

# Erläuterungen zur Stadtklimaanalyse Augsburg

Lesehilfe zum Kartenwerk



## MODELLERGEBNISSE UND KLIMAANALYSEKARTEN

---

### Vorwort

Mit voranschreitender Klimaveränderung werden Tage und Nächte mit großer Hitzebelastung in Zukunft immer häufiger und extremer. Insbesondere im Siedlungsraum tragen eine infolge dichter Bebauung eingeschränkte Windzirkulation, die fehlende Beschattung und die fehlenden Grünflächen, die Absorption der einfallenden Sonnenstrahlung durch die vielen versiegelten Flächen sowie die Abwärme von Industrie, Gebäuden und Verkehr zum Wärmeinsel-Effekt bei. Tagsüber heizen sich Siedlungen stärker auf und nachts kühlen sie deutlich langsamer ab als das Umland. Die Hitzebelastung im Siedlungsraum ist eine Herausforderung, welche in der Raumplanung miteinbezogen werden muss. Die Raumentwicklung erfordert jedoch genaue Kenntnisse über die lokalen Klimabedingungen. Vor diesem Hintergrund wurde die heutige klimatische Situation flächendeckend und hochaufgelöst für Augsburg modelliert. Die Modellergebnisse und die daraus resultierenden Klimakarten (Klimaanalyse-, Bewertungs- und Planungshinweiskarten) geben Aufschluss über die klimatische Situation in der Stadt.

**Die Klimakarten sind eine zentrale Planungsgrundlage für eine hitzeangepasste Siedlungsentwicklung. Aus ihnen lässt sich bei Planungen oder Projekten der konkrete Handlungs- oder Schutzbedarf ableiten.** Dabei gilt es, in hitzebelasteten Gebieten mittels Maßnahmen zur Hitzeminderung (Begrünung, Entsiegelung, Beachtung der Gebäudestellung etc.) das Lokalklima zu verbessern und in weniger belasteten Gebieten ein funktionierendes klimatisches System zu erhalten.

Diese Lesehilfe bildet eine zusammenfassende Erläuterung zu den wichtigsten Klimakarten der Stadtklimaanalyse Augsburg. Eine detaillierte Beschreibung des Projekts liefert der Abschlussbericht.

### Grundlagen der Modellierung

Um Informationen zum Stadtklima in Augsburg zu gewinnen, wurde eine Modellrechnung mit dem Stadtklimamodell FITNAH-3D durchgeführt, die flächendeckende Ergebnisse für das gesamte Augsburger Stadtgebiet bereitstellt.

Die horizontale Auflösung der Modellierung beträgt 10 m, d.h. Augsburg wird in ein Raster mit einer Gitterweite von 10 m x 10 m zerlegt. Für jede Rasterzelle werden Informationen bspw. zur Geländehöhe und Landnutzung, zu Gebäudeumrissen und -höhen sowie zu Bäumen und dem Versiegelungsanteil bestimmt und als Eingangsdaten für die Modellrechnung verwendet. Innerhalb der Stadtgrenze wurden zudem bereits in der Modellierung des Status Quo Bebauungspläne berücksichtigt und in entsprechende Landnutzungsklassen überführt, für die es bereits städtebauliche Planungen und Vorüberlegungen gibt und zeitnah (bis vsl. 2025) entwickelt werden sollen. Das gewählte Untersuchungsgebiet geht mit einer Fläche von ca. 20,49 km x 25,21 km über die Stadtgrenze hinaus, damit die im Umland gelegenen Höhen- und Landnutzungsunterschiede mit Einfluss auf das Augsburger Stadtklima berücksichtigt werden. Dabei liegt der Modellierung eine sommerliche Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel und einem sehr schwachen übergelagerten Wind zugrunde (Tageshöchsttemperatur über 25 °C), die in der Stadtklimatologie typischerweise verwendet wird und in Augsburg im Sommer durchschnittlich etwa alle drei bis vier Tage auftritt.



## Das zukünftige Augsburger Stadtklima

Neben dem aktuellen Stadtklima wurde mittels der Modellrechnungen auch das zukünftige Augsburger Stadtklima im Jahr 2040 in einem weiteren Szenario simuliert. Die Stellschrauben zur Bestimmung des zukünftigen Stadtklimas bestehen in Landnutzungsänderungen (Eingangsdaten der Modellierung) sowie klimatischer Änderungen infolge des Klimawandels (Rahmenbedingungen des Modells).

