

Stadtklimaanalyse Fürstentfeldbruck

KURZBERICHT



BPI

Burghardt und Partner, Ingenieure



Fürstentfeldbruck
Stadt · Land · Fluss

APRIL 2024

Einleitung

Die zunehmende Temperaturverschiebung und insbesondere die Zunahme der sogenannten Ereignistage, wie bspw. die SOMMERTAGE ($LT_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$), die HEIßEN TAGE ($LT_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) sowie die TROPENNÄCHTE ($LT_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$), rücken immer stärker in den Fokus der Stadtplanung. Insbesondere durch die Akkumulation der Wärme innerhalb des urbanen Umfelds kann es bereits in mittelgroßen Städten zur Ausprägung von städtischen Wärmeinseln (siehe Abbildung 1) kommen. Diese führen wiederum zur verstärkten thermischen Beeinflussung von Baustrukturen (und Infrastruktur) sowie zu der bioklimatischen Belastung für Menschen, Tiere und Pflanzen. In Anbetracht der weiter voranschreitenden Klimaveränderung ist es daher eine wichtige Aufgabe der Kommunen, klimatische Aspekte bei der Stadtentwicklung systematisch zu berücksichtigen. Belastungen müssen durch eine vorausschauende Stadtplanung und die Umsetzungen von individuellen Klimaanpassungsmaßnahmen gezielt für das Umfeld abgebaut werden, während positive Effekte gefördert und erhalten werden müssen.

Die angewandte Stadtklimatologie befasst sich seit geraumer Zeit mit Analysemethoden [1; 2], die eine direkte Grundlage und einen Zugang für eine Vielzahl planerischer Fragestellungen bieten. Prinzipiell werden beim Stadtklima zwei Aspekte betrachtet, die Thermischen und die Dynamischen. Der Arbeitskreis der Umweltmeteorologen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (2018) [3] beschreibt das Stadtklima wie folgt:

„...ein ideales Stadtklima zeichnet sich durch eine möglichst große Inhomogenität mit einer charakteristischen Weglänge von 150 m und einem thermisch und lufthygienisch belastungsfreien Raum aus. Es soll die planerischen Absichten im Außenraum unterstützen...“

Demzufolge bietet ein heterogenes Mikroklima mehr Freiraum für die individuelle Anpassung von Menschen, Tieren und Pflanzen an ihre städtische Umwelt, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, stadtklimatische Belange mit planerischen Zielen in Einklang zu bringen.

Im stadtplanerischen Kontext wird zwischen mehreren Planungsebenen unterschieden. In Abhängigkeit der gewählten Planungsebene finden sich wiederum unterschiedliche klimatische Einordnungen (= klimatische Planungsebenen) (siehe Abbildung 2), die es zu beachten gilt. So bewegt sich ein Flächennutzungsplan im mesoklimatischen Bereich, wohingegen Einzelgebäude oder Gebäudegruppen sich auf der Ebene des Mikroklimas wiederfinden. Bebauungspläne liegen, je nach Flächenumgriff, zwischen diesen beiden Ebenen und werden dem Lokalklima zugeordnet.

Trotz der direkten und indirekten Wechselbeziehungen der einzelnen stadtklimatischen Ebenen muss dennoch eine strikte fachliche Trennung erfolgen. So kann z.B. eine gesamtstädtische mesoklimatische Analyse nicht auf einen Objektplan gezoomt und angewendet werden. Dies ergibt sich zum einen aus den unterschiedlichen Auflösungen (Rastergrößen) und zum anderen aus den unterschiedlichen klimatischen Fragestellungen, unter deren Aspekten die jeweiligen Klimaanalysen durchgeführt werden (siehe Abbildung 2). Ebenso kann die erforderliche Datenbasis in Abhängigkeit der klimatischen Planungsebene variieren.

Um ein Gesamtbild einer stadtklimatischen Situation darstellen zu können, ist eine mesoskalige Analyse notwendig. Die Ergebnisse der Analyse werden als Klimaanalysekarte dargestellt und geben Aufschluss über die Verteilung verschiedener Klimatope (Flächen, die sich durch bestimmte klimatische Eigenschaften charakterisieren lassen) sowie über den Einfluss der regionalen Belüftungssituation, auch können für die Stadtentwicklung wichtige Empfehlungen

erarbeitet werden. Sollten sich hierbei bereits einzelne „Hotspots“ herauskristallisieren, so können diese nachfolgend, unter Zuhilfenahme mikroklimatischer, numerischer Simulationen, genauer untersucht werden, um detaillierte Maßnahmen zu erarbeiten.

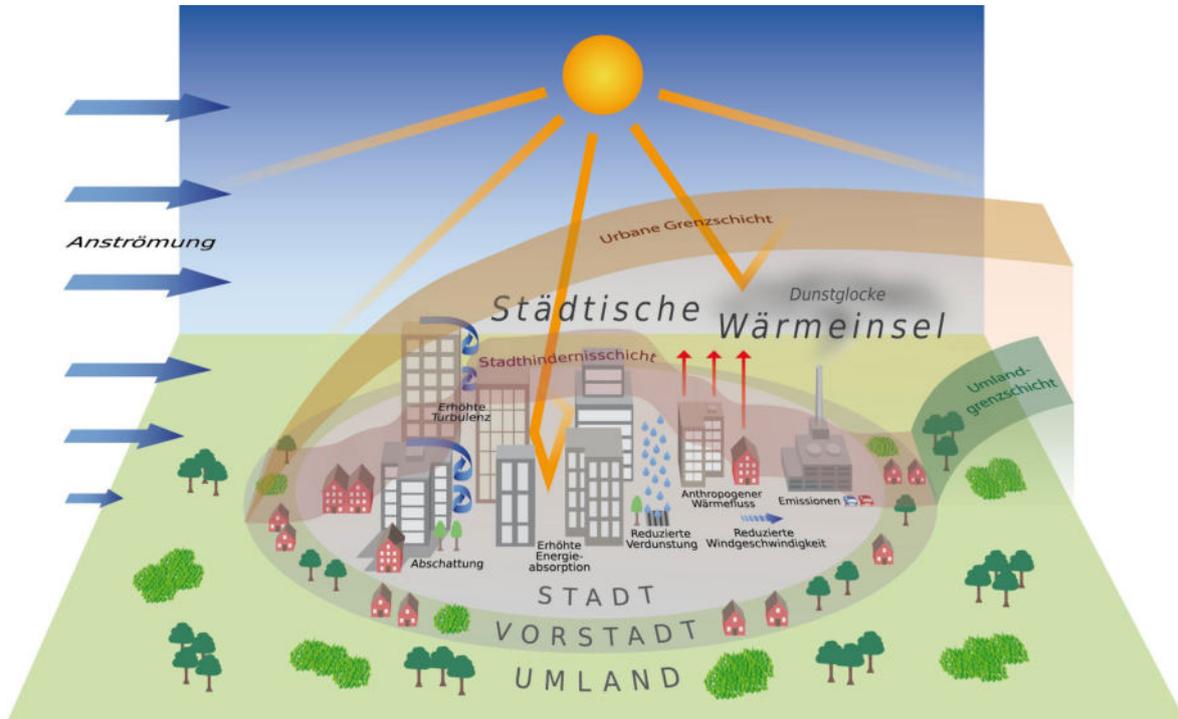


Abbildung 1: Darstellung unterschiedlicher temperaturrelevanter Faktoren und Effekte im urbanen Raum, die zur Ausprägung der städtischen Wärmeinsel beitragen [4]

administrativer Bezug	Planungsebene	klimatische Fragestellung	Auflösung (Rastergöße)	klimatische Einordnung
Region 	Regionalplan > M 1: 100.000	regionale Luftaustauschprozesse und Klimafunktionen	100m	Mesoklima ↓
Stadt 	Flächennutzungsplan > M 1: 10.000	Wärmeineleffekt, Belüftungsstrukturen (Rauigkeiten)	25 - 50m	
Ortsteil 	Bebauungsplan M 1: 5.000	Übergang von Klimatop- zu Mikroklimaanalyse	10m	
Block 	Bebauungsplan M 1:1.000	Mikroklimatische Untersuchungen, thermischer Komfort	2 - 5m	Mikroklima ↓
Gebäude 	Bauplan/Objekt M 1:200	Strahlungs- und Gebäudeströmungen	>0 - 2m	↓ 

Abbildung 2: Die unterschiedlichen Planungsebenen mit ihrem administrativen Bezug sowie den korrespondierenden klimatischen Fragestellungen und den möglichen Auflösungen

Methodisches Vorgehen

Die Technik der Erstellung einer Klimaanalysekarte (früher Klimafunktionskarte) hat sich seit Anfang der 1970er dahingehend verändert, dass durch den Einsatz moderner Geoinformationssysteme (GIS) wesentliche Verbesserungen in der Erfassung der klimatischen Wechselbeziehungen möglich wurden. Obwohl national wie auch international keine einheitlichen Standards zur Herleitung einer Klimaanalysekarte existieren, ist die Verschneidung zuvor erfasster stadtklimatischer Einflussgrößen, mit dem Ziel der Klimatopausweisung und -evaluierung, anerkannte wissenschaftliche Praxis [2; 5–9]. Insbesondere mit dem umfassenden Werk „The Urban Climatic Map“ [10] wurde die internationale und nationale Verbreitung und Erstellung moderner Klimaanalysekarten innerhalb des GIS thematisiert (siehe Abbildung 3). Die flächendeckende Berechnung des thermischen Komforts geschieht ebenfalls auf Basis einer evaluierten Methode [11].

Auf dieser fachlichen Basis erfolgt die Analyse einzelner klimatisch relevanter Größen, die Berechnung der Klimaanalysekarte sowie die Entwicklung der Planungshinweiskarte innerhalb eines Geoinformationssystems (hier ArcGIS Pro der Firma Esri). Einzig die Kaltluftsimulation erfolgt außerhalb des GIS mithilfe des numerischen Simulationsprogramms KLAM_21 des DWD. Die Ergebnisdaten der Kaltluftsimulation werden zur weiteren Bearbeitung bzw. Integration in die Stadtklimaanalyse ins GIS überführt.

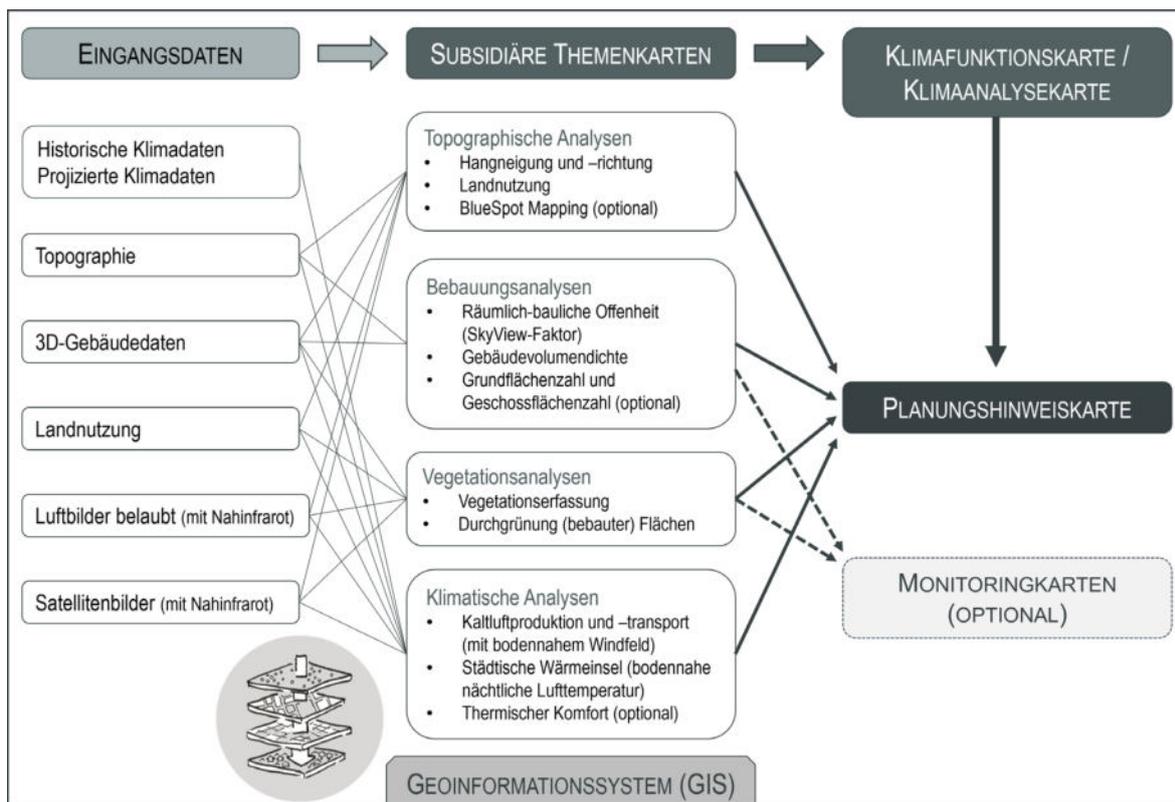


Abbildung 3: Schematische Darstellung zur Erstellung und zum Aufbau einer Stadtklimaanalyse.

Eine Auflösung von 10x10 m für die Klimaanalyse- und die Planungshinweiskarte wird garantiert. Hinsichtlich der unterschiedlichen subsidiären Themenkarten (klimatisch-planerische Analysen) werden höhere Auflösungen im Bereich von 1 m und <1 m erzielt. Die Analyse der Kaltluft erfolgt hier mit einer Auflösung von 5 m. Der Umgriff für die unterschiedlichen Analysen wird themenbezogen ausgewählt. Hinsichtlich der Kaltluftanalyse wird für die Simulation am

weitesten über den administrativen Bereich der Stadt Fürstfeldbruck hinausgegangen, da angrenzende naturräumliche Gegebenheiten (Relief, Rauigkeit) oder Siedlungsstrukturen einen starken Einfluss auf die Kaltluftentstehung und den -transport haben.

Eine Stadtklimaanalyse sollte, auf Grund der fortschreitenden städtebaulichen Entwicklung, aber auch dem ständigen Update der typischen Eingangsdaten sowie der Weiterentwicklung von Analysemethoden alle fünf bis maximal zehn Jahre fortgeschrieben werden. Ausnahmen stellen hierbei die Monitoring Karten dar, die in beliebig kürzeren Abständen nach einer standardisierten Methode aktualisiert werden können, wodurch städtebauliche Entwicklungstendenzen (z.B. Erhöhung / Stagnation / Reduktion des Vegetationsanteils) auch abgekoppelt von einer Stadtklimaanalyse aufgezeigt werden können.

Da die Verwaltung und Verarbeitung der Daten über das Geoinformationssystem bzw. subsidiär durch lizenzierte und zertifizierte Fachprogramme erfolgt, die in die GIS-Umgebung eingebunden sind, liegen auf diese Weise final alle, für die Stadtklimaanalyse verwendeten Daten innerhalb des GIS vor und können am Ende beliebig für Geoportale oder ein verwaltungsinernes GIS ausgespielt werden.

Finale werden im Rahmen der Stadtklimaanalyse folgende Karten- und Planwerke zur Verfügung gestellt, die im klimatischen Betrachtungskontext aber auch separat und individuell verwendet werden können da sie selbsterklärend sind.

- Landnutzung und GRZ
- Baulich-räumliche Offenheit (SkyView Faktor)
- Baumassenvolumendichte
- Vegetationserfassung
- Vegetationsstatistik
- Kaltluftentstehung und -transport in 10 Zeitschnitten (15min., 30min., 1Std. – 8Std.)
- Städtischer Wärmeinseleffekt – bodennahe nächtliche Lufttemperatur
- Städtischer Wärmeinseleffekt – potentielle bodennahe nächtliche Lufttemperatur ZUKUNFT
- Hitzevulnerabilität
- Klimaanalysekarte
- Planungshinweiskarte

Klimatischer IST-Zustand Fürstenfeldbruck

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

Historischer klimatischer Bestand

Die regionale, klimatische Gliederung von Fürstenfeldbruck im langjährigen Mittel (1991-2020) charakterisiert sich nach Daten des DWD durch ein subkontinentales Klima. Die Einteilung der verschiedenen Klimata bezieht sich auf die thermoklimatischen Schwankungen, d.h. die Differenz zwischen dem monatsgemittelten Temperaturminimum im Winter und dem Temperaturmaximum im Sommer. Diese liegen im Bereich der Gemarkung Fürstenfeldbruck bei 18,5 °C zwischen dem kühlgsten Monat Januar und dem wärmsten Monat Juli, und ist demnach mit einem subkontinentalen Klima übereinstimmend.

Neben der thermoklimatischen Typisierung können außerdem die niederschlagsbezogenen pluvioklimatischen Typisierungen berücksichtigt werden. Die Stadt Fürstenfeldbruck wird als „niederschlagsnormal“ typisiert, wobei die Region unmittelbar am nördlichen Rand der niederschlagsbegünstigten Voralpen liegt.

Ferner wurden beide klimatischen Parameter (für zwei langjährige Mittel) auch für das Verwaltungsgebiet von Fürstenfeldbruck ausgewertet (siehe Diagramm 1). Beim Vergleich der zwei langjährigen Mittel ergeben sich moderate Veränderungen.

Die kontinentalklimatischen Schwankungen der Lufttemperaturen sind in den letzten 20 Jahren ähnlich geblieben, verzeichnen jedoch im jüngeren langjährigen Mittel durchgehend höhere Temperaturen.

Die Jahresniederschlagssumme ist im Vergleich der langjährigen Bilanz leicht rückläufig. Die klimatische Wasserbilanz fasst die thermischen und niederschlagsbezogenen Einflüsse zusammen und veranschaulicht, wie viel Wasser nach Verdunstung langfristig für Natur und Mensch erhalten bleibt, wodurch dieser Parameter sowohl für die Landwirtschaft, aber auch für die städtische Vegetation und Grünstrukturen relevant ist.

Da die Betrachtung der durchschnittlichen Monatstemperaturen nur wenig Aussagekraft zu den täglichen Spitzenbelastungen besitzt, werden mit klimatischen Kenntagen (SOMMERTAGE, HEIßE TAGE, TROPENNÄCHTE, FROSTTAGE, EISTAGE) zusätzliche Aussagen zu lokaltypischen Klimacharakteristika getroffen.

SOMMERTAGE, HEIßE TAGE und TROPENNÄCHTE treten vor allem in den Monaten Juni, Juli und August auf und geben besonders hohe thermische Belastungen an. Die Anzahl dieser Ereignistage hat sich in den vergangenen Jahren kontinuierlich erhöht (siehe Diagramm 2; Tabelle 1) und bestätigt auch für Fürstenfeldbruck die allgemeine Tendenz, dass speziell in den Sommermonaten mit extremer werdenden Belastungen zu rechnen ist [12].

Während die hitzebezogenen Ereignistage i.d.R. einen direkten Effekt auf die Bevölkerung haben, ist das Ausbleiben von kältebezogenen Ereignistagen (siehe Diagramm 2; Tabelle 1) für die Bevölkerung eher indirekt spürbar (Vegetationszyklen, Schädlingswellen etc.) [13].

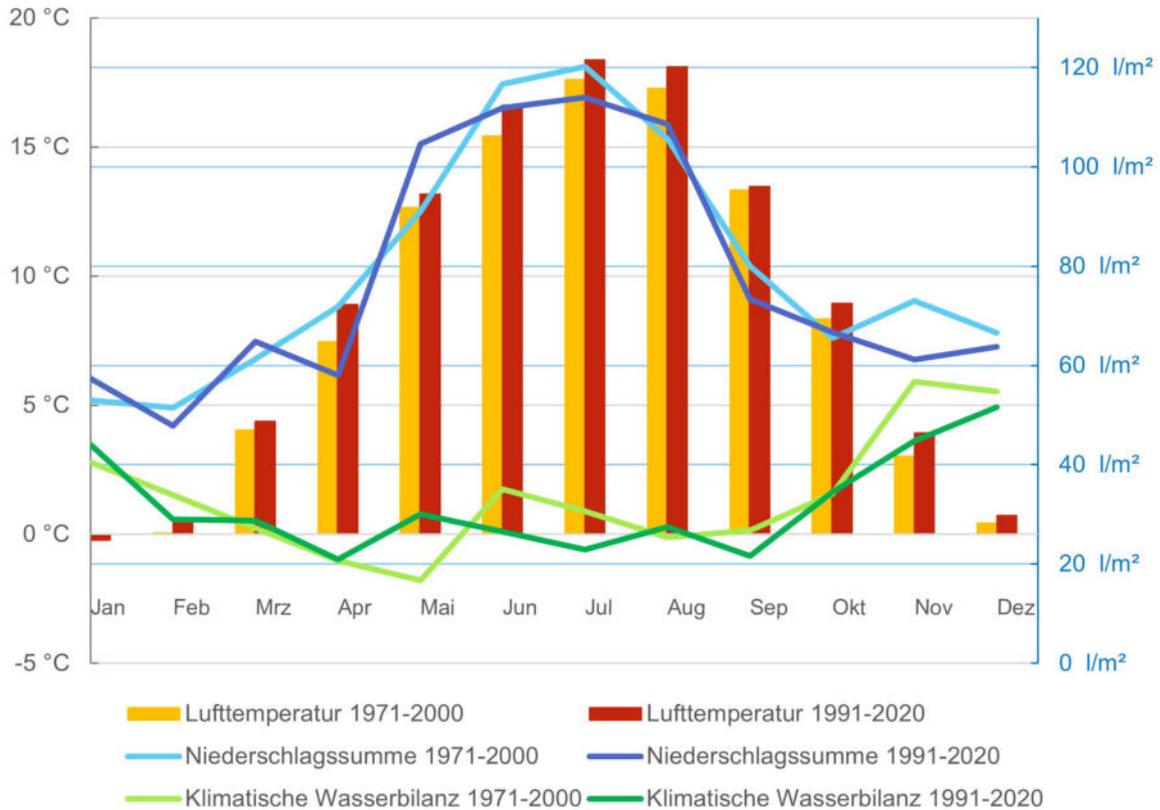


Diagramm 1: Monatlich gemittelte klimatische Parameter (Lufttemperatur [°C] 2 m über Grund, Niederschlagssumme [l/m²] und klimatische Wasserbilanz [l/m²]) für die langjährigen Mittel (1971-2000 und 1991-2020) innerhalb der Verwaltungsgrenzen der Stadt Fürstenfeldbruck.

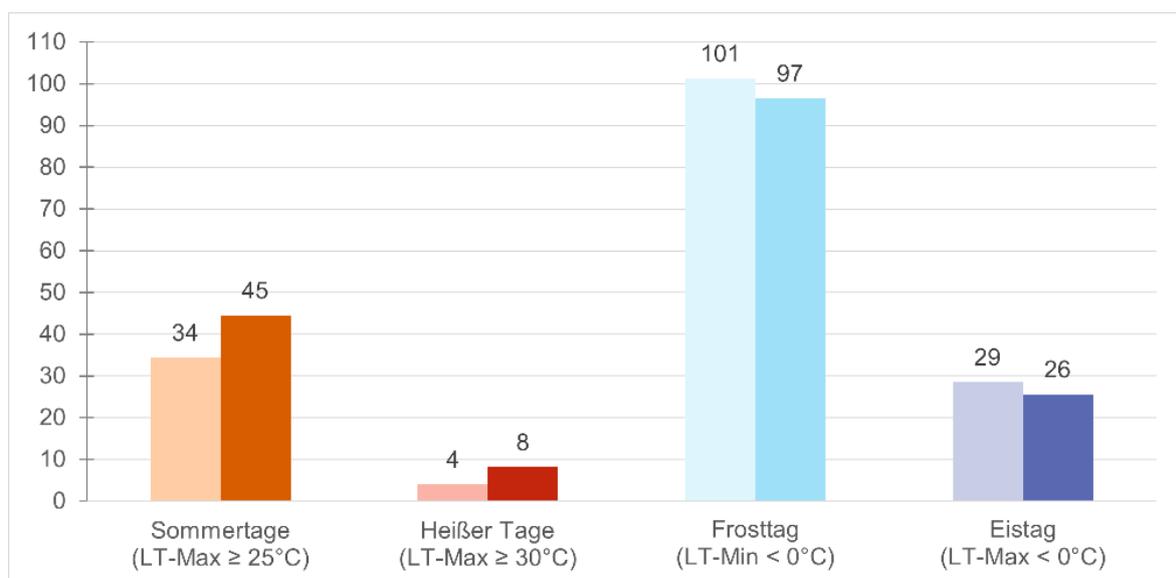


Diagramm 2: Auswertung der jährlichen klimatischen Kenntage innerhalb der Verwaltungsgrenzen der Stadt Fürstenfeldbruck für die langjährigen Mittel 1971-2000 (jeweils die linke Säule, helle Farbe) und 1991-2020 (jeweils die rechte Säule, dunkle Farbe)

Tabelle 1: Übersicht zu den ausgewerteten klimatischen Parametern innerhalb der Verwaltungsgrenzen der Stadt Fürstentfeldbruck für die historischen 30-jährigen Mittel 1971-2000 und 1991-2020 sowie im deutschlandweiten Vergleich.

Fürstentfeldbruck		Historischer Zeitraum		
Zeitraum	1971 bis 2000	1991 bis 2020	Vergleich 30-jährige Mittel	Deutschland 1991 bis 2020
Ø Temperatur	30 Jahre	30 Jahre	50 Jahre	30 Jahre
Temperatur [°C] Gesamtjahr	8,2 °C	8,9 °C	Zunahme +0,7 °C	9,2 °C
Temperatur [°C] Sommermonate (JJA)	16,8 °C	17,7 °C	Zunahme +0,9 °C	17,6 °C
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	8,6 °C	8,8 °C	Zunahme +0,2 °C	8,3 °C
Ø Tage/Jahr				
Anzahl Sommertage (T _{MAX} ≥ 25 °C)	34	45	Zunahme +10	41
Anzahl Heiße Tage (T _{MAX} ≥ 30 °C)	4	8	Zunahme +4	9
Anzahl Tropennächte (T _{MIN} ≥ 20 °C)	-	-	-	-
Anzahl Frosttage (T _{MIN} < 0 °C)	101	97	Abnahme -5	84
Anzahl Eistage (T _{MAX} < 0 °C)	29	26	Abnahme -3	20
Ø Niederschlag				
Niederschlag [l/m ²]	955 l/m²	931 l/m²	Abnahme -24 l	583 l/m ²
Niederschlag [l/m ²] Sommermonate (JJA)	344 l/m²	336 l/m²	Abnahme -8 l	178 l/m ²
Niederschlag [l/m ²] Wintermonate (DJF)	171 l/m²	169 l/m²	Abnahme -2 l	188 l/m ²
Δ = Sommermonate - Wintermonate	173 l/m ²	167 l/m ²	Abnahme -6 l	-10 l/m ²
Ø Kl. Wasserbilanz				
Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Gesamtjahr	357 l/m²	363 l/m²	Zunahme 6 l/m²	-55 l/m ²
Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Sommermonate	92 l/m²	78 l/m²	Zunahme -14 l	-68 l/m ²
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	309 l/m²	285 l/m²	Abnahme -24 l/m²	13 l/m ²

Die Windverhältnisse und insbesondere die Windrichtungen und -geschwindigkeiten in Fürstenfeldbruck werden nachfolgend dargestellt. Im durchschnittlichen Jahresmittel (1980-2000) ergeben sich für den Siedlungsraum Windgeschwindigkeiten um 2 m/s auf 10 m Höhe (siehe Abbildung 4).

