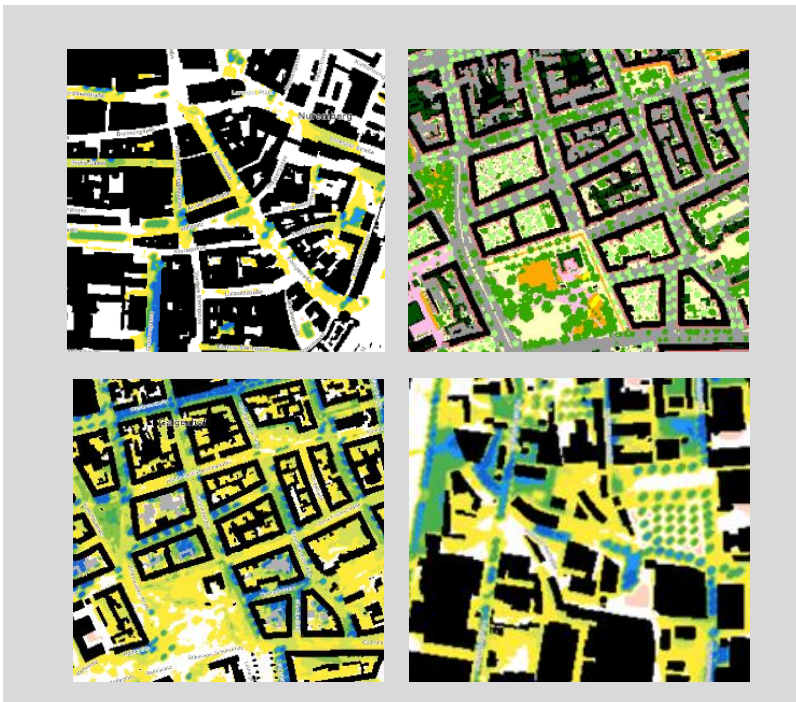


Wirkungsmodellierung zu Klimaanpassungsmaßnahmen in drei ausgewählten Fokusräumen in Nürnberg



Auftraggeber:

Stadt Nürnberg
Umweltamt
Bauhof 2
90402 Nürnberg



GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel. (0511) 3887200
FAX (0511) 3887201
www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. Günter Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG)
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und
Kleinklima der IHK Hannover und Hildesheim

Hannover, August 2025

Inhaltsverzeichnis

1. Ziel der Modellierung und Kriterien für die Auswahl der Fokusräume	3
2. Fachliche Grundlagen und Annahmen	3
3. Ergebnisse der Fokusraummodellierungen	5
3.1 Fokusraum 1 - Altstadt	5
Modell-Eingangsdaten.....	5
Ergebnisse.....	7
3.2 Fokusraum 2 - Gewerbegebiet Sandreuth.....	12
Modell-Eingangsdaten.....	12
Ergebnisse.....	13
3.3 Fokusraum 3 – Südstadt	17
Modell-Eingangsdaten.....	17
Ergebnisse.....	19
4. Schlussfolgerungen.....	22
Tabellen	24

1. Ziel der Modellierung und Kriterien für die Auswahl der Fokusräume

Durch die Modellierung von drei ausgewählten Fokusräumen soll die temperaturmindernde Wirkung einzelner Maßnahmen zur Klimaanpassung beispielhaft aufgezeigt werden. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte daher keine Prüfung ob und ggf. welche Maßnahmen umsetzbar sind. Dazu gehören u.a. Entsiegelungsmaßnahmen, Baumpflanzungen, die Verwendung von hellen Materialien an Fassaden und Bodenbelägen oder auch Wasser- und Schattenelemente. Die Ergebnisse sollen nach Möglichkeit übertragbar sein auf ähnlich strukturierte Stadträume und in Planungsentscheidungen einfließen mit dem Ziel, möglichst klimaangepasste urbane Räume zu schaffen. Dabei steht ausschließlich die thermische Wirkung der Maßnahmen im Vordergrund. Weitere relevante Effekte, z.B. von Grünelementen im Hinblick auf die Starkregenvorsorge, werden hier nicht betrachtet.

Ausgewählt wurden drei Fokusräume die aufgrund der strukturellen Gegebenheiten (u.a. hohe Versiegelung und Verdichtung, hohes Gründefizit) beispielhaft für viele weitere Nürnberger Stadtgebiete stehen können und in denen es in Hitzezeiten zu einer thermischen Belastungssituation kommt. Es handelt sich um ein Innenstadtgebiet in der Altstadt, ein Gewerbegebiet (Sandreuth) und ein Gebiet mit hoher Bevölkerungsdichte aus dem Freiraumkonzept Süden in der Nürnberger Südstadt. Modellbedingt musste dabei eine Raumabgrenzung von 600m x 600m eingehalten werden. Die Auswahl der Fokusräume erfolgte unter Federführung des Umweltamtes in Abstimmung mit verschiedenen Dienststellen wie dem Bürgermeisteramt, dem Stadtplanungsamt, dem Service öffentlicher Raum, dem Verkehrsplanungsamt und der Wirtschaftsförderung.

Nur beim Fokusraum Altstadt konnten z.T. aktuell vorliegende Planungen in die Modellierung mit einfließen, z.B. für die Breite Gasse. Die Verortung der Maßnahmen erfolgt ansonsten unabhängig von einer konkreten Planung. Dies ermöglicht es, exemplarisch aufzuzeigen, welche Gesamteffekte (Summeneffekt¹) durch die Umsetzung verschiedener Maßnahmen voraussichtlich erzielbar sind und welche Unterschiede sich mit oder ohne Maßnahmenumsetzung ergeben können. Weiterhin wurden nicht in jedem Fokusraum alle Maßnahmen gleichermaßen verortet, z.B. wurde der Albedo-Effekte nur im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth simuliert.

2. Fachliche Grundlagen und Annahmen

Bei der Wirkungsanalyse werden die Fokusräume mit einem dreidimensionalen Klimamodell mikroskalig durch die Verwendung eines Modellgitters mit einer Rasterweite von 2m x 2m detailliert untersucht. Das hierfür eingesetzte Klimamodell «ASMUS_green» (Ausbreitungs- und Strömungsmodell für Urbane Strukturen und Begrünung) ist ein numerisches Modell zur Simulation der dreidimensionalen Wind- und Temperaturverteilung sowie der thermischen Behaglichkeit (*thermischer Komfort*) innerhalb von Städten. Es gehört zu einer neueren Modellgeneration und verbindet die Betrachtung der Strömung im Bereich von Gebäuden und Bäumen mit der Berechnung der Energiebilanz begrünter und unbegrünter Oberflächen. ASMUS_green wurde gemäß den Anforderungen der *VDI-Richtlinie 3783/9* an mikroskalige prognostische Windfeldmodelle validiert und mit den Ergebnissen der Klimanalyse Nürnberg abgeglichen.

Das Klimamodell «ASMUS_green» benötigt für die Modellierung bestimmte Informationen zu den Nutzungsstrukturen, die innerhalb der Fokusräume vorliegen bzw. angenommen werden. Auf den nachfolgenden Karten zu den jeweiligen Fokusräumen sind die verwendeten Nutzungsklassen abgebildet, wobei die Bestandssituation und das klimaoptimierte Beispielszenario gegenübergestellt werden.

¹ Der Summeneffekt beschreibt den Gesamteinfluss von mehreren Maßnahmen. Dabei kann der gemeinsame Effekt größer (synergetisch) oder geringer (abgeschwächt durch Wechselwirkungen) sein als die bloße Addition der Einzelwirkungen.

Mit der Wirkungsmodellierung wird der positive Einfluss modelliert, den Klimaanpassungsmaßnahmen auf die thermischen Verhältnisse an einem heißen Sommertag unter einer autochthonen Wetterlage² haben. Dabei wird sowohl die Tag- als auch die Nachtsituation betrachtet. Am Tag ist die Wärmebelastung um 14 Uhr maßgeblich. Dazu wird die physiologisch äquivalente Temperatur (PET)³ als Indikator für die Hitzebelastung herangezogen (s. Tab. 1 „Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET in den Tagesstunden“). In der Nacht hingegen spielt die Temperatur um 4 Uhr vor Sonnenaufgang eine entscheidende Rolle, da sie maßgeblich die nächtliche Abkühlung beeinflusst.

Tab. 1 Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET in den Tagesstunden (Auszug nach VDI 3787, Blatt 2, 2022).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
> 18 °C bis ≤ 23 °C	Komfortabel (neutral)	Kein thermischer Stress
> 23 °C bis ≤ 29 °C	Leicht warm	Leichte Wärmebelastung
> 29 °C bis ≤ 35 °C	Warm	Moderate Wärmebelastung
> 35 °C bis ≤ 41 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung / Hitzestress
> 41 °C	Sehr heiß	Extrem starke Wärmebelastung / Hitzestress

Die Analyse erfasst dabei die unmittelbaren Effekte der Maßnahmen in Bezug auf Strahlungs- und Verdunstungsprozesse sowie deren Einfluss auf das bodennahe Mikroklima im Aufenthaltsbereich des Menschen (Nachttemperatur um 04 Uhr bei 2 m über Grund; PET um 14 Uhr bei 1,1 m ü. Gr.).

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt hier in zwei Varianten. Die erste Variante zeigt die hochauflösten Ergebnisse der jeweiligen Maßnahmenwirkungen auf Rasterebene in 2m x 2m Auflösung. Die zweite Variante der Darstellung zeigt die Modellierungsergebnisse verallgemeinert visualisiert und auf sog. Blockflächen gemittelt. Die Blockflächen beruhen dabei auf den Grenzen des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) und fassen u.a. Gebäudekomplexe, Straßenabschnitte sowie Plätze und Grünflächen zusammen. Diese Flächenaufteilung entspricht der stadtweiten Betrachtung der „Planungshinweiskarte Stadtklima Nürnberg“ (GEO-NET 2024/2025) und dient so einer besseren Nachvollziehbarkeit. Die Klassengrenzen wurden so festgelegt, dass sie eine klare und differenzierte visuelle Darstellung ermöglichen. Bei einer ungleichen Verteilung der Daten wurden die Klassensprünge so gewählt, dass alle Klassen ausreichend besetzt sind und wichtige Unterschiede erkennbar werden. Zudem wurde ein Wertebereich definiert, innerhalb dessen Veränderungen als nicht relevant eingestuft wurden. Diese geringen Differenzen wurden in der Kartendarstellung neutral in Weiß gehalten, um eine klare Abgrenzung zu signifikanten Änderungen zu ermöglichen. Die Klasse „keine relevante Änderung“ umfasst dabei alle Werte, die zwischen der oberen Grenze der vorhergehenden Klasse und der unteren Grenze der nächsten Klasse liegen.