Für das Zukunftsszenario wurde die bauliche Umsetzung mittelfristiger Siedlungspotenziale und langfristiger Siedlungsreserven aus dem Stadtentwicklungskonzept (STEK) angenommen. Teilweise gab es bereits Planentwürfe für Entwicklungsflächen, die eine flächenscharfe Übersetzung in das Modell ermöglichte (bspw. Stadibau-Vorhaben an der Berliner Allee). Für die meisten Siedlungspotenzial- und -reserveflächen lagen keine Pläne vor, sodass die zukünftige Bebauung in den Flächen über eine zufällige Verteilung der Landnutzung anhand bestimmter Vorgaben umgesetzt wurde (sogenannter Mischpixel-Ansatz). So wurde bspw. für die möglichen gewerblichen Entwicklungsflächen in Haunstetten-Nord eine vergleichbare Bebauung wie im angrenzenden Gewerbebestand angenommen: Im Gewerbebestand wurden die prozentualen Anteile an Gebäuden, Versiegelung, Bäumen, Rasenflächen, etc. ermittelt und auf die Entwicklungsflächen übertragen. Ähnlich verhält es sich bspw. bei einer geplanten Nachnutzung auf dem ehemaligen Ledvance-Gelände an der Berliner Allee, die in einer vergleichbaren Bauweise wie in Kleinvenedig (abzüglich des Wasseranteils) in das Modell übersetzt wurde.

Durch den Mischpixel-Ansatz entsteht folglich eine zufällig verteilte Landnutzung in den Entwicklungsflächen, die in dieser Form nicht umgesetzt würde, aber über die gesamte Fläche gesehen das klimatische Geschehen und ihre Wirkung auf das Stadtklima widerspiegelt. Auf dieser Basis können die einzelnen Siedlungspotenzial- und -reserveflächen hinsichtlich ihrer Stadtklimaverträglichkeit untersucht und bewertet werden (s. bspw. Differenzkarten im Anhang des Abschlussberichts der Stadtklimaanalyse Augsburg).

Die zweite Stellschraube für die Zukunfts-Szenarien betrifft die erwarteten Änderungen durch den Klimawandel. Die Auflösung regionaler Klimamodelle hat sich in den letzten Jahren so weit erhöht, dass für Augsburg Aussagen getroffen werden können, wie sich der Klimawandel etwa auf die Temperatur, Trockenheit oder den Niederschlag auswirkt. Dennoch besteht beim Blick in die Zukunft zwangsläufig eine gewisse Unsicherheit, wie stark die jeweiligen Klimaänderungen tatsächlich auftreten<sup>1</sup>. In Augsburg wurde das zukünftige Stadtklima 2040 in einem Szenario „starker Klimawandel“ berechnet, das als *worst case*-Variante verstanden werden kann. Hierbei gilt als äußerst wahrscheinlich, dass sich die tatsächlich eintretenden Klimaänderungen in Augsburg nicht stärker als modelliert darstellen werden. Im „starken Klimawandel“ wird die Temperatur aller Höhenprofile zu Beginn der Modellrechnung um 1,8 °C erhöht<sup>2</sup>. Zudem wird dem Modell eine geringere Bodenfeuchte infolge zunehmender sommerlicher Dürrephasen vorgegeben<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Die Unsicherheit ergibt sich aus der Spannweite der Ergebnisse verschiedener Klimamodelle. Insb. langfristig hängen die real eintretenden Klimaänderungen zudem wesentlich vom zukünftigen globalen Treibhausgas-Ausstoß ab.

<sup>2</sup> Die Ergebnisse zum erwarteten Klimawandel stützen sich auf ein Modellensemble der EURO-CORDEX-Initiative, das die RCP-Szenarien des Weltklimarates (IPCC) als verschiedene Entwicklungspfade der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt.

Das für die Modellierung verwendete Klimaänderungssignal der Temperatur ergibt sich als Differenz der sommerlichen Temperaturen zwischen der Zukunftsperiode 2021-2050 (Bezugsjahr 2040) und der Referenzperiode 1991-2020. Für den „starken Klimawandel“ beruht das Änderungssignal auf dem 85. Perzentil aller Modellläufe des RCP 8.5.

<sup>3</sup> Im Zukunftsszenario sinkt die Bodenfeuchte von 60 % (Status quo) auf 30 %. Die Bodenfeuchte zählt zu den Antriebsgrößen des Modells, wird durch das Modell aber nicht verändert – d.h. das Modell kann keine Ergebnisse zur zukünftigen Bodenfeuchte in Augsburg ausgeben.



## Modellergebnisse

Das Stadtklimamodell liefert für jede Rasterzelle Ergebnisse zur nächtlichen Lufttemperatur, der Kaltluftproduktion und dem Kaltluftströmungsfeld sowie zur Wärmebelastung am Tag. Mit Ausnahme des Kaltluftvolumenstroms (Strömung über die komplette untere Luftschicht) gelten die Ergebnisse für den bodennahen Aufenthaltsbereich des Menschen und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) bzw. 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung).

