In den Randbereichen sind die Oberflächentemperaturen zum Teil niedriger bei ebenfalls geringen Kaltluftvolumenströmen (hellorangene Hexagone). Insbesondere die orangenen Flächen haben ein vermindertes Abkühlungspotenzial, da sie kaum durch nächtliche Kaltluftabflüsse oder Flurwinde entlastet werden.

Allgemeine Planungs- und Maßnahmenhinweise

Erhalt und Verbessern der Kaltluftkorridore: Die Bereiche mit höherem Kaltluftvolumenstrom, die durch dunklere Schattierungen gekennzeichnet sind, sind für die Aufrechterhaltung der nächtlichen Luftzirkulation von entscheidender Bedeutung. Die Planung sollte sich darauf konzentrieren, diese Korridore zu erhalten und zu verbessern, um die natürliche Abkühlung von Stadtgebieten zu erleichtern. Dies könnte bedeuten, die Bebauung in diesen Zonen einzuschränken oder Gebäude und Landschaften so zu gestalten, dass der Kaltluftstrom nicht

behindert wird (bspw. Riegelbebauung orthogonal zum Kaltluftstrom vermeiden, Durch- und Überströmung sicherstellen). Durch Veränderungen der Oberflächenmaterialität (zum Beispiel bei Sanierungsmaßnahmen) kann zudem die Überwärmung der Oberflächen (bspw. mit hellen Farben) zusätzlich reduziert werden.

Abschwächen von Wärmeinseln: Gebiete mit hohen Oberflächentemperaturen, insbesondere wenn sie mit einem geringen Kaltluftvolumenstrom zusammenfallen (tieforange gefärbte Gebiete), sind Teilindikatoren für die Ausprägung von städtischen Wärmeinseln. Diese klimatischen Sanierungsgebiete können bspw. durch die Erhöhung der Vegetationsanteile (im Abgleich mit der Karte „Vegetationsanteil und GFZ“) durch die gezielte Entsiegelung oder das Aufwerten des Vegetationsbestands, die Verwendung reflektierender Baumaterialien (bspw. mit hellen Farben) und die Gestaltung von Freiflächen (bspw. über eine ausgewogene Kombination von Verschattung (Bäume) am Tag und Kaltluftproduktion (niedere Vegetation) in der Nacht), die eine bessere Luftbewegung (Durchlüftung) zulassen, klimatisch entlastet werden.

Integration von Freiflächen: Freiflächen wie Parks und Grünanlagen, insbesondere in Gebieten mit geringem Kaltluftvolumenstrom, können einen doppelten Zweck erfüllen: Sie können die Oberflächentemperaturen senken und so gestaltet werden, dass Kaltluftströme in das Stadtgefüge geleitet werden.

Bau- und Raumordnungsvorschriften: Die Karte kann als Grundlage für Bauvorschriften und Flächennutzungspläne dienen, indem sie Gebiete ausweist, in denen (aus klimatischer Sicht) von einer dichten Bebauung abgeraten werden könnte. Umgekehrt könnten Gebiete mit niedrigeren Oberflächentemperaturen und ausreichender Kaltluftströmung für eine Bebauung mit höherer Dichte besser geeignet sein.

Grüne Infrastruktur: Um die Oberflächentemperaturen zu senken, können Gründächer, Stadtbäume und vertikale Gärten gefördert werden. Diese spenden nicht nur Schatten, sondern tragen auch zur Verdunstungskühlung bei.

Wasserflächen und -elemente: Die Einbeziehung von Wasserspielen wie Springbrunnen kann zur Senkung der lokalen Temperaturen beitragen und kann in Bereiche integriert werden, die derzeit hohe Oberflächentemperaturen aufweisen.

Energieeffizienz: In Gebieten mit hohen Oberflächentemperaturen könnten gezielt Energieeffizienzprogramme durchgeführt werden, um die bspw. durch Klimaanlage erzeugte Wärme zu reduzieren.

Adaptives Gebäudedesign: In Gebieten mit hohen Oberflächentemperaturen könnten Gebäudedekonstruktionen mit natürlicher Belüftung (typischerweise zur Förderung der Nachtauskühlung), Beschattung (bspw. durch außenliegenden Sonnenschutz, optimierte Fenstergröße und -ausrichtung etc.) und Wärmedämmung gefördert werden, um den Bedarf an mechanischer Kühlung zu verringern.

Weiterführende Informationen:

- Sommerlicher Wärmeschutz aktiv und passiv – ein Leitfaden für Unternehmen, kommunale Verwaltungen und öffentliche Einrichtungen

https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2023/3975_Sommerlicher-Wrmeschutz-Broschre_neu.pdf

- Anforderung an die Berücksichtigung klimarelevanter Belange in kommunalen Planungsprozessen (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – HALNUG)

https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/klimprax/Leitfaden_klimprax.pdf

5 Vegetation und Bebauung / Versiegelung

5.1 Kurzinformationen

Urbanes Grün erfüllt eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionen, die das städtische Klima und die Lufthygiene positiv beeinflussen. Auf das Stadtklima bezogen spielt es vor allem bei Verdunstungsprozessen und der Verhinderung der Bodenversiegelung (Retentionseigenschaft) eine wichtige Rolle. Städtische Vegetation bestimmt auch die urbane Struktur und hat zahlreiche weitere (ökologische, ökonomische, strukturelle, soziale und ästhetische) Funktionen, wodurch die Identität der Stadt geprägt und die Lebensqualität der Bewohnerinnen und Bewohner beeinflusst wird.