In den klimaoptimierten Planfällen kommen verschiedene Maßnahmen zum Einsatz, deren Wirkungen im Kontext der jeweiligen räumlichen Gegebenheiten zu bewerten sind. In Tab. 2 werden die zugrunde gelegten Annahmen dazu jeweils kurz benannt. Wie bereits erläutert, sind nicht alle Maßnahmen dabei in jedem Fokusraum in die Modellierung eingeflossen.

² Ein Sommertag mit wenig Wind, klarer Nacht, starker Erwärmung am Tag.

³ PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) ist ein thermophysiologischer Index, der die gefühlte Temperatur für den menschlichen Körper beschreibt.

Tab. 2: Maßnahmen der Szenarienmodellierung.

Maßnahme	Merkmale
Pflasterstein	Hellere Oberfläche und größeres Rückstrahlungsvermögen (Albedo) als Asphalt. Versiegelungsanteil von 66 %.
Teilentseiegelung	Versiegelungsanteil von 66 %.
Klimastein	Versiegelungsanteil von 93 %, Wasseraufnahmefähigkeit von 50 %.
Rasengitterstein	Versiegelungsanteil von 33 %.
Begrünte Freifläche/Rasen	Unversiegelte Fläche mit niedrigem Bewuchs oder offenem Boden.
Sand	Alle Sandflächen, darunter auch Sandkästen auf Spielplätzen.
Wasser	Stehende Wasserflächen, Brunnenanlagen.
Pergola	Offene Überdachung zum Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung.
Bäume Szenario	Baumpflanzungen mit rd. 10m Kronendurchmesser und 10m Höhe.
Extensive Dachbegrünung	Bepflanzung aller Gebäudedächer, die gemäß dem Solar- und Gründachportal der Stadt Nürnberg als potenziell (sehr) gut geeignet eingestuft werden.
Fassadenbegrünung	Bepflanzung von Süd- und Westfassaden, wobei 20 % der Fassadenfläche begrünt wird. Die Eigenschaften ähneln einer Efeubepflanzung: Verdunstung von etwa 1l/m ² , vollständige Verschattung im direkt von Blättern bedeckten Teilbereich, Albedowert von 0,25.
Helle Fassade	Erhöhung des Rückstrahlungsvermögens der direkten Sonneneinstrahlung (Albedowert 0,8) durch helle Oberfläche der Fassade.

3. Ergebnisse der Fokusraummodellierungen

3.1 Fokusraum 1 - Altstadt

Modell-Eingangsdaten

Der Fokusraum Altstadt erstreckt sich vom Frauentorgraben im Süden bis zur Adlerstraße im Norden. Er umfasst u.a. die Grasersgasse, den Hallplatz, die Lorenzkirche sowie den Bauhof. Die Nürnberger Altstadt ist durch eine enge Bebauungsstruktur geprägt und zählt zu den am dichtesten bebauten und versiegelten Gebieten der Stadt mit einem entsprechend hohen Bedarf an Maßnahmen zur Hitzeanpassung.

Im gegenwärtigen Zustand (Abb. 3.1) kommen neben Gebäuden die Nutzungsklassen „Versiegelung“, „Pflasterstein“ (versiegelte Fläche mit heller Oberfläche) sowie begrünte Freifläche (bspw. Rasen) vor. Weiterhin wurden die bestehenden Bäume mit aufgenommen. Einige Gebäude weisen eine Dachbegrünung auf, wobei nochmals zwischen extensiv (Substratschicht unter 15cm) und intensiv (Substratschicht über 20 cm) unterschieden wird.

Im klimaoptimierten Beispielszenarios (Abb. 3.2) zeigt sich ein insgesamt diverseres und grüneres Stadtbild, das um die Nutzungsklassen „Teilentseiegelung“, „Klimastein“, „Wasser“ und „Pergola“ sowie um viele neugeplante Bäume und Dach- und Fassadenbegrünungen erweitert wurde. Grundlage für dieses Szenario waren u.a. auch vorliegende Gestaltungspläne für den öffentlichen Raum der Stadt Nürnberg. So wurden u.a. in der Grasersgasse, der Königstraße und der Karolinenstraße zu beiden Seiten Straßenbäume geplant, die Pfannenschmiedgasse und Breite Gasse weisen neben neuen Bäumen einen teilentsiegelten Untergrund auf (Versiegelungsrate 66 %). Auf dem Lorenzer Platz wurde eine Baumgruppe über dem sogenannten Klimastein (7 % unversiegelt, 50 % Verdunstungsfähigkeit) geplant. Diese Kombination findet sich auch am Kornmarkt, auf dem Klarissenplatz sowie im Bauhof

wieder. Wasserelemente wie Brunnenanlagen sind am Kornmarkt und vor der Lorenzkirche in die Simulation eingegangen. In der Luitpoldstraße wurde auf der sonnenbeschienenen Straßenseite eine Pergola modelliert, welche die Sitzgelegenheiten in der Fußgängerzone beschatten soll. Eine extensive Dachbegrünung wurde für alle potenziell geeigneten Gebäude (gemäß Solar- und Gründachportal der Stadt Nürnberg) ergänzt.

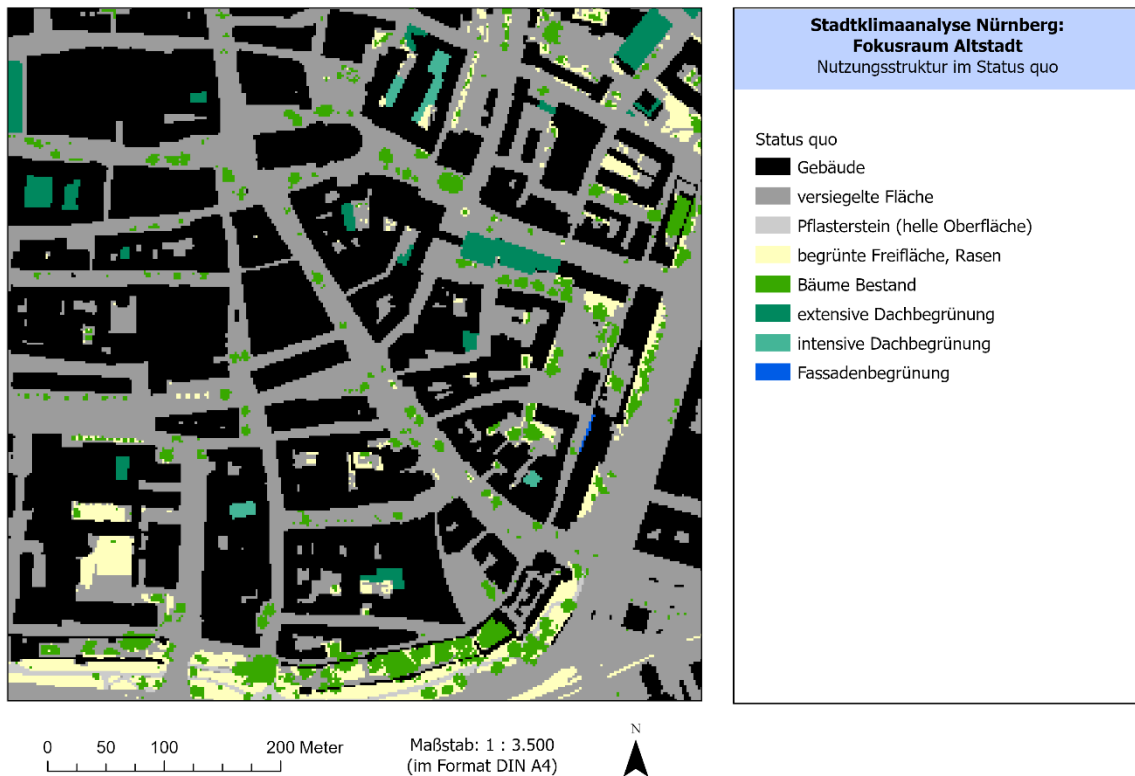


Abb. 3.1 Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Altstadt

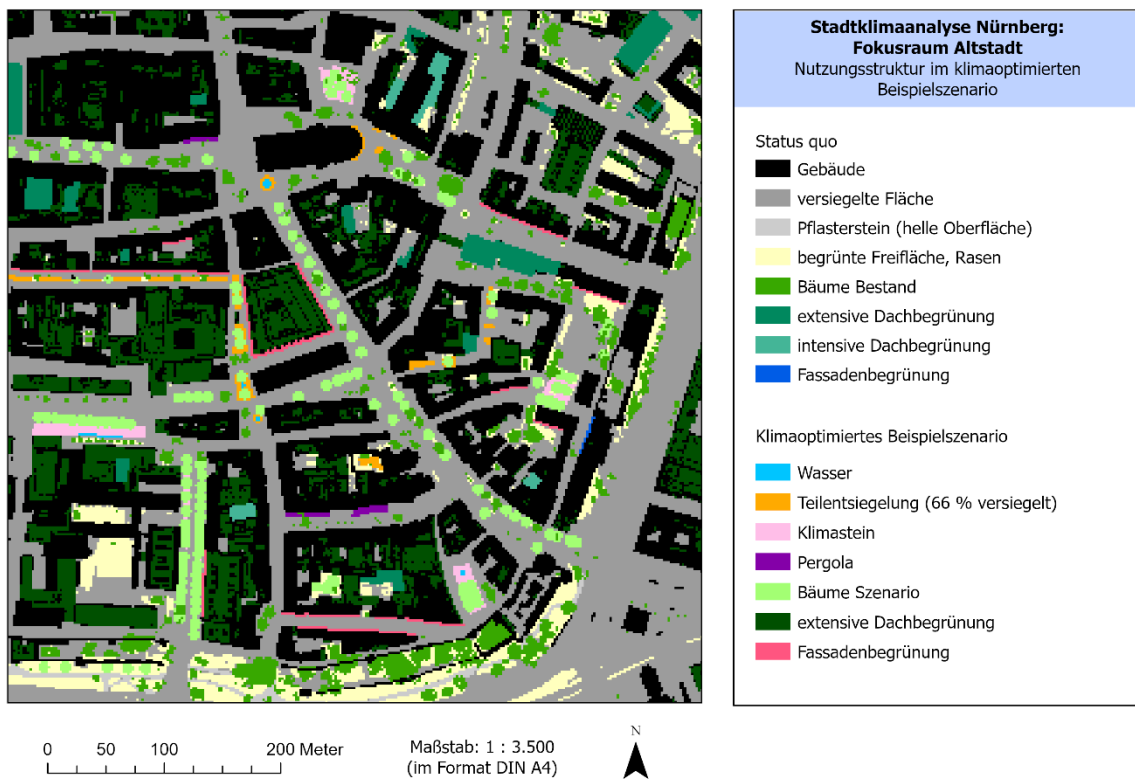


Abb. 3.2 Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Altstadt

Ergebnisse

Tagsituation

In der Grasersgasse führt die flächige Beschattung durch großkronige Bäume, insbesondere auf der östlichen Straßenseite, zu einer Abkühlung von -14 bis über -17 °C. Die Temperaturreduktion erstreckt sich über eine Breite von 30 Metern im unmittelbaren Umfeld der modellierten Stadtbäume und umfasst beide Gehwegseiten entlang der gesamten Straßenlänge von 160 Metern.

