



Stadtklimaanalyse (SKA)  
für den Kreis Groß-Gerau

Steckbriefe der Kommunen

- Gemeinde **Trebur** -

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](mailto: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](mailto:info@lp-kassel.de) | [www.lp-kassel.de](http://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.

Tiefgehende 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 Trebur. Hierzu zählen die Ortsteile Trebur, Astheim, Geinsheim, Hessenaue sowie den Wohnplatz Kornsand.**

Dabei wird die räumliche Betrachtungsebene durch die VG250<sup>1</sup> bestimmt. Einzelne Stadtteile, Flure oder Gemarkungen werden hierbei nicht einzeln beschrieben. Es ist jedoch festzuhalten, dass die räumliche Auflösung aller Kartenwerke sowie die bereitgestellten Geodaten eine dezidierte Betrachtung einzelner Detailräume ermöglichen.

<sup>1</sup> Verwaltungsgrenzen 1.250.000 (<https://www.bkg.bund.de/DE/Home/home.html>)

# 1 Allgemeine Informationen zur Gemeinde

## 1.1 allgemeine Zahlen

*Einwohnende:* Die 13.196 im Jahr 2022 in Trebur erhobenen Einwohnenden machen rund 4,7 % der Bevölkerung des Landkreises aus (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. Auffällig ist, dass der Anteil jüngerer Menschen geringer und der Anteil älterer Menschen höher ist als durchschnittlich im Landkreis Groß-Gerau (Hessisches Statistisches Landesamt 2023). Mit 4,3 % gibt es beinahe 1 % weniger Kinder unter 5 Jahren als im Durchschnitt (Hessisches Statistisches Landesamt 2023). Der Anteil der Über-60-Jährigen beträgt 29,9 % und somit 3,7 % mehr als durchschnittlich im Landkreis (Hessisches Statistisches Landesamt 2023).

## 1.2 Abgrenzungen der Gemeinde

*Abgrenzung:* Bezogen auf die Fläche gehört Trebur zu den größeren Städten und Gemeinden im Landkreis Groß-Gerau. Die 50,1 km<sup>2</sup> der Gemeinde machen rund 11,1 % der Gesamtfläche des Landkreises aus. Die Gemeinde Trebur setzt sich aus den Ortsteilen Trebur, Astheim, Ginsheim, Hessenaue und dem Wohnplatz Kornsand zusammen, befindet sich im Westen des Landkreises und grenzt westlich bis südwestlich an den Rhein, auf dessen anderer Uferseite sich das Bundesland Rheinland-Pfalz erstreckt. Von Südosten bis Nordwesten befinden sich die ebenfalls zum Landkreis Groß-Gerau gehörenden Städte und Gemeinden Riedstadt, Groß-Gerau, Nauheim, Rüsselsheim am Main sowie Ginsheim-Gustavsburg (vgl. Lohr et al. 2020).

*Flächennutzung:* Mehr als 70 % und somit auch mit den anderen Städten und Gemeinden des Landkreises im Vergleich großen Anteil der Gesamtfläche der Gemeinde, nimmt die Landwirtschaft ein. Rund 9 % der Gemeindefläche nehmen Wasserflächen und 4 % Waldflächen ein. Ebenfalls 4 % betragen Wohngebäudeflächen. Der geringe Anteil an Wohnfläche spiegelt sich auch darin wider, dass für die vergleichsweise große Fläche der Gemeinde relativ wenig Einwohnende in Trebur erhoben wurden.

## 1.3 Naturraum

*Naturräumliche Einordnung:* Trebur liegt laut der Gliederung der naturräumlichen Großregionen nach Meynen und Schmithüsen (1962) im Oberrheinischen Tiefland und konkret im Bereich des Nördlichen Oberrheintieflandes. Angrenzend befindet sich das ebenfalls der Naturräumlichen Großregion „Oberrheinisches Tiefland“ nach Meynen und Schmithüsen (1962) zugeordnete Rhein-Main-Tiefland. 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 Gemeindegebiet der Großregion „Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main-Tiefland“ zu.

**Abgrenzung Naturraum:** Trebur befindet sich in der Großlandschaft Südwestdeutsches Mittelgebirgs- / Stufenland. Innerhalb dieser Großlandschaft liegt die Gemeinde im Bereich dreier Landschaften. Im Norden des Gemeindegebietes liegt die Landschaft „Untermainebene“. Ihr Landschaftstyp wird als „Andere waldreiche Landschaft“ und ihre Landschaftsbewertung als „Schutzwürdige Landschaft mit Defiziten“ beschrieben. Der westliche, am Rhein liegende Teil wird als Landschaft mit der Bezeichnung „Nördliche Oberrheinniederung“ beschrieben, wobei der Landschaftstyp zu „Gewässerlandschaft (gewässerreiche Kulturlandschaft)“ zugeordnet und die Landschaftsbewertung als „Schutzwürdige Landschaft“ eingeordnet wird. Im südöstlichen Teil der Gemeinde ist die Landschaft „Neckarried, Seeheimer Rinne und Einhäuser Rinne“ anzutreffen. Ihr Landschaftstyp wird als „Ackergeprägte, offene Kulturlandschaft“ und ihre Landschaftsbewertung als „Landschaft geringer naturschutzfachlicher Bedeutung“ beschrieben.

**Naturräumliche Besonderheiten:** Die Gemeinde befindet sich außerdem im Hessischen Ried. Die Region ist historisch größtenteils von Sümpfen geprägt. Inzwischen wurden vielerorts die Flussläufe bspw. des Rheins reguliert. Zunehmende Trockenheit und regelmäßige Überschwemmungen prägen die Region (vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt 2005).

## 1.4 Topographie

Wie bereits der naturräumlichen Einordnung zu entnehmen ist, befindet sich Trebur als Teil des Oberrheinischen Tieflandes in einer Talregion. Die durchschnittliche Höhe der Gemeinde beträgt 85 m, die minimale Höhe 79 m und die maximale Höhe 101 m. Somit gehört Trebur zu den Gemeinden und Städten im Landkreis mit dem größten Höhenunterschied. Die Höhenangaben stammen aus den Geodaten des Landes Hessen (HVBG o.J.).

## 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 Trebur herrscht, wie im überwiegenden Teil des Landkreises, ein submaritimes 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, welches lokal in nördlichen Bereich des Landkreises vorkommt. Wie ein Großteil der Städte und Gemeinden im Landkreis Groß-Gerau liegt Trebur in einem niederschlagsbenachteiligten Bereich, hat also eine Jahresniederschlagssumme von < 600 mm.

Das **Kelvin (K)** gehört zu den sieben Basiseinheiten (SI-Einheit), und wird verwendet, um die (thermodynamische) Temperatur und Temperaturdifferenzen zu beschreiben. Der Zahlenwert einer Temperaturdifferenz ist in den beiden Temperatureinheiten Kelvin und Grad Celsius gleich. 0 K stellt den absoluten Temperaturnullpunkt dar, weshalb die Kelvin-Skala gegenüber der Celsius-Skala um -273,15 K verschoben ist.

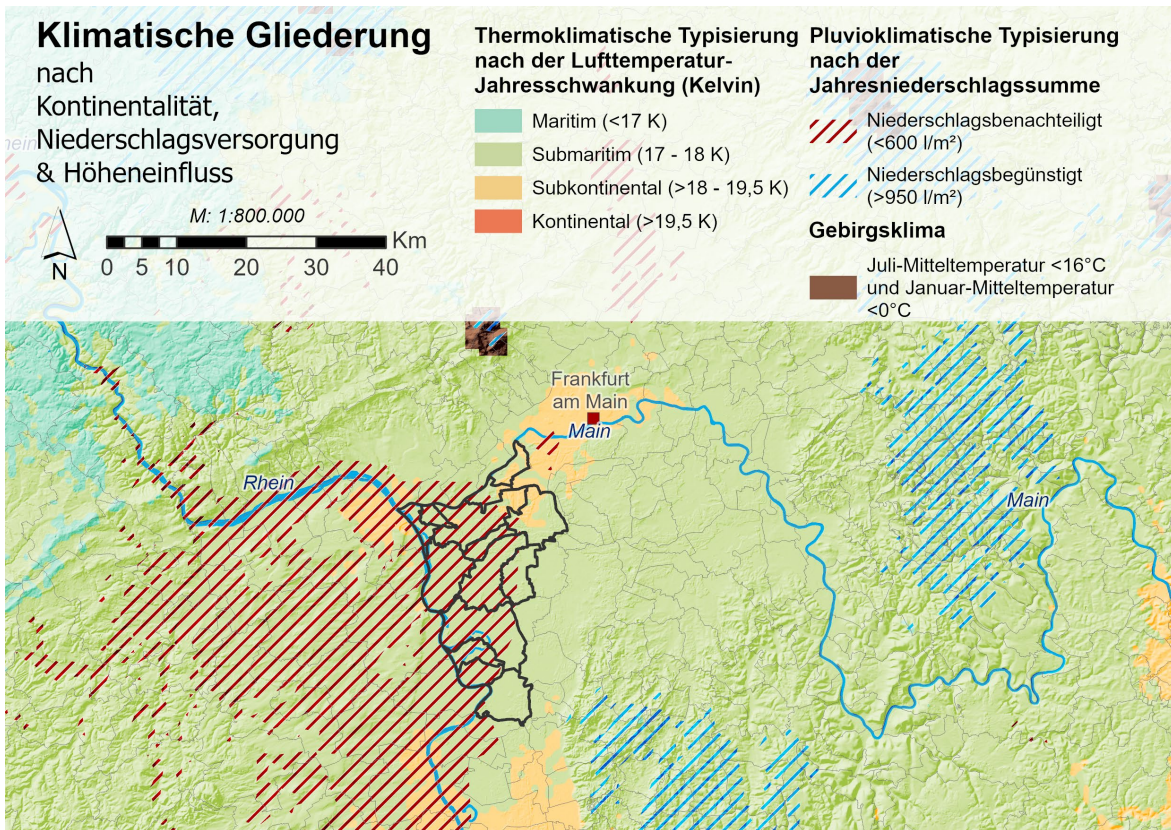


Abbildung 1: Darstellung der „Klimatischen Gliederung Deutschlands“ nach ausgewerteten Rasterdaten des DWD (o.J.). Die Gemeindegrenzen des Kreises Groß-Gerau sind eingezeichnet und liegen überwiegend im submaritimen sowie partiell im subkontinentalen Bereich.

**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. Trebur liegt größtenteils in einem Bereich, in dem eine Wärmebelastung häufig und Kältereize selten auftreten. An der nordwestlichen und östlichen Grenze schließen sich Bereiche an, in denen Wärmebelastungen ebenfalls häufig, Kältereize jedoch gelegentlich anstatt selten auftreten.