**Die Ermittlung der bodennahen nächtlichen Lufttemperatur ermöglicht es, überwärmte städtische Bereiche zu identifizieren (sogenannte städtische Wärmeinseln) und die räumliche Wirksamkeit von Kaltluftströmungen abzuschätzen.** Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine sommerliche Strahlungswetterlage zu verstehen. Die relativen Unterschiede innerhalb der Stadt bzw. zwischen verschiedenen Landnutzungen gelten dagegen weitgehend auch während anderer Wetterlagen.

Die von Süd nach Nord abfallende Topografie im Augsburger Raum übt einen großen Einfluss auf die nächtliche Kaltluftströmung in Augsburg aus. Neben dem Alpinen Pumpen, das als regionales Strömungssystem auch noch in Augsburg festzustellen ist, treten in den besiedelten Hangbereichen Kaltluftabflüsse auf. Genau wie Flurwinden kommt diesen Kaltluftabflüssen eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken als Strömungshindernis, sodass der Luftaustausch mit dem Umland und die Durchlüftung innerhalb von Städten herabgesetzt sind. Über die genannten regionalen und lokalen Strömungssysteme kann die Zufuhr von Kalt- und Frischluft eine wichtige klimaökologische Ausgleichsleistung den Siedlungsraum erbringen.

Die Bedeutung einer Grün-/Freifläche bzw. eines Strömungssystems für den Kaltlufthaushalt ergibt sich daraus, wie viel Kaltluft auf der Fläche entsteht (**Kaltluftproduktionsrate**) und wie schnell und in welche Richtung die Kaltluft strömt (**bodennahe nächtliche Windgeschwindigkeit**). Zusätzlich spielt die Höhe der Kaltluftschicht (ihre Mächtigkeit) eine Rolle, die durch den **Kaltluftvolumenstrom** erfasst wird<sup>4</sup>.

Zur Bewertung der Tagsituation wird die **Physiologisch Äquivalente Temperatur** (PET) herangezogen, die ein Maß für die Wärmebelastung des Menschen im Außenraum ist und die Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlung berücksichtigt. Die Wärmebelastung wird in der Einheit „°C“ angegeben und ist stark von der Strahlungstemperatur geprägt (insb. Sonnenstrahlung). Entsprechend fällt die Wärmebelastung unter der angenommenen sommerlichen Strahlungswetterlage (keine Bewölkung) auf Freiflächen ohne Verschattung sehr hoch aus.

## Klimaanalysekarte

**Die Klimaanalysekarte fasst die wesentlichen Aussagen der meteorologischen Parameter für die Nachtsituation in einer Karte zusammen** und präzisiert das Kaltluftprozessgeschehen mit zusätzlichen Legendeninhalten. Dabei gibt es eine Karte für den Status quo sowie eine Karte für das Zukunftsszenario 2040 „starker Klimawandel“. Für die Situation um 14:00 Uhr ist die PET der einzige ausschlaggebende Parameter, sodass die Karte der PET als „Klimaanalysekarte für die Tagsituation“ verstanden werden kann.

In der Klimaanalysekarte sind für die Grün- und Freiflächen die Modellergebnisse des Kaltluftvolumenstroms in abgestufter Flächenfarbe dargestellt. Bei den Siedlungs- und Verkehrsflächen

---

<sup>4</sup> Vereinfacht ausgedrückt stellt der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts dar. Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m<sup>3</sup>, die in jeder Sekunde über eine bestimmte Fläche fließt.



steht dagegen der Wärmeineffekt im Vordergrund (Überwärmung des Siedlungsraums gegenüber dem Umland)<sup>5</sup>. Weiterhin ist das bodennahe Strömungsfeld ab einer als klimaökologisch wirksam angesehenen Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s mit einer Pfeilsignatur abgebildet. Das Strömungsfeld wurde für eine bessere Lesbarkeit der A0-Karte auf eine Auflösung von 100 m aggregiert, sodass kleinräumige Windsysteme aus der Karte nicht ersichtlich werden (z.B. Kanalisierung von Winden in schmalen Straßenabschnitten). **Neben dem modellierten Strömungsfeld sind in der Karte besondere Kaltluftprozesse hervorgehoben, die in Augsburg eine wichtige Rolle spielen:**

