

KLIMOPASS – Mikroskalige Analyse der Vertiefungsgebiete



Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

März

2022



Auftraggeberin

Stadt Kornwestheim

Fachbereich Planen und Bauen
Jakob-Sigle-Platz 1
70806 Kornwestheim



Auftragnehmer

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel: (0511) 388 72-00
www.geo-net.de



März 2022



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| INHALTSVERZEICHNIS | III |
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | IV |
| GLOSSAR | V |
| 1. MIKROSKALIGE ANALYSE DER VERTIEFUNGSGEBIETE | 6 |
| 1.1 Allgemein | 6 |
| 1.2 Modellierung mit dem mikroskaligen Stadtklimamodell ASMUS | 6 |
| 1.3 Vorgehen | 7 |
| 1.4 Ergebnisse | 8 |
| 1.4.1 Vertiefungsgebiet „Innenstadt“ | 8 |
| 1.4.2 Vertiefungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ | 14 |
| 1.5 Zusammenfassung | 18 |
| QUELLENVERZEICHNIS | 19 |
| ANHANG | 20 |
| Vertiefungsgebiet „Innenstadt“ | 20 |
| Vertiefungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ | 23 |



Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: KLIMAOPTIMIERENDE MAßNAHMEN FÜR DEN INNENSTADTBEREICH DER PLANVARIANTE P1 (OBEN) UND ERGÄNZENDE MAßNAHMEN DER PLANVARIANTE P2 (UNTEN). | 10 |
| Abb. 2: DIFFERENZ DER BODENNAHEN LUFTTEMPERATUR DER PLANVARIANTE P1 (OBEN) UND DER PLANVARIANTE P2 (UNTEN) ZUM REFERENZZUSTAND IM MODELLIERUNGSGEBIET „INNENSTADT“ IN DER NACHT. | 11 |
| Abb. 3: DIFFERENZ DER PHYSIOLOGISCH ÄQUIVALENTEN TEMPERATUR (PET) DER PLANVARIANTE P1 (OBEN) UND DER PLANVARIANTE P2 (UNTEN) ZUM REFERENZZUSTAND IM MODELLIERUNGSGEBIET „INNENSTADT“ AM TAGE..... | 13 |
| Abb. 4: KLIMAOPTIMIERENDE MAßNAHMEN FÜR DAS SANIERUNGSGEBIET „SÜDL. SALAMANDER STADTPARK“ DER PLANVARIANTE P1 (LINKS) UND ERGÄNZENDE MAßNAHMEN DER PLANVARIANTE P2 (RECHTS). | 15 |
| Abb. 5: DIFFERENZ DER BODENNAHEN LUFTTEMPERATUR DER PLANVARIANTE P1 (LINKS) UND DER PLANVARIANTE P2 (RECHTS) ZUM REFERENZZUSTAND IM MODELLIERUNGSGEBIET „SÜDL. SALAMANDER STADTPARK“ IN DER NACHT..... | 16 |
| Abb. 6: DIFFERENZ DER PHYSIOLOGISCH ÄQUIVALENTEN TEMPERATUR (PET) DER PLANVARIANTE P1 (LINKS) UND DER PLANVARIANTE P2 (RECHTS) ZUM REFERENZZUSTAND IM MODELLIERUNGSGEBIET „SÜDL. SALAMANDER STADTPARK“ AM TAGE. | 17 |



Glossar

Albedo: Rückstrahlvermögen einer Oberfläche (Reflexionsgrad kurzweiliger Strahlung). Verhältnis der reflektierten zur einfallenden Lichtmenge. Die Albedo ist abhängig von der Beschaffenheit der bestrahlten Fläche sowie vom Spektralbereich der eintreffenden Strahlung.

Autochthone Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Wetterlage mit schwacher Windströmung und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist. Die meteorologische Situation in Bodennähe wird vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt und nur in geringem Maße durch die Luftmasse geprägt, sodass sich lokale Klimate wie das Stadtklima bzw. lokale Windsysteme wie z.B. Berg- und Talwinde am stärksten ausprägen können. In den Nachtstunden sind autochthone Wetterlagen durch stabile Temperaturschichtungen der bodennahen Luft gekennzeichnet. Damit wird eine vertikale Durchmischung unterbunden und eine ggf. überlagernde Höhenströmung hat keinen Einfluss mehr auf das bodennahe Strömungsfeld, das entsprechend sensibel auf Hindernisse reagiert. Tagsüber sind die Verhältnisse weniger stabil.

Bioklima: Beschreibt die direkten und indirekten Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima (= atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf die lebenden Organismen in den verschiedenen Landschaftsteilen, insbesondere auf den Menschen (Humanbioklima).

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

PET (Physiological Equivalent Temperature / 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 Siedlungsflächen im Stadtgebiet (→ *Wirkungsräume*) sowie der Bedeutung von Grünflächen als → *Ausgleichsräume* in einer gemeinsamen Karte für die Tag- und die Nachtsituation sowie Zukunftsrechnungen inklusive der 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 im Sommer zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen führt. Das Phänomen der Überwärmung kommt vor allem nachts zum Tragen und wird als Städtische Wärmeinsel bezeichnet.

Strahlungswetterlage → *Autochthone Wetterlage*

Transmissivität: Bezeichnet die Durchlässigkeit eines Mediums (hier: Belaubung von Bäumen) für Strahlung.

1. Mikroskalige Analyse der Vertiefungsgebiete

1.1 ALLGEMEIN

Aus städtebaulichen und projektbezogenen Gründen wurden die Innenstadt Kornwestheims sowie das Sanierungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ als Vertiefungsgebiete ausgewählt. Ersteres wird als in Zukunft gebietsweise als besonders wärmebelastet eingestuft. Der Handlungsbedarf in den Wohnflächen des Sanierungsgebiets ist moderat und betrifft vor allem den Straßenraum. Die mikroskalige Klimamodellierung für die Vertiefungsgebiete simuliert die Wirksamkeit mehrerer Maßnahmen zur Reduzierung der Wärmebelastung am Tage und in der Nacht innerhalb von Siedlungs- und Verkehrsflächen. Ziel ist es, die mikroklimatischen Auswirkungen verschiedener grauer und blau-grüner Siedlungs- und Straßenraumgestaltungen zu untersuchen und vergleichend zu bewerten. Dabei kommt das mikroskalige Modell ASMUS_green (**A**usbreitungs- und **S**trömungs-**M**odell für **U**rbane **S**trukturen und *Begrünung*) zum Einsatz, welches für komplexe urbane Untersuchungsgebiete mit sehr kleinen horizontalen Maschenweiten konzipiert ist. Unterschiedliche Bebauungsstrukturen können detailliert aufgelöst und ihre Auswirkungen auf das Strömungsfeld und den Wärmehaushalt im innerstädtischen Bereich simuliert werden (Gross 2012a, Gross 2012b).

In allen Fällen (Referenzzustände und Planzustände) wurde eine austauscharme Strahlungswetterlage betrachtet, bei der u.a. ein ausgeprägter Tagesgang der Strahlung und Temperatur vorliegt. Für die Modellierung wurden begrünte Flächen, wie Rasen, Fassadenbegrünung, etc. als gut mit Wasser versorgt angenommen. In einer solchen Situation kann die Wirksamkeit der Maßnahmen am besten untersucht werden. Es wurden sowohl die Lufttemperatur um 4 Uhr nachts als auch die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) um 14 Uhr simuliert.

1.2 MODELLIERUNG MIT DEM MIKROSKALIGEN STADTKLIMAMODELL ASMUS

Die Untersuchung erfolgt mit dem mikroskaligen Modell ASMUS_green (**A**usbreitungs und **S**trömungs-**M**odell für **U**rbane **S**trukturen und *Begrünung*). Dabei handelt es sich um ein numerisches Modell zur mikroskaligen Simulation der dreidimensionalen Wind- und Temperaturverteilung, sowie der thermischen Behaglichkeit innerhalb von Städten. Es gehört zu einer neueren mikroskaligen Modellgeneration und verbindet die Betrachtung der Strömung im Bereich von Gebäuden und Bäumen mit der Berechnung der Energiebilanz von begrünten und unbegrünten Oberflächen (Gross, 2012b).

Die dreidimensionale Dimensionierung, sowie die Bauphysikalischen-/ Vegetationsparameter von Gebäuden und Bäumen haben direkten Einfluss auf die Simulationsergebnisse. So können zum Beispiel der typische Blattflächenindex einer Baumart und die Dachform eines Gebäudes mit in die Strömungsberechnungen einfließen. Die Oberflächeneigenschaften von Gebäuden und Vegetation beeinflussen die simulierte Lufttemperatur unter anderem über ihre Albedo, Wärmeleiteigenschaften und vegetationspezifischen Charakteristika (z.B. Transmissivität und Verdunstungseigenschaften).

Das Modell basiert auf den üblichen meteorologischen Grundgleichungen: Navier-Stokes- und Kontinuitäts-Gleichung, 1. Hauptsatz der Thermodynamik und einer Gleichung für die spezifische Feuchte. Gebäude und



Bäume werden vom Modell explizit als dreidimensionale Körper mit impermeablem¹ beziehungsweise semi-permeablem² Gittervolumen dargestellt. Ihre Oberflächentemperaturen werden in Abhängigkeit von ihrer spezifischen Orientierung und ihren physikalischen Eigenschaften über eine Energiebilanz berechnet. ASMUS_green berechnet den kurz- und langwelligen Wärmestrom inklusive diffuser mehrfach Reflektion von Strahlung an Oberflächen und atmosphärischer Gegenstrahlung, den turbulenten fühlbaren Wärmestrom, den Wärmestrom aus der darunterliegenden Fläche (Erdboden bzw. Gebäude), sowie den turbulenten Verdunstungswärmestrom bei Bäumen und Oberflächenbegrünung. Die Verdunstung ist abhängig von der relativen Feuchte der Luft, der solaren Einstrahlung und insbesondere von dem den Pflanzen zur Verfügung stehende Bodenwassergehalt. Dieser beeinflusst den Stomatawiderstand in Abhängigkeit von der Art der Vegetation. Der Bodenwassergehalt wie auch die Bodentemperatur kann direkt vorgegeben werden oder mit einer Langzeit-Simulation mittels ASMUS_green berechnet werden.