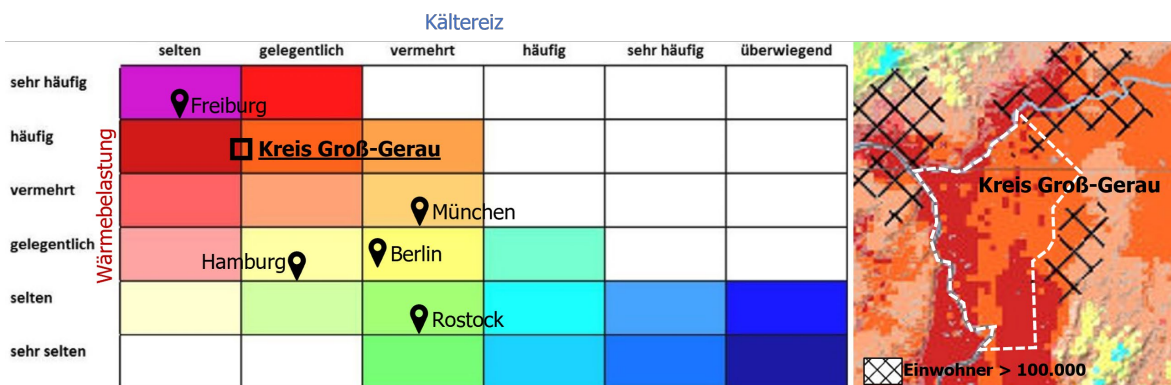


Abbildung 2: Einstufung des DWD (Auszug aus der Bioklimakarte) hinsichtlich der thermischen Beanspruchung der Bevölkerung, unterteilt in Wärmebelastung und Kältereiz. Der Kreis Groß-Gerau liegt in einer Region, in der die Wärmebelastung deutlich dominiert und „häufig“ auftritt, Kältereize eher „selten“ 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.

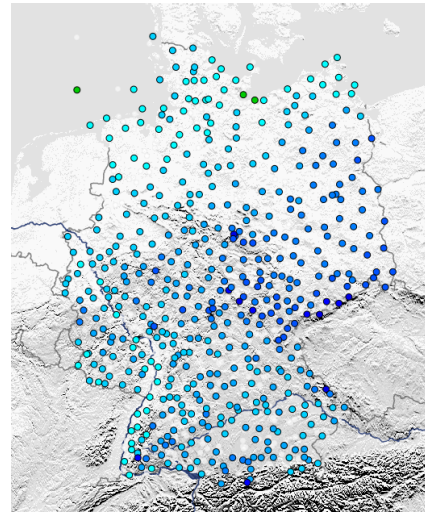


Abbildung 3: Screenshot der aktuell verfügbaren DWD-Messtationen des DWD für die stündliche Messung der Lufttemperatur

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 Trebur - 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.

Trebur	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	<b>10,0 °C</b>	<b>10,4 °C</b>	<b>11,1 °C</b>	Zunahme <b>+1,2 °C</b>	9,2 °C	<b>11,4 °C</b> +1,1 °C zu 1971-2000	<b>12,3 °C</b> +1,0 °C zu 1971-2000	<b>11,4 °C</b> +1,1 °C zu 1971-2000	<b>14,0 °C</b> +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)	<b>18,0 °C</b>	<b>18,7 °C</b>	<b>19,6 °C</b>	Zunahme <b>+1,6 °C</b>	17,6 °C	<b>19,7 °C</b> +1,1 °C zu 1971-2000	<b>20,7 °C</b> +2,0 °C zu 1971-2000	<b>19,6 °C</b> +0,9 °C zu 1971-2000	<b>21,8 °C</b> +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	8,4 °C	8,5 °C	Zunahme +0,5 °C	8,3 °C	8,3 °C	8,5 °C	8,1 °C	7,8 °C	7,8 °C	7,2 °C
Ø Tage/Jahr	50 Jahre										
Anzahl Sommertage (T <sub>MAX</sub> ≥ 25 °C)	-	<b>50</b>	<b>61</b>	Zunahme <b>+11</b>	41	<b>62</b> +12 zu 1971-2000	<b>75</b> +25 zu 1971-2000	<b>62</b> +12 zu 1971-2000	<b>102</b> +52 zu 1971-2000	41 +10 zu 1971-2000	78 +46 zu 1971-2000
Anzahl Heiße Tage (T <sub>MAX</sub> ≥ 30 °C)	-	<b>12</b>	<b>17</b>	Zunahme <b>+5</b>	9	<b>19</b> +7 zu 1971-2000	<b>26</b> +14 zu 1971-2000	<b>20</b> +8 zu 1971-2000	<b>47</b> +35 zu 1971-2000	10 +5 zu 1971-2000	30 +24 zu 1971-2000
Anzahl Tropennächte (T <sub>MIN</sub> ≥ 20 °C)	-	-	-	-	-	- +2 zu 1971-2000	- +6 zu 1971-2000	- +11 zu 1971-2000	- +24 zu 1971-2000	- +2 zu 1971-2000	- +11 zu 1971-2000
Anzahl Frosttage (T <sub>MIN</sub> < 0 °C)	-	<b>57</b>	<b>55</b>	Abnahme <b>-2</b>	84	<b>41</b> -16 zu 1971-2000	<b>34</b> -23 zu 1971-2000	<b>43</b> -14 zu 1971-2000	<b>17</b> -40 zu 1971-2000	68 -17 zu 1971-2000	36 -49 zu 1971-2000
Anzahl Eistage (T <sub>MAX</sub> < 0 °C)	-	<b>10</b>	<b>8</b>	Abnahme <b>-2</b>	20	<b>4</b> -6 zu 1971-2000	<b>3</b> -7 zu 1971-2000	<b>3</b> -7 zu 1971-2000	<b>0</b> -10 zu 1971-2000	13 -9 zu 1971-2000	6 -16 zu 1971-2000

Für Trebur (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 +1,6 °C überproportional im Jahresdurchschnitt an, was durch die wachsende Differenz erkennbar wird.

Der Vergleich mit den deutschlandweiten Durchschnittswerten charakterisiert Trebur 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 Trebur 102 Sommertage (+52 Tage) und 47 Heiße Tage (+35 Tage) pro Jahr projiziert.

Die Zunahme der Tropennächte bis zum Jahr 2100 für Trebur liegt mit +24 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

Städtische Wärmeinsel (nächtliche bodennahe Lufttemperatur)  
- Trebur 01 1:17.000 -



- 17,3 °C - 18,0 °C
- 18,1 °C - 19,0 °C
- 19,1 °C - 20,0 °C
- 20,1 °C - 21,0 °C
- 21,1 °C - 22,0 °C
- 22,1 °C - 23,0 °C
- 23,1 °C - 24,0 °C
- 24,1 °C - 25,0 °C

Mittel der bodennahen Lufttemperatur: 21,30°C im bebauten Raum

**Städtische Wärmeinsel (°C)**

Die nächtliche bodennahe Lufttemperatur beschreibt, wie sich der bebaute Raum gegenüber dem Freiraum thermisch verhält. Die im Verlauf eines heißen Tages (gebildet für Tage mit einer Lufttemperatur  $\geq 30$  °C aus dem Mittel der letzten 30 Jahren) wurde das regionaltypische Mittel des Maximums am Tag (32,5 °C Max) sowie dem dazugehörigen Mittel des Minimums in der Nacht (17,1 °C Min) gebildet. Die relativ geringe nächtliche Abkühlung spiegelt den klimatischen Charakter der südwesthessischen-Rhein-Region wieder. Dadurch steigt das Risiko zum Auftreten von Tropennächten in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C sinkt, was bei vermehrten / dauerhaften Auftreten zu einer zusätzlichen gesundheitlichen Belastungssituation während der eigentlichen menschlichen Regenerationsphase führen kann.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Darstellung der bodennahen Lufttemperatur wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet, um die Fokussierung auf den potentiell überwärmten Siedlungsraum zu erleichtern.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Die absoluten Zahlen der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet. Ergänzend wird für jede Kommune der statistische Mittelwert der Lufttemperatur aus allen Siedlungsflächen gebildet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,

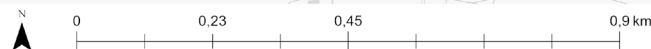
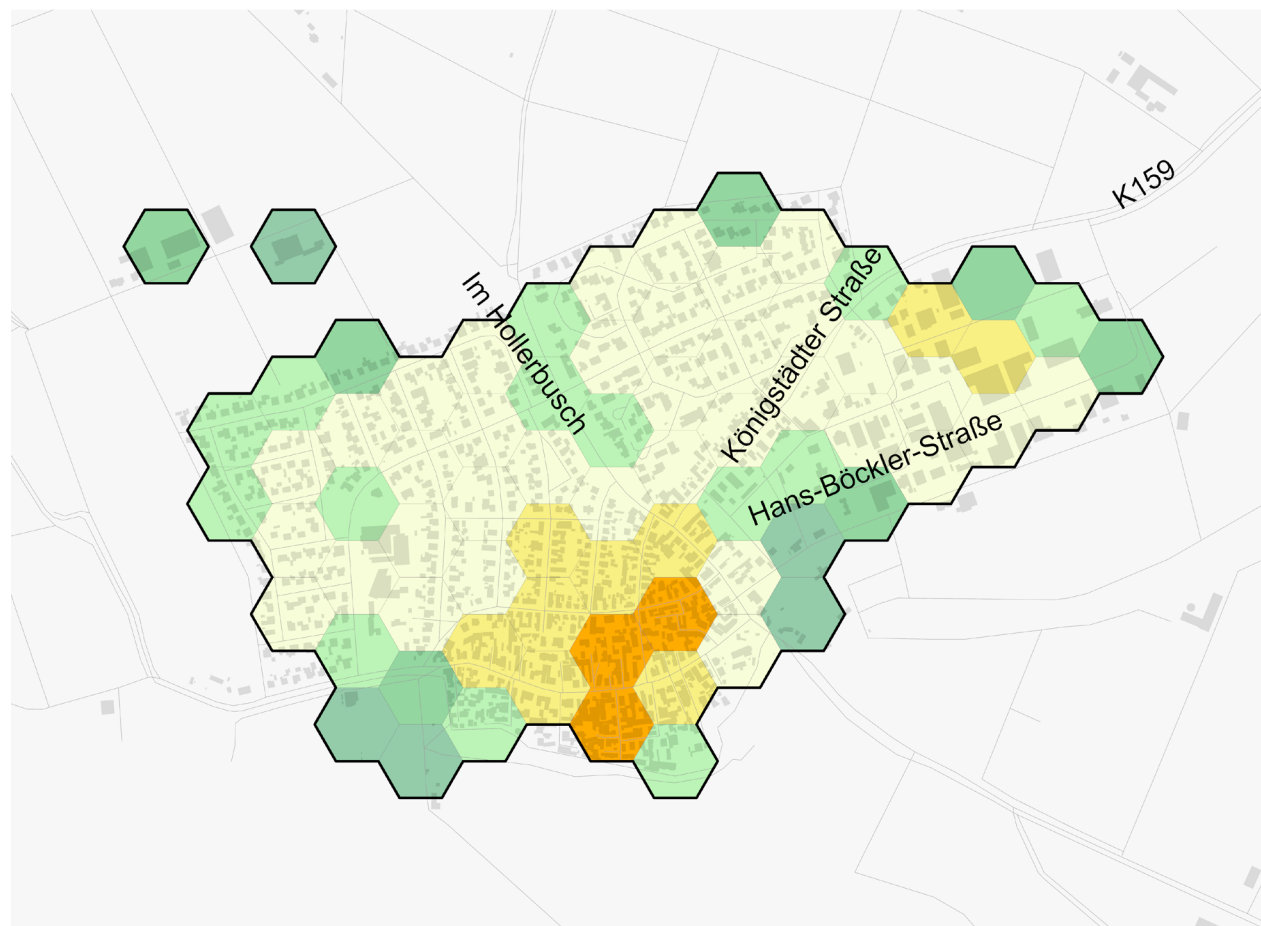


Abbildung 4: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklima-analyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Städtische Wärmeinsel (nächtliche bodennahe Lufttemperatur)  
- Trebur 02 1:15.000 -



- 17,3 °C - 18,0 °C
- 18,1 °C - 19,0 °C
- 19,1 °C - 20,0 °C
- 20,1 °C - 21,0 °C
- 21,1 °C - 22,0 °C
- 22,1 °C - 23,0 °C
- 23,1 °C - 24,0 °C
- 24,1 °C - 25,0 °C