---

Kaltluftleitbahnen =	Die Kaltluftleitbahnen verbinden die Kaltluftentstehungsgebiete mit den wärmebelasteten Bereichen im Siedlungsgebiet und erleichtern das Eindringen der Kaltluft in die Bebauung (Kühlung). Kaltluftleitbahnen weisen eine linienhafte Struktur auf, da sie in ihrer Breite durch Strukturen wie Bebauung oder durch die Orographie begrenzt sind.
Kaltluftabflüsse =	Anders als die Kaltluftleitbahnen sind flächenhafte Kaltluftzuflüsse in ihrer Breite nicht durch zusammenhängende Strukturen wie Siedlungen begrenzt. Der flächenhafte Kaltluftabfluss bezeichnet Gebiete mit hohem Kaltluftvolumenstrom, ausgerichtet auf den Siedlungsraum. Begünstigt werden Kaltluftabflüsse durch eine aufgelockerte Bauweise und hindernisarme Strukturen (Grünflächen, teilweise auch Straßen).
Parkwinde =	Parkwinde bezeichnen Grün-/Freiflächen im Siedlungsgebiet, welche größtenteils radial in alle Himmelsrichtungen zeigende Strömungen aufweisen. Parkwinde sind thermisch hervorgerufene (kühle) Ausgleichsströmungen aus einer umbauten Grünfläche in die deutlich wärmere Umgebung.
Kaltluftentstehungsgebiete =	Grün- und Freiflächen mit einer überdurchschnittlichen Kaltluftproduktionsrate, d.h. einer stündlichen Kaltluftproduktion von über 28,15 Kubikmeter Kaltluft pro Quadratmeter und Stunde [ $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ].

---

### **Verwendung in der Planung**

**Die Klimaanalysekarte Nacht hilft beim Verständnis des nächtlichen Kaltluftaustausches. Beispielsweise lassen sich mit der Klimaanalysekarte wichtige Kaltluftleitbahnen identifizieren, die es zu sichern gilt.** In der Karte des Zukunfts-Szenarios sind zusätzliche Kaltluftleitbahnen bzw. -abflüsse markiert, die infolge der Einengung durch potenziell mögliche Siedlungserweiterungen entstehen könnten. Kaltluftfunktionen können durch Entwicklungsflächen potenziell eingeschränkt bzw. gefährdet sein. Auch im Falle der zwischen Göggingen und dem erweiterten Innovationspark entstandenen dritten Leitbahn ist diese ein Anzeichen für eine bauliche Maximalentwicklung im betrachteten Bereich, da bei weiterer Überbauung im Umfeld die Klimafunktion dieser Flächen gänzlich verloren gehen könnte.

Die Klimaanalysekarte gibt zudem eine quantitative Abschätzung für Status Quo und Szenario: Wie hoch ist der Wärmeineffekt? Wie groß ist der Kaltluftvolumenstrom? Welche Strömungsgeschwindigkeit haben die Winde? In der rasterbasierten Karte treten kleinräumige Unterschiede deutlich hervor und Einzelgebäude und Baumgruppen sind gut erkennbar, weshalb sie sich für die Detailplanung eignet.

---

<sup>5</sup> Alternativ zur nächtlichen Überwärmung kann auch die Lufttemperatur im Siedlungsraum um 04:00 Uhr dargestellt werden. Diese zeigt die absoluten Temperaturwerte und erlaubt den Vergleich verschiedener Gemeinden und Städte untereinander.



## BEWERTUNGSKARTEN UND PLANUNGSHINWEISKARTE

---

Die hochaufgelösten Ergebnisse der Modellrechnung und daraus abgeleiteten Klimaanalysekarten bilden das klimatische Prozessgeschehen in Augsburg ab und stellen die Basis der Stadtklimaanalyse dar (s.o.). Darauf aufbauend wird in der **Planungshinweiskarte, als zentralem Produkt, eine Bewertung der Flächen hinsichtlich der Handlungspriorität für Anpassungsmaßnahmen im Siedlungsraum sowie des stadtklimatischen Schutzbedarfs von Grün- und Freiflächen vorgenommen**. Die Bewertungen beruhen auf den stadtklimatischen Funktionen, ohne die Belange weiterer Fachplanungen zu berücksichtigen, d.h. die Planungshinweiskarte stellt aus klimafachlicher Sicht gewonnenes Abwägungsmaterial dar.

### Bewertungskarten

Die Erstellung der Planungshinweiskarte (PHK) erfolgte schrittweise. Zunächst wurden vier „Bewertungskarten“ erstellt, in denen getrennt für die Tag- und Nacht-Situation jeweils eine stadtklimatische Bewertung für die zwei Szenarien Status quo und starker Klimawandel erfolgte.

**In den *Bewertungskarten zur Nacht-Situation* orientiert sich die Bewertung der Grünflächen an ihrer Funktion für den Kaltlufthaushalt** in Augsburg, sodass besonders wichtigen Kaltluftprozessen die höchsten bioklimatischen Bedeutungen zugeschrieben werden (Kaltluftleitbahnen, Kaltluftabflüsse, Parkwinde, etc.). **Dabei bekommen Grün- und Freiflächen im Umfeld von Wohngebieten eine höhere Wertigkeit** als im Umfeld von Gewerbegebieten, da in der Nacht die Möglichkeit eines erholsamen Schlafs im Vordergrund steht. Siedlungsferne Grünflächen ohne relevante Klimafunktionen sind aus stadtklimatischer Sicht von geringerer Bedeutung.

