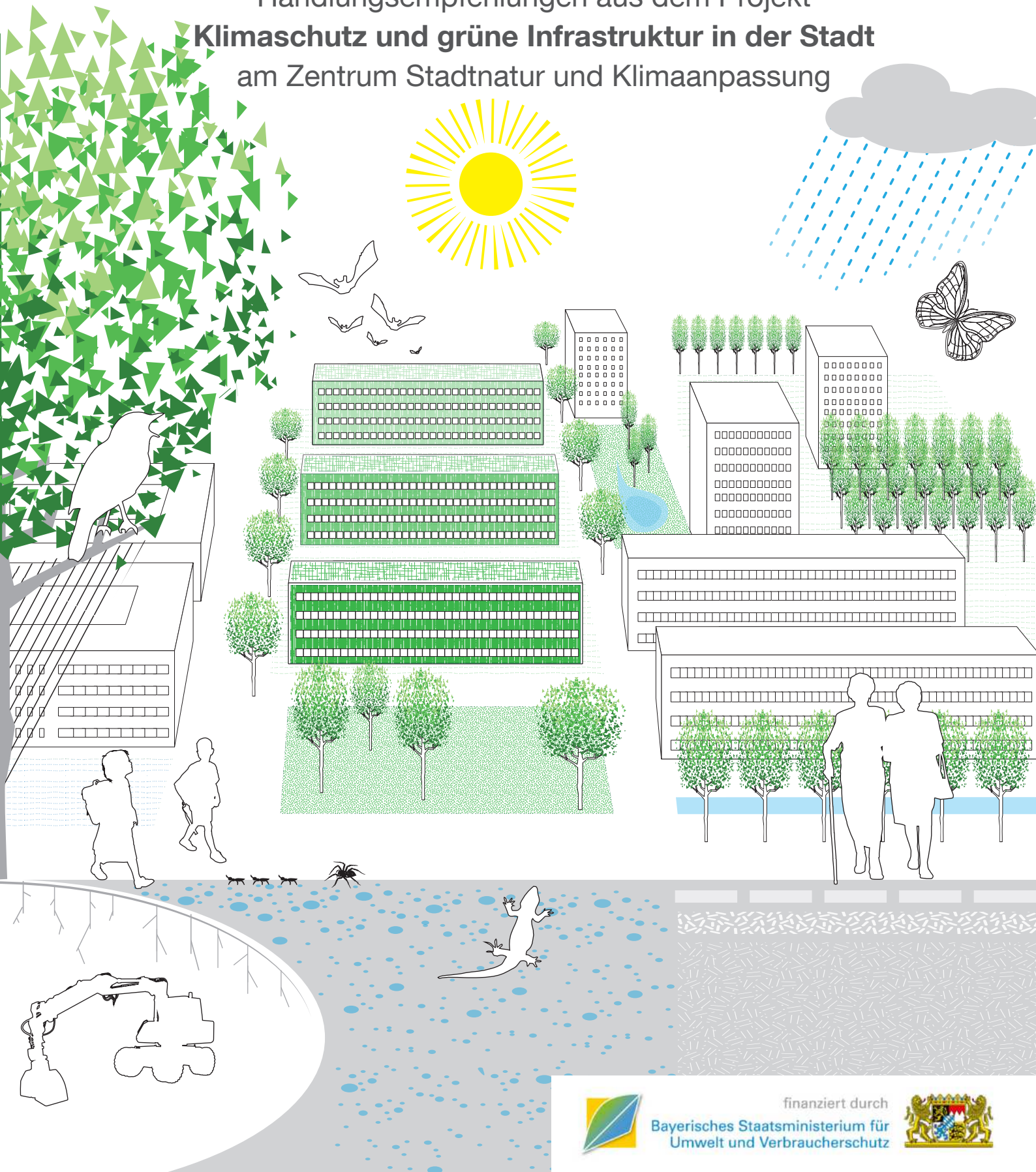


Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern

Handlungsempfehlungen aus dem Projekt
Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt
 am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung



Impressum

Herausgeber

Technische Universität München
Arcisstraße 21, 80333 München

Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung

Teilprojekt 1: Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt

Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen

Prof. Dr.-Ing. Werner Lang

Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung

Prof. Dr.-Ing. Stephan Pauleit

Bearbeitung

Julia Brasche

Georg Hausladen

Johannes Maderspacher

Rupert Schelle

Teresa Zölch

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Nikolaus Arpé, Farzan Banihashemi, Nora Fensch, Florian Fischer, Thomas Gaiser,
Lena Kruse, Timo Limmer, Christian Vötter, Robert Wager, Michaela Weinberger

Lektorat

Elisabeth Grenzebach
www.wortwirtschaft.de

Finanziert durch

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

Druck

StMUV, 2020

**Besonderer Dank gilt den VertreterInnen der Partnerstädte München und Würzburg
für ihren wertvollen Input während der Erstellung dieses Leitfadens.**

Leitfaden für klimaorientierte Kommunen in Bayern

Handlungsempfehlungen aus dem Projekt
Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt
am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung

Inhalt

Vorwort	7
Zusammenfassung deutsch/englisch.....	10
1 Einleitung.....	14
2 Klimawandel und Stadtnatur in bayerischen Städten	17
2.1 Klimawandelauswirkungen.....	18
2.2 Vulnerabilität von Städten	22
2.3 Herausforderung für drei Siedlungstypen	24
3 Integrative Betrachtung von Klimaschutz und Klimaanpassung.....	27
3.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz	28
3.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur.....	30
3.3 Urbane Lebensräume.....	32
3.4 Integration in die Stadtentwicklung.....	34
4 Blockbebauung	37
4.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz	38
4.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur.....	40
4.3 Urbane Lebensräume.....	42
4.4 Umsetzungsmöglichkeiten.....	46
4.5 Maßnahmenempfehlungen	48
5 Zeilenbebauung.....	53
5.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz	54
5.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur.....	56
5.3 Urbane Lebensräume.....	58
5.4 Umsetzungsmöglichkeiten.....	62
5.5 Maßnahmenempfehlungen	64
6 Historischer Stadtkern.....	69
6.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz	70
6.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur.....	72
6.3 Urbane Lebensräume.....	74
6.4 Umsetzungsmöglichkeiten.....	78
6.5 Maßnahmenempfehlungen	80
7 Umsetzbarkeit der Ergebnisse	84
8 Quellenverzeichnis	88
9 Abbildungsverzeichnis	90
10 Tabellenverzeichnis	93



Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

„Viele der entstehenden Risiken des Klimawandels ballen sich in urbanen Gebieten“, so der Weltklimarat in seinem 5. Sachstandsbericht zu den Folgen des Klimawandels. Und diese Risiken nehmen rapide zu: Bis zum Ende des Jahrhunderts könnte in Mitteleuropa subtropisches Klima herrschen wie heute in Nordafrika, warnte der Weltklimarat erst im vergangenen Jahr. Für unsere Städte bedeutet das langanhaltende Backofenhitze und Trockenheit im Sommer, mit allen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner. Hinzu kommt ein wachsendes Risiko heftiger Unwetterereignisse mit Stürmen, Hagel und Überschwemmungen.

Umso wichtiger ist, sich klug und frühzeitig auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten. Der vorliegende Leitfaden möchte Sie dabei unterstützen. Seine zentrale Botschaft lautet: „Die klimaresiliente Stadt der Zukunft atmet frische Luft mit grünen Lungen!“ Eine Nutzung natürlicher Ökosystemleistungen ist ein wesentlicher Schlüssel für urbane Lebensqualität im Klimawandel: Stadtbäume und Grüngürtel spenden Schatten, kühlen und befeuchten die Luft. Grünflächen bieten Retentionsbereiche für Starkregen und sind ein Refugium für die Artenvielfalt. Neben Klimaverbesserung und Hochwasserschutz entstehen attraktive urbane Naherholungsgebiete – Flora, Fauna und Menschen gewinnen! Innovative Ideen dazu hat das „Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung“ an der Technischen Universität München (www.zsk.tum.de) für Sie in diesem Leitfaden zusammengefasst. Fachleute und Wissenschaftler aus Architektur, Landschaftsplanung, Ingenieurwissenschaften, Baubotanik und Ökologie arbeiten hier Hand in Hand mit Kommunen und Fachbehörden. Der Leitfaden soll heuer erstmals auch in englischer Sprache erscheinen, denn wir wollen eine länderübergreifende Diskussion über die nachhaltige Stadt der Zukunft anstoßen.

Alle Anstrengungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels müssen mit einer engagierten Reduktion der Emission von Treibhausgasen einhergehen. Bis 2050 soll Bayern klimaneutral werden, so sieht es der Entwurf zum Bayerischen Klimaschutzgesetz vor. Bis 2030 wollen wir dazu die Treibhausgasemissionen Bayerns um 55 Prozent senken. Die verbleibenden Emissionen wollen wir über eine bayerische Kompensationsplattform an der Bayerischen Landesagentur für Energie und Klimaschutz ausgleichen. Ich bitte Sie herzlich: arbeiten Sie engagiert daran mit – ohne unsere Städte geht es nicht! Sie können dabei auf staatliche Unterstützung und Förderung zum Beispiel für kommunales Energie- und Klimamanagement bauen. Auch unsere Plattform wird dafür zur Verfügung stehen.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen nun eine spannende Lektüre!

Herzlichst, Ihr

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a horizontal line and a small flourish.

Thorsten Glauber, MdL
Bayerischer Staatsminister für Umwelt und Verbraucherschutz



Vorwort



Mit dem aktuellen Entwicklungsdruck in den Wachstumsregionen Deutschlands hat die Bedeutung der „Stadt der kurzen Wege“ in der Stadtentwicklungspolitik eine ganz neue Dimension erlangt. Die Bauplanungsrechtsnovelle 2017 hat Städten und Gemeinden mit dem „Urbanen Gebiet“ ein Instrument an die Hand gegeben, neue Wohnquartiere zukünftig mit hoher Nutzungsdichte und kleinteiliger Nutzungsmischung entwickeln zu können. Die Flächenknappheit und die damit verbundene Explosion der Bodenpreise hat eine Debatte angestoßen, wie Baulücken und Brachflächen möglichst flächeneffizient genutzt werden können.

Abstandsflächentiefen und Gebäudehöhen werden unter ganz anderen Vorzeichen als noch vor zehn Jahren diskutiert. Der Nutzungsdruck macht auch vor Grün- und Freiflächen nicht halt. Als Lösungsweg wird hier zunehmend die Multifunktionalität der Flächen ins Feld geführt.

Die jüngsten Prognosen des Bayerischen Landesamtes für Statistik drohen die Debatte noch weiter anzukurbeln. Für die ohnehin schon dicht bebaute Region München wird bis 2035 ein Bevölkerungszuwachs um rund 14 Prozent gegenüber 2015 vorausberechnet. Im Großraum zwischen Augsburg, Regensburg, Landshut und Rosenheim und im Ballungsraum Nürnberg sind ebenfalls deutliche Zuwächse zu erwarten.

Doch die Debatte darf nicht auf die bauliche Entwicklung einer Stadt beschränkt bleiben, sie muss gleichzeitig die Erhaltung, Weiterentwicklung und Qualifizierung des städtischen Grüns im Blick haben. Grün- und Freiflächen sind unter klimatischen und sozialen Aspekten der notwendige Ausgleich von Dichte und Nutzungsmischung. Eine nachhaltige Stadtentwicklung setzt auf eine klimaangepasste Freiraumentwicklung.

Schon heute ist es augenfällig, dass sich Städte höheren Klimaschwankungen ausgesetzt sehen. In den Sommermonaten macht oft große Hitze der Stadtbevölkerung zu schaffen, ebenso hohe Schadstoffkonzentrationen in der Luft. Starkregen führt immer häufiger zu Sturzfluten und Überstauungen der Kanalisation. Gebietsfremde Arten, die zunehmend städtische Wärmeinseln besiedeln, verdrängen heimische Fauna und Flora. Kann diese Entwicklung trotz aller Verdichtungsprozesse aufgefangen werden?

Die Ergebnisse dieses Leitfadens machen Hoffnung. Städten und Gemeinden werden Strategien und Wege aufgezeigt, wie sich die Herausforderungen des Klimawandels auch in dicht bebauten Stadtquartieren bewältigen lassen. Der Bayerische Städtetag dankt dem Zentrum für Stadtnatur und Klimaanpassung, sich dieser Thematik angenommen zu haben.



Bernd Buckenhofer
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Bayerischen Städtetags

Zusammenfassung

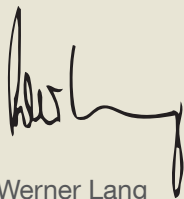
Dieser Leitfaden hat das Ziel, Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen für bayerische Städte in aufeinander abgestimmten Strategien zu entwickeln. Das Teilprojekt am Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung an der TU München untersucht, wie sich steigende Temperaturen und zunehmende Starkregenereignisse auf dicht bebaute, stark versiegelte Siedlungstypen wie Block- und Zeilenbebauung sowie historische Stadtkerne auswirken und wie ihnen zu begegnen ist.

Der voranschreitende Klimawandel lässt vermuten, dass der Heizenergiebedarf und damit die Notwendigkeit zur energetischen Sanierung von Gebäuden abnimmt. Doch die Ergebnisse zeigen, dass ein erhöhter Wärmeschutz weiter wichtig ist. Allerdings wird in Zukunft der sommerliche Kühlbedarf in Gebäuden sowie im Freiraum zunehmen und Energieeinsparbemühungen im Gebäudebestand konterkarieren. Hier helfen bauliche Maßnahmen wie Sonnenschutzsysteme vor Fenstern und Maßnahmen aus dem Bereich grüne Infrastruktur, Gebäude und Freiräume zu verschatten und das Umfeld zu kühlen. Eine klimaangepasste Stadtentwicklung erfordert es, den Baumbestand zu sichern, neue Bäume zu pflanzen sowie Fassaden und Dächer zu begrünen. Der erhöhte Grünanteil hilft, auch dichte Stadtquartiere an den Klimawandel anzupassen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen machen deutlich: Die Herausforderungen des Klimawandels lassen sich auch in dicht bebauten Stadtquartieren bayerischer Städte bewältigen! Sie erfordern aber die Entwicklung und Umsetzung von umfassenden, eng aufeinander abgestimmten Strategien und Maßnahmen für Klimaschutz und -anpassung. Diese verbessern die Energieeffizienz und die klimatischen Verhältnisse und fördern zugleich die Aufenthaltsqualität in den Freiräumen und die Biodiversität. Entsprechende Maßnahmen sind bereits jetzt in die Wege zu leiten, da nicht nur Planungs- und Umsetzungsprozesse im städtischen Umfeld entsprechend Zeit beanspruchen, sondern auch das Wachstum von Bäumen langsam vonstattengeht.