Als Eingangsdaten benötigt ASMUS_green neben den meteorologischen und Bodenwasser-Daten Informationen über die Lage und Größe von Gebäuden, Bäumen, Straßen, begrünten und anderen Oberflächen. Ihre Albedo und Wärmeleitfähigkeit sind die wichtigsten physikalischen Eigenschaften die für eine Simulation notwendig sind. Die Simulationen werden auf einem kartesischen Gitter mit Gitterweiten von 1-10 m in der Horizontalen und 0,5-2 m in der Vertikalen in Bodennähe durchgeführt. In Abhängigkeit von der Auflösung sind Modellgebietsgrößen bis ca. 150 km² möglich.

Mit ASMUS_green können von individuellen Tageszeitausschnitten und kompletten Tagesgängen, bis hin zu mehrtägigen (extremen) Wetterlagen und statistisch interpolierten Jahreskenngrößen (z.B. meteorologische Kenntage und Hitzestressanteile) simuliert werden.

1.3 VORGEHEN

Zur Analyse der mikroklimatischen Auswirkungen durch bauliche Veränderungen sowie durch ergänzende Maßnahmen wurden zu Beginn eine Ausgangssituation (Referenzzustand) sowie zwei Planzustände der beiden Vertiefungsgebiete definiert. Die Ausgangssituation beschreibt das derzeitige Erscheinungsbild des zu betrachtenden Areals, die Planzustände beinhalten verschiedene auf das Vertiefungsgebiet angepasste Maßnahmen. Die Differenz der Ist- und Plansituationen beschreibt die Wirkung der grauen und blau-grünen Entwürfe.

Planvariante P1: Zur Ableitung konkreter Maßnahmen wurden aktuelle Planungskonzepte für verschiedene Siedlungs- und Verkehrsbereiche hinsichtlich ihrer klimatischen Wirksamkeit untersucht. Die Entscheidung, welche Räume betrachtet werden, erfolgte durch die Stadt Kornwestheim auf Basis der Entwurfskonzepte.

Planvariante P2: Hierbei handelt es sich um eine fiktive Simulation mit maximalen Ansatz (Best Practice), die eventuelle standortbedingte Einschränkungen in der Umsetzung nicht im Detail betrachtet. Sie kann als Inspirationsquelle für hitzemindernde Handlungsansätze dienen.

¹ undurchlässig

² halbdurchlässig



1.4 ERGEBNISSE

1.4.1 VERTIEFUNGSGEBIET „INNENSTADT“

Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 2 m x 2 m. Das Rechengebiet nimmt bei einer Abmessung von 500 m x 500 m insgesamt 25 ha ein. Das Modellierungsgebiet „Innenstadt“ wird im Westen durch eine Bahntrasse abgegrenzt und zeichnet sich durch vorwiegend offene Randbebauungen aus. Trotz der größtenteils offenen Struktur wird eine hohe Dichte erreicht. So sind im Inneren von Siedlungsblöcken häufig weitere Gebäude (z.B. Wohngebäude, Schuppen) vorzufinden. Größere Baukörper wie beispielsweise die Gewerbe- und Bürogebäude im Norden, sowie das Bahnhofsgebäude und das Parkhaus im Westen des Untersuchungsgebiets vervollständigen das Bild. Es sind einige Hinterhofbegrünungen vorzufinden.

Für die Kornwestheimer Innenstadt wurden in den Planbeispielen P1 und P2 folgende (s. Abb. 40) klimaoptimierende Maßnahmen beispielhaft umgesetzt:

- Gebäudeaufstockung
- Gebäuderückbau
- Fassadenbegrünung
- extensive Dachbegrünung mit Photovoltaik
- intensive Fassadenbegrünung (nur P2)
- Grüngleis
- mobiles Grün
- Beschattung durch Bäume, begrünte Pergolen, mobiles Grün und mobile Beschattungselemente
- Entsiegelungen bzw. Teilentsiegelungen
- Brunnen und oberirdischer Bachlauf (nur P2)

Mehrere Flachdächer wurden durch extensive Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen aufgewertet und in Planvariante P2 durch weitere Baukörper mit intensiver Dachbegrünung ergänzt. Die Fassadenbegrünungen befinden sich aus bautechnischen Gründen meist an der Nordseite der Gebäude oder wie bei den Dachbegrünungen in sehr großer Höhe, sodass kein nennenswerter Effekt im bodennahen Raum zu erwarten ist. Dennoch handelt es sich um geeignete Maßnahmen um das Innenraumklima in Gebäuden zu optimieren.

In Planvariante P1 werden einige Parkplätze und Stellflächen entsiegelt und durch begrünte Pergolen oder Baumpflanzungen beschattet. Auch die Straßenräume werden mit Bäumen beschattet und attraktiver gestaltet. Gebäudefassaden und Gehwege sind so in den Sommermonaten nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. In Planvariante P2 wurden diese Maßnahmen weiter ausgeführt und durch Kombination verschiedener Einzelmaßnahmen intensiviert. So wird beispielsweise die Jakobstraße zu einer einspurigen Straße mit oberirdischem Bachlauf, großflächigen Entsiegelungen sowie Baumneupflanzungen. Mobile Beschattungssysteme sowie mobiles Grün in Form von „Grünen Zimmern“ und mit Bäumen besetzten Pflanzkübeln ergänzen den umgesetzten Maßnahmenkatalog auf den öffentlichen Plätzen wie beispielsweise



dem Holzgrundplatz oder dem Bahnhofplatz. Die Bahntrasse im Westen des Modellgebiets erfährt eine Aufwertung durch Grünleise.

Bei den für die Modellrechnungen verwendeten Maßnahmen handelt es sich um Beispiele und keine real geplanten Maßnahmen. Sie dienen ausschließlich der Untersuchung ihrer Auswirkungen/Wirksamkeit im innerstädtischen Raum Kornwestheims.

NACHTSITUATION

Unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen liegt die mittlere bodennahe Lufttemperatur des Vertiefungsgebietes in der Nacht bei etwa 18,8 °C. Die Spannweite der Temperatur um 4 Uhr reicht von ca. 16,7 bis 22,6 °C. Vor allem die mit ca. 17 °C vergleichsweise kühle Bahntrasse im Westen des Areals hebt sich von den Wohnsiedlungen deutlich ab (s. Abb. A 1 im Anhang) und übernimmt für die direkt angrenzende Bebauung eine gewisse Kühlfunktion. Stark versiegelte Innen- und Hinterhöfe, sowie einzelne Straßenflächen (z.B. Friedrichstraße, Hermannstraße und Teile der Bahnhofstraße) sind mit etwa 19,5 bis 20,0 °C am wärmsten. Die großen privaten Gärten im Bereich der östlichen Karlstraße zeigen aufgrund der geringen Versiegelung und der hohen Durchgrünung, allerdings mit zum Teil dichtem Baumbestand, nächtliche Temperaturen um die 18,5 °C.

Im Differenzenplot Abb. 2 (oben), sind die Temperaturunterschiede zwischen dem Referenzzustand (gegenwärtige Situation) und dem Planzustand P1 kenntlich gemacht. Die zusätzlichen Baumpflanzungen und Verschattungselemente führen aufgrund einer verminderten thermischen Ausstrahlung in der Nacht zu einer Zunahme der bodennahen nächtlichen Temperatur von lokal bis zu 0,5 K. Insbesondere der Gebäuderückbau in der Bahnhofstraße führt zu einer Abkühlung von knapp 0,6 K in der näheren Umgebung. Aufgrund der fehlenden Referenztemperatur kann die Wirkung von Rückbaumaßnahmen auf der Fläche selbst nicht dargestellt werden. Die extensiven Dachbegrünungen auf niedrigen Gebäuden (≤ 3 m), sowie vereinzelte Entsiegelungsmaßnahmen reduzieren die nächtliche Lufttemperatur nur in geringem Maße um wenige Zehntel Grad.

Die Abb. 2 (unten) zeigt die Differenz der bodennahen Lufttemperatur in der Nacht zwischen der heutigen Situation und dem Planzustand P2. Letzterer beinhaltet die klimaoptimierenden Maßnahmen aus Planzustand P1 plus weiteren ergänzenden Maßnahmen wie beispielsweise die komplette Umgestaltung der Jakobstraße im Norden des Modellgebiets. Wie bereits im Planszenario P1 führen auch hier neue Baumpflanzungen zu einer Erhöhung der nächtlichen Lufttemperatur. Besonders auffällig ist die Temperaturzunahme im Bereich der Jakobstraße aufgrund zahlreicher neuer Baumstandorte, sowie einen an die Oberfläche geführten Bachlauf. Wasser besitzt eine hohe Wärmespeicherkapazität und gibt die am Tage aufgenommene Wärmeenergie in den Nachtstunden wieder an die kühlere Umgebungsluft ab. Die Wirkung der Baumpflanzungen und des Bachlaufes können hier nicht unabhängig voneinander bewertet werden, führen aber in ihrer Gesamtheit zu einer Erhöhung der Temperatur um bis zu 0,6 K. Zusätzliche Dachbegrünungen (insbesondere intensive Dachbegrünungen) und Fassadenbegrünungen (vor allem auf der Südseite von Baukörpern) vermögen die Temperatur lokal um bis zu 0,3 K zu senken.