**Die Bewertung des Siedlungsraums basiert auf der nächtlichen Überwärmung**, so dass dicht bebaute (z.B. die Innenstadt) und/oder hochversiegelte Bereiche (z.B. Gewerbegebiete in Lechhausen) (sehr) ungünstigste Bedingungen aufweisen. Dank der Kaltluftabflüsse und einer meist weniger dichten Bebauung herrschen in den überwiegend südlich der Kernstadt gelegenen Wohngebieten und Siedlungsagglomerationen (z.B. in Bergheim oder Inningen) größtenteils (sehr) günstige bioklimatische Situationen vor. Die besondere Rolle, die die Kaltluftströmung in Augsburg spielt, findet sich auch in der Bewertung der Siedlungsflächen wieder: Herrscht auf Siedlungsflächen ein überdurchschnittlicher Kaltluftvolumenstrom vor, ist dieser Bereich in Rasterauflösung (10 m) durch eine hellblaue Schraffur als Kaltlufteinwirkungsbereich ausgewiesen. **Ist die Siedlungsfläche darüber hinaus mindestens zu 50 % der Fläche als Kaltlufteinwirkungsbereich deklariert, wirkt sich diese Gunstwirkung potenziell auch auf angrenzende Wohngebiete positiv aus. Daher bekommt die Siedlungsfläche zusätzlich eine „Klimafunktion“ zugeschrieben** und ist im Kartenbild durch eine blaue Umrandung hervorgehoben.

Bei der Bewertung des Siedlungsraums ist zu beachten, dass damit die relativen Unterschiede in Augsburg wiedergegeben werden. Auch in den als günstig eingestuften Flächen können bei bestimmten Wetterlagen hohe nächtliche Temperaturen auftreten, die jedoch weiterhin geringer ausfallen als in den ungünstig bewerteten Flächen. Wie beschrieben liegt der Fokus in den Karten auf Wohngebieten, doch werden auch Gewerbegebiete mit einer Bewertung versehen, da es sich meist um große Flächen handelt, die teilweise in direkter Nachbarschaft zu Wohngebieten liegen (oder es handelt sich um Mischgebiete mit beiden Nutzungen). Zudem bieten manche Gewerbegebiete das Potenzial, sie als sogenannte urbane Gebiete zurück- bzw. umzubauen (z.B. Ledvance-Areal). Der Straßenraum bzw. Plätze werden in den Karten dagegen nicht bewertet (graue Farbgebung). Die klimatischen Effekte dieser Flächen (etwa die



Wärmespeicherung am Tag und -abgabe in der Nacht) werden durch das Modell aber berücksichtigt (d.h. ein Wohngebiet neben einer großen Straße ist wärmer als ein Wohngebiet an einer Grünfläche).

Die steigenden Temperaturen infolge des Klimawandels wirken sich nur geringfügig auf die Bewertung des Siedlungsraums im Zukunfts-Szenario aus, da der Zukunftsdatensatz in sich geschlossen mit der zum Ist-Zustand analogen Methodik betrachtet wurde. Dementsprechend wirkt der Klimawandel mit demselben Änderungssignal unabhängig von der Landnutzung auf alle Flächen im Stadtgebiet und erwärmt diese gleichmäßig. Relative Unterschiede, etwa im nächtlichen Temperaturfeld, sind jedoch vorhanden und zeigen eine Verstärkung der Belastung an (s. Einzelparameterkarten).

Die größten Veränderungen sind durch die Nachverdichtung bzw. die Entwicklung potenzieller Siedlungsreserveflächen zu erwarten: In den Entwicklungsflächen paust sich die vorgegebene Flächennutzung durch, wobei aufgelockerte Wohnsiedlungen günstiger bewertet sind als versiegelte Gewerbegebiete. Auffällig ist beispielsweise der potenzielle Rückbau der nahezu vollversiegelten Gewerbeflächen im Bereich der Berliner Allee (Ledvance-Areal) zu einem urbanen Mischgebiet, der trotz des Einfluss des Klimawandels teilweise zu einer geringeren Wärmebelastung als im Status quo führen könnte.

In Bezug auf die Kaltluftströmungen spielt der Klimawandel eine untergeordnete Rolle, da die Antriebe für Kaltluft unverändert (Geländeneigung) bzw. nahezu konstant bleiben (Temperaturunterschied zwischen Siedlungsraum und Umland). **Die Umsetzung der Bebauung auf Siedlungs- und potenziell möglicher Siedlungsreserveflächen kann dagegen durch den Wegfall kaltluftproduzierender Flächen und die Hinderniswirkung der Bebauung zu deutlichen Änderungen der Kaltluftströmung führen. Teilweise liegen die perspektivischen Entwicklungsflächen im Bereich wichtiger Kaltluftabflüsse, sodass deren Funktion eingeschränkt bzw. gefährdet sein** könnte oder sich einzelne Kaltluftprozesse im Vergleich zum Status Quo in den dem Siedlungsraum vorgelagerten Raum verschieben könnten. Durch die weitere Einengung der Freiflächen zwischen Göggingen und dem erweiterten Innovationspark im Zukunftsszenario werden die flächenhaften Kaltluftabflüsse zu einer dritten Leitbahn kanalisiert, was als Alarmsignal bzgl. des Kaltluftprozessgeschehens in diesem Raum verstanden werden muss. Eine endgültige Bewertung einzelner Flächen kann jedoch erst erfolgen, wenn flächenkonkrete Planungen vorliegen würden.