Im Rahmen der kommunalen Planungshoheit sind Ziele für Klimaschutz und -anpassung in die vorhandenen Planungsinstrumente der Bauleitplanung und in sektorale Planwerke zu integrieren und die Möglichkeiten zu ihrer Umsetzung durch Satzungen und Förderinstrumente auszunutzen. Für integrierte Ansätze müssen Kommunen die unterschiedlichen Sektoren der Verwaltung an einen Tisch bringen, Akteure der Zivilgesellschaft einbeziehen und verstärkt interkommunal zusammenarbeiten.

Aufgrund des enormen Siedlungsdrucks in vielen bayerischen Kommunen ist in Zukunft vermehrt darauf zu achten, die Nachverdichtung auch unter dem Aspekt des Klimaschutzes und der Klimaanpassung zu planen. Zur Wirkung entsprechender Maßnahmen hinsichtlich der baulichen Nachverdichtung sind weitere detaillierte Untersuchungen anzustellen. Der Untersuchungsansatz des Zentrums Stadtnatur und Klimaanpassung ist dementsprechend auf unterschiedlichen Maßstabsebenen weiterzuführen.



Werner Lang
Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung, Technische Universität München



Stephan Pauleit

Die wichtigsten Handlungsempfehlungen:

1. Zukünftige Klimabedingungen sind bei den Planungen von heute zu berücksichtigen. Klimaprognosen zeigen, dass Hitzeperioden und Extremwetterereignisse gerade in Städten weiter zunehmen werden.
2. Energetische Sanierung bleibt aus Klimaschutzsicht notwendig, obwohl der Klimawandel tendenziell den Heizenergiebedarf reduziert. Der Heizenergiebedarf wird jedoch auch in Zukunft den größten Anteil am Energiebedarf ausmachen.
3. Um Kosten und CO₂-Emissionen durch den potenziell steigenden Kühlenergiebedarf einzuschränken, sollten passive Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz (u. a. Sonnenschutz und Lüftung) eingeplant werden.
4. Stadtgrün und Freiflächen sind unter quantitativen und qualitativen Aspekten zu bewerten. In der Stadt als Lebensraum hängt das Wohl des Menschen auch ab von Pflanzen bzw. deren Ökosystemleistungen, d. h. den Vorteilen, die der Mensch von Ökosystemen beziehen kann, wie Schattenspende, Luftbefeuchtung oder die Bereitstellung ansprechender Umwelt für Freizeit und Erholung.
5. Bäume haben den größten Einfluss auf das urbane Mikroklima. Sie kühlen durch Verdunstung und verschatten Höfe, Straßen und Plätze. Sie sind für den Erhalt der Biodiversität von großer Bedeutung. Der Baumbestand in der Stadt sollte geschützt werden. Bei Neupflanzungen sollte auf klimatolerante Baumarten geachtet und ausreichend Wurzelraum eingeplant werden.
6. Begrünte Dächer und Fassaden wirken sich aufgrund von Verschattung und Verdunstung kühlend auf die nähere Umgebung aus. Sie haben einen regulierenden Effekt auf das urbane Mikroklima. An heißen Tagen können sie die gefühlte Temperatur merklich senken. Kommunale Förderprogramme sollten private Begrünungsmaßnahmen unterstützen.
7. Grünflächen dienen auch der Versickerung. Insbesondere Dachbegrünungen haben ein hohes Retentionspotential. Entsiegelungsmöglichkeiten auf öffentlichen Plätzen sind zu prüfen. Anreize für Entsiegelungen privater Flächen können über kommunale Förderungen geschaffen werden.
8. Zu beachten sind unterschiedliche Ansprüche und Potenziale von Stadtgrün, z.B. in Bezug auf Nutzungsmöglichkeiten und Artenvielfalt, wenn über die Gestaltung von Grün- und Freiflächen entschieden wird.
9. Freiflächengestaltungssatzungen können Grün- und Freiflächen vorausschauend als grünes Netzwerk sichern und entwickeln. Gutachten über die klimatische Bedeutung der jeweiligen Flächen sollten bereits in frühen Planungsphasen eingeholt werden.
10. Informelle Planungsinstrumente, z. B. städtebauliche Verträge zur Festlegung von Grünflächenanteilen bieten großes Potenzial, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen. Die Planung von Netzwerken aus Grün- und Freiflächen mit vielfältigen Funktionen und Nutzen kann als „grüne Infrastruktur“ die Anpassung von Gemeinden an den Klimawandel, die Lebensqualität für ihre Bürger und den Schutz der Stadtnatur entscheidend fördern.

Abstract

There is an urgent need for the development and implementation of integrated strategies for climate change mitigation and adaptation in urban areas. Urban green infrastructure, i.e. networks of urban green and blue spaces providing multiple ecosystem services, is considered key in this context. The project “Climate protection and green infrastructure in the city” at the Centre of Urban Ecology and Climate Adaptation explored the potential of roof and facade greening, greened courtyards and street trees to achieve climate mitigation and adaptation goals at the same time using a novel, integrated approach. The starting point for the project was an analysis of future climate change impacts in Bavaria, which was used as a backdrop for the following research questions: What is the effect of different green infrastructure measures on the urban microclimate? What is the effect of climate change on different refurbishment strategies for the building stock? What is the impact of green infrastructure measures on biodiversity? How can those measures improve quality of life in urban neighbourhoods? The study covered three different urban fabric types that can be found in Bavarian cities. The last stage of the project included an evaluation of the possibilities and barriers of municipalities for the implementation of urban green infrastructure.

The scientific results of the project were translated into guidelines for urban planners to support them in prioritising their actions for effective climate mitigation and adaptation using urban green infrastructure. These decision processes are often complex and require balancing a range of different interests in the city. Therefore, multifunctional green infrastructure measures which deliver synergies for climate mitigation and adaptation as well as biodiversity and quality of life should be especially supported and implemented.

Key messages for urban planners:

1. Take into account future conditions in today's planning. Extreme heat and weather events are increasing.
2. Even though climate change will reduce heating demand in general, building refurbishment is still essential since heating will remain the largest share of energy demand.
3. To guard against costs and emissions from increasing cooling demands, passive techniques like natural ventilation should be planned.
4. Evaluating green infrastructure from a quantitative and qualitative perspective is important. The well-being of society depends greatly on the provision of ecosystem services by urban vegetation.
5. Green infrastructure cools the urban microclimate and hence improves thermal comfort for pedestrians. Trees have the largest cooling potential as they provide shading and evapotranspiration at the same time. Moreover, they provide habitats and increase biodiversity. The existing tree stock should be preserved and sufficient rooting space for new plantings should be allocated.
6. Green roofs and facades cool the nearby environment by evapotranspiration and shading. They can significantly improve perceived temperature on hot days. Incentive programmes should support their installation and maintenance on private property.
7. Green space also improves infiltration. Especially green roofs have a high rainwater retention potential. It's important to assess the potential for greening sealed surfaces on public property. Incentives for creating more pervious or semi-pervious surface on private property may be accomplished through public programmes such as waiving rainwater runoff fees.
8. Varying demands and potentials need to be considered when designing green and open spaces in cities (e.g. potential for use, biodiversity).
9. City statutes are the most powerful municipal legal instruments at hand. Use legal means to the extent possible, for example with open space design regulations. The landscape plan in particular allows the most room to secure and develop green and open space as a network. Try to obtain appropriate surveys regarding climactic value already in early planning phases.
10. Informal planning instruments such as urban development contracts to determine percentages of green space are an option that should be used more often. Adoption of municipal strategies is recommended for the long-term development of urban green infrastructure.

Planning networks of green and open space with diverse functions and uses as 'green infrastructure' can support climate change adaptation in cities as well as quality of life for their residents.

1 Einleitung

Städte sind von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffen: Häufiger werdende Hitzewellen sind in Städten aufgrund von Versiegelung und dichter Bebauung viel problematischer als im Umland. Auch kühlen Städte über Nacht schlecht aus. Mehrere Hitzetage hintereinander sind zudem ein Gesundheitsrisiko für die Stadtbevölkerung; sie gefährden Pflanzen und Tiere. Starkniederschläge strapazieren die Kanalisation in Städten und setzen ganze Straßenzüge unter Wasser – wenn zu wenig Versickerungsflächen oder Ableitungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Handlungsfeld Stadt

Doch Städte bieten auch Handlungsfelder: Eine Umstellung auf regenerative Energieträger und ein effizienterer Energieeinsatz sind hier dringend und lohnend. Vor allem im Gebäudebestand lassen sich Treibhausgasemissionen massiv einsparen. In Bayern verursacht der Gebäudebereich rund 40 % des Gesamtenergieverbrauchs und 35 % der CO₂-Emissionen (VBW 2012: S. 242). Für rund 30 % des bayerischen Endenergieverbrauchs sind Haushalte verantwortlich, weshalb vor allem Sanierungen bei Wohngebäuden im Bestand nötig sind (StMWi 2015: S. 241).

Der Klimawandel verändert den Energiebedarf für Heizen und Kühlen. Noch berücksichtigen aktuelle Energie- und Sanierungskonzepte den Einfluss des Klimawandels in der Regel nicht. Gerade in Städten ließe sich damit die Energieeffizienz erheblich steigern. Neben dem Klimaschutz ist zudem bereits heute auch eine Klimaanpassung in Städten nötig: Umweltschäden, wie von Fluten zerstörte Gebäude oder veränderte Ökosysteme, erfordern rasches Handeln.

Schutz und Anpassung

Klimaschutz und Klimaanpassung sind zu kombinieren, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Während der Klimaschutz die Ursachen für den Klimawandel bekämpft, will die Klimaanpassung den Umgang mit den Auswirkungen klären. Bisher wurden diese Strategien meist separat betrachtet. So wird eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bereits seit Ende der 70er-Jahre gefordert. Auch haben die meisten bayeri-

schen Kommunen den Klimaschutz etabliert, während das Thema Anpassung verzögert in den Fokus rückt.

Interdisziplinärer Leitfaden

Wie lassen sich die Ansätze vereinen? Die Reduktion der Treibhausgase bleibt unerlässlich; doch gleichzeitig müssen zukünftige Bedingungen Eingang in die heutige Planung finden. Dieser Leitfaden ist das Ergebnis einer fachübergreifenden Zusammenarbeit von Ingenieurs-, Natur- und Sozialwissenschaftlern. Er umfasst quantitative Untersuchungen zur Energieeffizienz von Gebäuden unter Einfluss des Klimawandels, Computersimulationen zur klimatischen Wirksamkeit von Begrünungsmaßnahmen und eine qualitative Bewertung urbaner Lebensräume. Basierend auf den Simulationsergebnissen werden Antworten auf folgende Fragen gegeben: Was macht öffentliche Plätze attraktiv? Wie können Hinterhöfe aufgewertet werden? Lassen sich Potenziale für den Lebensraum von Tieren und Pflanzen in Zusammenhang mit Klimaanpassungsmaßnahmen erschließen? Der Leitfaden empfiehlt nur Maßnahmen, die in die rechtlichen Rahmenbedingungen eingebettet sind; er bezieht sich also auf bestehende Planungsinstrumente und zeigt Möglichkeiten zu deren Einsatz im Sinne der „grünen Stadt der Zukunft“.

Schlüsselinstrument: Grüne Infrastruktur

Zentral für Klimaschutz und Klimaanpassung ist die „grüne Infrastruktur“. Pflanzen sind Multitalente. Sie fixieren Kohlendioxid und leisten damit einen direkten Beitrag zum Klimaschutz. Doch wirken sie auch indirekt, indem sie Gebäude beschatten und ihre Umgebung durch die Verdunstung von Wasser kühlen. Sie verringern damit die thermische Last und in der Folge den Kühlenergiebedarf der Gebäude. Zugleich dienen Verschattung und Kühlung des Stadtraumes auch der Anpassung, wirken sie doch dem städtischen Hitzeinseleffekt entgegen und werten die Qualität von Lebensräumen in der Stadt erheblich auf. Hinzu kommt: Grünflächen sind bei zunehmendem Starkregen dringend nötig. Unversiegelte Böden nehmen das Wasser bei Niederschlägen auf und entlasten die Kanalisation. Auch Pflanzen nehmen Wasser auf, indem sie einen Teil im Wuchssubstrat speichern. Diese Maßnahmen müssen mehrere Funktionen und Interessen gleichzeitig erfüllen. Dabei entstehen Synergien zwischen den Lebensräumen in der Stadt und dem Naturschutz, aber auch Konflikte wie Flächenkonkurrenz.

Praxisbezug: Siedlungsstrukturtypen

Alle vorgeschlagenen Maßnahmen und Szenarien sollen auf bayerische Städte übertragbar sein. Daher liegen dem Leitfaden drei Siedlungstypen zugrunde, die aus den Partnerstädten München und Würzburg stammen, aber bayernweit vorkommen: die Münch-

GRÜNE INFRASTRUKTUR

Urbane grüne Infrastrukturen sind multifunktionale Netzwerke von Grün- und Freiflächen, die strategisch entwickelt werden, um die Lebensqualität in Städten zu fördern und sie an den Klimawandel anzupassen. (Pauleit et al. 2011; EC 2013)

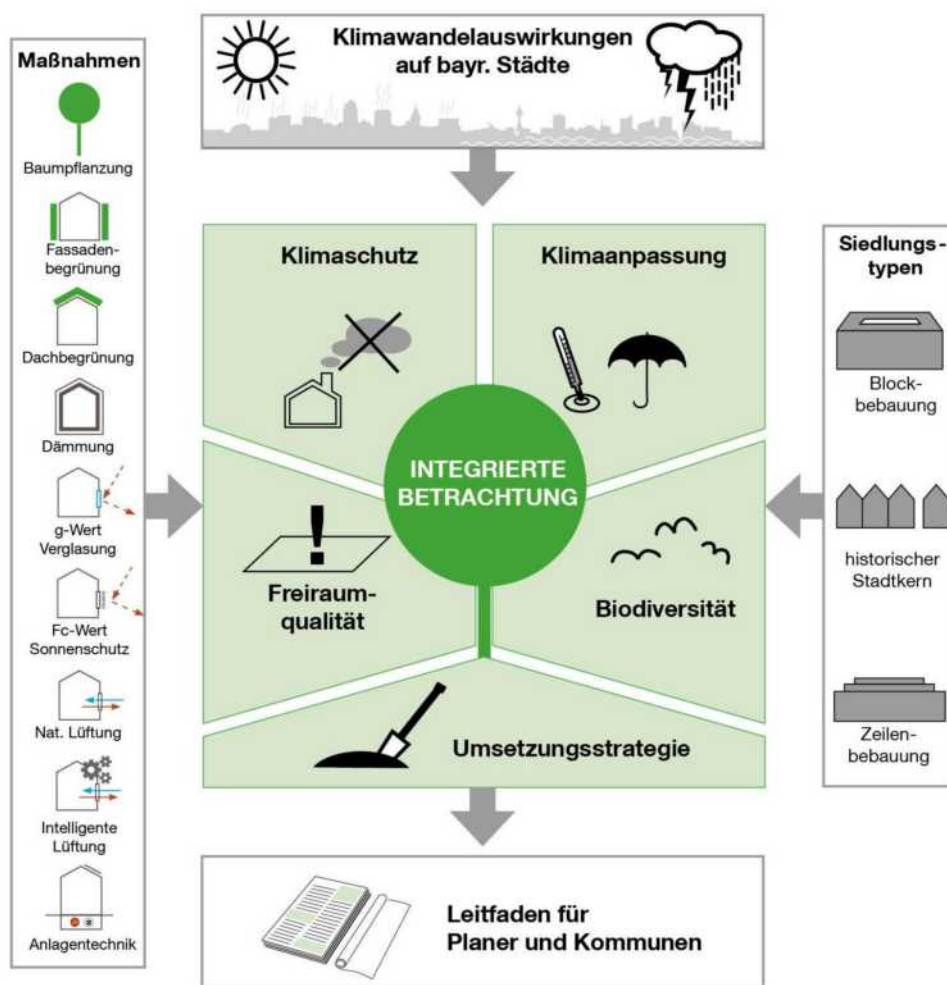


Abbildung 1: Projektstruktur ZSK-Teilprojekt 1: „Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt“

ner Maxvorstadt als Beispiel für eine gründerzeitliche Blockbebauung, Neuaußing in München als typische Zeilenbebauung und Heidingsfeld in Würzburg als Beispiel für einen historischen Stadtkern. Jeder Siedlungstyp hat eigene Anforderungen an Klimaschutz und Klimaanpassung und birgt unterschiedliche Potenziale zur Gestaltung von Stadtnatur. Drei zeichnerische Entwürfe zeigen die vorgeschlagenen Maßnahmen und ihre konkrete Verortung im jeweiligen Siedlungstyp.