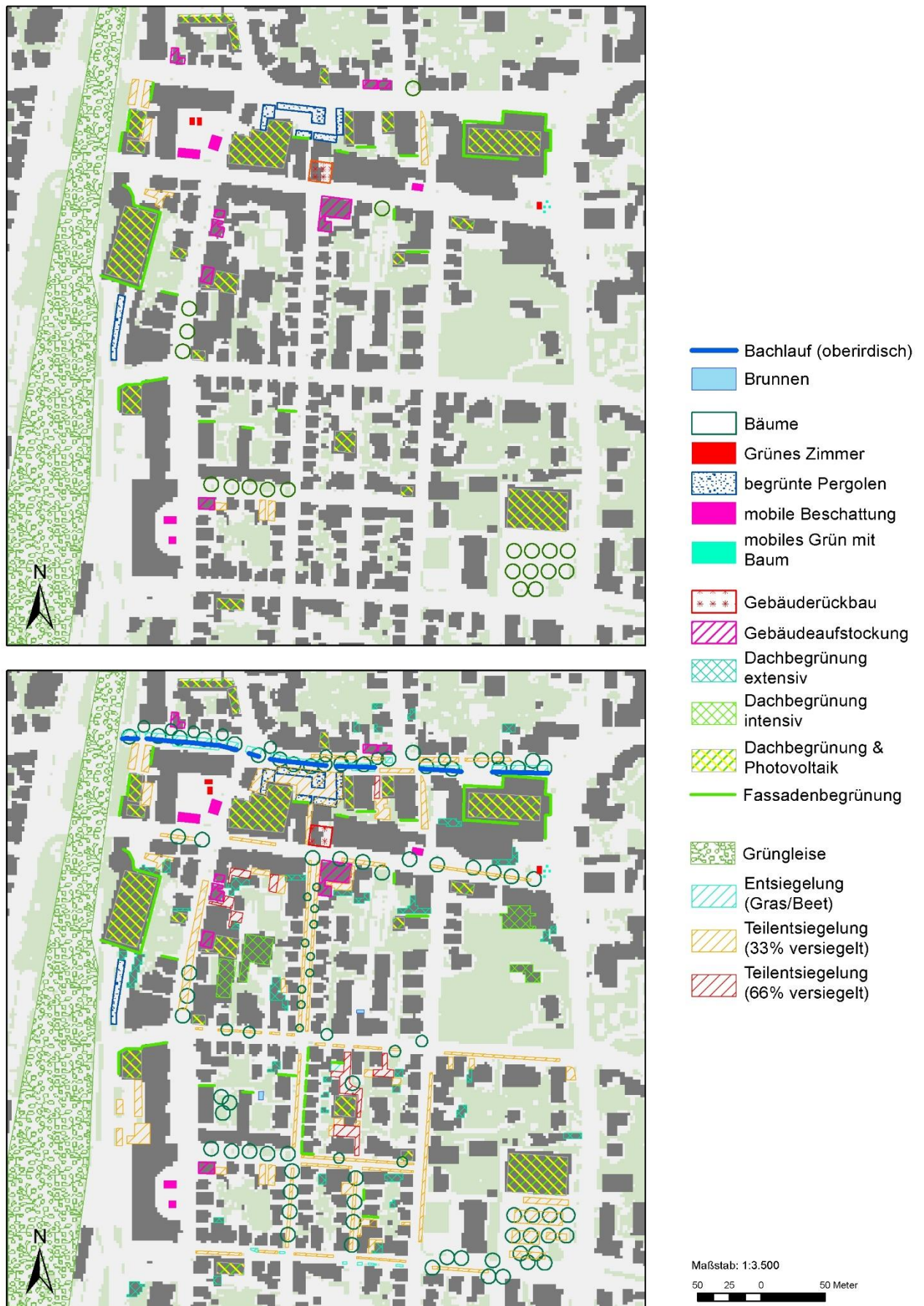


Abb. 1: Klimaoptimierende Maßnahmen für den Innenstadtbereich der Planvariante P1 (oben) und ergänzende Maßnahmen der Planvariante P2 (unten).



Abb. 2: Differenz der bodennahen Lufttemperatur der Planvariante P1 (oben) und der Planvariante P2 (unten) zum Referenzzustand im Modellierungsgebiet „Innenstadt“ in der Nacht.



Insgesamt bleibt die mittlere Lufttemperatur im Vertiefungsgebiet „Innenstadt“ unter Bezugnahme der simulierten Maßnahmen sowohl im Szenario P1 als auch P2 nahezu unverändert. Demgegenüber steht der Mehrwert der Maßnahmenwirkungen am Tage im folgenden Abschnitt.

TAGSITUATION

Auf dem 25 Hektar großen Areal treten Wärmebelastungen um 14 Uhr von schwach ($PET \leq 29^\circ\text{C}$) bis extrem ($PET > 41^\circ\text{C}$) ausgeprägt auf (Matzarakis & Mayer 1996; s. Abb. A 4 im Anhang). Die Spannweite reicht in der gegenwärtigen Situation von knapp 22,6 bis 49,6 °C. Die von Bäumen beschatteten Bereiche sind, genau wie die durch Gebäude beschatteten Flächen, die kühleren Areale innerhalb des Modellgebiets. Grundsätzlich befinden sich solche Verschattungsbereiche aufgrund des Sonnenstands um diese Uhrzeit nördlich und östlich von Gebäuden. Die stärkste Wärmebelastung tritt im Straßenraum (z. B. Jakobstraße, Karlstraße), auf dem Holzgrundplatz und innerhalb stark versiegelten, sonnenexponierten Hinterhöfen auf. Die mittlere Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) im Untersuchungsgebiet beträgt 36,4 °C.

Die Differenzenplots (siehe Abb. 3), in denen die PET-Unterschiede der beiden Planzustände (P1 und P2) zum Referenzszenario dargestellt sind, veranschaulichen die Unterschiede und die Wirkung der Maßnahmen deutlich. Am Tage erreichen die Differenzen zwischen Ist- und Planzuständen eine deutlich größere Spannweite als in der Nacht. Die meisten umgesetzten Maßnahmen im Planzustand P1 befinden sich im Norden und Westen des Vertiefungsgebiets, sodass sie vor allem in diesen Bereichen zu einer Reduktion der Hitzebelastung führen (s. Abb. 3 oben). Aufgrund von Verschattung und Verdunstung zeigen insbesondere die Baumpflanzungen und Fassadenbegrünungen eine Verbesserung der Aufenthaltsqualität durch Abkühlung. Nach Süden ausgerichtete Fassadenbegrünungen zeigen im Nahbereich eine Abkühlung um bis zu 4 K. Baumpflanzungen und begrünte Pergolen über Stellplätzen zeigen hierbei die höchste Wirksamkeit und vermögen die PET lokal um bis zu 17 K zu reduzieren. Auch die Entsiegelungsmaßnahmen von asphaltierten Flächen und insbesondere die Grünleise im Westen des Modellgebiets führen zu einem gedämpften Temperaturniveau und einer Senkung der PET um bis zu 2 K.

Besonders auffällig ist die deutliche Temperaturzunahme auf dem Grundstück an der Bahnhofsstraße um bis zu 12 K. Hier wurde als Maßnahme ein Gebäuderückbau mit anschließender Umwandlung in einen versiegelten Platz ohne zusätzliche Verschattung simuliert. Entsprechend ist die Fläche aufgrund des Verlustes der Beschattung durch das Gebäude in den Planvarianten nun der ungehinderten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Im Westen der Jakobstraße tritt eine weitere Erhöhung der PET (ca. 2 K) auf, welche auf den ersten Blick durch keine in unmittelbarer Nähe liegende Maßnahme herbeigeführt zu sein scheint. Tatsächlich ist der Grund für Temperaturänderung in einigen Metern Entfernung im Bereich des Parkplatzes auf mittlerer Höhe der Jakobstraße zu suchen. Die durch die in diesem Bereich umgesetzten Maßnahmen bedingte Abkühlung führt zu einer Abschwächung des thermisch induzierten Windfelds. Da die Physiologisch Äquivalente Temperatur neben der Lufttemperatur unter anderem auch durch Windverhältnisse beeinflusst wird, führt eine Reduktion der Windgeschwindigkeit zu einer Erhöhung der PET.

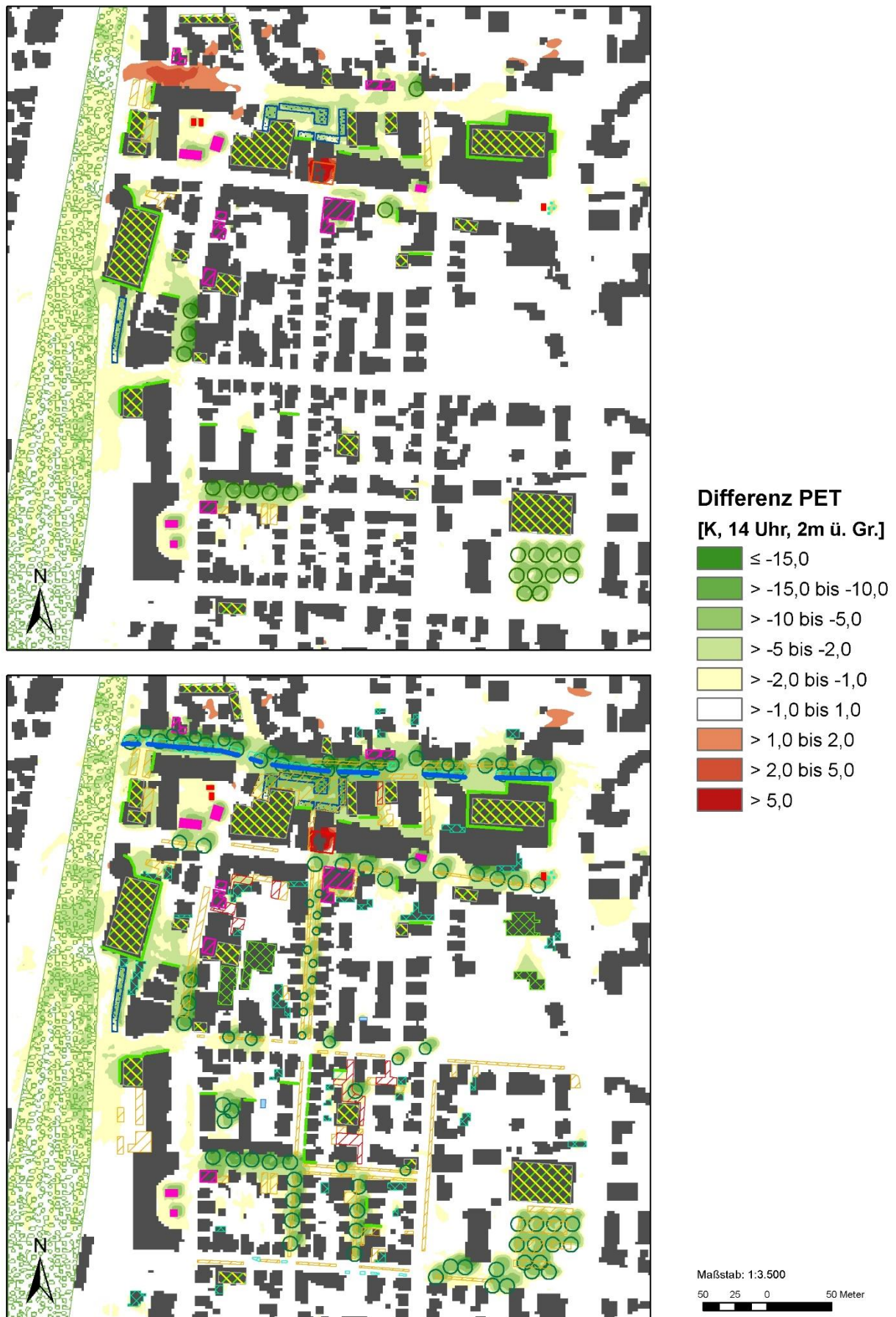


Abb. 3: Differenz der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) der Planvariante P1 (oben) und der Planvariante P2 (unten) zum Referenzzustand im Modellierungsgebiet „Innenstadt“ am Tage.