Mittel der bodennahen Lufttemperatur: 21,14°C im bebauten Raum

**Städtische Wärmeinsel (°C)**

Die nächtliche bodennahe Lufttemperatur beschreibt, wie sich der bebaute Raum gegenüber dem Freiraum thermisch verhält. Die im Verlauf eines heißen Tages (gebildet für Tage mit einer Lufttemperatur  $\geq 30$  °C aus dem Mittel der letzten 30 Jahren) wurde das regionaltypische Mittel des Maximums am Tag (32,5 °C Max) sowie dem dazugehörigen Mittel des Minimums in der Nacht (17,1 °C Min) gebildet. Die relativ geringe nächtliche Abkühlung spiegelt den klimatischen Charakter der südwesthessischen-Rhein-Region wieder. Dadurch steigt das Risiko zum Auftreten von Tropennächten in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C sinkt, was bei vermehrten / dauerhaften Auftreten zu einer zusätzlichen gesundheitlichen Belastungssituation während der eigentlichen menschlichen Regenerationsphase führen kann.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Darstellung der bodennahen Lufttemperatur wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet, um die Fokussierung auf den potentiell überwärmter Siedlungsraum zu erleichtern.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

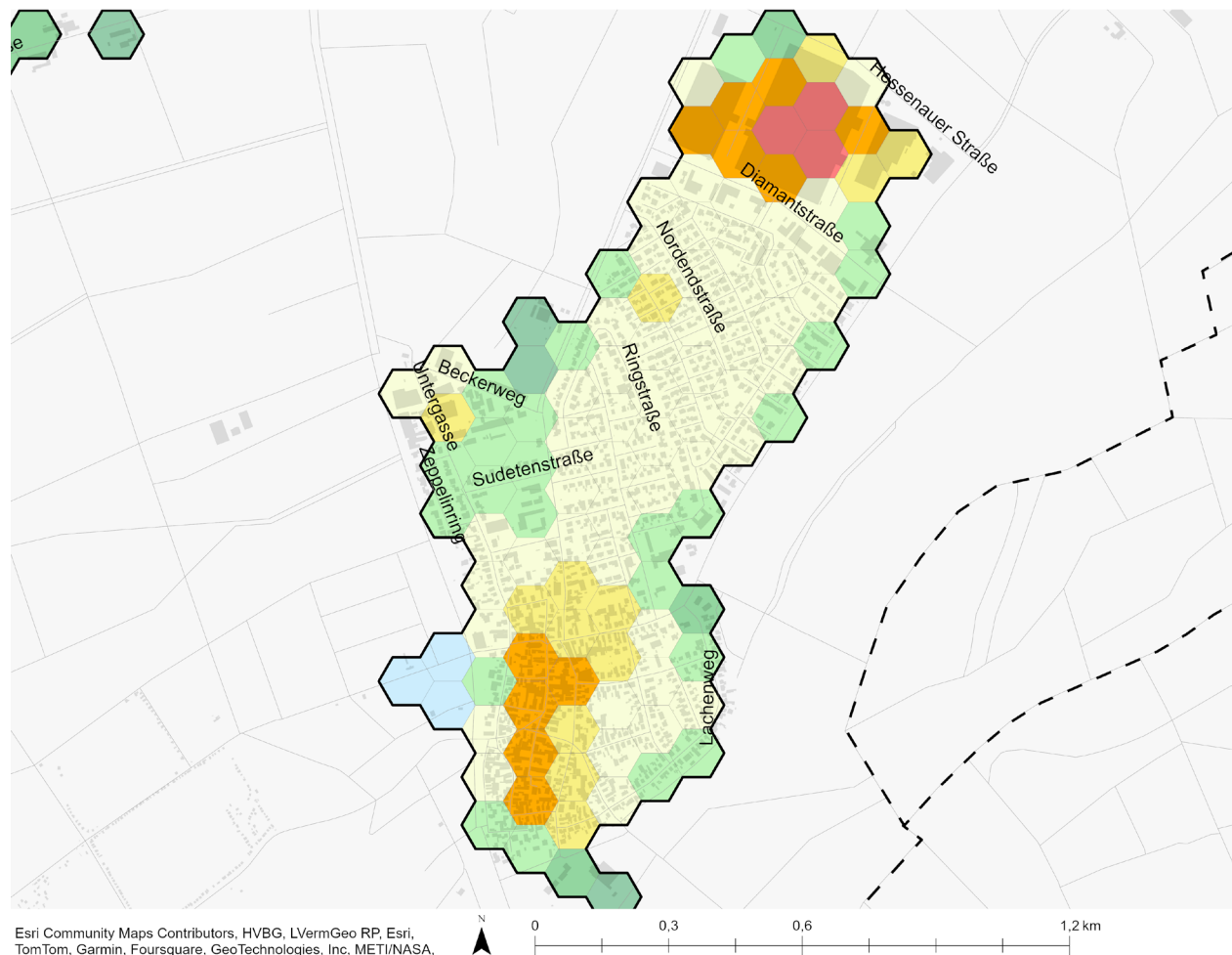
Die absoluten Zahlen der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet. Ergänzend wird für jede Kommune der statistische Mittelwert der Lufttemperatur aus allen Siedlungsflächen gebildet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,



Abbildung 5: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklima-analyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Städtische Wärmeinsel (nächtliche bodennahe Lufttemperatur)  
- Trebur 03 1:22.500 -



- 17,3 °C - 18,0 °C
- 18,1 °C - 19,0 °C
- 19,1 °C - 20,0 °C
- 20,1 °C - 21,0 °C
- 21,1 °C - 22,0 °C
- 22,1 °C - 23,0 °C
- 23,1 °C - 24,0 °C
- 24,1 °C - 25,0 °C

Mittel der bodennahen Lufttemperatur: 21,41°C im bebauten Raum

**Städtische Wärmeinsel (°C)**

Die nächtliche bodennahe Lufttemperatur beschreibt, wie sich der bebaute Raum gegenüber dem Freiraum thermisch verhält. Die im Verlauf eines heißen Tages (gebildet für Tage mit einer Lufttemperatur  $\geq 30$  °C aus dem Mittel der letzten 30 Jahren) wurde das regionaltypische Mittel des Maximums am Tag (32,5 °C Max) sowie dem dazugehörigen Mittel des Minimums in der Nacht (17,1 °C Min) gebildet. Die relativ geringe nächtliche Abkühlung spiegelt den klimatischen Charakter der südwesthessischen-Rhein-Region wieder. Dadurch steigt das Risiko zum Auftreten von Tropennächten in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C sinkt, was bei vermehrten / dauerhaften Auftreten zu einer zusätzlichen gesundheitlichen Belastungssituation während der eigentlichen menschlichen Regenerationsphase führen kann.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Darstellung der bodennahen Lufttemperatur wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet, um die Fokussierung auf den potentiell überwärmter Siedlungsraum zu erleichtern.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Die absoluten Zahlen der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet. Ergänzend wird für jede Kommune der statistische Mittelwert der Lufttemperatur aus allen Siedlungsflächen gebildet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,

Abbildung 6: 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, Abbildung 5 und Abbildung 6 handelt es sich um visuelle Darstellungen der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur mit Fokus auf den Siedlungsraum von Trebur. 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  $\geq 30$  °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 Gemeinde Trebur

Auch in der Gesamtschau der nächtlichen bodennahen Lufttemperatur von Trebur sind unterschiedliche bebaute Teilgebiete ersichtlich: Neben dem Hauptsiedlungsbereich von Trebur in Abbildung 4 (Maßstab 1:17.000) sind auch Astheim in Abbildung 5 (Maßstab 1:15.000) und Geinsheim in Abbildung 6 (Maßstab 1:22.500) abgebildet.

Die Betrachtung der berechneten nächtlichen bodennahen Lufttemperatur für die Trebur (siehe Abbildung 4) setzt sich aus größeren homogen geprägten Räumen zusammen. Dabei lässt sich eine Unterscheidung zwischen den typischen Wohnbaustrukturen im Norden („Moselstraße“, „Im Heckgrund“, „Tannenweg“), die einen Temperaturbereich von 20 °C bis 22 °C abdecken, und den verdichteten Siedlungsstrukturen erkennen, bspw. entlang „Am Burggraben“, „Hauptstraße“, „Krummgasse“, in denen die Temperaturen großflächig zwischen 22 °C und 23 °C liegen und vereinzelt auch Temperaturen im Bereich von 23 °C bis 24 °C rechnerisch erreicht werden. 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 Astheim (siehe Abbildung 5) errechnet. Auch hier befinden sich die typischen Wohnbaustrukturen mit Temperaturen zwischen 20 °C bis 22 °C im Norden („Am Holzbrückenweg“, „Berliner Straße“, „Lessingstraße“). Verdichtete Siedlungsstrukturen mit Temperaturen im Bereich von 22 °C bis 23 °C und vereinzelt auch 23 °C bis 24 °C befinden sich bspw. entlang der „Alt Astheim“, „Waldstraße“ und „Bleichstraße“.

Die berechnete nächtliche bodennahe Lufttemperatur für Geinsheim (siehe Abbildung 6) verdeutlicht eine klimatische Teilung der Kernsiedlungsflächen in zwei Bereiche: einen größeren südlich und einen kleineren nördlich der „Diamantstraße“. Das Gebiet südlich der „Diamantstraße“ besteht wiederum aus homogen geprägten Räumen. Wie in Trebur und Astheim befinden sich im Norden typische Wohnbaustrukturen mit Temperaturen zwischen 20 °C bis 22 °C. Diese zeigen sich bspw. in der „Gottesthaller Straße“, „Nordenstraße“ und „Gutenbergstraße“. Im Süden sind verdichtete Siedlungsstrukturen vorhanden, in denen großflächig nächtliche Temperaturen zwischen 22 °C und 23 °C liegen und vereinzelt auch Temperaturen im Bereich von 23 °C bis 24 °C rechnerisch erreicht werden (bspw. „Oppenheimer Straße“, „Im Grabenfeld“). In den am Rand in der Nähe zum Offenland gelegenen Siedlungsrandbereichen fällt die Temperatur auch hier ab. Es bilden sich Bereiche heraus, die stärker abkühlen (bspw. aufgrund einer besseren nächtlichen Durchlüftung) und andere Siedlungsrandbereiche, die eher schwach durchlüftet werden.

Nördlich der „Diamantstraße“ gliedert sich der Siedlungsraum baulich heterogen, 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. Bei der vorhandenen Bebauungsstruktur zeigt sich jedoch, dass großflächige Akkumulierungseffekte eher selten sind. Stattdessen wechseln sich entlang der „Diamantstraße“ unterschiedliche Temperaturräume ab.

### **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 Fasadenelemente 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](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](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<sup>2</sup> bis 25 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde oder 20 l/m<sup>2</sup> bis 35 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden

Unwetterwarnung: Regenmengen > 25 l/m<sup>2</sup> bis 40 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde oder > 35 l/m<sup>2</sup> bis 60 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden

Extreme Unwetterwarnung: Regenmengen > 40 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde oder > 60 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden

(mm Niederschlag = l/m<sup>2</sup>) (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.

