



# SINGEN

## *Klimaanalyse*

*Informations- & Planungsgrundlage  
für eine klimawandelangepasste  
Stadtentwicklung*

## IMPRESSUM

Klimaanalyse für die Stadt Singen

Redaktion: GEO-NET, Hannover, Stadtverwaltung Singen

Gestaltung und Druck: Stadt Singen

Singen, November 2018

Die Inhalte dieser Broschüre basieren auf dem Abschlussbericht „Zielkonflikt Klimakomfort - Nachverdichtung: Entwicklung von Lösungsstrategien zur klimawandelangepassten Siedlungsentwicklung der Stadt Singen“ (2018) von GEO-NET Umweltconsulting GmbH (Hannover) in Zusammenarbeit mit DUH Umweltschutz-Service GmbH (Radolfzell) und ÖKOPLANA (Mannheim).

Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg aus dem Programm KLIMOPASS



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# INHALTS- VERZEICHNIS

Grußwort OB Bernd Häusler .....	2
Einführung.....	4
Ergebnisse im Überblick.....	6
Der Stadtklimaeffekt.....	7
Methodische Grundlagen.....	8
<b>Ergebnisse der Modellrechnung</b>	
Nächtliches Temperaturfeld.....	10
Kaltluftströmungsfeld .....	12
Kaltluftvolumenstrom .....	14
Wärmebelastung am Tag.....	16
Zukunftsrechnung.....	18
Klimaanalysekarten .....	21
<b>Ergebniskarten .....</b>	<b>21</b>
<b>Modellgebiete.....</b>	<b>35</b>
Modellgebiet Bruderhof.....	37
Modellgebiet Knöpfleswies.....	38
Zusammenfassung.....	40
Anhang.....	42
Projektbeirat.....	44



## Eine neue Qualität der Stadtentwicklung

In Baden-Württemberg herrscht „Siedlungsdruck“. Im überwiegenden Teil der Städte in den wirtschaftlich florierenden Regionen ist Wohnraum knapp – und zunehmend teuer. So auch in Singen. Die Aufgabe, mehr Wohnraum zu schaffen, stellt uns als Stadt vor schier unüberwindliche Hürden. Bezahlbar soll er sein, energieeffizient, flächensparend, verkehrsvermeidend, die Natur schonend – und jetzt auch noch klimaangepasst. Die letzte Forderung ist dem rasant fortschreitenden Klimawandel geschuldet, der auch für Singen gilt, und dem wir nicht mehr weiter zusehen können.

**»Wir werden die Stadt auf mehr Extremwetterereignisse vorbereiten müssen.«**

Grünanlagen, Gebäude und Siedlungen müssen künftig so gestaltet werden, dass sie bei Hitzeperioden den Bewohnerinnen und Bewohnern noch genügend Erholung ermöglichen. Gleichzeitig werden wir die Stadt auf mehr Extremwetterereignisse vorbereiten müssen, zum Beispiel indem wir mehr Versickerungsflächen schaffen, die die Wassermengen eines Unwetters aufnehmen können.

Auch wenn die Herausforderungen groß sind, liegen darin auch Chancen: Stadtquartiere mit mehr Bäumen, unversiegelten Flächen oder kleinen Wasserläufen dämmen die Hitze ein, nehmen mehr Regenwasser auf und sorgen für Wohl-

fühlatmosphäre. Fassaden- und Dachbegrünungen schützen die Gebäude vor Energieverlust, Wärmeeinstrahlung und Verwitterung. Quartiere, in denen der Autoverkehr eine untergeordnete Rolle spielt, haben mehr Platz für Grün und spielende Kinder.

Deshalb dürfen wir notwendige Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels nicht gegen andere Aspekte, wie die Bezahlbarkeit des Wohnraumes ausspielen. Was die Stadtplaner eine „integrale Betrachtungsweise“ nennen, bedeutet die vielschichtigen Anforderungen zu einer neuen Qualität der Stadtentwicklung zu verknüpfen: die Stadt zukunftsgerecht zu gestalten und den Menschen dabei nicht aus den Augen zu verlieren.

**»Die Stadt zukunftsgerecht gestalten und den Menschen dabei nicht aus den Augen verlieren.«**

Die Klimaanalyse, die nun für die Stadt Singen vorliegt, gibt der Stadtverwaltung, der Politik, den Wohnbauunternehmen und Investoren einen wertvollen Orientierungsrahmen und konkrete Planungshinweise.

Bernd Häusler  
Oberbürgermeister der Stadt Singen



## Einführung

Das Klima in einer Stadt wird wesentlich durch die Frischluftversorgung, die Temperaturen, den Grad der Bebauung und Versiegelung sowie durch die Anzahl und Qualität der Grün- und Freiflächen geprägt. Dichte Bebauung und ein hoher Versiegelungsgrad mindern den Klimakomfort, Bäume und begrünte Flächen verbessern ihn.

Bereits heute ist spürbar, dass der Klimawandel, neben vielen weiteren Folgen, zu hitzebedingten Belastungen und damit zu Einschränkungen von Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Bevölkerung führt. Um dem Klimawandel in der künftigen Stadtentwicklung angemessen begegnen zu können, wurde für die Stadt Singen die vorliegende Klimaanalyse erstellt. Sie dient der Verwaltung, der Politik und weiteren relevanten Akteuren in der Stadt als Planungs- und Entscheidungsgrundlage, sprich:

sie hilft, bauliche Entwicklungen in der Stadt auf ihre Klimaverträglichkeit prüfen zu können. „Klimaverträglich“ bedeutet, dass sich der Wohn-, Lebens- und Arbeitskomfort für die Menschen in der Stadt, etwa durch zusätzliche Gebäude oder Quartiere nicht verschlechtert, im positiven Falle sogar verbessert.

Die Klimaanalyse für die Stadt Singen liefert genaue Kenntnisse der klimatischen Gegebenheiten, legt den Schwerpunkt auf die klimatischen Auswirkungen von baulichen Nachverdichtungen im Stadtgebiet und zeigt exemplarisch an zwei Modellen, welche Maßnahmen möglich sind, Gebäude und Quartiere klimaverträglich zu gestalten.

Angesichts des Trends global steigender Temperaturen wurden zusätzlich die Folgen des Klimawandels auf das Singener Stadtklima im Jahr 2050 untersucht.

### **Die Stadtklimaanalyse basiert auf zwei Säulen:**

- 1. einer Modellrechnung, die für das gesamte Stadtgebiet Daten wie Geländehöhe, Strukturhöhe, Versiegelungsgrad und Landnutzung berücksichtigt**
- 2. konkret vor Ort gemessenen Temperatur-/Wind- und Strömungsverhältnissen zur Absicherung der Modellrechnung**

Ein projektbegleitender Fachbeirat aus Vertretern von Wissenschaft und Praxis sorgte für die Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse sowie die Wirksamkeit und Praxistauglichkeit der entwickelten Strategien und Instrumente.

Unter dem Titel „Zielkonflikt Klimakomfort – Nachverdichtung: Entwicklung von Lösungsstrategien zur klimawandelangepassten Siedlungsentwicklung der Stadt Singen“ wurde das Projekt im Rahmen des KLIMOPASS<sup>1</sup>-Programms vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gefördert.

<sup>1</sup> Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg

## Die Ergebnisse im Überblick

- ✘ Das aus Großstädten bekannte Phänomen der städtischen Wärmeinsel ist auch in einer Mittelstadt wie Singen zu beobachten (Stadtklimaeffekt).
- ✘ So stellen die gesamte Singener Innenstadt und das angrenzende Industrie- und Gewerbegebiet als Arbeits-/Wohn- und Aufenthaltsort bereits heute einen Bereich mit hoher bioklimatischer Belastung dar. Klimawandelbedingt wird die Hitzebelastung der Stadtbevölkerung weiter zunehmen.
- ✘ Die Wohngebiete in der Nord- und Südstadt zeigen heute mehrheitlich eine mittlere Belastung, zukünftig wird eine hohe Belastung erwartet. Große Straßenräume, wie etwa die **Hohenkrähenstraße** oder Straßen wie sie für die Südstadt typisch sind, weisen oftmals und die meisten Gewerbeflächen sogar überwiegend ungünstige bioklimatische Bedingungen auf. Der geringste Handlungsdruck besteht aus heutiger Sicht in den Ortsteilen.
- ✘ Eine zentrale Funktion für das Singener Stadtklima hat nächtliche Kaltluft aus der **Hegauer Alb**, die überwiegend entlang der **Radolfzeller Aach** in die Stadt strömt. Diese kühlende Luft erreicht allerdings nur einen Teil der nördlichen Wohnbebauung und kann aufgrund bestehender Bebauung nicht bis in die Innenstadt vordringen.
- ✘ Um die Stadt mit Blick auf ihre Arbeits-/Wohn- und Lebensqualität klimafest zu machen, werden Grünflächen bzw. die Begrünung von Straßenräumen und Gebäuden/Bauwerken eine deutlich bedeutendere Rolle spielen müssen. In der Kombination mit wasserführenden- bzw. wasserspeichernden Flächen bieten sich integrierte Lösungen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität nicht nur an Hitzetagen an, sondern sie dienen gleichzeitig zur Milderung der Auswirkungen von Starkregenereignissen („Schwammstadt“).
- ✘ An Sommertagen bieten derzeit nur knapp ein Viertel der Grünflächen im Singener Stadtgebiet eine relativ hohe Aufenthaltsqualität und eignen sich als (erreichbare) Rückzugsorte für die Bevölkerung. Insbesondere für die Nacht, aber auch für den Tag gilt, dass das Belastungsniveau im Siedlungsraum in Zukunft steigt, was bei künftigen Planungen bis auf die Ebene des Einzelgebäudes berücksichtigt werden muss.
- ✘ Neben treibhausgasreduzierenden Maßnahmen (Klimaschutz) wie niedrige Energiestandards von Gebäuden oder Reduzierung fossiler Mobilität bei Steigerung des Umweltverbundes, nimmt im Zuge der Klimawandelanpassung die Bedeutung der Ausgleichsfunktionen von Grünflächen zu.

## Der Stadtklimaeffekt

Der hohe Versiegelungsgrad und geringe Belastungen für die Wohn-, Arbeits- und Lebensqualität entstehen vornehmlich bei speichernde Materialien und Gebäude als Hochdruckwetterlagen und sind durch Strahlungshindernis sowie Emissionen aus Haushalten, Verkehr und Industrie bedingen das Klima in einer Stadt. Im Vergleich zum unbebauten Umland (Wiesen, Wälder, Ackerflächen) führen diese Effekte zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen. Das Phänomen der „Aufheizung“ kommt vor allem nachts zum Tragen, wenn sich Gebäude und versiegelte Flächen nicht ausreichend abkühlen. Eine solche „städtische Wärmeinsel“ ist mit steigender Einwohnerzahl und Stadtgröße stärker ausgeprägt, doch auch in Mittelstädten wie Singen deutlich zu beobachten.

Belastungen für die Wohn-, Arbeits- und Lebensqualität entstehen vornehmlich bei Hochdruckwetterlagen und sind durch Strahlung und Temperatur bestimmt („autochthone Wetterlage“). Durch lokal unterschiedliche Abkühlungsraten entstehen Temperatur- und damit Dichteunterschiede, die Ausgleichsströmungen wie Flurwinde hervorrufen. Kühlere Umgebungsluft „fließt“ dann aus stadtnahen oder innerstädtischen Grünflächen in das wärmere Stadtgebiet, sorgt für Entlastung und kann zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. Da der bodennahe Zustrom mit geringen Windgeschwindigkeiten erfolgt, kann dieser Luftaustausch nur entlang von Flächen ohne blockierende Strömungshindernisse auftreten.