Auf dem Kornmarkt sinkt die PET im Schatten der simulierten Bäume auf einer Fläche von 13×100 Metern um etwa -10 °C. Eine abgeschwächte Abkühlung von bis zu -2 °C ist noch in bis zu 20 Metern nördlich der Bäume feststellbar. Auch auf dem Hallplatz reduziert sich die PET in ähnlichem Umfang und zeigt noch in 10 Metern Entfernung zur Maßnahme eine spürbare Abkühlung um über -2 °C.

Durch die geplanten Straßenbäume in der Königstraße, Pfannenschmiedsgasse, Breiten Gasse und Karolinenstraße kühlt es sich großflächig um -2 bis -6 °C, im direkten Schatten einzelner Bäume auch um -10 °C ab. Unter den modellierten Bäumen auf dem Bauhof und dem Lorenzer Platz reduziert sich die PET um -10 bis -12 °C, im baumbestandenen Innenhof eines Gebäudekomplexes an der Hinteren Sternegasse sogar um über -15 °C.

Die im Fokusraum Altstadt großflächig angedachte Dach- und Fassadenbegrünung reduziert die PET durch die zusätzlichen Verdunstungsflächen, welche der Luft Wärme entziehen. Zudem absorbieren begrünte Dächer und Fassaden weniger Wärme als beispielsweise nackte Beton- oder Ziegelwände.

Besonders gut wirken Fassadenbegrünungen in engen Straßenschluchten, in denen sie auch den Luftaustausch verbessern. So reduziert sich die PET in der begrünten Hinteren Stern gasse, an der Mauthalle oder in der Lorenzer Straße um -2 bis über -5 °C. Auch Innenhöfe erfahren durch eine Dach- und Fassadenbegrünung eine Temperaturabnahme von etwa -2 bis -4 °C, dies zeigt sich u.a. an einzelnen Gebäudekomplexen an der Breiten Gasse, der Karolinenstraße oder der Klaragasse.

Die Änderung von Asphalt zu Rasen (Bauhof), teilversiegeltem Boden (u.a. Breite Gasse, Pfannenschmiedgasse) oder Klimastein (Bauhof, Kornmarkt, Klarissenplatz) zeigt in der Tagsituation keine relevante Wirkung auf die PET. Es gilt jedoch zu beachten, dass sich dies lediglich auf die thermische Situation bezieht. Für den Regenrückhalt – und damit ebenfalls für Klimaanpassung zur Starkregenvorsorge – sind dies wichtige Bausteine.

Im Fokusraum Altstadt wurde an vier Stellen die Maßnahme „Wasser“ modelliert, welche als einfache Wasserfläche mit definierter Größe in das Modell einging. Aus modelltechnischen Gründen kann nur eine stille Wasseroberfläche und kein bewegtes Wasser, wie es bei einem Brunnen der Fall wäre, untersucht werden. Mit bewegtem Wasser könnte eine noch effektivere Kühlleistung erzielt werden als mit stehendem Wasser. Im Vergleich hat fließendes Wasser eine höhere Verdunstungsleistung, eine schnellere Wärmeableitung und es findet ein höherer Wärmeaustausch mit der Luft statt.

Die beiden modellierten Wasserflächen am Hallplatz weisen je eine Grundfläche von 16 m² auf und erzeugen durch Verdunstungskühlung eine Abnahme der PET um -4 bis zu -6 °C, welche bis in etwa 4 Meter Abstand zur Wasserfläche auftritt. Auf dem Kornmarkt sinkt die PET um etwa 2,5 °C südlich des Wasserspielbrunnens, der als 2 x 38 Meter große Wasserfläche modelliert wurde. Die Wasserfläche auf dem Klarissenplatz ist hingegen mit 4 m² zu kleinflächig, um eine Temperaturregulation zu bewirken. Vor der Lorenzkirche wurde eine 24 m² große Wasserfläche modelliert, welche eine Wirkung um -2 bis -5 °C im näheren Umkreis von etwa 5 Metern zeigt. Die in der Luitpoldstraße modellierten Pergolen haben keinen Einfluss auf die PET, da die Fläche unterhalb der Pergola um 14 Uhr weiterhin direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Ein wirksamer Schattenwurf – und damit eine deutliche Reduktion der PET – wäre hingegen bei einer geschlossenen Ausführung oder einer offenen Pergola mit größerer Dachfläche zu erwarten.

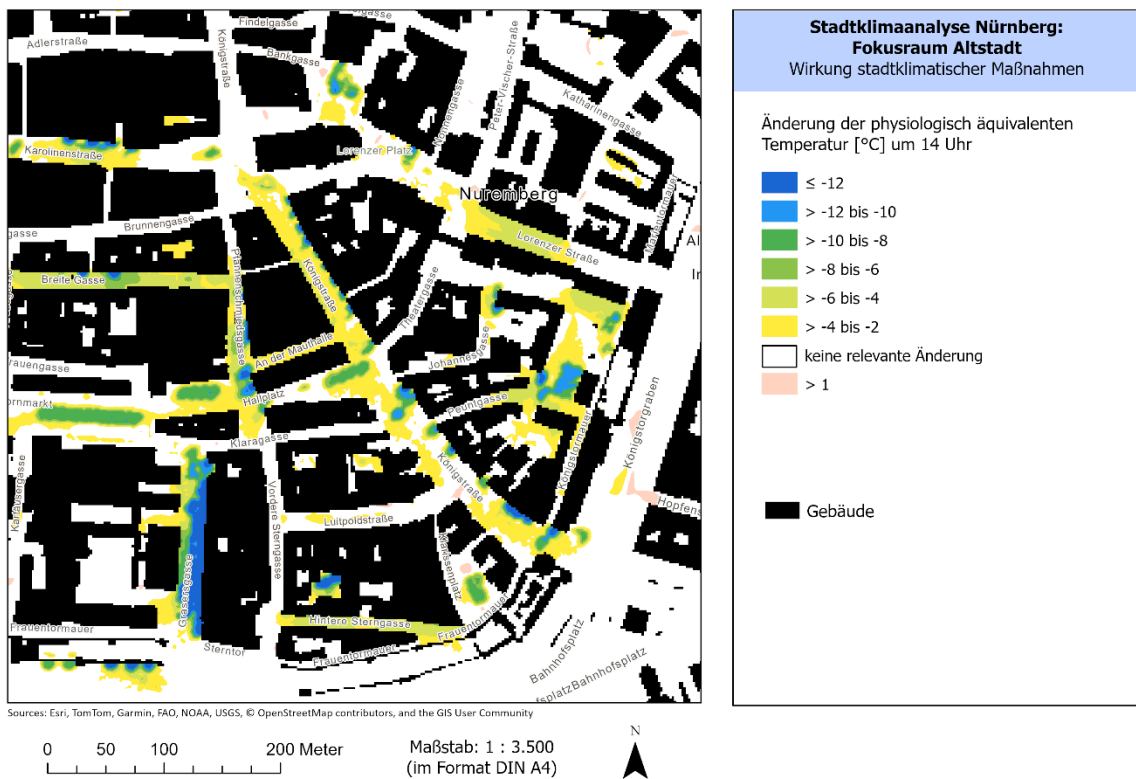


Abb. 3.3 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Altstadt

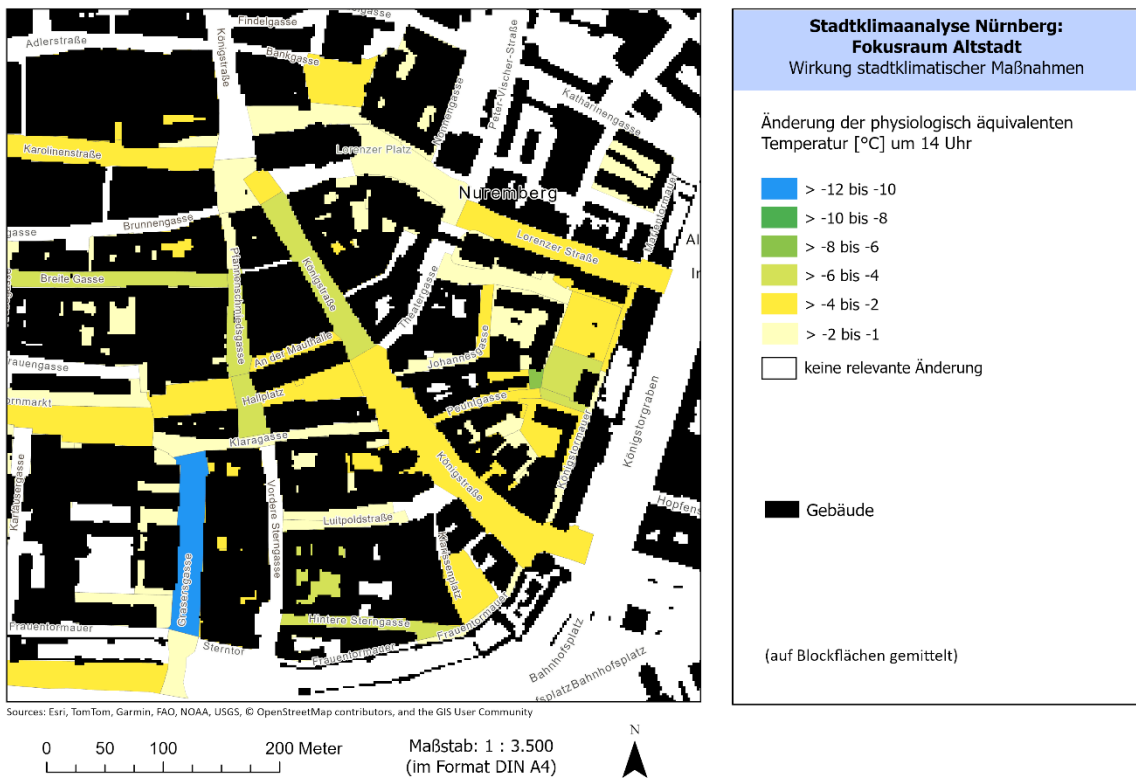


Abb. 3.4 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Altstadt

Nachtsituation

Nachts bleiben die Temperaturveränderungen gering und bewegen sich zwischen $-0,7$ und $+0,3$ °C, da in diesem Bereich keine großflächigen Entsiegelungen durchgeführt wurden und die Versiegelungsrate weiterhin hoch ist. Ein deutlicher Temperaturrückgang ist nur vereinzelt feststellbar.