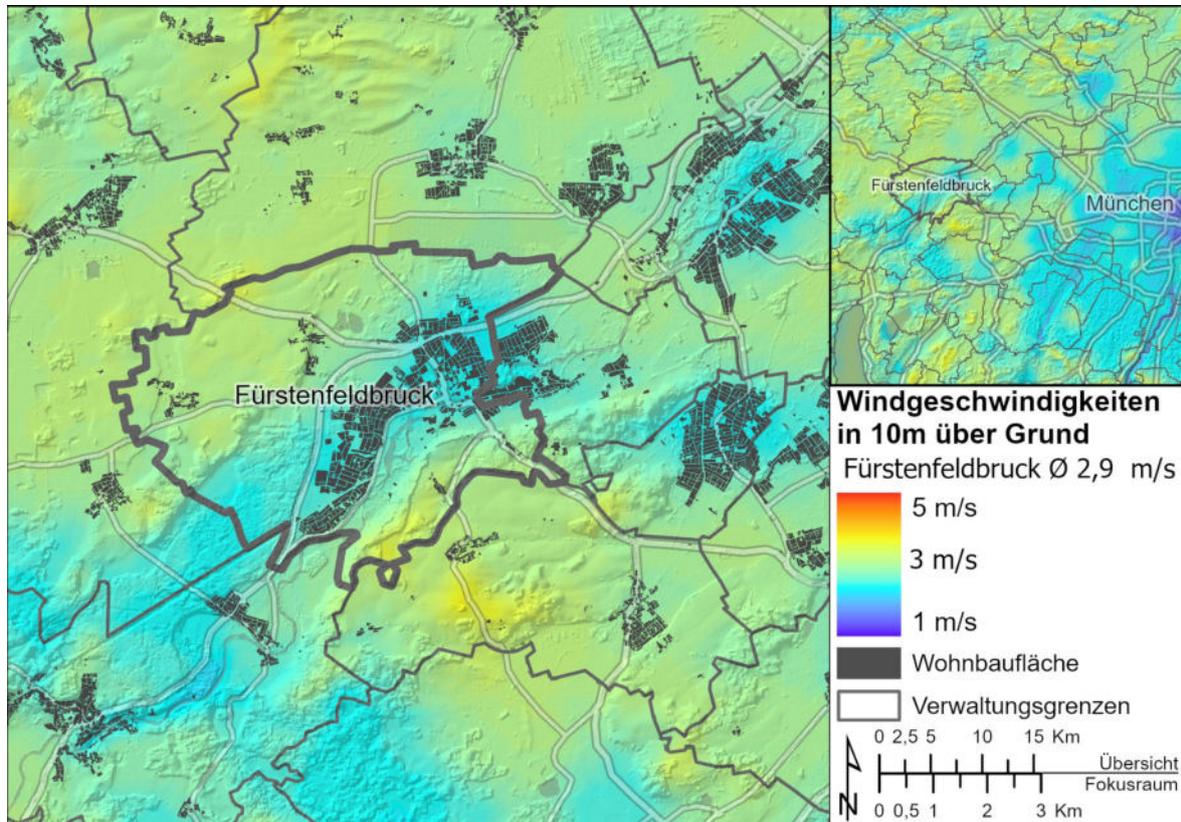


Abbildung 4: Darstellung der lokalen (Fokusraum) und regionalen (Übersicht) Windverhältnisse des Untersuchungsgebietes Fürstenfeldbruck für das langjährige Mittel 1980-2000.

Tabelle 2: Übersicht zu den ausgewerteten DWD-Stationsdaten (01515 Fürstenfeldbruck) im langjährigen Mittel, saisonal und nach den Tageszeiten aufgeteilt.

SAISON / ZEIT	HAUPTANSTRÖMUNG	ERGÄNZENDE KOMPONENTE
Winter (Tag)	West mit Westsüdwest	Ostnordost mit Ost
Winter (Nacht)	Westsüdwest mit West	Ost mit Ostnordost und Nord
Frühling (Tag)	West mit Westnordwest und Westsüdwest	Ostnordost / Ost
Frühling (Nacht)	Westsüdwest mit West	Ostnordost / Ost und Nord
Sommer (Tag)	West mit Westnordwest und Westsüdwest	Ostnordost / Ost
Sommer (Nacht)	Westsüdwest mit West	Nord und Ostnordost / Ost
Herbst (Tag)	West mit Westsüdwest und Westnordwest	Ostnordost / Ost
Herbst (Nacht)	Westsüdwest mit West	Ost mit Ostnordost und Nord

Die Windrichtung und -geschwindigkeit variieren zwischen den Tageszeiten (mit und ohne thermischer Strahlungsantrieb) sowie den saisonalen Gegebenheiten. Tabelle 2 zeigt die ausgewerteten täglichen und saisonalen Hauptanströmungsrichtungen (DWD-Station Fürstentfeldbruck 1975-1991) und Diagramm 3 exemplarisch für die typischerweise windschwächeren Sommermonate und zusätzlich die vorherrschenden Windgeschwindigkeiten.

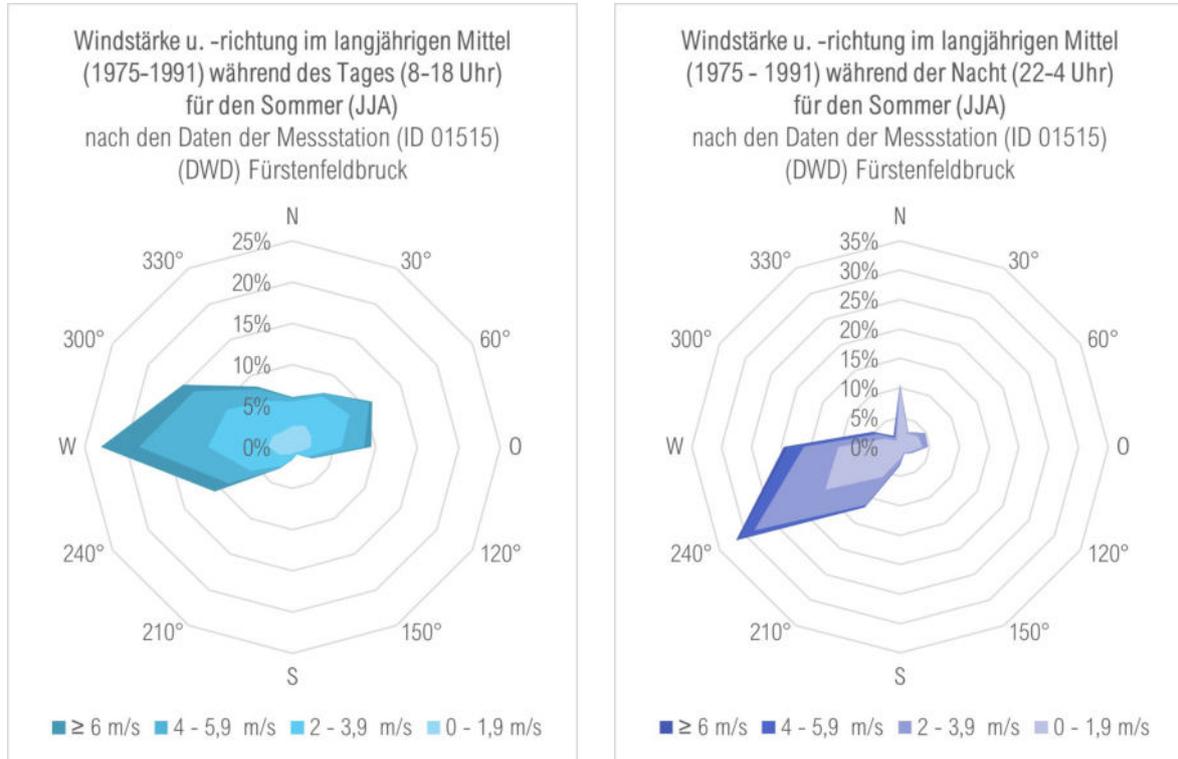


Diagramm 3: Darstellung der ausgewerteten Daten der DWD-Station als Windrose für die Sommermonate (Juni, Juli, August) und getrennt in Tag (08-18 Uhr, links) und Nacht (22-04 Uhr, rechts).

Klimatisch-planerische Analysen (subsidiäre Themenkarten)

Die nachfolgend genannten subsidiären Themenkarten (siehe Tabelle 3) dienen zum einen als Grundlageninformationen zur Erstellung der Klimaanalysekarte und der Planungshinweiskarte, zum anderen generieren sie themenbezogenen substantiellen Mehrwert, der aber nicht zwingend rein klimabezogene Informationen enthalten muss. Ferner dienen die Kartenwerke als Unterstützung bei der tiefergehenden Interpretation der Klimaanalyse und vor allem der Planungshinweiskarte. Die Auflösung der einzelnen Themenkarten variiert und ist von der Auflösung der Eingangsdaten abhängig, i.d.R. liegen die Auflösungen im Bereich von 1 Meter und darunter.

Nachfolgend werden einzelne Themenkarten (fett geschrieben) auszugsweise vor- und dargestellt. Alle subsidiären Themenkarten liegen außerdem mit ihrer technischen Beschreibung als separate Karten vor.

Tabelle 3: Übersicht und Kurzbeschreibung zu den im Rahmen der Stadtklimaanalyse erstellten subsidiären Themenkarten. Alle fett geschriebenen Karten werden nachfolgend auszugsweise vorgestellt und beschrieben.

Landnutzung und Grundflächenzahl	Vermittelt ein grundlegendes Bild des urbanen und ruralen Raums auf Basis der administrativen Landnutzungsklassen / Landnutzungskartierungen.
Baulich-räumliche Offenheit (SkyView Faktor)	Beschreibt die horizontale und vertikale Offenheit (sichtbarer Bereich des Himmels) über einem bestimmten Beobachtungspunkt. Fließt bspw. in die Simulation der bodennahen Lufttemperatur mit ein.
Vegetationserfassung	Erfassung der vitalen vorhandenen Vegetationsstrukturen für den gesamten Untersuchungsraum über eine Nahinfrarot- (NDVI) sowie eine Sichtbildanalyse
Kaltluftentstehung und -transport	Simulation der Kaltluftentstehung und des -transports über acht Stunden in einer austauscharmen Sommernacht. Zur besseren Betrachtung der Verlaufs- bzw. der Ausbreitung der Kaltluft werden insgesamt 10 Zeitschnitte erstellt (15min., 30min. und stündlich). Das bodennahe nächtliche Windfeld fließt bspw. in die Simulation der bodennahen Lufttemperatur mit ein.
Nächtliche bodennahe Lufttemperatur	Simulation der bodennahen (2 m über Grund) nächtlichen Lufttemperatur zur Darstellung des Städtischen Wärmeinsel-Effekts.
Monitoring: Vegetationsstatistik	Als Monitoring-Instrument wird eine standardisierte Sonderkarte, basierend auf den Ergebnissen der Vegetationserfassung, erstellt, die die Änderungen im Vegetationsbestand sichtbar und auswertbar macht.
Potentielle nächtliche bodennahe Lufttemperatur Zukunft	Simulation der bodennahen (2 m über Grund) nächtlichen Lufttemperatur zur Darstellung des Städtischen Wärmeinsel-Effekts. Mit dem Klimasignal des RCP 8.5 für das 30-jährige Mitte 2056-2085.

Kaltluftentstehung und -transport

Die Simulation der nächtlichen Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes (bodennahes nächtliches Windfeld) geschieht mithilfe des numerischen Kaltluftsimulationsprogramms „Klam_21“ des Deutschen Wetterdienstes (Version 2.012). Die Berechnung basiert auf der Landnutzung, der Bebauungsstruktur sowie der Topographie. Ausgegangen wird von einer austauscharmen sommerlichen Strahlungsnacht (ohne regionale Anströmung), mit einem Simulationsbeginn nach Sonnenuntergang und einer Simulationsdauer von acht Stunden. Insgesamt werden 10 Zeitschnitte angefertigt, um die voranschreitende Dynamik der Kaltluftentstehung und des -transportes abzubilden.

Kaltluft bildet sich ausschließlich in den Nachtstunden, vorzugsweise während Strahlungsnächten (wolkenlos), über unversiegelten Offenlandflächen (i.d.R. im Außenbereich) ohne bzw. mit niedriger Vegetation. Der Kaltlufttransport folgt entweder der vorherrschenden Topographie oder dem sensiblen lokalen Flurwindssystem. Innerstädtische Frei- und Grünflächen fördern die lokale Kaltluftproduktion und können, je nach Lage und Ausrichtung, das Eindringen des Kaltluftabflusses in den Siedlungsraum unterstützen. Der in seiner Intensität variierende Kaltlufttransport (m/s) wird über Vektoren und die Kaltluftschichten, abhängig von ihrer Höhe bzw. Dicke (m), mittels verschiedenfarbiger Flächen dargestellt. Die Darstellung der Windfeldvektoren erfolgt erst ab einer Windgeschwindigkeit von mehr als 0,05 m/s.

Zusätzlich wird der Kaltluftvolumenstrom ($\text{m}^3/\text{m}^*\text{s}$) berechnet, der aber der Übersichtlichkeit halber nicht in den Themenkarten, sondern in der Klimaanalysekarte dargestellt wird.

Nachfolgend werden exemplarisch nur Auszüge von drei Zeitschnitten (jeweils nach der 1., 3. und 8. Simulationsstunde) dargestellt, welche aber die Dynamik der Kaltluftentstehung und des -transportes (unterschiedliche Zeitpunkte wann Gebiete überströmt werden) über die gesamte Nacht hinweg verdeutlichen.

Eine Stunde (siehe Abbildung 5) nach Sonnenuntergang liegt die Kaltluftschichtdicke im Gemeindegebiet zwischen 0 m und maximal 35 m. Der Großteil des unbebauten Außenraums weist bereits eine Kaltluftschichtdicke von etwa 20 m auf, die je nach den topographischen Gegebenheiten (Kaltluftabfluss entlang der Topographie) des Freiraums variiert. Die höchsten Kaltluftschichtdicken (rd.30 m) stauen sich westlich der Stadt im Gebiet der ehemaligen Tagebauten sowie den topographischen Senken bei den Gemeindeteilen AICH und GELBENHOLZEN. Die Kaltluft, die über die westlich und südöstlich der Stadt gelegenen Hänge in das Umland abfließt, dringt zu diesem Zeitpunkt noch nicht weit in den bebauten Raum ein. Die Kaltluftschichtdicke beträgt in der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK zu diesem Zeitpunkt 0 m, und auch in den Gemeindeteilen PUCH, Neu-LINDACH, HASENHEIDE, BUCHENAU und GELBENHOLZEN hat die Kaltluft die Ortszentren noch nicht erreicht.

Die Kaltluft wird mit Strömungsgeschwindigkeiten von $< 0,1$ m/s bis maximal 1,25 m/s dem bodennahen nächtlichen Strömungsfeld folgend, durch den Raum transportiert. Den topographischen Gegebenheiten nach entwickeln sich entsprechend verschiedene Strömungsrichtungen heraus. Ein topographischer Rücken verläuft zwischen der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK und den Gemeindeteilen AICH durch PUCH hindurch. Die Kaltluft strömt den Hang beidseitig in Richtung Nordwest und Südost hinunter, wo sie sich im Westen und Norden zu einem

Kaltluftstrom zusammenschließt, der über LINDACH in Richtung des EHEMALIGEN FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK strömt, und andererseits über die Hangkuppe in Richtung Osten auf den Siedlungsraum der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK zufließt.

Die so aus Westen auf das Stadtgebiet treffende Kaltluft prallt auf die Stadtränder und dringt langsam in den Siedlungsraum vor. Südlich der Stadt verbindet sich die Kaltluft mit einem über die AMPER verlaufenden Kaltluftstrom, der zusätzlich über die Hangbereiche südwestlich von GELBENHOLZEN gespeist wird. Von dort aus trifft die Kaltluft direkt auf den an der AMPER gelegenen Innenstadtbereich. Durch die Kaltluft, die mit erhöhten nächtlichen Windgeschwindigkeiten ($< 0,75 \text{ m/s}$ - $< 1,25 \text{ m/s}$) durch die topographische Senke bei GELBENHOLZEN in Richtung FÜRSTENFELDBRUCK getragen wird, wird auch der südöstliche Raum der Stadt überströmt. Die Kaltluftschichtdicke beträgt hier rund 25 m.

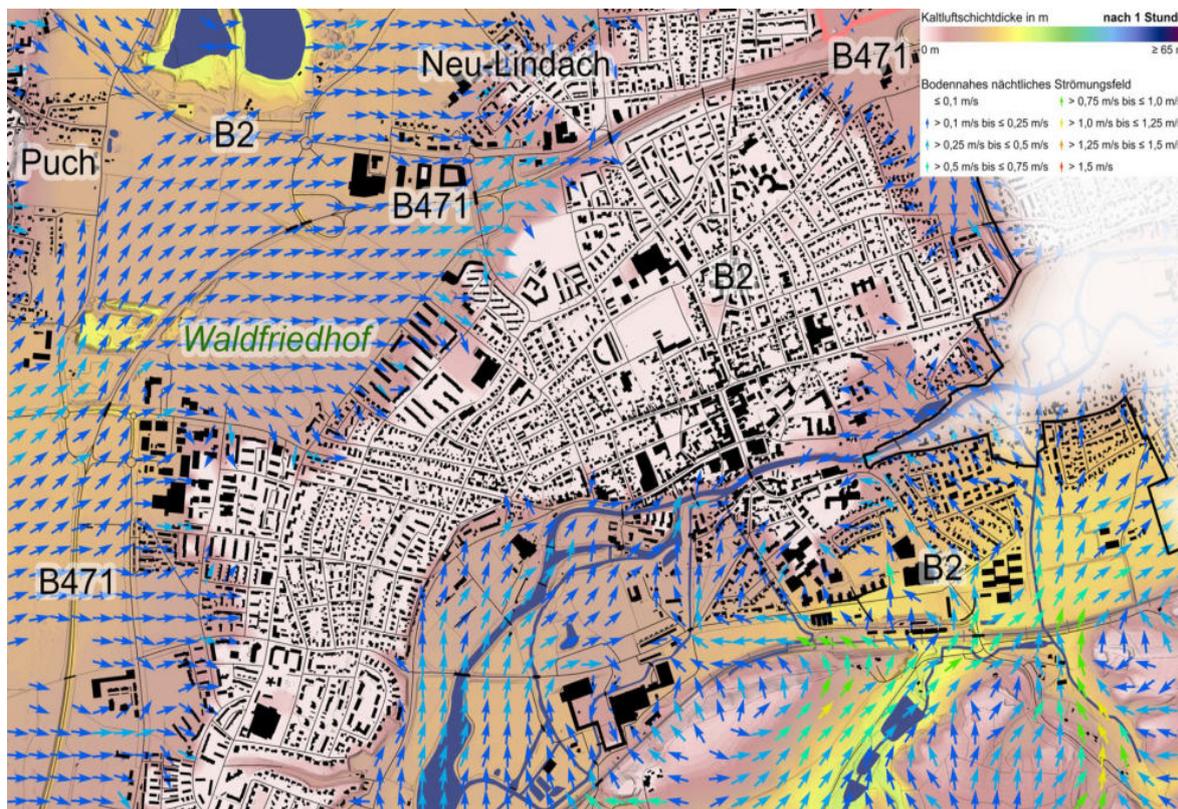


Abbildung 5: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 1. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.

Drei Stunden (siehe Abbildung 6) nach Sonnenuntergang ist nahezu das gesamte Gemeindegebiet mit Kaltluft überströmt. Ausgenommen bleibt weiter der innerstädtische Bereich FÜRSTENFELDBRUCKS. Von 0 m bis rund 50 m sind nun unterschiedlichste Kaltluftschichtdicken im Gemeindegebiet vertreten. Die Windgeschwindigkeiten schwächen sich gegenüber den Vorstunden leicht ab und liegen hauptsächlich bei $< 0,1 \text{ m/s}$ bis $0,5 \text{ m/s}$. Der Kaltluftstrom, der sich aus der von den westlichen Hängen abströmenden und aus südlicher Richtung stammenden Kaltluft speist, wird über den südlichen Tagebau und den WALDFRIEDHOF in Richtung Stadtzentrum FÜRSTENFELDBRUCK getragen.

Acht Stunden (siehe Abbildung 7) nach Sonnenuntergang haben sich die Windgeschwindigkeiten weiter reduziert und die Kaltluftschichtdicken erhöht. Die geringste Kaltluftschichtdicke (bis 10 m) befindet sich auf dem Höhenzug südwestlich von GELBENHOLZEN, über dessen westliche Hänge noch Kaltluft mit erhöhten Windgeschwindigkeiten in Richtung AMPER und dem südlichen Siedlungsrand FÜRSTENFELDBRUCKS transportiert wird. Abgesehen von topographischen Höhenzügen und Kuppenlagen liegt die Kaltluftschichtdicke im Großteil des Untersuchungsraums bei rd. 50 bis 60 m, teilweise bei rd. 70 m (besonders in den Niederungen).

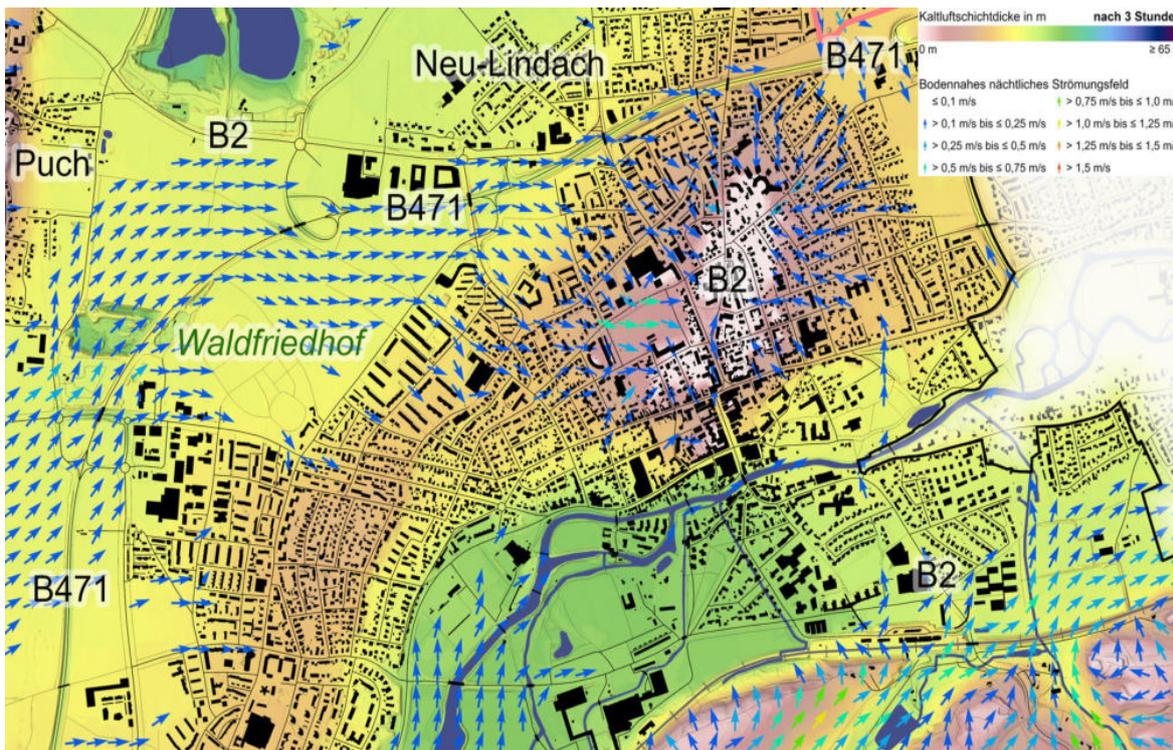


Abbildung 6: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 3. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor

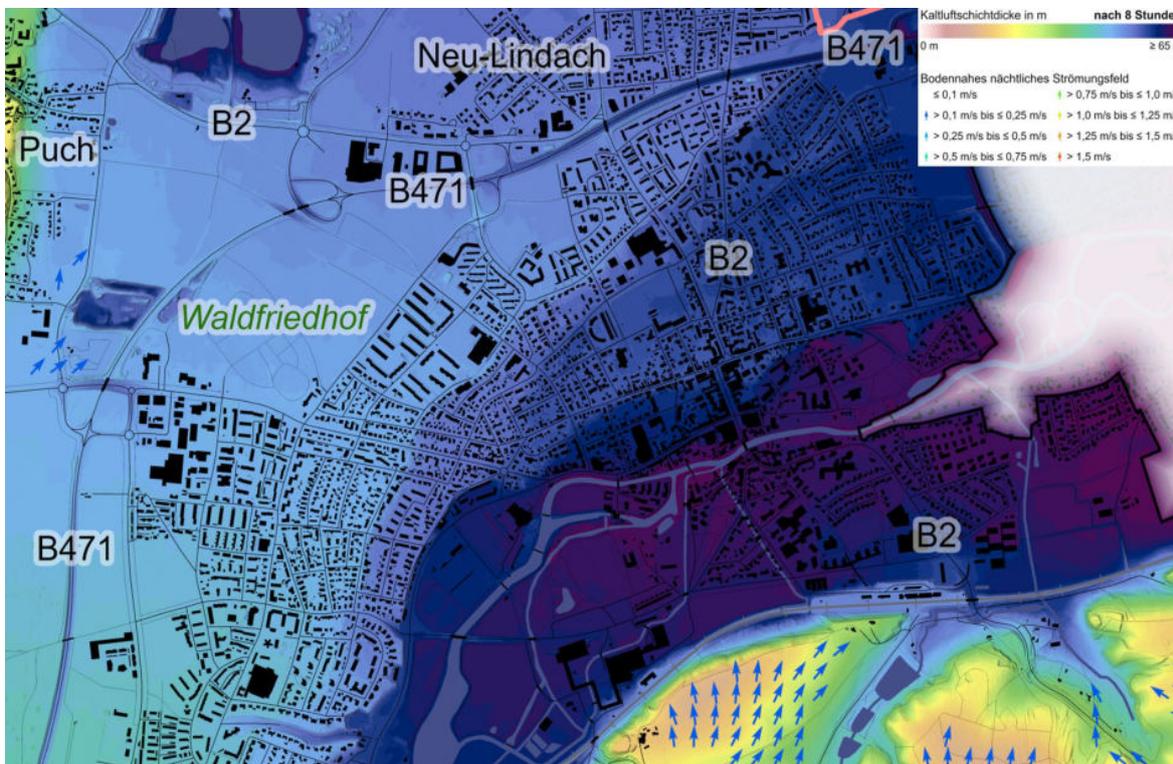


Abbildung 7: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 8. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor

Nächtliche bodennahe Lufttemperatur

Die bodennahe nächtliche Lufttemperatur wird rechnerisch für 04:00 Uhr nachts (UTC), während eines HEIßEN TAGES ($LT_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) berechnet. Prinzipiell ist eine Simulation für jede beliebige Uhrzeit möglich. I.d.R. stellt sich um 04:00 Uhr nachts (UTC) allerdings die stärkste Abkühlung im Offenland ein, wodurch der städtische Wärmeineffekt in Bereichen des überwärmten Siedlungsraums zu diesem Zeitpunkt am deutlichsten hervortritt.