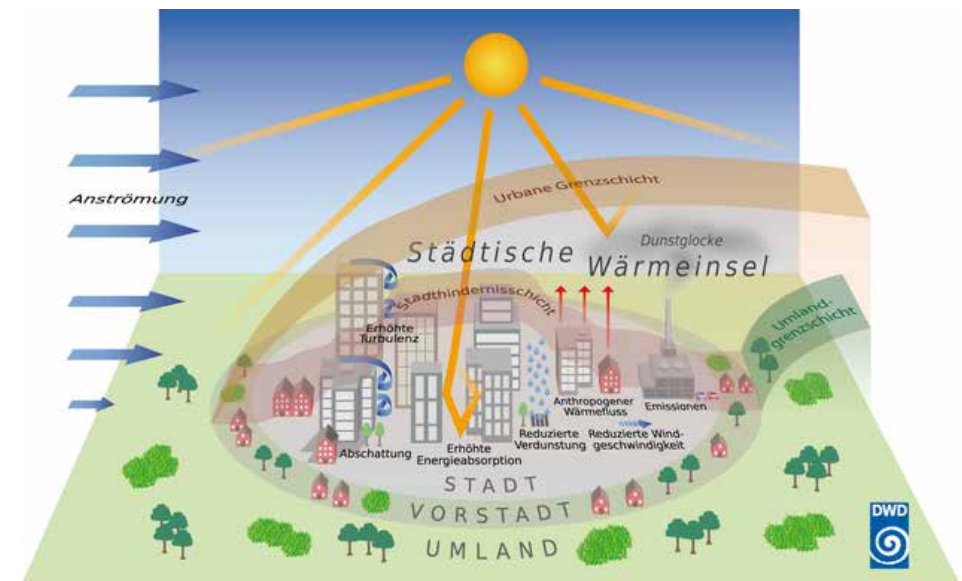


Abb. 1: Schematische Übersicht zum Stadtklimaeffekt (Quelle: DWD - [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadt/pl/projekt\\_waermeinseln/projekt\\_waermeinseln\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadt/pl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html))





## Methodische Grundlagen

### GRUNDLAGEN DER MODELLIERUNG

#### **DAS STADTKLIMAMODELL FITNAH-3D**

Die Klimaanalyse erfolgte durch das Stadtklimamodell FITNAH-3D. Dafür wurde das Untersuchungsgebiet in ein Planungsgitter mit einer Maschenweite von 20 m x 20 m aufgeteilt und für jede Rasterzelle folgende Modelleingangsdaten hinterlegt: Geländehöhe, Strukturhöhe, Versiegelungsgrad und Landnutzung (z.B. dichte oder aufgelockerte Bebauung, Straßenraum, Freiflächen, Wälder, Gewässer).

Für jede der 20 m-Rasterzellen liegt nach der Modellierung ein Wert zum nächtlichen Strömungsfeld und der Wärmebelastung am Tage sowie in der Nacht vor. Die Ergebnisse gelten für den Aufenthaltsbereich des Menschen (in 2 Meter über Grund) und betrachten die Zeitpunkte 4 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) sowie 14 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung).

#### **UNTERSUCHUNGSGEBIET**

Das für die Modellrechnung verwendete Untersuchungsgebiet umfasst 143 Quadratkilometer und reicht über das Stadtgebiet von Singen hinaus, um die klimatischen Prozesse zwischen Stadt und Umland zu erfassen.

Eine wichtige Rolle für die Durchlüftung der Siedlungsräume spielt das Relief. Während die **Kernstadt** ein relativ konstantes Höhengiveau mit einem leichten Anstieg zum nordwestlichen Gebiet aufweist, gibt es im übrigen Stadtgebiet mehrere markante Erhebungen (z.B. Ausläufer von **Schienerberg**, **Galgenberg**, **Friedinger Schlossberg**). Am deutlichsten sticht – auch in Bezug auf seine Bedeutung für das Stadtklima – der westlich an die **Kernstadt** anschließende **Hohentwiel** heraus.

#### **METEOROLOGISCHE RAHMENBEDINGUNGEN**

Der Modellierung liegt eine sommerliche Wetterlage zugrunde, die jeden Sommer mehrfach auftritt und in der der Stadtklimaeffekt am stärksten ausgeprägt ist. Diese sogenannte autochthone Wetterlage wird durch einen wolkenlosen Himmel und nur schwachen Wind gekennzeichnet, sodass die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders hervortreten.

Nach Ergebnissen der Pädagogischen Hochschule Weingarten beeinflussen auch die nördlich des Stadtgebiets gelegenen Höhenzüge der **Hegaualb** die klimatischen Bedingungen in Singen, was in einer großräumigen klimatischen Voruntersuchung bestätigt und entsprechend in der Modellrechnung berücksichtigt wurde.

#### **ZUKUNFTRECHNUNG (STADTKLIMA IM JAHR 2050)**

Die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima bezieht sich nach Empfehlung des projektbegleitenden Fachbeirats auf das Jahr 2050 (mittelfristige Zukunft). Dazu wurde das Stadtklimamodell mit einer um 1,9 Grad Celsius erhöhten Temperatur erneut berechnet. Dieses „Klimaänderungssignal“ basiert auf einer statistischen Analyse globaler und regionaler Klimamodelle sowie einem bestimmten Szenario der zukünftigen Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Potentielle Landnutzungsänderungen wurden dabei nicht in das Modell aufgenommen.

#### **METEOROLOGISCHE MESSKAMPAGNE**

Zur Überprüfung der numerischen Modellrechnung wurden Klimamessungen in der Stadt durchgeführt:

- ✘ Im Sommer und Herbst 2017 sowie Frühling und Sommer 2018 wurden an jeweils zwei temporären **Klimamessstationen** im Stadtgebiet von Singen kontinuierlich Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit gemessen.
- ✘ Mit Hilfe von profilhaft angelegten **Lufttemperaturmessfahrten** wurden in einer sommerlichen Strahlungsnacht die ortsspezifischen nächtlichen Lufttemperaturverteilungen erfasst.
- ✘ Mittels **Rauchschwadenbeobachtungen** wurden in zwei Strahlungs Nächten an ausgewählten Messstandorten bodennahe Kaltluftbewegungen identifiziert.

## MODELLERGEBNISSE NÄCHTLICHES TEMPERATURFELD

Der Klimakomfort in einer Stadt wird unter anderem dadurch bestimmt, wie weit sich ein tagsüber aufgeheizter Siedlungskörper nachts wieder abkühlt. Anhaltend hohe Temperaturen schränken die Erholungsmöglichkeit für den Menschen ein und wirken sich negativ auf seine Leistungsfähigkeit aus. Kaltluftströme aus dem Umland oder die Anzahl und Beschaffenheit von Grünflächen können ausgleichend wirken.

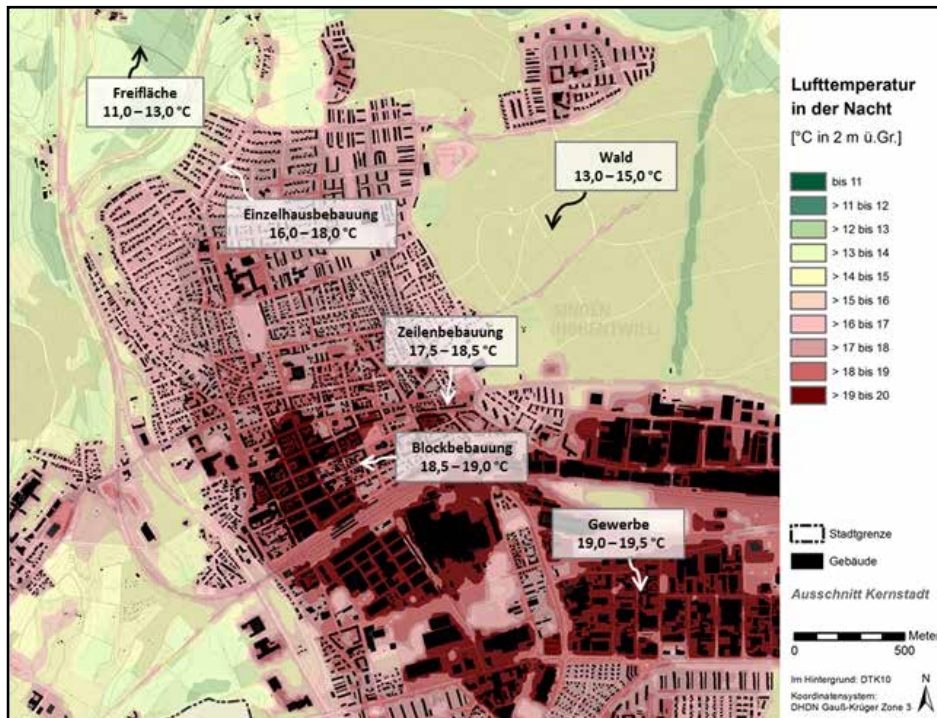


Abb. 3: Nächtliches Temperaturfeld in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen mit beispielhaften Werten verschiedener Nutzungsstrukturen

Das sich um 4 Uhr in der Nacht einstellende Lufttemperaturfeld im Stadtgebiet differiert bei Minimalwerten von weniger als 12 Grad Celsius über siedlungsfernen Freiflächen und Maximalwerten von mehr als 19 Grad im Zentrum der Kernstadt um etwa 8 Grad. Die mittlere Temperatur im Stadtgebiet liegt unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen bei 16,1 Grad.

Die höchsten Werte treten mit mehr als 19 Grad im Zentrum der *Kernstadt* (z.B. *Erzbergerstraße*) sowie in den großflächigen Gewerbegebieten auf und resultieren aus dem hohen Bauvolumen und Versiegelungsgrad. Die sich an die Innenstadt anschließende Blockbebauung besitzt ebenfalls ein erhöhtes Temperaturniveau. Richtung Stadtrand sind die Siedlungsflächen vorwiegend durch Einzel- und Reihenhausbebauung geprägt (u.a. entlang der *Keltenstraße*, *Laubenweg*) und weisen mit durchschnittlich 16,5 Grad das geringste Temperaturniveau unter den bebauten Flächen auf. Werte über 18 Grad werden dort in der Regel nicht erreicht. Das Temperaturniveau der durch Abstandsflächen und höhere Gebäude geprägten Zeilenbebauung liegt zwischen den übrigen Strukturtypen (z.B. entlang der *Rielasinger Straße*).

Unbebaute, vegetationsgeprägte Freiflächen weisen deutlich geringere Werte auf. Die niedrigsten Temperaturen im Stadtgebiet sind

mit weniger als 12 Grad über ausgedehnten landwirtschaftlichen Arealen im Umland zu verzeichnen. In Wäldern dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur. Verglichen mit den siedlungsfernen Freiflächen weisen innerstädtische Grünflächen mit 15 bis 16,5 Grad höhere Temperaturen auf (z.B. *Alter Friedhof* an der *Anton-Bruckner-Straße*, *Knöpfleswies*). Für die umliegende Bebauung stellen diese Flächen dennoch wichtige Entlastungsräume dar. Neben der Umgebung sind die Größe und Struktur der Grünflächen entscheidend – so sinkt die Temperatur etwa über den ausgedehnten Grünflächen um den *Mühlkanal* bzw. die *Radolfzeller Aach* am Stadtrand bis unter 14 Grad.

## MODELLERGEBNISSE KALTLUFTSTRÖMUNGSFELD

Die Kaltluftströmung ist ein wichtiges Kriterium für das Stadtklima. Die wichtigsten nächtlichen Luftströmungen sind Hangabwinde und Flurwinde – erstgenannte treten im Stadtgebiet aufgrund des starken Reliefs häufiger auf. Die folgenden Ergebniskarten zeigen die Strömungsrichtung in Form von Pfeilen. Die farbig abgestuften Flächen zeigen klimaökologisch wirksame Windgeschwindigkeiten von mindestens 0,1 Meter/Sekunde an (vgl. Abb. 4).