Der Klimastein bewirkt am Kornmarkt, am Lorenzer Platz und im Bauhof eine Abkühlung um $-0,3$ bis $-0,4$ °C, während er am Klarissenplatz die Temperatur um $-0,2$ bis $-0,3$ °C senkt.

Abhängig von ihrer Anordnung und den örtlichen Gegebenheiten können Bäume die nächtliche Luftzirkulation abschwächen und so den Zustrom wärmerer Luft verringern. Dies trägt beispielsweise zur Abkühlung um $-0,2$ bis $-0,3$ °C auf dem Hallplatz sowie in den zur Straße offenen Innenhöfen an der Grasersgasse bei. Grundsätzlich reduzieren Bäume die Bodenerwärmung am Tage, sodass der Boden nachts weniger Wärme ausstrahlt als in unbeschatteten Bereichen. Dieser Effekt zeigt sich bspw. mit einer Abkühlung um bis zu $-0,4$ °C auf dem Kornmarkt, dem Lorenzer Platz, im Bauhof sowie in der Grasersgasse.

In der Breiten Gasse und der Pfannenschmiedgasse führt die teilweise Entsiegelung nur zu einer leichten Abkühlung von $-0,2$ bis $-0,3$ °C, da die Versiegelungsrate mit 66 % weiterhin hoch ist.

Über der modellierten Wasserfläche an der Lorenzkirche kühlt sich die Temperatur um etwa $-0,4$ °C ab, in bis zu 5 Meter Entfernung noch um bis zu $-0,3$ °C.

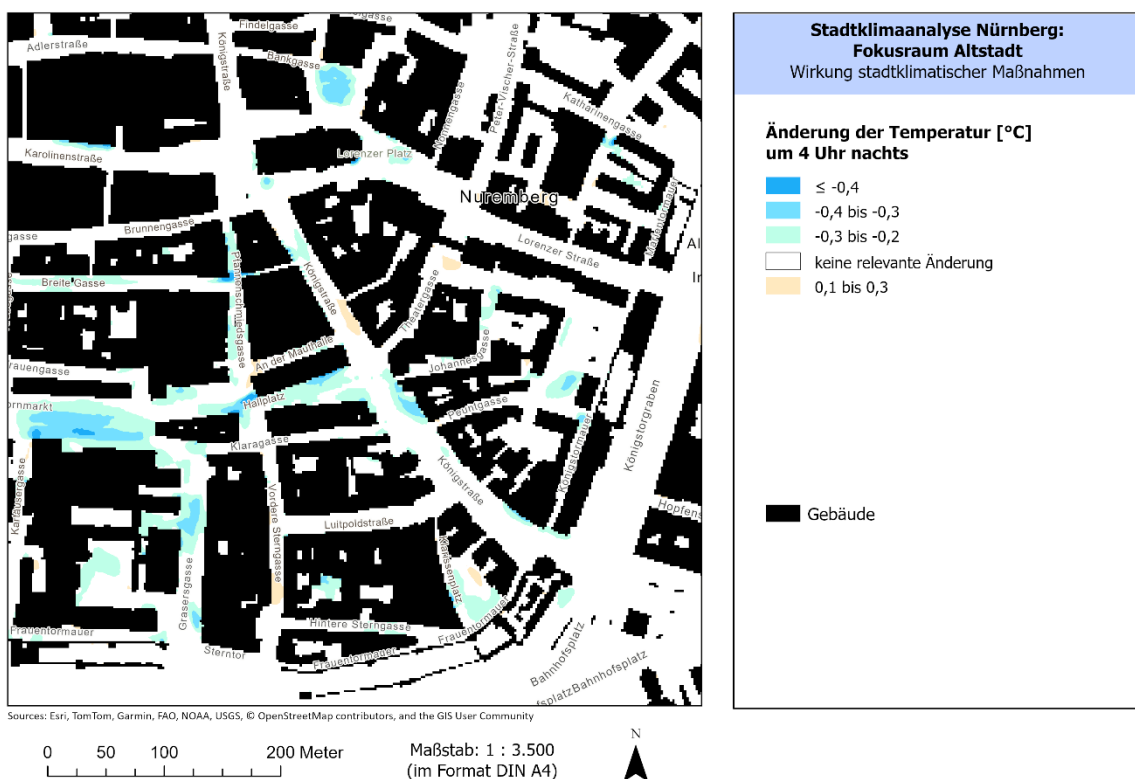


Abb. 3.5 Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Altstadt



Abb. 3.6 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Altstadt

Fazit zum Fokusraum Altstadt

Die Untersuchung zeigt, dass vor allem großkronige Stadtbäume eine deutliche Abkühlung am Tag bewirken, mit Temperaturreduktionen von bis zu -17 °C im direkten Schatten. Auch begrünte Dächer und Fassaden tragen zur Senkung der PET bei, wenn auch in geringerem Umfang. Wasserflächen leisten durch Verdunstungskühle einen moderaten Beitrag zur Temperaturminderung, während kleinflächige Änderungen der Bodenbeläge tagsüber keine relevante thermische Wirkung zeigen. Insgesamt entfalten die zahlreichen Maßnahmen in Kombination jedoch spürbare Summeneffekte, die zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen.

Während die geplanten Maßnahmen tagsüber deutliche Temperaturreduktionen bewirken, sind die nächtlichen Veränderungen gering und bewegen sich meist im Bereich von $-0,7$ bis $+0,3\text{ °C}$. Da keine großflächigen Entsiegelungen durchgeführt wurden, bleibt die nächtliche Wärmeabstrahlung der versiegelten Flächen hoch. Der Klimastein trägt lokal zu einer moderaten Abkühlung bei, insbesondere am Kornmarkt, Lorenzer Platz und Bauhof. Insgesamt zeigen sich tagsüber deutlich stärkere Kühleffekte als in der Nacht.

3.2 Fokusraum 2 - Gewerbegebiet Sandreuth

Modell-Eingangsdaten

Das Gewerbegebiet Sandreuth ist gegenwärtig ein hochverdichtetes Areal mit wenig Grünflächen und Bäumen (Abb. 3.7). Es wird im Westen von Eisenbahnschienen und im Osten vom sog. Frankenschnellweg begrenzt, welcher jedoch nicht Teil des Untersuchungsgebiets ist.

Im klimaoptimierten Beispielszenario (Abb. 3.8) sind zahlreiche Neupflanzungen von Straßenbäumen vorgesehen, unter anderem entlang der Industriestraße, Maybachstraße und Bruckwiesenstraße sowie am Rande der Bahngleise. Auf Parkplätzen werden Bäume in gleichmäßigen Abständen angeordnet, ergänzt durch teilentsiegelte Bodenoberflächen oder helle Pflastersteine. Viele Flachdächer werden extensiv begrünt angenommen, zudem erhalten die Süd- und Westfassaden eine Begrünung zu einem Anteil von 20 %. Eine helle Fassadenfarbe ist ebenfalls an der Südseite einiger Gebäude in die Modellierung eingeflossen.



Abb. 3.7: Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

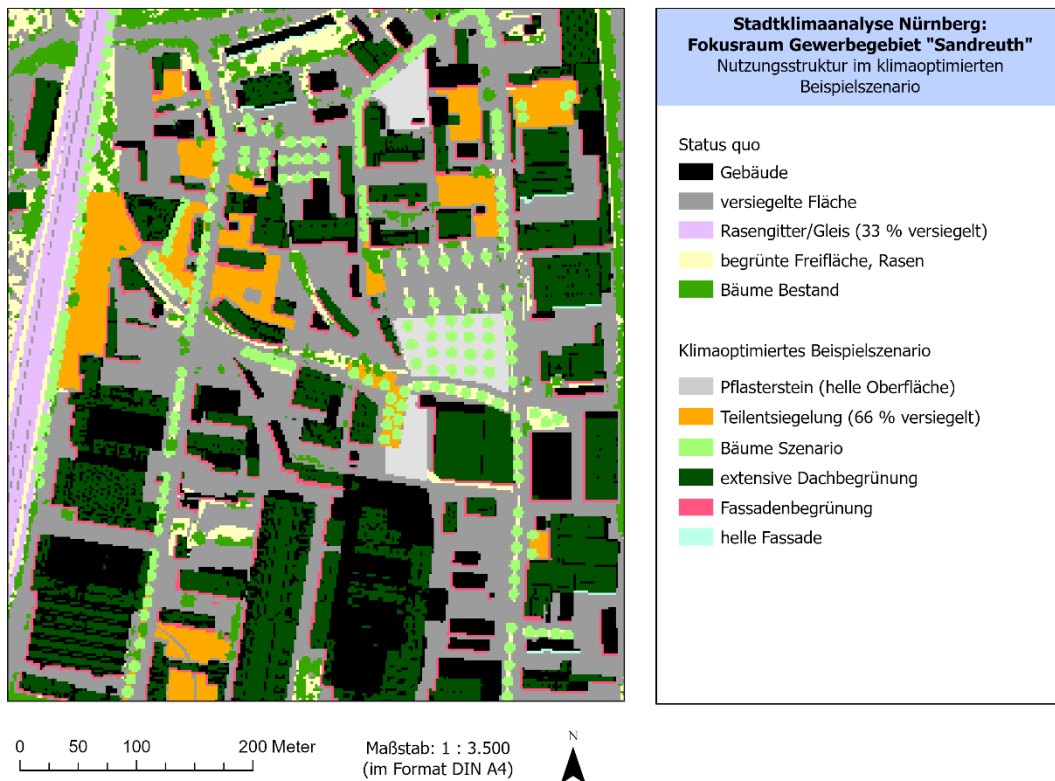


Abb. 3.8: Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

Ergebnisse

Tagsituation

Die höchsten Abnahmen der PET (-14 bis < -17 °C) werden durch Beschattungseffekte der modellierten Straßenbäume, vor allem in der Industriestraße, Bruckwiesenstraße und Maybachstraße erzielt. Auch auf den Parkplätzen an der Maybachstraße ist dieser Effekt gut erkennbar. Die Abkühlung durch die Einzelbäume wirkt noch in 15 Metern Entfernung um -2 bis -4 °C. Der Effekt nimmt mit zunehmender Distanz zum Bereich des Vollschattens jedoch deutlich ab.