Als Eingangsparameter für die anzunehmende Lufttemperatur im Außenbereich wird das Mittel der Tagesmaxima sowie der korrespondierenden Nachtminima für einen regionaltypischen HEIßEN TAGE der letzten 30 Jahre ermittelt.

Als Referenz dient hierfür der historische Datenbestand des DWDs. Entsprechend lässt sich ein typischer HEIßER TAG in der Region, während dem letzten 30-jährigen Mittel, mit einem Maximum von $31,6 \text{ °C}$ und einem Minimum der Lufttemperatur in der Nacht von $15,3 \text{ °C}$ im Außenbereich charakterisieren.

Für die lokaltypische Durchlüftung wird eine austauscharme Wetterlage ohne regionale Überströmung angenommen, in der eine Schwachwindsituation in Form des bodennahen Flurwindes dominierend ist. Entsprechend wird als Eingangsparameter für das bodennahe nächtliche Windfeld auf die, in den Kaltluftsimulationen, berechneten Windgeschwindigkeiten zurückgegriffen.

Im unbebauten Raum im Umfeld der Stadt FÜRSTENFELDBRUCK (siehe Abbildung 8) liegt die simulierte nächtliche bodennahe Lufttemperatur bei $15,3 \text{ °C}$. Der Übergangsbereich vom unbebauten Raum zum Siedlungsrandbereich weist höhere Temperaturen von 17 °C bis 18 °C auf. In den etwas abseits gelegenen Gemeindeteilen (z.B. AICH, PUCH, LINDACH, GELBENHOLZEN) werden aufgrund der geringen Flächengröße des Siedlungsraums anteilig größere Bereiche des bebauten Raums von derartigen Lufttemperaturen eingenommen. Auch im bzw. um den Bereich des EHEMALIGEN FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK im Nordosten des Gemeindegebietes dominieren wegen der dort größtenteils geringen baulichen Dichte Lufttemperaturen von $15,3 \text{ °C}$ (Bereich Flugfeld – unbebaut) bis 18 °C .

Mit zunehmender Bebauungsdichte und Versiegelung wird das Abkühlungspotenzial des Raums reduziert, was wiederum einen Anstieg der Lufttemperaturen bewirkt. Flächig stark ausgeprägt zeigt sich dies im städtischen Raum der Gemeinde, und in kleinerem Maßstab in den eher dörflich geprägten Siedlungsteilen. In der Stadt liegt die nächtliche bodennahe Lufttemperatur nahezu flächendeckend bei rd. 20 °C , wobei lokale Abweichungen von etwa 1 °C auftreten können. Ortsgebundene Anstiege der Lufttemperatur werden insbesondere in den örtlichen Industrie- und Gewerbegebieten sowie der Innenstadt verzeichnet. In den Industrie- und Gewerbegebieten an der LANDSBERGER STRAßE, den Bahngleisen und im Bereich HASENHEIDE liegen die erhöhten Lufttemperaturen (bis zu 22 °C) bereits oberhalb dem Schwellenwert für eine Tropennacht ($LT_{\min} \geq 20 \text{ °C}$). Die „höchsten“ Temperaturen ($22,7 \text{ °C}$) der Kernstadt werden im Kreuzungsbereich der SCHÖNGEISINGER STRAßE und der B 2 erreicht.

Statistisch betrachtet liegt das Temperaturmittel (um 04:00 h UTC) im bebauten Siedlungsraum (innerhalb 75 m zur nächsten Bebauung) bei 18,6 °C und damit unter dem Schwellenbereich einer Tropennacht.

Bezogen auf die Ausgangssituation bzw. Annahme eines regionaltypischen HEIßEN TAGES und den Schwellenwert der TROPENNACHT ergibt sich in der gesamtstädtischen Betrachtung, dass 15 % (Kleinkinder ≤ 4 Jahre) bzw. 12,3 % (Personen ≥ 60 Jahre) der hitzevulnerablen Altersklassen in potentiell nächtlich thermisch belasteten Gebieten wohnen.

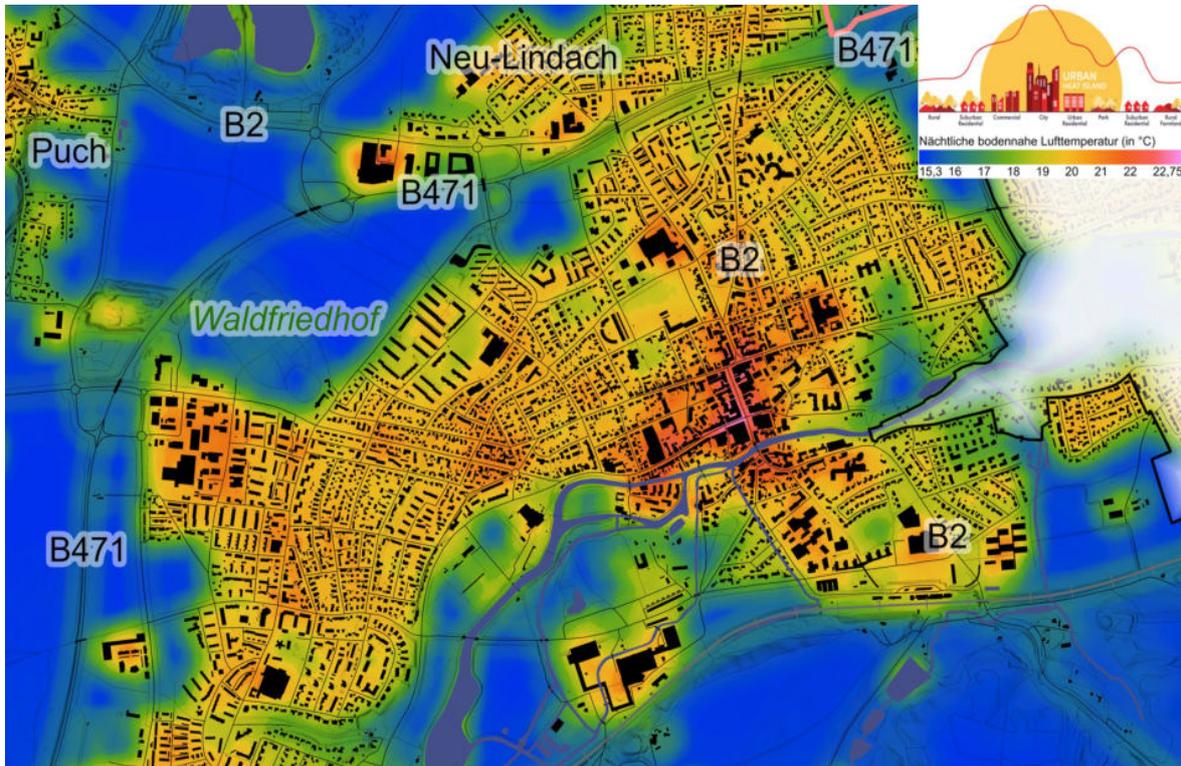


Abbildung 8: Auszug aus der Themenkarte NÄCHTLICHE BODENNAHE LUFTTEMPERATUR um 04:00 h (UTC), simuliert für einen regionaltypischen HEIßEN TAG. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.

Potentielle Nächtliche bodennahe Lufttemperatur ZUKUNFT

Für die Themenkarte Städtischer Wärmeineffekt Zukunft wurde die potentielle zukünftige nächtliche bodennahe Lufttemperatur simuliert. Die Methodik der Analyse entspricht der, der auf den klimatischen IST-Zustand bezogenen Themenkarte nächtliche bodennahe Lufttemperatur (vgl. oben). Verändert wurden jedoch klimabezogene Eingangsparameter.

Als Datenbasis für die klimatischen Eingangsdaten wurde das RCP 8.5-Szenario des Bayern Ensembles (vgl. Seite 25) zugrunde gelegt. Ein regionaltypischer HEIßER TAG des RCP 8.5 im 30-jährigen Mittel für 2056 bis 2085 ergibt für die Region Fürstenfeldbruck ein Maximum der bodennahen Lufttemperatur am Tag von 31,7 °C und ein nächtliches Minimum von 17,9 °C (im Außenbereich). Für die lokaltypische nächtliche Durchlüftung wird eine austauscharme Wetterlage ohne regionale Überströmung angenommen, in der eine Schwachwindsituation in Form des bodennahen Flurwindes dominierend ist.

Im Vergleich beider Karten (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9) zeigt sich, dass das durchschnittliche Temperaturmaximum an einem HEIßEN TAG mit einem Anstieg um +0,1 °C stabil ist. Dem entgegen nimmt das nächtliche Abkühlungspotential im Untersuchungsraum deutlich ab. Die durchschnittliche nächtliche bodennahe Lufttemperatur des Außenbereichs steigt um +2,6 °C von 15,3 °C (IST-Zustand) auf 17,9 °C. Hierbei ist hervorzuheben, dass die 17,9 °C für den Außenbereich gelten, der städtische Siedlungsraum mehrheitlich bereits über der Temperaturschwelle für eine TROPENNACHT (LT-Min \geq 20 °C \rightarrow nächtlicher Hitzestress) liegt.

Verknüpft man diese Simulationsergebnisse mit der Information, dass im RCP 8.5 (2056 bis 2085) mit einem Anstieg der HEIßEN TAGE um +23 Tage (zu 1971 bis 2000) bzw. von 27 HEIßEN TAGEN pro Jahr zu rechnen ist, so zeigt dies die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadt Fürstenfeldbruck deutlich und unterstreicht den perspektivischen Auftrag und die Notwendigkeit einer klimaangepassten Stadtentwicklung.

Wie bereits beschrieben steigen die nächtlichen bodennahen Lufttemperaturen im gesamten administrativen Raum von Fürstenfeldbruck (siehe Abbildung 9) deutlich im Vergleich zum IST-Zustand an. Die Außenbereich liegen i.d.R. zwischen 17 und 18,5 °C, der ehemalige Fliegerhorst Fürstenfeldbruck und die Randbereiche der (ehemaligen) Tagebauten verzeichnen etwas höhere Werte mit bis zu 20 °C.

Der städtische Siedlungsraum, mit Ausnahme von GELBENHOLZEN, liegt mehrheitlich in Temperaturbereichen ab 21 °C aufwärts, mit einem Maximum von 24,5 °C. Während sich in AICH, PUCH und LINDACH die Maximaltemperaturen „nur“ schwach ausprägen, sind von FÜRSTENFELDBRUCK und HASENHEIDE (groß-)flächigere Bereiche betroffen. Für Fürstenfeldbruck sind das Bereiche in BUCHENAU, DAS Gewerbegebiet HUBERTUSSTRAßE sowie beidseits der HUBERTUSSTRAßE, nordwestlich des Kreisverkehrs in der LANDSBERGER STR. sowie in der Kernstadt beidseits der B2 zwischen PUCHER STR., DACHAUER STR., SCHÖNGEISINGER STR. und ALBRECHT-DÜRER-STRASSE.

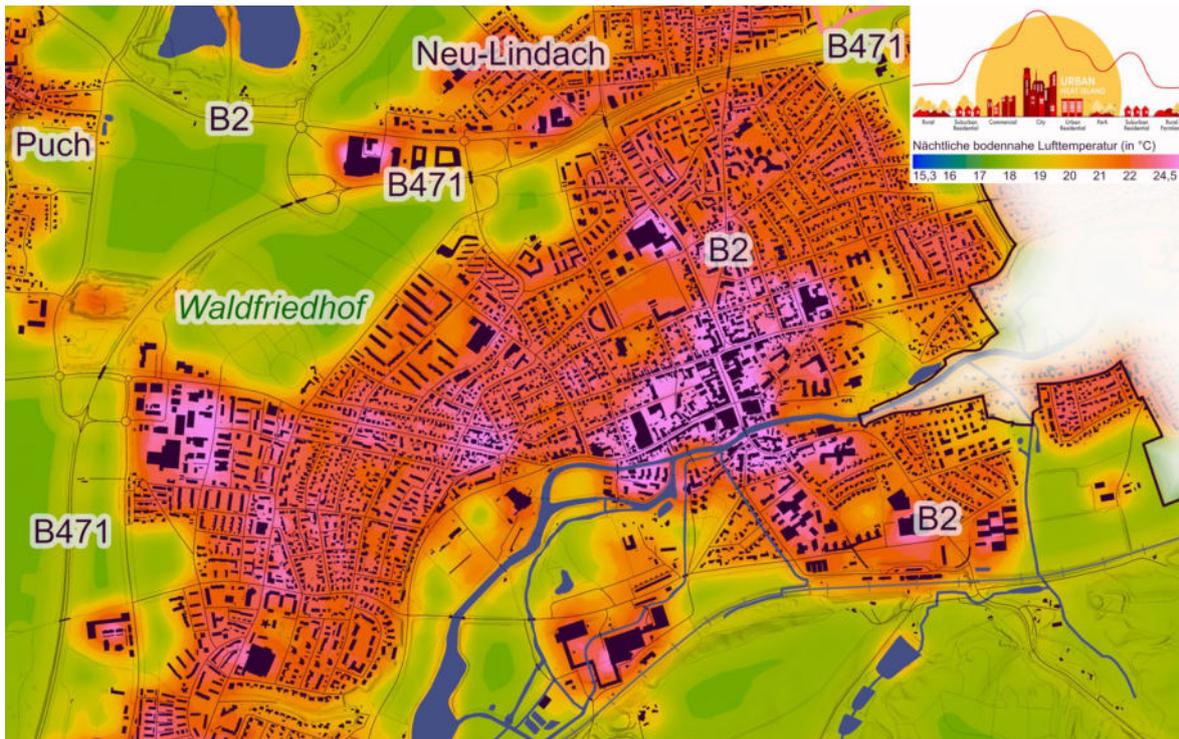


Abbildung 9: Auszug aus der Themenkarte POTENTIELLE NÄCHTLICHE BODENNAHE LUFTTEMPERATUR ZUKUNFT um 04:00 h (UTC), simuliert für einen regionaltypischen HEIßEN TAG des RCP 8.5-Szenarios für das langjährigen Mittel 2056-2085. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.

Monitoring Vegetationsstatistik

Die Datengrundlage der Monitoringkarte stellt die Vegetationserfassung dar.

Hierbei werden Vegetationsstrukturen auf Grundlage digitaler Orthophotos (DOP) mit integriertem Nahinfrarotkanal bei einer räumlichen Auflösung von 20 cm identifiziert. Dabei reflektiert der hohe Chlorophyllanteil vitale Grünstrukturen den Nahinfrarotbereich (NIR) ungefähr sechsmal besser als die Wellenlängen, speziell die Grünen, des sichtbaren Spektrums. Über die Auswertung des IR-Bandes von Luftbildern in Vollbelaubung kann so eine dezidierte Erfassung der Vegetationsstrukturen im öffentlichen wie auch privaten Raum erfolgen, wodurch das gesamtstädtische Grün erfasst wird.

Zur Identifikation aller vitalen Vegetationsstrukturen wird der NDVI („Normalized Difference Vegetation Index“) sowie der CI-Green („Green Chlorophyll Index“) genutzt. Dabei können potentiell verfälschende Einflüsse durch Schattenwürfe von Gebäuden, durch Topographie oder auch von Bäumen reduziert werden.

Ergänzende Flächennutzungen (außerhalb des Siedlungsraums), die nativ vegetationsdominiert sind (z.B. Wälder, Offenland etc.) werden nicht dezidiert analysiert, sondern auf Grundlage der ATKIS Basis-DLM Flächennutzung dargestellt und überlagert.

Die verwendeten Luftbilder stammen aus dem Jahr 2022 (August).

Die Monitoringkarte (siehe Abbildung 10) beschreibt den berechneten statistischen Mittelwert des Anteils von Vegetation für ein reguläres Hexagon-Grid mit einer Flächengröße von 1 ha pro Hexagon. Dabei stellt die Verwendung eines hexagonalen Analyseusters, die genaueste geometrische Form, vor dem Hintergrund einer lückenlosen statistischen Betrachtung des Untersuchungsraums dar.

Der prozentualen Auswertung des mittleren Vegetationsanteils zufolge bewegen sich die Werte in allen Gemeindeteilen knapp über bzw. unter 50 %. LINDACH mit 50,9 % mittlerem Vegetationsanteil hat den höchsten statistischen Wert, gefolgt von AICH (50,6 %), PUCH (49,9 %) und der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK (47,7 %).

Entlang einiger Streckenabschnitte der durch den Außenraum führenden größeren Verkehrsachsen beträgt der auf den Hektar gemittelte Vegetationsanteil meist zwischen 80,1 % und 100 %. Im Siedlungsbereich sowie im Bereich der ehemaligen Tagebauten westlich von FÜRSTENFELDBRUCK nehmen die Vegetationsanteile naturgemäß ab. Dort ergibt sich ein sehr heterogenes Gesamtbild der Vegetationsanteile, die sich zwischen 0 % und 70 % bewegen. Die Siedlungsrandgebiete weisen meist höhere Vegetationsanteile auf als die weiter innerstädtisch gelegenen Baufelder. In den Stadtbezirken außerhalb der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK beträgt die Spanne der Vegetationsanteile meist 40,1 % bis 90 %. Insbesondere die Klassen 40,1 % - 50 %, 50,1 % - 60 % und 60,1 % - 70 % charakterisieren den Großteil des bebauten Raums in AICH, PUCH und GELBENHOLZEN. Auch in FÜRSTENFELDBRUCK nehmen diese Zellen besonders in den wohngeprägten Gebieten im Bereich von BUCHENAU und im Osten der Stadt große Teile des Siedlungsraumes ein. In den dörflich geprägten Stadtbezirken, nur punktuell erfasste mittlere Vegetationsanteile von unter 40 % treten in der Kernstadt FÜRSTENFELDBRUCK jedoch deutlich häufiger und großflächiger auf. Während Hexagon-Grids von 30,1 % bis 40 % sehr regelmäßig den bebauten Raum überziehen, sind Zellen von 0 % bis 30 % häufig an bestimmte Gebietstypen gekoppelt. Hierzu zählen mitunter die Industrie- und

Gewerbegebiete bei BUCHENAU, südlich des WALDFRIEDHOFS, der AMPER oder in NEU-Lindach und der HASENHEIDE, dem EHEMALIGEN FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK und der stark verdichtete innerstädtische Bereich entlang der B2.

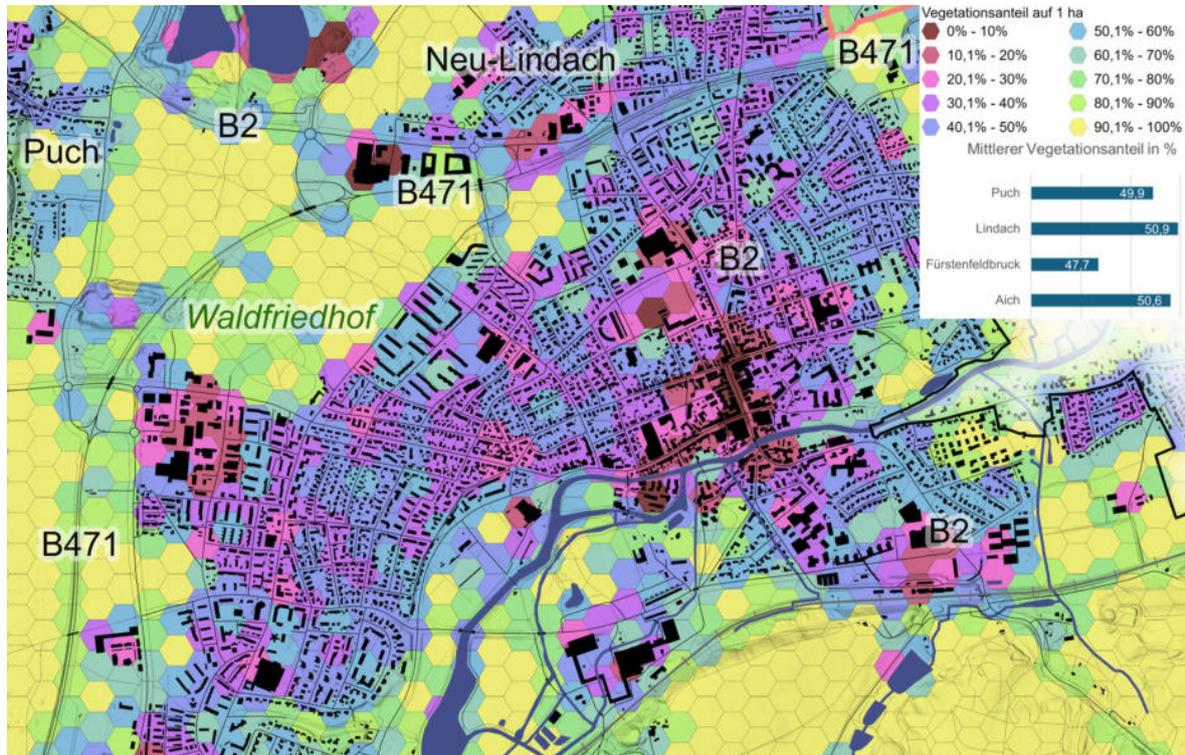


Abbildung 10: Auszug aus der Monitoringkarte DURCHGRÜNUNG DES SIEDLUNGSRAUMS, basierend auf der Themenkarte Vegetationserfassung. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.

Klimaanalysekarte

Klimaanalysekarten werden laut VDI-Richtlinien als thematische Fachkarten definiert, die sich grundsätzlich von amtlichen Festlegungskarten unterscheiden. Als thematische Fachkarten (oder auch „Planungsgrundlagenkarten“) geben sie durch die flächenbezogene Visualisierung von Klimaeigenschaften und -phänomenen Aufschluss über alle klimatisch relevanten Belange eines Stadtgebietes. Mit den anhand dieser Informationsgrundlage abgeleiteten Planungs- und Handlungsempfehlungen (siehe Planungshinweiskarte) nimmt die Klimaanalysekarte für Städte und Regionen eine zentrale Funktion für die praktische Raumanalyse und sachgerechte Durchführung von Planungsprozessen ein.

Die Darstellung und Berechnung der Klimaanalysekarten unterliegt aufgrund der Individualität der Untersuchungsräume keinem explizit durch den VDI festgelegtem Maßstab. Trotz einer grundsätzlich flexibleren Handhabung bei Inhalt, Kartengrafik und Kartenmaßstab, die aus dem vermehrten Einsatz von kartengestützten Planungsinformationssystemen (Geoinformationssysteme (GIS)) resultiert, ist bei der Erstellung von Klimaanalysekarten jedoch grundsätzlich *„[...] die Arbeit mit vergleichsweise großmaßstäbigen Darstellungen erforderlich“* [14].

In der Übersicht des VDI zu den „Steuerungsinstrumenten für die Planung auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und entsprechenden Fachbeiträgen“ sind die Darstellung thermischer Belastungsräume (Überwärmungsräume) und der Luftleitbahnen sowie der Kaltluftentstehungsflächen dem Mesoklima und somit der Ebene der Regionalplanung (Raumordnungsplanung im Maßstab 1 : 50.000 – 1 : 100.000), Flächennutzungsplanung und der vorbereitenden Bauleitplanung (Bauleitplanung im Maßstab 1 : 5000 – 1 : 25.000) zugeordnet (14 8). Über detaillierte, kleinräumige mikroklimatische Verhältnisse ($\leq 1 : 1000$) können in Klimaanalysekarten, deren Funktion in der Visualisierung thermischer Belastungsräume, Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsflächen liegt, demnach nur bedingt Aussagen getroffen werden.

In diesem Sinne werden in Klimaanalysekarten klimatische Verhältnisse wie die Temperaturverteilung in Kombination mit bewertenden Sachverhalten, wie z.B. Kaltluftschneisen dargestellt, um einen Gesamtüberblick über alle relevanten Klimaelemente eines Stadtgebietes zu erhalten. Hierfür werden in den Untersuchungsräumen sogenannte Klimatope ausgewiesen. Diese beschreiben *„[...] räumliche Bereiche mit vergleichbaren, einheitlichen, kleinräumigen, bodennahen lokalklimatischen Verhältnissen und definieren sich hauptsächlich über die jeweilige Nutzungsform“* (14 32).

Bei den für die Zuweisung der Klimatope relevanten Aspekten handelt es sich in erster Linie um:

- Flächennutzung, Bebauungsdichte, Versiegelungsgrad,
- Oberflächenstruktur, Rauigkeit,
- Relief,
- Vegetationsart/-struktur,
- Lage im Stadtgebiet (14 14).

In Bezug auf die Klimatopabgrenzung wird zusätzlich darauf hingewiesen *„[...] dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen vorliegen.“* (14 13).

Je nach den lokalen Bedingungen werden verschiedene Klima- bzw. Klimatoptypen (Freiland-, Wald-, Misch- und Übergangs-, Vorstadt-, Stadt-, Innenstadtklima) nach ihren prägenden

Charakteristiken voneinander abgegrenzt. Zu jedem dieser Klimatope werden vom VDI zudem eigene planungsrelevante Hinweise vorgegeben (14 21).

Da die reine Klimatopausweisung für die Berücksichtigung aller lokaler Besonderheiten urbaner Untersuchungsräume unzureichend ist, wird die Klimaanalysekarte zusätzlich durch Informationen und Darstellungen zu weiteren klimatischen Grundparametern wie z.B. dem bodennahen nächtlichen Windfeld oder der Intensität des Kaltluftvolumenstroms ergänzt.

FREILANDKLIMA (= Kaltluftentstehungsgebiete)

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

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- Aufforstungs- und Siedlungsmöglichkeiten möglich, entsprechend den lokalklimatischen Verhältnisse, jedoch zudem Bedeutung der Flächen für den großräumigen Luftaustausch beachten (z.B. in Stadtrandlage)
- Erhaltung des Kaltluftentstehungspotenzials.

WALDKLIMA (= Frischluftentstehungsgebiete)

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

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- Erhalten und ausbauen, soweit lokalklimatisch verträglich
- bei benachbarten Gebieten mit höher belasteter Luft besteht die Funktion als Immissionsschutzwald (Luftgeneration)

MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMA

Das Misch- und Übergangsklima beschreibt vegetationsgeprägte Gebiete von ausreichender Größe (ab 1 ha), um ein lokales klimatisches Ausgleichspotential zu generieren. Diese Flächen besitzen eine hohe klimaökologische Wertigkeit als Puffer- und Ausgleichsflächen in Nachbarschaft zu klimatisch belasteten Gebieten. Auf diesen Flächen findet eine ausreichende lokale Belüftung und Evapotranspiration statt, wodurch sie insbesondere in den Sommermonaten eine wichtige klimatisch regulierende Funktion übernehmen.

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- Erhalten und weitere Versiegelung vermeiden

VORSTADTKLIMA

Das Vorstadtklima entsteht in verdichteten Gebieten mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen und moderatem nächtlichen Abkühlungspotential. Die Belüftung kann durch die Bebauung eingeschränkt sein.