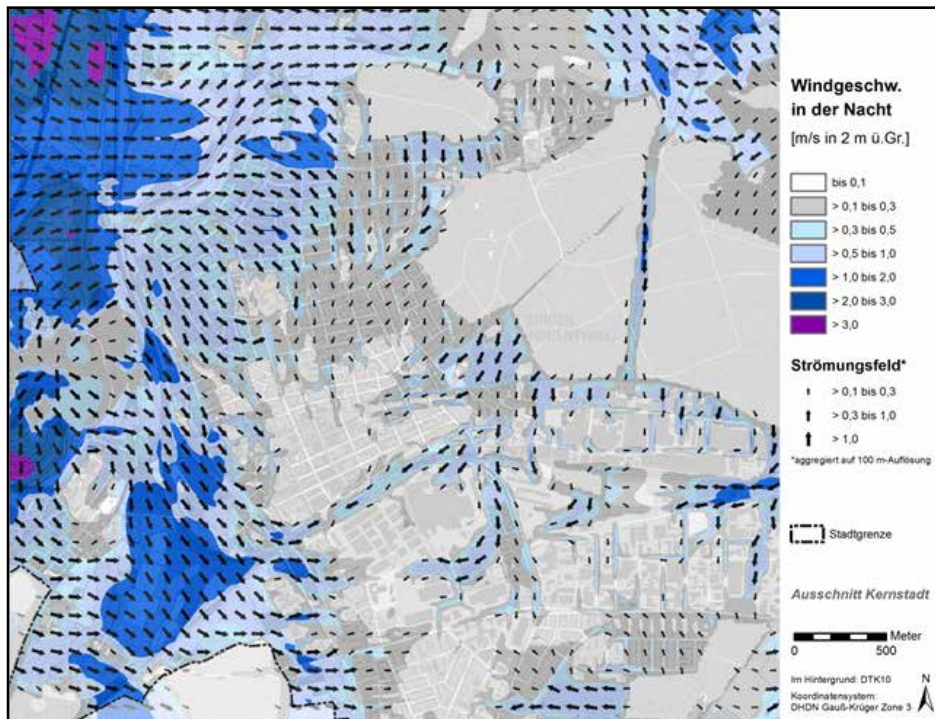


Abb. 4: Nächtliches Strömungsfeld in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen

Die bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten reichen von vollkommener Windstille bis zu Maximalwerten von über 4 Meter/Sekunde. Ähnlich hohe Werte werden als Hangabwinde des *Hohentwiel* erreicht. Zusammen mit der Strömung aus den nordwestlich gelegenen Erhöhungen (u.a. *Krützenbühl*) sorgen diese in der *Kernstadt* für eine relativ gute Durchlüftung der Siedlungsgebiete entlang der *Radolfzeller Aach*, wobei Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 Meter/Sekunde unter den angenommenen Bedingungen die Ausnahme bleiben.

In Richtung des Zentrums der *Kernstadt* nimmt die Strömungsgeschwindigkeit ab. Vornehmlich aufgelockerte Siedlungsbereiche werden noch durchlüftet, während in die dicht bebauten Bereiche keine wirksame Strömung gelangt. Auch in den Ortsteilen ist ein Zusammenhang zwischen Bebauungsdichte und Windgeschwindigkeit zu erkennen, insgesamt weisen diese jedoch überwiegend gute Durchlüftungsverhältnisse auf.

Neben dieser vergleichsweise großflächigen Strömung sorgen in das Stadtgebiet reichende Grünzüge lokal für nächtliche Durchlüftung, etwa die Grün- und Sportflächen nördlich der *Überlinger Straße*, im Bereich des *Hohentwielstadions* oder um den *Ziegeleiweiher*. Waldgebiete weisen geringe Windgeschwindigkeiten auf, da die Strömung bodennah und damit unterhalb des Kronendachs betrachtet wird, spielen jedoch für den Kalt- und Frischlufthaushalt des Stadtgebiets eine wichtige Rolle.



## MODELLERGEBNISSE KALTLUFTVOLUMENSTROM

Die kühlende Wirkung einer Kaltluftströmung hängt nicht allein von ihrer Geschwindigkeit ab, sondern auch von der Höhe der Kaltluftschicht: dem sogenannten Kaltluftvolumenstrom. Vereinfacht ausgedrückt beschreibt er diejenige Menge an Kaltluft, die in jeder Sekunde durch den Querschnitt einer Fläche fließt.

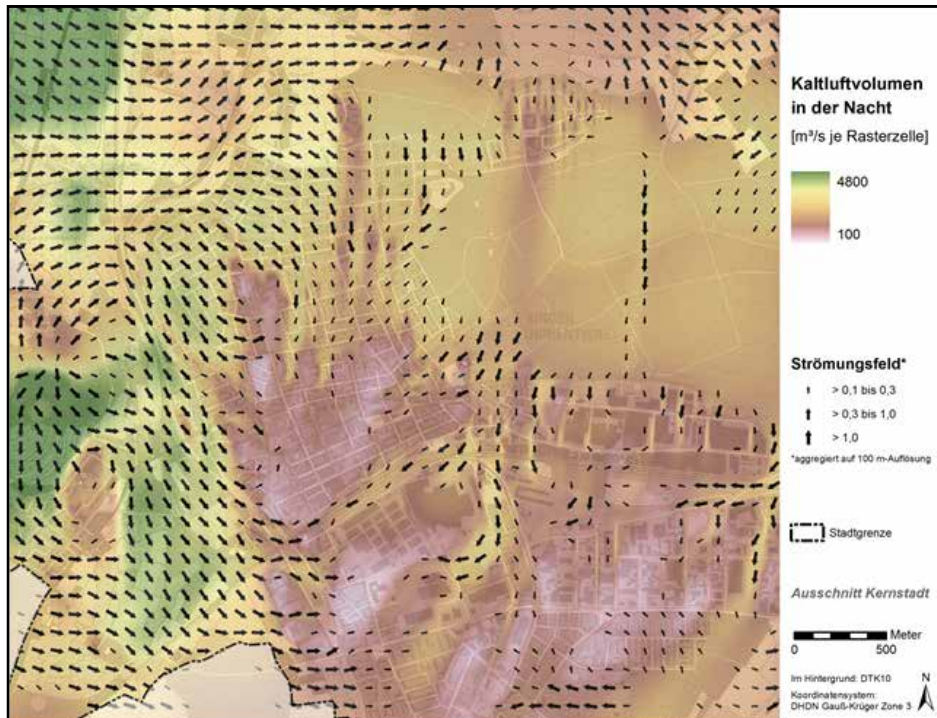


Abb. 5: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen

Der Kaltluftvolumenstrom verändert während der Nachtstunden seine Stärke und Richtung. Wie weit Kaltluft in ein bebautes Gebiet gelangt, hängt wesentlich von der Siedlungsgröße, Bebauungsdichte und der Menge einströmender Kaltluft ab – Straßendämme, Gebäude oder Mauern können als Strömungshindernisse wirken.

Die auf diese Weise am geringsten durchströmten Gebiete sind die Singener Innenstadt sowie Industrie- und Gewerbegebiete. Dort sind die Hinderniswirkung der Bebauung ausgeprägt und nur wenige kaltluftproduzierende Grünflächen vorhanden (vgl. Abb. 5).

Die an den Hängen und über Freiflächen mit Siedlungsbezug entstehende Kaltluft sorgt innerhalb der **Kernstadt** für die höchsten Werte im nordwestlichen Siedlungsgebiet sowie entlang der **Radolfzeller Aach**. Über Grünachsen strömt die Kaltluft in die Bebauung. Im Laufe einer Nacht steigt die Kaltluftmächtigkeit

in der Regel an, sodass geringe Hindernisse überwunden werden können. Beispielsweise können einzelne Grünflächen, die zwar nicht zusammenhängen, aber räumlich naheliegen und durch nur wenige Hindernisse getrennt sind, als Trittsteine für Kaltluft dienen. Über Waldarealen treten geringere Werte auf, doch können diese in Siedlungsnähe ebenfalls Ausgleichsleistungen bereitstellen.

## MODELLERGEBNISSE WÄRMEBELASTUNG AM TAGE

Um die Wärmebelastung eines Menschen zu bewerten, wird der sogenannte PET-Index herangezogen. Diese „gefühlte Temperatur“ umfasst neben der Lufttemperatur auch die Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlung. PET wird in Grad Celsius ausgedrückt.

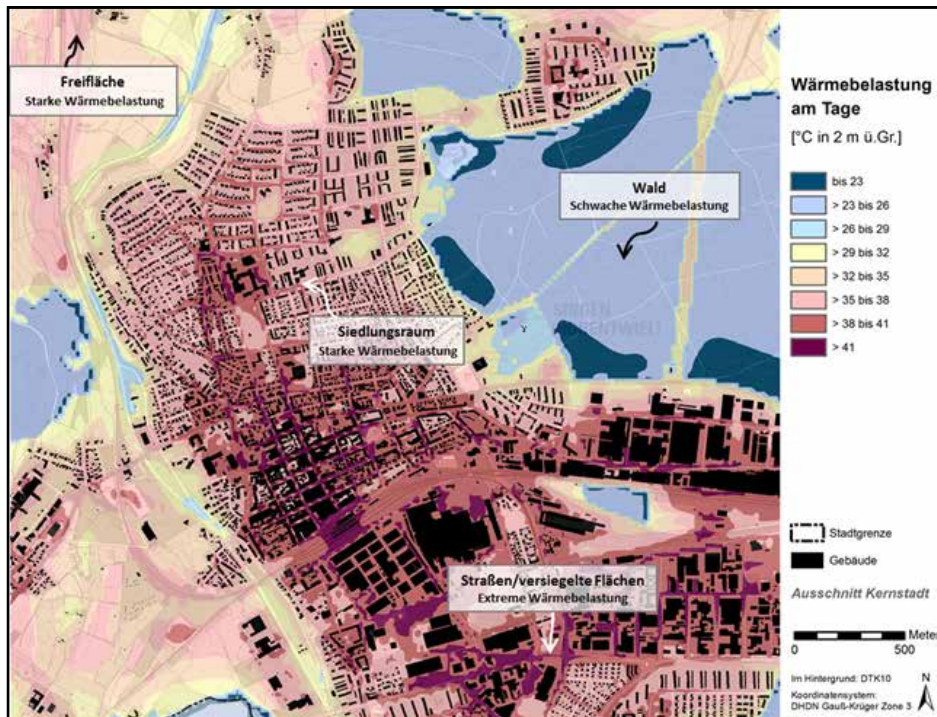


Abb. 6: Wärmebelastung am Tage in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen mit beispielhaften Werten verschiedener Nutzungsstrukturen

Im Vergleich zur Lufttemperatur weist die PET eine höhere Spannweite im Stadtgebiet auf. Werte unter 23 Grad (keine Wärmebelastung<sup>2</sup>) stellen eine Ausnahme dar. Sie sind einzig im Umfeld größerer Gewässer zu finden, die tagsüber eine kühlende Wirkung auf ihre Umgebung haben (z.B. *Kiesgrube Friedingen* und die beiden *Ziegeleiweiher* in der *Kernstadt* bzw. in *Rickelshausen*).

Flächenhaft heben sich Waldgebiete mit einer schwachen Wärmebelastung ab (PET unter 29 Grad), in dichten Beständen werden auch geringere Werte erreicht. Der Aufenthaltsbereich des Menschen liegt unterhalb des Kronendachs und ist vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, sodass Wälder als Rückzugsorte dienen können (vgl. Abb. 6).

Alle weiteren Flächen weisen unter den gegebenen Annahmen (keine Bewölkung, d.h. ungehinderte Einstrahlung) eine mäßige bis starke Wärmebelastung auf. Die höchsten Werte werden über versiegelten Gewerbegebieten und dem Straßenraum erreicht (über 41 Grad PET = extreme Wärmebelastung).

Durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung erreicht die thermische Belastung über unversiegelten Freiflächen ähnlich hohe Werte. Im Gegensatz zur Situation in der Nacht fällt die thermische Belastung in der Innenstadt weitaus geringer aus, da die dichte und zumeist höhere Bebauung für eine gewisse Verschattung sorgt. Innerhalb der *Kernstadt* zeichnen sich die Parkareale entlang der *Radolfzeller Aach* oder an der *Anton-Bruckner-Straße (Alter Friedhof)* mit einer vergleichsweise geringen Wärmebelastung aus.

<sup>2</sup> Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifizieren (z.B. Starke Wärmebelastung ab PET 35 °C).

## MODELLERGEBNISSE ZUKUNFTSRECHNUNG

Um das Stadtklima in Singen im Jahr 2050 abzubilden, wurde die Modellrechnung mit einer um 1,9 Grad Celsius erhöhten Durchschnittstemperatur durchgeführt (Klimaänderungssignal). Dies entspricht dem auf der Pariser Klimakonferenz gefassten Beschluss, die globale Temperaturerhöhung auf unter 2 Grad zu begrenzen.