Beispielhaft sei im öffentlichen städtischen Grün auf die Rasenflächen hingewiesen: Bei guter Wasserversorgung weisen diese an Strahlungstagen im Vergleich zu angrenzenden versiegelten Flächen wesentlich niedrigere Oberflächentemperaturen und damit niedrigere Lufttemperaturen auf. Bei schlechter Wasserversorgung heizt sich auch der Boden und das Gras darüber auf, sodass von einer Kühlwirkung nicht mehr gesprochen werden kann. Wiesen, d. h. Vegetationsflächen mit größeren Wuchshöhen, können den Boden durch die Eigenverschattung der Gräser und Kräuter vor einer zu starken Überhitzung schützen (Heidt und Neef 2008). Ihre größte thermische Wirkung besitzen Rasenflächen abends und nachts, wenn, aufgrund der isolierenden Wirkung des Grasfilzes, der Bodenwärmestrom gering und die Ausstrahlung hoch ist. Diese Rasenareale kühlen dann sehr stark ab und heben sich als innerstädtische Kaltluftflächen heraus.

Baum- und strauchbestandene innerstädtische Flächen können die oben genannten positiven klimatischen Effekte noch weiter verstärken, da sie neben ihrer Transpiration auch durch ihren Schattenwurf tagsüber für niedrigere Temperaturen sorgen. Nachts hingegen stellen sich dort höhere Temperaturen als auf einer Rasenfläche ein. Ferner bewirken Baumbestände eine Reduzierung der Windgeschwindigkeit, wodurch Aerosole und Stäube, aber auch Gase aus der vorbeiströmenden Luft ausgefiltert werden können (Hupfer und Kuttler 2015).

Dach- und Fassadenbegrünungen stellen im klimatischen Kontext zwei Sonderformen des städtischen Grüns dar. Funktionelle Dachbegrünungen stellen heute eine gute Möglichkeit dar, die Überwärmung des Gebäudes über die Dachflächen zu reduzieren. Das Lokalklima eines größeren Raums, wie bspw. eines Quartiers, kann erst durch eine Vielzahl an begrünten Dächern positiv beeinflusst werden. Zudem ermöglichen Gründächer, über die Bereitstellung zusätzlicher Retentionsflächen, die Schaffung von temporären Puffern für die Aufnahme von Regenwasser. Sie sind in der Lage, bis zu 70 % (abhängig von der Art der Begrünung) des Niederschlags aufzunehmen, zurückzuhalten und ihn zeitverzögert durch Verdunstung wieder abzugeben. Besonders bei Neuplanungen sollte auf eine ausreichende Substratdicke (ab 20 cm), nachhaltige Wasserversorgung (Zisternensystem) und eine angepasste Pflanzenauswahl (unterschiedliche Wuchshöhen) geachtet werden. Die Kombination mit Photovoltaik und Solarthermie ist ebenfalls mit entsprechenden Systemen möglich. Fassadenbegrünung hat in Deutschland, insbesondere im Bereich der Industriegebäude, eine lange Tradition. Die „natürliche“ jahreszeitliche Isolierung durch Vegetation kann zu einem ausgeglichen homogenen Energiefluss zwischen Gebäudeinnenseite und Gebäudeaußenseite beitragen und Temperaturextreme im Jahreslauf abmildern. Unterschieden wird zwischen einer bodengebundenen (die Pflanzen wurzeln im Boden und beziehen von dort Nährstoffe und Wasser) und fassadengebundenen (die Pflanzen haben keinen direkten Kontakt mehr zur Erdoberfläche und sitzen bspw.

in Pflanztaschen oder Kübeln) Begrünung, die bodengebundene Variante ist hier auf jeden Fall vorzuziehen, da sie nachhaltiger (Wasserversorgung) und pflegeleichter als die fassadengebundene Begrünung ist. Der höhere Pflegeaufwand für fassadengebundene Begrünungen resultiert daher, dass sie in einem kleinen geschlossenen Kreislauf existieren, der naturgemäß viel störanfälliger durch äußere Faktoren (z.B. Hitze, Wassermangel) ist. Der hauptsächliche Wirkeffekt der Fassadenbegrünung liegt im Bereich der Isolierung des Gebäudes selbst (der Wirkradius auf bspw. den Straßenraum ist sehr gering) und der Lufthygiene (Alternative, wenn bspw. keine Straßenbäume möglich sind), weniger in der Kühlung des umgebenden Freiraums.