Durch die Summenwirkung der zahlreich über das Gebiet verteilten Maßnahmen reduziert sich die PET nahezu flächendeckend um über -1 bis -6 °C. Dazu tragen neben schattenspendenden Bäumen auch die vielen großflächigen Gründächer und begrünten Fassaden bei.

Großflächig teilentsiegelte Plätze kühlen sich in Kombination mit angrenzenden Maßnahmen wie Fassadenbegrünung und Bäumen aufgrund einer gesteigerten Verdunstungskühle um bis zu -10 °C ab.

Zunahmen der PET von +2 bis +8 °C zeigen sich vor Gebäuden mit heller Fassadenfarbe sowie über hellem Untergrund (Pflasterstein mit hoher Albedo).

Durch die verstärkte Reflexion der eintreffenden Sonnenstrahlung wird tagsüber zwar eine höhere Strahlungslast im Außenraum vor der hellen Fassade bzw. über der hellen Oberfläche erzielt, nicht aber in den Innenräumen, da der Baukörper weniger Wärme aufnimmt und somit auch weniger

Wärme ins Gebäudeinnere abgibt. Die hohe Albedo verhindert zudem, dass in der Nacht eine ausgeprägte Wärmeabstrahlung der Baumassen nach außen erfolgt – wie es bei dunklen Oberflächen, die tagsüber mehr Hitze aufnehmen, der Fall wäre.

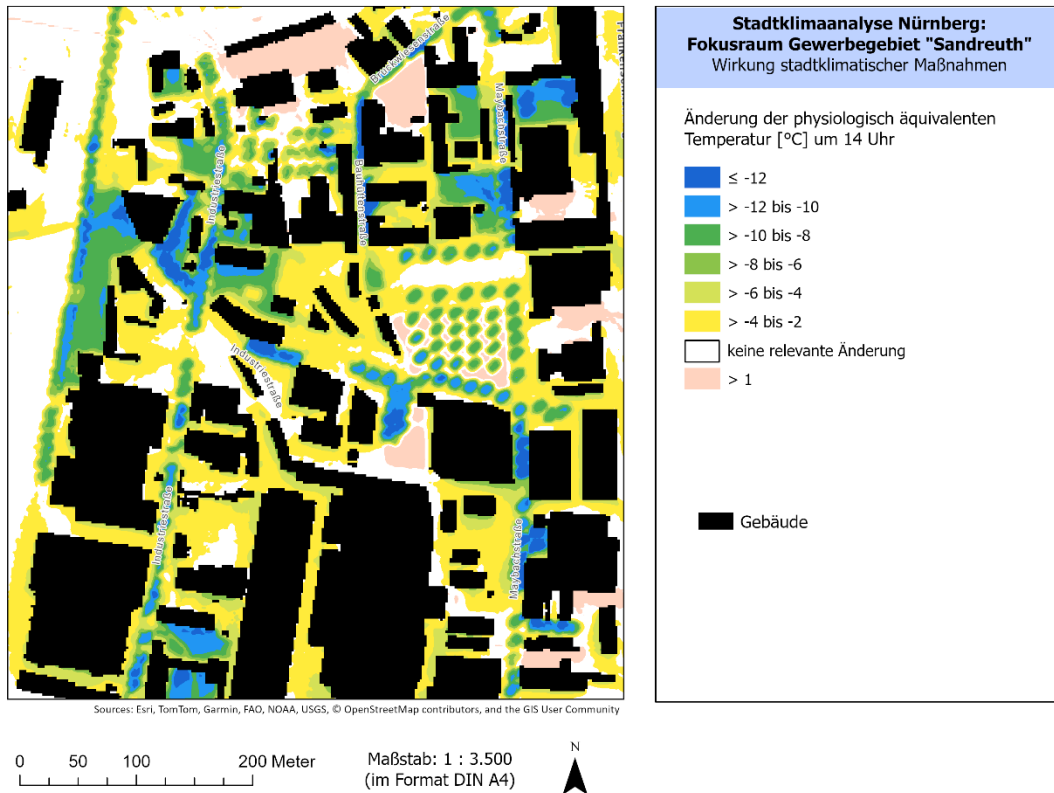


Abb. 3.9 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

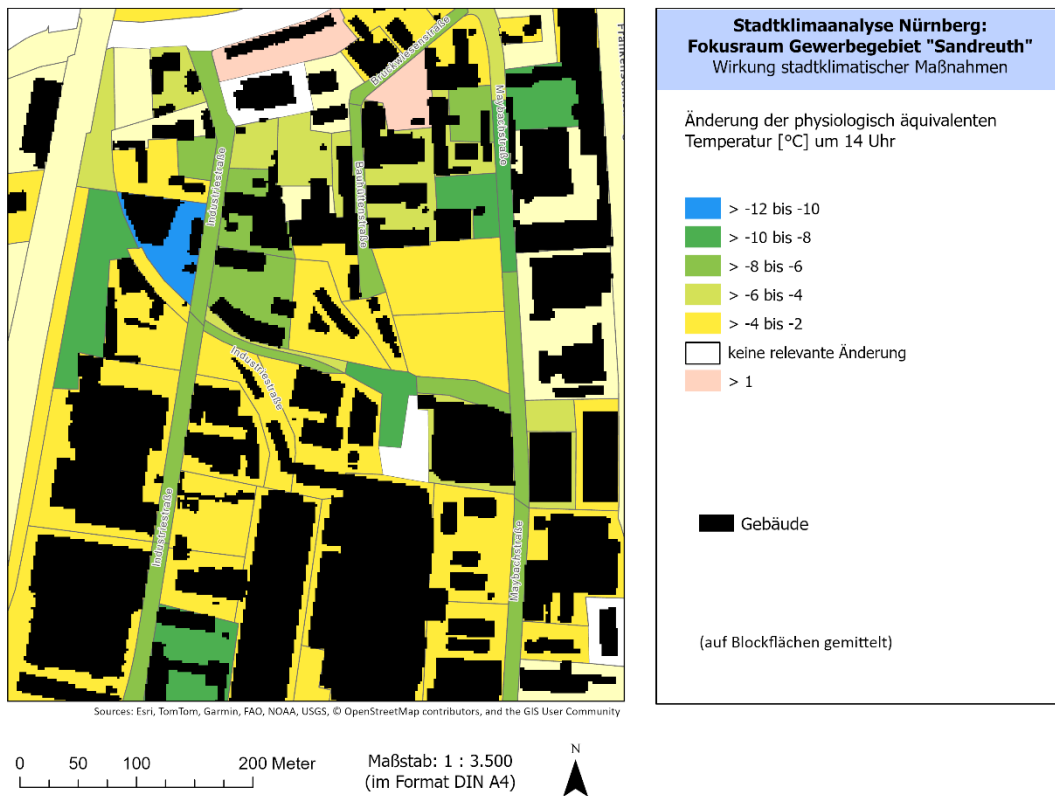


Abb. 3.10 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

Nachtsituation

Nachts kühlt sich das Gewerbegebiet großflächig um $-0,2$ bis $-0,5$ °C ab, in kleineren Bereichen sogar um bis zu -1 °C. Die großflächig verringerte Aufheizung des Gebiets während des Tages bewirkt, im Vergleich zum Status quo, eine stärkere nächtliche Abkühlung.

Durch Dach- und Fassadenbegrünungen sowie helle Fassadenfarben heizen sich die Gebäude tagsüber weniger auf, sodass sie nachts weniger Wärme an die Umgebung abgeben. Dadurch sinkt die Lufttemperatur im Vergleich zum Status quo um etwa $-0,3$ bis $-0,4$ °C.

Besonders ausgeprägt ist die Abkühlung mit $-0,4$ bis $-0,5$ °C auf großflächig teilentsiegelten (Park-)Plätzen. Der helle Pflasterstein kombiniert den Effekt der Teilentsiegelung mit einer erhöhten Rückstrahlung am Tage und kühlt nachts um $-0,6$ °C ab.