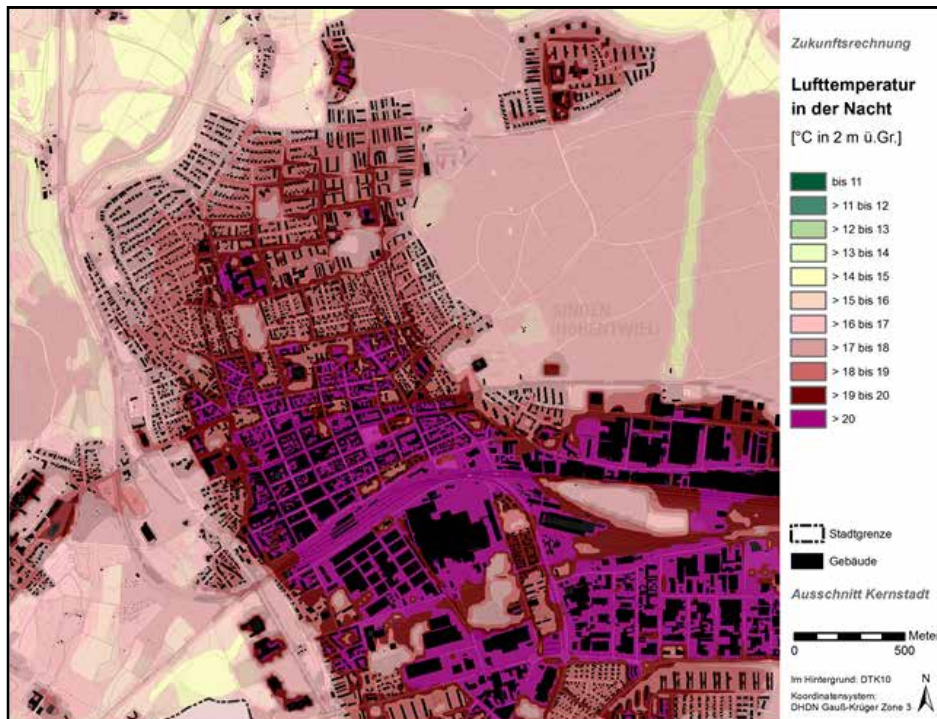


Abb. 7: Nächtliches Temperaturfeld in der Zukunftsrechnung 2050 in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen

### NÄCHTLICHES TEMPERATURFELD

Durch den Klimawandel ergibt sich in Singen flächendeckend ein spürbar höheres Temperaturniveau – im Mittel steigt die bodennahe Lufttemperatur bis zum Jahr 2050 um 1,6 Grad. Damit fällt die Zunahme geringer aus als das Klimaänderungssignal, was darauf zurückzuführen ist, dass verschiedene Nutzungsstrukturen unterschiedlich stark reagieren.

Am relevantesten sind die Auswirkungen für den Siedlungsraum. Hier ist davon auszugehen, dass sich der Stadtklimaeffekt in Zukunft intensiviert. Mittel- bis langfristig treten im Zentrum der **Kernstadt** vermehrt sogenannte Tropennächte auf, die als besonders belastend gelten und in denen die Temperatur nicht unter 20 Grad sinkt. Mit geringerer Bebauungsdichte sind auch in Zukunft abnehmende Temperaturen zu beobachten, sodass am Rand der **Kernstadt** und in den Ortsteilen während belastender Wetterlagen noch als angenehm empfundene Schlafentemperaturen unter 18 Grad erreicht werden können (Abb. 7).

Selbst über Grünflächen erhöht sich die Lufttemperatur, doch weisen diese auch zukünftig ein deutliches Temperaturgefälle zum Siedlungsraum auf. Damit nehmen Grünflächen nicht nur weiterhin eine wichtige Entlastungsfunktion für das Stadtklima ein, sondern sie gewinnen sogar noch an Bedeutung.

### KALLLUFTPROZESSGESCHEHEN

Ohne Änderung in der Landnutzung (z.B. durch neue Wohn- und Gewerbegebiete) sind die Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf das nächtliche Kaltluftprozessgeschehen minimal. Das Windfeld wird maßgeblich durch Strömungshindernisse gesteuert, auch das Relief übt einen wichtigen Einfluss aus (Hangabwinde) – an beiden Voraussetzungen ändert sich in den Annahmen der Zukunftsrechnung nichts.



## WÄRMEBELASTUNG AM TAGE

Genau wie bei der nächtlichen Lufttemperatur ist zukünftig ein höheres Niveau der Wärmebelastung am Tage erkennbar, wobei die Bereiche ohne Wärmebelastung nahezu wegfallen. Im Siedlungsraum selbst sowie über städtischen Grünflächen sind höhere Wärmebelastungen vorzufinden, extreme Wärmebelastungen treten weiterhin hauptsächlich im Straßenraum und über versiegelten Plätzen auf (vgl. Abb. 8).

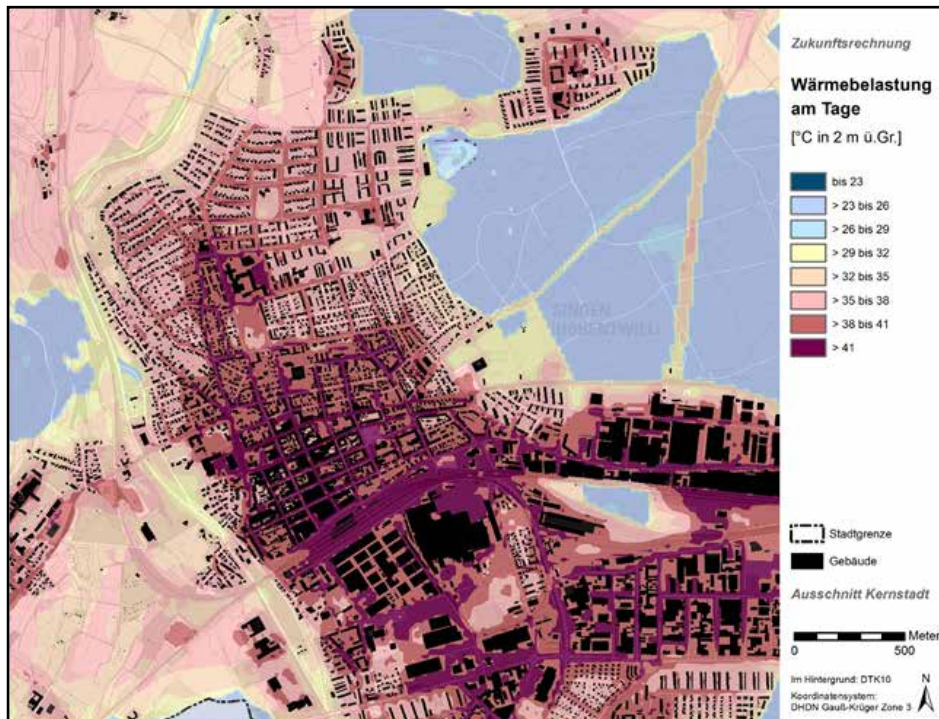


Abb. 8: Wärmebelastung am Tage in der Zukunftsrechnung 2050 in einem Ausschnitt der Kernstadt Singen

# ERGEBNIS- KARTEN

Um die Klimaanalyse konkret für Planungszwecke verwenden zu können, wurden die Ergebnisse der Modellrechnung auf voneinander abgrenzbare Grün-, Siedlungs- und Verkehrsflächen (Blockflächen) übertragen. Die Klimaanalysekarte bildet das Stadtklima in der Nacht ab (Überwärmung der Siedlungsflächen, Kaltlufthaushalt). Für den Status quo und das Zukunftsszenario wurden getrennte Karten erstellt – letztere enthält eine Einschätzung über die klimatischen Auswirkungen von Wohn- und Gewerbegebieten, die im Flächennutzungsplan 2020 als mögliche Baugebiete zur Nachverdichtung bzw. Siedlungsentwicklung enthalten sind.

Planungshinweiskarten geben Planern und Entscheidern Handlungsempfehlungen im Umgang mit klimaökologisch sensiblen Stadtbereichen an die Hand.



## KLIMAANALYSEKARTE STATUS QUO

Die mittlere nächtliche Lufttemperatur im Siedlungsraum liegt bei 17,4 Grad Celsius. Nahezu alle bebauten Flächen erwärmen sich gegenüber dem umliegenden Freiland um mindestens 2 Grad (**Überwärmung**), der Großteil davon um 2 bis 4 Grad, 15% der Flächen sogar um mehr als 5 Grad (vgl. Tab. 1). Die Anteile beziehen sich auf Wohn- und Gewerbeflächen innerhalb des Stadtgebiets. Dabei überwärmen sich aufgelockerte Areale mit Einzel- und Reihenhausbebauung weniger, Gewerbeflächen sowie Blockbebauungen deutlich stärker.

Der Siedlungsraum in Singen untergliedert sich in ausreichend durchlüftete Areale sowie in klimatisch belastete Bereiche. Als **Kaltluftenwirkbereich** sind Wohn-, Gewerbe und Verkehrsflächen innerhalb des Stadtgebiets gekennzeichnet, die von einem überdurchschnittlich hohen Kaltluftvolumenstrom durchflossen werden (vgl. Abb. 9). Mehr als ein Drittel der Siedlungs- und Gewerbeflächen (39%) gelten als Kaltluftenwirkbereich. Mehrheitlich handelt es sich um Wohnsiedlungsflächen am nordwestlichen Rand der **Kernstadt** – im Innenstadtbereich treten sie nur vereinzelt auf.

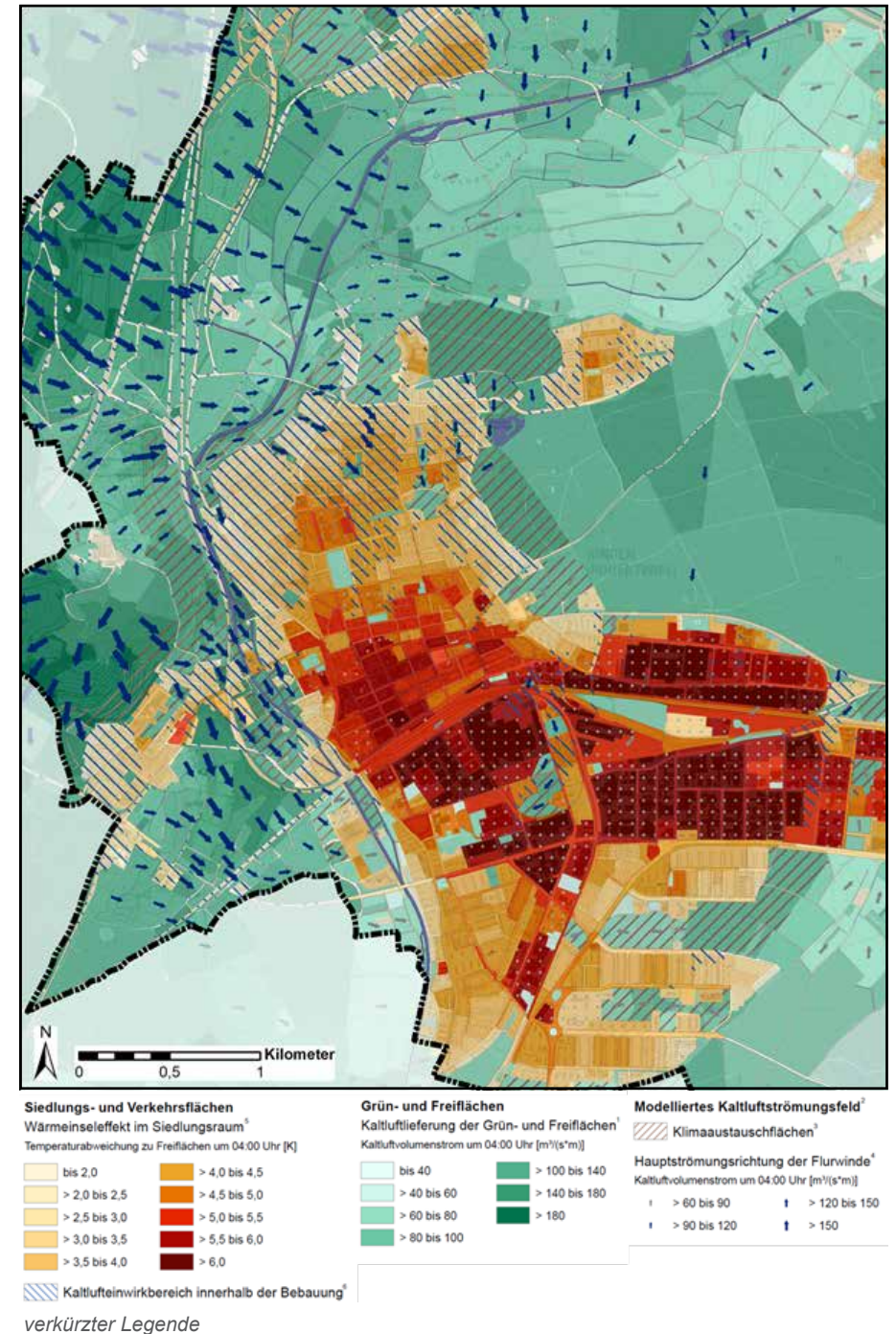
Kaltluft entsteht vor allem über unversiegelten Freiflächen sowie über Grünflächen mit geringem Vegetationsbestand (z.B. Ackerflächen, Parkareale, Kleingärten), doch auch über Wäldern wird Kaltluft produziert. Im Singener Stadtgebiet sind keine „klassischen“ Leitbahnstrukturen vorhanden, die linienhaft Kaltluft in die Stadt tragen. Dennoch gibt es viele Flächen, die wichtige Funktionen für die städtische Durchlüftung einnehmen und für den Luftaustausch zwischen im Umland produzierter Kaltluft und dem Belastungsraum (Wirkungsraum) sorgen. Diese Bereiche wurden als **Klimaaustauschflächen** gekennzeichnet – Flächen, die für das Stadtgebiet eine bedeutende Durchlüftungsfunktion haben.