Wegweiser durch den Leitfaden

Was der Klimawandel für bayerische Städte bedeutet und warum sie vulnerabel sind, zeigt Kapitel 2. Kapitel 3 stellt den integrativen Ansatz des Leitfadens vor: die Methoden der quantitativen Analysen und die qualitativen Aspekte. Auch themenübergreifende Strategien sind für die Umsetzung wichtig und ebenfalls in Kapitel 3 zu finden.

Kernstück des Leitfadens sind die Kapitel 4, 5 und 6. Sie stellen die drei Siedlungstypen vor und zeigen aus unterschiedlichen Perspektiven Maßnahmen auf. Jedes Kapitel beginnt mit Berechnungen im Siedlungstyp, die zeigen, warum sich Sanierungskonzepte dem Klimawandel anpassen müssen. Die Abschnitte zur Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur präsentieren Daten zur Wirksamkeit von Bäumen, Dach- und Fassadenbegrünungen. Qualitative Betrachtungen er-

gänzen diese Berechnungen und bewerten Grünflächen als Freiräume und hinsichtlich ihrer Biodiversität. Am Beispiel jeweils einer Begrünungsmaßnahme wird gezeigt, wie sich bestehende Planungsinstrumente einsetzen lassen.

Der zeichnerische Entwurf (Kap. 4.5, 5.5 und 6.5) fasst für jeden Siedlungstyp alle Perspektiven von Klimaschutz, Klimaanpassung und Stadtnatur zusammen. Zu sehen ist, wo sich die Maßnahmen verorten lassen und wie sie auf das Mikroklima wirken. Kapitel 7 gibt einen Überblick über die rechtlichen Voraussetzungen.

HINTERGRUND UND ZIELGRUPPE

Der Leitfaden richtet sich an Entscheidungsträger und Bürger in bayerischen Kommunen. Er präsentiert Ergebnisse des Forschungsprojektes „Klimaschutz und grüne Infrastruktur in der Stadt“. Das Forschungsprojekt ist Teil vom „Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung“, einem Verbundprojekt, das an der Technischen Universität München vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziert wird und derzeit aus insgesamt zehn Teilprojekten besteht.



2 Klimawandel und Stadtnatur in bayerischen Städten

Der Klimawandel wirft für Städte und Gemeinden neue Fragen auf: Wie kann die Stadtnatur als Maßnahme der Klimaanpassung für die Stadt der Zukunft einbezogen werden und somit auch dem Schutz der Stadtnatur dienen? Wie kann bei starker Hitze die Gesundheit der Bewohner gewährleistet werden? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Energieeffizienz von Gebäuden aus? Wie lassen sich öffentliche Plätze begrünen und verschatten? Welche Funktion haben Grün- und Freiflächen für die Bewohner sowie für die Biodiversität? Haben Gemeinden adäquate Instrumente, um diese Fragen zu lösen? Kapitel 2 beschreibt mögliche Auswirkungen des globalen Klimawandels für Bayern, erklärt die besondere Vulnerabilität von Städten und begründet die Auswahl von drei Siedlungstypen.

2.1 Klimawandelauswirkungen

Der Klimawandel findet statt: Die durchschnittliche Jahrestemperatur steigt, die jährlichen Niederschläge verschieben sich, extreme Wetterphänomene wie Starkregen oder Hitzeereignisse häufen sich. Ein Rückgang der Schneebedeckung sowie eine Verschiebung der phänologischen Phasen sind zu beobachten. Klimaprojektionen für Bayern zeigen einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur zwischen +1 und +2 °C für die nahe Zukunft und +2 bis +4,4 °C für die ferne Zukunft (StMUV 2015). Die mittlere jährliche Lufttemperatur im Zeitraum 1971 bis 2000 ist in Abb. 2 zu sehen.

Regionale Unterschiede

Die Belastung durch klimabedingten Hitzestress ist ein Schwerpunkt der Untersuchungen dieses Leitfadens. Es werden zwei Regionen ausgewählt, welche eine besonders hohe Lufttemperatur aufweisen. Die Regionen um die Städte München und Würzburg liegen in der Skala von Abb. 2 am oberen Ende und repräsentieren stellvertretend den Süden und Norden Bayerns.

Eine Analyse der Entwicklung von Jahresmitteltemperaturen der Regionen München und Würzburg ist in Abb. 3 dargestellt. Basis der Untersuchung sind Klimaprojektionen aus dem regionalen Klimamodell REMO (Jacob et al. 2008) der Jahre 2000 bis 2100. Die Projektionen zeigen das Szenario A1B des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2000). Als Referenzwert wird die mittlere jährliche Lufttemperatur aus dem Zeitraum 1971 bis 2000 aus Abb. 2 ergänzt.

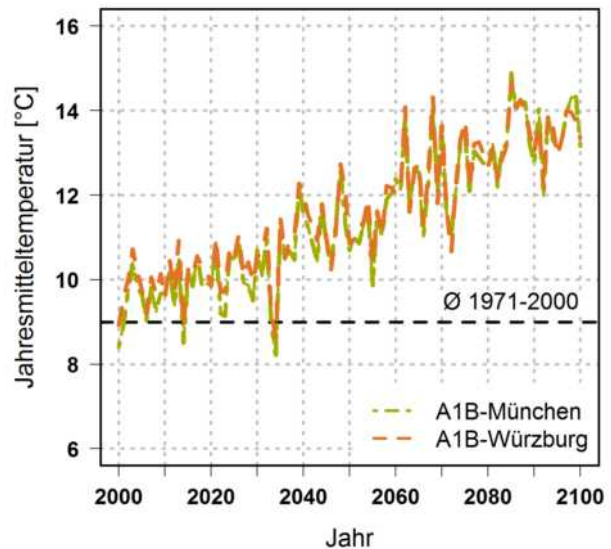


Abbildung 3: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur für die Regionen München und Würzburg in den Jahren 2000 bis 2100

Anstieg der Jahresmitteltemperatur

Die Ergebnisse in Abb. 3 zeigen einen deutlichen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Die Klimaprojektionen des Szenarios A1B weisen für beide Regionen einen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um ca. 5 °C von 9 °C heute bis 14 °C im Jahr 2100 auf. Diese Analysen repräsentieren lediglich einen „mittleren“ Anstieg der globalen Erwärmung. Für verdichtete Stadtbereiche lässt sich daraus ableiten, dass ein deutlich höherer Temperaturanstieg möglich ist. Diese Ergebnisse zeigen einen dringenden Handlungsbedarf im Bereich der Klimawandelanpassungen für bayerische Städte.

Anstieg von extremen Hitzeereignissen

Neben dem Anstieg von Jahresmitteltemperaturen wird für Bayern ebenfalls eine Erhöhung von extremen Hitzeereignissen prognostiziert. Diese kann anhand von sogenannten Kenntagen wie z. B. einem „Heißen Tag“ dargestellt werden. Ein „Heißer Tag“ weist eine maximale Lufttemperatur von $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Für Bayern wird ein Anstieg von 13 „Heißen Tagen“ pro Jahr in der Periode 2071 bis 2100, gegenüber dem Zeitraum 1971 bis 2000, erwartet. Auch die Dauer von extremen Hitzeereignissen wird in Zukunft stark zunehmen (Bay-KLAS 2016).

In Städten wirkt sich der Klimawandel besonders drastisch aus. Untertags heizen sie sich stärker auf als die umgebende Landschaft; in der Nacht ist die Auskühlung reduziert. Man bezeichnet dieses Phänomen als urbanen Wärmeinseleffekt (UHI). Verstärkt wird der urbane Wärmeinseleffekt durch die Energieverbrauchs-dichte, da die beim Energieverbrauch entstehende Wärme in den Stadtraum abgegeben wird.

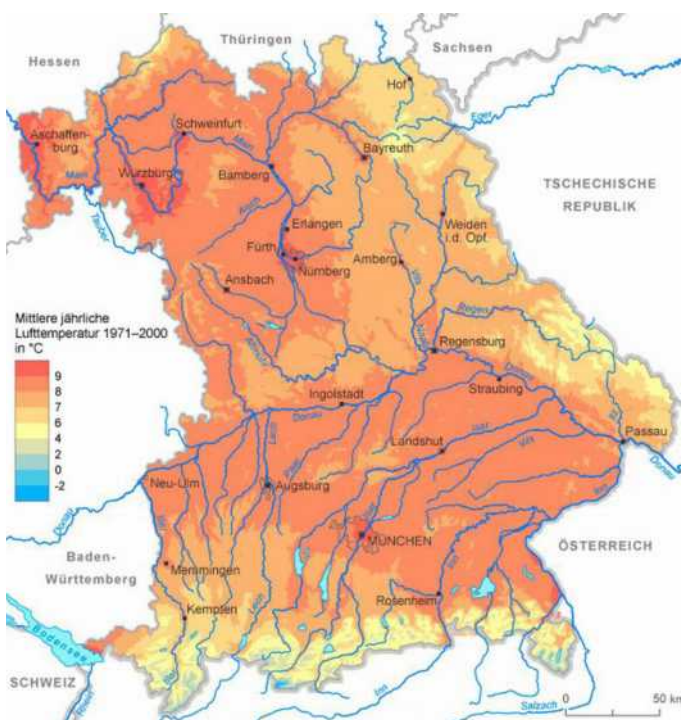
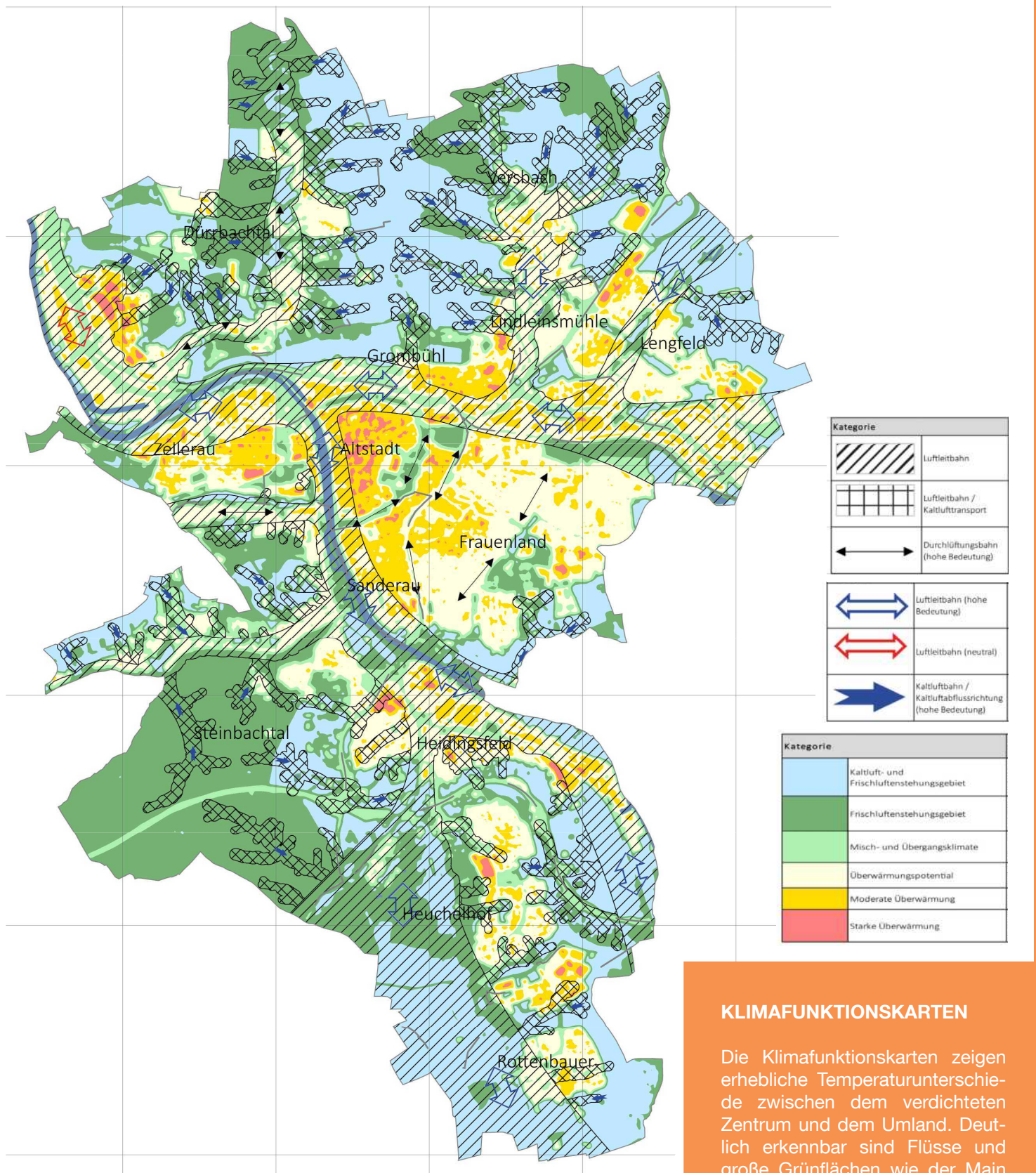