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- weitere Versiegelung vermeiden
- Arrondierung (Einbezug angrenzender Flächen) möglich

STADTKLIMA

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

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- Entsiegelung
- Blockentkernung und -begrünung
- Fassaden- und Dachbegrünungen anstreben
- hohe Verkehrsdichte in engen Straßenschluchten vermeiden
- verriegelnde Bebauung zum Umland vermeiden
- Verkehrsberuhigung und emissionsarme Energieversorgung anstreben

INNENSTADTKLIMA

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

Allgemeine Hinweise für die Planung:

- Entsiegelung
- Blockentkernung und -begrünung
- Fassaden- und Dachbegrünungen anstreben
- hohe Verkehrsdichte in engen Straßenschluchten vermeiden
- verriegelnde Bebauung zum Umland vermeiden
- Verkehrsberuhigung und emissionsarme Energieversorgung anstreben

Die Klimatoperteilung des unbebauten Außenraums in die Kategorien FREILANDKLIMA und WALDKLIMA zeigt eine geteilte Verteilung im Gemeindegebiet FÜRSTENFELDBRUCKS. Der offlanddominierte Westen des Gemeindegebietes wird vorrangig dem Klimatop FREILANDKLIMA (primäre Kaltluftproduktion) zugeordnet. Der primär walddominierte Südwesten und Südosten des Gemeindegebietes zählt vorrangig zum Klimatop WALDKLIMA (primäre Frischluftproduktion). Das direkte Umfeld GELBENHOLZENS sowie der westlich an FÜRSTENFELDBRUCK angrenzende Außenraum zählen, wie auch der Großteil der Uferzone der AMPER, wiederum zum FREILANDKLIMA.

Über den Freiraum führen drei große Kaltluftvolumenströme. Zwei der größten Kaltluftvolumenströme des Gemeindegebietes führen über das Freiland im Westen von FÜRSTENFELDBRUCK. Einer verläuft westlich davon und schließt sich weiter westlich vom EHEMALIGEN FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK mit dem zweiten Kaltluftvolumenstrom zusammen, der von der südlichen Gemeindegrenze zwischen PUCH und FÜRSTENFELDBRUCK hindurch auf den Fliegerhorst zuströmt. Im Bereich des EHEMALIGEN FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK bündeln sich die beiden Kaltluftvolumenströme und leiten die Kaltluftmassen mit $> 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 15 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in östliche Richtung über das Gelände. Der dritte der größten Kaltluftvolumenströme folgt der AMPER. Der aus Süden stammende Kaltluftvolumenstrom ist der intensivste der drei Ströme, wobei auch im Bereich (Engstelle) zwischen dem WALDFRIEDHOF und PUCH lokal größere Kaltluftmassen transportiert werden. Ein Teil des Kaltluftvolumenstroms an der AMPER trifft direkt auf die Innenstadt, während der andere Teil über die Bahngleise aus dem Gemeindegebiet heraustransportiert wird, wobei dieser abzweigende Strom durch die kleineren, aber ebenfalls intensiven Kaltluftvolumenströme bei GELBENHOLZEN und der B 2 gespeist wird.

Im direkten Kontext des bebauten Raums entsteht auf den vom Menschen beeinflussten Grün- und Freiflächen das Klimatop „MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMA“. Dieses zeigt sich z.B. in größeren Zusammenschlüssen von Privatgrün, Kleingartenanlagen, Parks oder innerstädtischen Friedhofflächen. In den dörflich geprägten Siedlungen um FÜRSTENFELDBRUCK herum nehmen die Flächen des MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMATOPS größere Anteile der Siedlungsfläche ein, als dies im städtischen Raum der Fall ist. GELBENHOLZEN z.B. besteht fast ausschließlich aus Flächen, die diesem Klimatop zugeordnet sind. In FÜRSTENFELDBRUCK ist besonders der ehemals militärisch genutzte Bereich im Nordosten des Gemeindegebietes stark vom MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMATOP geprägt. Der EHEMALIGE FLIEGERHORST FÜRSTENFELDBRUCK z.B. besitzt die größten zusammenhängenden Flächen des MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMATOPS. Durch Grünflächen wie z.B. den GEISINGER STEIG nahe der AMPER, oder Parkanlagen wie den STADTPARK FÜRSTENFELDBRUCK finden sich auch innerhalb des Stadtgebietes größere MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMATOPE.

Neben dem bereits genannten MISCH- UND ÜBERGANGSKLIMATOP prägt das VORSTADTKLIMA die meisten Wohngebiete mit lockerer Siedlungsbebauung.

Das Klimatop STADTKLIMA dagegen ist sowohl punktuell als auch gebietsspezifisch im Stadtgebiet von FÜRSTENFELDBRUCK verbreitet. Es umfasst mitunter große Teile der örtlichen Industrie- und Gewerbegebiete, den innerstädtischen Bereich und den nördlichen Teil der bebauten ehemals militärisch genutzten Flächen. Dichtere baulich-räumliche Ansammlungen, z.B. das Gebiet am Kreisel der HOLZHOFSTRAÙE / LANDSBERGER STRAÙE, das VISCARDI-GYMNASIUM FÜRSTENFELDBRUCK oder die Klosteranlage nahe der AMPER können zur Entstehung des Stadtklimas beitragen. Das Klimatop INNENSTADTKLIMA, mit der mitunter eine starke

Erwärmung der Lufttemperaturen einhergeht, ist im Untersuchungsraum jedoch fast nicht, allenfalls punktuell vertreten.

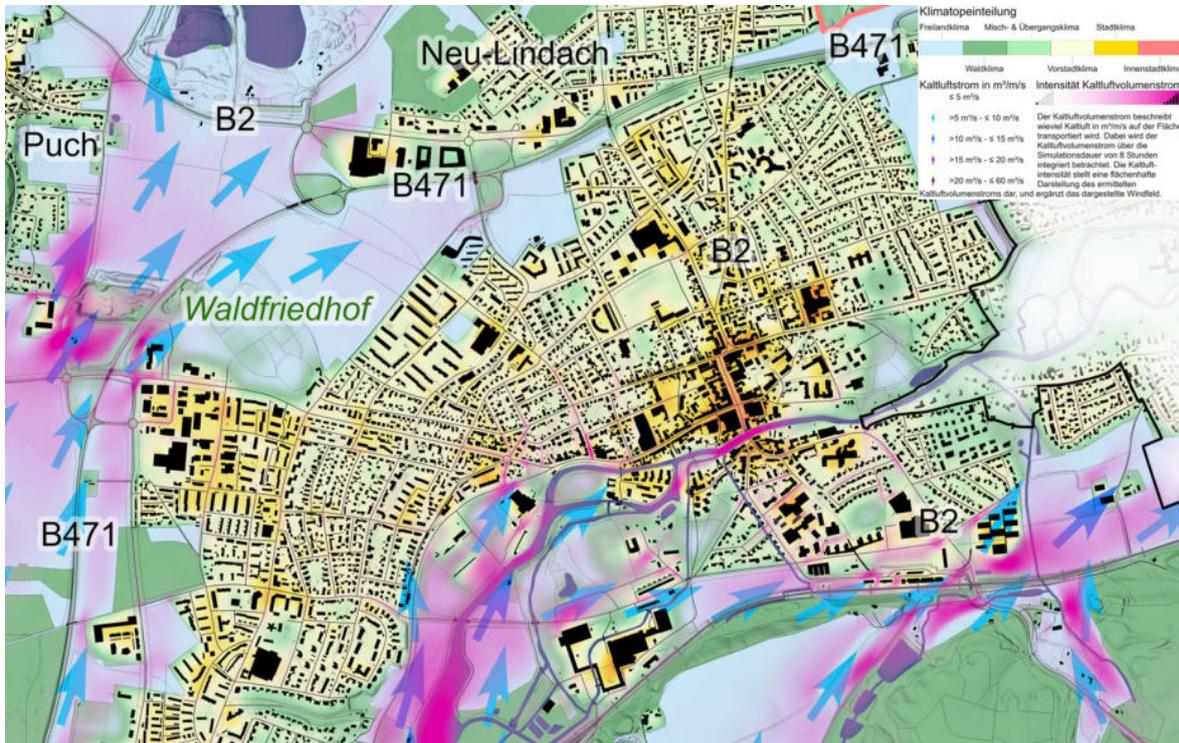


Abbildung 11: Auszug aus der KLIMAANALYSEKARTE für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.

Klimaprojektionen Fürstentfeldbruck

Um eine allumfängliche Beschreibung der klimatischen Situation für die Stadt Fürstentfeldbruck zu gewährleisten, ist es notwendig neben dem historisch klimatischen Status Quo auch die erwartbare zukünftige Entwicklung des Klimas zu betrachten. Das nachfolgende Kapitel umfasst die Darstellung der modellierten Daten zu den projizierten Klimaveränderungen gemäß der Parameter Temperatur und Niederschlag.

Klimatische Projektionen werden i.d.R. in Änderungssignalen entlang eines ausgewählten Szenariums für die Entwicklung der Treibhausgaskonzentration (speziell Kohlenstoffdioxid und Methan) in der Atmosphäre beschrieben und berechnet.

Seit dem fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC) wird der Begriff REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAY (RCP) zur Beschreibung der Szenarien verwendet. Der jeweilige zugehörige Zahlenwert, z.B. RCP 8.5, beschreibt nicht den Temperaturanstieg bis ins Jahr 2100, sondern den Strahlungsantrieb (Wirkung der Strahlung aus dem Weltall, welche u.a. durch Treibhausgase verstärkt wird) in W/m^2 . Anders ausgedrückt wird im RCP 8.5 für das Jahr 2100 von einer Änderung der Energiebilanz der Erde um $+8.5$ Watt pro Quadratmeter ausgegangen. Dieser zusätzliche Energieeintrag spiegelt sich u.a. in der Erhöhung der Lufttemperatur wider. Typische Szenarien sind die RCPs: 2.6, 4.5, 6.0 und 8.5 (siehe Abbildung 12), bei deren Verlauf allerdings nur das RCP 2.6 unterhalb des politisch definieren ZWEI-GRAD-ZIELS bleiben würden. Aktuelle Untersuchungen gehen von einem Pfad zwischen den RCP 4.5 und RCP 8.5 aus [15].

Entsprechend wurden in der vorliegenden Stadtklimaanalyse die Veränderungen bestimmter klimatischer Parameter für die RCP 4.5 (*langfristige Transformation zur Klimaneutralität*) und RCP 8.5 (*rasantes fossiles Wirtschaftswachstum – aktuell anzunehmen*) für die langjährigen Mittel 2026-2055 und 2056-2085 aus den Klimaenssembledaten des Bayerischen Klimainformationssystems berechnet. Anschließend wurden die Änderungssignale mit den real gemessenen historischen Daten des DWD interpoliert, wodurch in diesem Bericht die absoluten Werte für Bayern und Fürstentfeldbruck zur Verfügung stehen. (siehe Tabelle 4).

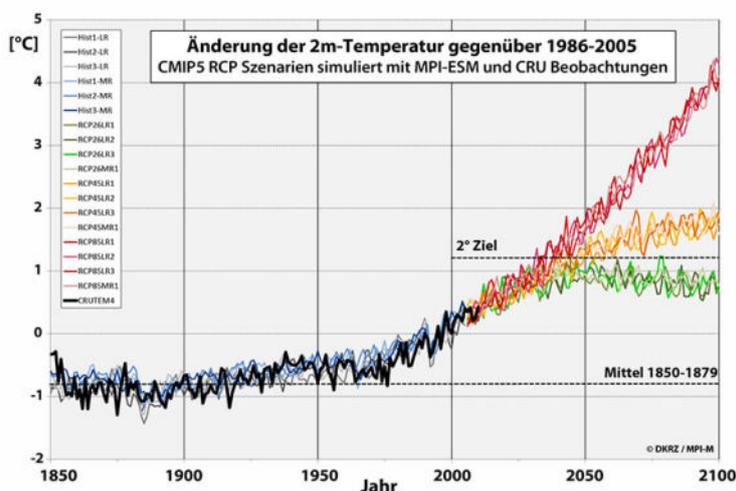


Abbildung 12: Abbildung der Temperaturveränderungen seit dem Jahr 1850 und Darstellung des projizierten Verlaufs unterschiedlicher Klimaszenarien [16]. Die für Fürstentfeldbruck ausgewerteten RCPs 4.5 und 8.5 sind orange bzw. rot dargestellt. Das RCP 2.6 ist der grüne Verlauf, der als einziger unter dem $2^{\circ}C$ -Ziel verbleibt.

Wird der „business as usual“ bzw. der „worst case“ Klimaprojektion RCP 8.5 gefolgt, ist in Fürstentfeldbruck ein Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperatur von $8,2^{\circ}C$ (1971-2000) auf $11,2^{\circ}C$ bis 2085 erwartbar, was einer Steigerung von $+3^{\circ}C$ entspricht. Die Sommermonate (Juni, Juli, August) würden sogar um $+3,2^{\circ}C$ wärmer im Vergleich zur Referenzperiode.

Im landesweiten Vergleich mit den durchschnittlichen Temperaturwerten innerhalb Bayerns liegt Fürstenfeldbruck derweil genau im Schnitt. Angesichts der i.d.R. saisonal starken Erwärmung während der Sommermonate ist eine Häufung der thermische Gefährdungssituationen für den menschlichen Körper erwartbar. Vulnerable Bevölkerungsgruppen, wie Kleinkinder oder gesundheitlich vorbelastete Personen, betrifft dies im besonderen Maße.

Beim Niederschlag werden die projizierten klimatischen Veränderungen anhand der prozentualen Veränderung in Bezug auf die Referenzperiode dargestellt. Entweder wird dies auf die absolute Niederschlagssumme bezogen oder auf definierte Größen, wie der klimatischen Wasserbilanz.

Für das Gesamtjahr (siehe Abbildung 13) werden gemäß RCP 8.5 leichte Anstiege der Niederschlagssumme um 3 % auf insgesamt 987 l/m² (2026-2055) bzw. 981 l/m² (2056-2085) projiziert. Angesichts der jahreszeitlichen Unterschiede ist jedoch eine Umverteilung der saisonalen Niederschläge zu erkennen. In den Wintermonaten kommt es zu einem Anstieg (+5 % - mittelfristig bzw. +13 % - langfristig) der Niederschlagsmengen, während die Niederschlagssummen für die Sommermonate als rückläufig (-2 % - mittelfristig bzw. -8 % - langfristig) projiziert werden.

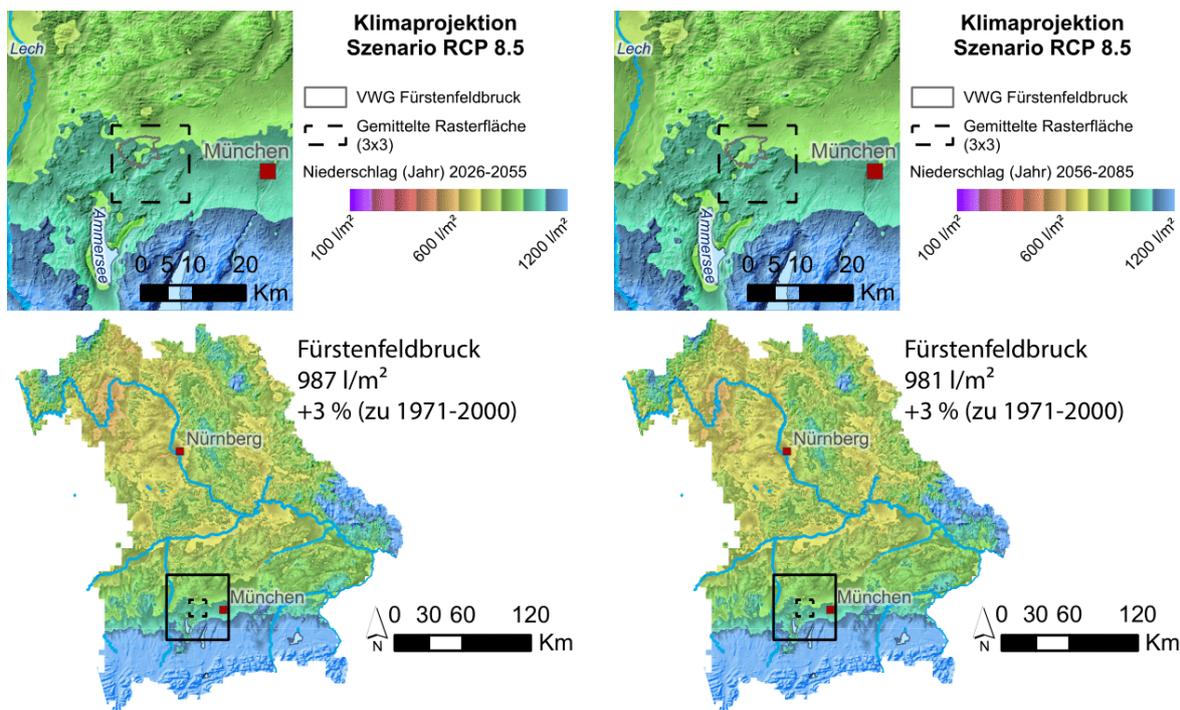


Abbildung 13: Darstellung des Niederschlags (Gesamtjahr) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).

Kenntage

Wie für den historischen klimatischen Bestand werden auch für die Klimaprojektionen die Kenntage ausgewertet und dargestellt.

Im RCP 8.5 werden mittelfristig bis 2055 +16 zusätzliche SOMMERTAGE im Jahr projiziert, langfristig bis 2085 +34 Tage. In absoluten Zahlen wären dies 51 bzw. 68 Sommertage pro Jahr.

Die Anzahl der HEIßEN TAGE hat sich bereits in den vergangenen 20 Jahren verdoppelt. Gemäß der Klimaprojektion RCP 8.5 intensiviert sich der Anstieg in den kommenden Jahren weiter. Bis zum Jahr 2055 werden in Fürstfeldbruck 15 HEIßE TAGE pro Jahr auftreten, bis zum Jahr 2085 sogar 27 Tage (+23 Tage zur Referenzperiode) (siehe Abbildung 14).

Während es bei den hitzebezogenen Kenntagen zu bisweilen deutlichen Anstiegen kommen wird, sinkt die projizierte Anzahl der kältebezogenen Kenntage.

Mittelfristig bis 2055 wird die Anzahl der FROSTTAGE um -32 Tage auf 69 Tage pro Jahr, langfristig bis 2085 um -49 Tage auf projizierte 52 Tage pro Jahr fallen.

Bei den EISTAGEN zeigt sich der Rückgang noch deutlicher. Bis 2055 werden pro Jahr nur noch 15 EISTAGE projiziert (-13¹ Tage zur Referenzperiode) und bis 2085 fallen die Zahlen nochmal im RCP 8.5 auf nur noch 8 Tage pro Jahr (siehe Abbildung 16).

Die TROPENNÄCHTE (LT-Min ≥ 20 °C) stellen bei der Auswertung und Analyse einen Sonderfall dar, da sie im historischen klimatischen Kontext nur mit speziellen Temperaturdaten ausgewertet werden können, welche für Fürstfeldbruck nicht vorlagen. Nichtsdestotrotz kann aber der Anstieg im Rahmen der unterschiedlichen Klimaszenarien projiziert werden. Mittelfristig (bis 2055) ergibt sich hier noch keine Änderung im Vergleich zur (projizierten) historischen Referenzperiode, während langfristig (bis 2085) ein Anstieg von +4 Tagen projiziert (siehe Abbildung 15) wird.

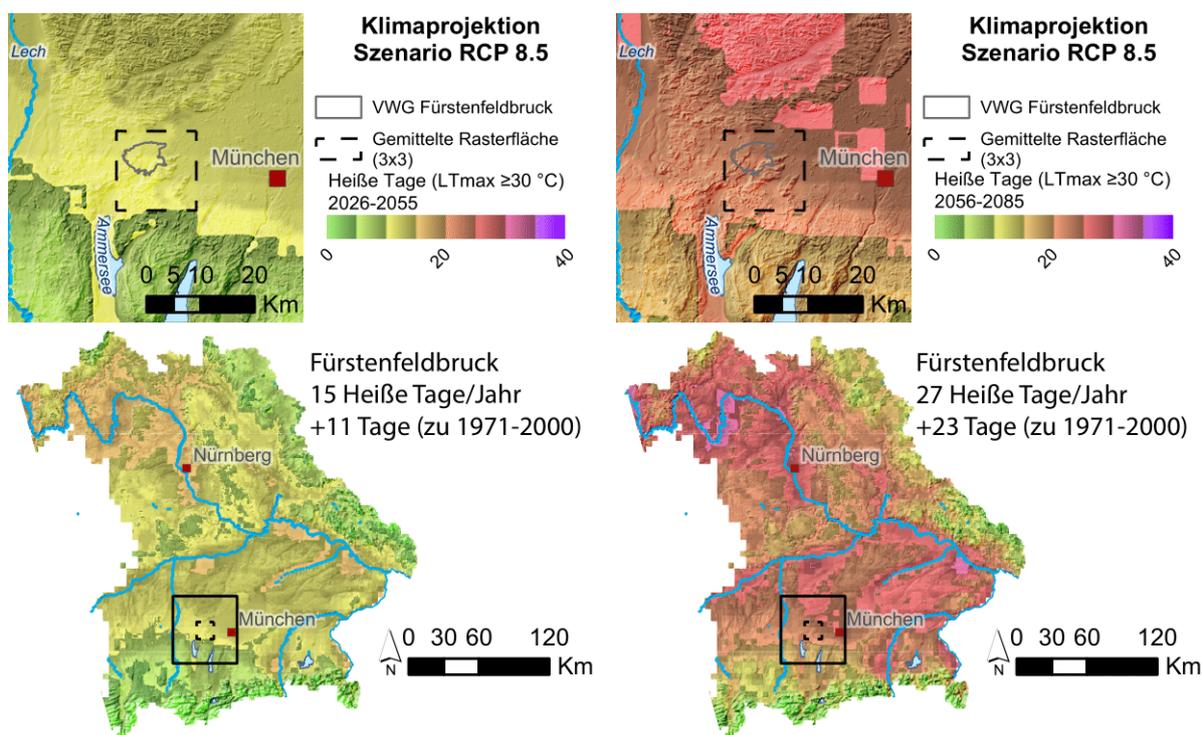


Abbildung 14: Darstellung der HEIßEN TAGE (LTmax ≥ 30 °C) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).

¹ gerundet

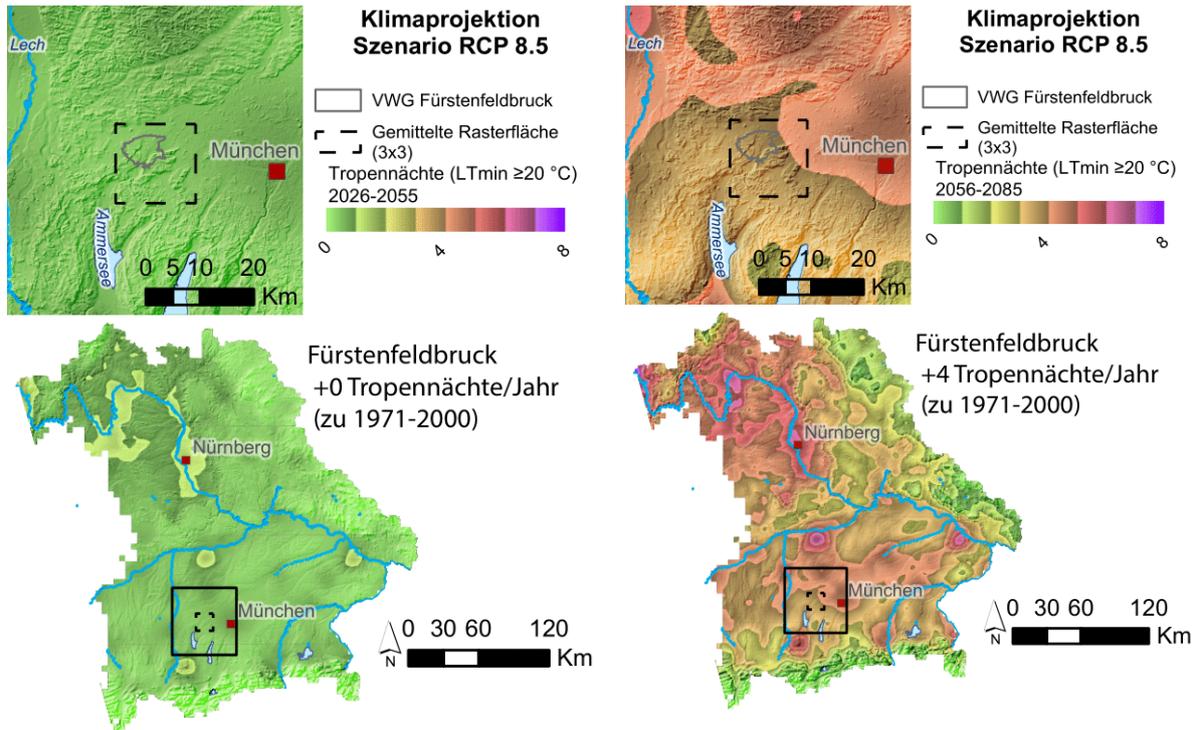


Abbildung 15: Darstellung der TROPENNÄCHTE (LTmin ≥ 20 °C) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).

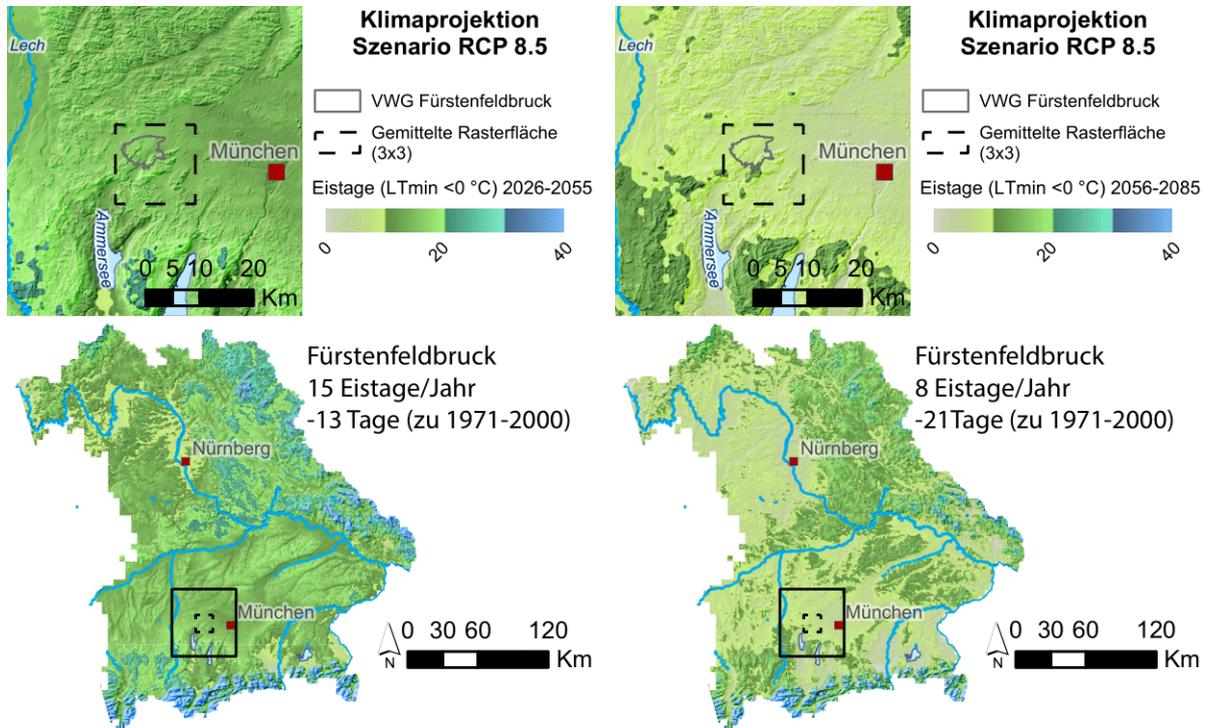


Abbildung 16: Darstellung der EISTAGE (LTmax < 0 °C) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).