Markante Klimaaustauschflächen liegen z.B. durch den flächenhaften Kaltluftabfluss des **Hohentwiel** vor, auch die **Radolfzeller Aach**-Aue im Bereich **Mühlkanal** bzw. am nordwestlichen Kernstadtrand oder die **Knöpfleswies** zählen zu den gut durchlüfteten Arealen.

Tab. 1: Flächenanteile der nächtlichen Überwärmung im Siedlungs- und Gewerbeaum.

Nächtlicher Wärmeineffekt	Flächenanteil im Stadtgebiet	Nächtlicher Wärmeineffekt	Flächenanteil im Stadtgebiet
bis 2 °C	8,9 %	> 4 bis 5 °C	10,8 %
> 2 bis 3 °C	26,8 %	> 5 bis 6 °C	9,4 %
> 3 bis 4 °C	37,7 %	> 6 °C	6,3 %

Abb. 9: Klimaanalysekarte Nachtsituation Ist-Szenario für einen Ausschnitt der Kernstadt Singen mit



## SZENARIO KLIMAANALYSEKARTE 2050

Bis zum Jahr 2050 werden sich die nächtlichen Lufttemperaturen in Singen flächendeckend erhöhen. Besonders relevant ist der Temperaturanstieg im Siedlungsraum, der bereits heute überwärmt ist. Dessen mittlere Lufttemperatur erhöht sich von 17,4 auf 18,8 Grad erhöht. Das Zentrum der **Kernstadt** sowie die Gewerbeflächen bleiben in der Klimaanalysekarte 2050 die am stärksten überwärmt Bereiche, doch auch in den umliegenden Ortsteilen ist ein höheres Niveau vorzufinden.

Auf den ersten Blick mögen die Temperaturerhöhungen vergleichsweise gering erscheinen, doch handelt es sich dabei um Durchschnittswerte. Auf einzelnen Flächen sind höhere Zunahmen möglich, die vor allem in denjenigen Gebieten zu einer starken Belastung für die Bevölkerung führen, die bereits heute ungünstige Verhältnisse aufweisen. In der Klimaanalysekarte wird die Nachtsituation betrachtet, doch auch am Tag sorgt der Klimawandel für eine steigende Hitzebelastung der Bevölkerung, sodass Anpassungsmaßnahmen nötig sind, wenn ein gesundes Wohn- und Arbeitsklima erhalten bleiben soll.

### FNP-POTENTIALFLÄCHEN

Die Klimaanalysekarte 2050 bewertet auch Flächen, die der Flächennutzungsplan (FNP) 2020 als mögliche Wohn- und Gewerbegebiete vorsieht (vgl. Tab. 2). Die Potentialflächen wurden in drei Kategorien eingestuft, die eine Aussage hinsichtlich ihrer möglichen Entwicklung erlauben und mit bestimmten Planungshinweisen verbunden sind. So wird eine Bebauung der Potentialflächen als vertretbar angesehen, wenn sie weder einen Verlust wichtiger klimaökologischer Funktionen der bisherigen Grünfläche nach sich zieht, noch neue bioklimatische Belastungssituationen auf den Flächen selbst zu erwarten sind (Flächenkategorie I, z.B. SI-6 (klein) in **Hausen**; vgl. Tab. 3).

Wird dagegen mindestens eines der beiden Kriterien nicht erfüllt, ist eine Entwicklung nur vertretbar, wenn stadtklimatische Anforderungen beachtet bzw. Maßnahmen erfüllt werden (Flächenkategorie II). Je nach Intensität der Auswirkungen wird diese Kategorie in drei Teilkategorien unterschieden, für die verschiedene Planungshinweise gelten (II-1 bis II-3). Als besonders kritisch wird eine Entwicklung gesehen, wenn die Potentialflächen im Bereich bestehender Klimaaustauschflächen liegen (Flächenkategorie III). Dies betrifft vor allem Flächen in der **Kernstadt** (z.B. SI-12 im nordwestl. Stadtgebiet), aber auch die Fläche SI-7 in **Friedingen**. Ohne optimierende Maßnahmen ist von deren Bebauung aus stadtklimatischer Sicht abzuraten.

Geeignete Vorgaben im B-Plan-Verfahren können den einschränkende Einfluss auf den Kaltluft-haushalt mindern: etwa über die Dichte der Bebauung sowie der Ausrichtung von Gebäuden. Im Gegensatz zu einzelnen Baulücken erlauben die relativ großen Potentialflächen eine Integration von Grün- und Freiflächen, deren Dimensionierung und Lage auf das Strömungsfeld ausgerichtet werden kann.

Tab. 2: FNP-Potentialflächen in Singen und deren stadtklimatische Bewertung (vgl. Tab. 3)

Ortsteil	Potentialfläche	Typ	Bewertung	Entwicklung
<b>Schlatt</b>	SI-11	Wohn	II-2	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
<b>Hausen</b>	SI-21	Gewerbe	II-3	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
<b>Friedingen</b>	SI-6 (klein)	Wohn	I	<i>vertretbar</i>
	SI-6 (groß)	Wohn	II-2	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
	SI-7	Wohn	III	<i>ohne stadtkl. Maßnahmen nicht zu empfehlen</i>
<b>Kernstadt</b>	SI-12 (Ost)	Wohn	III	<i>ohne stadtkl. Maßnahmen nicht zu empfehlen</i>
	SI-12 (West)	Wohn	III	<i>ohne stadtkl. Maßnahmen nicht zu empfehlen</i>
	SI-13	Wohn	II-3	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
	SI-15	Wohn	II-2	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
	SI-16	Gewerbe	II-1	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
	SI-20 (Nord)	Gewerbe	II-3	<i>mit stadtkl. Maßnahmen vertretbar</i>
	SI-20 (Süd)	Gewerbe	III	<i>ohne stadtkl. Maßnahmen nicht zu empfehlen</i>

Tab. 3: Schema der Bewertung der Potentialflächen in verschiedene Kategorien und damit verbundene Planungshinweise.

Flächenkategorie I: Entwicklung vertretbar	
	<b>Potentialflächen der Kategorie I</b>
<b>Definition</b>	<i>Auch unter dem Einfluss des Klimawandels droht weder ein Verlust wichtiger klimaökologischer Funktionen, noch sind neue bioklimatische Belastungssituationen auf den Flächen selbst zu erwarten.</i>
<p>Eine Entwicklung der Flächen in dieser Kategorie kann auf Basis der vorgesehenen Bebauungstypen als stadtklimatisch unbedenklich eingestuft werden. Über das in Singen etablierte Maß hinausgehende Festsetzungen sind im B-Plan-Verfahren nicht zwingend erforderlich. Auf eine Detailuntersuchung im Rahmen der Umweltprüfung kann verzichtet werden.</p>	
Flächenkategorie II: Entwicklung kritisch, unter Beachtung stadtklimatischer Maßnahmen vertretbar	
	<b>Potentialflächen der Kategorie II-1</b>
<b>Definition</b>	<i>In Verbindung mit dem Klimawandel sind zwar keine wichtigen klimaökologischen Funktionen des Ausgleichsraums gefährdet, durch die Bebauung können sich aber neue weniger günstige oder ungünstige bioklimatische Situationen auf den Flächen selbst ergeben.</i>
	<b>Potentialflächen der Kategorie II-2</b>
<b>Definition</b>	<i>In Verbindung mit dem Klimawandel ergeben sich zwar keine neuen bioklimatischen Belastungssituationen auf den Flächen selbst, aber klimaökologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume sind durch die Entwicklung gefährdet.</i>
	<b>Potentialflächen der Kategorie II-3</b>
<b>Definition</b>	<i>In Verbindung mit dem Klimawandel sind klimaökologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet und es können neue weniger günstige oder ungünstige bioklimatische Situationen auf den Flächen selbst entstehen.</i>
<p>Eine Entwicklung der Flächen der Kategorien II-1, II-2 und II-3 kann auf Basis der vorgesehenen Bebauungstypen als stadtklimatisch grundsätzlich vertretbar eingestuft werden, wenn im Rahmen des B-Plan-Verfahrens optimierende Maßnahmen ergriffen werden. In den jeweiligen Umweltberichten sollte diese Einschätzung durch verbal-argumentative (Kategorien II-1 und II-2) sowie ggf. modellgestützte (Kategorie II-3) Detailanalysen verifiziert und konkretisiert werden.</p>	

Flächenkategorie III: Entwicklung aus stadtklimatischer Sicht ohne optimierende Maßnahmen nicht empfehlenswert	
	<b>Potentialflächen der Kategorie III</b>
<b>Definition</b>	<i>Alle Potentialflächen der Kategorie II, die im Bereich bestehender Kaltluftaustauschflächen liegen und von denen angenommen wird, dass sie die Durchlüftung des Stadtgebiets gefährden können.</i>
<p>Auf eine Entwicklung der Flächen dieser Kategorie sollte zum Erhalt eines gesunden Singener Stadtklimas möglichst verzichtet werden. Sollte es zu einem Aufstellungsbeschluss kommen, wird die modellgestützte Herleitung und Umsetzung von optimierenden Maßnahmen mit dem Ziel einer Nivellierung der vorhabenbezogenen Auswirkungen empfohlen, insb. im Hinblick auf die Erhaltung der für das Stadtgebiet wichtigen Funktionen der Kaltluftaustauschflächen.</p>	



## PLANUNGSHINWEISKARTEN NACHT

Als konkrete Praxishilfe wurden Planungshinweiskarten (PHK) für die Nacht- und Tagsituation erstellt. Siedlungsflächen (Wirkungsraum) wurden dort bezüglich ihrer bioklimatischen Belastung bewertet, Grünflächen (Ausgleichsraum) bezüglich ihrer Qualität, diese Belastungen zu mindern oder auszugleichen. Die Klassifizierung erfolgte sowohl für den Status quo als auch die Zukunftsrechnung 2050. Je nach Bewertung wurden den Flächen Planungshinweise zugeschrieben.

### BEWERTUNG DER BIOKLIMATISCHEN BELASTUNG

In der Nacht steht die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Fokus. Als noch angenehme Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 bis 18 Grad Celsius angegeben, während Tropennächte mit 20 Grad und darüber als besonders belastend gelten.

Basierend auf der nächtlichen Überwärmung teilt die PHK die bioklimatische Belastung der Siedlungsflächen in fünf Klassen von *Sehr günstig* bis *Sehr ungünstig* ein. Auch Gewerbeflächen wurden klassifiziert. Deren Belastung spielt, genau wie die des Verkehrsraums, im Vergleich zu Wohnbauflächen zumindest nachts eine untergeordnete Rolle.

In der PHK steht die stadtklimatische Bedeutung von Grünflächen und deren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen im Mittelpunkt. Kaltluft, die während einer Strahlungsnacht über Grünflächen entsteht, ist nur dann von planerischer Relevanz, wenn die Flächen mit einem entsprechenden Wirkungsraum verbunden sind, der von ihren Ausgleichsleistungen profitieren kann.

Die Grünflächen wurden für die Tag- und Nacht-Situation getrennt bewertet und in vier Stufen von *Geringe* bis *Sehr hohe bioklimatische Bedeutung* eingeteilt. Flächen, die für den derzeitigen Siedlungsraum keinen Ausgleichsraum darstellen, wurden gering bewertet. Im Falle zusätzlicher Bebauung dieser Flächen kann sich deren Funktion ändern und muss neu bewertet werden.

Für die Bewertung von Grünflächen in der Nacht sind der Kaltlufthaushalt und die Menge der über einer Fläche strömenden Kaltluft entscheidend. Sogenannte **Klimaaustauschflächen** sind in diesem Zusammenhang von höchster Bedeutung. Zusätzlich wurde die Entfernung zu belasteten Wohnsiedlungsräumen berücksichtigt. Im Szenario 2050 steigt die klimatische Belastung im Siedlungsraum, was die Bedeutung der Grünflächen als Ausgleichsraum noch zunehmen lässt.