Die Betrachtung der PET-Differenzen zwischen Referenzzustand und Planzustand P2 (s. Abb. 3 unten) lässt weitere Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von blau-grünen Maßnahmen in Bezug auf die Hitzebelastung am Tage zu. So lässt sich durch die Kombination eines kleinen Fließgewässers mit Entsiegelungsmaßnahmen und Baumpflanzungen eine deutliche Reduktion der PET in der Jakobstraße erzeugen. Auch die Bahnhofstraße, Hermannstraße und Friedrichstraße profitieren von dem Maßnahmenpaket „Baumpflanzung und Teilentsiegelung“, sodass sich die Aufenthaltsqualität auch hier deutlich verbessert. Eine intensive Dachbegrünung auf niedrigen Gebäudekörpern (≤ 3 m) zeigt in diesem Szenario eine Senkung der PET um bis zu 4 K, die Fassadenbegrünungen sind hauptsächlich auf der Südseite der Baukörper wirksam.

Insgesamt lässt sich die PET im gesamten Vertiefungsgebiet „Innenstadt“ unter Bezugnahme der simulierten Maßnahmen im Mittel um 0,8 K (P1) bzw. 1,6 K (P2) senken.

1.4.2 VERTIEFUNGSGEBIET „SÜDL. SALAMANDER STADTPARK“

Das Rechengebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ umfasst mit 256 m x 300 m ein knapp 7,7 ha großes Areal im südöstlichen Stadtgebiet Kornwestheims. Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte ebenfalls mit einer Zellengröße von 2 m x 2 m. Das Vertiefungsgebiet ist gekennzeichnet durch Zeilenbebauungen in Geschosswohnungsbauweise mit einem hohen Grünanteil zwischen den Baukörpern.

Im Zuge der Planvarianten P1 und P2 wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Gebäudeaufstockung mit Dachbegrünung und Photovoltaik
- Fassadenbegrünung
- extensive Dachbegrünung
- intensive Dachbegrünung (nur P2)
- Beschattung durch Bäume und begrünte Pergolen
- Entsiegelungen bzw. Teilentsiegelungen

Die Gebäudeaufstockungen von sechs Baukörpern gehen mit einer extensiven Dachbegrünung sowie Photovoltaikanlagen einher. Eine Wirkung der in etwa 17 m Höhe verorteten Maßnahme auf den bodennahen Bereich wird nicht erwartet. Es wurden zudem weitere Flachdächer (z. B. Garagendächer) durch extensive Dachbegrünungen aufgewertet und in Planvariante P2 durch intensive Dachbegrünungen ersetzt. Bis auf zwei Ausnahmen befinden sich die Fassadenbegrünungen, wie bereits im Vertiefungsgebiet „Innenstadt“, aus bautechnischen Gründen an der Nordseite der Gebäude.

In Planvariante P1 werden einige Stellflächen entsiegelt oder durch begrünte Pergolen oder Baumpflanzungen beschattet. Die Lichtensteinstraße wird mit zusätzlichen Bäumen beschattet und attraktiver gestaltet. In Planvariante P2 werden zudem Baumpflanzungen in der Lembergstraße und Ludwig-Herr-Straße umgesetzt und mit großflächigen Entsiegelungen kombiniert.

Bei den für die Modellrechnungen verwendeten Maßnahmen handelt es sich um Beispiele und keine real geplanten Maßnahmen. Sie dienen ausschließlich der Untersuchung ihrer Auswirkungen/Wirksamkeit.

In Abb. 4 sind die in die Modellrechnungen eingeflossenen klimaoptimierenden Maßnahmen der Planvariante P1 (links) und Planvariante P2 (rechts) dargestellt.

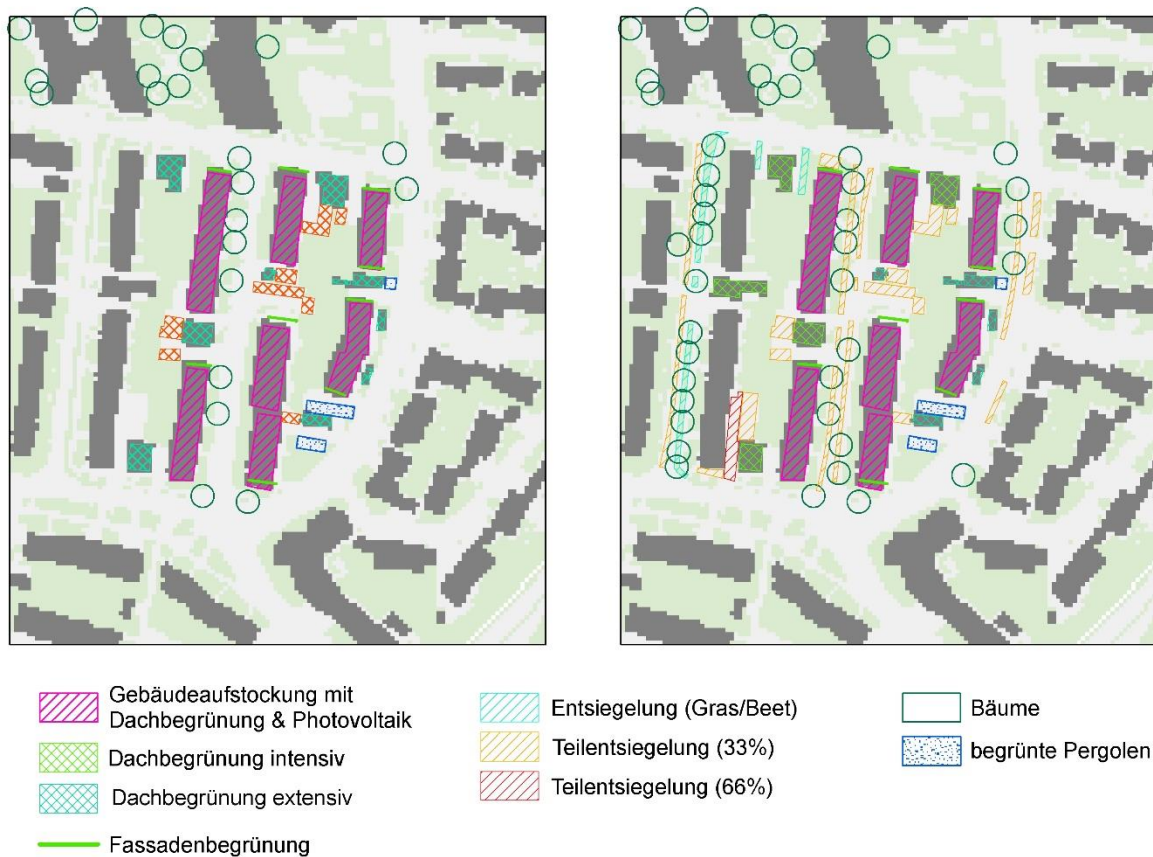


Abb. 4: Klimaoptimierende Maßnahmen für das Sanierungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ der Planvariante P1 (links) und ergänzende Maßnahmen der Planvariante P2 (rechts).

NACHTSITUATION

Die bodennahe nächtliche Lufttemperatur im gesamten Vertiefungsgebiet beträgt zwischen 18,3 und 20,7 °C (s. Abb. A 7 im Anhang). Im Randbereich des Modellgebiets, vor allem beim Jakob-Sigle-Heim, treten zum Teil Temperaturen von bis zu 24 °C auf. Dies ist auf Randeffekte bei der Modellierung zurückzuführen und wird in der Auswertung der Ergebnisse nicht berücksichtigt. Die durchschnittliche Lufttemperatur um 4 Uhr liegt bei 19,3 °C.

Die offene Struktur der Zeilenbauten mit den breiten durchgrünten Abstandsflächen lässt eine stärkere nächtliche Abkühlung zu als beispielsweise die enger beieinander stehenden und beinahe geschlossenen Reihen- und Mehrfamilienhäuser im Westen. Im bodennahen Temperaturfeld zeigt sich dies mit bis zu 1 K höheren Temperaturen.

Der Differenzenplot in Abb. 5 (links), zeigt die Temperaturunterschiede zwischen dem Referenzzustand und dem Planzustand P1. Die zusätzlichen Baumpflanzungen und begrünte Pergolen führen aufgrund der verminderten thermischen Ausstrahlung in der Nacht zu einer Zunahme der bodennahen nächtlichen Temperatur von lokal 0,1 bis 0,4 K. Die extensiven Dachbegrünungen auf den Garagendächern, sowie die Entsiegelungsmaßnahmen reduzieren die nächtliche Lufttemperatur lokal sehr begrenzt um etwa ein Zehntel Grad.

Die Veränderungen im Temperaturfeld im Bereich der Lembergstraße im Osten des Areals um die 0,1 K lassen sich auf den Einfluss der Gebäudeaufstockung und den damit verbundenen Abweichungen im Strömungsfeld zurückführen.

In Abb. 5 (rechts) ist die Differenz der bodennahen Lufttemperatur zwischen der heutigen Situation und der Planvariante P2 dargestellt. Im Vergleich zu Planvariante P1 wurden zusätzliche Baumneupflanzungen in der Lichtenstein-, sowie Lembergstraße modelliert. In der Nacht führen diese aufgrund der verminderten thermischen Ausstrahlung zu einer Zunahme der Temperatur um die 0,3 K (lokal bis zu 0,5 K). Im Gegensatz zur extensiven Begrünung der Garagendächer im Planszenario P1, zeigt die intensive Dachbegrünung mit bis zu 0,3 K eine etwas stärkere Abkühlung und zudem eine größere Reichweite.