Trebur	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 <sup>2</sup> ]	<b>554 l/m<sup>2</sup></b>	<b>577 l/m<sup>2</sup></b>	<b>548 l/m<sup>2</sup></b>	Abnahme <b>-6 l</b>	583 l/m <sup>2</sup>	<b>606 l/m<sup>2</sup></b> +5 % zu 1971-2000	<b>600 l/m<sup>2</sup></b> +4 % zu 1971-2000	<b>600 l/m<sup>2</sup></b> +4 % zu 1971-2000	<b>600 l/m<sup>2</sup></b> +4 % zu 1971-2000	805 l/m <sup>2</sup> 4% zu 1971-2000	813 l/m <sup>2</sup> 5% zu 1971-2000
Niederschlag [l/m <sup>2</sup> ] Sommermonate (JJA)	<b>175 l/m<sup>2</sup></b>	<b>172 l/m<sup>2</sup></b>	<b>168 l/m<sup>2</sup></b>	Abnahme <b>-7 l</b>	178 l/m <sup>2</sup>	<b>170 l/m<sup>2</sup></b> -1 % zu 1971-2000	<b>165 l/m<sup>2</sup></b> -4 % zu 1971-2000	<b>172 l/m<sup>2</sup></b> +0 % zu 1971-2000	<b>150 l/m<sup>2</sup></b> -13 % zu 1971-2000	249 l/m <sup>2</sup> 0% zu 1971-2000	219 l/m <sup>2</sup> -12% zu 1971-2000
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	379 l/m <sup>2</sup>	405 l/m <sup>2</sup>	380 l/m <sup>2</sup>	Zunahme +0 l	405 l/m <sup>2</sup>	436 l/m <sup>2</sup>	435 l/m <sup>2</sup>	428 l/m <sup>2</sup>	450 l/m <sup>2</sup>	556 l/m <sup>2</sup>	594 l/m <sup>2</sup>
Ø Kl. Wasserbilanz	50 Jahre										
Klimatische Wasserbilanz [l/m <sup>2</sup> ] Gesamtjahr	-	<b>-54 l/m<sup>2</sup></b>	<b>-101 l/m<sup>2</sup></b>	Abnahme <b>-47 l</b>	248 l/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-15 l/m <sup>2</sup>	121 l/m <sup>2</sup>
Klimatische Wasserbilanz [l/m <sup>2</sup> ] Sommermonate	-	<b>-117 l/m<sup>2</sup></b>	<b>-129 l/m<sup>2</sup></b>	Abnahme <b>-12 l</b>	-13 l/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-131 l/m <sup>2</sup>	-146 l/m <sup>2</sup>
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	-	63 l/m <sup>2</sup>	29 l/m <sup>2</sup>	Abnahme -35 l	261 l/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	116 l/m <sup>2</sup>	267 l/m <sup>2</sup>

Für Trebur (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 minimal ab (-6 l), wird aber in Zukunft gemäß der Klimaprojektionen eine anhaltende Steigerung der Niederschlagsmenge bis 2100 von 4 % (RCP 2.6 und RCP 8.5) beschreiben.

Ebenfalls stagnieren die historischen Sommerniederschläge bzw. weisen eine leicht negative Tendenz (-7 l) für Trebur auf.

Für das aktuell realistischere RCP 8.5-Szenario wird bis zum Jahr 2100 für Trebur 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 Trebur 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 Regenmenge weiter ab, ist Trebur 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 9.

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 „Frischluff“) (siehe Kapitel 2.5, 3.4.2 und 5.4.1 in der Stadtklimaanalyse für den Kreis Groß-Gerau).

## 4.2 Überblick

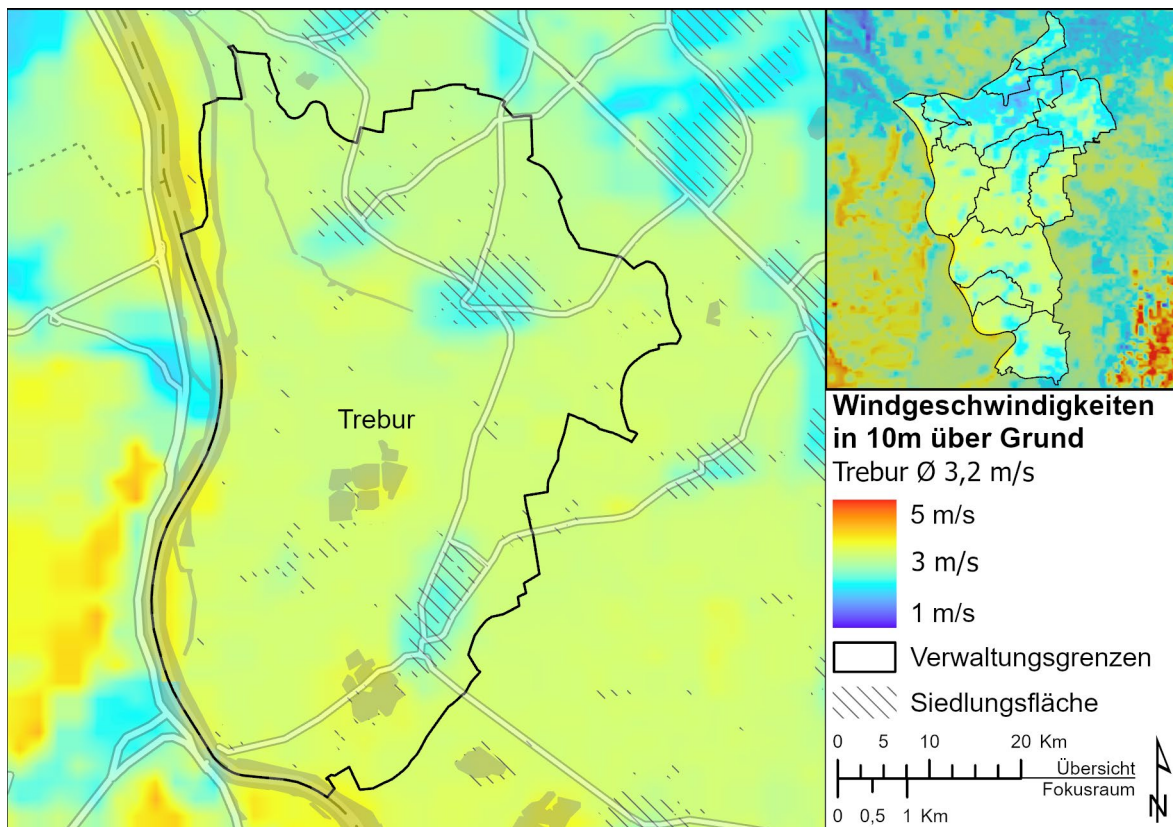


Abbildung 7: Diagramm mittlere Windgeschwindigkeit pro Jahr dargestellt auf der administrativen Fläche von Trebur (links) und des Landkreises Groß-Gerau (rechts oben) in 10 m Höhe über Grund

Abbildung 7 zeigt auf der linken Seite die administrative Fläche von Trebur, 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 Trebur beträgt in 10 m Höhe über Grund 3,2 m/s. Es wird deutlich, dass insbesondere entlang des Verlaufs des Rheins die Windgeschwindigkeiten vergleichsweise höher sind und konkret durchschnittlich 4 m/s und punktuell sogar noch etwas mehr betragen. Auch im Bereich mehrerer Seen, wie des Oberwiesensees und der Kiesgruben Seemann, betragen die durchschnittlichen jährlichen Windgeschwindigkeiten rund 4 m/s. Der größte Teil der Gemeinde hat durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von rund 3 m/s zu verzeichnen. Dabei handelt es sich insbesondere um die landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Siedlungsflächen weisen geringere Geschwindigkeiten von rund 2 m/s auf. Sie stellen Barrieren für die Luftströmungen dar. Verglichen mit dem gesamten Landkreis liegt Trebur eher im Bereich der Städte und Gemeinden mit durchschnittlich etwas höherer 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.

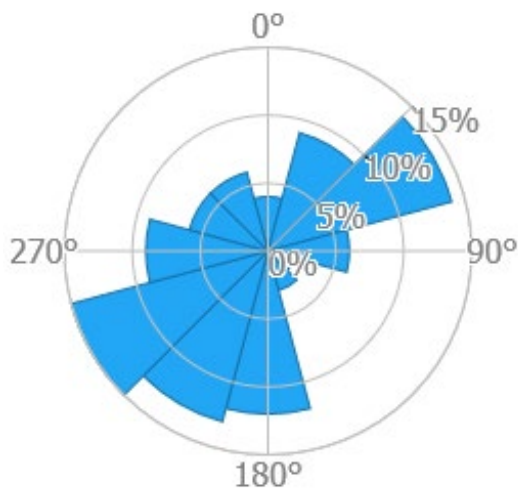


Abbildung 8: Windrose zur mittleren Anströmungsrichtung pro Jahr in 100 m Höhe über Grund für Trebur

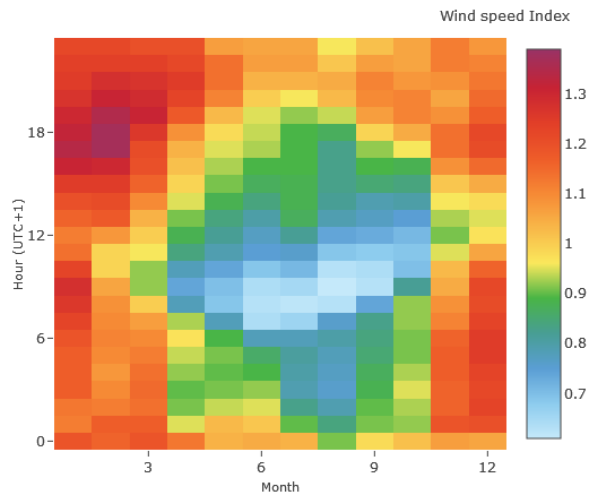


Abbildung 9: Streudiagramm durchschnittliche Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Trebur mit 1 = 5,7 m/s in 100 m Höhe über Grund

Die Windrose in Abbildung 8 veranschaulicht die durchschnittlich auftretende Häufigkeit der Anströmungsrichtungen in Trebur. 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. 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).