### ERGEBNISSE DER PLANUNGSHINWEISKARTE NACHT

Flächen mit einer *Sehr ungünstigen bioklimatischen Situation* machen unter den reinen Wohnsiedlungen in Singen nur einen geringen Anteil von 0,6% aus und treten im Zentrum der *Kernstadt* auf (Abb. 11, Abb. 13). In der daran anschließenden dichteren Bebauung ist ebenfalls eine hohe nächtliche Überwärmung vorzufinden, während sich die bioklimatische Situation mit zunehmender Entfernung zur Innenstadt tendenziell verbessert. Knapp ein Drittel der Wohnflächen weist eine *Mittlere bioklimatische Situation* auf. Zu den Rändern der *Kernstadt* und in den Ortsteilen sind vermehrt *Günstige* bis *Sehr günstige* Verhältnisse vorzufinden. Zusammen machen dies etwa 60% der Wohnflächen aus.

Der meist hohe Versiegelungsgrad und geringe Grünanteil bei den Gewerbeflächen sorgen nachts für eine starke Überwärmung, sodass etwa drei Viertel der Gewerbeflächen eine mindestens *Ungünstige* und nur knapp über 10% eine *Günstige bioklimatische Situation* oder besser aufweisen. Zwar steht nachts die Belastung in Wohngebieten im Vordergrund, doch sollten Gewerbeflächen mit hoher Belastung nicht außer Acht gelassen werden, wenn sie einen räumlichen Bezug zu Wohnbebauungen aufweisen.

Im Zukunftsszenario 2050 steigt die bioklimatische Belastung im gesamten Siedlungsraum. Unter den Wohnflächen steigt der Anteil *Sehr ungünstiger* Verhältnisse auf 6%, die weite Teile des Zentrums in der *Kernstadt* einnehmen. Mindestens *Günstige* Bedingungen sind nur

noch vereinzelt in der *Kernstadt* zu finden, deren Ränder genau wie die Ortsteile künftig von einer *Mittleren bioklimatischen Situation* geprägt sind. Ähnliche Trends gelten für den Verkehrsraum und Gewerbeflächen.

Den Grünflächen im Stadtgebiet kommt nur zu etwas mehr als einem Fünftel eine *Hohe bis Sehr hohe bioklimatische Bedeutung* zuteil. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass knapp 80% eine maximal *Mittlere* Bewertung aufweisen (Abb. 12). Dieser vergleichsweise geringe Anteil bedeutender Grünflächen liegt darin begründet, dass im Stadtgebiet viele siedlungsferne Flächen liegen, die (teilweise auch reliefbedingt) keine Durchlüftungsfunktion für bestehende Siedlungsgebiete einnehmen. Die Zahlen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die meisten innerstädtischen bzw. stadtnahen Grünflächen der *Kernstadt* eine mindestens *Hohe bioklimatische Bedeutung* besitzen und im Hinblick auf eine Erhaltung des Singener Stadtklimas eine wichtige Rolle spielen.

Im Szenario 2050 „wächst“ der Bedarf neuer Ausgleichsräume bzw. die Bedeutung bestehender Grünflächen. Entsprechend erhöht sich der Anteil an Grünflächen mindestens *Hoher bioklimatischen Bedeutung* auf etwa 30%.



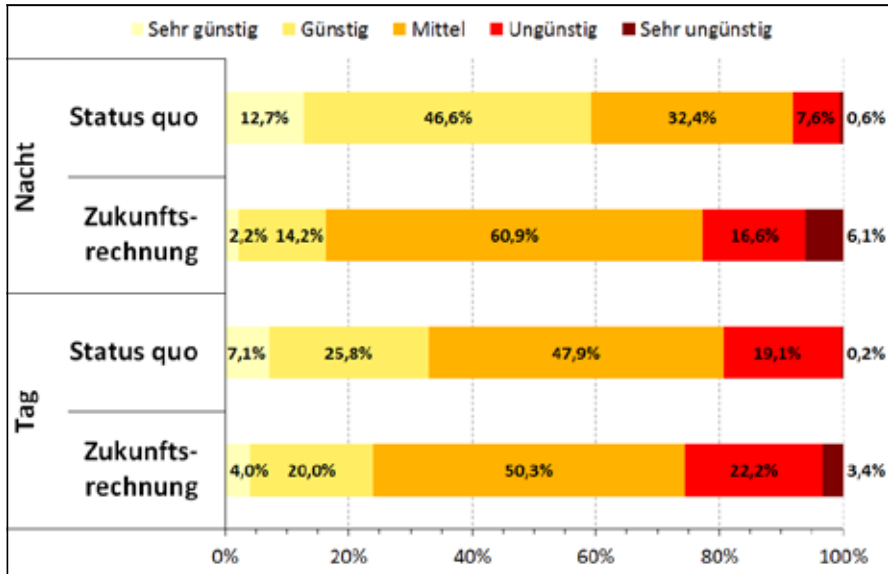


Abb. 11: Flächenanteile der bioklimatischen Situation von Wohngebieten in der Nacht und am Tage

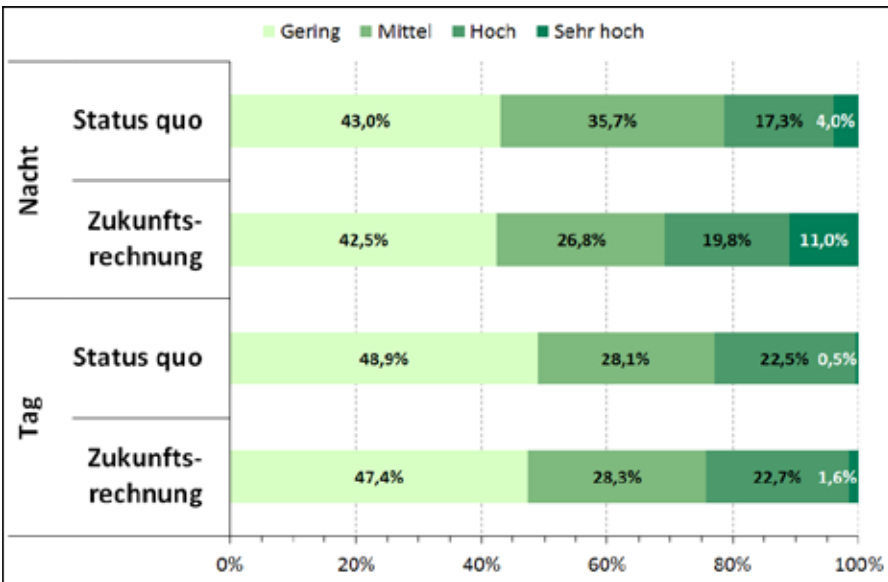


Abb. 12: Flächenanteile der bioklimatischen Bedeutung von Grün- und Freiflächen in der Nacht und am Tage

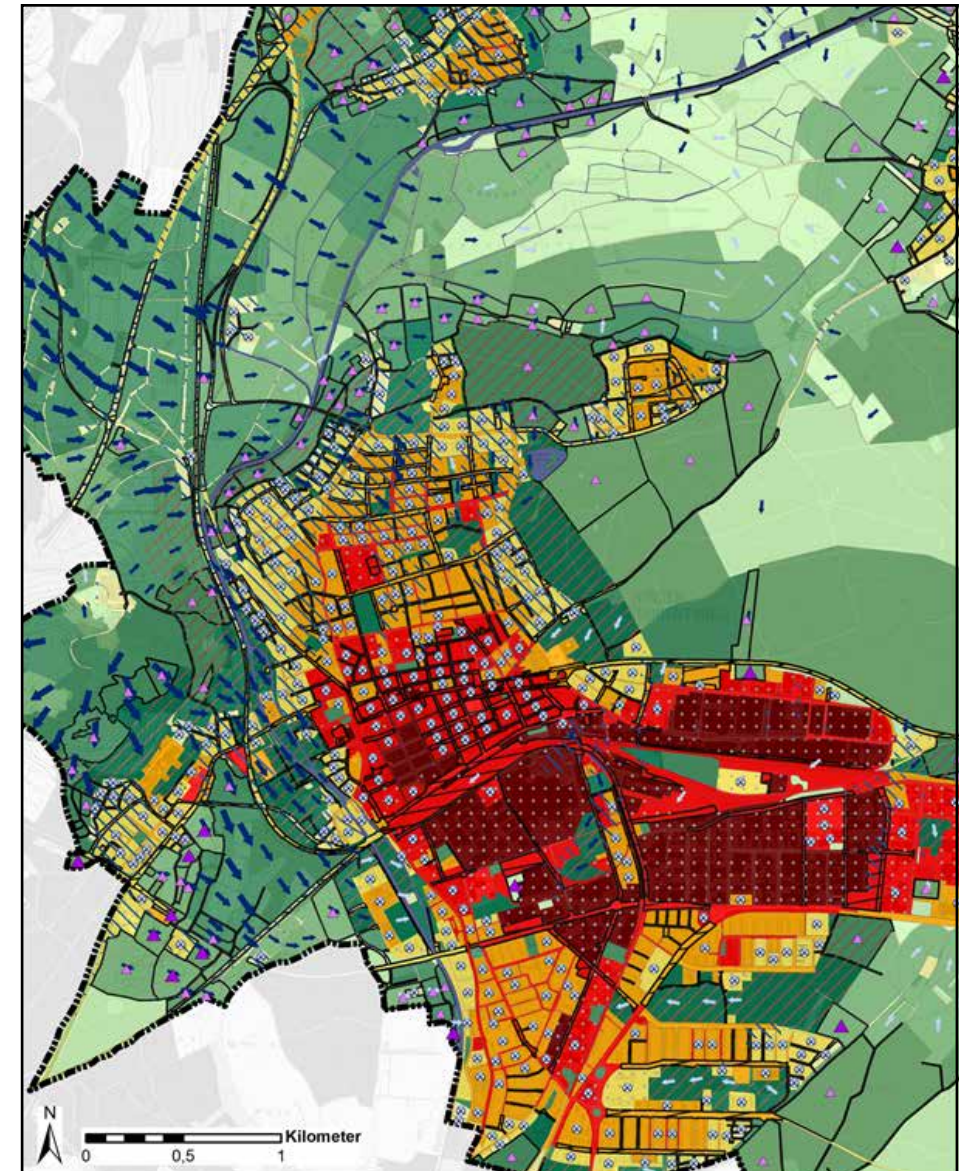


Abb. 13: Planungshinweiskarte Nachtsituation für einen Ausschnitt der Kernstadt Singen mit verkürzter Legende

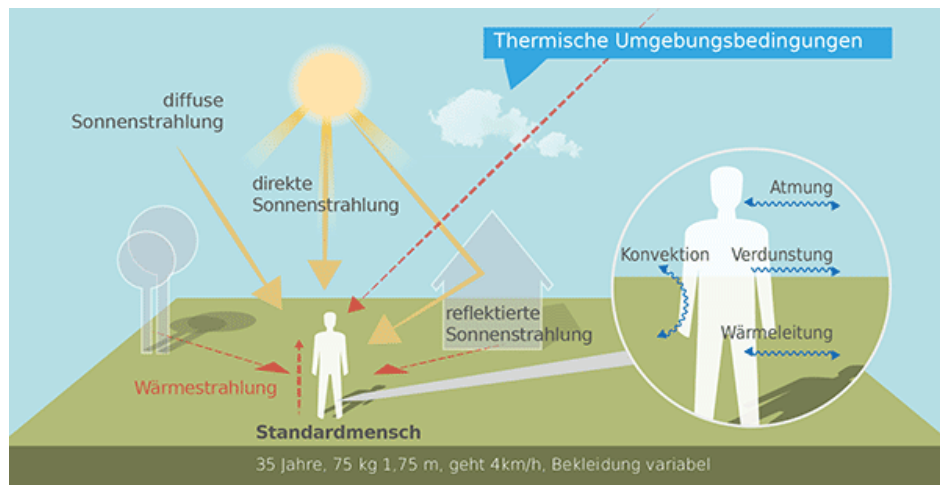
# PLANUNGSHINWEISKARTEN TAG

Die Bewertung des Stadtklimas am Tag ist ein Maß für die Aufenthaltsqualität außerhalb von Gebäuden. Die thermische Belastung im Außenraum übt einen gewissen Einfluss auf die Situation innerhalb der Gebäude aus. Jedoch hängt das Innenraumklima von vielen weiteren Faktoren ab und kann hier nicht gesondert bestimmt werden.