5.2 Bestand, Auswirkungen und Planungshinweise

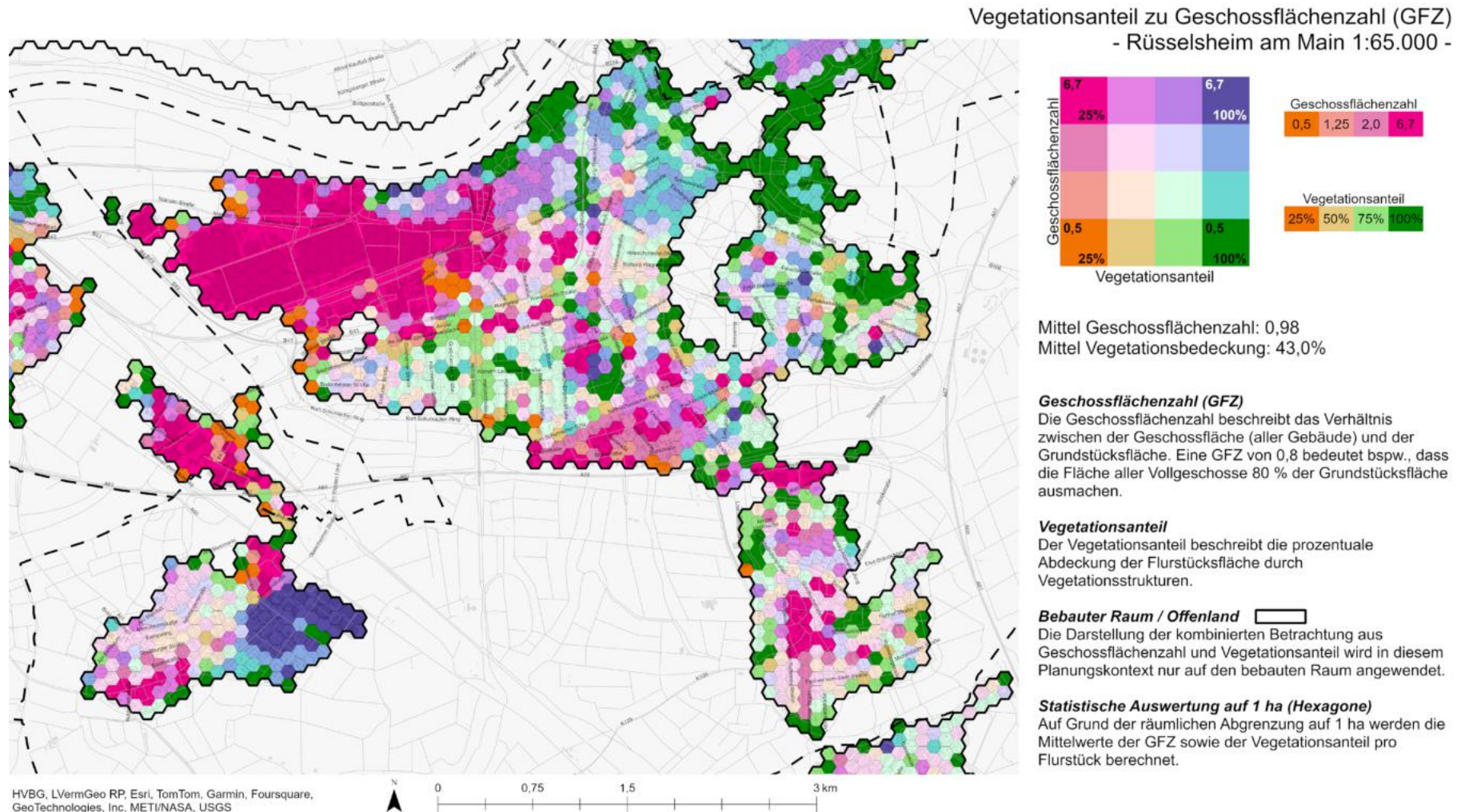


Abbildung 9: Darstellung des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Vegetationserfassung, der Baumassenvolumendichte oder der baulich-räumlichen Offenheit sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Allgemeine Beschreibung

Bei Abbildung 9 handelt es sich um eine visuelle Darstellung der Kombination des Vegetationsanteils und der Geschossflächenzahl (GFZ) mit Fokus auf den Siedlungsraum Rüsselsheim am Main im Maßstab 1:25.000. Die Hexagone stellen statistische Gebiete für die Datenerfassung / Datenanalyse dar, und sind farblich kodiert, um die Intensität der gemessenen Parameter anzuzeigen. Bei diesen Parametern handelt es sich zum einen um den berechneten Vegetationsanteil, angegeben in Prozent auf Grundlage der flächendeckenden Vegetationserfassung (bei einer räumlichen Auflösung von 20 cm), zum anderen um die Geschossflächenzahl, berechnet auf Grundlage der Gebäudehöhen bei einer statistisch angenommenen Vollgeschosshöhe von 3 m. Der planerisch-räumliche Vergleich des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl für die (Kern-)Siedlungsfläche der Stadt Rüsselsheim am Main (Abbildung 9) verdeutlicht die stadtmorphologische individuelle Charakteristik des Raums. Für die Auswertung wurden der Vegetationsanteil sowie die bestehende Geschossflächenzahl (auf Flurstücksebene) berechnet und im weiteren Prozess im Rahmen der räumlich-statistischen Auswertung dieser beiden Charakteristika auf Grundlage des einheitlichen 1 ha großen hexagonalen Grids analysiert. Dabei wurden für jede Grid-Zelle der entsprechende Mittelwert des Vegetationsanteils sowie der Geschossflächenzahl berechnet.

Interpretation der Karte

Siedlungsräume sind im Kontext ihrer Vegetationsausstattung typischerweise meist heterogen geprägt. Entsprechend werden sie von Orange (gering) bis Dunkelgrün (hoch) dargestellt. Gleichzeitig beschreibt die räumliche Überbauung in Form der Geschossflächenzahl einer Fläche, die bauliche Dichte und spiegelt (in der Regel) den damit verbundenen Siedlungs- / Entwicklungsdruck wieder. Die Geschossflächenzahl im Siedlungsraum wird als Farbverlauf von Orange (< 0,5) bis Pink (6,7) visualisiert. In der Kombination beider Aspekte lassen sich die 4 möglichen Extrema nachfolgend beschreiben.