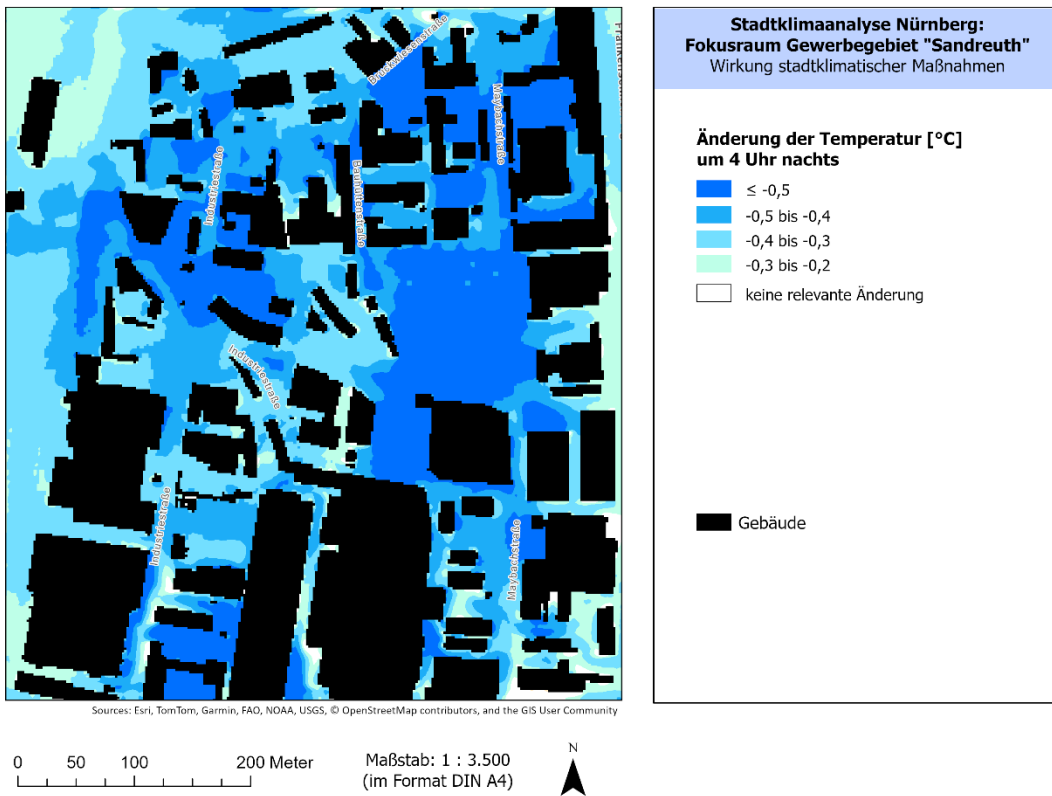


Abb. 3.11: Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

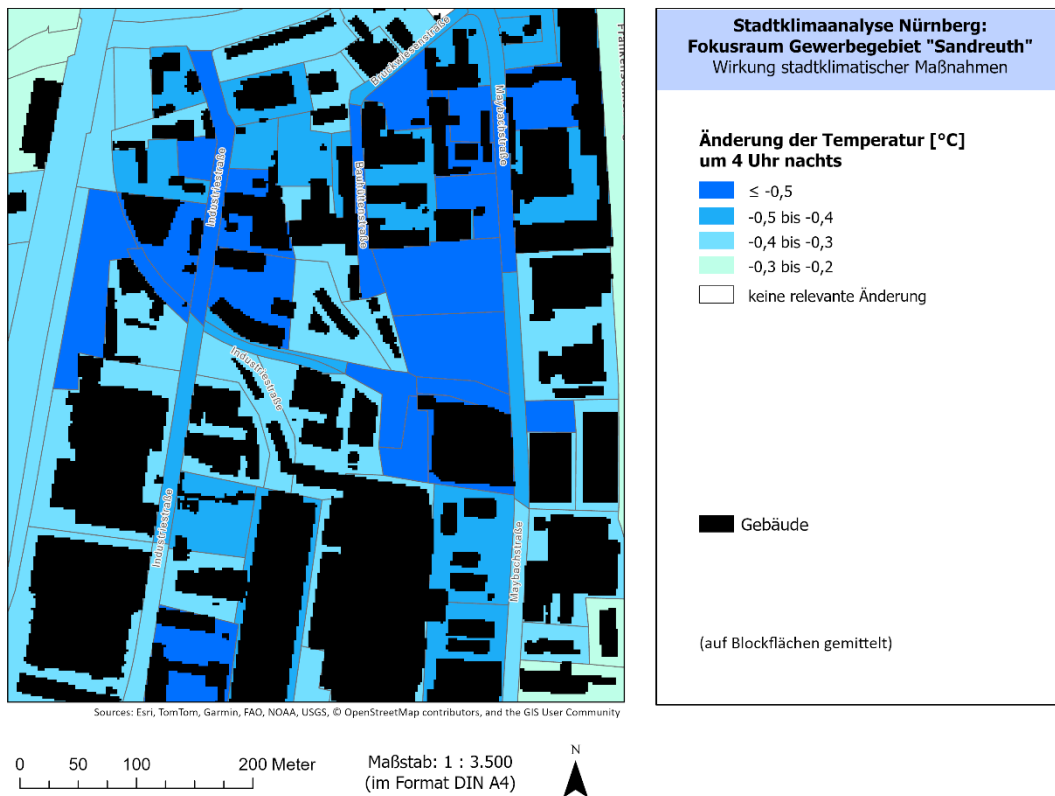


Abb. 3.12 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

Fazit zum Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth

Die geplanten klimaökologischen Maßnahmen führen sowohl tagsüber als auch nachts zu signifikanten Abkühlungseffekten. Tagsüber erzielen die Beschattungseffekte der Straßenbäume in Gebieten wie der Industriestraße, Bruckwiesenstraße und Maybachstraße die höchsten Abnahmen der PET von über -17°C PET, wobei die Wirkung in der Nähe der Bäume am stärksten ist und mit zunehmender Entfernung abnimmt. Zusätzlich tragen großflächige Gründächer und begrünte Fassaden zur flächendeckenden PET-Reduktion von bis zu -6°C bei. In Bereichen mit hellen Fassaden oder Oberflächen kommt es jedoch tagsüber im Außenbereich (im Gegensatz zur Nachtsituation, s.u.) zu PET-Zunahmen, da die hohe Albedo die Sonnenstrahlung verstärkt reflektiert, was zu einer höheren Strahlungslast führt. Positiv wirkt sich dagegen eine hohe Albedo auf das Innenraumklima aus (temperaturmindernde Wirkung).

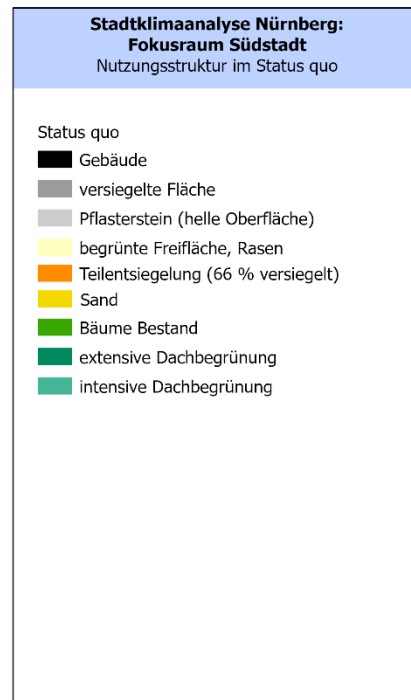
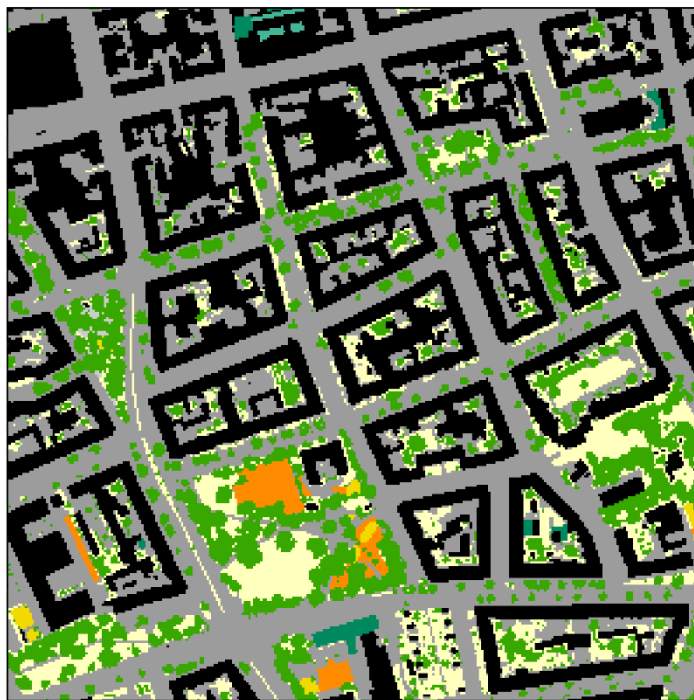
Nachts führen die Maßnahmen zu einer merklichen Abkühlung des Gebiets. Besonders die Dach- und Fassadenbegrünung sowie helle Fassadenfarben sorgen dafür, dass sich die Gebäude tagsüber weniger aufheizen und nachts weniger Wärme abstrahlen, wodurch die Lufttemperatur um etwa $-0,3$ bis $-0,4^{\circ}\text{C}$ sinkt. Auf teilentsiegelten Flächen, insbesondere bei der Kombination aus heller Pflasterung und Teilentsiegelung, ist die Abkühlung besonders ausgeprägt, mit einer Nachttemperaturreduktion von bis zu $-0,6^{\circ}\text{C}$. Insgesamt führt die Summe dieser Maßnahmen zu einer deutlichen Minderung des Wärmeinseleffekts, sowohl tagsüber als auch nachts.

3.3 Fokusraum 3 – Südstadt

Modell-Eingangsdaten

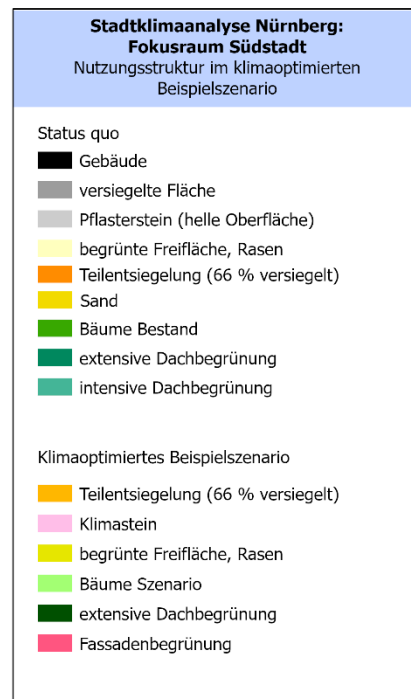
Der dritte Fokusraum liegt in der Nürnberger Südstadt und erstreckt sich vom Maffeiplatz im Süden bis zur Wölckernstraße im Norden. Dieser Bereich ist durch stark versiegelte Straßenzüge und eine dichte Bebauung geprägt, die Bevölkerungsdichte ist vergleichsweise hoch. Die Siedlungsstruktur besteht überwiegend aus geschlossener Blockrandbebauung mit Innenhöfen, die teils begrünt, häufig jedoch versiegelt oder mit Garagen bebaut sind. Grünflächen sind insgesamt rar, Straßenbäume nur in einigen Straßen vorhanden (Abb. 3.13). Zu den wenigen Grünanlagen im Fokusraum gehören der Annapark, der Maffeiplatz sowie der Spielplatz Humboldtplatz und die begrünte Freifläche am Schlösschen Lichtenhof. Der Kopernikusplatz hingegen ist größtenteils versiegelt, verfügt jedoch über einen dichten Bestand großkroniger Bäume. Die zuvor genannten Grünanlagen bieten Rasenflächen und bepflanzte Freiflächen, während Sport- und Spielplätze, etwa im Annapark, teils versiegelte Böden aufweisen. Nur wenige Gebäude verfügen über begrünte Dächer.

Im klimaoptimierten Beispielszenario (Abb. 3.14) werden zahlreiche Straßenbäume sowie Fassadenbegrünungen an allen Süd- und Westfassaden ergänzt. Einige Innenhöfe wie bspw. an der Kopernikusstraße und der Hartmutstraße, werden modellhaft entsiegelt und begrünt. Eine Dachbegrünung erfolgt, gemäß dem Solar- und Gründachportal der Stadt Nürnberg, an potenziell (sehr) gut geeigneten Dächern. Größere Entsiegelungsmaßnahmen finden am Ritter-von-Schuh-Platz, dem Humboldtplatz und in der Paulstraße nördlich der Herz Jesu Kirche statt. Ein Klimastein, welcher Wasser aufnehmen und verdunsten kann, wird im Annapark sowie auf den Schulhöfen der benachbarten Grund- und Realschule modelliert.