Unter Bezugnahme der simulierten Maßnahmen in den Szenarien P1 und P2 bleibt die mittlere nächtliche Lufttemperatur im gesamten Vertiefungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ nahezu unverändert.

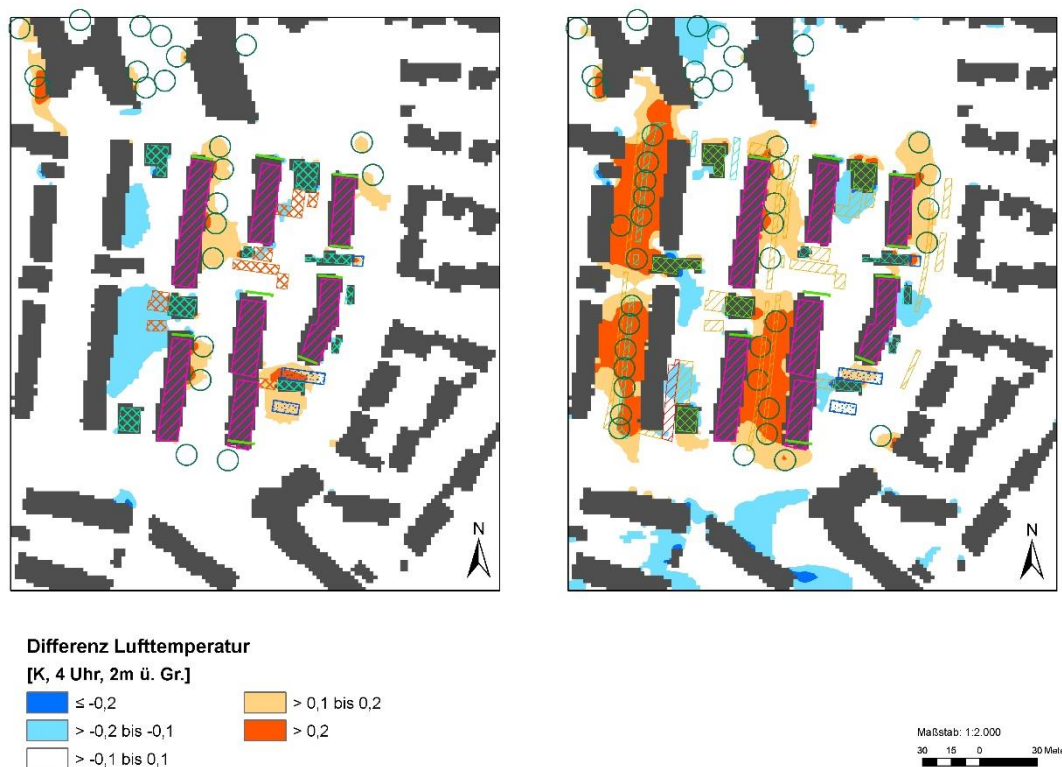


Abb. 5: Differenz der bodennahen Lufttemperatur der Planvariante P1 (links) und der Planvariante P2 (rechts) zum Referenzzustand im Modellierungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ in der Nacht.

TAGSITUATION

Aufgrund der wenigen Beschattungselemente im Straßenraum des Modellgebiets weisen die Lembergstraße, die Lichtensteinstraße und Ludwig-Herr-Straße derzeit tagsüber eine starke Wärmebelastung auf ($\geq 39^\circ\text{C}$; Abb. A 10 im Anhang). Vereinzelt private Stellplatzflächen erreichen eine PET von über 41°C (bis $47,9^\circ\text{C}$). Dies entspricht einer extremen Hitzebelastung (Matzarakis & Mayer 1996). Bedingt durch die Verdunstungs-

kühlung und Verschattung von Bäumen weist die Grünfläche südlich des Kindergartens an der Rosensteinstraße und generell der Nahbereich von Bäumen die geringste Physiologisch Äquivalente Temperatur auf. Die mittlere PET im Untersuchungsgebiet beträgt 33,7 °C.

Die Differenzenabbildungen (s. Abb. 6) in denen die PET-Unterschiede der beiden Planzustände (P1 und P2) zur Referenzsituation dargestellt sind, veranschaulichen die Wirkung der Maßnahmen. Auffällig ist die Reduktion der PET am Tage um bis zu 12 K im Bereich neuer Baumpflanzungen und begrünter Pergolen über Stellplätzen in Planvariante P1 (Abb. 6 links). Die Kombination von Baumneupflanzung und einer begrünten Südfassade zeigt die in diesem Modellgebiet die höchste Wirksamkeit mit einer Senkung der PET um knapp 18 K. Die aus bautechnischen Gründen überwiegend an der Nordseite simulierte Fassadenbegrünung zeigt Abkühlungseffekte von maximal 2 K. Die Wirksamkeit ist hier allerdings kaum scharf von anderen Maßnahmenwirkungen im unmittelbaren Umfeld abzugrenzen. Die extensive Begrünung der Garagendächer zeigt lokal Temperaturveränderungen um bis zu 5 K, während die Entsiegelungsmaßnahmen eine Dämpfung des Temperaturniveaus von knapp 1,5 K erzeugen.

Die neuen Baumstandorte in der Planvariante P2 zeigen mit etwa 13 K eine ähnliche Reduktion der PET am Tage wie im Planzustand P1 (vgl. Abb. 6 rechts). Die geringe Differenz in der Wirksamkeit beider Beschattungsmaßnahmen lässt sich auf die zusätzliche Entsiegelung und dem dichteren Baumbestand im Planszenario P2 zurückführen. Bis auf eine marginal höhere Reichweite lässt sich im Modellgebiet kaum ein Unterschied zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung ausmachen.

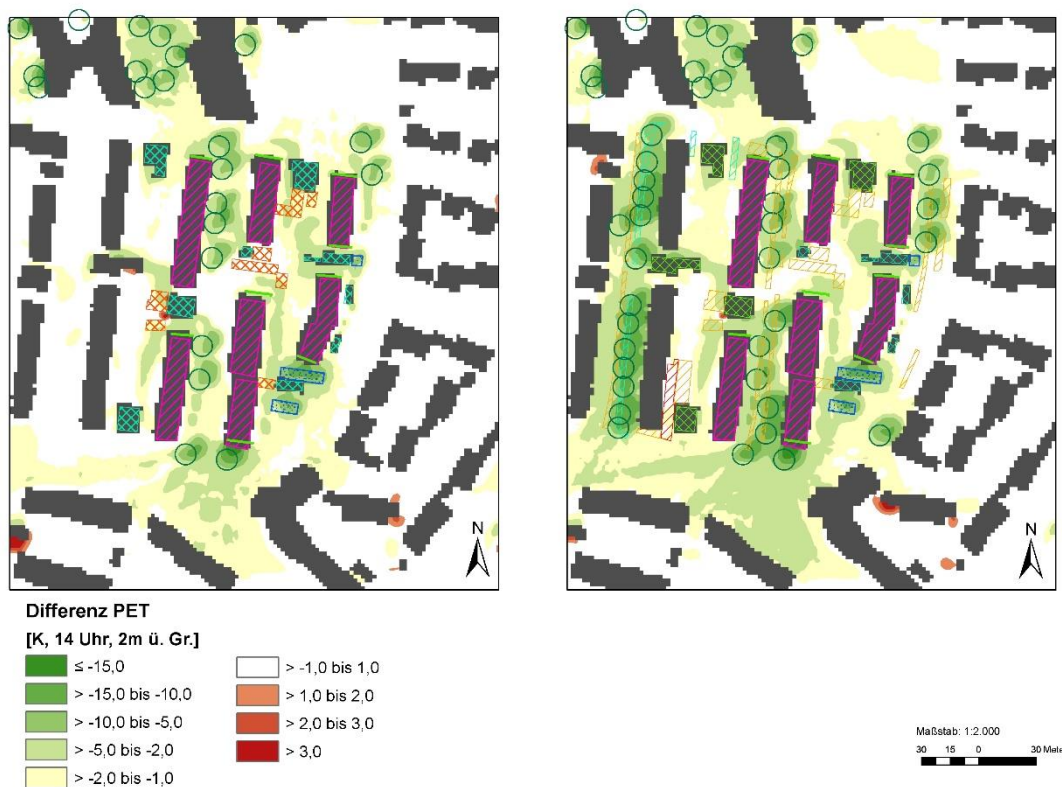


Abb. 6: Differenz der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) der Planvariante P1 (links) und der Planvariante P2 (rechts) zum Referenzzustand im Modellierungsgebiet „Südl. Salamander Stadtpark“ am Tage.

Die Umsetzung der klimaoptimierenden Maßnahmen führt innerhalb des gesamten Vertiefungsgebiets zu einer Verringerung der mittleren PET um durchschnittlich 1 K (P1) bzw. 1,9 K (P2).



1.5 ZUSAMMENFASSUNG

Insgesamt lässt sich mit der Umsetzung aller aufgezeigten Maßnahmen die durchschnittliche Wärmebelastung der beiden Vertiefungsgebiete am Tage deutlich reduzieren. Die maximalen Temperaturveränderungen bewegen sich je nach Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination zwischen etwa -1,5 und -18,0 K.

Da tagsüber die Aufenthaltsqualität im Freien während einer sommerlichen Wettersituation vor allem von der Intensität der Sonneneinstrahlung bestimmt wird, weisen die durch Beschattung geprägten Maßnahmen die stärkste Wirksamkeit auf. Insbesondere bei Bäumen und begrünten Pergolen ist eine absolute Werteabsenkung, nicht nur in den beschatteten Bereichen selbst, sondern auch darüber hinaus im unmittelbaren räumlichen Umfeld erkennbar. Ebenfalls starke Effekte können im Nahbereich einer Fassadenbegrünung erzeugt werden. Eine maximale Temperaturabnahme von 4 K ist in den untersuchten Modellgebieten vor allem an der Südseite zu beobachten, da hier die stärkste Sonneneinstrahlung existiert.

Mobile Beschattungssysteme wie bspw. Pergolen oder Sonnensegel führen eine gute Kühlwirkung herbei (9,3 K) und können kleinräumig für Entlastung sorgen. Die stärkste Positivwirkung bei der Entsiegelung zeigt sich tagsüber mit maximal 2 K bei den Grünleisen sowie bei Entsiegelungen von Asphalt zu Rasen. Eine Sonderrolle nimmt die Dachbegrünung ein, da sie ihre Wirkung im Dachniveau außerhalb des „normalen“ Aufenthaltsbereichs der Menschen erbringt. Dennoch vermag die Begrünung von niedrigen Dächern (hier ≤ 3 m) die Temperatur auch im bodennahen Bereich zu senken (bis zu 5 K).