## BEWERTUNG DER BIOKLIMATISCHEN BELASTUNG

Die Bewertung der Tagsituation erfolgte durch den bioklimatischen Index PET („gefühlte Temperatur“) und bezieht sich auf das Belastungsniveau um 14 Uhr. Auch die Aufenthaltsqualität im Straßenraum ist am Tage von Bedeutung, sodass für diesen eine Bewertung in denselben fünf Belastungsklassen vorgenommen wurde (*Sehr günstig* bis *Sehr ungünstig*). Da in der mesoskaligen Modellrechnung Gebäude nicht einzeln aufgelöst werden konnten, sie durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität im Straßenraum genauso wie Bäume maßgeblich beeinflussen, wurden die PET-Belastungsklassen mit Informationen zur Verschattung verknüpft.

Die Ausgleichswirkung der Grünflächen für den Tag ist hauptsächlich von ihrer Entfernung zu belasteten Siedlungs- und Gewerberäumen. Im Unterschied zur Nachtsituation ist am Tag auch die Aufenthaltsqualität im Umfeld von Gewerbeflächen relevant, um den Beschäftigten Rückzugsorte zu bieten.



Einflussfaktoren für den Bewertungsindex PET (nach VDI 2004)

## ERGEBNISSE DER PLANUNGSHINWEISKARTE TAG

Auch am Tage sind deutliche Unterschiede zwischen der Aufenthaltsqualität im Freien und in Wohnsiedlungsflächen und Gewerbegebieten zu erkennen. Wohngebiete zeigen mehrheitlich eine *Mittlere bioklimatische Belastung* (48%) und der Anteil (*Sehr*) *Günstiger* überwiegt gegenüber *Ungünstigen* Flächen (vgl. Abb. 11). Dies liegt daran, dass die meisten Wohngebiete Grünflächen mit schattenspendender Vegetation aufweisen und auch enger stehende und höhere Gebäude für Schatten sorgen. Gewerbeflächen sind dagegen oftmals stark versiegelt, mit in der Regel wenig Grünflächen und eher niedrigeren Gebäuden, sodass die Einstrahlung und die thermische Belastung am Tage höher ist. Straßen, Wege und Plätze weisen aufgrund ihrer nahezu vollständigen Versiegelung insgesamt die höchsten thermischen Belastungen auf. Im Zukunftsszenario 2050 ist ein zunehmender Flächenanteil höherer Belastungsklassen zu verzeichnen, wobei die Zunahmen moderat ausfallen, da die Änderung der Strahlungstemperatur (als maßgeblich die bioklimatische Belastung steuernde Größe) durch den Klimawandel verglichen mit anderen Parametern wie der nächtlichen Lufttemperatur relativ gering ausfällt.

Knapp 23% der Grünflächen in Singen haben eine *Hohe Bedeutung*, bieten also an Sommertagen eine relativ hohe Aufenthaltsqualität. Sie eignen sich als (erreichbare) Rückzugsorte für die Stadtbevölkerung (vgl. Abb. 12). Die Grünflächen mit *Sehr hoher Bedeutung* umfassen nur einen geringen Flächenanteil (0,5%). Dies liegt daran, dass es sich dabei allein um innerstädtische Grün- und Parkanlagen handelt (z.B. *Alter Friedhof* an der *Anton-Bruckner-Straße*, Grünflächen um den *Mühlkanal*), die von der Flächengröße gegenüber den weitläufigen Wald- und landwirtschaftlich genutzten Flächen im Umland sehr gering ausfallen. Gleichzeitig verdeutlichen die Zahlen, dass nicht nur der Erhalt dieser Grünflächen hoher Aufenthaltsqualität geboten ist, sondern zusätzliche städtische Grünflächen angestrebt werden sollten. Die großflächigen Acker- und Wiesenareale im Singener Stadtgebiet erlauben aufgrund der meist ungehinderten Einstrahlung (unabhängig von der ohnehin fehlenden Zugänglichkeit) keinen Rückzug und sorgen für den hohen Anteil an Grünflächen *Geringer Bedeutung* sowohl im Status quo als auch im Zukunftsszenario.



# MODELL- GEBIETE

Zur fachlichen Begleitung des KLIMOPASS-Projekts wurden unter Federführung der DUH Umweltschutz-Service GmbH mit einem Fachbeirat aus Wissenschaft und Praxis drei halbtägige Workshops durchgeführt. Aufgabe des Beirates war es, die Projektverantwortlichen in Singen bei der Entwicklung von Maßnahmen im Spannungsfeld zwischen Klimakomfort und Nachverdichtung zu beraten und aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxiserfahrungen aus anderen Städten einzubinden (s. Anhang).

Im Rahmen der drei Workshops wurde das geplante Vorgehen der durch GEO-NET durchgeführten Klimaanalyse und im weiteren Verlauf deren Ergebnisse vorgestellt, diskutiert und überprüft. Auf dieser Basis wurden mit dem Bruderhof und der Knöpfleswies zwei Modellgebiete festgelegt, in denen exemplarisch die Auswirkungen von Nachverdichtung sowie Anpassungsmaßnahmen untersucht werden sollen.

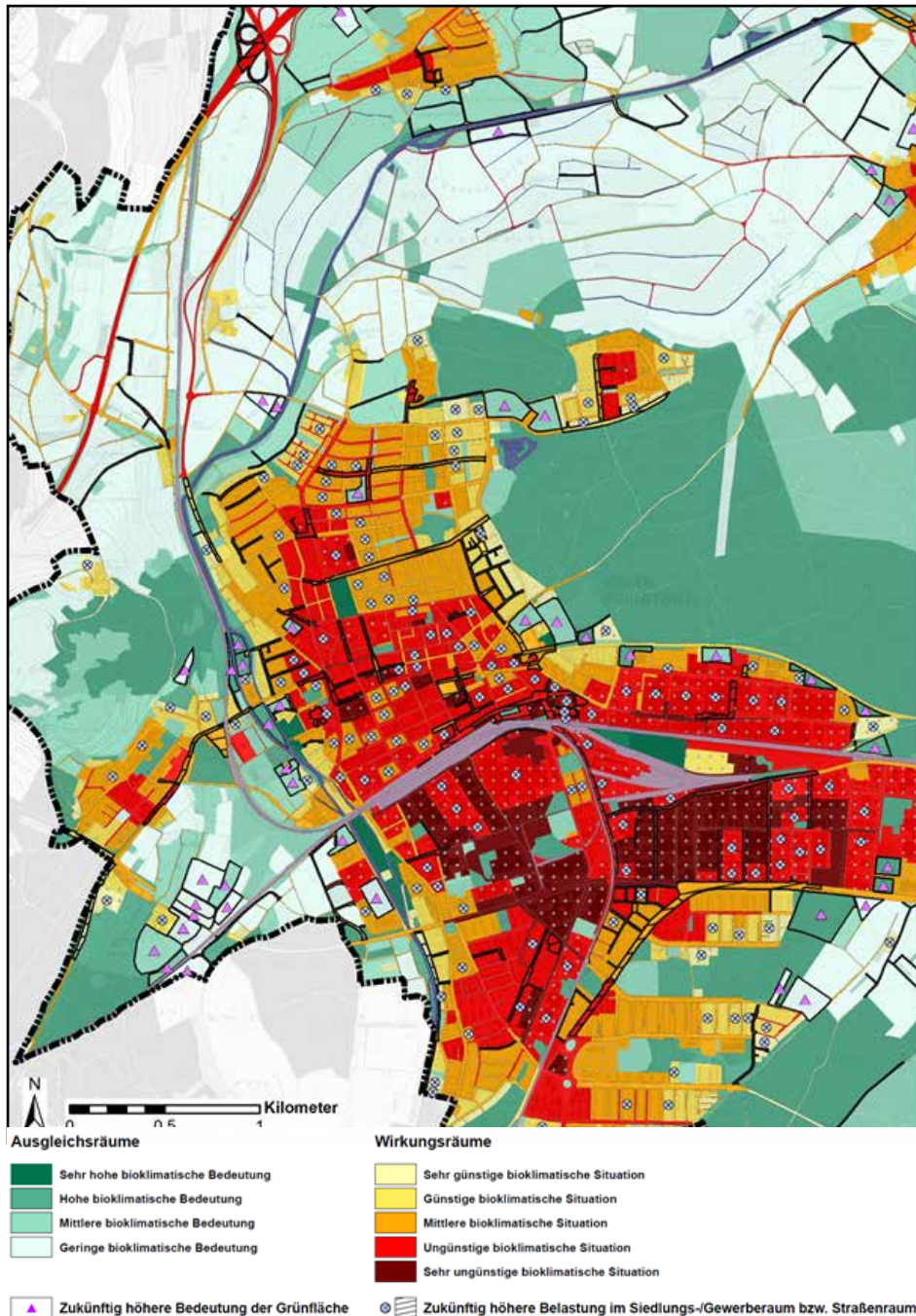


Abb. 15: Planungshinweiskarte Tagsituation für einen Ausschnitt der Kernstadt Singen mit verkürzter Legende



### Legende

- Aufstockung Mehrfamilienhäuser
- Aufstockung Einfamilienhäuser
- Nachverdichtung/ Neubaumöglichkeiten
- Nahversorgungsangebote
- Fahrradstraße
- Umgestaltung Fußwege
- Promenade
- Garagen begrünen
- Straßenbegrün
- Wald
- Aufwertung/ Erntegeldung Schulumitte
- Platzgestaltung/ Fußgängermittpunkt Bruderhof
- Aufwertung Grünfläche
- Aufwertung Ziegelmehrer
- möglicher Standort Kita

## Modellgebiete

Für die beiden Modellgebiete wurden folgende Untersuchungen vom Fachbeirat empfohlen:

- ✘ Quartier **Bruderhof**: exemplarische klimatologische Bewertung der von der Baugesellschaft Hegau vorgelegte Nachverdichtungsplanung für einzelne Gebäude und Formulierung von Maßnahmenempfehlungen und Einspeisung in den politischen Entscheidungsprozess.
- ✘ Für das Areal **Knöpfleswies** organisatorische und inhaltliche Erarbeitung von Details für ein eventuelles Wettbewerbsverfahren, dessen Struktur auf andere Gebiete übertragen werden kann.

An dieser Stelle werden die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen vorgestellt, nähere Details und methodische Aspekte sind dem frei verfügbaren Abschlussbericht zu entnehmen (<https://www.in-singen.de/Klimaanalyse.812.html>).

## MODELLGEBIET BRUDERHOF

Im Bruderhofgebiet in Singen wurden die klimatischen Auswirkungen einer potentiellen Nachverdichtung einer bisherigen Zeilenbebauung im Bereich **Schauinslandstraße** modelltechnisch untersucht und Möglichkeiten zur stadtklimatischen Optimierung gezeigt.

Mit Umsetzung der geplanten Bebauung erhöht sich die nächtliche Lufttemperatur im direkten Umfeld des neuen Gebäuderiegels, wobei die Intensität mit steigender Entfernung abnimmt und im Wesentlichen auf das Maßnahmengbiet beschränkt bleibt. Durch die Anwendung geeigneter Grünmaßnahmen können die Auswirkungen deutlich gemildert werden.

Bodennah ergeben sich durch die Bebauung nur geringe Auswirkungen auf das Strömungsfeld. In 10 Meter über Grund sind großflächigere Effekte erkennbar, die auch die Strömung über umliegenden Siedlungsflächen beeinflussen, jedoch in ihrer Intensität gering bleiben. Beachtet werden muss, dass die Hinderniswirkung des Neubaus auch bei anderen Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten zum Tragen kommt und das Windfeld verändert.

Während die Auswirkungen der angedachten Bebauung auf die Wärmebelastung am Tage bodennah relativ gering ausfallen, ist im Vertikalprofil eine Zunahme der Lufttemperatur in der Höhe zu erkennen, was sich auf die Wohnsituation in den höheren Etagen der direkt angrenzenden Bestandsgebäude auswirken kann. Durch die vorgeschlagenen Grünmaßnahmen kann die Wärmebelastung am Tage

sowohl auf Bodenniveau als auch in der Höhe gesenkt und somit die negativen Effekte der Bebauung kompensiert werden.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass die geplante Nachverdichtung trotz der negativen Auswirkungen auf die bestehende Zeilenbebauung aus stadtklimatischer Sicht vertretbar erscheint, da es sich um kleinräumige Effekte handelt und eine geringe Vorbelastung besteht. Doch gerade um dieses vergleichsweise günstige Bioklima nicht zu gefährden, werden ergänzende Grünmaßnahmen zur stadtklimatischen Optimierung dringend angeraten:

- ✘ Die größten Effekte bezüglich der Reduktion der Wärmebelastung am Tage bestehen bei der Verschattung durch Bäume, doch auch Fassaden- und Dachbegrünung sind (gerade für höhere Luftschichten) von Bedeutung.
- ✘ Auch in der Nacht sind positive Effekte durch die Grünmaßnahmen erkennbar, deren Wirkung generell dann am stärksten ist, wenn sie kombiniert werden.
- ✘ Insgesamt können die Auswirkungen kleinräumiger Bebauung – sofern sie außerhalb von bedeutenden Klimaaustauschflächen geschieht – durch geeignete Grünmaßnahmen gemildert bzw. ausgeglichen werden.