**Die Bewertungskarten zur Tag-Situation betrachten die Wärmebelastung außerhalb von Gebäuden.** Dabei sind Wohn- und Gewerbegebiete gleichermaßen von Bedeutung, zudem rücken der Straßenraum für Wegebeziehungen sowie die Aufenthaltsqualität auf Plätzen und Grünflächen in den Vordergrund.

Die **Wärmebelastung hängt wesentlich von der Verschattung ab**, sodass sich gerade bei Grün- und Freiflächen teilweise konträre Bewertungen zur Nacht-Situation ergeben. Eine Freifläche kühlt in der Nacht stark aus, weist an Sommertagen (ohne Bewölkung) aber eine hohe Wärmebelastung auf, wenn keine Bäume vorhanden sind. Demgegenüber ist die Aufenthaltsqualität in Wäldern und (baumbestandenen) Parks auch an Sommertagen sehr hoch.

**Im Siedlungsraum zeigt sich eine heterogene Verteilung der Wärmebelastung. Die ungünstigsten Bedingungen** treten über versiegelten Orten ohne Verschattung auf, wie sie **teils innerstädtisch im Georgsviertel und in vielen Gewerbegebieten** zu finden sind. Die engen Gassen in der Innenstadt zeigen sich zum Modellausgabezeitpunkt 14:00 Uhr (kurz nach Sonnenhöchststand) hingegen teils verschattet und halten die Flächenbewertung in einem überwiegend mittleren bis günstigen Bereich. **Auffällig ist die teilweise hohe Wärmebelastung in den umliegenden Stadtteilen wie Pfersee, Haunstetten oder Lechhausen.** Die Wohngebiete bieten zwar zum Teil einen hohen Grünanteil (daher in der Nacht



überwiegend günstige Bedingungen), doch gibt es gerade in den Gärten einen geringeren Bestand alter, großkroniger (und damit schattenspendender) Bäume als in vielen Teilen der Kernstadt, in denen die Wärmebelastung geringer ausfällt (bspw. im Stadtjägerviertel der im Beethovenviertel). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu beachten, dass in den Gärten der Einfamilien- und Reihenhausbereiche in den Außenstadtteilen ein kleiner Baum und/oder eine Markise ausreichen können, um den Bewohnenden kleinräumig Verschattung zu bieten. Daraus ergibt sich jedoch mitunter ein nur geringer Effekt auf die Modellergebnisse bzw. können Markisen und Bäume mit einer kleinen Krone nicht durch das Modell erfasst werden (weil sie „durch“ das 10 m-Raster „fallen“).

Wie bereits zur Nachtsituation steigt die Wärmebelastung durch den Klimawandel am Tag flächendeckend in Augsburg an (s. Einzelparameterkarten), aufgrund der analog zum Ist-Zustand und für den geschlossenen Datensatz der Zukunft angewandten Methodik übt dies aber kaum einen Einfluss auf die Flächenbewertung aus. Erneut sind es vornehmlich perspektivische Entwicklungsflächen, die die größten Verschiebungen in den Bewertungsskalen induzieren. **Großzügig mit großkronigen Bäumen ausgestaltete Neubauf Flächen und Straßenräume/Plätze weisen künftig günstige Flächenbewertungen auf als versiegelte und insb. unverschattete Areale.** So zeigt der umgestaltete Vorplatz des Hauptbahnhofs in Zukunft statt mittleren bis ungünstigen Verhältnissen infolge neuer Baumpflanzungen eine sehr günstige Flächenbewertung auf. Auch in Zukunft sind die **Waldbereiche der westlichen Wälder, des Siebentischwalds oder die Auen- und Uferbereiche von Lech und Wertach diejenigen Ausgleichsflächen von höchster Aufenthaltsqualität am Tage.** Im Umfeld (sehr) ungünstiger Siedlungsbereiche ohne fernab dieser wertvollen Ausgleichsräume sollten nach Möglichkeit kleinere baumbestandene Parks als Angebot an kleinräumigen Nacherholungsmöglichkeiten planerisch gesichert oder etabliert werden.