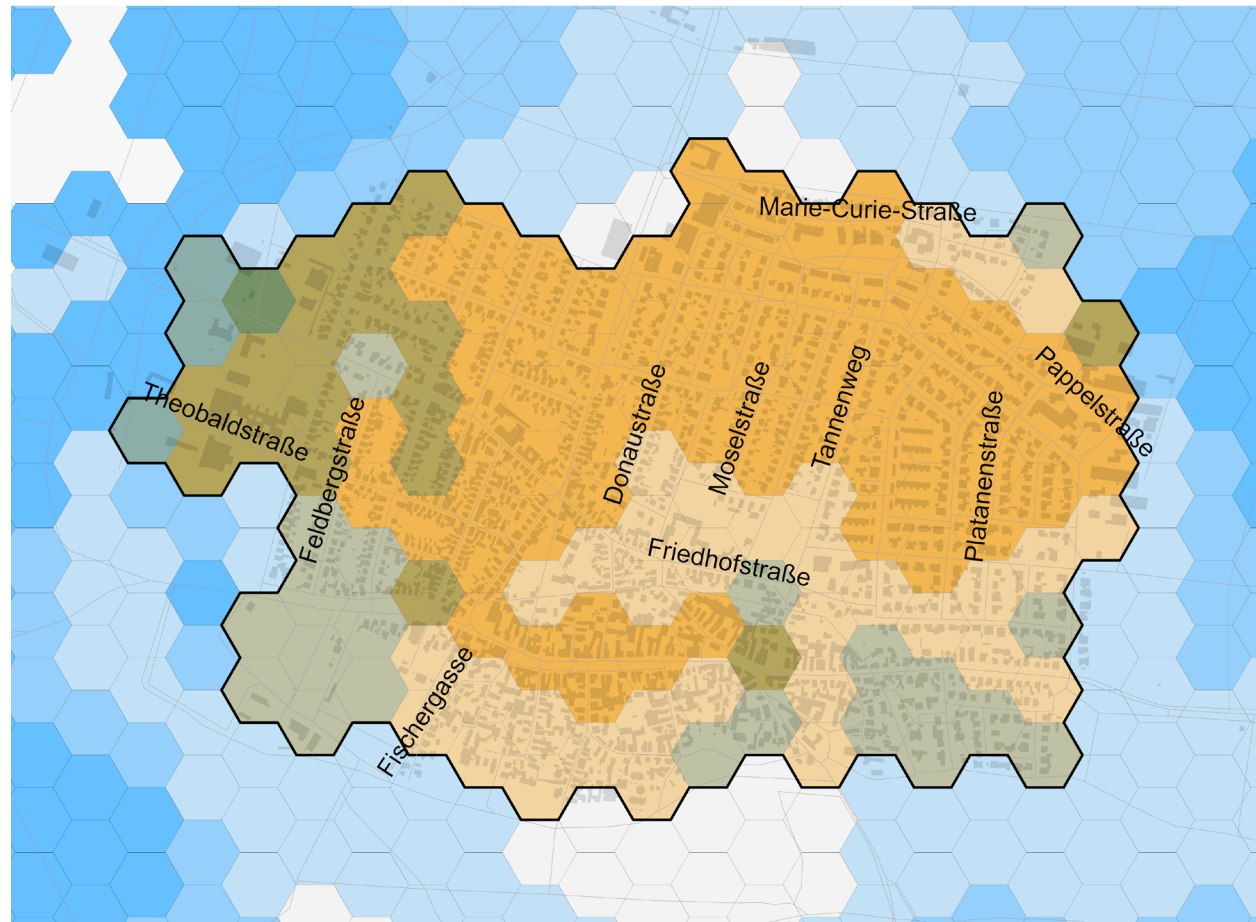
Es wird deutlich, dass in Trebur Westsüdwest mit 15 % die häufigste durchschnittliche jährliche Anströmungsrichtung darstellt, gefolgt von Ostnordost mit 14 %, Südsüdwest mit 13 % und Süd mit 12 %. Zwischen 5 % und 10 % der Winde in Trebur kommen jeweils aus der Anströmungsrichtung Nordnordost, Ost, West, Nordnordwest und Westnordwest. Am seltensten

kommen die durchschnittlichen jährlichen Anströmungsrichtungen Südsüdost, Ostsüdost und Nord mit jeweils unter 5 % vor.

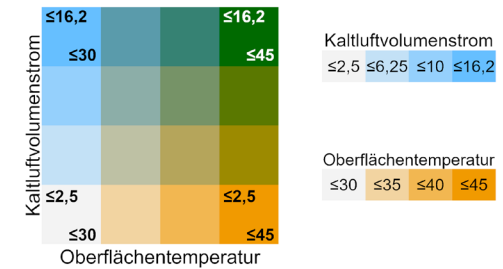
Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe über Grund in Trebur beträgt 5,7 m/s und entspricht somit dem Wert 1 auf der Skala in Abbildung 9 – dem Streudiagramm zur Darstellung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Trebur. Als Skala dient in diesem Fall der „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 Trebur 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 Februar zwischen 17 Uhr und 19 Uhr und im Januar zwischen 17 Uhr bis 18 Uhr gemessen. In den Wintermonaten fallen die Werte selten unter die durchschnittliche Windgeschwindigkeit (Wert 1) des langjährigen Mittels. In den Sommermonaten liegen die Werte größtenteils unter 1 (durchschnittliche Windgeschwindigkeit). Niedrige Werte fallen insbesondere auf den Zeitraum zwischen 7 Uhr und 10 Uhr im Juni, zwischen 7 Uhr und 9 Uhr im Juli, zwischen 8 Uhr und 10 Uhr im August sowie zwischen 9 Uhr und 10 Uhr im September. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten in Trebur wurden langjährig im August um 9 Uhr gemessen, gefolgt von 8 Uhr im Juli. Im Frühling und Herbst findet ein Übergang zwischen den sommerlichen und winterlichen Monaten statt. Von März bis Mai sinken die Windgeschwindigkeiten besonders tagsüber ab und die Zeitspanne, in der die Werte auf der Skala des Wind speed index unter 1 (entspricht 5,7 m/s) fallen, wird von 2 Stunden bis 16 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 20 Stunden an.

### 4.3 Bestand, Auswirkungen und Planungshinweise



Kaltluftvolumenstrom zu Oberflächentemperatur  
- Trebur 01 1:17.000 -



**Kaltluftvolumenstrom (m³/ms)**

Für planerische Zwecke interessiert der Kaltluftvolumenstrom als Maß für die nächtliche Durchlüftung. Die Volumenstromdichte ist das Produkt aus Geschwindigkeit der Luftmassen und Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt.

**Oberflächentemperatur**

Die Oberflächentemperatur wurde als Mittel aus Satellitendatenauswertung für 3 (wolkenlose) Referenztage im August aus den Jahren 2021 bis 2023 für den Vormittag (±10:15 Uhr) gebildet. Die durchschnittliche Lufttemperatur lag an diesen Tagen und zu dieser Uhrzeit zwischen 26,3 °C und 28,0 °C.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Kombination aus Kaltluftvolumenstrom und Oberflächentemperatur wird nur im bebauten Raum angewendet. Im Bereich des Offenlandes (typw. Landwirtschaft) ist eine Darstellung der Oberflächentemperatur auf Grund der zeitlich schnell wechselnden Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Umbruch) planerisch nicht zielführend.

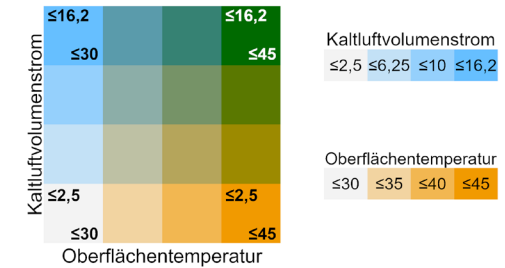
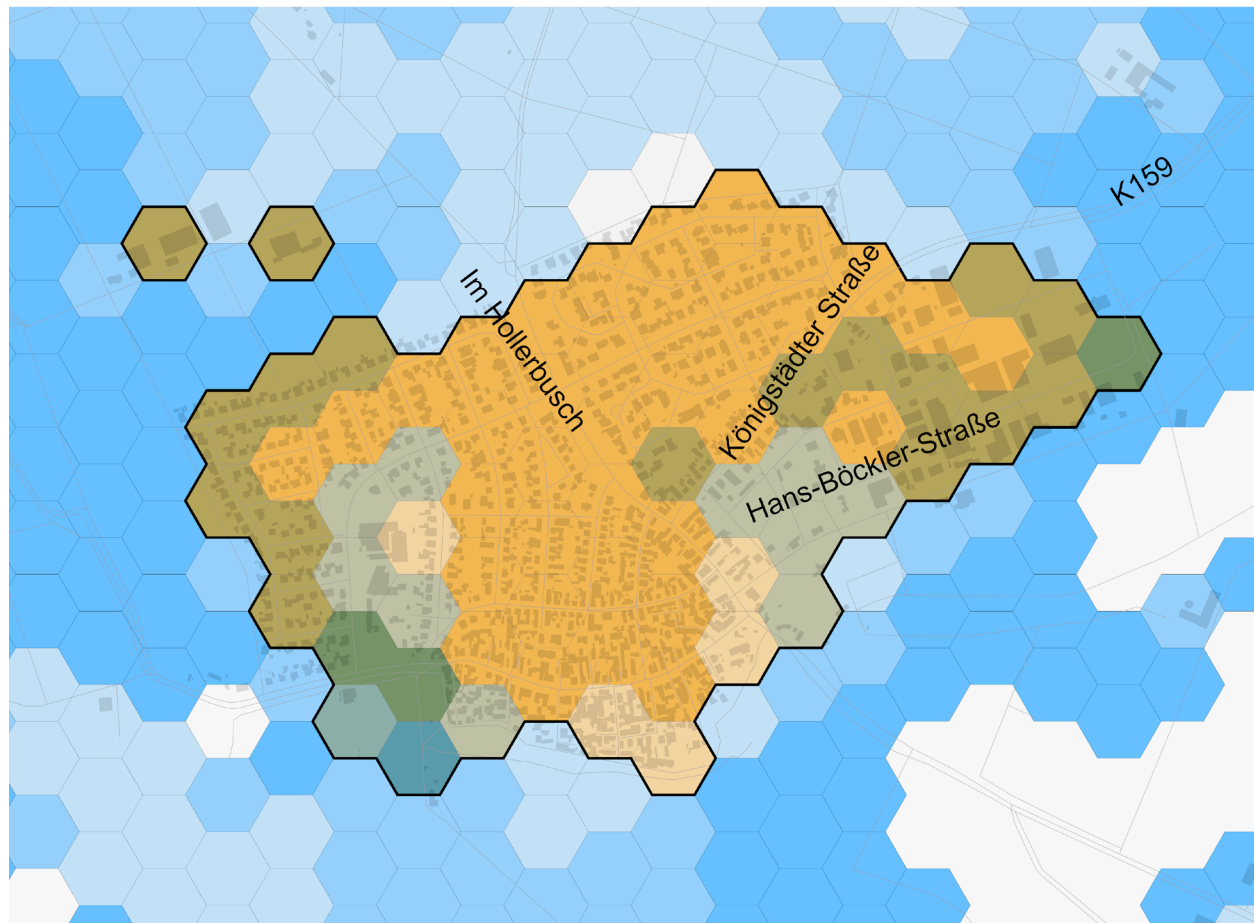
**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Die absoluten Zahlen zum Kaltluftvolumenstrom sowie zur Oberflächentemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,

Abbildung 10: 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.

Kaltluftvolumenstrom zu Oberflächentemperatur  
- Trebur 02 1:15.000 -



**Kaltluftvolumenstrom (m³/ms)**

Für planerische Zwecke interessiert der Kaltluftvolumenstrom als Maß für die nächtliche Durchlüftung. Die Volumenstromdichte ist das Produkt aus Geschwindigkeit der Luftmassen und Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt.