0 50 100 200 Meter Maßstab: 1 : 3.500
(im Format DIN A4) N

Abb. 3.13 Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Südstadt



0 50 100 200 Meter Maßstab: 1 : 3.500
(im Format DIN A4) N

Abb. 3.14 Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Südstadt

Ergebnisse

Tagsituation

Im Fokusraum Südstadt sinken die Temperaturen tagsüber flächendeckend um -2 bis über -8 °C. In den durch die modellierten Bäume beschatteten Bereichen beträgt die Abkühlung -14 bis < -17 °C, so auch im Schatten neuer Straßenbäume entlang der Wölkernstraße, der Kopernikusstrasse oder Hartmutstraße. Entsiegelte und mit Bäumen bepflanzte Innenhöfe kühlen sich ebenfalls stark ab (-6 bis -17 K).

Auch Dach- und Fassadenbegrünung tragen ihren Teil zur Abkühlung bei, bspw. nimmt die PET auf dem Schulhof der Kopernikus-Grundschule nördlich des Maffeiplatzes um bis zu -5 °C durch die Fassadenbegrünung ab.

Der Klimastein zeigt tagsüber keine Auswirkung auf die PET. Jedoch reduziert sich diese durch die Summenwirkung der vielen Einzelmaßnahmen auch über teil- bzw. vollständig entsiegelte Flächen wie bspw. am Ritter-von-Schuh-Platz oder am Kopernikusplatz um etwa -5 °C.

Auch hier gilt der Hinweis, dass er aber aufgrund der Versickerungseigenschaften eine wichtige Klimaanpassungsmaßnahme zur Starkregenvorsorge sein kann.

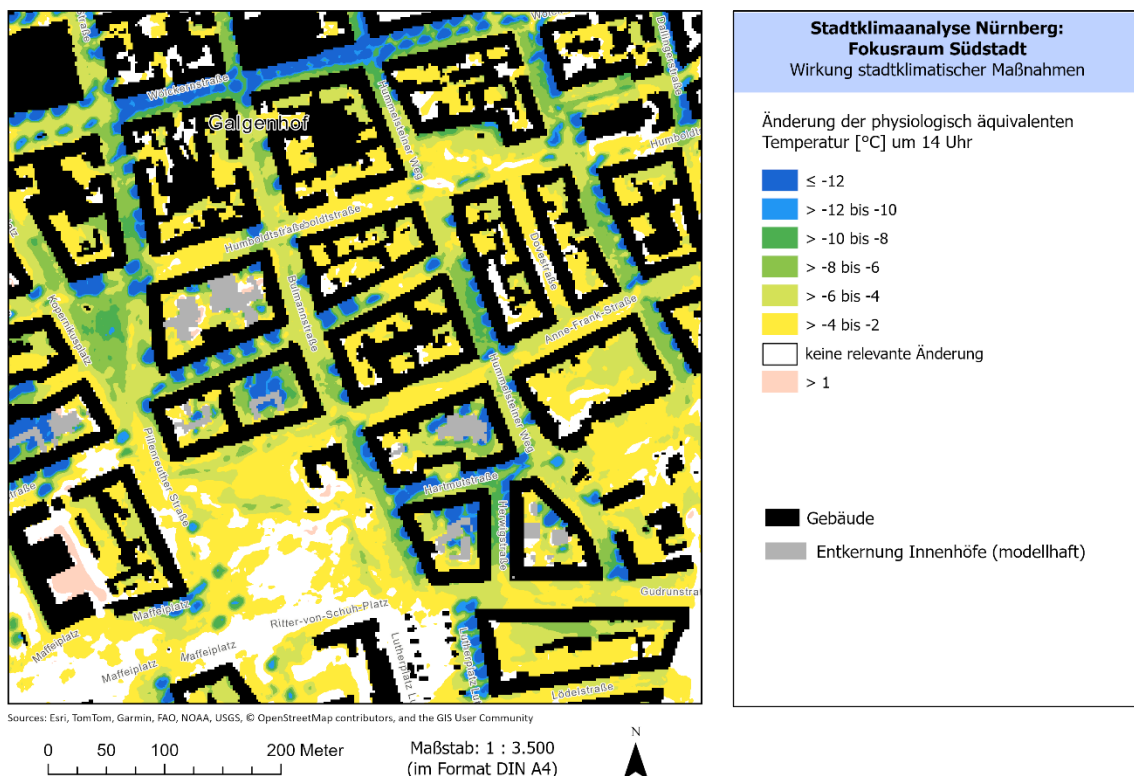


Abb. 3.15 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Südstadt

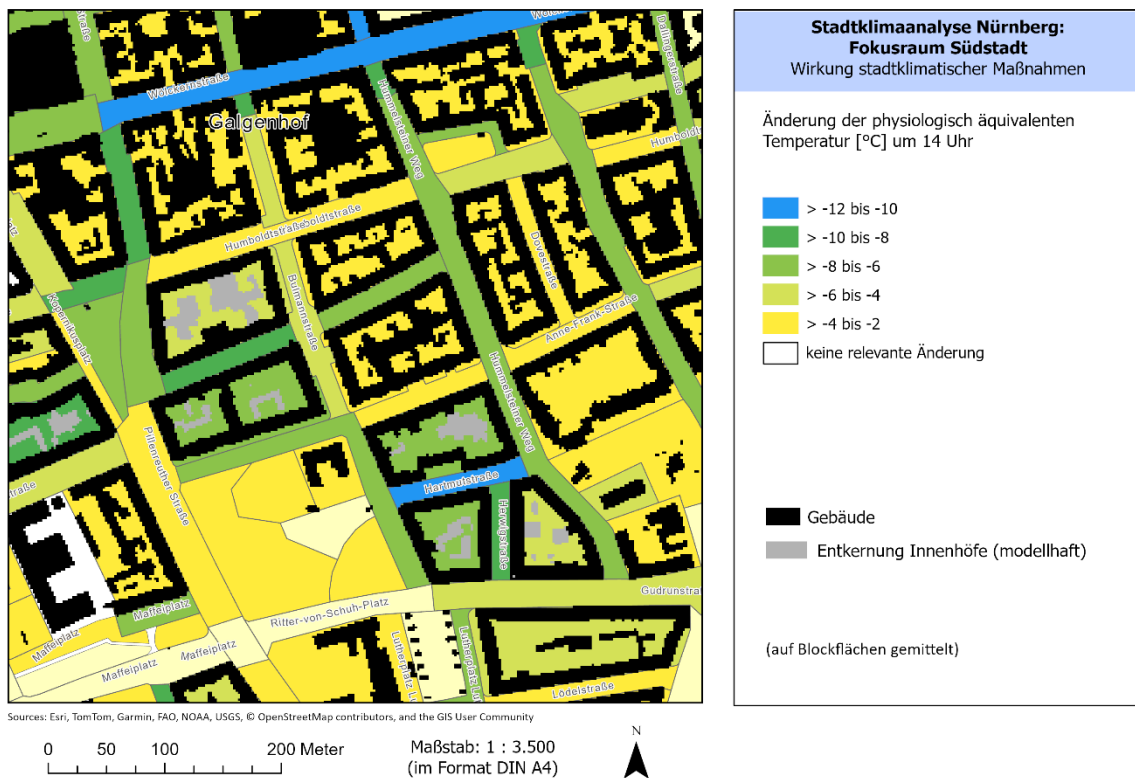


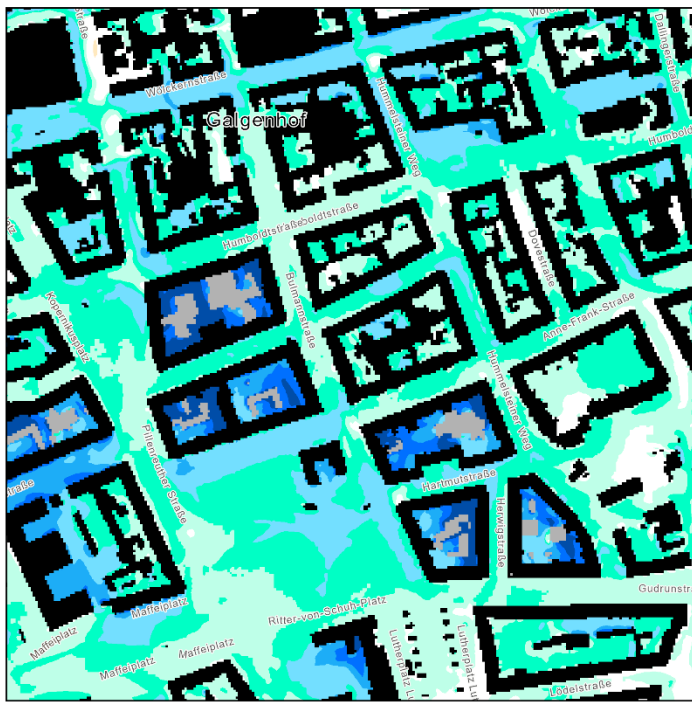
Abb. 3.16 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Südstadt

Nachtsituation

Die zahlreichen Entsiegelungsmaßnahmen zeigen ihre Wirkung vor allem in der Nachtsituation. Die Maßnahmen bewirken im Fokusraum Südstadt eine Abkühlung bis über $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Am Ritter-von-Schuh-Platz kühlt sich die von Asphalt in Rasen umgewandelte Fläche um $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ab. Auch der (teil-)entsiegelte Humboldtplatz, angrenzend zum gleichnamigen Spielplatz, kühlt ähnlich stark ab. In den begrünten und entsiegelten Innenhöfen findet mit $-0,6$ bis über $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ die stärkste Abkühlung statt.

Wird Asphalt großflächig durch den Klimastein ersetzt, sorgt das ebenfalls für eine hohe nächtliche Abkühlung von $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dies ist auf dem Schulhof der Kopernikus-Grundschule, in der Körnerstraße sowie auf dem Gelände der Adam-Kraft-Realschule südlich des Annaparks zu erkennen.

Die zahlreichen Fassadenbegrünungen an Gebäuden bewirken eine geringe Aufheizung der Gebäude tagsüber, sodass diese nachts weniger Wärme an die Luft abgeben. Demzufolge findet eine flächenhafte Abkühlung in den angrenzenden Straßenzügen oder Innenhöfen um etwa $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ statt.



Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community
 0 50 100 200 Meter Maßstab: 1 : 3.500 (im Format DIN A4) N

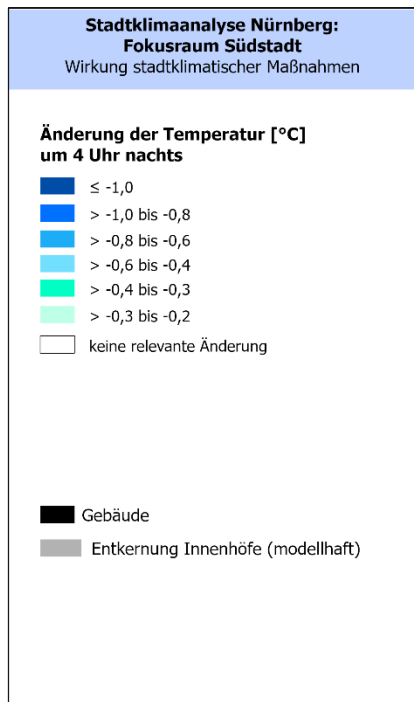
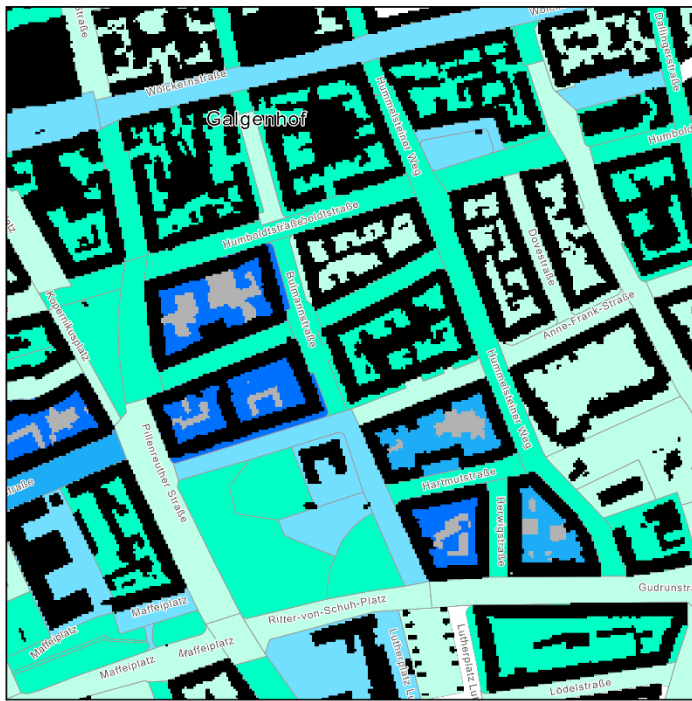


Abb. 3.17 Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Südstadt



Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community
 0 50 100 200 Meter Maßstab: 1 : 3.500 (im Format DIN A4) N

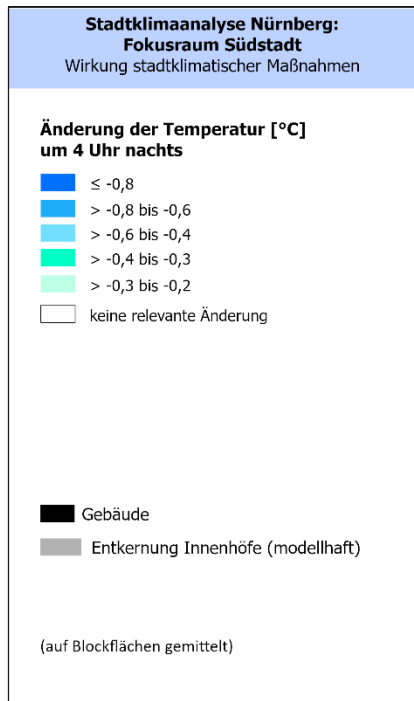


Abb. 3.18 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Südstadt

Fazit zum Fokusraum Südstadt

Im Fokusraum der Südstadt führen die umgesetzten klimaökologischen Maßnahmen zu einer deutlichen Abkühlung sowohl tagsüber als auch nachts. Tagsüber werden die Temperaturen flächendeckend um -2 bis über -8 °C gesenkt, wobei die stärkste Abkühlung in den durch Bäume beschatteten Bereichen wie der Wölckernstraße, Kopernikusstraße und Hartmutstraße auftritt, mit Werten von bis über -17 °C. Auch in entsiegelten Innenhöfen wird eine starke Abkühlung von -6 bis -17 °C erzielt. Die Dach- und Fassadenbegrünung trägt ebenfalls zur Temperaturreduktion bei, wie am Beispiel der Kopernikus-Grundschule zu sehen ist, wo die PET um bis zu -5 °C sinkt.

Der Klimastein zeigt tagsüber zwar keine Auswirkungen auf die PET, trägt jedoch zur thermischen Regulation bei, insbesondere durch seine erhöhte Fähigkeit zur Versickerung und Verdunstung. Die Summenwirkung der verschiedenen Maßnahmen führt zudem auf teil- und vollständig entsiegelten Flächen zu einer Abkühlung von etwa -5 °C.

Nachts zeigen vor allem Entsiegelungsmaßnahmen ihre Wirkung, die in den entkernten Innenhöfen eine Abkühlung von über -1 °C bewirken. Die Fassadenbegrünung trägt dazu bei, dass die Gebäude nachts weniger Wärme abstrahlen, was zu einer flächenhaften Abkühlung in den angrenzenden Bereichen führt. Insgesamt zeigt sich, dass die Vielzahl an Maßnahmen eine nachhaltige Temperaturregulation im Gebiet bewirkt.

4. Schlussfolgerungen

Die mikroskalige Wirkungsanalyse der Klimaanpassungsmaßnahmen erfolgte mithilfe des validierten 3D-Klimamodells *ASMUS_green*, das auf einem hochauflösenden 2 m × 2 m-Modellgitter basiert. Damit konnten detaillierte Simulationen der Wind- und Temperaturverteilung sowie der thermischen Behaglichkeit in den Fokusräumen durchgeführt werden. Bewertet wurden die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) am Tag (14 Uhr) und die Lufttemperatur in der Nacht (4 Uhr) unter sommerlich-heißen Wetterbedingungen. Die Ergebnisse der Modellierungen lassen sich grundsätzlich auf ähnlich strukturierte Stadträume in Nürnberg übertragen, sofern vergleichbare mikroklimatische und bauliche Rahmenbedingungen vorliegen.

Wirkung der Maßnahmen am Tag

Tagsüber entfalten die Maßnahmen in allen Fokusräumen starke thermische Effekte und senken die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) deutlich:

- Großkronige Bäume sind das wirksamste Element. Sie bewirken lokal PET-Absenkungen von bis über **-17 °C**
- Entsiegelte und baumbestandene Innenhöfe (Südstadt) leisten ebenfalls starke Beiträge mit Abkühlungen von **-6 bis -17 °C**.
- Dach- und Fassadenbegrünungen erzielen PET-Reduktionen von bis zu **-6 °C**.
- In der Altstadt leisten die modellierten Wasserflächen einen lokal begrenzten Beitrag von etwa **-2 bis -6 °C**.
- Kleinflächige Bodenbelagsänderungen zeigen, im Gegensatz zu großflächigeren Bodenbelagsänderungen, kaum Wirkung.

Insgesamt zeigt sich, dass die Tagwirkung besonders dort stark ausfällt, wo mehrere Maßnahmen kombiniert werden. Die höchsten Effekte wurden durch Verschattung von Bäumen erzielt, gefolgt von großflächig umgesetzten Fassadenbegrünungen. Entsiegelungsmaßnahmen ohne eine zusätzliche Verschattung zeigen hingegen keinen großen Effekt.

Wirkung der Maßnahmen in der Nacht

Nachts fällt die Wirkung der Maßnahmen differenzierter aus. Die Temperaturreduktionen sind geringer, aber vorhanden – vor allem in Bereichen mit Entsiegelung und Begrünung:

- Entsiegelungsmaßnahmen in Innenhöfen bewirken nächtliche Lufttemperatursenkungen von über **-1 °C**.
- Auch Fassadenbegrünungen tragen durch reduzierte nächtliche Wärmeabstrahlung zu einer flächenhaften Abkühlung von etwa **-0,2 bis -0,4 °C** bei.
- Teilentsiegelte Flächen und eine helle Pflasterung minimieren die nächtliche Wärmeabstrahlung und führen zu einer Lufttemperaturreduktion von **-0,3 bis -0,6 °C** (s. Bsp. Modellierung Gewerbegebiet Sandreuth)
- Einzelne Materialien wie der Klimastein zeigen nur lokal eine leichte Wirkung von rund **- 0,2 bis -0,4 °C** (z. B. Kornmarkt, Lorenzer Platz) wenn nur kleinflächige Entsiegelungsmaßnahmen in einem Gebiet mit hoher Versieglungsdichte durchgeführt werden (s. Bsp. Modellierung Altstadt).

In der Nachtsituation geht die stärkste Wirkung von großflächigen Entsiegelungsmaßnahmen aus, wie bspw. in den entsiegelten Südstädter Innenhöfen oder teilentsiegelten Plätzen im Gewerbegebiet. Auch helle Oberflächenbeläge senken die Nachttemperatur im ähnlichem Maß wie eine Teilentsiegelung. Im Vergleich dazu zeigen wasserduchlässige Beläge wie der Klimastein eine etwas geringere Wirkung. Die großflächig umgesetzte Fassadenbegrünung wirkt sich ebenfalls auf die Nachtsituation aus, wodurch hierbei besonders flächendeckende Abnahmen im Straßenraum feststellbar sind.

Abbildungen

Abb. 3.1 Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Altstadt	6
Abb. 3.2 Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Altstadt	7
Abb. 3.3 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Altstadt.....	9
Abb. 3.4 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Altstadt	9
Abb. 3.5 Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Altstadt	10
Abb. 3.6 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Altstadt	11
Abb. 3.7: Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth.....	12
Abb. 3.8: Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth	13
Abb. 3.9 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth ...	14
Abb. 3.10 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth	15
Abb. 3.11: Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth	16
Abb. 3.12 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Gewerbegebiet Sandreuth	16
Abb. 3.13 Nutzungsstruktur des Status quo im Fokusraum Südstadt	18
Abb. 3.14 Nutzungsstruktur des klimaoptimierten Beispielszenarios im Fokusraum Südstadt	18
Abb. 3.15 Änderung der Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Südstadt	19
Abb. 3.16 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Wärmebelastung am Tage (PET) im Fokusraum Südstadt.....	20
Abb. 3.17 Änderung der Nachttemperatur im Fokusraum Südstadt.....	21
Abb. 3.18 Änderung der auf Blockflächen gemittelten Nachttemperatur im Fokusraum Südstadt	21

Tabellen

Tab. 1 Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET in den Tagesstunden (Auszug nach VDI 3787, Blatt 2, 2022).	4
Tab. 2: Maßnahmen der Szenarienmodellierung.	5

Im Auftrag der
Stadt Nürnberg
Umweltamt
Bauhof 2
90402 Nürnberg

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Hannover, den 14. August 2025

Lara Wichmann

Lara Wichmann

M. Sc. Landschaftswissenschaften