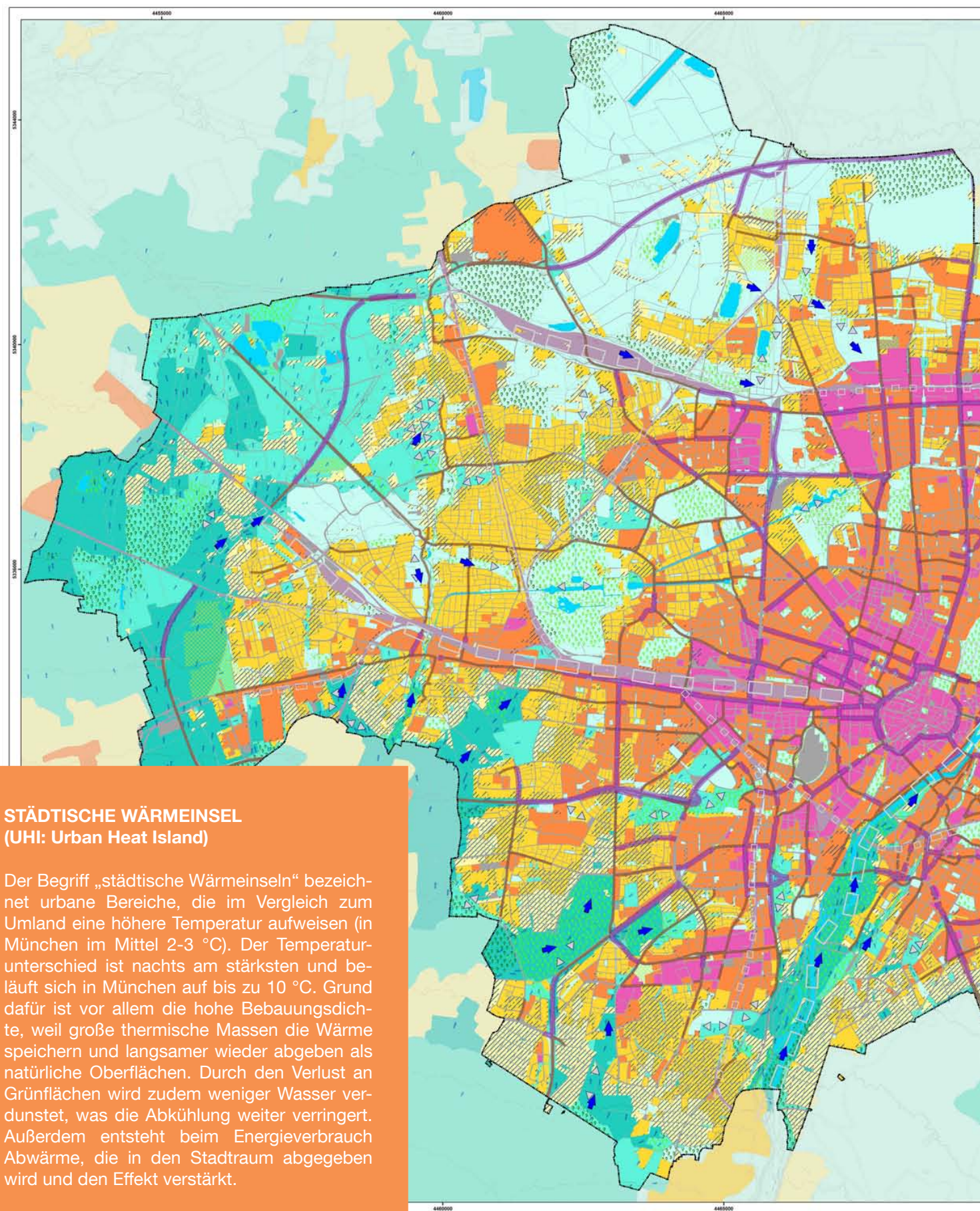
Abbildung 2: Regionale Verteilung der Lufttemperatur in Bayern 1971 bis 2000, eigene Darstellung nach StMUV (2015)



KLIMAFUNKTIONSKARTEN

Die Klimafunktionskarten zeigen erhebliche Temperaturunterschiede zwischen dem verdichteten Zentrum und dem Umland. Deutlich erkennbar sind Flüsse und große Grünflächen wie der Main und der Ringpark in Würzburg.

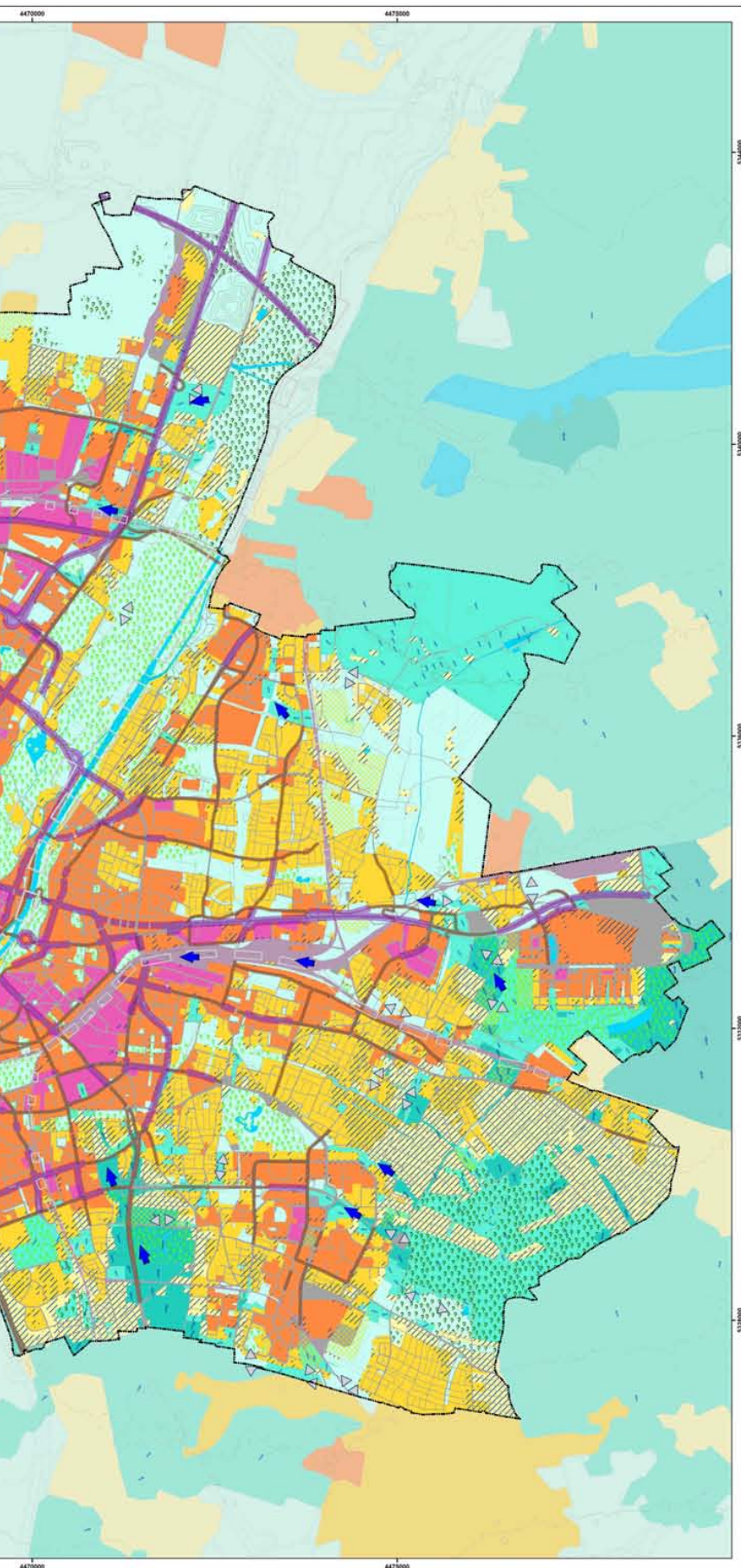
Abbildung 4: Klimafunktionskarte Würzburg (Burghardt und Partner 2016)



STÄDTISCHE WÄRMEINSEL (UHI: Urban Heat Island)

Der Begriff „städtische Wärmeinseln“ bezeichnet urbane Bereiche, die im Vergleich zum Umland eine höhere Temperatur aufweisen (in München im Mittel 2-3 °C). Der Temperaturunterschied ist nachts am stärksten und beläuft sich in München auf bis zu 10 °C. Grund dafür ist vor allem die hohe Bebauungsdichte, weil große thermische Massen die Wärme speichern und langsamer wieder abgeben als natürliche Oberflächen. Durch den Verlust an Grünflächen wird zudem weniger Wasser verdunstet, was die Abkühlung weiter verringert. Außerdem entsteht beim Energieverbrauch Abwärme, die in den Stadtraum abgegeben wird und den Effekt verstärkt.

Abbildung 5: Klimafunktionskarte München (Landeshauptstadt München 2014)



Legende

Grün- und Freiflächen

Kaltluftlieferung der Grün- und Freiflächen^{1,2}
Mittlerer Kaltluftvolumenstrom/Rasterzelle (m^3/s)

Stadt		Umland
Sehr hoch	> 1500	
Hoch	900 bis 1500	
Mäßig	< 900	
	Grün- und Parkflächen mit Bedeutung für den Aufenthalt am Tage	
	Waldflächen	

Siedlungsräume

Bioklimatische Situation in den Siedlungsräumen³

Stadt		Umland
Sehr günstig		
Günstig		
Weniger günstig		
Ungünstig		
	Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung	
	Verkehrsbedingte Luftbelastung der Siedlungsräume ⁴ entlang von Hauptverkehrsstraßen	
	Hoch	
	Mittel	

Luftaustausch

- Kaltluftleitbahn
- Modelliertes Kaltluftströmungsfeld⁵
- Hauptströmungsrichtung der Flurwinde in den Grün- und Freiflächen (Flächengröße > 1,5 ha)
- Volumenstrom Hoch / Sehr hoch
- Flächen mit Luftaustauschpotenzial⁶
- Wirkung übergeordneter Ventilationsbahnen
- Hoch
- Mittel
- Lokale Wirkung

Sonstiges

- Stadtentwicklungsgebiet mit absehbarer Bebauung
- Gewässer
- Gleisfläche
- Straßen- und Kiesfläche
- Höhenlinie (10 m-Abstand)
- Stadtgebiet München

2.2 Vulnerabilität von Städten

Städtische Infrastruktur, Verkehr, Ökologie, Energie- und Stoffkreisläufe müssen zunehmend auf die veränderten Bedingungen des Klimawandels ausgelegt werden (vgl. BayKLAS / KLIP der bayerischen Staatsregierung). Städte sind den Auswirkungen des Klimawandels unmittelbarer als ländliche Räume ausgesetzt. Sie heizen sich stärker auf, kühlen nachts schlechter aus und bieten oft unzureichende Versickerungs- und Abflussmöglichkeiten für Starkniederschläge. Gleichzeitig sind dort viele Menschen auf engem Raum. Auch in Deutschland leben derzeit ca. 75 % der Menschen in Städten und bis 2030 werden es knapp 80 % sein (UNESCO 2015). Allein im Zeitraum von 2010 bis Ende 2015 ist die Bevölkerung in München um 10,1 % gewachsen (Landeshauptstadt München 2017: S. 18) und das BBSR stuft alle bayerischen Großstädte als wachsend oder sogar überdurchschnittlich wachsend ein (BBSR 2017). Gerade in wachsenden Städten stehen die Flächen unter Druck; Wohnraum und Infrastruktur wie Straßen, unterirdische Leitungen und Kanäle konkurrieren mit dem Raumbedarf für Grün- und Freiflächen.

Hitze: eine Gefahr für Jung und Alt

Vor allem lang anhaltende Hitzewellen sind ein gesundheitliches Risiko. Städte speichern aufgrund der hohen Flächenversiegelung und der dichten Bebauung die Wärme auch über Nacht. Dies beeinträchtigt die nächtlichen Erholungsphasen und belastet Stadtbewohner. Zu den anfälligen Personen zählen Kleinkinder und ältere Menschen, da sie am ehesten unter Kreislaufschwäche leiden und schneller dehydrieren. Auch sind sie häufig weniger mobil und können deshalb Parks schlechter erreichen. Das Risiko der Älteren ist für die Stadtplanung deshalb so bedeutsam, da ihr Anteil an der Bevölkerung im Zuge des demografischen Wandels zunimmt: Während bis 2030 voraussichtlich 17 % weniger Kinder und Jugendliche in Deutschland leben werden als heute, wird die Altersgruppe der 65-jährigen und Älteren hingegen um ca. ein Drittel bis zum Jahr 2030 ansteigen (Destatis 2011).

Überflutungen nehmen zu

Auch gegenüber Starkregen sind Städte besonders vulnerabel. Die Versiegelung und Verdichtung der Böden verändern das Abflussregime von Niederschlagswasser stark. Niederschläge fließen größtenteils oberflächlich ab – was früher zur Reinigung der Stadt von Vorteil war. In der Kanalisation wird das Wasser unterirdisch gesammelt und möglichst schnell abtransportiert. Dieses meist zentral organisierte System gerät an seine Grenzen, wenn die Niederschlagsmengen nicht mehr kalkulierbar sind und die bestehenden Kapazitäten der Kanalisation übersteigen. Wenn bei starken Regenfällen die Wassermassen nicht mehr geregelt



Abbildung 6: Heiße Tage in München nehmen zu (AZ München 2012)



Abbildung 7: Stadtbewohner leiden zunehmend unter Hitzestress (SWR 2015)



Abbildung 8: Straßenzug unter Wasser (Foto: ZSK TP 1)



Abbildung 9: Starkregen überlastet städtische Infrastruktur (BBK 2013)



Abbildung 10: Hochversiegelte Flächen heizen die Stadt auf (Foto: ZSK TP 1)

abfließen können und Flüsse über ihre Ufer treten, entfaltet sich eine zerstörerische Kraft wie während der jüngeren Hochwasserkatastrophen Mitte des Jahres 2016 in Bayern. Die Fluten kosteten mehreren Menschen das Leben, vernichteten Infrastruktur, Gebäude und Existenzen.