**Oberflächentemperatur**

Die Oberflächentemperatur wurde als Mittel aus Satellitendatenauswertung für 3 (wolkenlose) Referenztage im August aus den Jahren 2021 bis 2023 für den Vormittag (±10:15 Uhr) gebildet. Die durchschnittliche Lufttemperatur lag an diesen Tagen und zu dieser Uhrzeit zwischen 26,3 °C und 28,0 °C.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Kombination aus Kaltluftvolumenstrom und Oberflächentemperatur wird nur im bebauten Raum angewendet. Im Bereich des Offenlandes (typw. Landwirtschaft) ist eine Darstellung der Oberflächentemperatur auf Grund der zeitlich schnell wechselnden Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Umbruch) planerisch nicht zielführend.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Die absoluten Zahlen zum Kaltluftvolumenstrom sowie zur Oberflächentemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,

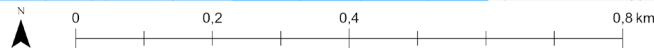
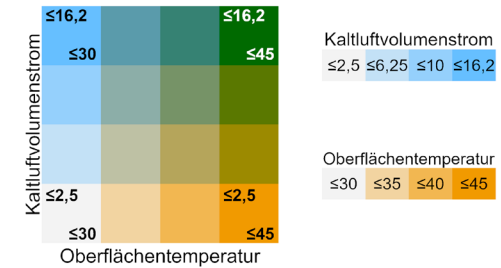
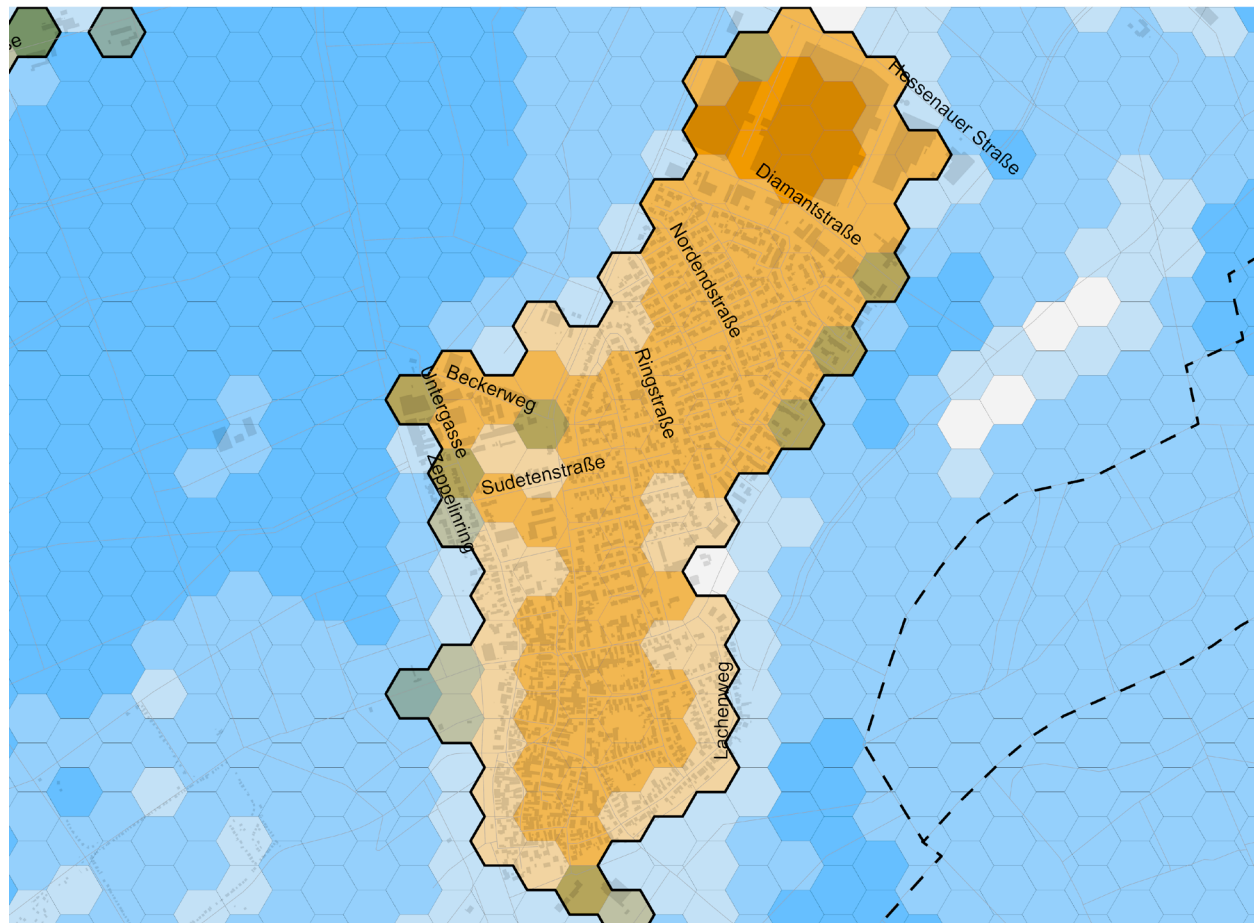


Abbildung 11: Darstellung des Kaltluftvolumenstroms und der Oberflächentemperatur für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Kaltluftentstehung und -transport sowie der Oberflächentemperatur sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Kaltluftvolumenstrom zu Oberflächentemperatur  
- Trebur 03 1:22.500 -



**Kaltluftvolumenstrom (m³/ms)**

Für planerische Zwecke interessiert der Kaltluftvolumenstrom als Maß für die nächtliche Durchlüftung. Die Volumenstromdichte ist das Produkt aus Geschwindigkeit der Luftmassen und Kaltluftschichtdicke und gibt an, wie viel Kaltluft durch einen 1 m breiten Querschnitt strömt.

**Oberflächentemperatur**

Die Oberflächentemperatur wurde als Mittel aus Satellitendatenauswertung für 3 (wolkenlose) Referenztage im August aus den Jahren 2021 bis 2023 für den Vormittag (±10:15 Uhr) gebildet. Die durchschnittliche Lufttemperatur lag an diesen Tagen und zu dieser Uhrzeit zwischen 26,3 °C und 28,0 °C.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Kombination aus Kaltluftvolumenstrom und Oberflächentemperatur wird nur im bebauten Raum angewendet. Im Bereich des Offenlandes (typw. Landwirtschaft) ist eine Darstellung der Oberflächentemperatur auf Grund der zeitlich schnell wechselnden Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Umbruch) planerisch nicht zielführend.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Die absoluten Zahlen zum Kaltluftvolumenstrom sowie zur Oberflächentemperatur werden als Mittelwerte für je 1 ha statistisch berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, 0 0,3 0,6 1,2 km

Abbildung 12: 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 10, Abbildung 11 und Abbildung 12 handelt es sich um visuelle Darstellungen der Kombination des Kaltluftvolumenstroms (in der Nacht) und der Oberflächentemperatur (am Tag) mit Fokus auf den Siedlungsraum von Trebur. 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  $\text{m}^3/\text{ms}$ ) 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 Durchlüftungssachsen, 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 Gemeinde Trebur**

Drei Abbildungen zeigen die Situation der nächtlichen Kaltluftvolumenströme und vormittäglichen Oberflächentemperaturen von Trebur. In Abbildung 10 (Maßstab 1:17.000) ist die Hauptgemeinde Trebur zu sehen. Abbildung 11 (Maßstab 1:15.000) stellt die Höhe der Oberflächentemperaturen und Kaltluftvolumenströme für Astheim, und Abbildung 12 (Maßstab 1:22.500) dieselben Größen für Geinsheim dar. Auffällig ist, dass im Osten, Westen und zum Teil im Süden ein höherer Kaltluftvolumenstrom vorhanden ist als im Norden.

Die tieforange gefärbten Hexagone weisen auf Oberflächentemperaturen bis zu 45 °C und ein geringes nächtliches Abkühlungspotenzial, aufgrund kaum vorhandenem Kaltluftvolumenstrom (höchstens 2,5 m<sup>3</sup>/m/s) hin. Es ist in Abbildung 10 in Trebur ein Hotspot auszumachen, der sich durch einen solchen Farbcode charakterisieren lässt. Dieser befindet sich im Norden von Geinsheim im Gewerbegebiet nördlich der Diamantstraße. Er beschreibt zwei 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. Auch dunkle Dächer, wie sie teilweise bei den Gebäuden vorzufinden sind, können sich ebenfalls schnell aufheizen. Diese Siedlungsflächen werden kaum von nächtlicher Kaltluft erreicht. Lediglich eine an das Offenland angrenzende Freifläche auf dem Gelände ist grünblau dargestellt und weist auf eine etwas geringere Aufheizung und etwas bessere Kaltluftversorgung hin.

Es gibt noch weitere Bereiche in Trebur, in denen ein nächtlicher Kaltluftvolumenstrom in die Siedlungsstruktur eindringen und für eine Abkühlung sorgen kann. Diese Bereiche sind in Blau dargestellt. Die Kaltluftvolumenströme betragen meistens bis 6,25 m<sup>3</sup>/m/s. Eine Ausnahme bildet die westlichen Randbereiche von Trebur, in denen der Kaltluftvolumenstrom bis 10 m<sup>3</sup>/m/s beträgt. Die Oberflächentemperaturen betragen hier bis 35 °C. Das dunkelgrüne Hexagon weist jedoch auf eine stärkere Überwärmung bis 40 °C hin. Ähnliche Oberflächentemperaturen wurden an den Messtagen im angrenzenden Wohnviertel ermittelt, welches gleichzeitig günstig im Bereich nächtlicher Durchlüftungssachsen liegt. Auch stark durchgrünte Gärten können zur lokalen nächtlichen Abkühlung beitragen und im optimalen Fall den Transport von Kaltluft

im Siedlungsraum unterstützen. Dafür sind die Gärten der Häuser in diesem Bereich bis ungefähr zur Karl-Liebknecht-Straße ein gutes Beispiel. Dasselbe gilt für die Grundstücke östlich der Straße „Beßheimer Gärten“. Weiterhin produzieren auch innerstädtische Flächen (lokal begrenzt) nächtliche Kaltluft. Dazu gehören die Freiflächen westlich der Fischergasse. Aus Süden wird nächtliche Kaltluft über Offenland, den Schwarzbach und innerstädtische Freiflächen westlich der Groß-Gerauer-Straße bis in die Friedhofstraße transportiert. Stellenweise sind auch die Randbereiche von Trebur gut mit Kaltluft versorgt, welche jedoch nicht weiter in die Siedlungsbereiche eindringt.

In Astheim (siehe Abbildung 11) liegen besonders die westlichen und östlichen Randbereiche der Siedlungen günstig im Bereich nächtlicher Durchlüftungsachsen. Häufig wird die Kaltluft jedoch nicht weiter in die Siedlungsbereiche transportiert. Eine Durchlüftungsbahn für den nächtlichen Kaltlufttransport bildet die Berliner Straße und zum Teil auch die Bischofsheimer Straße. Im Bereich der Brückenstraße beträgt der Kaltluftvolumenstrom bis zu  $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$  und im Bereich des Sportplatzes südlich der Brückenstraße sogar bis  $16,2 \text{ m}^3/\text{m/s}$ . Der Parkplatz und auch die innerstädtischen Freiflächen in dem Bereich unterstützen den Transport der Kaltluft in den Norden. Im Osten tragen der Friedhof und die Grünflächen nördlich des Gärtnerweg zur lokalen nächtlichen Abkühlung bei, welche zum Teil weiter in die Siedlung eindringen kann. Auch das angrenzende Gewerbegebiet wird von nächtlicher Kaltluft erreicht. Die Oberflächentemperaturen ähneln denen im restlichen Siedlungsbereich, welcher zum großen Teil ein vermindertes Abkühlungspotenzial aufweist. Eine dunkelgrüne Fläche weist auf einen höheren Kaltluftvolumenstrom bis  $10 \text{ m}^3/\text{m/s}$  hin.

In Geinsheim (siehe Abbildung 12) sind ausschließlich einige Randbereiche, bezogen auf nächtliche Abkühlung durch Kaltluftzufuhr, begünstigt. Eine Ausnahme bildet der Friedhof, welcher zur lokalen nächtlichen Abkühlung beitragen kann.

Der restliche Siedlungsraum verhält sich weitestgehend homogen. Der Großteil der Siedlungsflächen von Trebur, Geinsheim und Astheim sind in den Messungen durch eine relativ hohe Oberflächentemperatur von bis zu  $40 \text{ °C}$  geprägt. Gleichzeitig haben diese Bereiche 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 Vegetationbestandes, 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 Gebäudekonstruktionen 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](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](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.