Geringe Geschossflächenzahl / Geringer Vegetationsanteil (Farbcode Orange)

Hierbei handelt es sich typischerweise um hochversiegelte Freiräume wie Parkplätze, Lagerflächen, Verkehrsflächen oder auch Fußgängerbereiche, die allesamt nur schwach durchgrünt sind aber auch keine nennenswerte Bebauung aufweisen. Diese Räume bieten tendenziell gute stadt- und landschaftsplanerische Entwicklungspotentiale, bei Berücksichtigung einer gekoppelten intensiven Grünentwicklung.

Hohe Geschossflächenzahl / Geringer Vegetationsanteil (Farbcode Pink)

Primär dicht und intensiv bebaute Bereiche mit einem hohen Versiegelungsgrad und einer entsprechend geringen Durchgrünung. Typisch sind in diesem Kontext baulich verdichtete und schwach durchgrünte Innenstadtbereiche zu nennen. Im Kontext von bspw. Klimasanierungsgebieten stellen diese Räume potentielle Handlungs- und Aufwertungsräume dar. Neben den „typischen“ Innenstädten zählen oft auch intensive Gewerbe- und Industriegebiete zu diesem Extrem.

Geringe Geschossflächenzahl / Hoher Vegetationsanteil (Farbcode Dunkelgrün)

Bei diesen Räumen handelt es sich meist um locker bebaute Siedlungsstrukturen (mit Ein- und Zweifamilienhaus-Charakter) mit großen Gärten, oder um Gebiete mit hohem öffentlichen Grünanteil wie Park-, Freizeit- und Erholungsflächen, aber auch Kleingärtenanlagen, die in der Regel ebenfalls stark durchgrünt sind.

Hohe Geschossflächenzahl / Hoher Vegetationsanteil (Farbcode Tiefblau/Lila)

Diese Klasse der Kombination von hoher Geschossflächenzahl und einem hohen Vegetationsanteil kommt in der Regel nur sehr selten im Siedlungsraum vor, da beide Aspekte eine intensive Flächeninanspruchnahme darstellen. Dennoch können solche Räume vorkommen (wenn auch nicht in jeder Gemeinde), und stellen ein potentielles Entwicklungsziel beim Umgang mit Aspekten bzw. Überlegungen im Kontext der städtebaulichen Nachverdichtung / Entwicklung dar.

Beschreibung der Stadt Rüsselsheim am Main

Neben Rüsselsheim am Main samt Innenstadt gehören noch Haßloch im Osten, Königstädten im Süden und Bauschheim im Westen zur Stadt. Diese Siedlungsbereiche sind ebenfalls in der Karte ersichtlich und werden im Anschluss an die Hauptsiedlungsfläche von Rüsselsheim am Main beschrieben.

Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, kann auch der Hauptsiedlungsbereich von Rüsselsheim am Main bezogen auf einen planerisch-räumlichen Vergleich des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl weiter unterteilt werden. Auffällig ist ein (pink dargestellter) Bereich im Westen, der eine GFZ bis 6,7 und gleichzeitig einen sehr geringen Vegetationsanteil von überwiegend höchstens 25 % aufweist. Es handelt sich um ein Industrie- bzw. Gewerbegebiet, welches zu den typischen Ungunsträumen gezählt werden kann, da die hohen GFZ nicht durch einen hohen Vegetationsanteil ausgeglichen werden. Dazu zählt insbesondere das Gebiet nördlich der B 43 bis zur Weisenauer Straße bzw. bis zum Main und südlich der B 43 bis zu An d. Berggewann bzw. Alzeyer Straße. Ein weiteres Gewerbegebiet befindet sich südöstlich der Innenstadt umschlossen vom Kurt-Schumacher-Ring im Norden, der A 60 im Süden und der Adam-Opel-Straße im Osten. Hier sind die GFZ überwiegend geringer und belaufen sich auf zwischen höchstens 1,25 bis 2. Der Vegetationsanteil allerdings beträgt größtenteils ebenfalls nicht mehr als 25 %.

Es stechen einige orangene Potenzialflächen heraus, bspw. südlich der Stahlstraße auf Höhe der Haltestelle „Rüsselsheim Stahlstraße“. Sie weisen auf geringe Anteile an Vegetation (höchstens 25 %) und niedrige GFZ (höchstens 0,5) hin. Somit besteht die Möglichkeit der Aktivierung bzw. Schaffung eines Gunstraums, indem der Vegetationsanteil stark entwickelt wird. Ähnliches gilt für einen Bereich zwischen Silberstraße und Adam-Opel-Straße. Auch Parkflächen der Supermärkte an der Kreuzung von August-Bebel-Straße und Adam-Opel-Straße, ein Gebäudekomplex u. a. mit gesundheitsrelevanter Infrastruktur und Parkflächen zwischen Hessenring und Evreuxring, Außenbereiche des Max-Planck-Gymnasium, stellen solche Potenzialflächen für eine Nachverdichtung oder als Ausgleichsflächen dar. Auch im bereits beschriebenen Industrie- und Gewerbegebiet im Westen der Stadt gibt es einige in Orange dargestellte Hexagone mit einem hohen grün- und städtebaulichen Entwicklungspotential, da sie zur Zeit nur gering oder gar nicht bebaut sind, und gleichzeitig nur ebenfalls gering durchgrünt sind. Dazu gehören ein Supermarktparkplatz an der Kreuzung Donaustraße und Darmstädter Straße, die Parkflächen einer Autovermietung an der Kreuzung der B 43 und der Darmstädter Straße, große Parkflächen entlang des Grundweg, die Parkplätze des Opelwerkes südlich der Bahntrassen und nördlich der B 43 im Westen, Parkplätze entlang der Wormser Straße südlich der B 43, eine Tennisfläche südlich der Alzeyer Straße, Parkplätze nördlich der Haltestelle „Rüsselsheim Bereich Service“ und Brachflächen auf gleicher Höhe entlang des Rheins sowie Parkmöglichkeiten an der Auffahrt der Mainzer Straße auf die B 43.