Tabelle 4: Übersicht zu den unterschiedlichen historischen und projizierten klimatischen Parametern und Kenntagen* für Fürstentfeldbruck.

Fürstentfeldbruck					Klimaprojektionen					
Zeitraum	Historischer Zeitraum			Deutschland 1991 bis 2020	2026 bis 2055		2056 bis 2085		Bayern 2056 bis 2085	
	1971 bis 2000	1991 bis 2020	Vergleich 30-jährige Mittel		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP 8.5
Ø Temperatur	30 Jahre	30 Jahre	50 Jahre	30 Jahre						
Temperatur [°C] Gesamtjahr	8,2 °C	8,9 °C	Zunahme +0,7 °C	9,2 °C	9,5 °C +1,3 °C zu 1971-2000	9,9 °C +1,7 °C zu 1971-2000	10,1 °C +1,9 °C zu 1971-2000	11,2 °C +3,0 °C zu 1971-2000	9,8 °C +1,9 °C zu 1971-2000	10,9 °C +3,0 °C zu 1971-2000
Temperatur [°C] Sommermonate (JJA)	16,8 °C	17,7 °C	Zunahme +0,9 °C	17,6 °C	18,2 °C +1,4 °C zu 1971-2000	18,4 °C +1,6 °C zu 1971-2000	18,8 °C +2,0 °C zu 1971-2000	20,0 °C +3,2 °C zu 1971-2000	18,3 °C +2,0 °C zu 1971-2000	19,5 °C +3,2 °C zu 1971-2000
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	8,6 °C	8,8 °C	Zunahme +0,2 °C	8,3 °C	8,7 °C	8,5 °C	8,7 °C	8,8 °C	8,5 °C	8,6 °C
Ø Tage/Jahr										
Anzahl Sommertage (T _{MAX} ≥ 25 °C)	34	45	Zunahme +10	41	48 +13 zu 1971-2000	51 +16 zu 1971-2000	54 +16 zu 1971-2000	68 +34 zu 1971-2000	51 +19 zu 1971-2000	63 +28 zu 1971-2000
Anzahl Heiße Tage (T _{MAX} ≥ 30 °C)	4	8	Zunahme +4	9	9 +5 zu 1971-2000	15 +11 zu 1971-2000	13 +9 zu 1971-2000	27 +23 zu 1971-2000	13 +8 zu 1971-2000	21 +16 zu 1971-2000
Anzahl Tropennächte (T _{MIN} ≥ 20 °C)	-	-	-	-	- +0 zu 1971-2000	- +0 zu 1971-2000	- +1 zu 1971-2000	- +4 zu 1971-2000	- +1 zu 1971-2000	- +3 zu 1971-2000
Anzahl Frosttage (T _{MIN} < 0 °C)	101	97	Abnahme -5	84	82 -19 zu 1971-2000	69 -32 zu 1971-2000	65 -36 zu 1971-2000	52 -49 zu 1971-2000	72 -36 zu 1971-2000	56 -53 zu 1971-2000
Anzahl Eistage (T _{MAX} < 0 °C)	29	26	Abnahme -3	20	18 -10 zu 1971-2000	15 -13 zu 1971-2000	15 -13 zu 1971-2000	8 -21 zu 1971-2000	16 -14 zu 1971-2000	11 -20 zu 1971-2000
Ø Niederschlag										
Niederschlag [l/m ²]	955 l/m²	931 l/m²	Abnahme -24 l	583 l/m ²	1005 l/m² +5 % zu 1971-2000	987 l/m² +3 % zu 1971-2000	1011 l/m² +5 % zu 1971-2000	981 l/m² +3 % zu 1971-2000	984 l/m ² +6 % zu 1971-2000	956 l/m ² +3 % zu 1971-2000
Niederschlag [l/m ²] Sommermonate (JJA)	344 l/m²	336 l/m²	Abnahme -8 l	178 l/m ²	343 l/m² -0% zu 1971-2000	336 l/m² -2 % zu 1971-2000	340 l/m² -1 % zu 1971-2000	318 l/m² -8 % zu 1971-2000	301 l/m ² -1% zu 1971-2000	280 l/m ² -8% zu 1971-2000
Niederschlag [l/m ²] Wintermonate (DJF)	171 l/m²	169 l/m²	Abnahme -2 l	188 l/m ²	193 l/m² +13% zu 1971-2000	179 l/m² +5 % zu 1971-2000	205 l/m² +20 % zu 1971-2000	193 l/m² +13 % zu 1971-2000	230 l/m ² +16 % zu 1971-2000	228 l/m ² +15 % zu 1971-2000
Δ = Sommermonate - Wintermonate	173 l/m ²	167 l/m ²	Abnahme -6 l	-10 l/m ²	150 l/m ²	157 l/m ²	135 l/m ²	125 l/m ²	72 l/m ²	52 l/m ²
Ø Kl. Wasserbilanz										
Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Gesamtjahr	357 l/m²	363 l/m²	Zunahme 6 l/m²	-55 l/m ²	413 l/m² 56 l/m ² zu 1971-2000	387 l/m² 30 l/m ² zu 1971-2000	406 l/m² 48 l/m ² zu 1971-2000	352 l/m² -5 l/m ² zu 1971-2000	379 l/m ² 13 l/m ² zu 1971-2000	327 l/m ² -39 l/m ² zu 1971-2000
Klimatische Wasserbilanz [l/m ²] Sommermonate	92 l/m²	78 l/m²	Zunahme -14 l	-68 l/m ²	-36 l/m² -128 l/m ² zu 1971-2000	-46 l/m² -138 l/m ² zu 1971-2000	-47 l/m² -139 l/m ² zu 1971-2000	-88 l/m² -180 l/m ² zu 1971-2000	-86 l/m ² -37 l/m ² zu 1971-2000	-126 l/m ² -76 l/m ² zu 1971-2000
Δ = Gesamtjahr - Sommermonate	309 l/m²	285 l/m²	Abnahme -24 l/m²	13 l/m ²	449 l/m ²	433 l/m ²	453 l/m ²	440 l/m ²	465 l/m ²	453 l/m ²

* zur besseren Darstellung wurden die Werte gerundet

Analysekarte: Hitzebezogene Vulnerabilität

Die Analysekarte „Hitzebezogene Vulnerabilität“ (siehe Abbildung 17) greift die Themen Demographie und sensible Gebäude- / Flächennutzungen auf, um diese in den Kontext zu den Erkenntnissen der aktuellen Stadtklimaanalyse (klimatischer IST-Zustand) zu stellen.

Im Rahmen der Stadtklimaanalyse ermittelte nächtlich thermisch belastete Bereiche ($> 20\text{ °C}$, Grenzwert für eine TROPENNACHT) an einem regionaltypischen HEIßEN TAG (Themenkarte NÄCHTLICHE BODENNAHE LUFTTEMPERATUR), werden mit den vorliegenden Wohnortinformationen besonders hitzevulnerabler Bevölkerungsgruppen im Geoinformationssystem verrechnet.

Hierbei zählen Kleinkinder ≤ 4 Jahre sowie Personen ≥ 60 Jahre in die hitzevulnerablen Bevölkerungsgruppen. Zusätzlich werden typische hitzesensible Gebäude- bzw. Flächennutzungen (bspw. Krankenhäuser, Spielplätze etc.) über Symbole in der Karte verortet.

Unter Berücksichtigung der Datenschutzkonformität wird die berechnete Verteilung der Personen der entsprechenden Altersklassen über eine dimensionslose Dichteanalyse und Visualisierung in der Karte repräsentiert. Die großen Zahlen in den Dichtewolken beschreiben die Anzahl der für diesen Bereich zu Grunde gelegten Personen.

Deutliche Überlagerungen der hitzevulnerablen Gruppen mit den Räumen erhöhter nächtlicher thermischer Belastung finden sich zentral beidseits der B2 zwischen MARTHABRÄUSTRASSE, PUCHER STR., DACHAUER STR. UND SCHÖNGEISINGER STR.. In der Detailansicht der Themenkarte HITZEVULNERABILITÄT (kleine Karte) wird deutlich, dass sich mehrere kleinere Cluster verteilt über dieses Gebiet finden. Südlich des WALDFRIEDHOFS entlang der HEIMSTÄTTENSTRASSE überschneiden sich mehrere z.T. verbundene nächtliche thermische Belastungsräume mit Wohnorten hitzevulnerabler Gruppen. Für die betroffenen Siedlungsteile von LINDACH und HASENHEIDE trifft dies nur auf die vulnerable Gruppe der Personen ≥ 60 Jahre zu.

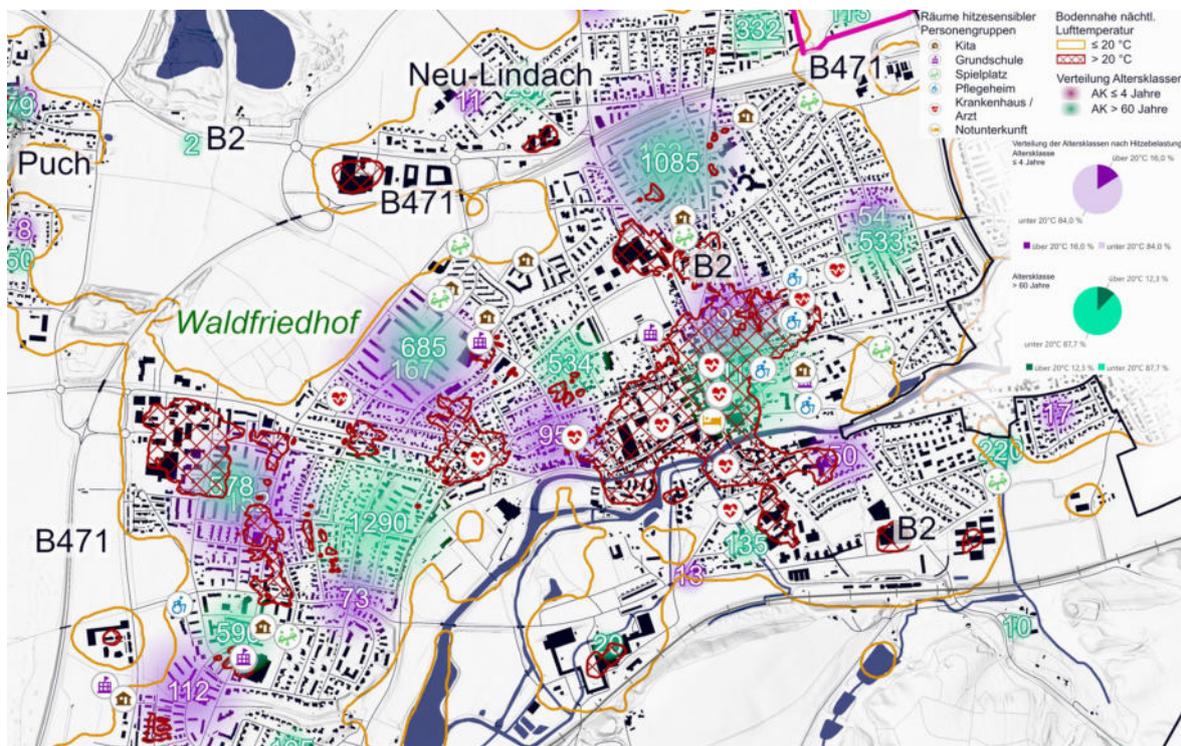


Abbildung 17: Auszug aus der Analysekarte HITZEBEZOGENE VULNERABILITÄT für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.

Ergänzend wurde statistisch berechnet wie viele Personen der jeweiligen hitzevulnerablen Gruppen in Siedlungsgebieten mit einer bodennahen nächtlichen Lufttemperatur von ≤ 20 °C bzw. von > 20 °C leben. Bei den Kleinkindern ≤ 4 Jahren leben 16 % in einem nächtlichen thermischen Belastungsbereich und 12,3 % der Personen ≥ 60 Jahre.

Planungshinweiskarte Fürstenfeldbruck

Basierend auf den Ergebnissen der (klimatischen) Bestandsanalyse und den Ergebnissen der Klimaprojektion wird eine planungsrelevante klimatische Bewertung inkl. Handlungsempfehlung des administrativen Raums von Fürstenfeldbruck durchgeführt.

Das Kernelement dieser Bewertung ist die Planungshinweiskarte (PHK). Sie transformiert die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Klimaanalysekarte sowie weiterer Analysen, Szenarien und Studien in planungsangepasste Aussagen hinsichtlich einer städtebaulichen, umweltplanungsrelevanten und zukunftsorientierten (klimaangepassten) Stadtentwicklung. Durch die integrierte Berücksichtigung vieler unterschiedlicher Thematiken (z.B. Hitze, Vegetationsabdeckung, Kaltluftentstehung und -transport) können synergetische, aber auch konkurrierende Effekte - und die damit verbundenen Handlungsempfehlungen - in Bezug auf die kommunale Planung herausgearbeitet werden. Neben den, in der Stadtklimaanalyse erarbeiteten Ergebnissen, finden auch weitere, sofern vorhanden, Analysen und Planungen Eingang in die Entwicklung der Planungshinweiskarte.

Abgeleitet werden

- drei klimatisch wirksame Ausgleichsräume primär im Außenbereich (Gunstbereiche),
- drei klimatische Wirkräume im Siedlungsbereich (Wirkungsräume), sowie,
- im Kontext der Durchlüftung, Verkehrsräume mit einem nächtlichen Durchlüftungspotential.

Zusätzliche Informationen für zukünftige klimaangepasste Planungen werden über

- das gemittelte nächtliche bodennahe Windfeld sowie
- die typischen Durchlüftungssachsen am Tag dargestellt.

Über die statistische Verteilung der stadtklimatisch relevanten Einflussgrößen (subsidiäre Themenkarten) lassen sich lokale Charakteristika ablesen und darstellen. So kann dann z.B. im Hinblick auf eine optimierte städtische Belüftung (Durchlüftungssachsen) oder den Abbau von Wärmeinseln eingegangen und entsprechende Handlungsempfehlungen beschrieben werden.

Die abgeleitete Planungshinweiskarte orientiert sich in der Erstellung (Methodik) an der VDI-RL² (3787, Blatt 1 [14]). Die Darstellung der Planungshinweise und Handlungsempfehlungen erfolgt, speziell für den bebauten Raum, stärker planungsorientiert (siehe Abbildung 18).

Dargestellt werden drei Kategorien innerhalb der Grün- und Freiflächen sowie drei Kategorien innerhalb der Siedlungsflächen. Lokale Planungshinweise (z.B. Durchlüftungssachsen) werden verortet und stadtklimatische Besonderheiten / Schlüsselrollen lokaler Gegebenheiten werden gesondert herausgearbeitet.

Die Klimaanalysekarte und die Planungshinweiskarte definieren den klimatischen Bestand bzw. das vorhandene Wirkgefüge. Die unterschiedlichen Themenkarten dienen als Werkzeuge um die Informationen und Aussagen dieser Hauptkarten rekursiv nachzuverfolgen. In Kombination mit dem Erläuterungsbericht dienen die Plan- und Kartenwerke zukünftig als Instrumente um die Schutz- und Entwicklungsmöglichkeiten von Stadträumen in Bezug auf ihre

² VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 – Umweltmeteorologie | Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen

Empfindlichkeit gegenüber strukturellen Veränderungen (bspw. Flächen- und Nutzungsänderungen) hinsichtlich der klimatischen Wirkgrößen abzuleiten.

Hierbei ist anzumerken, dass die Planungshinweiskarte kein pauschales „Verhinderungsinstrument“ darstellt, sondern unterschiedlich hohe Ansprüche an eine klimaangepasste Entwicklungsplanung stellt.

Auf der Maßstabsebene einer Stadtklimaanalyse werden entsprechende Handlungsempfehlungen in einem generellen Kontext (siehe technische Beschreibung der PHK) und aufgrund der in diesem Maßstab abbildbaren lokalen Effekte / Situationen (z.B. bei Durchlüftungsachsen) getroffen [14]. In einem höheren Auflösungsgrad verortete Individualmaßnahmen werden im Rahmen einer Stadtklimaanalyse nicht definiert, da zum einen die Betrachtungsebene bzw. Planungsebene geändert werden würde und zum anderen die Individualität des Raums (Lokalexpertise) nicht erfasst werden kann.

Was bedeutet Individualität des Raums?

Praxisbeispiel: Für einen städtischen Raum wird die Erhöhung des Vegetationsanteils empfohlen (genereller Kontext). Die konkrete Ausführung muss aber individuell auf den Raum „zugeschnitten“ werden (andere Maßstabsebene als die PHK).

Soll bspw. für einen Straßenzug der Vegetationsanteil erhöht werden, so kann dies nicht „pauschal“ mit bspw. Baumpflanzungen erfolgen, die im ungünstigsten Fall vielleicht sogar einen negativen Effekt haben, weil sie bspw. eine Durchlüftungsachse blockieren. Ein anderer Aspekt ist die tatsächliche Umsetzbarkeit einer Maßnahme da hier weitere unterschiedlichste Fragestellungen (potentiell konkurrierende Planungen (z.B. Leitungen), Ressourcenverfügbarkeit etc.) miteinbezogen werden müssen.

Die Ausgleichsräume, bei denen es sich hierbei i.d.R. um vegetationsdominierte Freiräume des nicht bebauten Raums handelt, werden in die drei Klassen (geringe, mittlere, hohe) klimatische Bedeutung unterteilt. Bei Flächen mit geringer klimatischer Planungsrelevanz (hellgrün) handelt es sich i.d.R. um Areale, die keine bzw. nur sehr geringe klimatische Ausgleichsfunktionen für den städtischen Siedlungsraum von Fürstenfeldbruck besitzen. Entsprechende Flächen, die direkt an den Siedlungsraum angrenzen, finden sich nördlich von AICH und PUCH sowie westlich der VON-GRAVENREUTH-STRAßE am östlichen Stadtrand von FÜRSTENFELDBRUCK. Flächen mit mittlerer Planungsrelevanz (grün) stehen in einem direkten Kontakt mit dem Siedlungsraum und können diesen durch ihre Einbettung in das nächtliche Kaltluftgeschehen positiv (im klimatischen Sinn) beeinflussen. Westlich und östlich von AICH, südlich und westlich von PUCH. HASENHEIDE und GELBENHOLZEN, nördlich und westlich von NEU-LINDACH und gänzlich um LINDACH finden sich entsprechende Räume. Gleichfalls wird der weitläufige WALDFRIEDHOF von Fürstenfeldbruck diesem Ausgleichsraum zugeordnet. Die Ausgleichsräume mit hoher klimatischer Planungsrelevanz (dunkelgrün) besitzen eine besondere klimatisch regulierende Ausgleichsfunktion für den Siedlungsraum, da sie für diesen eine direkte Verbindung zum Freiraum darstellen und / oder dabei nachts größere Mengen an Kaltluft in den Siedlungsraum transportieren können. Entsprechend finden sich solche Flächen entlang der starken Kaltluftvolumenströme (vgl. Klimaanalysekarte) bspw. entlang des südlichen und südöstlichen Siedlungsrandes von FÜRSTENFELDBRUCK sowie zwischen PUCH und FÜRSTENFELDBRUCK. AICH und NEU-LINDACH werden jeweils im Süden von Arealen mit hoher klimatischer Planungsrelevanz begrenzt. Bei einer Entwicklung dieser Areale sollte eine tiefgreifende klimatische Prüfung der Individualplanung bzw. eine Begleitung des Planungsprozesses

vorausgesetzt werden. Gleichzeitig gibt es im eigentlichen Siedlungsraum auch kleine Ausgleichsräume, die insbesondere für die lokale Regulierung / Entlastung einen Beitrag leisten können.

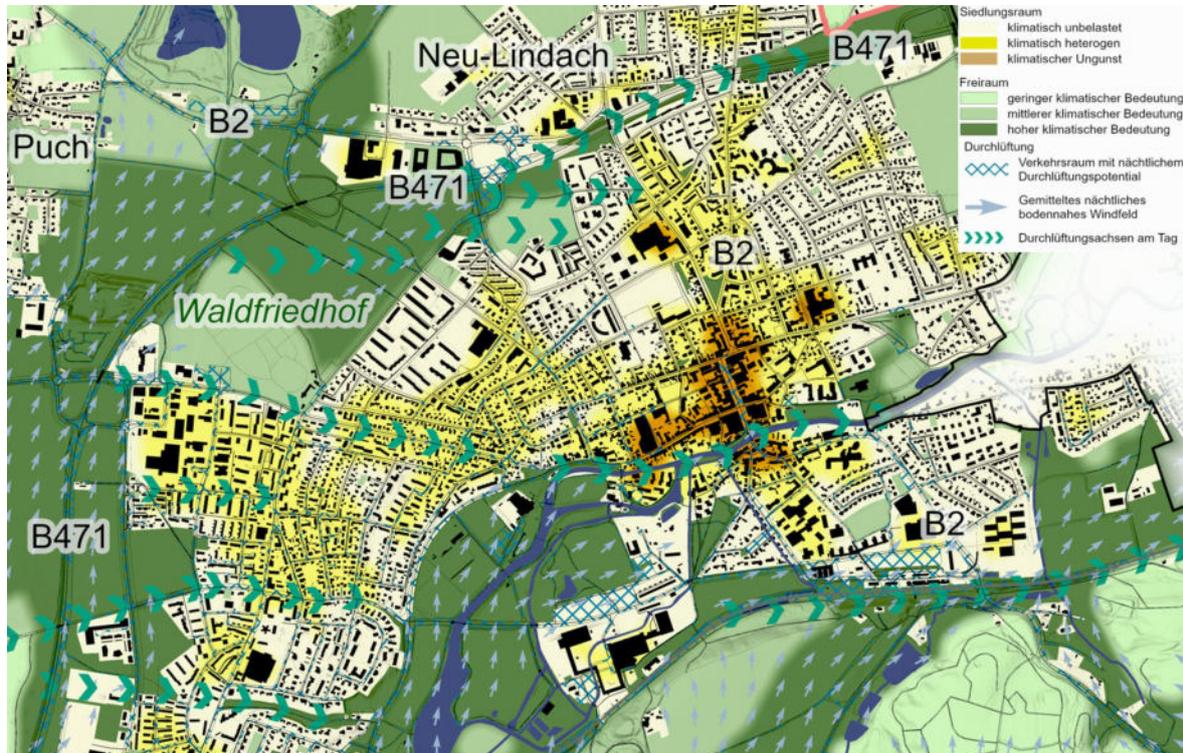


Abbildung 18: Auszug aus der PLANUNGSHINWEISKARTE für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.

Ähnlich wie der Freiraum wird der bebaute Raum (Siedlungsbereich) in drei Klassen aufgeteilt. Der bebaute klimatisch unbelastete Raum (hellgelb) wird typischerweise durch eine geringe thermische Belastung und im Normalfall durch eine gute nächtliche Kaltluftversorgung und / oder Durchlüftungspotential am Tag geprägt. Gleichzeitig besitzen sie nur eine geringe klimatische Planungsrelevanz im Kontext der baulichen Entwicklung. Für den Siedlungsraum des administrativen Bereichs von FÜRSTENFELDBRUCK sind dies i.d.R. die Siedlungsrandbereiche bzw. solche städtischen Gebiete, die entlang innerstädtischer Grünzüge (z.B. dem GEISINGER STEIG) liegen, aber selbst nicht als Transitflächen für bspw. Kaltluft dienen.

Bebaute Räume mit klimatischer Heterogenität (gelb) beinhalten Siedlungsflächen, die trotz ihres klimatisch heterogenen Charakters grundsätzlich eine höhere klimatische Belastungssituation besitzen. Nutzungsintensivierungen können bei diesen Flächen zur Entwicklung von klimatischen Ungunst-Situationen führen. Bei der städtebaulichen Entwicklung dieser Areale sind klimatische Belange zu prüfen und zu berücksichtigen. Für die Siedlungsräume von AICH, PUCH und LINDACH finden sich entsprechende Bereiche in den Kernzonen der Siedlungen. HASENHEIDE ist aufgrund des typischen Industrie- und Gewerbegebiet-Charakters bis auf schmale Randgebiete mehrheitlich dieser Klasse zuzuordnen. Im Siedlungsbereich von FÜRSTENFELDBRUCK sind diese Flächen großflächiger bspw. beidseits der B 2, der DACHAUER STR., der PUCHER STR. und der AICHER STR. sowie zwischen dem WALDFRIEDHOF und der ROTH-SCHWAIGER STR. und im Bereich BUCHENAU ausgeprägt.

Bebaute Räume mit klimatischer Ungunst (orange) stellen durch ihre thermische Belastung zukünftige Klimasanierungsgebiete dar. Ziel sollte es sein, die thermische Belastung innerhalb

dieser Räume dauerhaft durch Maßnahmen zur Klimaanpassung (auch im Bestand) zu reduzieren. Ein zentraler Raum dieser Ungunstkategorie erstreckt sich zwischen der PUCHER STR. / DACHAUER STR, entlang der B 2 und SCHÖNGEISINGER STR. / KIRCHSTRASSE. Kleinere lokale Spots liegen außerdem in der HASENHEIDE und im Bereich der großen Industriehallen in BUCHENAU.