Auswirkungen auf Flora und Fauna

Die räumlichen Möglichkeiten zur dezentralen Speicherung und Versickerung sind in dichten Stadtquartieren begrenzt und verlangen nach neuen, multifunktionalen Lösungen wie der Regenwasserspeicherung auf begrünten Dächern. Der Klimawandel verschärft diese Problematik, denn diese Ereignisse werden zunehmen (Kapitel 2.1) und betreffen auch Flora und Fauna. Steigende Temperaturen verändern die Phänologie bei Pflanzen, beeinflussen das Nahrungsangebot für Tierarten und verschieben Artenareale nach Norden und in höhere Lagen. Gebietsfremde Arten, die aus wärmeren Regionen stammen, besiedeln zunehmend städtische Wärmeinseln, während manche heimische (native) Arten ihren Lebensraum verlieren. Einige der betroffenen einheimischen Tiere und Pflanzen haben das Potenzial, neue Areale zu kolonialisieren.



Abbildung 11: Grünflächen bieten Erholung und Schutz (Foto: ZSK TP 1)

2.3 Herausforderung für drei Siedlungstypen

Eine Stadt unterscheidet sich in ihren baulichen Strukturen von Quartier zu Quartier. Die strukturellen Eigenschaften können als städtische Siedlungstypen klassifiziert werden (Roth 1980).

Klimawandel und Bebauungsstrukturen

Klimawandelauswirkungen wie Hitze und Starkregen können je nach Bebauungsstruktur unterschiedlich stark ausfallen. Der Versiegelungsgrad, die Oberflächenbeschaffenheit, die Gebäudehöhe, Abstandsflächen und Gebäudeausrichtung bis hin zu den verwendeten Baustoffen beeinflussen den Wärmehaushalt im urbanen Raum. Im Gegensatz zu unversiegelten Flächen, Vegetation und Gewässern heizen sich versiegelte Flächen unter Sonneneinstrahlung im Tagesverlauf stärker auf und speichern die Wärme deutlich länger. Überflutungen durch Starkregen sind vor allem auf fehlende Rückstau- und Versickerungsmöglichkeiten zurückzuführen, die wegen der hohen Versiegelung bestehen (Steinrücke et al. 2012).

Modellierungsstudien vom Deutschen Wetterdienst zeigen für die Städte Jena und Köln, dass besonders die dicht bebauten Siedlungstypen mit hohen Versiegelungsraten und hoher Baudichte von Hitze stark betroffen sind. In den Siedlungstypen Blockbebauung, Zeilenbebauung, Industrie- und Gewerbegebiet sowie Reihenhaussiedlung werden die klimatologischen Kennwerte Sommertag (Tageshöchsttemperatur $> 25^{\circ}\text{C}$) und Hitzetag (Tageshöchsttemperatur $> 30^{\circ}\text{C}$) besonders oft verzeichnet (Grothues et al. 2013; Hoffmann et al. 2014). Die Klimafunktionskarten der Städte München und Würzburg unterstützen diese Ergebnisse: Die bioklimatisch ungünstigsten Bereiche finden sich hauptsächlich in den innenstadtnahen Gebieten (vgl. Kapitel 2.1).

Betroffene Siedlungstypen in bayerischen Städten

Um Klimaanpassungsmaßnahmen gezielt und möglichst effektiv einzusetzen, sollten bei der Planung die Unterschiede in der Siedlungstypologie berücksichtigt werden. Für den vorliegenden Leitfaden wurden drei Siedlungstypen ausgewählt: Blockbebauung, Zeilenbebauung und historischer Stadtkern. Die drei Siedlungstypen sind typisch für dicht bewohnte Viertel mitteleuropäischer Städte.

Eine GIS-Analyse im Rahmen des Forschungsprojektes zeigte: Die ausgewählten Siedlungstypen kommen auch in den acht größten Städten Bayerns München, Nürnberg, Augsburg, Ingolstadt, Regensburg, Würzburg, Fürth und Erlangen vor. Zwar unterscheiden sich die lokalen Ausprägungen, wichtige strukturelle Eigenschaften lassen sich aber über Stadtgrenzen hinweg miteinander vergleichen. Unter Berücksichtigung lokaler Unterschiede sind die Verhältnisse aus den Modellbereichen auf andere Städte mit Wohnquartieren des gleichen Siedlungstyps übertragbar.

Modellquartiere

In den Partnerstädten München und Würzburg kommen diese Siedlungstypen in klimaschutz- und anpassungsrelevanten Bestandsquartieren mit einer hohen Einwohnerdichte vor. Folgende Quartiere wurden in diesen Städten für die Untersuchungen als Beispiel ausgewählt: Die Maxvorstadt in München ist eine typische Blockbebauung. Neuaubing am Stadtrand von München hat charakteristische Merkmale einer Zeilenbebauung. Heidingsfeld in Würzburg wurde als Modell für einen historischen Stadtkern verwendet.

Die Analysen im Projekt ergeben, dass die gründerzeitliche Blockbebauung der Maxvorstadt und der historische Stadtkern von Heidingsfeld zu den am dichtesten bebauten und stärksten versiegelten Stadtstrukturen mit einem sehr geringen Grünanteil gehören. Die hohe Baumasse und schlechte Durchlüftung verstärken den Wärmeinseleffekt. Gleichzeitig gibt es nur sehr wenig Freifläche für Begrünungsmaßnahmen.

Neuaubing ist mit großen Zeilen- und Punkthochhäusern relativ locker bebaut und hat einen hohen Grünanteil, der für Klimaanpassungs- und Schutzmaßnahmen viel Spielraum bietet. Gleichzeitig sind dort auf kleinem Raum sehr viele Menschen wohnhaft, die potenziell von Klimawandelauswirkungen betroffen sind.

In einer quantitativen Analyse wurden einzelne Wohnblöcke aus den Modellquartieren ausgewählt, die repräsentativ für das Quartier und den Siedlungstyp sind. Ihre wichtigsten Strukturen und Kennwerte sind in Abb. 13 und Tab. 1 zusammengestellt und werden in den Kapiteln 4, 5 und 6 beschrieben und untersucht.

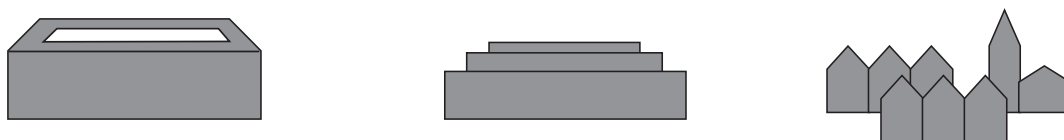


Abbildung 12: Ausgewählte Siedlungstypen: Blockbebauung, Zeilenbebauung und historischer Stadtkern

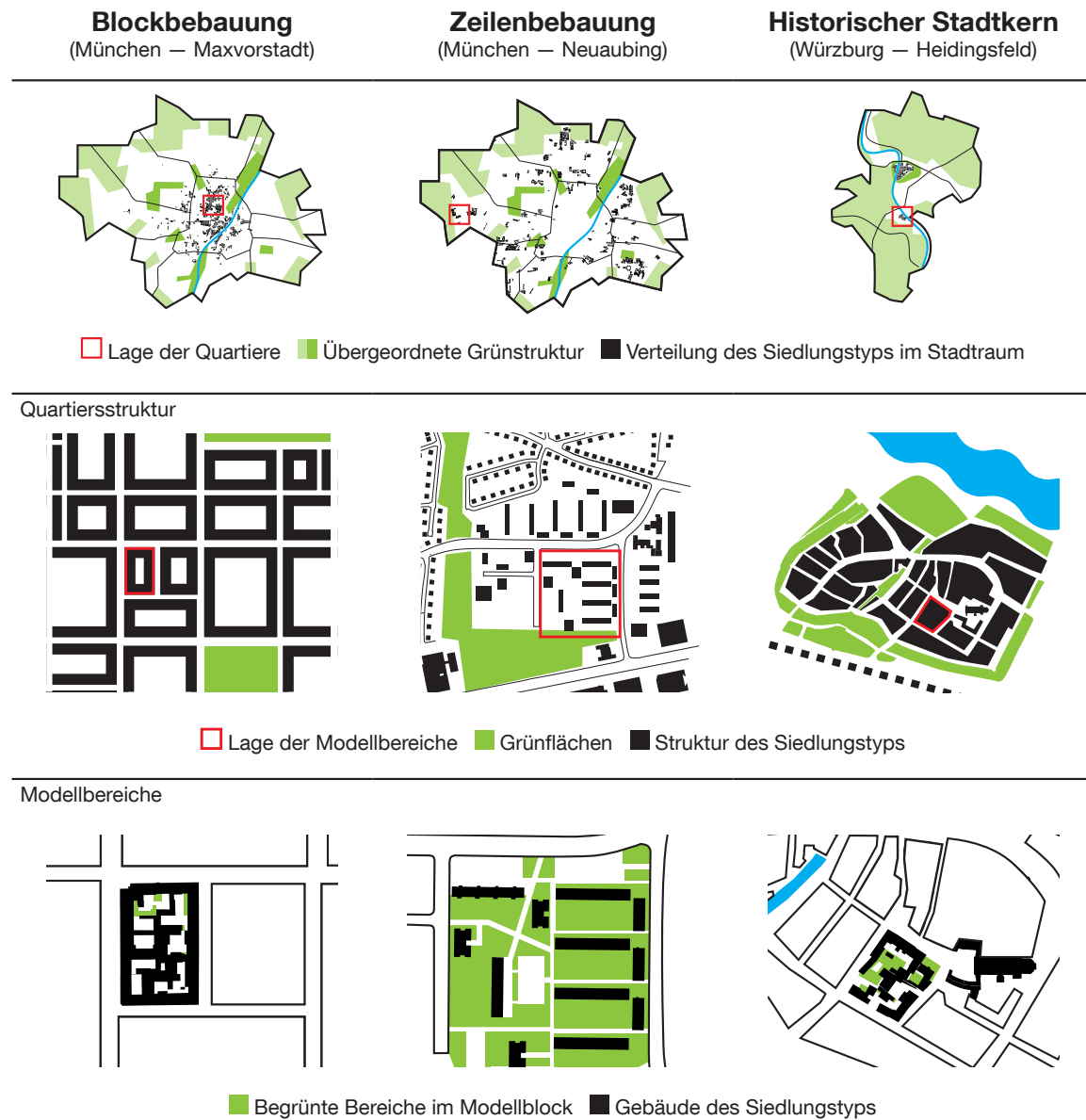


Abbildung 13: Schematische Struktur der ausgewählten Siedlungstypen

Tabelle 1: Kennzahlen (Mittelwerte aller Blöcke des Siedlungstyps im Quartier)

Blockbebauung	Zeilenbebauung	Historischer Stadtkern
Versiegelungsgrad		
81,2 %	35,0 %	86,2 %
Überbaute Fläche		
62,3 %	21,5 %	61,1 %
Vegetationsanteil		
18,9 %	65,0 %	13,9 %
Geschossflächenzahl (gilt nur für den jeweiligen Modellbereich)		
3,0	0,8	1,2



3 Integrative Betrachtung von Klimaschutz und Klimaanpassung

Klimaschutz- und Anpassungsstrategien berühren unterschiedliche Fachdisziplinen; vielfältige Akteursinteressen treffen während der Planungsprozesse aufeinander. Der Leitfaden ist interdisziplinär aufgebaut. Kapitel 3.1 und 3.2 zeigen Simulationsergebnisse. Sie verdeutlichen, wie Sanierungskonzepte mit Energieeffizienzsteigerungen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und bilden Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen auf das Mikroklima im Außenraum ab.

In den Kapiteln 3.3 und 3.4 steht die Qualität von Grün- und Freiflächen im Vordergrund. Die Stadt funktioniert als Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Menschen – Abhängigkeiten und Konflikte treten auf. Konkurrierende Interessen und Raumansprüche werden ebenso angesprochen wie übergreifende Themen einer klimaorientierten Stadtentwicklung.

3.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz



Die bayerische Klimapolitik begegnet mit Klimaschutz und Klimaanpassung den Herausforderungen des Klimawandels (siehe BayKLAS 2016). Oberstes Klimaschutz-Ziel ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen.

Dies soll vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien und einer Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden.

Im Bereich Energieeffizienz ist der Energieverbrauch zu minimieren, um so Emissionen zu reduzieren. In Bayern fallen ca. 40 % des Energieverbrauchs auf die Warmwasserbereitung sowie die Beheizung und Klimatisierung des Gebäudebestandes (StMWIVT 2013). Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes ist deshalb wesentlich für die Umsetzung von Klimaschutz-Zielen, da sie ein hohes Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen bietet.

Der Klimawandel beeinflusst diese potenziellen Einsparungen. Deshalb ist zu untersuchen, wie sich der Klimawandel auf aktuelle Sanierungskonzepte auswirkt. In einem weiteren Schritt sind diese Konzepte um Maßnahmen zu erweitern, welche die negativen Auswirkungen des Klimawandels reduzieren. Die Analyse erfolgt mithilfe einer thermisch dynamischen Gebäudesimulation. Exemplarisch für den bayerischen Gebäudebestand werden die in Kapitel 2.3 erläuterten Siedlungstypen herangezogen. Der Klimawandel wird durch die in Kapitel 2.1 vorgestellten Klimaprojektionen des regionalen Klimamodells REMO analysiert. Dabei lassen sich die Klimaprojektionen des IPCC-Szenarios A1B in vier Perioden einteilen: Periode 1 von 1971 bis 2000, Periode 2 von 2001 bis 2030, Periode 3 von 2031 bis 2060 und Periode 4 von 2061 bis 2090.

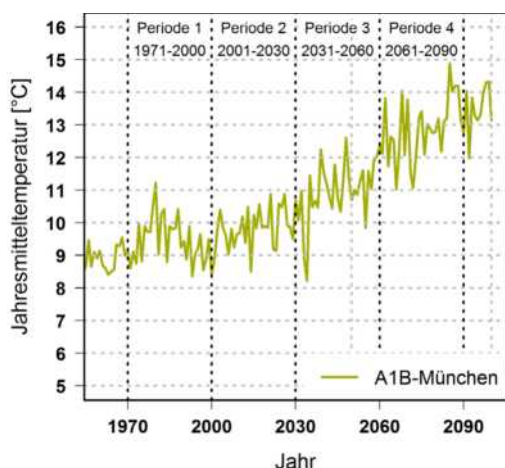


Abbildung 14: Einteilung der Klimaprojektionen in vier Perioden

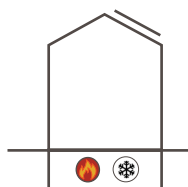


Sanierungskonzepte

Gebäudehülle – Der Einfluss des Klimawandels auf aktuelle Sanierungskonzepte wird anhand zweier Maßnahmenpakete für die Gebäudehülle und zweier Pakete für die Anlagentechnik analysiert. Dabei repräsentiert das Paket EnEV die Kennwerte der Gebäudehülle einer energetischen Sanierung nach der Energieeinsparverordnung aus dem Jahr 2014. Das Paket EnEVPlus repräsentiert Kennwerte der Gebäudehülle, welche sich am Passivhausstandard orientieren. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle zeigt Tab. 2.