Zwischen den beiden Gewerbegebieten im Norden und Süden und der Adam-Opel-Straße im Osten sowie dem Kurt-Schumacher-Ring im Westen befinden sich Wohnquartiere. Diese werden durch die Darmstädter Straße in zwei Bereiche geteilt. Ihre Vegetationsanteile und Geschossflächenzahlen sind jedoch ähnlich. Insbesondere im Westen, Nordosten und Südosten treten Vegetationsanteile bis 50 % bei GFZ von bis 1,25 auf. Westlich der Friedrich-Engels-Straße und östlich der Treburer Straße tritt ein stärkerer Mix aus höheren Vegetationsanteilen (bis 75 %) bei niedrigeren GFZ (häufig höchstens 0,5) auf. Nördlich der Bernhard-Adelung-Straße geht der Vegetationsanteil zurück und beträgt teilweise nur noch höchstens 25 %. Auch der Bereich um das Gesundheitszentrum Rüsselsheim südlich der August-Bebel-Straße und der Campus Rüsselsheim der Hochschule Rhein-Main nördlich davon, sticht heraus durch höhere GFZ (bis 2) und teilweise geringere Vegetationsanteile von höchstens 25 %. Einen Ausgleich dazu schafft der Spielplatz August-Bebel-Straße und die vegetationsreichen Schrebergärten entlang der Schreberstraße.

Eine weitere recht einheitliche Bebauungsstruktur befindet sich eingegrenzt durch den Rüsselsheimer Ostpark, die Adam-Opel-Straße bzw. Walter-Flex-Straße sowie den Evreuxring im Süden und Friedhof am Waldweg im Norden. Der südliche Teil dieses Bereichs von Rüsselsheim ist geprägt durch Sport- und Bildungseinrichtungen mit einem Mix aus Flächen mit hohem Vegetationsanteil (bis zu 75 %) und geringer GFZ (höchstens 0,5) und Flächen mit hoher GFZ (bis 2) und geringem Vegetationsanteil (bis 25 %). Nördlich davon beginnen die Wohngebiete mit GFZ von größtenteils 1,25 und Vegetationsanteilen von höchstens 50 %. Ausnahmen bieten Gebäudekomplexe nördlich der Teufelseestraße mit einem Vegetationsanteil bis 75 %. Ab der Friedhofstraße ändert sich die Zusammensetzung aus Vegetationsanteil und Geschossflächenzahl nochmal, da sich der Vegetationsanteil auf bis zu 75 % erhöht. Der Friedhof am Wald weist einen Vegetationsanteil bis 100 % bei einer GFZ von höchstens 0,5 auf. Der hohe Vegetationsanteil zieht sich weiter durch die Siedlung östlich des Beinesgraben und Horlachgraben.

Auch in anderen Bereichen sind grüne Hotspots zu finden. In den Wohnbereichen nördlich der Stettiner Straße sind ebenfalls hohe Vegetationsanteile vorhanden. Einen grünen Hotspot mit einem Vegetationsanteil bis 100 % bildet der Spielplatz Berliner Viertel. Im Norden sind Parkanlagen und Sportflächen entlang des Mains zu finden, welche eine GFZ bis 0,5 und Vegetationsanteile zwischen bis zu 75 % und bis zu 100 % anzeigen.

Die meisten Wohngebiete sind, wie das beispielhaft beschriebene Quartier, eingegrenzt durch den Rüsselsheimer Ostpark, die Adam-Opel-Straße bzw. Walter-Flex-Straße sowie den Evreuxring im Süden und Friedhof am Waldweg im Norden, geprägt durch GFZ bis 0,5 bzw. bis 1,25. Infrastruktur der öffentlichen Versorgung, wie bspw. die Bildungskomplexe entlang der B 519, oder sehr hohe Wohngebäude wie an der Adam-Opel-Straße, weisen sogar GFZ bis 2 auf. Die Vegetationsanteile belaufen sich überwiegend auf bis 50 %. Nördlich der Bahngleise gibt es einige Orte, an denen der Anteil an Vegetation bis zu 75 % beträgt und südlich einige Stellen mit geringerem Anteil bis 25 %. Auch südlich des Hessenring dominieren Vegetationsanteile bis 75 %.