Glossar (Kurzform)

BEGRIFF	BEDEUTUNG
Autochthone Witterung	"eigenbürtige", durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Witterung, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist.
Bioklima	Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf den menschlichen Organismus. Entsprechend ihrer Ausprägung und Wirkung werden sie als belastend, schonend oder als Reiz empfunden.
Eistag	ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes liegt
Flurwind*	eine thermisch bedingte kleinräumige Ausgleichsströmung zwischen einer Stadt und ihrer Umgebung
Frosttag	ein Tag, an dem das Minimum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunktes liegt
Globalstrahlung	die gesamte am Erdboden ankommende Sonnenstrahlung, also die Summe aus direkter Strahlung und (diffuser) Himmelsstrahlung
Heißer Tag	ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur ≥ 30 °C beträgt (früher auch Tropentag).
Klimafaktoren	(auch klimatologische Wirkungsfaktoren) sind Faktoren, welche die Klimaelemente (Temperatur, Luftfeuchte usw.) und damit das Klima eines Ortes beeinflussen.
Klimatop	Klimatisch räumliche Einteilung von Gebieten mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen hinsichtlich <ul style="list-style-type: none"> • des thermischen Tagesgangs, • der durch Bodenrauigkeitsänderungen bedingten Windfeldströmungen • der topographischen Lage und / oder Exposition sowie • der Art der realen Flächennutzung
Kaltluftfluss	die in windschwachen, klaren Nächten hangabwärts strömende kalte Luft. Sie sammelt sich am Erdboden und ist dann schwerer als die wärmere Luft der Umgebung. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hängt von der Hangneigung, der Bodenrauigkeit und der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes, das heißt von der Größe des Gebietes in dem Kaltluft produziert wird, ab.
Kaltluftvolumenstrom	Menge in Kubikmetern (m^3) der gebildeten Kaltluft, die sich pro Sekunde über einen Meter Untergrund bewegt
Klimamodell*	mathematisches Gleichungssystem welches das Klima bzw. dessen Änderungen simuliert. Als Variablen dienen physikalische und chemische Beziehungen.
Klimaprojektion	Analyse der Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf das Klima der Erde unter Nutzung von Klimamodellen. Sie sind in der Lage alle wesentlichen Prozesse der Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre des Planeten, zu beschreiben. Mit ihnen können die beobachteten Änderungen des Klimas in der Erdgeschichte analysiert und nachvollzogen werden.
Kontinentalklima	Klima, welches charakteristisch für das Innere größerer Festlandsmassen ist. Im Allgemeinen ist das Kontinentalklima durch große jährliche und tägliche Schwankungsbereiche der Temperatur, eine geringe relative Feuchte sowie mäßigen oder geringen, unregelmäßig fallenden Niederschlag geprägt.

Makroklima	Klima, welches von großskaligen Prozessen geprägt ist
Mesoklima	Bereich, der zwischen dem Mikroklima und dem Makroklima liegt. Während das Makroklima hauptsächlich von großskaligen und das Mikroklima vor allem von kleinskaligen, lokalen Prozessen beeinflusst ist, ist es im Mesoklima eine Mischung von beiden. Damit umfassen die Skalen der mesoskaligen Phänomene etwa eine horizontale Ausdehnung von ca. 1 bis 2000 km und eine typische Lebensdauer von einer Stunde bis hin zu einer Woche. Geländeform, Hangneigung und Beschaffung der Erdoberfläche sind dabei wichtige Parameter.
Mikroklima	mittlere atmosphärische Zustände und wiederkehrende Phänomene im mikrometeorologischen Maßstabbereich. Nach Orlanski (1975) werden atmosphärische Prozesse mit einer horizontalen Ausdehnung von wenigen Millimetern bis einigen hundert Metern der Mikroskala zugeordnet. Mit Mikroklima ist damit das spezielle Klima eines Areals gemeint, das sich in den bodennahen Luftschichten ausbildet und stark von den vorhandenen Oberflächen (Untergrund, Bewuchs, Bebauung), z. B. deren Rauigkeit und thermischen Eigenschaften, beeinflusst ist.
Rauigkeit***	(auch Rauheit) bezeichnet die Unebenheit von Oberflächen
Regionalklima	eng verwandt mit der Begrifflichkeit Mesoklima. Dabei sind Phänomene mit sehr ähnlichen Raum- und Zeitskalen gemeint, die sowohl durch groß- als auch kleinskalige Prozesse beeinflusst werden, aber auch von regionalen Gegebenheiten wie der Geländeform und der Landnutzung abhängen. Beim Regionalklima, im Gegensatz zum Mesoklima, wird deutlicher der Bezug zu natur- oder kulturräumlichen Klimabesonderheiten hergestellt.
Resilienz**	Die Leistungsfähigkeit eines Systems Störungen zu absorbieren und sich in Phasen der Veränderung so neu zu organisieren, dass wesentliche Strukturen und Funktionen erhalten bleiben.
Sommertag	ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur $\geq 25\text{ °C}$ beträgt
Städtische Wärmeinsel*L	ein typisches Merkmal des Stadtklimas, welches durch die Wechselwirkung mehrerer unterschiedlicher Effekte hervorgerufen wird. Durch die starke Aufwärmung tagsüber und die eingeschränkte Abkühlung nachts, werden die Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer.
Strahlungsantrieb*S	Maß für die global gemittelten klimarelevanten Störungen des atmosphärischen Strahlungs- und Energiehaushaltes
Strahlungswetterlage*	eine Form des Hochdruckwetters mit geringer Bewölkung und höchstens mäßigen Winden
Tropennacht	eine Nacht (18 bis 06 UTC), in der das Minimum der Lufttemperatur $\geq 20\text{ °C}$ beträgt

Sofern nicht anders gekennzeichnet gilt als primäre Quelle das Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienst (DWD) (www.dwd.de/lexikon oder www.wetterlexikon.eu).

* Wetter-Lexikon von wetter.net - Q.met GmbH (<https://www.wetter.net/wetterlexikon>)

** Lexikon der Nachhaltigkeit der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (<https://www.nachhaltigkeit.info>)

*** Duden - Bibliographisches Institut GmbH (<https://www.duden.de>)

*L Environmental Sciences Europe – Kuttler 2011 (<http://www.enveurope.com>)

*S Spektrum – Lexikon der Geowissenschaften (www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften)

Quellenverzeichnis

Insofern nicht anders angegeben gilt für alle Abbildungen und Tabellen als Quelle
BURGHARDT UND PARTNER, INGENIEURE (BPI) – 2024

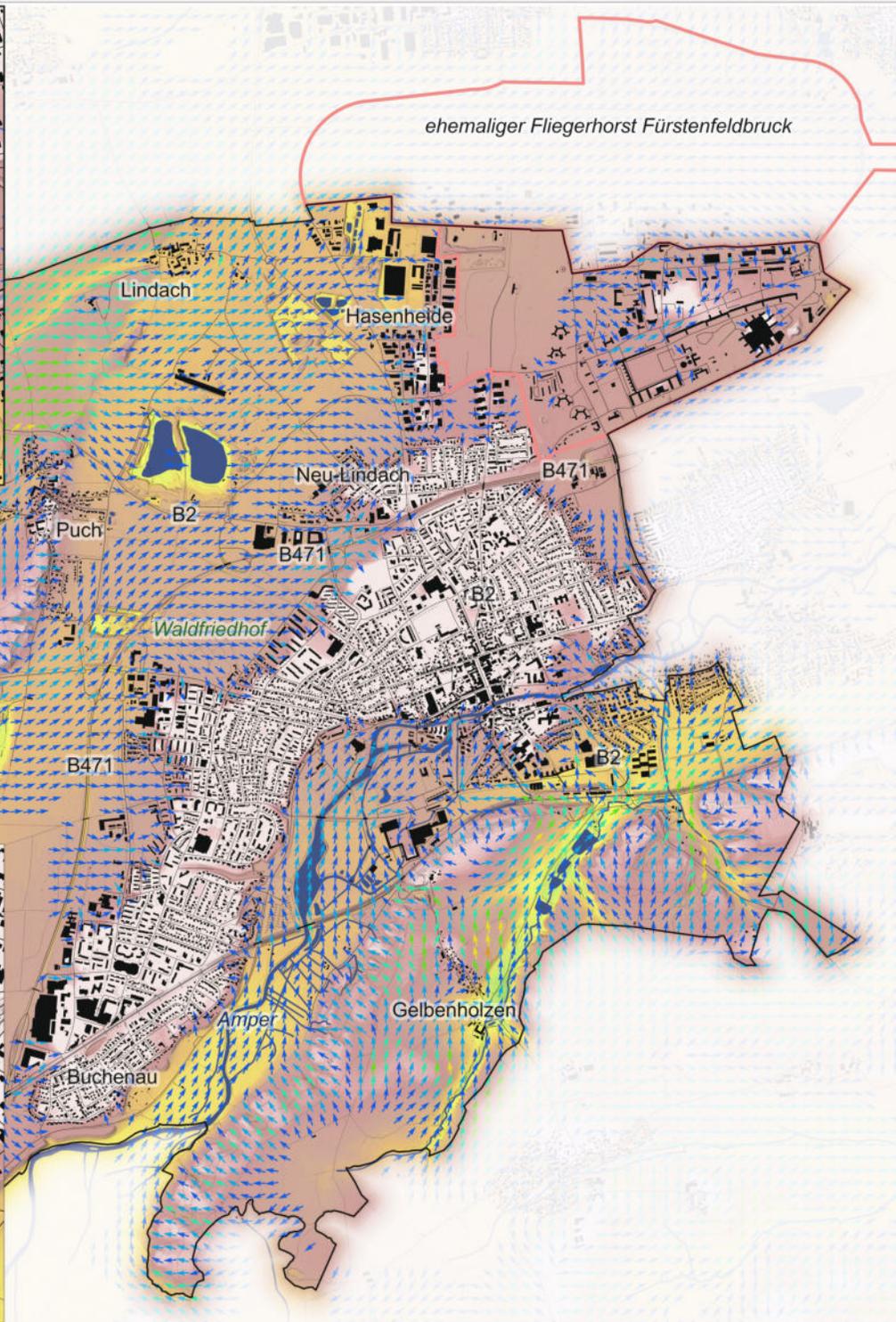
Literatur und Abbildungen

- [1] BURGHARDT, R et al. 2014, Klimabewusste Stadtgestaltung. In: RaumPlanung, Fachzeitschrift für räumliche Planung und Forschung, Ausgabe 01/2014, Informationskreis für Raumordnung, Dortmund
- [2] BURGHARDT, R. 2015, Development of an ArcGIS extension to model urban climate factors, Kassel University Press
- [3] DEUTSCHE METEOROLOGISCHE GESELLSCHAFT E.V., Online-Quelle 2018, URL: www.dmg-ev.de/publikationen/stellungnahmen (Abruf: 10/2018)
- [4] DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD O.J.), „Städtische Wärmeinsel“; Online-Quelle 2023 URL: https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadt/pl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html (Abruf: 08/2023)
- [5] KATZSCHNER L. UND THORSSON S. 2009, Microclimatic Investigations as Tool for Urban Design, The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan
- [6] LOHMEYER, A. 2008, Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, In: Lohmeyer Aktuell, Bd. 20, Karlsruhe
- [7] OKE, T.R. 1987, Boundary Layer Climates. 2nd Edition, Methuen Publishers, Lagos
- [8] OKE, T.R. 2006, Towards better scientific communication in urban climate, In: Theoretical and Applied Climatology 84 (1), 179-190
- [9] GARTLAND, L. 2008, Heat Islands Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas in the UK and USA in 2008. Earthscan, London
- [10] NG E. UND REN C. 2015, The Urban Climatic Map, Routledge, London & New York
- [11] KOOPMANS, S. et al. 2020, A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherlands, In: Building and Environment
- [12] Deutschländer, T.; Mächel, H. 2017: Temperatur inklusive Hitzewellen. In: G. Brasseur, D. Jacob und S. Schuck-Zöller (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 47–56.
- [13] Traidl-Hoffmann, Claudia; Trippel, Katja (Hrsg.) (2021): Überhitzt. Die Folgen des Klimawandels für unsere Gesundheit: was wir tun können. Bibliographisches Institut. Berlin: Dudenverlag.
- [14] VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2015, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1
- [15] Wang, Jinping; Church, John A.; Zhang, Xuebin; Chen, Xianyao 2021: Reconciling global mean and regional sea level change in projections and observations (12).

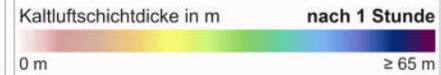
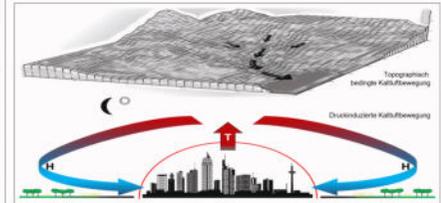
[16] DKRZ – Deutsches Klimarechenzentrum, 2023: Änderung der globalen Mitteltemperatur nach RCP-Szenarien im Vergleich zum Mittel 1986-2005. Online-Quelle URL: <https://www.dkrz.de/de/kommunikation/klimasimulationen/de-cmip5-ipcc-ar5/ergebnisse/Mitteltemperatur> (Abruf: 11/2023)

Abbildung 1: Darstellung unterschiedlicher temperaturrelevanter Faktoren und Effekte im urbanen Raum, die zur Ausprägung der städtischen Wärmeinsel beitragen [4]	2
Abbildung 2: Die unterschiedlichen Planungsebenen mit ihrem administrativen Bezug sowie den korrespondierenden klimatischen Fragestellungen und den möglichen Auflösungen	2
Abbildung 3: Schematische Darstellung zur Erstellung und zum Aufbau einer Stadtklimaanalyse.	3
Abbildung 4: Darstellung der lokalen (Fokusraum) und regionalen (Übersicht) Windverhältnisse des Untersuchungsgebietes Fürstfeldbruck für das langjährige Mittel 1980-2000.	8
Abbildung 5: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 1. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.....	12
Abbildung 6: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 3. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor	13
Abbildung 7: Auszug aus der Themenkarte KALTLUFTENTSTEHUNG und -TRANSPORT nach der 8. Simulationsstunde Simulation für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor	13
Abbildung 8: Auszug aus der Themenkarte NÄCHTLICHE BODENNAHE LUFTTEMPERATUR um 04:00 h (UTC), simuliert für einen regionaltypischen HEIßEN TAG. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.....	15
Abbildung 9: Auszug aus der Themenkarte POTENTIELLE NÄCHTLICHE BODENNAHE LUFTTEMPERATUR ZUKUNFT um 04:00 h (UTC), simuliert für einen regionaltypischen HEIßEN TAG des RCP 8.5-Szenarios für das langjährigen Mittel 2056-2085. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.....	17
Abbildung 10: Auszug aus der Monitoringkarte DURCHGRÜNUNG DES SIEDLUNGSRAUMS, basierend auf der Themenkarte Vegetationserfassung. Die Beschreibung des gesamten Untersuchungsraums liegt außerdem als separate Karte mit technischer Beschreibung vor.	19
Abbildung 11: Auszug aus der KLIMAANALYSEKARTE für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.	24
Abbildung 12: Abbildung der Temperaturveränderungen seit dem Jahr 1850 und Darstellung des projizierten Verlaufs unterschiedlicher Klimaszenarien [16]. Die für Fürstfeldbruck	

ausgewerteten RCPs 4.5 und 8.5 sind orange bzw. rot dargestellt. Das RCP 2.6 ist der grüne Verlauf, der als einziger unter dem 2 °C-Ziel verbleibt.	25
Abbildung 13: Darstellung des Niederschlags (Gesamtjahr) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).....	26
Abbildung 14: Darstellung der HEIßEN TAGE ($LT_{max} \geq 30 \text{ °C}$) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).	27
Abbildung 15: Darstellung der TROPENNÄCHTE ($LT_{min} \geq 20 \text{ °C}$) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).	28
Abbildung 16: Darstellung der EISTAGE ($LT_{max} < 0 \text{ °C}$) im projizierten RCP 8.5 für die 30-jährigen Mittel 2026 – 2055 (links) und 2056 – 2085 (rechts).....	28
Abbildung 17: Auszug aus der Analysekarte HITZEBEZOGENE VULNERABILITÄT für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.....	30
Abbildung 18: Auszug aus der PLANUNGSHINWEISKARTE für den Stadtkern. Die komplette Karte mit technischer Beschreibung liegt im Anhang vor.....	34



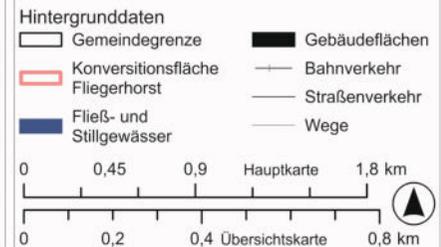
Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
Themenkarte Nächtliche Kaltluft
 Kaltluftentstehung und Kaltlufttransport im nächtlichen Verlauf über 8 Stunden dynamisch simuliert
 November 2023



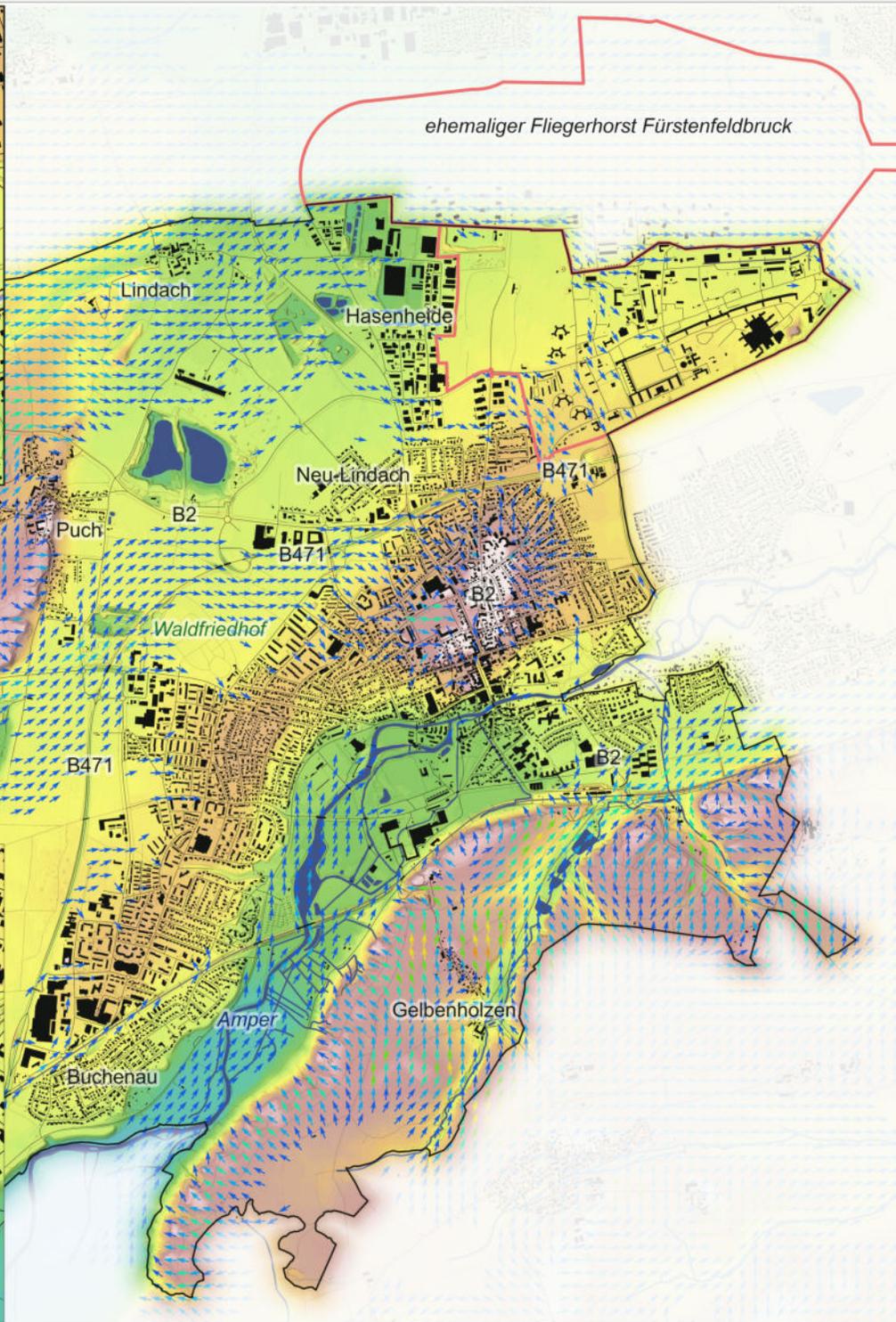
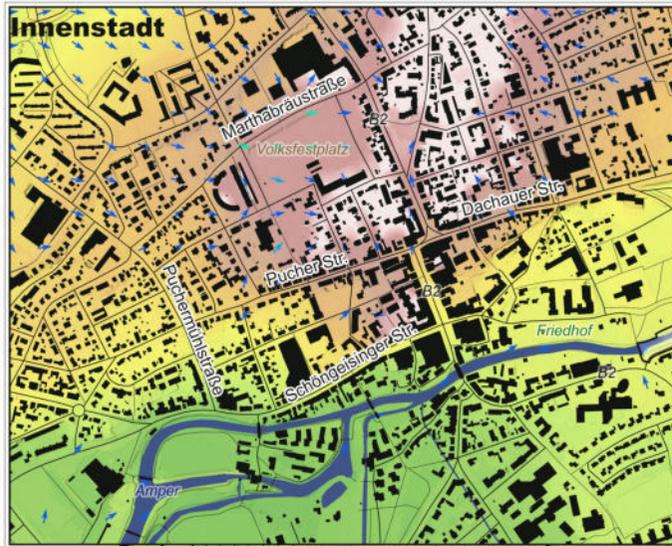
Die Simulation der nächtlichen Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes geschieht mit Hilfe des numerischen Kaltluftsimulationsprogramms "Klam_21" des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2.012.

Die Berechnung basiert auf der Landnutzung, der Bebauungsstruktur sowie der Topographie. Ausgegangen wird von einer austauscharmen Strahlungsnacht. Gleichzeitig fördern innerstädtische Frei- und Grünflächen die lokale Kaltluftproduktion und können, je nach Lage und Ausrichtung, das Eindringen des Kaltluftabflusses in den Siedlungsraum unterstützen. Kaltluft bildet sich in den Nachtstunden, vorzugsweise während Strahlungsnächten (wolkenlos). Der klimatisch wirksame Kaltluftabfluss / -transport ist zudem abhängig von einer autochthonen Wetterlage, ohne überlagernde regionale Anströmung.

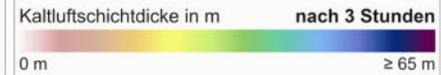
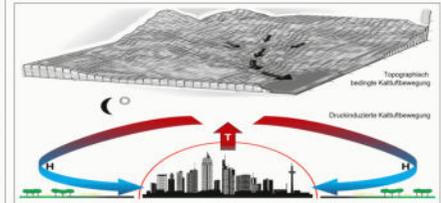
Die Kaltfluthöhen und das bodennahe Strömungsfeld (2 m über Grund) wurden für einen Referenzzeitraum von 8 Stunden nach Sonnenuntergang berechnet. Dabei wurden für die Simulationsnacht mehrere zeitliche Schnitte (15Min., 30Min., 1Std., 2Std., 3Std., 4Std., 5Std., 6Std., 7Std. & 8Std.) erzeugt.



Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



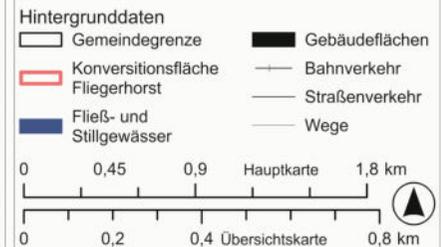
Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
Themenkarte Nächtliche Kaltluft
 Kaltluftentstehung und Kaltlufttransport im nächtlichen Verlauf über 8 Stunden dynamisch simuliert
 November 2023



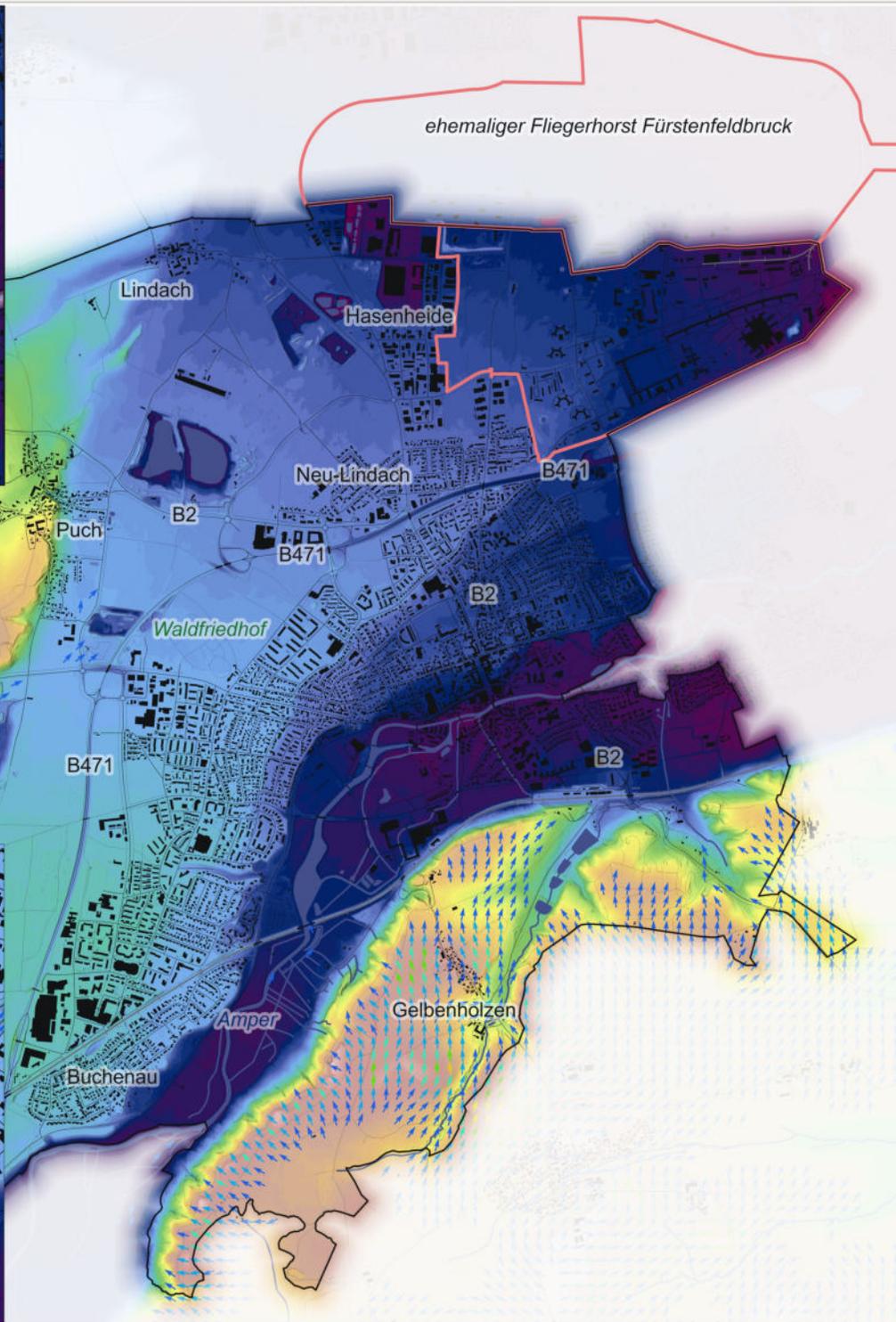
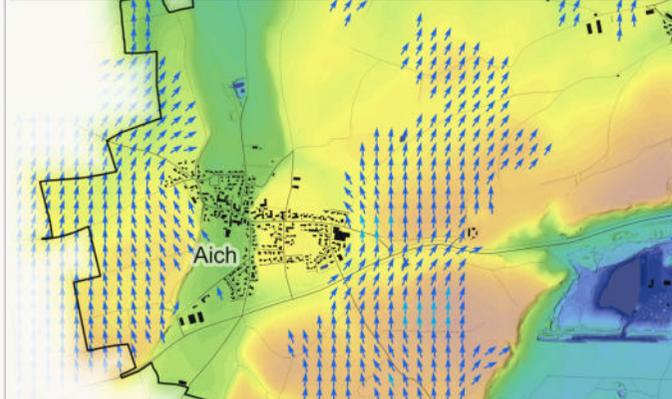
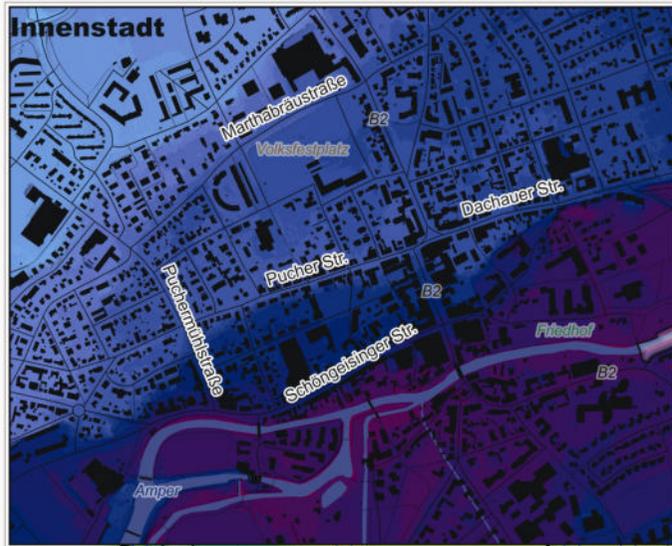
Die Simulation der nächtlichen Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes geschieht mit Hilfe des numerischen Kaltluftsimulationsprogramms "Klam_21" des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2.012.