### *Verwendung in der Planung*

Die Bewertungskarten geben eine Einschätzung der klimatischen Situation auf einer bestimmten Fläche für den Tag, die Nacht und für den Status Quo und das Zukunftsszenario 2040 und verzweigen dadurch die komprimierte Information der Planungshinweiskarte auf mehrere Karten. **So können Handlungsbedarfe im Wirkraum oder Schutzbedarfe im Ausgleichsraum (s. Folgekapitel) auf die Tageszeit oder den Prognosehorizont festgelegt werden und so zielgerichtete Maßnahmen in Bezug auf das Kaltluftprozessgeschehen (Nacht), den Aufenthaltskomfort im Freien (Tag), die heutige oder zukünftige Flächenkulisse entwickelt werden.**

### Planungshinweiskarte Stadtklima

Die Planungshinweiskarte Stadtklima fasst die Ergebnisse der vier Bewertungskarten zusammen, sodass auf den ersten Blick ersichtlich wird, **welche Flächen einen hohen Schutzbedarf haben, wo in Augsburg Maßnahmen zur Anpassung vorrangig umgesetzt werden sollten und wie die potenziellen Siedlungsreserveflächen aus stadtklimatischer Sicht im gesamtstädtischen Kontext einzuordnen sind.** Im Ergebnis stellt die Planungshinweiskarte eine wichtige fachliche Ergänzung des „Klimawandel-Anpassungskonzept für die Stadt Augsburg (KASA)“ dar.

Im sogenannten Wirkraum (Wohn- und Gewerbeflächen sowie öffentlicher Verkehrsraum) wird die **stadtklimatische Handlungspriorität dargestellt.** Die Bewertung beruht in bewohnten Gebieten hauptsächlich auf den Schlafbedingungen (nächtliche Überwärmung und Kaltluftfunktion), in unbewohnten Gebieten vorrangig auf der Aufenthaltsqualität im Außenraum am Tage. **Die Handlungsprioritäten sollen eine Hilfestellung geben, in welchen Flächen Maßnahmen zur**





stadtklimatischen Anpassung besonders wichtig und bevorzugt anzugehen sind, ohne dass dadurch eine Reihenfolge der Maßnahmenumsetzung in den einzelnen Flächen vorgeschrieben wird (siehe folgende Tabelle). Mit „klimaökologischen Standards“ sind u.a. eine geringe Versiegelung, das Einplanen von Bäumen mit ausreichend Wurzelraum und eine Dachbegrünung gemeint. Zu den darüberhinausgehenden „optimierenden Maßnahmen“ zählen je nach Vorhaben bspw. das Freihalten von Durchlüftungsachsen, eine Fassadenbegrünung oder die stadtklimatische Aufwertung öffentlicher Räume durch Bäume, Sonnensegel und Fontänen bzw. Brunnen und damit die Schaffung zugänglicher kühler Orte.

Bewertung im Wirkraum	Planungshinweise
Handlungspriorität 1 – 2	Maßnahmen zur Verbesserung der klimatischen Situation sind bei allen Vorhaben, möglichst proaktiv umzusetzen. Möglichkeiten der (klimagerechten) Gebäudekühlung sind zu prüfen.
Handlungspriorität 3 – 5	Bei allen baulichen Entwicklungen und bspw. im Zuge von Straßensanierungen sind über den klimaökologischen Standard hinausgehende optimierende stadtklimatische Maßnahmen umzusetzen.
Handlungspriorität 6 bzw. keine vorrangige Handlungspriorität	Klimaökologische Standards zur baulichen Entwicklung sind bei allen Vorhaben einzuhalten.

Über Schraffuren sind Baublöcke mit einem hohem **Anteil an Wohnbevölkerung** (Striche) und davon nochmals mit hohem **Anteil an SeniorInnen und Kleinkindern** (Kreuze) gekennzeichnet, sodass kenntlich wird, **wo sich thermische Belastungsräume mit hohen Bevölkerungsdichten bzw. hohem Anteil vulnerabler Gruppen überschneiden**. Zudem verorten Legendenmarkierungen Krankenhäuser, Altenheime, Behinderteneinrichtungen, Schulen und weitere Einrichtungen zur Kinderbetreuung.

Grün- und Freiflächen, landwirtschaftliche Flächen und Wälder werden als stadtklimatischer Ausgleichsraum bezeichnet. Die Planungshinweiskarte gibt den **stadtklimatischen Schutzbedarf** dieser Flächen anhand ihrer Funktion für den Kaltlufthaushalt bzw. als Rückzugsorte an heißen Tagen wieder. **In Abhängigkeit vom Schutzbedarf der Flächen ist deren stadtklimatische Funktion bei geplanten Entwicklungen zu prüfen – bei einem sehr hohen Schutzbedarf wird eine Entwicklung bspw. nur dann als stadtklimaverträglich gewertet, wenn ein Nachweis über die Erhaltung der jeweiligen Funktion erfolgt.**