Während sich am Tag die Wirkung von Maßnahmen vorwiegend in räumlicher Nähe zu ihrem Umsetzungsort offenbart, „verschwimmen“ in den Nachtstunden die Effekte auf die Lufttemperatur. Der Grund dafür ist, dass am Tag die Höhe der tatsächlich empfundenen Temperatur (PET) wesentlich über die Sonneneinstrahlung bestimmt wird, die in der Nacht nicht vorhanden ist. In der Nacht bestimmt im Wesentlichen die Wärmeabgabe der unterschiedlichen Elemente und Oberflächen die auftretenden Lufttemperaturen. Zusätzlich sind die Beiträge der Temperaturminderung insgesamt geringer.

Die maximalen Temperaturveränderungen bewegen sich je nach Maßnahme zwischen -0,1 und -0,6 K für die Nachtsituation. Die größten Wirkungen in der Nacht lassen sich, neben dem Rückbau von Gebäuden, an Fassaden- und Dachbegrünungen (intensiv) beobachten. Der Maximalwert beträgt hierbei -0,3 K. Die Entsiegelung von Oberflächen in den Vertiefungsgebieten zeigt in der Nacht nur geringe Auswirkungen auf die Lufttemperatur von etwa 0,1 K.

Das Kronendach der zusätzlichen Baumpflanzungen schirmt den Boden ab, was die langwellige Ausstrahlung und damit auch die Abkühlung der Oberfläche und der darüber lagernden Luft herabsetzt. Entsprechend sind nachts im Bereich von Neupflanzungen Temperaturerhöhungen um bis zu 0,5 K zu beobachten.



Quellenverzeichnis

GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2022): KLIMOPASS - Klimaanpassungskonzept für Kornwestheim.

Gross, G (2012a): Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. Meteorol. Z. 21, No. 2, 173–181.

Gross, G. (2012b): Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments, Meteorologische Zeitschrift Vol. 21, No. 4, 399-412.

Matzarakis, A. und H. Mayer (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10

Anhang

VERTIEFUNGSGEBIET „INNENSTADT“

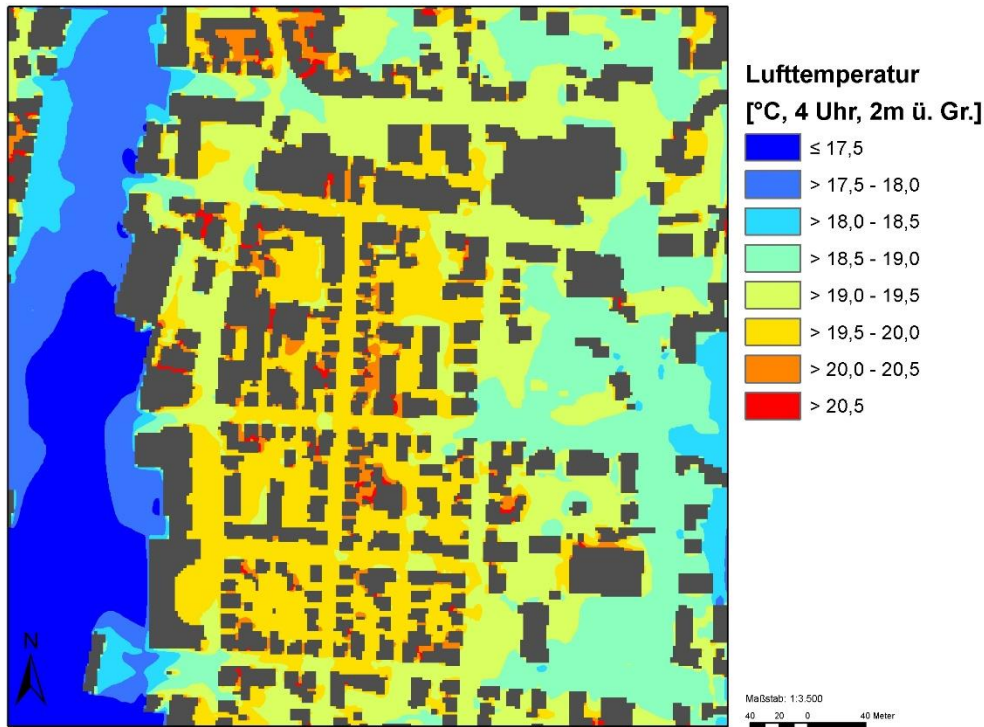


Abb. A 1: Lufttemperatur der Ist-Situation um 4 Uhr.

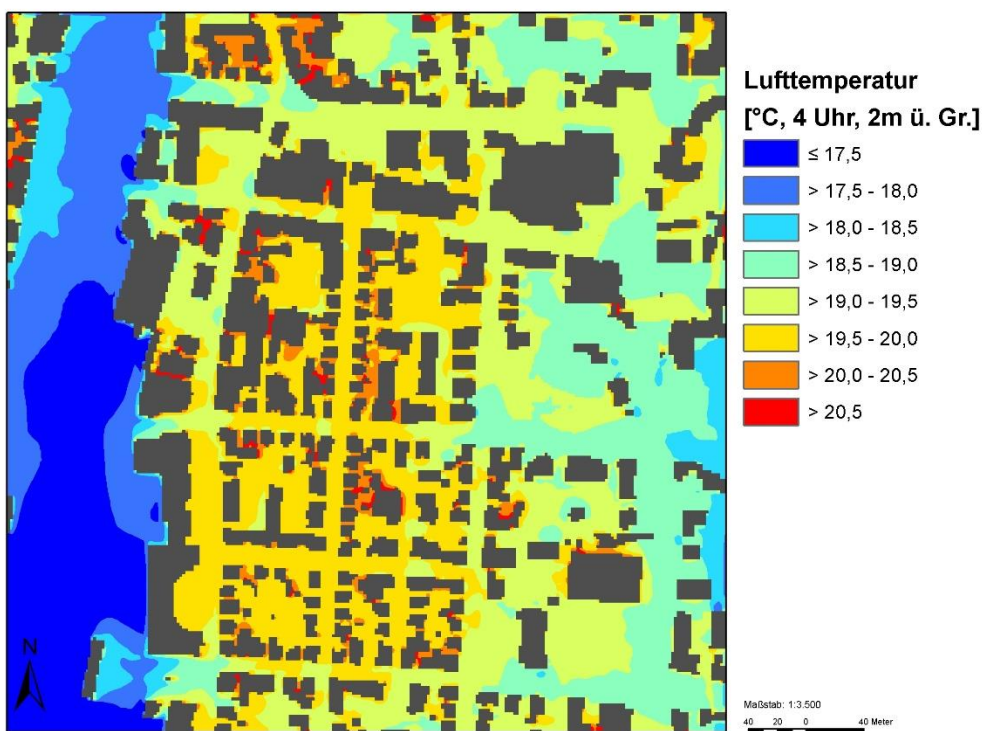


Abb. A 2: Lufttemperatur der Plan-Situation (P1) um 4 Uhr.

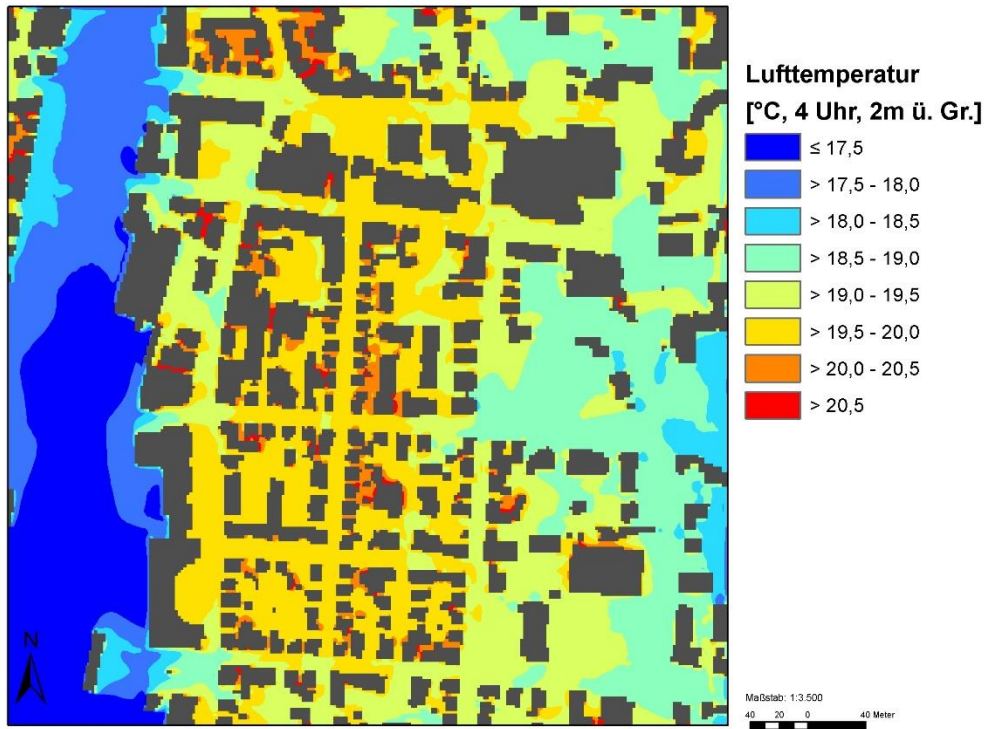


Abb. A 3: Lufttemperatur der Plan-Situation (P2) um 4 Uhr.