Direkt südlich der A 60 beginnt Königstädten, ein weiterer Stadtteil von Rüsselsheim am Main, und zwar mit einem Gewerbegebiet. Die GFZ variieren zwischen 1,25 bis zu höchstens 6,7. Diese Bereiche können zu den typischen Ungunsträumen gezählt werden, da die hohen GFZ nicht durch einen hohen Vegetationsanteil ausgeglichen werden. Der angrenzende Grünstreifen bildet den Übergang zu einer Wohnsiedlung. Das angrenzende Wohnviertel ist durchzogen

von einer typischen Struktur aus GFZ um die 1,25 und einem Vegetationsanteil von höchstens 50 %. Sie zieht sich mit einigen Ausnahmen durch ganz Königstädten. In den Randbereichen kommen häufig GFZ von höchstens 0,5 und Vegetationsanteile zwischen bis 50 % und 100 % vor. Das kann an der unmittelbaren Nähe zu landwirtschaftlich betriebenen Flächen und Wäldern liegen. Ähnlich steht es um den Friedhof Königstädten, den Beinesgraben, den alten Waldsee und den Spielplatz im Süden von Königstädten an den Parcours im Wald und die Spielplätze „am Wald“ und „Waldgartenstraße“ und „Spielplatz der katholischen Kirche“. Zentral befindet sich ein innerstädtischer Bereich, der teilweise von einem geringeren Vegetationsanteil bis 25 % geprägt ist.

Sehr ähnlich geprägt bezogen auf das Verhältnis des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl ist Bauschheim. Das im Nordosten befindliche Gewerbegebiet ist größtenteils geprägt durch eine Geschossflächenzahl bis 2. Dabei ist der Vegetationsanteil sehr gering und beträgt höchstens 25 %. Auch diese Bereiche zählen also zu den Ungunsträumen. Der Großteil der Siedlungsfläche von Bauschheim ist geprägt durch GFZ bis 1,25 und einen Vegetationsanteil von höchstens 50 %. Einen höheren Vegetationsanteil zwischen bis zu 75 % weisen insbesondere die Grünflächen des Friedhofs, der Spielplätze „Brüsseler Straße“, an der Otto-Hahn-Schule, am Chattenring und Am Weinfass sowie die Sporthalle am Weinfass auf. Die an den Sportplatz und den Waldsee angrenzenden Flächen sind von Anteilen an Vegetation bis 100 % geprägt. Die Randbereiche sind häufig ebenfalls stärker begrünt bzw. weniger dicht bebaut. Im Innenstadtbereich insb. entlang der Rotensteinstraße, der Brunnenstraße und der südlichen Badener Straße sowie im Bereich der Kirche St. Michael übersteigen die Vegetationsanteile im Siedlungsbereich nicht die 25 %.

Die Vegetationsanteile in Haßloch sind insgesamt etwas höher als in Buschheim oder Königstädten. Das Wohnviertel südlich der B 486 bzw. Varkausstraße ist durchzogen von GFZ nicht höher als 1,25 und Vegetationsanteilen bis 50 % - also ähnlich wie in den meisten Bebauungsstrukturen in Buschheim und Königstädten. Ausnahmen bilden die Bereiche um die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Süden entlang des Horlachgraben, den dort angelegten Spielplatz und Bewegungsparcours Horlachgraben, das Umfeld der Borngrabenschule, die Kleingartenanlage an der Straße „Im Apfelgarten“ und Bereiche entlang des Hessenring. Die Vegetationsanteile belaufen sich hier auf bis zu 75 %. Die Kindertagesstätte Sachsenweg, der Ostpark und angrenzende Bereiche, welche zum Schulkomplex gehören, weisen ebenso Vegetationsanteile bis 75 % auf. Dasselbe trifft auf die Siedlung um die Kleingärten und den Friedhof Am Alten Raunheimer Weg zu. Anders sieht es um den Bereich um die Tankstelle an der Kreuzung Hessenring/Varkausstraße aus. Hier ist der Vegetationsanteil mit höchstens 25 % geringer. Eine Ausnahme im vergleichsweise durchgrüntem Haßloch stellt außerdem die westliche Feuerbachstraße dar. Dort befinden sich Gesundheitsversorgungs- und Einkaufsmöglichkeiten, welche in Gebäudekomplexen mit GFZ bis 1,25 und einem Vegetationsanteil von nicht mehr als 25 % untergebracht sind.

Allgemeine Planungs- und Maßnahmenhinweise

Integration grüner Infrastruktur: In Gebieten mit hoher GFZ, insbesondere dort, wo es an Vegetation mangelt und Verbindungen zu vegetationsdominierten Räumen ersichtlich werden, sollten Elemente der grünen Infrastruktur integriert werden. Dazu gehören begrünte Dächer, Stadtbäume, Parklets und Grünfassaden, um die Dichte der Bebauung zu kompensieren.

Dabei können insbesondere „wenig / gering“ klimaaktive Elemente wie Fassadenbegrünung / Grüne Wände in der subjektiven Wahrnehmung eine wichtige Rolle spielen.

Klimaanpassungsmaßnahmen: Die Karte kann in Klimaanpassungsstrategien einfließen, indem sie Gebiete identifiziert, in denen eine stärkere Vegetation die größten Auswirkungen auf das städtische Mikroklima haben kann, insbesondere in dicht bebauten Gebieten.

Strategische Planung für Wachstum: In Gebieten, in denen sowohl die GFZ als auch die Vegetationsbedeckung gering sind, besteht die Möglichkeit einer strategischen Entwicklung, die Pläne für eine stärkere Vegetation beinhaltet. Diese Gebiete könnten in einer Weise entwickelt werden, die eine nachhaltige Stadterweiterung unterstützt.