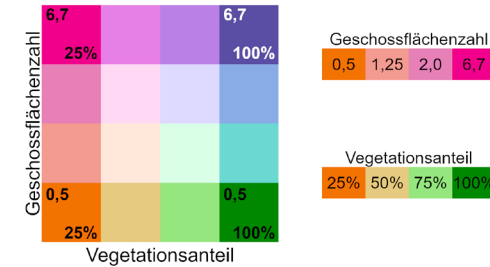
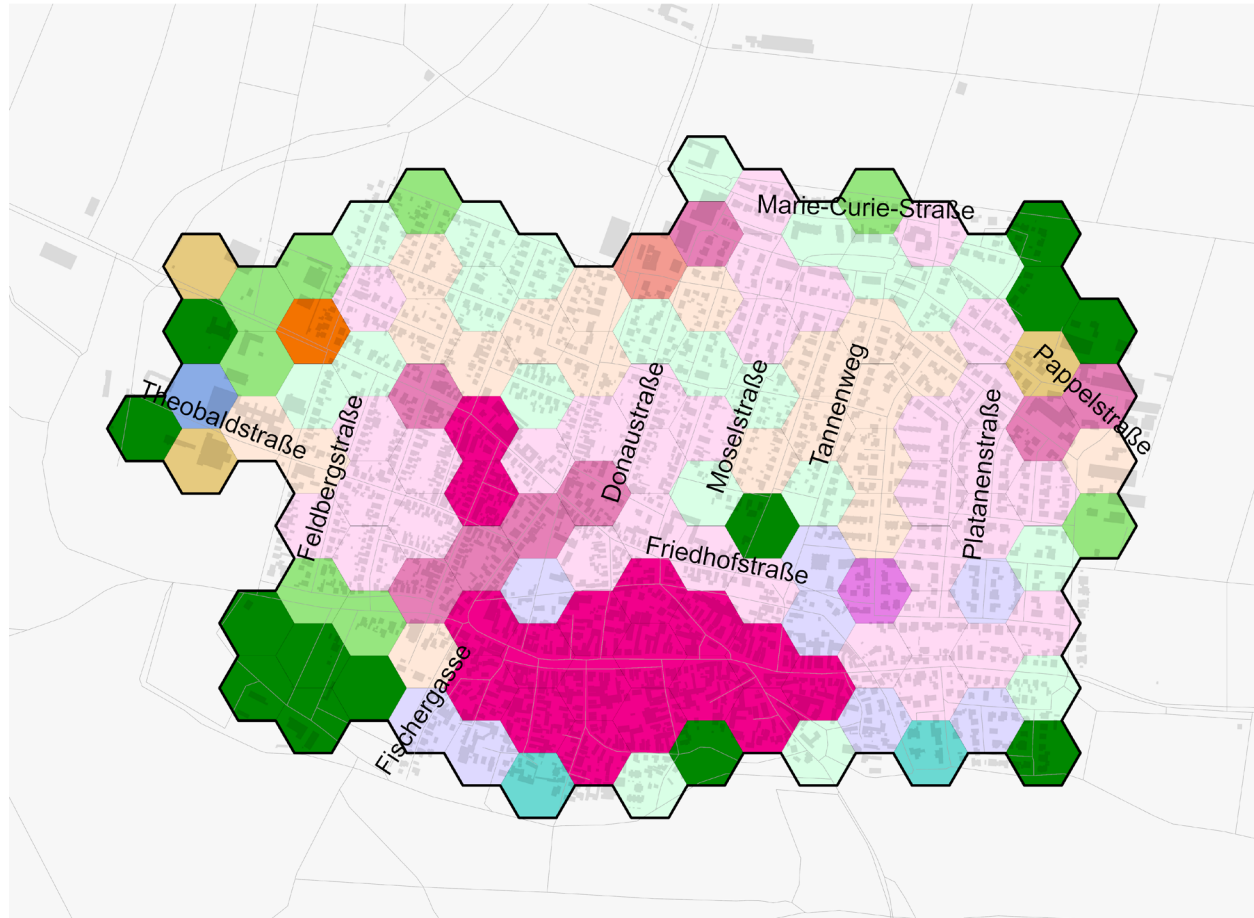
Baum- und strauchbestandene innerstädtische Flächen können die oben genannten positiven klimatischen Effekte noch weiter verstärken, da sie neben ihrer Transpiration auch durch ihren Schattenwurf tagsüber für niedrigere Temperaturen sorgen. Nachts hingegen stellen sich dort höhere Temperaturen als auf 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 Erdboden 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

Vegetationsanteil zu Geschossflächenzahl (GFZ)  
- Trebur 01 1:17.000 -



Mittel Geschossflächenzahl: 0,60  
Mittel Vegetationsbedeckung: 40,7%

### Geschossflächenzahl (GFZ)

Die Geschossflächenzahl beschreibt das Verhältnis zwischen der Geschossfläche (aller Gebäude) und der Grundstücksfläche. Eine GFZ von 0,8 bedeutet bspw., dass die Fläche aller Vollgeschosse 80 % der Grundstücksfläche ausmachen.

### Vegetationsanteil

Der Vegetationsanteil beschreibt die prozentuale Abdeckung der Flurstücksfläche durch Vegetationsstrukturen.

### Bebauter Raum / Offenland

Die Darstellung der kombinierten Betrachtung aus Geschossflächenzahl und Vegetationsanteil wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet.

### Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)

Auf Grund der räumlichen Abgrenzung auf 1 ha werden die Mittelwerte der GFZ sowie der Vegetationsanteil pro Flurstück berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA,

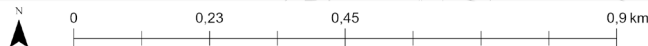
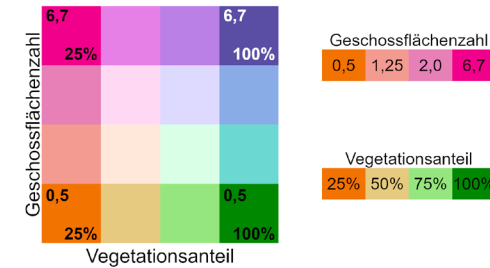
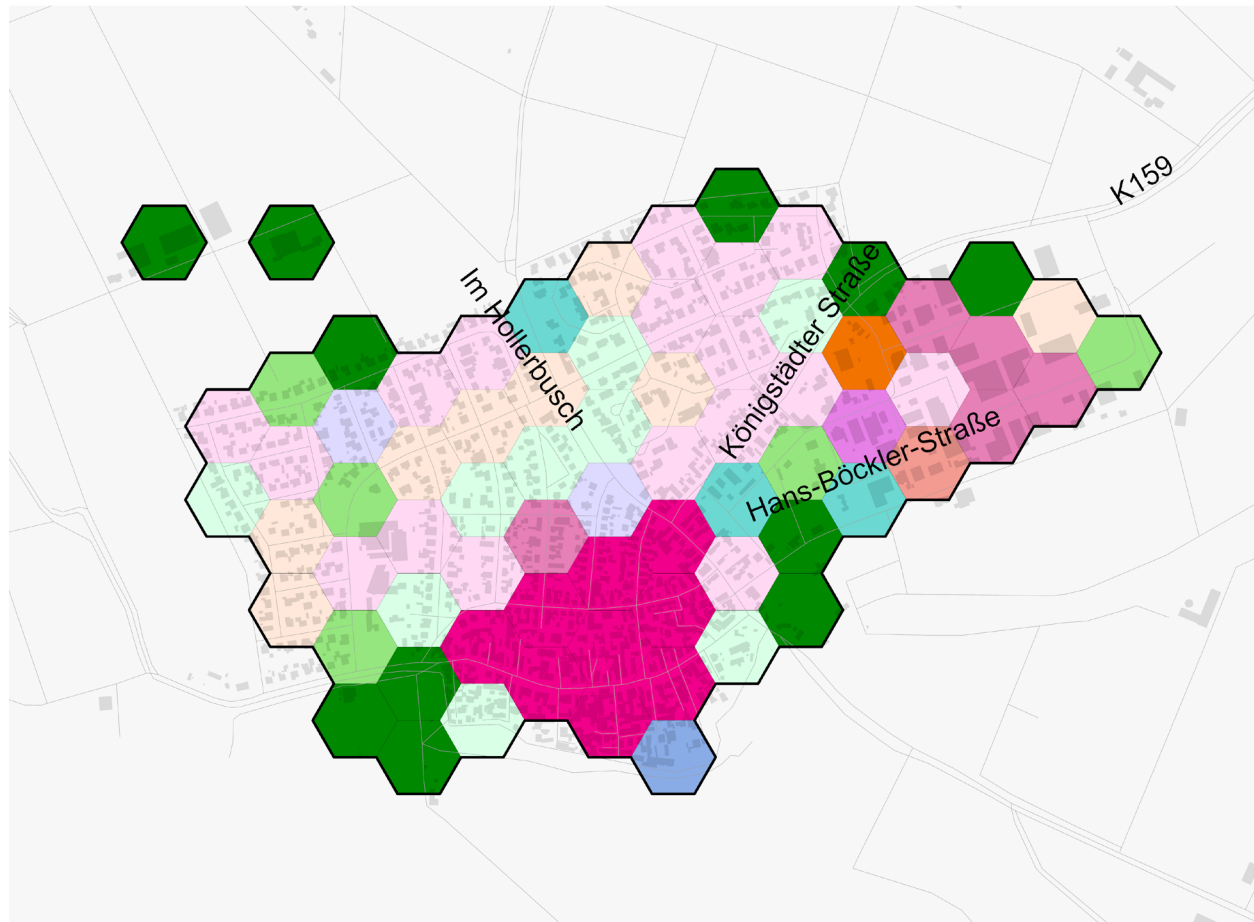


Abbildung 13: Darstellung des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl für den Siedlungsraum der Gemeinde. Analysekarten zur Vegetationserfassung, der Baumassenvolumendichte oder der baulich-räumlichen Offenheit sind in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.

Vegetationsanteil zu Geschossflächenzahl (GFZ)  
- Trebur 02 1:15.000 -



Mittel Geschossflächenzahl: 0,60  
Mittel Vegetationsbedeckung: 41,5%

**Geschossflächenzahl (GFZ)**

Die Geschossflächenzahl beschreibt das Verhältnis zwischen der Geschossfläche (aller Gebäude) und der Grundstücksfläche. Eine GFZ von 0,8 bedeutet bspw., dass die Fläche aller Vollgeschosse 80 % der Grundstücksfläche ausmachen.

**Vegetationsanteil**

Der Vegetationsanteil beschreibt die prozentuale Abdeckung der Flurstücksfläche durch Vegetationsstrukturen.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Darstellung der kombinierten Betrachtung aus Geschossflächenzahl und Vegetationsanteil wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet.