Bewertung im Ausgleichsraum	Planungshinweise
Sehr hoher Schutzbedarf	Bei geplanten Entwicklungen ist die Erhaltung der jeweiligen stadtklimatischen Funktion (bspw. Kaltlufttransport, Verschattung) modellhaft nachzuweisen.
Hoher Schutzbedarf	Auf die Erhaltung der klimatischen Funktion ist zu achten. Je nach Vorhabengröße kann dies über eine qualitative Stellungnahme oder modellhafte Untersuchung zur Optimierung der Planung erfolgen.
Erhöhter Schutzbedarf	Auf die Erhaltung der klimatischen Funktion ist zu achten. Für größere Vorhaben (z.B. Gewerbepark, Hochhaus) sollte eine qualitative Stellungnahme zur Optimierung der Planung erfolgen.
Kein besonderer Schutzbedarf	Die Flächen weisen für den derzeitigen Siedlungsraum keine besondere stadtklimatische Funktion auf.

Öffentlich zugängliche Grünflächen sowie Waldbereiche mit einer hohen Aufenthaltsqualität und in Siedlungsnähe sind in der Karte als **Entlastungsräume** (schwarz gepunktet) hervorgehoben, die von der Bevölkerung an heißen Tagen aufgesucht werden können. **Potenzielle Entlastungsräume** (braun gepunktet) können perspektivisch zumeist durch Baumpflanzungen zu vollwertigen Entlastungsräumen aufgewertet werden.

### Verwendung in der Planung

Aus der Planungshinweiskarte lassen sich planerische Maßnahmen zur Verbesserung oder Sicherung der klimatischen Situation eines Gebiets ableiten. Die Karte ermöglicht eine Einschätzung, wo die Überwärmung besonders hoch ist und dementsprechend Maßnahmen zur Hitzereduktion notwendig sind (Begrünung, Entsiegelung, Beachtung der Baukörperstellung, Beschattung durch Bäume etc.). Die Karte hilft zudem dabei, Grün- und Freiflächen zu identifizieren, die aufgrund ihrer Funktion für das nächtliche Kaltluftgeschehen (z.B. Teil einer Kaltluftleitbahn) und der Hitzeminderung am Tage und in der Nacht planerisch gesichert werden sollten. Zur Anwendung passgerechter Maßnahmen wird die hierarchische Nutzung des Gesamtkartenwerks von der PHK über die Bewertungskarten, die Klimaanalysekarte und die Einzelparameterkarten für den Status Quo und je nach Planungshorizont auch jene des Zukunftsszenarios empfohlen.

In der Planungshinweiskarte werden die potenziellen **Entwicklungs- und Siedlungsreserveflächen** in Augsburg anhand der Modellierung im Zukunfts-Szenario 2040 untersucht. Für den Großteil der Flächen sind Auswirkungen zu erkennen, die eine klimafachliche Begleitung der Planung notwendig erscheinen lassen (s. optional Differenzkarten im Anhang des Gesamtgutachtens). Festzuhalten bleibt hierbei, dass insb. die durch den Mischpixelansatz umgesetzten Siedlungsreserveflächen erst nach Vorlage konkreter Bebauungspläne final bewertet werden können, in der PHK aber schon eine erste Richtung erkennen lassen. Eine klimafachliche Begleitung ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Entwicklungs- und Siedlungsreserveflächen im Bereich von Kaltluftleitbahnen bzw. -abflüssen liegen. In diesem Fall ist in einem Detailgutachten die Klimaverträglichkeit des Vorhabens nachzuweisen – bspw. dass durch Grünachsen, Abstandsflächen und eine geeignete Bauweise die Funktion einer Kaltluftleitbahn erhalten bleibt. Außerhalb der wichtigen Kaltluft-Strukturen ergibt sich für viele Flächen, insb. angesichts der Folgen des Klimawandels, die Empfehlung zur Anwendung optimierender Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation. In diesen Fällen ist i.d.R. eine verbal-argumentative Stellungnahme auf Basis der



Stadtklimaanalyse ausreichend, die je nach Lage und Art des Vorhabens von den städtischen Fachdiensten oder externen Büros übernommen werden können.

### ***Einschränkungen in der Anwendung***

Für die Planungshinweiskarte und auch die Bewertungskarten werden die Ergebnisse als bewertete Information für Referenzflächen ausgewiesen. Die Referenzflächen wurden, abhängig von der Landnutzungskategorie aus den Daten der amtlichen Vermessung (GIS-basiert) und dem Flächennutzungsplan abgeleitet. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass kleinere Freiflächen in der Karte nicht als solche ausgewiesen sind, oder Überbauungen mit einem hohen Grünanteil nicht als Siedlungsflächen ausgewiesen sind. Im Falle zusätzlicher Bebauung auf Grün- und Freiflächen kann sich deren Funktion ändern und muss gegebenenfalls neu bewertet werden.

Juni 2023, GEO-NET Umweltconsulting (Hannover)