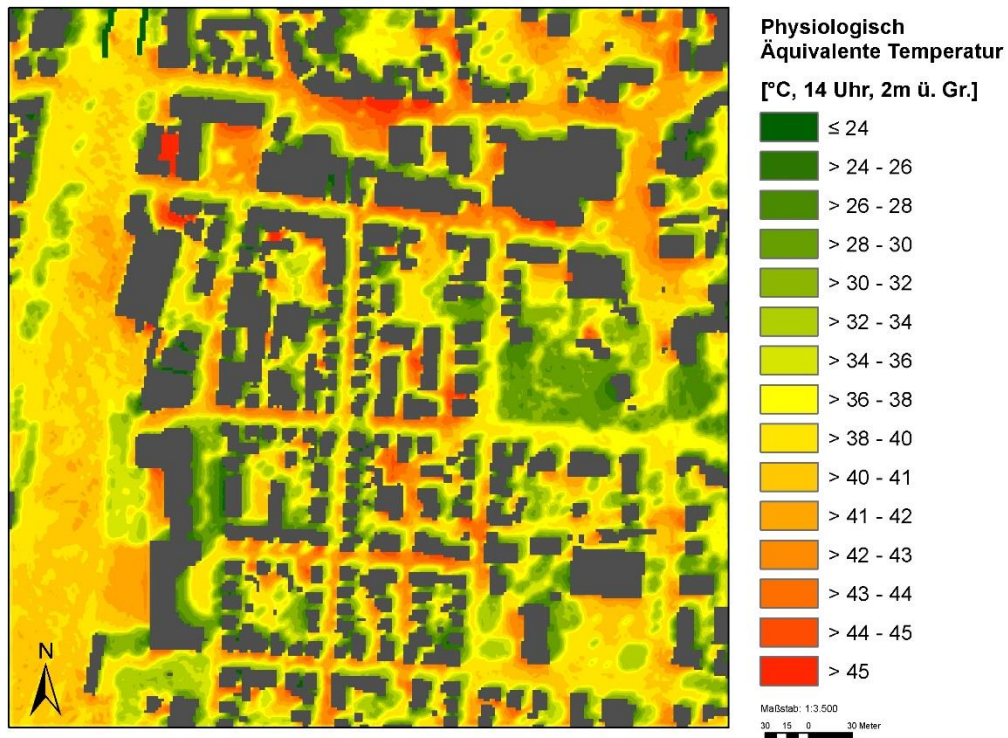


Abb. A 4: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Ist-Situation) um 14 Uhr.

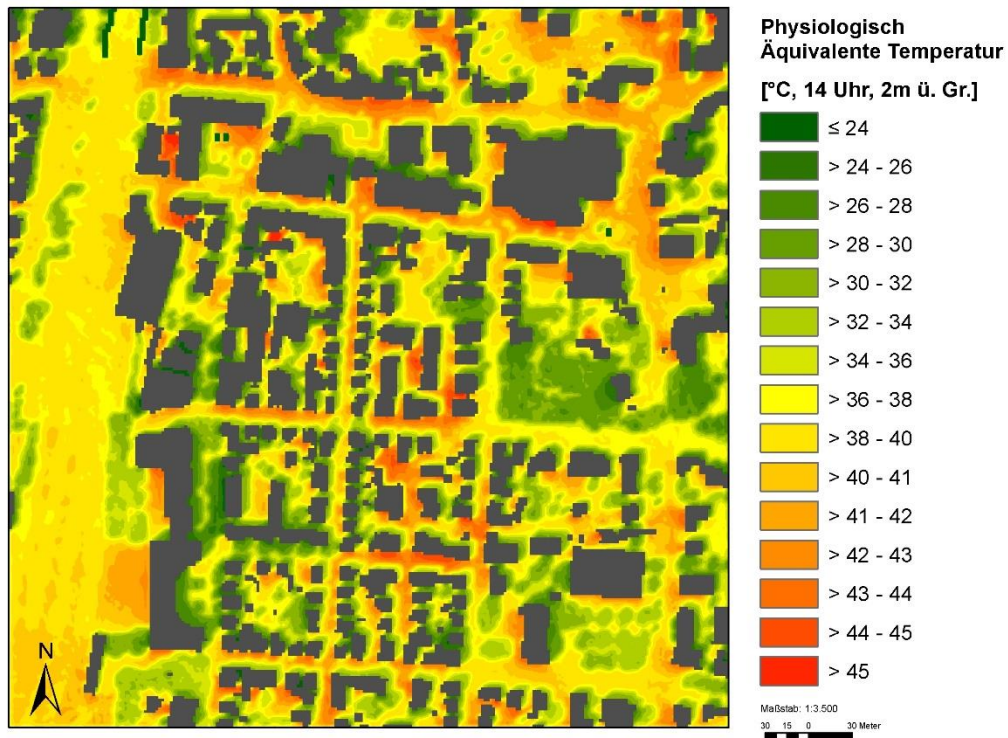


Abb. A 5: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Plan-Situation(P1) um 14 Uhr.

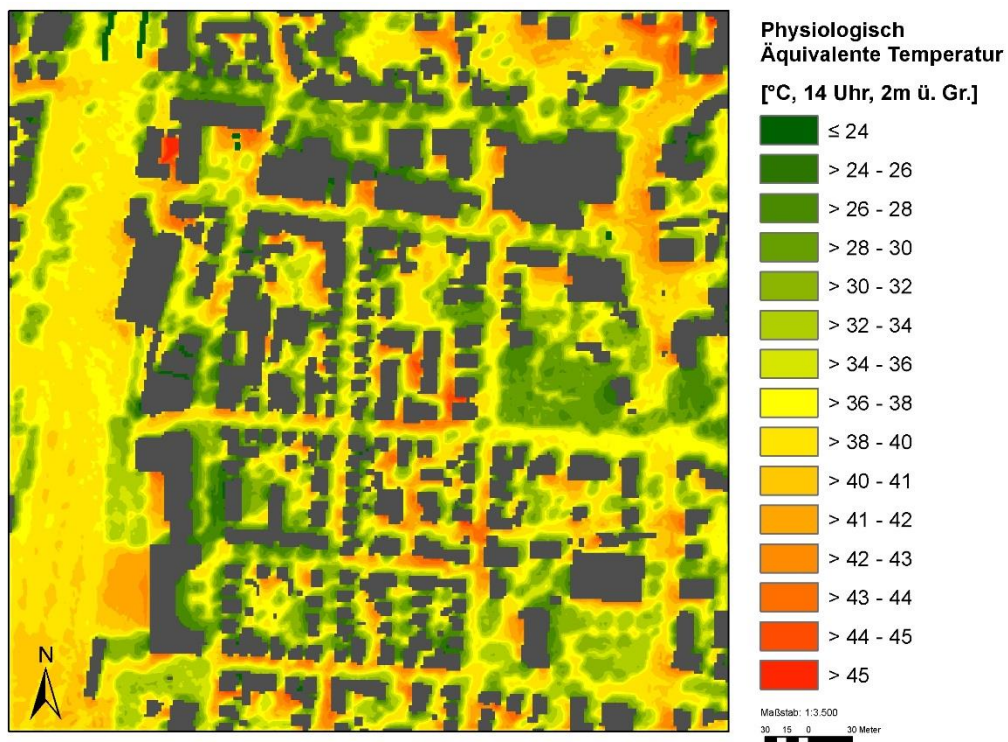


Abb. A 6: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Plan-Situation (P2) um 14 Uhr.

VERTIEFUNGSGEBIET „SÜDL. SALAMANDER STADTPARK“

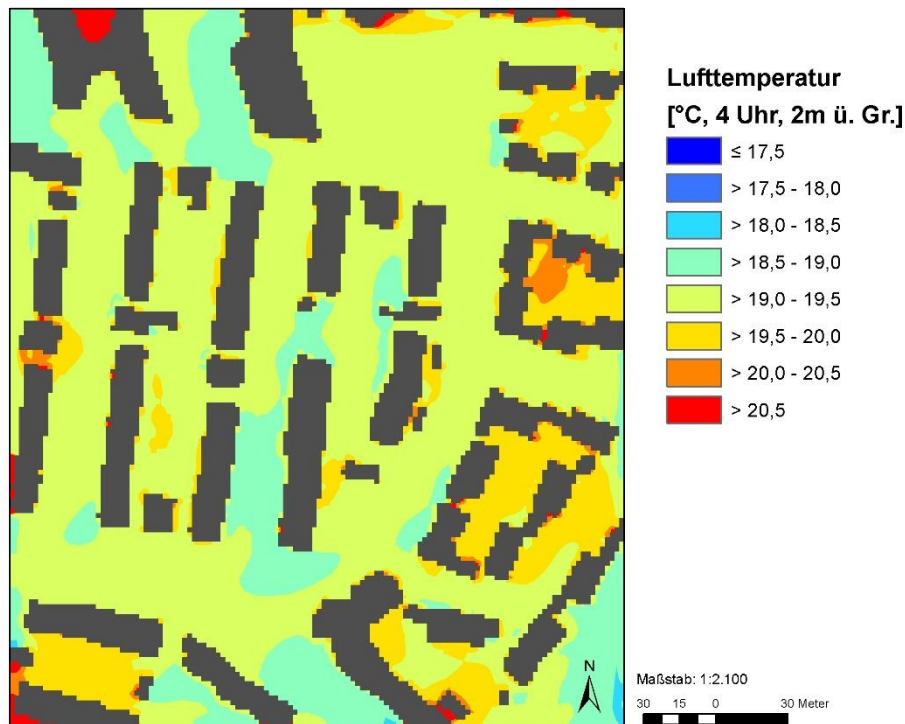


Abb. A 7: Lufttemperatur der Ist-Situation um 4 Uhr.

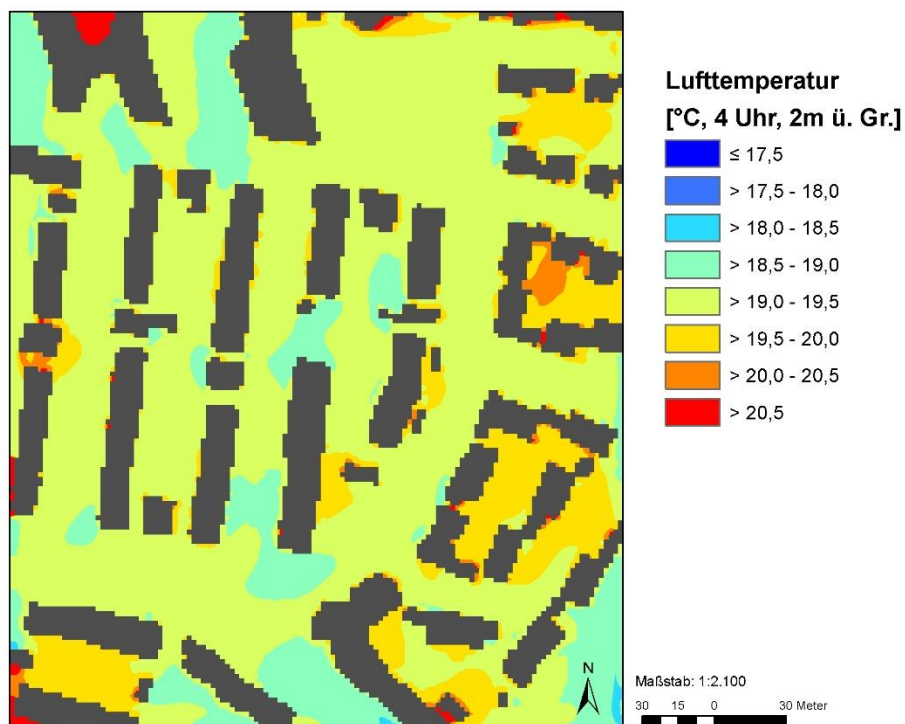


Abb. A 8: Lufttemperatur der Plan-Situation (P1) um 4 Uhr.