Die Berechnung basiert auf der Landnutzung, der Bebauungsstruktur sowie der Topographie. Ausgegangen wird von einer austauscharmen Strahlungsnacht. Gleichzeitig fördern innerstädtische Frei- und Grünflächen die lokale Kaltluftproduktion und können, je nach Lage und Ausrichtung, das Eindringen des Kaltluftabflusses in den Siedlungsraum unterstützen. Kaltluft bildet sich in den Nachtstunden, vorzugsweise während Strahlungsnächten (wolkenlos). Der klimatisch wirksame Kaltluftabfluss / -transport ist zudem abhängig von einer autochthonen Wetterlage, ohne überlagernde regionale Anströmung.

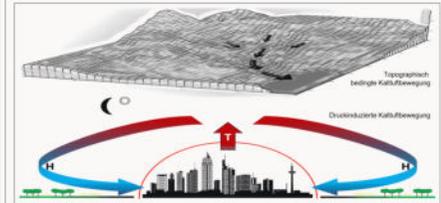
Die Kaltfluthöhen und das bodennahe Strömungsfeld (2 m über Grund) wurden für einen Referenzzeitraum von 8 Stunden nach Sonnenuntergang berechnet. Dabei wurden für die Simulationsnacht mehrere zeitliche Schnitte (15Min., 30Min., 1Std., 2Std., 3Std., 4Std., 5Std., 6Std., 7Std. & 8Std.) erzeugt.



Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
 Themenkarte Nächtliche Kaltluft
 Kaltluftentstehung und Kaltlufttransport im nächtlichen Verlauf über 8 Stunden dynamisch simuliert
 November 2023



Bodennahes nächtliches Strömungsfeld

≤ 0,1 m/s	> 0,75 m/s bis ≤ 1,0 m/s
▶ > 0,1 m/s bis ≤ 0,25 m/s	▶ > 1,0 m/s bis ≤ 1,25 m/s
▶ > 0,25 m/s bis ≤ 0,5 m/s	▶ > 1,25 m/s bis ≤ 1,5 m/s
▶ > 0,5 m/s bis ≤ 0,75 m/s	▶ > 1,5 m/s

Die Simulation der nächtlichen Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes geschieht mit Hilfe des numerischen Kaltluftsimulationsprogramms "Klam_21" des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2.012.

Die Berechnung basiert auf der Landnutzung, der Bebauungsstruktur sowie der Topographie. Ausgegangen wird von einer austauscharmen Strahlungsnacht. Gleichzeitig fördern innerstädtische Frei- und Grünflächen die lokale Kaltluftproduktion und können, je nach Lage und Ausrichtung, das Eindringen des Kaltluftabflusses in den Siedlungsraum unterstützen. Kaltluft bildet sich in den Nachtstunden, vorzugsweise während Strahlungsnächten (wolkenlos). Der klimatisch wirksame Kaltluftabfluss / -transport ist zudem abhängig von einer autochthonen Wetterlage, ohne überlagernde regionale Anströmung.

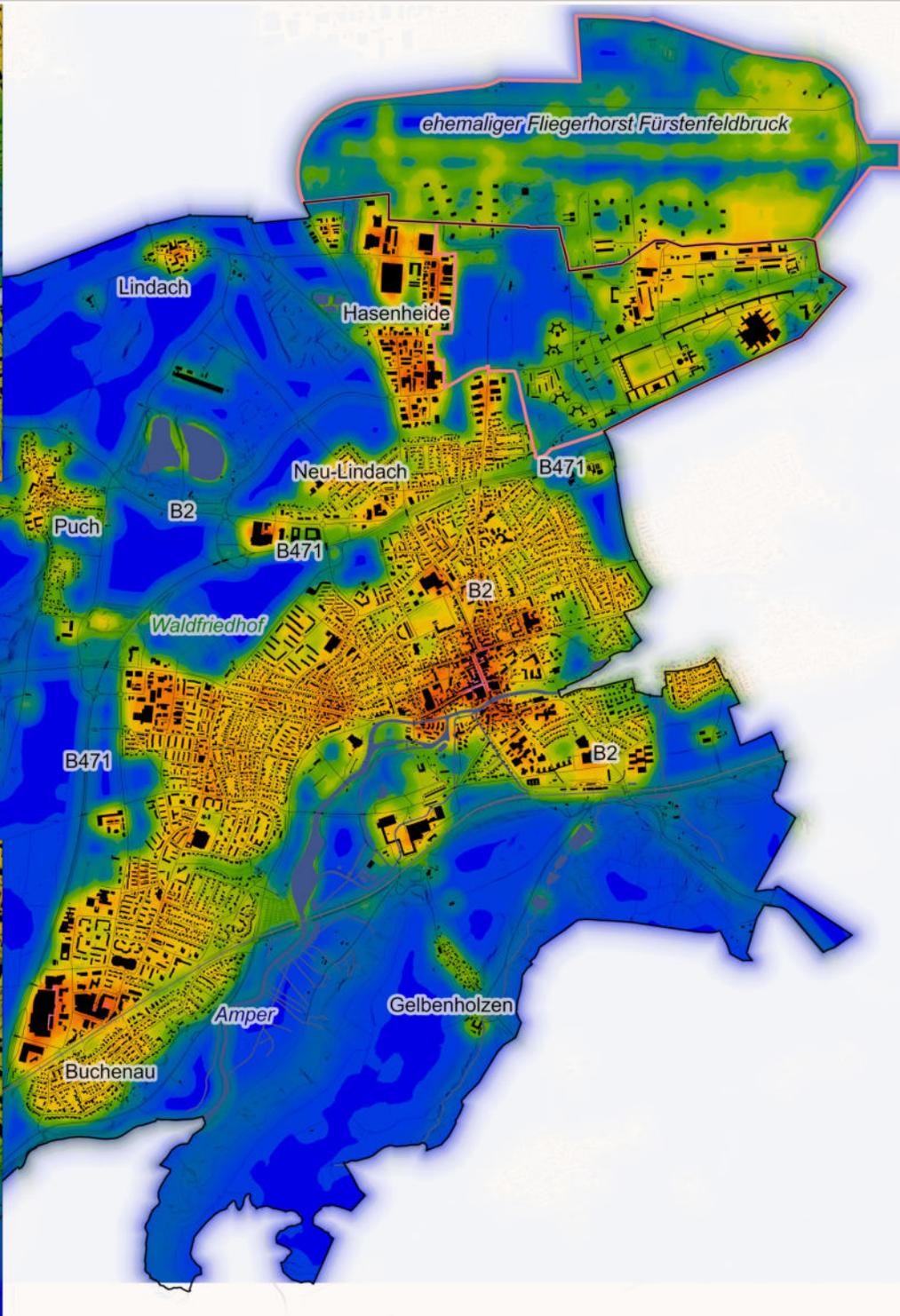
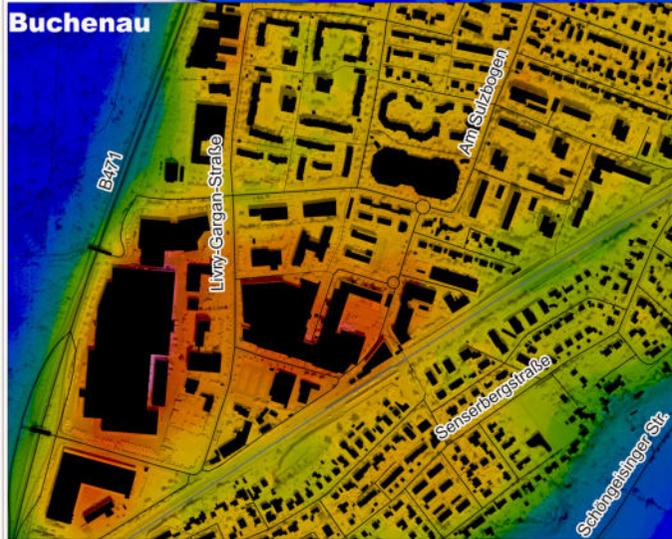
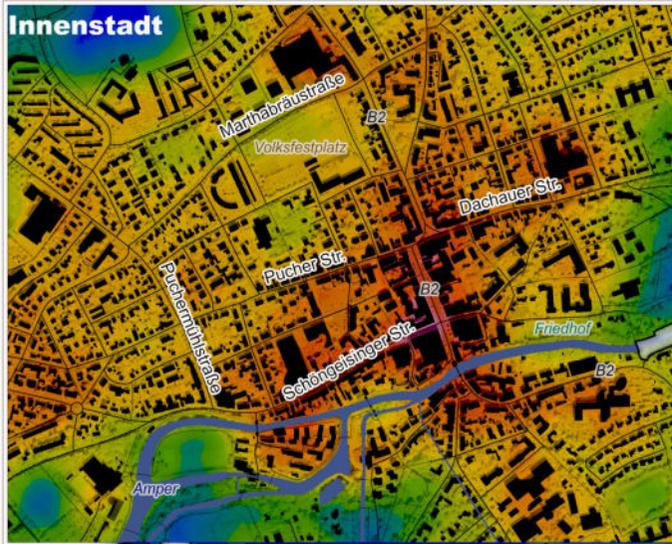
Die Kaltflughöhen und das bodennahe Strömungsfeld (2 m über Grund) wurden für einen Referenzzeitraum von 8 Stunden nach Sonnenuntergang berechnet. Dabei wurden für die Simulationsnacht mehrere zeitliche Schnitte (15Min., 30Min., 1Std., 2Std., 3Std., 4Std., 5Std., 6Std., 7Std. & 8Std.) erzeugt.

Hintergrunddaten

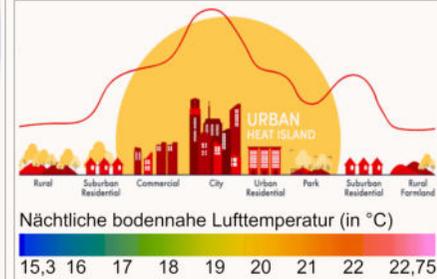
□ Gemeindegrenze	■ Gebäudeflächen
□ Konversionsfläche	— Bahnverkehr
□ Fliegerhorst	— Straßenverkehr
■ Fließ- und Stillgewässer	— Wege

0 0,45 0,9 Hauptkarte 1,8 km
 0 0,2 0,4 Übersichtskarte 0,8 km

Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
 Themenkarte Städtischer Wärmeinseleffekt
 Nächliche bodennahe Lufttemperatur für 04:00 Uhr an
 einem regionaltypischen "Heißen Tag"
 November 2023



Die subsidiäre Themenkarte der bodennahen nächtlichen Lufttemperatur wird für 04:00 Uhr nachts, während eines "Heißen Tages" berechnet. Als Eingangsparameter für die anzunehmende Lufttemperatur im Außenbereich wird das Mittel der Tagesmaxima sowie der Nachtminima für "Heiße Tage" über 30 °C während der letzten 30 Jahre ermittelt. Als Referenzstation zur Ermittlung der Werte dient der historische Datenbestand des DWD. Entsprechend lässt sich ein typischer "Heißer Tag" in der Region, während der letzten 30 Jahre, mit einem Maximum von 31,6 °C und einem Minimum in der Nacht von 15,3 °C im Außenbereich charakterisieren. Für die lokaltypische nächtliche Durchlüftung wird eine austauscharme Wetterlage ohne regionale Überströmung angenommen, in der eine Schwachwindssituation in Form des bodennahen Flurwindes dominierend ist. Entsprechend wird als Eingangsparameter für das bodennahe nächtliche Windfeld auf die, in den Kaltluftsimulationen berechneten Windgeschwindigkeiten zurückgegriffen.

Statistisch betrachtet liegt das Temperaturmittel im im bebauten Siedlungsraum (in max. 75 m zur Bebauung) 18,6 °C, und damit unter der Schwelle von 20 °C als Definition einer Tropennacht. In der gesamtstädtischen Betrachtung der Bevölkerungsverteilung zeigt sich, dass 15 % der vulnerablen Altersklassen ≤4 Jahre und 12,3 % der AK ≥60 Jahre in potentiell nächtlich thermisch belasteten Gebieten leben (bezogen auf den regionaltypischen "Heißen Tag" und der Schwelle von 20 °C als Tropennacht).

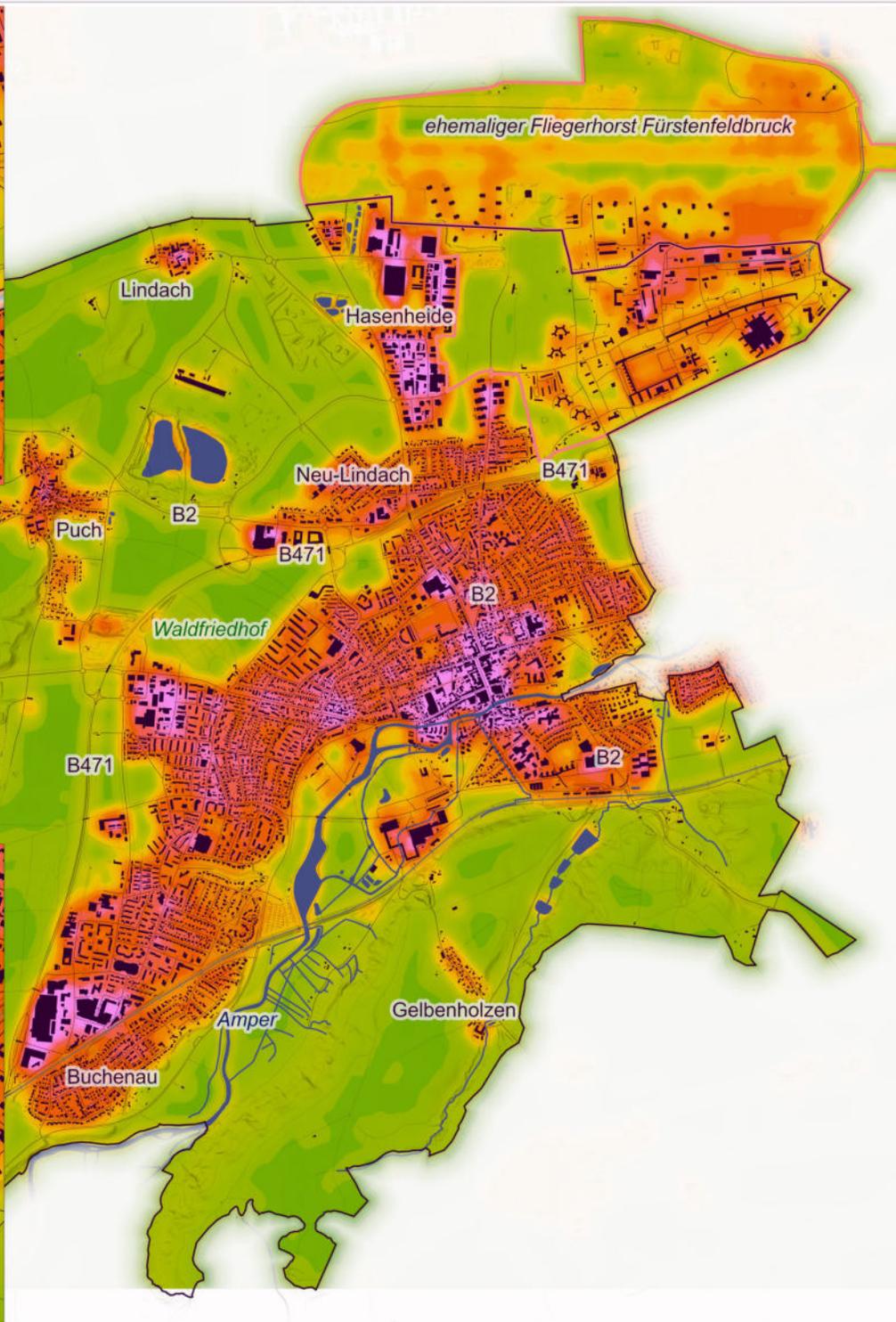
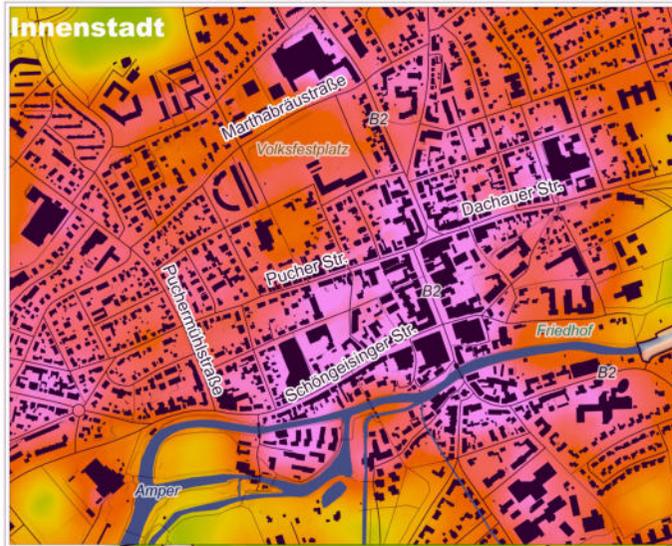
Hintergrunddaten

- Gemeindegrenze
- Gebäudeflächen
- Konversionsfläche
- Bahnverkehr
- Fliegerhorst
- Straßenverkehr
- Fließ- und Stillgewässer
- Wege

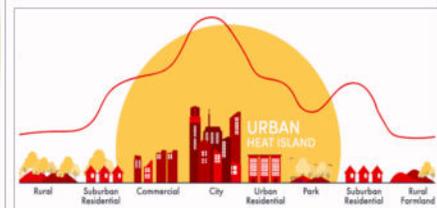
0 0,45 0,9 Hauptkarte 1,8 km

0 0,2 0,4 Übersichtskarte 0,8 km

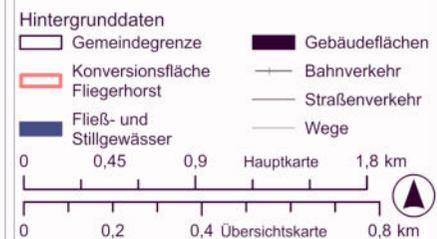
Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



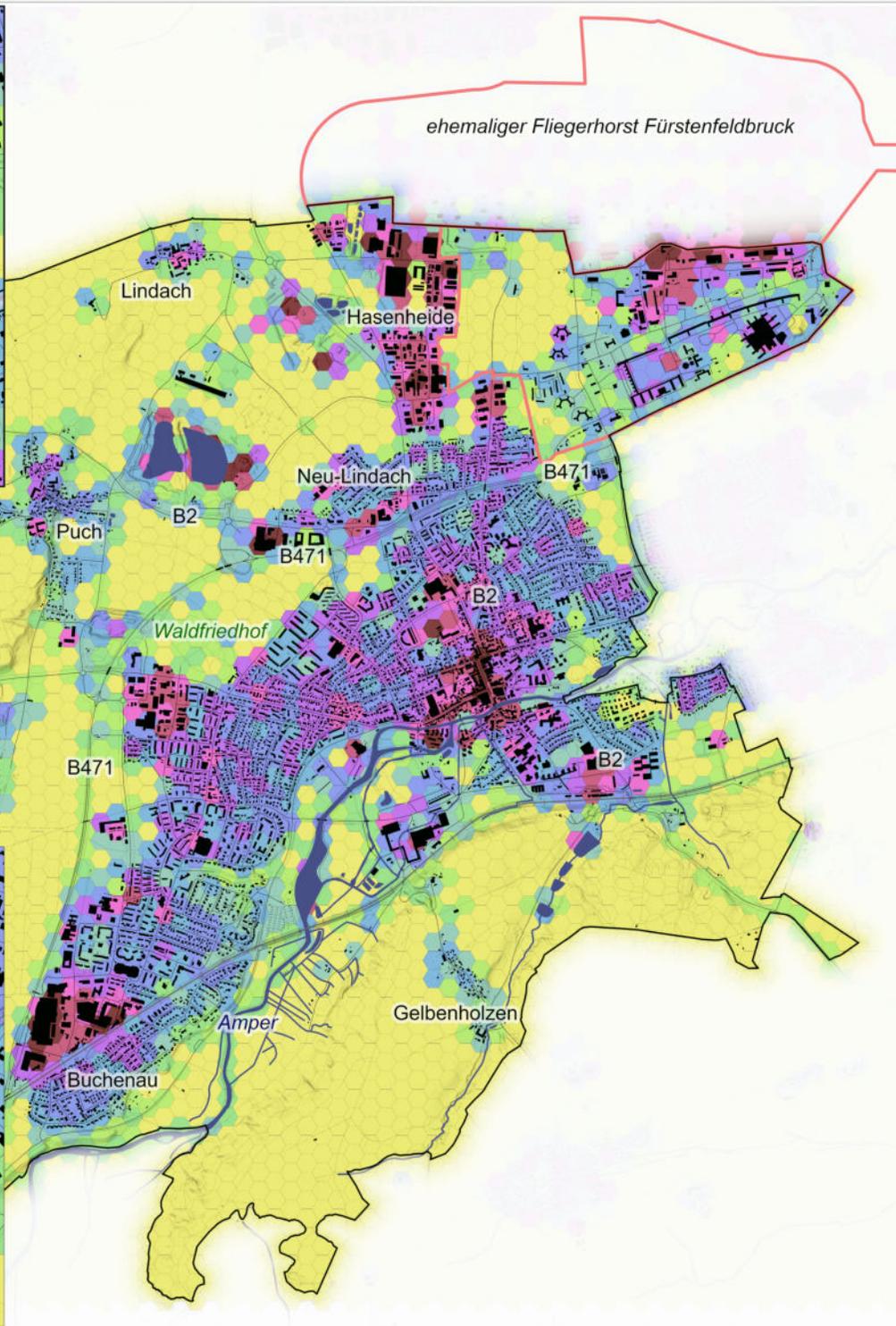
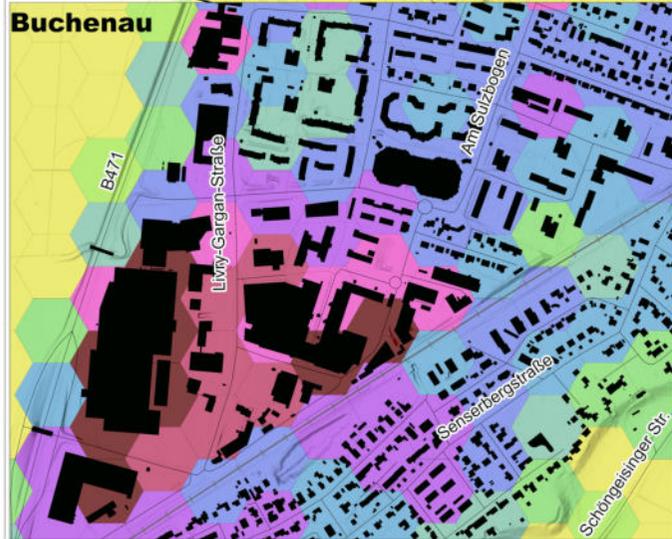
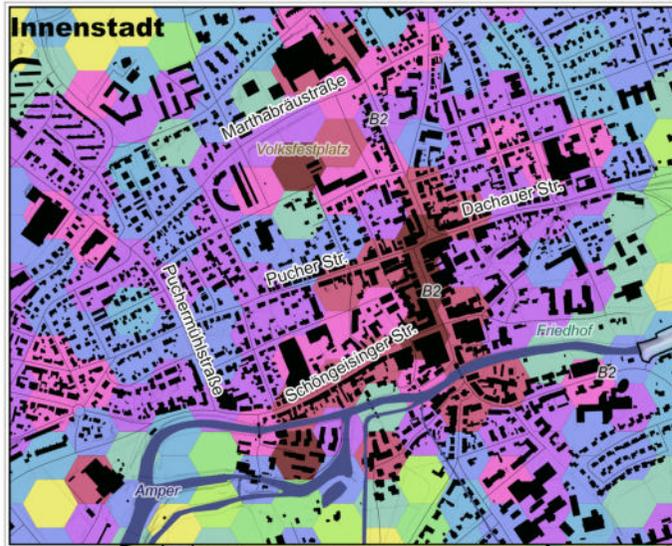
Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
 Themenkarte Städtischer Wärmeinseleffekt
 Nächtliche bodennahe Lufttemperatur für 04:00 Uhr an
 einem regionaltypischen "Heißen Tag" in der Zukunft
 November 2023



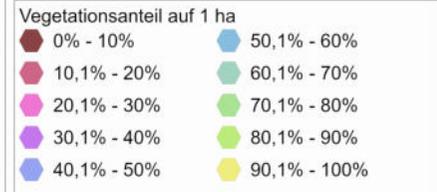
Die subsidiäre Themenkarte der potentiell zukünftigen bodennahen nächtlichen Lufttemperatur wird für 04:00 Uhr nachts, während eines "Heißen Tages" berechnet. Dabei wird zur Ermittlung regionaltypischen "Heißen Tages" das projizierte 30-jährige Mittel des Tagesmaximum sowie des Tagesminimum der Lufttemperatur für den Zeitraum 2071 bis 2100 entsprechend des RCP 8.5 Szenarios berechnet. Entsprechend lässt sich ein typischer "Heiße Tag" in der Region während der zukünftigen letzten 30 Jahre dieses Jahrhunderts mit einem Maximum von 31,7 °C und einem Minimum in der Nacht von 17,9 °C im Außenbereich charakterisieren. Damit bleibt das durchschnittliche Temperaturmaximum an einem "Heißen Tag" mit einem Anstieg um 0,1 °C stabil. Entgegen nimmt die nächtliche Abkühlung ab, so dass die durchschnittliche nächtlichen bodennahe Lufttemperatur von 15,3 °C auf 17,9 °C ansteigt, wodurch auch insgesamt die nächtliche Abkühlung im Untersuchungsraum abnimmt. Für die lokaltypische nächtliche Durchlüftung wird eine austauscharme Wetterlage ohne regionale Überströmung angenommen, in der eine Schwachwindsituation in Form des bodennahen Flurwindes dominierend ist. Entsprechend wird als Eingangsparameter für das bodennahe nächtliche Windfeld auf die, in den Kaltluftsimulationen berechneten Windgeschwindigkeiten zurückgegriffen.