Tabelle 2: Wärmedurchgangskoeffizient der Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle

Maßnahme	EnEV [W/m ² K]	EnEVPlus [W/m ² K]
Dämmung Außenwand	0,24	0,15
Dämmung Dach	0,24	0,15
Dämmung Boden	0,30	0,15
Austausch Fenster	1,30	0,80



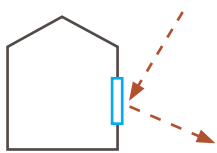
Anlagentechnik – Bei den Sanierungsmaßnahmen für die Anlagentechnik wird vorausgesetzt, dass die Deckung des Heizwärmebedarfs mit geringen Treibhausgasemissionen möglich ist. Deshalb erfolgt die Beheizung der Gebäude mit emissionsarmen Holzpellets. Für eine Quantifizierung der Klimawandelauswirkungen ist eine Kühlung in den Gebäudemodellen zu berücksichtigen. Dabei ist zwischen einer ineffizienten Kühlung im Szenario „Moderat“ und einer effizienten Kühlung im Szenario „Ambitioniert“ zu unterscheiden. Eine ineffiziente Kühlung steht für eine Kompressionskältemaschine, die ihren Strombedarf durch nicht erneuerbare Energie deckt. Bei einer effizienten Kühlung wird der Strombedarf zu 60 % durch erneuerbare Energien gedeckt und eine Sole/Wasser-Wärmepumpe als Erzeuger angenommen. Die Untersuchung dieser beiden Szenarien hat zum Ziel, den Einfluss einer effizienten bzw. ineffizienten Gebäudekühlung zu analysieren.

Tabelle 3: Maßnahmenkombinationen für eine Reduktion der Überhitzung von Gebäuden bzw. eines potenziellen Kühlbedarfs

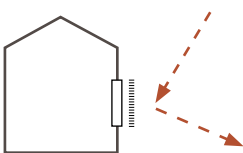
Maßnahmenkombination	Verglasung g-Wert [-]	Sonnenschutz Fc-Wert [-]	Natürliche Lüftung
Variante 1 – Verglasung + Nachtlüftung	0,35	-	Nachtlüftung (Manuell)
Variante 2 – Sonnenschutz + Nachtlüftung	0,60	0,25	Nachtlüftung (Manuell)
Variante 3 – Sonnenschutz + Automatisierte Natürliche Lüftung	0,60	0,25	Intelligente Lüftung (Automatisiert)

Klimawandelanpassung der Sanierungskonzepte

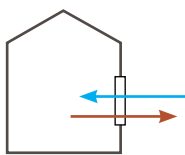
Auf Basis der vorgestellten Sanierungskonzepte für die Gebäudehülle und für die Anlagentechnik lässt sich der Einfluss des Klimawandels quantifizieren. In einem weiteren Schritt sind Maßnahmen zu bewerten, die den negativen Auswirkungen des Klimawandels wie dem potenziellen Anstieg des Kühlbedarfs entgegenwirken. Dabei liegt der Fokus auf einer Reduktion der Überhitzung des Gebäudes. Folgende Maßnahmen werden untersucht:



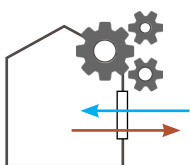
Verglasung – Eine Anpassung des Gesamtenergiedurchlassgrades (g-Wert) der Verglasung reduziert den Eintrag von Solarstrahlung in das Innere des Gebäudes und damit auch das Überhitzungspotenzial.



Sonnenschutz – Ein außenliegender Sonnenschutz reguliert ebenfalls den Eintrag von Solarstrahlung in das Gebäude. Dabei definiert ein Abminderungsfaktor für die auftreffende Strahlung, der sogenannte Fc-Wert, die Wirksamkeit eines Sonnenschutzes.



Nachtlüftung – Eine natürliche Lüftung wie das Öffnen der Fenster kühlt den Innenraum des Gebäudes ab. Analysiert wird daher eine Nachtlüftung durch Öffnen der Fenster zwischen 23:00 und 06:00 Uhr während der Sommermonate.



Intelligente Lüftung – Bei einer intelligenten Lüftung öffnet eine automatische Steuerung die Fenster. Die Steuerung reagiert auf Innen- und Außentemperaturen: Ist die Innenraumtemperatur höher als 26 °C und die Außentemperatur niedriger als die Innentemperatur, wird das Fenster geöffnet.

Kombination der Maßnahmen

Eine Analyse zur Reduktion der Überhitzung des Gebäudes und eines potenziellen Kühlbedarfs erfolgt in drei Maßnahmenkombinationen. Die Kombinationen gliedern sich nach dem technischen Aufwand:

Variante 1 lässt sich bereits ohne zusätzliche Änderungen einer herkömmlichen Sanierung umsetzen, da Fenster und Verglasung in der Regel ausgetauscht werden. Das Potenzial einer Nachtlüftung lässt sich auch in bestehenden Gebäuden nutzen.

Variante 2 umfasst die Installation eines Sonnenschutzes in Kombination mit einer Nachtlüftung.

Variante 3 ist die technisch aufwändigste Kombination. Die natürliche Lüftung erfolgt automatisiert. Des Weiteren wird ebenfalls ein Sonnenschutz berücksichtigt. Tab. 3 präsentiert die Kennwerte der Maßnahmenkombinationen.

3.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur



Klimaanpassung an häufigere und extremere Hitzeereignisse hat einen hohen Stellenwert. Dazu bieten sich folgende Möglichkeiten an: Technische Maßnahmen wie mechanische Verschattung an

Gebäuden oder Begrünungsmaßnahmen wirken aufgrund ihrer Ökosystemleistungen regulierend (Brink et al. 2016). In der Stadtplanung bezeichnet man Begrünungsmaßnahmen auch als grüne Infrastruktur (Gaffin, Rosenzweig & Kong 2012). Darunter fallen u. a. Parks, Bäume, Dach- und Fassadenbegrünungen, welche die Stadtnatur ausmachen (Bolund & Humhammar 1999).

Klimaregulation durch Begrünung

Die Begrünungsmaßnahmen wirken regulierend, da sie verschatten, evapotranspirieren und die Luftströmungen beeinflussen können. Die Verschattung, abhängig von der Blattflächendichte, wirkt sowohl auf die Luftmassen als auch Oberflächen, deren Wärmerückstrahlung in den Außenraum reduziert wird. Die Verdunstungsrate setzt sich aus der Transpirationsleistung der Blätter sowie der Evaporationsleistung des Pflanzsubstrats zusammen.

Die regulierenden Leistungen unterscheiden sich weiter nach Art und Standort der Maßnahmen. Bäume verschatten den Außenraum und Fassadenflächen, zudem verdunsten sie Wasser und kühlen dadurch die nähere Umgebung (Evapotranspiration). Fassadenbegrünung verschattet vor allem die dahinterliegenden Fassaden und kühlt durch die Verdunstung die nähere Umgebung. Dachbegrünungen reduzieren insbesondere die Oberflächentemperatur und vermindern die Wärmespeicherfähigkeit der Bausubstanz. Zudem kühlen sie durch Evapotranspiration. Vor allem aber speichern sie Niederschläge und bieten bei Starkregenereignissen einen wertvollen Puffer. Alle drei Maßnahmen lassen sich in Bestandsquartieren umsetzen.

Modellierung des Mikroklimas

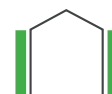
Für diesen Leitfadens werden die drei Begrünungsmaßnahmen – Bäume, Fassaden- und Dachbegrünung – jeweils in zwei Quantitäten und mit Hilfe des Simulationsprogramms ENVI-met modelliert. Die Untersuchungsgebiete entsprechen den sogenannten Modellbereichen (vorgestellt in Kapitel 2) und sind typische Vertreter der Siedlungstypen. Alle Aussagen sind folglich auf Stadtquartiere mit ähnlichen stadtstrukturellen Eigenschaften übertragbar.



Abbildung 15: Fassadenbegrünung mit Wildem Wein (Foto: ZSK TP1)

Begrünungsszenarien

In den realistischen Szenarien werden die Maßnahmen dort eingesetzt, wo es technisch und räumlich möglich erscheint: Dachbegrünung auf Flachdächern, Straßenbäume und Fassadenbegrünung auf einer, am besten der sonnenexponierten Straßenseite, Bäume mit min. 10 m Abstand voneinander, Fassadenbegrünung auf 2/3 der Fassadenflächen (Pfoser et al. 2013). Im Gegensatz dazu, bilden die maximalen Szenarien extreme Situationen ab, in welchen sich theoretisch der gesamte öffentliche Raum (außer Straßen) begrünen lässt. Es kommt jeweils nur eine Art der jeweiligen Maßnahme zum Einsatz: Für die Baumpflanzungen Spitzahorn (*Acer platanoides*), ein typischer Straßenbaum, auf Dächern eine extensive Begrünung mit Gras und an Fassaden eine bodengebundene Begrünung mit Wildem Wein (*Parthenocissus tricuspidata*).



Die Auswertung erfolgt für einen Hitzetag ($> 30\text{ °C}$) um 15 Uhr nachmittags (Winterzeit) in 1,4 m Höhe (Körperschwerpunkt des Menschen). Der Parameter, der für die Auswertungen der thermischen Belastung im Außenraum herangezogen wird, ist die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET). Sie fasst die Wirkung der meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Wind, Feuchte und Strahlungstemperatur auf den Menschen im Außenraum in einem Wert – der gefühlten Temperatur – in $^{\circ}\text{C}$ zusammen. Das thermische Empfinden des Menschen präsentiert Tab. 4:

Tabelle 4: Thermisches Empfinden des Menschen nach Physiologisch Äquivalenter Temperatur (PET), eigene Darstellung nach Matzarakis, Mayer and Iziomon (1999)

PET	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Belastungsstufe
18-23 $^{\circ}\text{C}$	Behaglich	Keine
23-29 $^{\circ}\text{C}$	Leicht warm	Schwach
29-35 $^{\circ}\text{C}$	Warm	Mäßig
34-41 $^{\circ}\text{C}$	Heiß	Stark
$> 41\text{ °C}$	Sehr heiß	Extrem



Abbildung 16: Extensive Dachbegrünung (Foto: ZSK TP1)

Die Kapitel 4.3, 5.3 und 6.3 zeigen für jeden Siedlungstypen Durchschnittswerte der PET für den gesamten Modellbereich sowie Hitzekarten, um die räumliche Verteilung der Hitzebelastung darzustellen. In jedem Kapitel gibt eine Übersichtsgraphik die Ergebnisse zu allen Begrünungsszenarien wider und setzt diese in Relation zur thermischen Belastung der aktuellen Begrünungssituation unter heutigen Klimabedingungen. Das verdeutlicht das Potenzial unterschiedlicher Maßnahmen, den zukünftigen Klimawandelauswirkungen mit grüner Infrastruktur entgegenzuwirken.



Abbildung 17: Baumpflanzungen entlang der Straße mit Spitzahorn (Foto: ZSK TP1)

3.3 Urbane Lebensräume



Insbesondere im urbanen Raum sind Lebensräume des Menschen immer auch Lebensräume für bestimmte Tiere und Pflanzen. Die Arten-

vielfalt trägt wesentlich zur Qualität städtischer Freiräume bei. Für die Gestaltung von urbanen Lebensräumen sollten Kommunen deshalb Freiraumqualität und Biodiversität immer zusammendenken. Die entwerfend-gestalterische Arbeit leistet dabei einen wichtigen Beitrag. Sie integriert unterschiedliche Perspektiven der Fachdisziplinen und lokalen Akteure in räumliche Konzepte und generiert aussagekräftige Bilder urbaner Lebensräume, die an die Politik und die Öffentlichkeit einfach zu vermitteln sind.

Multifunktionalität der Maßnahmen

Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen erfüllen im Stadtraum gleich mehrere Funktionen: Neben ihrer primären Funktion der Minimierung des Energiebedarfs von Gebäuden und der Regulation des Mikroklimas haben sie erhebliche Auswirkungen auf die Qualität urbaner Lebensräume. Sanierung, Baumpflanzung, Fassaden- und Dachbegrünung haben folgende Potenziale zur Gestaltung urbaner Lebensräume:

Energetische Sanierung

Viele Vogel- und Fledermausarten nutzen Spalten, Nischen und Höhlen an und in Gebäuden als Fortpflanzungs- und Ruhestätten. Unverputzte Ziegelwände (z. B. Brandwände) dienen hohlraumnistenden Wildbienenarten und Mauerpflanzen als Lebensraum. Durch die energetische Sanierung werden Dächer und Fassaden oft hermetisch verschlossen. In der Folge verlieren gebäudebewohnende Tier- und Pflanzenarten zusehends ihre Lebensräume. Eine Sanierung der Gebäudehülle ermöglicht jedoch auch die Integration neuer Lebensraumelemente, z. B. in Form von fassadenintegrierten oder additiven Spaltenquartieren für Fledermäuse oder Nisthilfen für Vögel und Wildbienen.

Sanierungsmaßnahmen bieten auch immer die Möglichkeit, die Gebäudehülle umzugestalten. Die Wahl

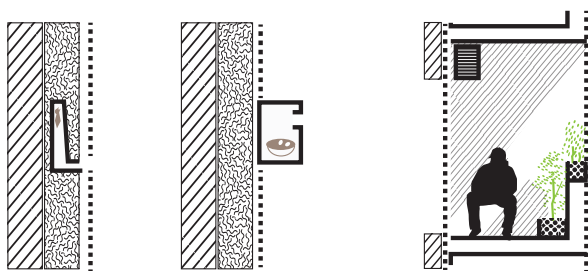


Abbildung 18: Integration von Quartieren in die Fassadendämmung (li.), additive Fassadenelemente, Balkone/Laubengänge als Lebensraum (re.)

der Fassadenmaterialien wirkt sich auf das Stadtbild und die Aufenthaltsqualität aus. Fassadenöffnungen schaffen neue Bezüge zwischen Innen- und Außenraum. Additive Elemente wie Balkone und Laubengänge können zusätzlich private Aufenthaltsräume schaffen. Sie lassen sich individuell nutzen und begrünen. Dachsanierungen und -ausbauten bieten, wenn es die Statik zulässt, die Möglichkeit neue Freiflächen in verdichteten Stadtquartieren zu schaffen.