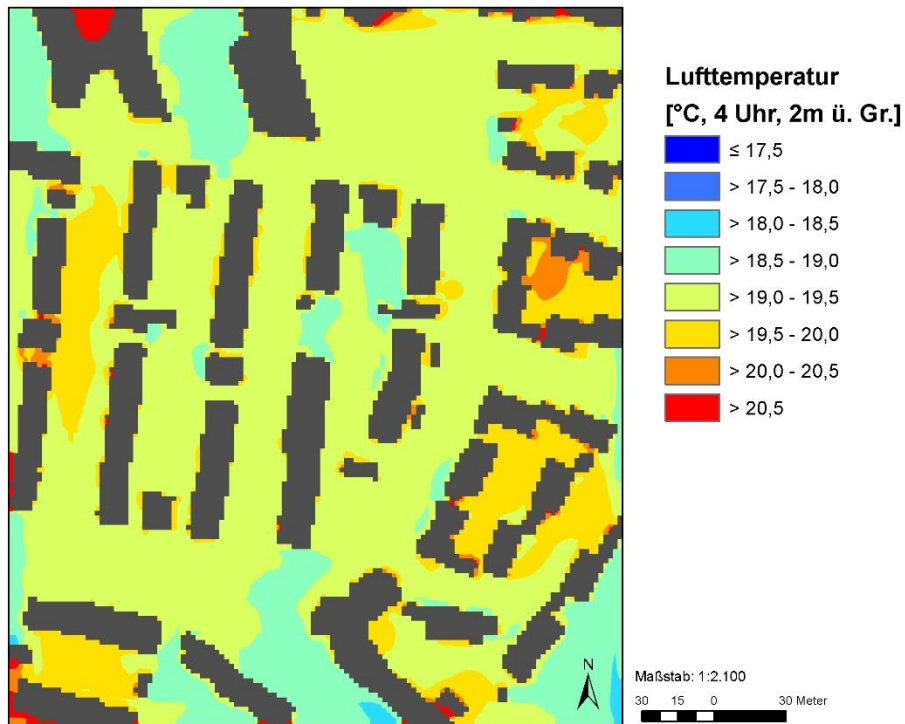


Abb. A 9: Lufttemperatur der Plan-Situation (P2) um 4 Uhr.

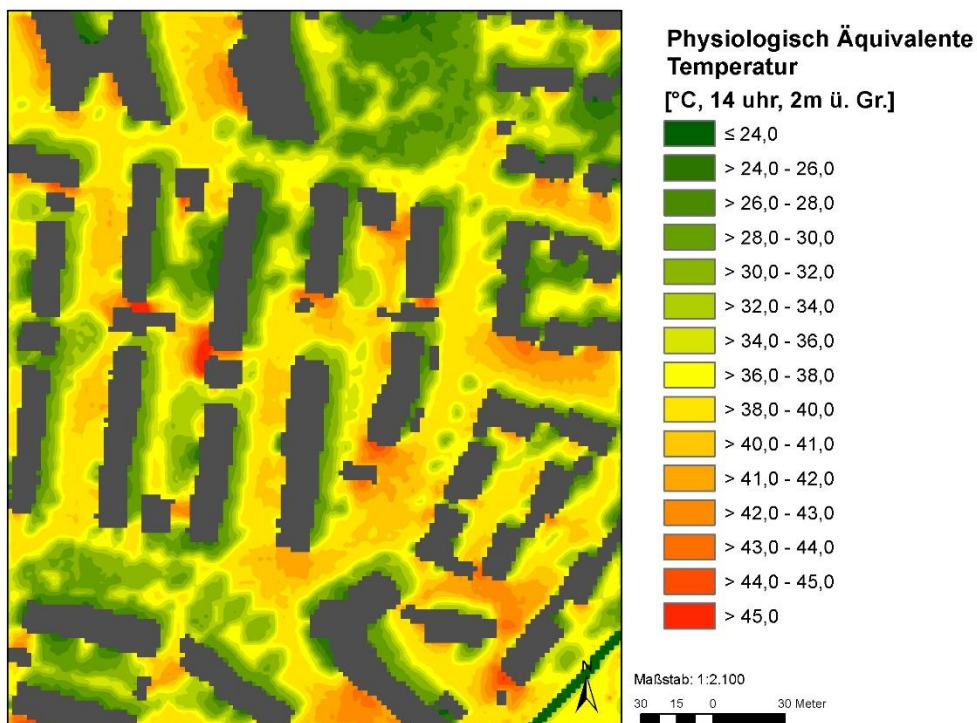


Abb. A 10: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Ist-Situation) um 14 Uhr.

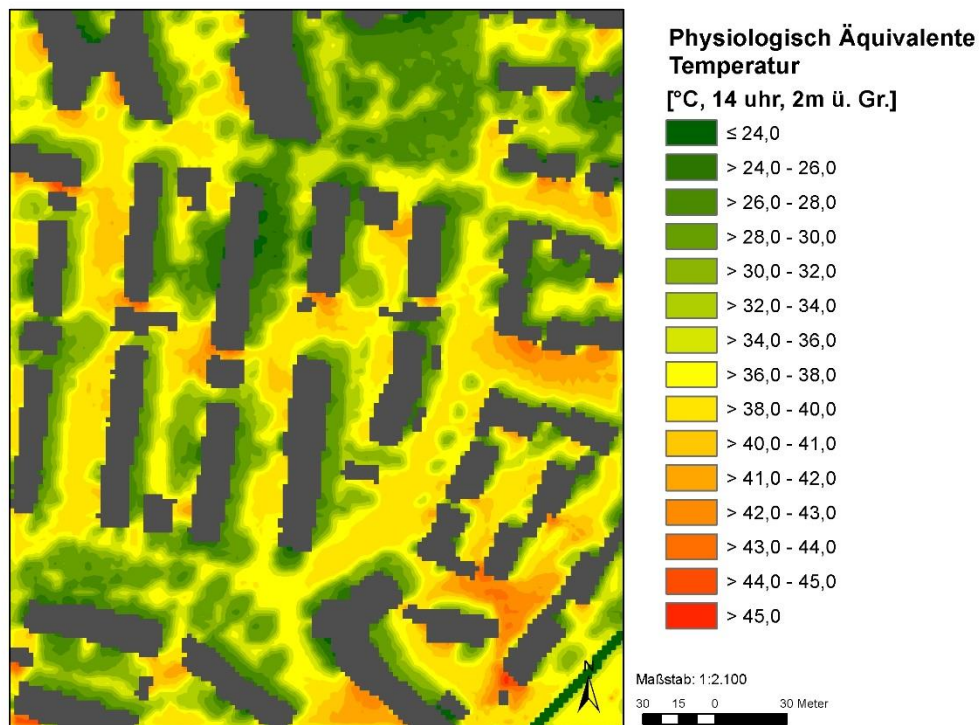


Abb. A 11: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Plan-Situation(P1) um 14 Uhr.

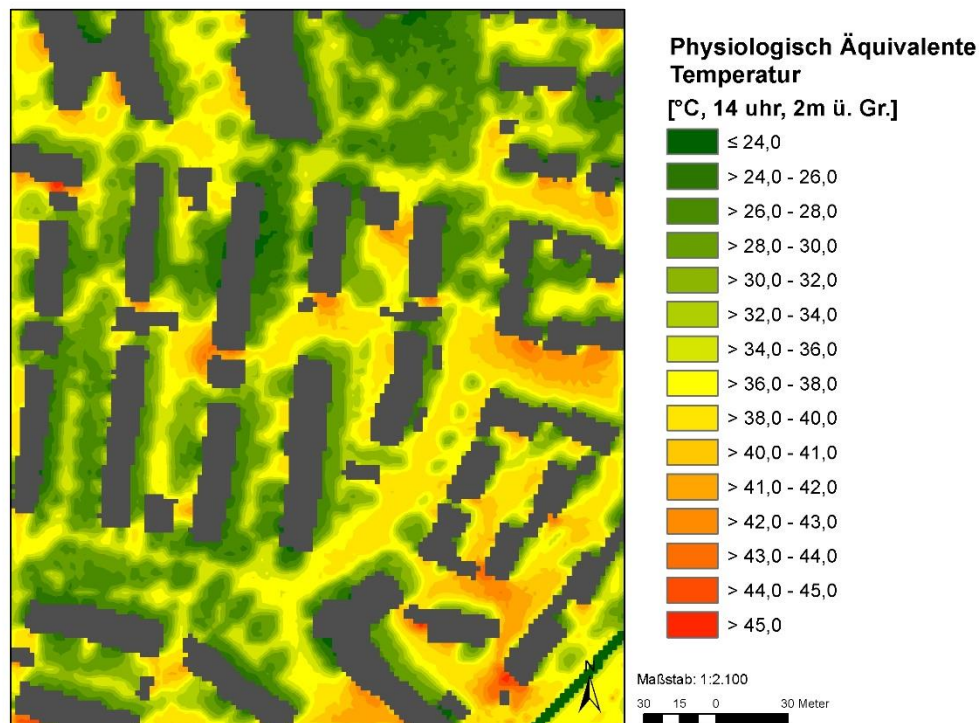


Abb. A 12: Physiologisch Äquivalente Temperatur der Plan-Situation (P2) um 14 Uhr.