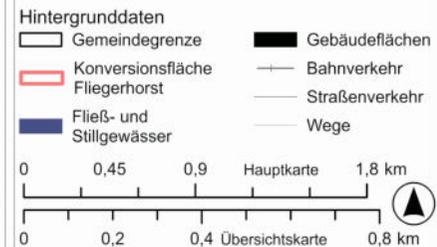
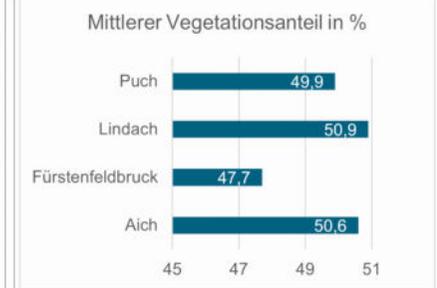
Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



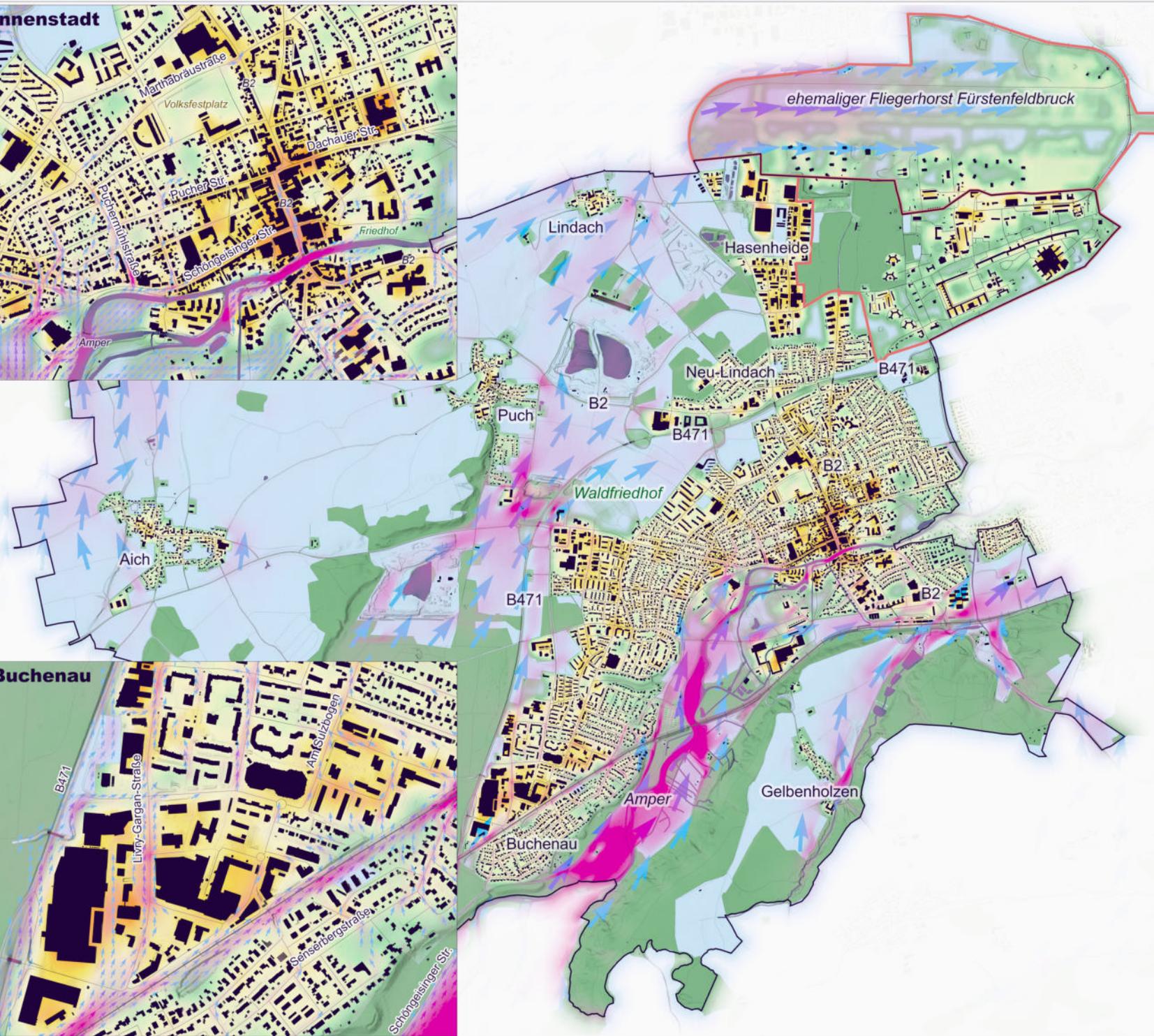
Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
 Themenkarte Vegetationsstatistik
 Vegetationsdaten aus Vegetationserfassung statistisch analysiert auf 1 ha Hexagonal-Grid
 November 2023



Der Vegetationsanteil berechnet sich aus den Ergebnisdaten der Analyse zur Vegetationserfassung und der statistisch-räumlichen Bezugsgröße. Für die statistische Ermittlung des Vegetationsanteils wird für die räumliche Referenz, eine 1 ha große Bezugsfläche verwendet. Dargestellt als Hexagonal-Grid wird der gesamte administrative Raum der Gemeinde Fürstenfeldbruck abgedeckt. Im Kontext eines kontinuierlichen Monitorings zur Entwicklung des Grünanteils in der Stadt stellt das 1 ha-Hexagonal-Grid eine statistisch valide Auswertungsmaske dar, um kurz- und langfristige Veränderungen / Entwicklungen in der Stadt zu erfassen und zu dokumentieren. Die nachfolgende Auswertung beschreibt den mittleren Durchgrünungsanteil nach städtischem Bezirk. Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Bezirke zu ermöglichen, wird der mittlere Vegetationsanteil ausschließlich auf Grundlage der bebauten Flächen ermittelt (Wald & Offenlandstrukturen werden entsprechend nicht berücksichtigt).



Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



Das Klimatop „Freilandklima“ beschreibt hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich. Sie sind meist durch niedrigen Bewuchs geprägt, womit eine geringe Oberflächenrauigkeit gegeben ist. Diese Flächen, bei denen es sich vornehmlich um Grünland, landwirtschaftliche Flächen oder Brachen handelt, zählen zu den Gunstklimaten mit einer hohen nächtlichen Abkühlungsrate.

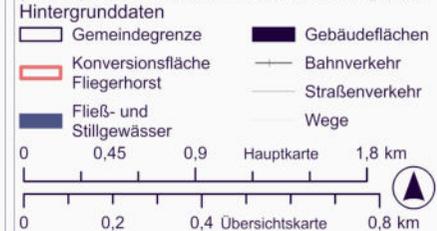
„Waldklima“ = Fläche ohne / nahezu ohne Emissionsquellen. Hauptsächlich mit dichtem Baumbestand und hoher (Luftschadstoff) Filterwirkung

„Misch- und Übergangsklima“ = Vegetationsgeprägte Gebiete ausreichender Größe um ein lokales klimatisches Ausgleichspotential zu generieren. Diese Flächen besitzen eine hohe klimaökologische Wertigkeit als Puffer- und Ausgleichsflächen in Nachbarschaft zu klimatisch belasteten Gebieten. Auf diesen Flächen findet eine ausreichende lokale Belüftung und Evapotranspiration statt, wodurch sie insbesondere in den Sommermonaten eine wichtige klimatisch regulierende Funktion übernehmen.

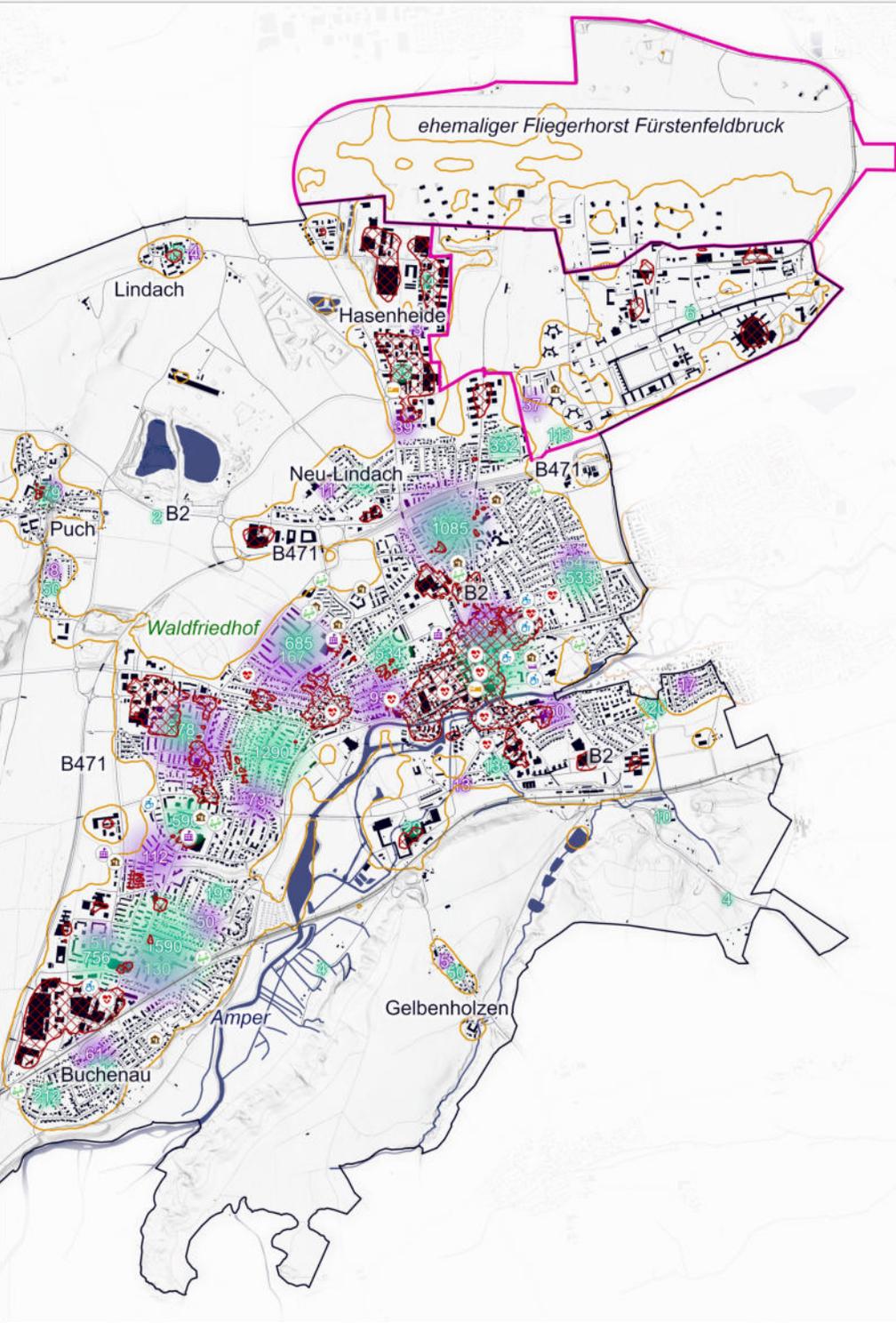
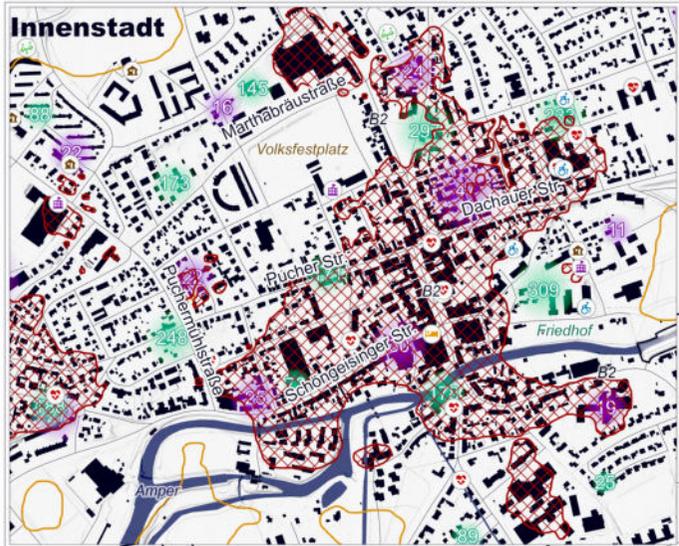
„Vorstadtklima“ = Baulich geprägte Gebiete mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen und moderaterem nächtlichen Abkühlungspotential. Belüftung kann durch Bebauung eingeschränkt sein.

„Stadtklima“ = Verdichtete Gebiete mit großen Baumassen. Freiräume meist vegetationsfrei / stark versiegelt. Die Belüftung kann durch die Bebauung eingeschränkt sein. Überwärmungsrisiko erhöht.

„Innenstadtklima“ = Stark verdichtete Gebiete, geprägt durch fehlende Vegetation und geringe Retentionseigenschaften. Teils stark eingeschränkte Belüftung. In Kombination mit großen Baumassen entsteht ein hohes Überwärmungsrisiko.



Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)

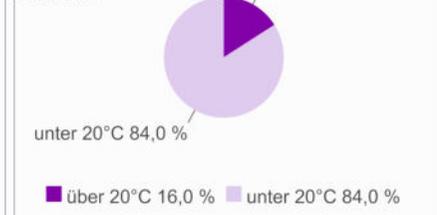


Stadtklimaanalyse Stadt Fürstenfeldbruck
Themenkarte Hitzevulnerabilität
 der Altersklassen ≤ 4 Jahre und > 60 Jahre
 & Lokalisation hitzesensibler Einrichtungen
 Februar 2024

- Räume hitzesensibler Personengruppen**
- Kita
 - Grundschule
 - Spielplatz
 - Pflegeheim
 - Krankenhaus /
 - Arzt
 - Notunterkunft
- Bodennahe nächtl. Lufttemperatur**
- ≤ 20 °C
 - > 20 °C
- Verteilung Altersklassen**
- AK ≤ 4 Jahre
 - AK > 60 Jahre

Die Themenkarte Hitzevulnerabilität greift die Themenkomplexe Demographie und sensible Gebäude / Räume auf und stellt sie in den Kontext der nächtlichen Temperaturverteilung eines typischen heißen Tages in der Region. Ziel der Karte ist die Identifizierung besonders hitzevulnerabler städtischer Räume und entsprechender Bevölkerungsgruppen zu ermöglichen. Dabei werden die Altersklassen ≤ 4 Jahre (Kleinkinder) und > 60 Jahre (Senioren) unterschieden.

Verteilung der Altersklassen nach Hitzebelastung
 Altersklasse ≤ 4 Jahre

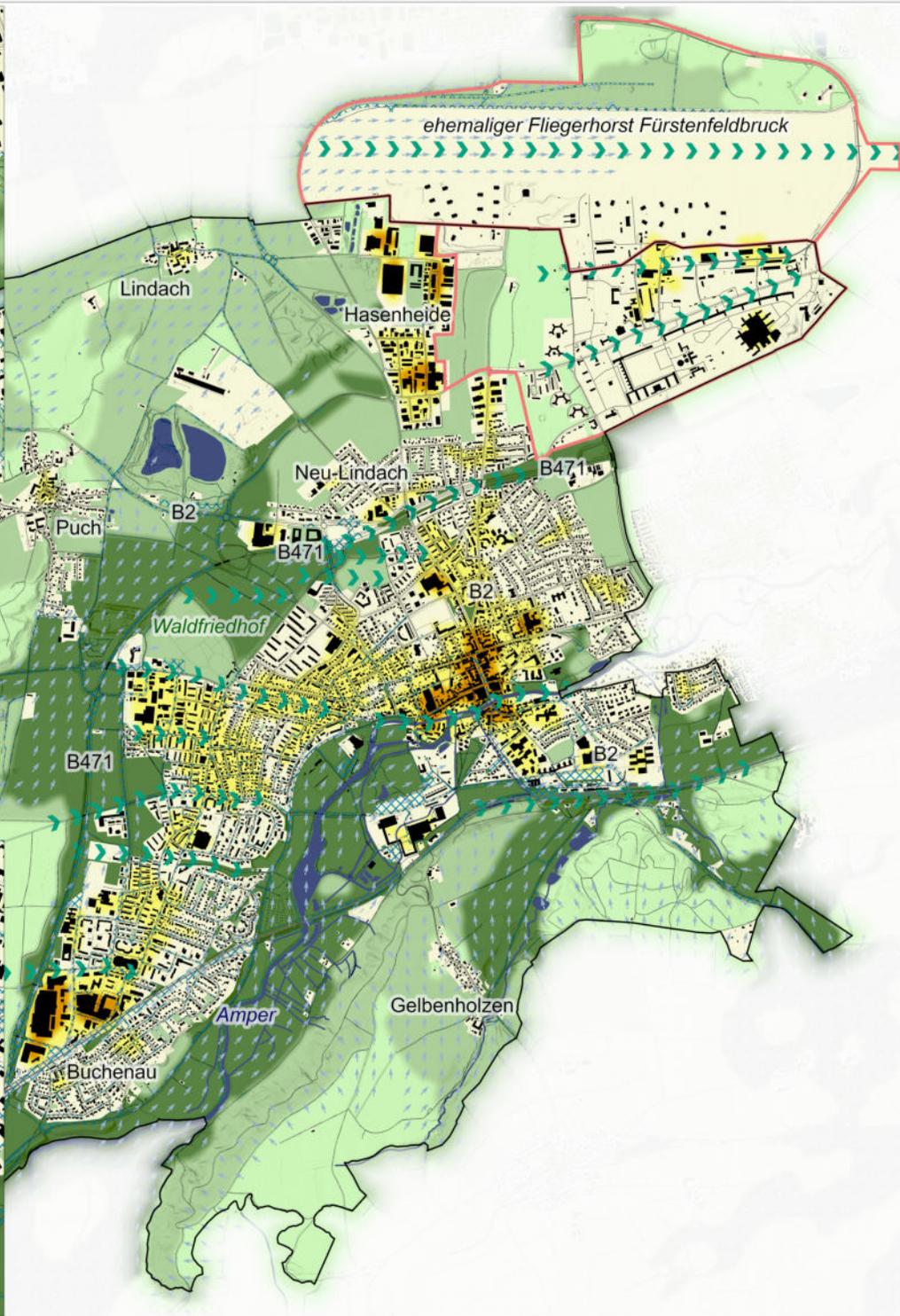


Altersklasse > 60 Jahre



- Hintergrunddaten**
- Gemeindegrenze
 - Gebäudeflächen
 - Konversionsfläche
 - Bahnverkehr
 - Fließ- und Stillgewässer
 - Straßenverkehr
 - Wege
- 0 0,45 0,9 Hauptkarte 1,8 km
- 0 0,2 0,4 Übersichtskarte 0,8 km

Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)



Stadtklimaanalyse Stadt Fürstentfeldbruck
Themenkarte Planungshinweiskarte
Ausgleichs- und Belastungsräume
 (angepasst nach VDI 3787)
 Februar 2024

Planungshinweiskarte

klimatisch unbelastet	Durchlüftung
klimatischer Ungunst	Verkehrsraum mit natürlichem Durchlüftungspotential
Freiraum	Gemittelttes natürliches bodennahes Windfeld
geringer klimatischer Bedeutung	Durchlüftungssachsen am Tag
mittlerer klimatischer Bedeutung	
hoher klimatischer Bedeutung	

Ausgleichsraum mit geringer klimatischer Planungsrelevanz: Diese vegetationsdominierten Freiräume zählen grundsätzlich zu den Ausgleichsräumen aufgrund ihrer hohen Vegetationsareale. Sie sind jedoch aufgrund ihrer Lage im Raum, ihrer Exposition und ihrer Einbettung in das nächtliche Kaltluftsystem für den Siedlungsraum von untergeordneter Planungsrelevanz. Eine grundsätzliche Entwicklung dieser Flächen ist möglich. Eine über die Normalfall gehende klimatische Prüfung ist im Normalfall nicht notwendig. Bei großflächigen Entwicklungsvorhaben sollte eine klimatische Prüfung mit klimatischen Planungshinweisen für die Entwicklung ergänzt werden.

Ausgleichsraum mit mittlerer klimatischer Planungsrelevanz: Diese Flächen stehen in einem direkten Kontakt mit dem Siedlungsraum und können diesen durch ihre Einbettung in das nächtliche Kaltluftsystem positiv beeinflussen. Dabei stellen sie einen wichtigen Übergang zwischen Siedlungsraum und Freiraum dar. Bei Entwicklungsvorhaben auf diesen Flächen ist, je nach Lage im Raum, mindestens eine klimatische Stellungnahme mit dem Fokus auf die nächtliche Kaltluftsituation zu erbringen. Es wird empfohlen sensible Bereiche (z.B. verjüngte Durchlassbereiche) zu schützen und freizuhalten. Bei Entwicklungsvorhaben in der Nähe von größeren Siedlungsstrukturen sollte ein klimatisches Gutachten mit konkreten Planungs- und Maßnahmhinweisen eingeholt werden.

Ausgleichsraum mit hoher klimatischer Planungsrelevanz: Diese Räume besitzen eine besondere klimatisch regulierende Ausgleichsfunktion für den Siedlungsraum, da sie eine direkte Verbindung zwischen Siedlungsraum und Freiraum darstellen und dabei größere Mengen an Kaltluft nachts in den Siedlungsraum transportieren können. Ziel sollte es sein, mit diesen Räumen aus klimatischer Sicht sehr eng umzugehen. Dabei ist es zu vermeiden, dass die Flächen nicht auszunutzen. Als zu prüfendes Schutzgut sollte der Aspekt des Klimas aber am höchsten gewichtet werden. Dazu kommt dass jedes Vorhaben gutachterlich auf seine klimatische Einflussnahme gegenüber dem Siedlungsraum geprüft werden muss. Für kleinere Einzelvorhaben sind klimatische Gutachten inklusive Planungs- und Maßnahmhinweise zu fordern. Vorhaben die darüber hinausgehen sollten von Beginn an (ab Phase-0 der Bauleitplanung) klimatisch begleitet werden, so dass der Entwurf und die zukünftige Planung entsprechend der klimatischen Belange entwickelt wird.

Bebauter Raum klimatisch unbelastet: Diese Siedlungsflächen sind typischerweise durch eine geringe thermische Belastung geprägt und im Normalfall durch eine guten nächtliche Kaltluftversorgung und/oder Durchlüftungspotential am Tag geprägt. Gleichzeitig besitzen sie nur eine geringe Planungsrelevanz im Kontext städtischer Entwicklungen. Aufrechterhaltung eines hohen Vegetationsanteils sowie die gute fachliche Praxis des klimangepassten Bauens sollten standard sein. Bei größeren Vorhaben sollten diese klimatisch geprüft werden.

Bebauter Raum klimatisch heterogen: Diese Klasse vereint Siedlungsflächen die zusammengekommen eine heterogenen klimatischen Charakter besitzen. Grundsätzlich liegt jedoch eine höhere klimatische Belastungslage vor. Nutzungsintensivierungen können dadurch zu Entwicklung von klimatischen Ungunst-Situationen führen, die es zu vermeiden gilt. Insbesondere Räume die ein gesteigertes natürliches / städtisches Durchlüftungspotential besitzen sind für ihre Umgebung von Planungsrelevanz und besitzen dadurch eine klimatische Fernwirkung. Bei der städtebaulichen Entwicklung dieser Flächen sind klimatische Belange zu prüfen und zu berücksichtigen. Eine lokale klimatische Verschlechterung bzw. die Beeinträchtigung der klimatischen Fernwirkung sollte vermieden werden. Bei größeren Vorhaben ist eine klimatisch-gutachterliche Begleitung von Beginn an (ab Phase-0 der Bauleitplanung) zu empfehlen.

Bebauter Raum mit klimatischer Ungunst: Diese Räume stellen durch ihre thermische Belastung zukünftige Klimaanpassungsgebieten dar. Ziel sollte es sein, die thermische Belastung innerhalb dieser Räume dauerhaft durch Maßnahmen zur Klimaanpassung (auch im Bestand) zu reduzieren. Durch die klimatische Sensibilität dieser Flächen ist das Schutzgut Klima von besonderer Relevanz und ist im Abwägungsprozess besonderes zu berücksichtigen. Sollte eine Entwicklung dieser Flächen in Betracht gezogen werden, so sind Vorhaben von Beginn an (ab Phase-0 der Bauleitplanung) klimatisch-gutachterlich und klimatisch-planerisch zu begleiten. Dazu zählt auch eine klimatische Prüfung und Einschätzung, inwieweit Flächen entwickelt werden können.

Verkehrsraum mit natürlichem Durchlüftungspotential: Diese Flächen werden durch die nächtliche Kaltluftbewegung beeinflusst. Dabei können die Flächen durch die Kaltluftmassen genutzt werden (insbesondere oft im Außenbereich) oder aber die Flächen verdrängen einen Kanalisierungseffekt bei dem der Kaltluftvolumenstrom entlang dieser Flächen transportiert wird. Besteht eine klimatische Planungsrelevanz sollten bei Querungen von einer Veränderung von zusätzlichen Strömungshindernisse (z.B. hohe Schallschutzwände) abgesehen werden. Bei Kanalisierungseffekten sollte darauf hin gewirkt werden zusätzliche Strömungshindernisse zu vermeiden und die thermische Belastung in diesen Bereichen zu reduzieren.

Durchlüftungssachsen bei regionaltypischer Anströmung am Tag: Die Region ist regionaltypisch von einer Südwest-Anströmung geprägt. Dadurch können Freiräume und "freie" Räume wie Bspw. Straßenzüge wichtige Funktionen bei der Durchlüftung des Siedlungsraums besitzen. Die Funktion dieser Räume gilt es zu sichern. Die Ansiedlung von Schadstoffemittenten in diesen Bereichen sollte vermieden werden.

Hintergrunddaten

Gemeindegrenze	Gebäudeflächen
Konversionsfläche	Bahnverkehr
Fliegerhorst	Straßenverkehr
Fließ- und Stillgewässer	Wege

0 0,45 0,9 Hauptkarte 1,8 km

0 0,2 0,4 Übersichtskarte 0,8 km

Datenherkunft
 Creative Commons "Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de" 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0)

Dokument erstellt von:

Burghardt und Partner, Ingenieure

Am Sonnenhang 4

34128 Kassel

www.lp-kassel.de

Auftraggeber:

Große Kreisstadt Fürstenfeldbruck

SG 43 Stadtentwicklung, Mobilitätsmanagement,

Klimamanagement, Radverkehr, Verkehr

Hauptstraße 31

82256 Fürstenfeldbruck