Baumpflanzung

Bäume zählen zu den wertvollsten Bestandteilen urbaner Lebensräume. Sie strukturieren den städtischen Raum, lassen Nutzungen und Sichtbezüge im lichten Stammbereich zu und erzeugen unter ihrer Krone angenehm verschattete Aufenthaltsräume. Ihre Belaubung und Blüte bereichern den Stadtraum visuell. Ihr Duft, ihre Veränderung mit den Jahreszeiten und ihr Geräusch bei Wind schaffen vielfältige Sinneseindrücke. Baumkronen bieten darüber hinaus vielen Tieren ungestörten Lebensraum. Blätter, Blüten und Früchte dienen als Nahrung, Baumhöhlen, Astabbrüche und Risse im Stamm als Ruhestätte oder Brutplatz. Manche Arten wie das Eichhörnchen nutzen geschlossene Kronenräume zur Wanderung durch die Stadt.

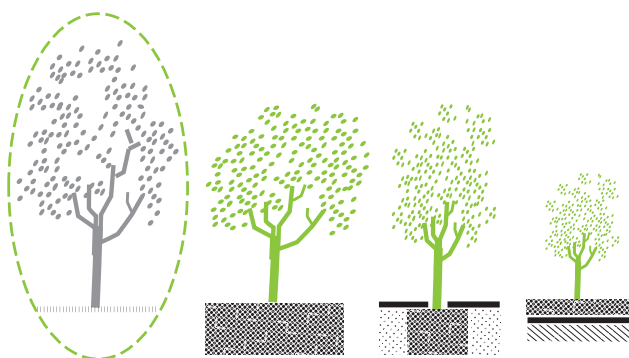


Abbildung 19: Erhalt von Bestandsbäumen (li.), Bäume in Grünflächen, Bäume in befestigten Flächen, unterbaute Baumstandorte (re.)

Je älter die Gehölze, desto wertvoller sind sie. Primäres Ziel ist es deshalb, den Baumbestand in Städten zu sichern und fachgerecht zu pflegen. Darüber hinaus sind neue Standorte mit ausreichend Platz für eine vitale Entwicklung zu schaffen. Dabei sind Arten und Artenkombinationen anzustreben, die den Bestand robuster machen und zudem einen Wert für die lokale Fauna haben. Je nach Standort und Anforderung kann dabei auf viele Arten und Sorten zurückgegriffen werden, die auch für hochversiegelte, thermisch stark belastete Standorte des urbanen Raums geeignet sind.

Dachbegrünung

Dachflächen werden in der Regel kaum genutzt und sind relativ schwer zugänglich. Ihre Begrünung kann die Vielfalt urbaner Lebensräume erheblich steigern.

Je nach Substratqualität, -schichtdicke und Wasserversorgung lassen sich unterschiedliche Vegetationsformen realisieren. Vom extremen Trockenrasen über unterschiedliche Wiesentypen bis hin zu Feuchtbiotopen oder intensiv bewirtschafteten Dachgärten ist je nach Dachneigung und -statik eine große Bandbreite an ästhetischen und ökologischen Qualitäten herstellbar. Diese Variabilität sollte bei der Begrünung der Dächer ausgeschöpft werden.

Bei geeigneter Anlage dienen begrünte Dächer vielen Tierarten als ungestörter Lebensraum. Spezielle Lebensraumrequisiten wie Totholz (Äste, Stämme), Wasserstellen oder Nisthilfen (für Vögel oder Wildbienen) steigern den Wert der Dächer für die lokale Fauna. Von oben betrachtet werten Dachbiotope das Stadtbild erheblich auf und ermöglichen ein besonderes Naturerlebnis. Zugängliche Dachgärten bieten insbesondere in dichten Stadtquartieren bislang weitgehend ungenutzte Potenziale zur Herstellung halböffentlicher Gemeinschaftsräume und privater Rückzugsorte im Freien.

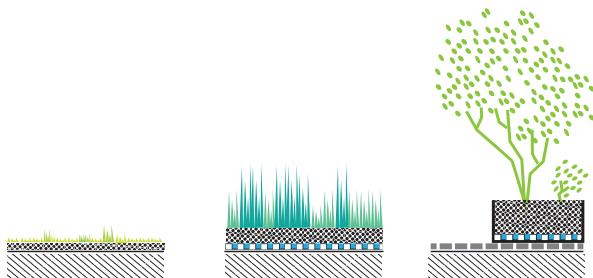


Abbildung 20: Dachbegrünung extensiv (li.), Retentionsdach mit Intensivbegrünung, Dachterrasse mit Pflanztrögen (re.)

Fassadenbegrünung

Die Begrünung von Fassaden birgt in dicht bebauten Quartieren große, bisher weitgehend ungenutzte Potenziale zur Gestaltung urbaner Lebensräume. Je nach Bausubstanz, Standort sowie ästhetischem und ökologischem Nutzen sind verschiedene Begrünungssysteme möglich. Während für die bodengebundene Begrünung mit Kletterpflanzen Wurzelbereiche auf Erdgeschoßebene notwendig sind, lassen sich fassadengebundene Systeme auch unabhängig davon realisieren – allerdings mit sehr viel höherem technischen Aufwand.

Begrünte Fassaden sind vor allem in dicht bebauten und stark versiegelten Stadtgebieten platzsparende Maßnahmen und schaffen lebendige Orte. Durch die Kombination mit Balkonen, Pergolen und Laubengängen entstehen angenehme Aufenthaltsräume. Verholzende Kletterpflanzen bieten ungestörte Fortpflanzungs- und Ruhestätten für freibrütende Vogelarten, Kleinsäuger und Insekten. Viele Klettergehölze sind

zudem reichhaltige Nahrungsquellen für viele Tierarten. Bei der Begrünung mit Modulsystemen sollte auf nektar- und/oder pollenreiche Kräuter zurückgegriffen werden. Auch Niststätten gebäudebewohnender Arten lassen sich integrieren.

Gestaltungsprinzipien für urbane Lebensräume

Ein Charakteristikum urbaner Räume ist, dass Gebäude und Vegetation auf engstem Raum verzahnt sind. Art und Verteilung prägen die Identität und Qualität eines Quartiers als Lebensraum. Ihr Verhältnis variiert je nach Siedlungstyp und ist bei der Gestaltung urbaner Lebensräume zu berücksichtigen.

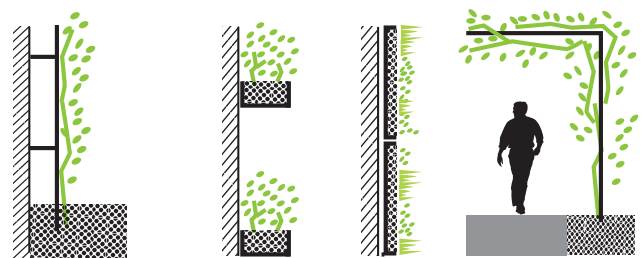


Abbildung 21: Bodengebundene Fassadenbegrünung (li.), fassadengebundene Begrünung mit Trogssystem, modulare Fassadenbegrünung, Pergola (re.)

Als Konsequenz der kleinräumigen Stadtstruktur ergibt sich ein spezifisches Mosaik aus Licht und Schatten, Trockenheit und Feuchte, Hitze und Kühle, das ein vielfältiges Nebeneinander unterschiedlicher Lebensformen ermöglicht. Dieses Mosaik ist durch den differenzierten Einsatz der Maßnahmen in Wert zu setzen.

Schließlich ist die Erreichbarkeit urbaner Lebensräume für Menschen, Tiere und Pflanzen zu gewährleisten. Akteure stellen dabei je nach Mobilitätsform unterschiedliche Ansprüche an die Vernetzung ihrer Lebensräume. Die Unterscheidung zwischen räumlicher und funktionaler Vernetzung ist daher immer im Blick zu behalten. Ein „grüner Korridor“ ist nicht per se für jeden Akteur eine funktionierende Verbindung: Für den Menschen stellen Straßen im urbanen Raum wichtige Bewegungsräume dar, über geschlossene Kronenräume von Alleen bewegen sich z. B. Eichhörnchen in der Stadt. Für Eidechsen oder Frösche sind Straßen oft tödliche Barrieren. Fliegende Arten wie Vögel bewegen sich mehr oder weniger unabhängig von linearen Korridoren.

Welche Lebensräume sich durch Maßnahmen an Gebäuden, in Straßen und Höfen der jeweiligen Siedlungstypen ergeben, zeigen die Kapitel 4.3, 5.3 und 6.3. Die räumlich konkreten Entwurfsszenarien der Kapitel 4.5, 5.5 und 6.5 zeigen wie die Maßnahmen im Bestandsquartier nach funktionalen und qualitativen Aspekten genau verortet sind und nach Standort und Art differenziert werden.

3.4 Integration in die Stadtentwicklung

Der Stadtentwicklung wird mit dem sog. Nachhaltigkeitsgrundsatz im BauGB viel Verantwortung zugesprochen: Sie ist aufgefordert, Klimaschutz- und Klimaanpassungsziele zu verfolgen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind nicht per se neu, aber vor dem Hintergrund des Klimawandels wichtiger denn je. Eine klimagerechte Stadtentwicklung lässt sich nicht mit einer einzelnen Festsetzung erreichen. Neben spezifischen Vorgaben während der Planungsschritte sind auch langfristige, strategische Leitbilder wichtig, die die Zusammenhänge zwischen Klimawandelauswirkungen und Trends wie der Bevölkerungs- oder Arbeitsmarktentwicklung erkennen und berücksichtigen.

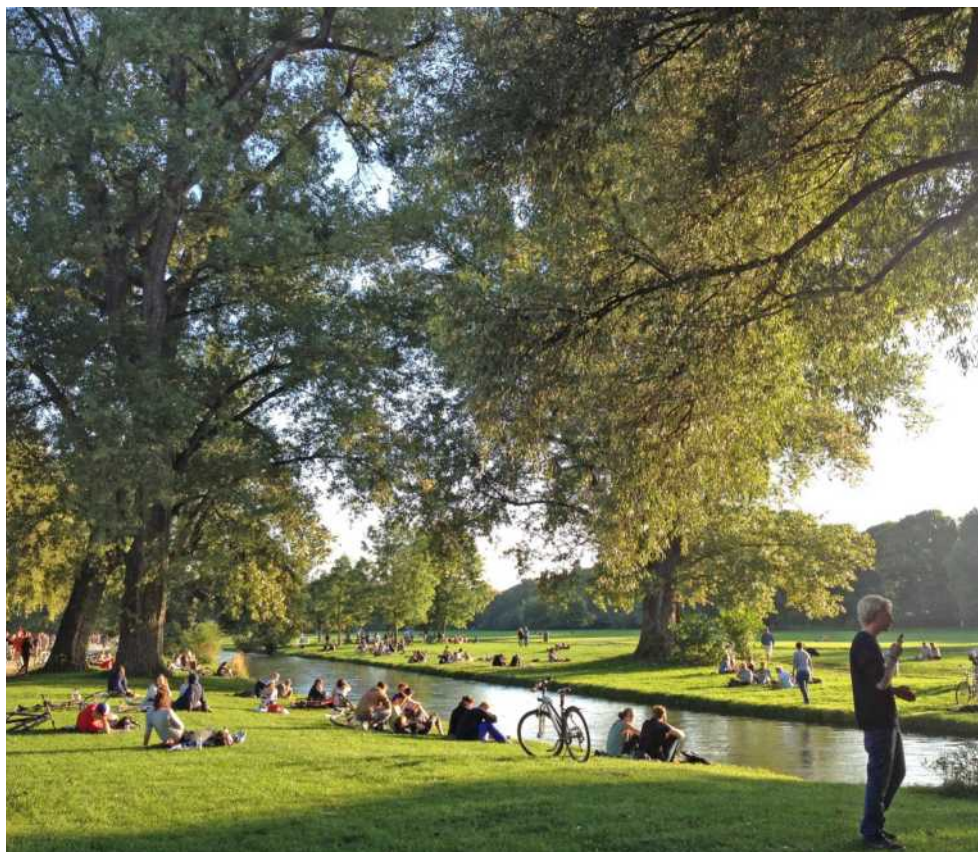


Abbildung 22: Freiflächen kühlen die Innenstädte und machen die Stadt als Lebensraum für Menschen und Tiere lebenswert (Foto: ZSK TP 1)

Auf die Zusammenhänge kommt es an

Der Klimawandel erfordert eine fachübergreifende Zusammenarbeit. Er betrifft und verknüpft fast alle Bereiche – von der Gesundheit über Ökonomie und Ökologie bis hin zu Bildung und Sozialem. Zudem werden Verzahnungen der kommunalen Bauleitplanung mit übergeordneten Planwerken wie der Regionalplanung wichtiger. Denn strategisches Denken heißt, Zusammenhänge neu zu denken. So erfordert beispielsweise die Freihaltung von Kaltluftentstehungsgebieten die Abstimmung mit Nachbargemeinden und überörtli-

chen Planvorhaben. Dabei kann die interkommunale Zusammenarbeit ein starker Hebel für Klimaschutz und Klimaanpassung sein. Für eine klimagerechte Stadtentwicklung sind drei Bereiche besonders wichtig: Freiflächen trotz Nachverdichtung, Nutzungsmischung im Quartier und alternative Mobilitätskonzepte.

Grünflächen erhalten und schaffen

Vor dem Hintergrund des städtischen Wärmeinseleffektes (vgl. Kapitel 2) wird die Notwendigkeit von grüner Infrastruktur neu bewertet. Grünflächen wirken



Abbildung 23: Beispiele von Begrünungen auf Nebengebäuden wie Garagen und Trafohäuschen (Foto: ZSK TP 1)



Abbildung 24: Fassadenbegrünung (Foto: ZSK TP 1)

sich auf die Luftqualität und damit auf die Gesundheit der Stadtbewohner aus. Auch wirtschaftliche Vorteile können aufgrund der gesteigerten Attraktivität durch wohnortnahe Grünflächen entstehen. Grüne Bestandteile an Bauwerken wirken sich insbesondere dann positiv auf den Bodenwert aus, wenn sie nicht isoliert auftreten, sondern den Gesamteindruck der Umgebung prägen. Großflächige Grünstrukturen und Parks können als Naherholungsgebiete dienen und sogar zur Verkehrsreduktion beitragen, wenn sie weite Fahrten ins Umland ersetzen. Grün- und Freiflächen helfen gleichzeitig, urbane Räume zu durchlüften, was wiederum den Energieverbrauch von Gebäuden beeinflussen kann.