Minderung der städtischen Wärmeinsel: In Gebieten mit hoher GFZ und geringer Vegetationsbedeckung würden die Planungsempfehlungen Initiativen zur Verringerung der Auswirkungen der städtischen Wärmeinsel umfassen, wie z. B. die Schaffung schattiger Wege, die Erhöhung der Albedo-Oberflächen und die Verwendung von Materialien, die eine geringere Wärmeabsorptionsfähigkeit aufweisen.

Nachhaltige Regenwassermanagementsysteme: Zur Bewältigung von Regenwasser in Gebieten mit hoher GFZ können nachhaltige Entwässerungssysteme (SuDS) geplant werden, die Vegetation einbeziehen, um den Oberflächenabfluss zu reduzieren und die Wasserqualität zu verbessern.

Soziale Räume und Vernetzung: Die Planung sollte auch darauf abzielen, soziale Räume zu schaffen, die die Verbindung zwischen Gebieten mit hoher Vegetation und Wohn- oder Gewerbegebieten verbessern, um die Interaktion in der Gemeinschaft und die Zugänglichkeit zu Grünflächen zu fördern.

Gebiete mit geringer Vegetationsbedeckung: Die in wärmeren Farben (insbesondere Orange bis Pink) dargestellten Gebiete mit geringer Vegetationsbedeckung, aber unterschiedlicher GFZ, sollten gezielt für Initiativen zur Stadtbegrünung genutzt werden. Die Einführung von mehr Grünflächen in diesen Gebieten kann dazu beitragen, die Auswirkungen der Verdichtung abzumildern.

Gebiete mit hoher Vegetationsbedeckung: Sechsecke mit hoher Vegetationsbedeckung (erkennbar an den kühleren Farben, insbesondere Grün) deuten auf Gebiete hin, die potenziell gut für die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die Verringerung der städtischen Wärmeinseleffekte und die Bereitstellung von Erholungsräumen geeignet sind. Diese Gebiete könnten in städtischen Plänen vorrangig erhalten oder aufgewertet werden.

Weiterführende Informationen:

- Online-Tool: stadtgrün im Klimawandel (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – HALNUG)

<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/online-tool>

5.3 Entwicklungsplanung

Seitens der Gemeinde wurden keine perspektivischen baulichen Entwicklungsplanungen oder Flächennutzungsänderungen zur Einbeziehung in die Analysen benannt.

6 Anhang

- Blättner, B., Grewe, H.A., Janson, D., Holt, V., Nickl, J., Hannemann, L., 2023. Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Kommunen. Public Health Zentrum Fulda.
- Bormann, H. (2011): Sensitivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at German climate stations. In: *Climatic Change* 104 (3-4), S. 729–753. DOI: 10.1007/s10584-010-9869-7.
- Danish Wind Industry Association, 2003. The Wind Rose [Internetdokument]. Danish Wind Industry Association. URL <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/wind-power%20web/en/tour/wres/rose.htm#:~:text=A%20wind%20rose%20gives%20you,the%20outermost%20circle%20in%20the> (zuletzt besucht am 06.07.2023).
- Deutscher Wetterdienst (DWD o.J. a): Bioklimakarte Deutschland [Internetdokument]. URL <https://www.dwd.de/DE/leistungen/bioklimakarte/bioklimakarte.html> (zuletzt besucht am 05.09.23).
- Deutscher Wetterdienst (DWD o.J. b): Von der Messung der Lufttemperatur, Online-Quelle URL: https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2020/9/14.html (zuletzt besucht am 11.08.2023)
- Deutscher Wetterdienst (DWD o.J. c): Starkregen [Internetdokument]. URL <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html> (zuletzt besucht am 16.11.23)
- Deutscher Wetterdienst (DWD o.J. d): Bioklimatische Gutachten [Internetdokument]. URL <https://www.dwd.de/DE/leistungen/gutachtenbioklima/leistungssteckbriefbioklima.html> (zuletzt besucht am 05.09.23).
- Deutscher Wetterdienst (DWD o.J. e): Windrichtung [Internetdokument]. URL <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functionen/glossar.html?lv3=103182&lv2=102936> (zuletzt besucht am 16.11.23).
- European Environment Agency, 2021. Wind - mean wind speed [Internetdokument]. European Environment Agency. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/wind/wind-mean-wind-speed> (zuletzt besucht am 06.07.23).
- Gräff, H.-J., Salzer, J., Loem, O., Michali, S., Haupter, B., Peters, L., Pennekamp, S., 2018. Integriertes Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept für die Kreisstadt Siegburg - Endbericht.
- Global Wind Atlas, o. J. Datasets [Internetdokument]. URL <https://globalwindatlas.info/en/about/dataset> (zuletzt besucht am 22.02.2024).
- Heidt, V., Neef, M. 2008: Benefits of Urban Green Space for Improving Urban Climate. In: Carreiro, M.M., Song, YC., Wu, J. (eds) Ecology, Planning, and Management of Urban Forests. Springer, New York, NY.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, 2005. Das Hessische Ried - zwischen Vernässung und Trockenheit: eine komplexe wasserwirtschaftliche Problematik.