## MODELLGEBIET KNÖPFLESWIES

Das derzeit durch Kleingärten genutzte Areal *Knöpfleswies* wird als mögliche Wohnbaufläche in Betracht gezogen. Für das Gebiet wurden exemplarische Kriterien entwickelt, die als allgemeingültige Anforderungen für eine stadtklimatisch qualitätsvolle Entwicklung zu verstehen sind. Zur Diskussion stehende Planungsentwürfe können anhand dieser Kriterien explizit auf ihre Klimaverträglichkeit überprüft und bewertet werden. Dabei müssen gebietsspezifische Besonderheiten zusätzlich in die Bewertung mit einfließen. Auf diese Weise kann der Aspekt des klimaverträglichen Bauens belastbarer in den Entwicklungs-/Planungs- und Abwägungsprozess eingebunden werden.

Die stadtklimatischen Vorgaben gelten für drei Handlungsfelder und umfassen neben der Berücksichtigung baulicher Anforderungen (Handlungsfeld *Gebäude*) und der übergeordneten *Erschließung*, auch ergänzende Grünmaßnahmen (*Freiflächen*), zu denen aus stadtklimatischer Sicht dringend geraten wird. Für den Planungsprozess wurden

1. stadtklimatische Vorgaben definiert, deren Einhaltung dringend empfohlen wird, da sie im Planungsgebiet nicht unmittelbar kompensiert werden können, darunter u.a.
- Gebäudeanordnung an das Strömungsfeld ausrichten

- Zentrale Grünfläche gestalten und Grünachsen zwischen der Bebauung einhalten
- Dachbegrünung auf den Mehrfamilienhäusern
2. stadtklimatische Vorgaben definiert, deren Einhaltung empfohlen wird bzw. die bei Nichtbeachtung über andere Maßnahmen kompensiert werden sollten, darunter z.B.
- Bebauungsdichte und Typologie an Klimafunktion der Teilflächen anpassen
- Fassadenbegrünung an den Süd- und Südwestfassaden der Mehrfamilienhäuser
3. Zusatzkriterien definiert, die sich nicht auf stadtklimatische Anforderungen beziehen, jedoch im Hinblick auf die angestrebte Anpassung an den Klimawandel umgesetzt werden sollten, z.B.
- Nutzbare Dachlandschaften auf den Mehrfamilienhäusern
- (Niederschlags-)Wassermanagement

# ZUSAMMENFASSUNGEN

Der Klimawandel ist auch in Singen angekommen. Hitzebelastungen der Wohn- und Arbeitsbevölkerung sind kein ausschließliches Thema der Metropolen, sondern sie machen sich auch in kleinen Städten wie Singen bemerkbar, wo ein hoher Versiegelungsgrad und eine unzureichende Ausstattung mit Grünräumen die Temperaturen steigen lassen.

Vor diesem Hintergrund sind Bauvorhaben, ob Wohn- oder Gewerbegebäude, dort wo sie nicht gänzlich ausgeschlossen werden sollten, mit besonderer Fürsorge auszugestalten. Nachverdichtung ja, aber mit einer klaren Akzentuierung auf Klimaausgleich und Stadtgrün. Das dazu nötige Instrumentarium muss nicht neu erfunden werden: Kühlende Materialien, reflektierende Oberflächen, wasserversickernde Grünflächen, Bäume, Fassaden- und Dachbegrünungen und die auf Vorsorge angelegten Maßnahmen des Klimaschutzes wie Verkehrsvermeidung und Energieeffizienz eröffnen ausreichend Spielräume, dem Klimawandel in Singen zu begegnen.

## EMPFEHLUNGEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Weite Teile des Stadtgebiets werden über die aufgezeigten Klimaaustrauschflächen oder kleinräumige Ausgleichsflächen durchströmt, doch nimmt die Durchlüftung in Richtung des Stadtzentrums ab. Eine ausreichende Belüftung kann nicht nur die thermische Belastung mildern, sondern sich auch positiv auf die in diesem Gutachten nicht näher betrachtete Luftqualität auswirken. Entsprechend sollte die Erhaltung und Verbesserung der Durchlüftung durch geeignete Maßnahmen im Fokus stehen und etwa auf die Bebauung der Klimaaustrauschflächen verzichtet werden. Die Betrachtung des zukünftigen Szenarios für das Jahr 2050 verstärkt diese Empfehlungen, da die Belastung flächendeckend zunehmen und gerade im Siedlungsraum zu ungünstigeren bioklimatischen Verhältnissen führen wird.

Die Aufteilung in getrennte Planungshinweiskarten für die Nacht- und Tagsituation hat den Vorteil, dass einzelne Flächen separat bewertet und mögliche Maßnahmen entsprechend zugeordnet werden können. Einige Flächen nehmen für beide Zeitpunkte dieselben Tendenzen an – beispielsweise sind innerstädtische Parkareale sowohl in der Nacht als auch am Tage positiv zu sehen, Gewerbefläche dagegen jeweils eher ungünstig einzustufen. Andere Flächen sind zu beiden Zeitpunkten unterschiedlich bewertet. So steht die günstige Wirkung von unversiegelten Freiflächen in der Nacht (Abkühlung, Durchströmbarekeit) einer meist geringen Aufenthaltsqualität am Tage gegenüber. Bei Planungsvorhaben sollten daher die Auswirkungen sowohl auf die Nacht als auch den Tag beachtet werden.

### STADTKLIMATISCHER MASSNAHMEN

Bei Nachverdichtungen im Stadtgebiet sollten die Belange klimaangepassten Bauens berücksichtigt werden, vor allem eine gute Durchlüftung. In der Regel stellt die **vertikale Nachverdichtung** dabei die aus stadtklimatischer Sicht weniger belastende Lösung dar, wobei die genaue Ausgestaltung jeweils im Einzelfall geprüft werden muss.

**Um Nachverdichtung möglichst klimaverträglich zu gestalten ist zur sogenannten doppelten Innenentwicklung zu raten. Dabei geht es darum, Flächenreserven im Siedlungsraum nicht nur baulich, sondern auch mit Blick auf urbanes Grün und Blau zu entwickeln (Verschattung durch Bäume, Entsiegelung, Dach- und Fassadenbegrünung, Wasserflächen). Die doppelte Innenentwicklung verlangt eine integrierte Betrachtung von Aspekten des Städtebaus, der Freiraumplanung und des Naturschutzes. Flächen und Gebäude ergänzen sich so in ihren jeweiligen Funktionen mit dem Ergebnis einer qualitätsvolleren Stadtentwicklung.**

Aus den Ergebnissen der Detailuntersuchung zur angedachten Bebauung im Modellgebiet *Bruderhof* lässt sich schlussfolgern, dass die Auswirkungen kleinräumiger Bebauung (sofern sie außerhalb wichtiger Kaltluftaustauschflächen geschieht) durch geeignete Grünmaß-

nahmen gemildert bzw. ausgeglichen werden können – eine im Hinblick auf ähnliche Bauvorhaben wichtige Erkenntnis, die den Grundsatz der *doppelten Innenentwicklung* stützt.

➤ **Nachverdichtung kann durch geeignete Grünmaßnahmen klimaverträglich gestaltet werden**

Die Maßnahmen bewirken eine Reduktion der Wärmebelastung am Tage, doch auch in der Nacht sind positive Effekte erkennbar, deren Wirkung am stärksten ist, wenn die Maßnahmen kombiniert werden.

➤ **Werden Maßnahmen zur Grünoptimierung kombiniert, verstärken sich die positiven stadtklimatischen Effekte der einzelnen Maßnahmen**

# Anhang

## GLOSSAR

**Autochthone Wetterlage:** Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Strahlung gekennzeichnet ist. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt bestimmt, sodass sich lokale Klimate wie das Stadtklima bzw. lokale Windsysteme wie z.B. Berg- und Talwinde am stärksten ausprägen können.

**Flurwind:** Thermisch bedingte, relativ schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Flurwinde strömen vor allem in den Abend- und Nachtstunden schubweise in Richtung der Überwärmungsbereiche (meist Innenstadt oder Stadtteilzentrum).

**Kaltluft:** Luftmasse, die im Vergleich zu ihrer Umgebung bzw. zur Obergrenze der entsprechenden Bodeninversion eine geringere Temperatur aufweist und sich als Ergebnis des nächtlichen Abkühlungsprozesses der bodennahen Atmosphäre ergibt. Der ausstrahlungsbedingte Abkühlungsprozess ist umso stärker, je geringer die Wärmekapazität des Untergrundes ist, und über Wiesen, Acker- und Brachflächen am höchsten.

**Klimaanalysekarte:** Analytische Darstellung der Klimaauswirkungen und Effekte in der Nacht im Stadtgebiet und dem näheren Umland (Kaltluftprozessgeschehen, Überwärmung der Siedlungsgebiete).

**PET** (Physiologisch äquivalente Temperatur): Humanbioklimatischer Index zur Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird.

**Planungshinweiskarte:** Bewertung der bioklimatischen Belastung in Siedlungs- und Gewerbeflächen im Stadtgebiet (Wirkungsräume) sowie der Bedeutung von Grünflächen als Ausgleichsräume für die Tag- und die Nachtsituation und Ableitung von allgemeinen Planungshinweisen.

**Städtische Wärmeinsel (*Urban Heat Island*):** Städte weisen im Vergleich zum weitgehend natürlichen, unbebauten Umland aufgrund des anthropogenen Einflusses (u.a. hoher Versiegelungs- und geringer Vegetationsgrad, Beeinträchtigung der Strömung durch höhere Rauigkeit, Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalt) ein modifiziertes Klima auf, das zu höheren Temperaturen führt. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel (auch Stadtklimaeffekt) bezeichnet.

**Strahlungsnacht:** Eine Strahlungswetterlage entspricht einer → autochthonen Wetterlage.



## ZUSAMMENSETZUNG DES PROJEKTBEIRATS

Name	Institution
Beermann-Landry, Heike	Stadt Singen, Grün & Gewässer
Bobsien, Armin	Stadt Emmendingen, Klimaschutzmanager
Burkhardt, Albrecht	Stadt Ludwigsburg, FB Stadtplanung und Vermessung
Graf, Nicole	Stadt Singen, Stadtplanung
Kaluza-Däschle, Christiane	Stadt Singen, Umweltschutzstelle
Kratz, Martin	Stadt Karlsruhe, Amt für Bauen und Stadtplanung
Löbig, Janko	GEO-NET Umweltconsulting, Hannover
Martin, Sonja	Stadt Singen, Stadtplanung
Reuter, Dr. Ulrich	Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie (i.R.)
Rosol, Adam	Stadt Singen, Stadtplanung
Schneider, Michael	Stadt Singen, Grün & Gewässer
Schultze-Graf, Elke	Stadt Singen, Vermessung/Geoinformation
Schwab, Prof. Andreas	PH Weingarten, Stadt- und Geländeklimatologie
Siemensmeyer, Bernadette	Büro 365 Grad, Überlingen
Spreter, Robert	Deutsche Umwelthilfe, Radolfzell
Stark, Prof. Dr.-Ing. Thomas	HTWG Konstanz, Fakultät Architektur und Gestaltung
Trute, Peter	GEO-NET Umweltconsulting, Hannover
Wieland, Janos	Deutsche Umwelthilfe, Radolfzell
Zipf, Markus	Stadt Singen, Klimaschutzmanager, Projektverantwortlicher

**SINGEN** 

***Stadtverwaltung Singen***  
***Umweltschutzstelle***

Hohgarten 2 (Rathaus)  
78224 Singen  
Tel. 0 77 31 / 85-316

[umweltschutz@singen.de](mailto:umweltschutz@singen.de)  
[www.singen.de](http://www.singen.de)