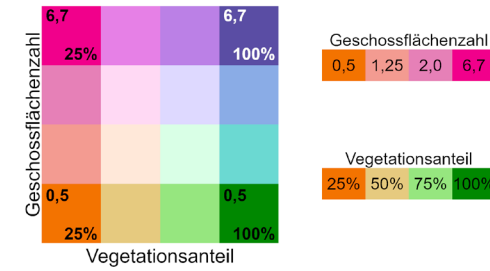
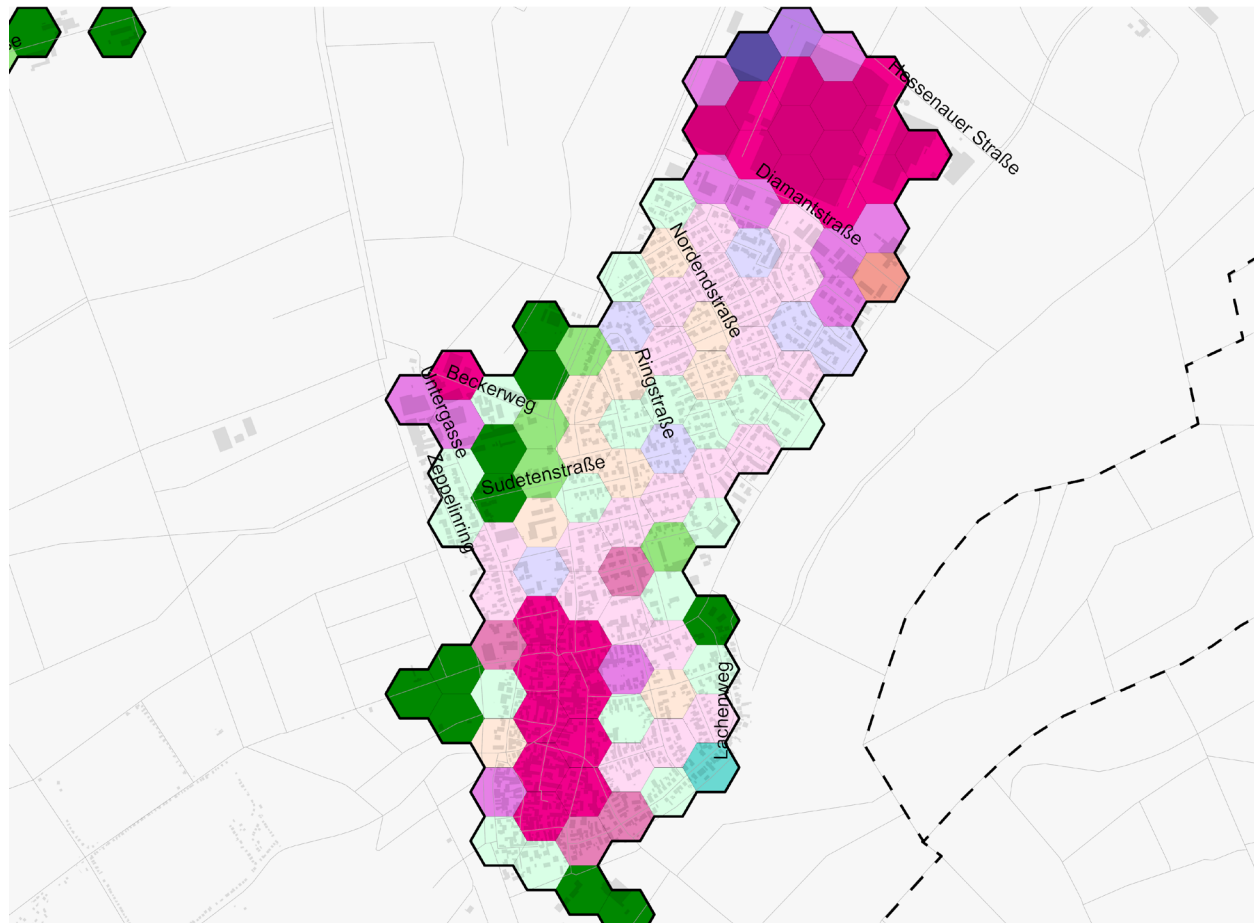
**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Auf Grund der räumlichen Abgrenzung auf 1 ha werden die Mittelwerte der GFZ sowie der Vegetationsanteil pro Flurstück berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, 0 0,2 0,4 0,8 km

Abbildung 14: 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.

Vegetationsanteil zu Geschossflächenzahl (GFZ)  
- Trebur 03 1:22.500 -



Mittel Geschossflächenzahl: 0,95  
Mittel Vegetationsbedeckung: 39,1%

**Geschossflächenzahl (GFZ)**

Die Geschossflächenzahl beschreibt das Verhältnis zwischen der Geschossfläche (aller Gebäude) und der Grundstücksfläche. Eine GFZ von 0,8 bedeutet bspw., dass die Fläche aller Vollgeschosse 80 % der Grundstücksfläche ausmachen.

**Vegetationsanteil**

Der Vegetationsanteil beschreibt die prozentuale Abdeckung der Flurstücksfläche durch Vegetationsstrukturen.

**Bebauter Raum / Offenland**

Die Darstellung der kombinierten Betrachtung aus Geschossflächenzahl und Vegetationsanteil wird in diesem Planungskontext nur auf den bebauten Raum angewendet.

**Statistische Auswertung auf 1 ha (Hexagone)**

Auf Grund der räumlichen Abgrenzung auf 1 ha werden die Mittelwerte der GFZ sowie der Vegetationsanteil pro Flurstück berechnet.

Esri Community Maps Contributors, HVBG, LVermGeo RP, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, 0 0,3 0,6 1,2 km

Abbildung 15: 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 13, Abbildung 14 und Abbildung 15 handelt es sich um eine visuelle Darstellung der Kombination des Vegetationsanteils und der Geschossflächenzahl (GFZ) mit Fokus auf den Siedlungsraum Trebur 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 Gemeinde Trebur 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 Trebur**

Für die Darstellung der Ergebnisse werden drei Abbildungen verwendet. Die erste beschreibt den Hauptsiedlungsraum der Gemeinde Trebur (siehe Abbildung 13 im Maßstab 1:17.000), die zweite das im Nordwesten des Gemeindegebietes gelegene Astheim (siehe Abbildung 14 im Maßstab 1:15.000) und die dritte das im Süden gelegene Geinsheim (siehe Abbildung 15 im Maßstab 1:22.500).

Der Großteil von Trebur (siehe Abbildung 13) weist eine GFZ von bis 1,25 und einen Vegetationsanteil bis 50 % auf. Einige Bereiche südlich der Hauptstraße sind dichter bebaut. Ihre GFZ beträgt bis 1,25 und teilweise sogar 2 bei einem geringeren Vegetationsanteil von höchstens 25 %. Dasselbe gilt für Bereiche entlang der Friedrich-Ebert-Straße. Einen grünen Hotspot stellt der Friedhof Trebur dar, der einen Vegetationsanteil bis 75 % aufweist. Ähnliche Werte zeigt die Abbildung für das Gelände westlich davon an, welches teilweise als Bildungsinfrastruktur genutzt wird und mit einer GFZ von bis 1,25 zwar etwas stärker bebaut, jedoch ähnlich begrünt ist wie der Friedhof. Die nördlich davon gelegenen Wohneinheiten sind weniger dicht bebaut, als der Großteil der Gemeinde. Die Randbereiche von Trebur weisen aufgrund ihres Übergangs in landwirtschaftlich genutzte Flächen einen Vegetationsanteil von bis 75 % und bis zu 100 % auf. Das gilt besonders für den Bereich um den Wasserspielplatz im Nordosten, den Kleingartenverein und Versorgungsinfrastruktur im Südwesten sowie die Sportanlagen im Westen. Um die Einkaufsmöglichkeiten an der L 3012 im Norden befinden sich Flächen, die ein hohes grün- und städtebauliches Entwicklungspotential aufweisen, da sie zur Zeit nur gering oder gar nicht bebaut sind, und gleichzeitig nur ebenfalls mit höchstens 25 % relativ gering durchgrünt sind (insb. orange dargestelltes Hexagon). Das bezieht sich insbesondere auf die Parkplätze der Supermärkte. Auch entlang der Pappelstraße befinden sich Gewerbeflächen, die einen sehr geringen Vegetationsanteil aufweisen. Damit besteht die Möglichkeit der Aktivierung bzw. Schaffung eines Gunstraums, indem der Vegetationsanteil stark entwickelt wird.

Die Einordnung von Astheim (siehe Abbildung 14) bezogen auf den Vergleich des Vegetationsanteils zur Geschossflächenzahl weist ähnliche Charakteristika auf, wie Trebur. Astheim ist größtenteils geprägt durch eine GFZ von bis 1,25 und einen Vegetationsanteil bis 50 % im Bereich der Wohngebiete. Einige Bereiche südlich der Waldstraße sind dichter bebaut und weisen eine GFZ bis 2 auf bei einem geringeren Vegetationsanteil von höchstens 25 %. Dasselbe gilt für das Gewerbegebiet im Südosten von Astheim. Zwischen Königstädterstraße und Gärtnereweg befindet sich eine Fläche, die ein hohes grün- und städtebauliches Entwicklungspotential aufweist, da sie bei einer GFZ von höchstens 0,5 zur Zeit nur gering oder gar nicht bebaut, und gleichzeitig mit höchstens 25 % nur relativ gering durchgrünt ist (orange dargestellter Plot). Damit besteht die Möglichkeit der Aktivierung bzw. Schaffung eines Gunstraums, indem der Vegetationsanteil stark entwickelt wird. Der Friedhof Astheim stellt einen Vegetationshotspot dar bei einem Vegetationsanteil bis 100 %. Auch der Spielplatz Albert-

Schweizer-Straße weist einen Vegetationsanteil bis 75 % auf und sticht aus der Umgebung heraus.

Die Vegetations- und Bebauungsstruktur von Geinsheim (siehe Abbildung 15) unterscheidet sich etwas von der von Trebur und Astheim. Besonders fällt das im Norden befindliche Gewerbegebiet auf, welches durch GFZ von bis zu 6,7 bei gleichzeitig sehr niedrigem Vegetationsanteil von höchstens 25 % geprägt ist. Diese Bereiche können zu den typischen Ungunsträumen gezählt werden, da die hohen GFZ nicht durch einen hohen Vegetationsanteil ausgeglichen werden. Eine relativ dichte Bebauung mit GFZ bis 2 bei einer geringen Vegetation von höchstens 25 % findet sich auch im Bereich Neugasse bzw. Im Grabefeld und Oppenheimer Straße. Ansonsten weist, wie auch in Trebur und Astheim, die Bebauungsstruktur größtenteils einen Vegetationsanteil von 50 % und eine GFZ bis 1,25 auf. Einen Hotspot mit Vegetationsanteil bis zu 100 % bildet eine Fläche im Südwesten, welche unter anderem als Kleingartenanlage genutzt wird. Auch Bereiche nördlich der Sudetenstraße, wo der Friedhof zu verorten ist, und noch weiter nördlich weisen sehr hohe Vegetationsanteile auf. Die Spielplätze „Schulstraße“ und „Jahnstraße“ stechen ebenso in der Abbildung heraus, da sie eine geringe GFZ anzeigen und einen Vegetationsanteil von höchstens 50 %.

### **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 Rot und Rosa) 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](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/Functions/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
- HVBG (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation). (o. J.). Geodaten Online. Abgerufen 4. Juli 2024, von [https://gds.hessen.de/INTER-SHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de\\_DE/-/EUR/Default-Start](https://gds.hessen.de/INTER-SHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de_DE/-/EUR/Default-Start)
- 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](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.
- 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: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.....	11
Abbildung 6: Darstellung des Städtischen Wärmeinseleffekts – „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“ für die Gemeinde. Die Gesamtkarte des Kreises ist in der Stadtklimaanalyse Kreis Groß-Gerau zu finden.....	12
Abbildung 7: Diagramm mittlere Windgeschwindigkeit pro Jahr dargestellt auf der administrativen Fläche von Trebur (links) und des Landkreises Groß-Gerau (rechts oben) in 10 m Höhe über Grund.....	21
Abbildung 8: Windrose zur mittleren Anströmungsrichtung pro Jahr in 100 m Höhe über Grund für Trebur.....	22
Abbildung 9: Streudiagramm durchschnittliche Windgeschwindigkeit pro Monat und Stunde für Trebur mit $1 = 5,7 \text{ m/s}$ in 100 m Höhe über Grund.....	22
Abbildung 10: 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. ....	24
Abbildung 11: 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. ....	25
Abbildung 12: 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. ....	26
Abbildung 13: 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. ....	33
Abbildung 14: 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. ....	34
Abbildung 15: 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. ....	35
Tabelle 1: Übersicht Trebur - 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. ....	17