- Hessisches Statistisches Landesamt, 2023. Die Bevölkerung in Hessen am 31.12.2022 nach Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit (bis zur Gemeindeebene).
- Hupfer P. und Kuttler W. (Hrsg.) (2015): Witterung und Klima, 11. Auflage, Vieweg und Teubner Verlag
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023): Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaspar, F.; Müller-Westermeier, G.; Penda, E.; Mächel, H.; Zimmermann, K.; Kaiser-Weiss, A.; Deutschländer, T. (2013): Monitoring of climate change in Germany – data, products and services of Germany's National Climate Data Centre. In: Adv. Sci. Res. 10 (1), S. 99–106. DOI: 10.5194/asr-10-99-2013.
- Katzschner, L., Kupski, S., 2019. Bedeutung der Kaltluft und Ventilation in Städten, in: Warnsignal Klima: Die Städte. S. 48–52.
- Kazmierczak, A., 2022. Auswirkungen klimabedingter Gefahren auf Gesundheit und Wohlbefinden vulnerabler Gruppen in Europa. <https://doi.org/10.25646/10394> (zuletzt besucht am 16.11.23)
- Lohr, B., Bernard, S., Diefenbach, P., 2020. Sozialdatenmonitor 2020 - Teil 1 - Bevölkerung. Kreis Groß-Gerau.
- Meynen, E., Schmithüsen, J. (Eds.), 1962. Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands: unter Mitwirkung des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde.
- Neil N. Davis, Jake Badger, Andrea N. Hahmann, Brian O. Hansen, Niels G. Mortensen, Mark Kelly, Xiaoli G. Larsén, Bjarke T. Olsen, Rogier Floors, Gil Lizcano, Pau Casso, Oriol Lacave, Albert Bosch, Ides Bauwens, Oliver James Knight, Albertine Potter van Loon, Rachel Fox, Tigran Parvanyan, Søren Bo Krohn Hansen, Duncan Heathfield, Marko Onninen, Ray Drummond, 2023. The Global Wind Atlas: A high-resolution dataset of climatologies and associated web-based application. Bulletin of the American Meteorological Society E1507–E1525.
- Richter, Gert, 1991. Deutschland - Porträt einer Nation. Bd. 8: Bayern, Baden-Württemberg, Saarland, 3. Auflage Bertelsmann-Lexikothek-Verlag, Gütersloh.
- Schoierer, J., Lehmann, H., 2023. Klimawandel - Hitze - Kindergesundheit. Pflegezeitschrift 76, S. 22–25.
- Sedlmeier, K., Tinz, B., 2023. Wind in der Stadt. promet 106, S. 39–49. https://doi.org/0.5676/DWD_pub/promet_106_04 (zuletzt besucht am 16.11.23).
- Ssymank, A., 1994. Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU. Natur und Landschaft 69, S. 395–406.
- Topographic Map, 2023. Topographic Map [Internetdokument]. URL <https://de-de.topographic-map.com/> (zuletzt besucht am 16.11.23).
- Vallis, G.K. (2006): Atmospheric and oceanic fluid dynamics: fundamentals and large-scale circulation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wöhl, C, Blättner, B., Reisacher, D., et al., 2020. Hitzeextreme in der Stadt. Prävention und Gesundheitsförderung 15, S. 102–106.

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Darstellung der „Klimatischen Gliederung Deutschlands“ nach ausgewerteten Rasterdaten des DWD (o.J.). Die Gemeindegrenzen des Kreises Groß-Gerau sind eingezeichnet und liegen überwiegend im submaritimen sowie partiell im subkontinentalen Bereich..... | 6 |
| Abbildung 2: Einstufung des DWD (Auszug aus der Bioklimakarte) hinsichtlich der thermischen Beanspruchung der Bevölkerung, unterteilt in Wärmebelastung und Kältereiz. Der Kreis Groß-Gerau liegt in einer Region, in der die Wärmebelastung deutlich dominiert und „häufig“ auftritt, Kältereize eher „selten“ bis „gelegentlich“. Zum Vergleich wurden zusätzlich andere deutsche Großstädte in dem Diagramm ergänzt..... | 6 |
| Abbildung 3: Screenshot der aktuell verfügbaren DWD-Messtationen des DWD für die stündliche Messung der Lufttemperatur..... | 7 |
| Abbildung 4: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden..... | 10 |
| Abbildung 5: Diagramm mittlere Windgeschwindigkeit pro Jahr dargestellt auf der administrativen Fläche von Rüsselsheim am Main (links) und des Landkreises Groß-Gerau (rechts oben) in 10 m Höhe über Grund | 19 |
| Abbildung 6: Windrose zur mittleren Anströmungsrichtung pro Jahr in 100 m Höhe über Grund für Rüsselsheim am Main | 20 |
| Abbildung 7: Streudiagramm durchschnittliche Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Rüsselsheim am Main mit $v = 5,4$ m/s in 100 m Höhe über Grund | 20 |
| Abbildung 8: Darstellung des Kaltluftvolumenstroms und der Oberflächentemperatur für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Kaltluftentstehung und -transport sowie der Oberflächentemperatur sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden. | 22 |
| Abbildung 9: Darstellung des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Vegetationserfassung, der Baumassenvolumendichte oder der baulich-räumlichen Offenheit sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden..... | 31 |
| | |
| Tabelle 1: Übersicht Rüsselsheim am Main - die Tabelle beinhaltet die temperaturbezogenen klimatischen Entwicklungen für einen Zeitraum von 200 Jahren von 1901 bis 2100. Hierdurch entsteht ein umfassendes Bild, sowohl der historisch gemessenen Veränderungen des Klimas als auch der – auf historischen Werten aufbauenden - Klimaprojektionen..... | 8 |
| Tabelle 2: Auswertung unterschiedlicher niederschlagsbezogener Parameter für historische und projizierte Klimadaten im langjährigen Mittel..... | 15 |