Nutzungsmischung

Um Grünflächen städtebaulich zu erhalten oder zu schaffen, ist auf eine Nutzungsmischung zu achten. Weil das Verkehrsaufkommen gestiegen ist und das Umland stark genutzt wird, muss für Klimaschutz- und Anpassungsziele eine kleinteilige Nutzungsmischung wieder stärker in das Bewusstsein der Planungen rücken. Dabei geht es um funktionale Mischungen. Beispielsweise sind Anfahrts- und Transportwege zu



Abbildung 25: Alternative Mobilitätskonzepte gehören zur klimaorientierten Stadtentwicklung (Foto: ZSK TP 1)



Abbildung 26: Gärtnersplatz München: Gastronomie, Einkaufen und Wohnen auf engem Raum kennzeichnen urbanes Lebensgefühl (Foto: ZSK TP 1)

kurzen und das urbane Leben attraktiv zu gestalten. Dazu müssen Wohnen, Arbeiten und Konsum auf engem Raum möglich sein. Und es geht dabei auch um eine soziale Durchmischung, die Stabilität und Sicherheit fördert.

Mehr Mobilität – weniger Verkehr

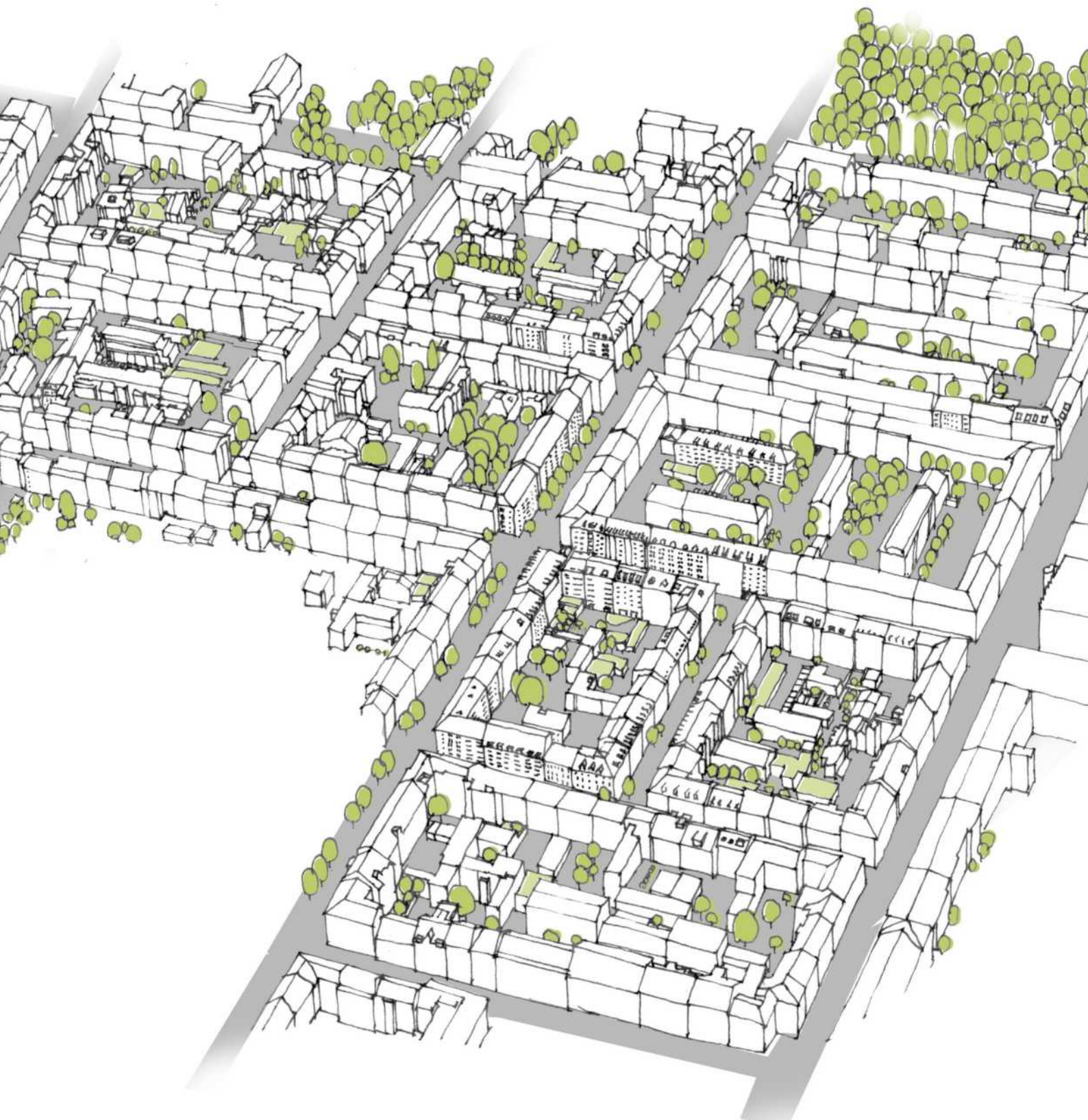
Mit kleinräumlichen Nutzungsmischungen gehen alternative Mobilitätskonzepte einher. Ohne eine Verkehrswende werden in Städten Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen nicht gänzlich durchzusetzen sein. Nachhaltige Stadtentwicklung muss alternative Mobilitätskonzepte enthalten, wie den ÖPNV-Ausbau, Radwegenetze, Anschluss an regionale Rad-Schnellwege und attraktive Fußwege. Leitbilder wie die „Stadt der kurzen Wege“ können dies untermauern.

Gleiche Gesetze – besondere Strukturen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen unterscheiden sich im Stadtgebiet nicht nach den Siedlungstypen, denen dieser Leitfaden folgt. Dennoch bieten die drei Strukturtypen Blockbebauung, Zeilenbebauung und historischer Stadtkern eigene Voraussetzungen. Denkmalschutz, Abstandsflächen oder Verkehrsanbindung erlauben je nach Bebauungsstruktur und der Lage im Stadtgebiet unterschiedliche Potenziale für eine klimaorientierte Stadtentwicklung.

Anwendung in den Strukturtypen

In den Kapiteln 4.4, 5.4, und 6.4 werden ausgewählte Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen und deren Wirksamkeit vorgestellt. Die Umsetzbarkeit jeweils einer Begrünungsmaßnahme wird beispielhaft für einen Siedlungstyp geprüft: die Baumpflanzung im Block, die Dachbegrünung in der Zeilenbebauung und Fassadenbegrünungen im historischen Stadtkern.



4 Blockbebauung

Ein orthogonales Straßennetz prägt Quartiere der Blockbebauung. Die Straßenräume unterscheiden sich verkehrstechnisch in Haupt- und Nebenstraßen und mikroklimatisch in ihrer Verlaufsrichtung (Nord-Süd, Ost-West). Die 5- bis 7-geschossige Bebauung stammt meistens aus der Gründerzeit. Die geschlossene Baulinie trennt belebte Straßenräume von ruhigen Innenhöfen. Diese sind oft wenig begrünt und in der Regel durch Mauern und Nebengebäude stark fragmentiert. Anhand ihrer kleinräumigen Struktur ergeben sich vielfältige mikroklimatische Situationen im Blockinneren. Quartiere der Blockbebauung grenzen oft an die dichten Stadtkerne. Vereinzelt durchbrechen Plätze mit Solitärbauten oder öffentliche Grünflächen wie Parks und Friedhöfe ihre dichte, orthogonale Struktur.

Im Modellquartier der Münchener Maxvorstadt haben Straßenblöcke des Typs Blockbebauung einen Anteil von 32 % an der Gesamtfläche und im Schnitt einen Versiegelungsgrad von 81 % mit einer überbauten Fläche von 62 %. Das Quartier ist nur sehr spärlich begrünt. Der durchschnittliche Grünanteil beträgt 19 %. Die vorhandene Vegetation setzt sich aus vereinzelter Baumreihen im Straßenraum und unterschiedlichen Gehölzen und Beeten in den Hinterhöfen zusammen.

4.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz

Der Einfluss des Klimawandels im Siedlungstyp Blockbebauung wird anhand der in Kapitel 3.1 vorgestellten Sanierungskonzepte untersucht. Abb. 27 präsentiert den Modellbereich der Untersuchung für den Siedlungstyp Block.

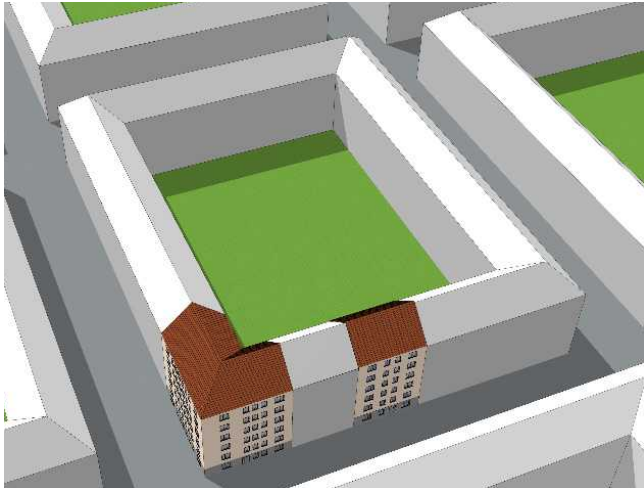


Abbildung 27: Modellbereich für den Siedlungstyp Blockbebauung mit den charakteristischen Gebäuden Eck- und Mittelhaus

Klimawandelauswirkungen

Den mittleren Nutzenergiebedarf pro Periode des gesamten Modellbereiches in der Maxvorstadt zeigt Abb. 28. Der Nutzenergiebedarf ist unterteilt in den Heizwärmebedarf (orange) und den Kühlbedarf (blau). Generell wird deutlich: Der Heizwärmebedarf geht in Zukunft zurück und der potenzielle Kühlbedarf steigt.

Die Angaben in Prozent stellen den Anteil des Kühlbedarfs am Nutzenergiebedarf dar. Die Blockbebauung weist im Vergleich zu den anderen Siedlungstypen den geringsten Energiebedarf auf. Dies liegt an der kompakten Bauweise des Siedlungstyps und der daraus resultierenden geringen Außenfläche der Gebäude. Ein Großteil der Wände liegt an den benachbarten Gebäuden und hat so nur einen verminderten Wärmetransport. Dieser geringe Wärmetransport führt während der Sommermonate jedoch auch zu einer höheren Überhitzung der Gebäude und deshalb auch zu einem höheren potenziellen Kühlbedarf. Ein Vergleich der beiden Sanierungskonzepte mit den Ergebnissen des Bestandes in Abb. 28 zeigt: Eine energetische Sanierung ist auch in Zukunft unerlässlich. Eine Sanierung nach EnEV oder EnEVPlus reduziert den Energiebedarf um mehr als die Hälfte gegenüber dem Bestand.

Bei einer Gebäudehüllensanierung nach EnEV reduziert sich der Heizwärmebedarf in der vierten Periode, also im Zeitraum von 2060 bis 2090, um ca. 14 kWh/m²a. Dies entspricht ca. 30 % des aktuellen Heizwärmebedarfs aus Periode 1. Der potenzielle Kühlbedarf bei einer Sanierung der Gebäudehülle nach EnEVPlus steigt in Periode 4 um ca. 8 kWh/m²a. In beiden Sanierungs-

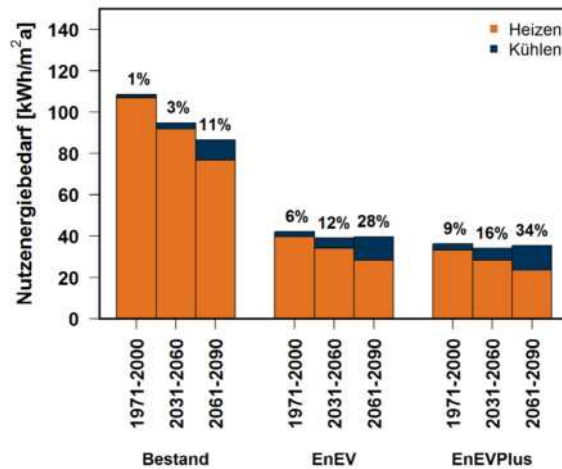


Abbildung 28: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung nach EnEV und EnEVPlus im Modellbereich der Maxvorstadt

konzepten beträgt der Kühlbedarf in Periode 4 ca. 30 %. Dies macht deutlich: Für eine weitere Reduktion des Nutzenergiebedarfes ist die Minimierung der Kühlung wesentlich.

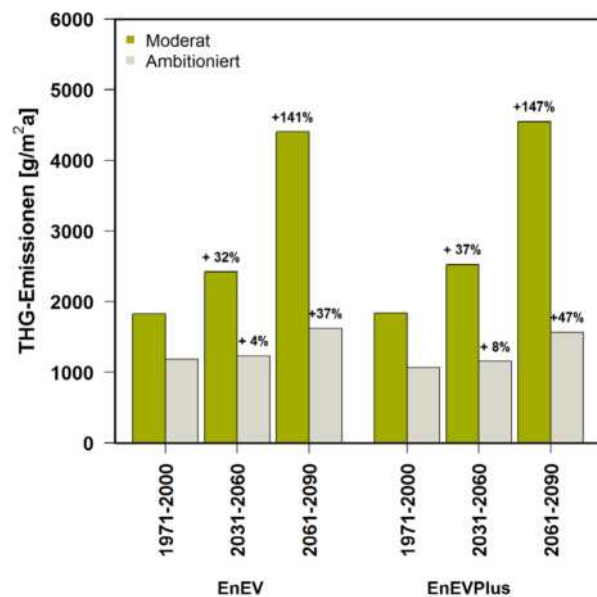


Abbildung 29: Zukünftige mittlere THG-Emissionen im Modellbereich der Maxvorstadt

Die Ergebnisse in Abb. 29 illustrieren: Trotz stagnierendem Nutzenergiebedarf steigen die THG-Emissionen bei einer ineffizienten Kühlung deutlich (Moderat). Dieser Anstieg wird durch den erhöhten Bedarf an Kühlung verursacht. Die THG-Emissionen in Periode 4 sind dabei doppelt so hoch wie in Periode 1. Der negative Einfluss des Klimawandels ist offensichtlich. Die Resultate einer effizienten Kühlung zeigen, dass eine vorausschauende Planung den Anstieg der THG-Emissionen reduzieren kann (Ambitioniert). Deshalb ist die Möglichkeit einer effizienten Gebäudekühlung bereits in aktuellen Sanierungskonzepten zu berücksichtigen.

Maßnahmen

Im Folgenden werden Maßnahmen an der Gebäudehülle bewertet, die einem potenziellen Kühlbedarf entgegenwirken. Der Vergleich erfolgt anhand von drei Maßnahmenkombinationen, die sich am Aufwand für die technische Umsetzbarkeit orientieren. Dabei ist V1 die Variante mit dem geringsten Aufwand, Variante V2 liegt in der Mitte und V3 ist am aufwändigsten. Details zu den Maßnahmen finden sich in Kapitel 3.1.

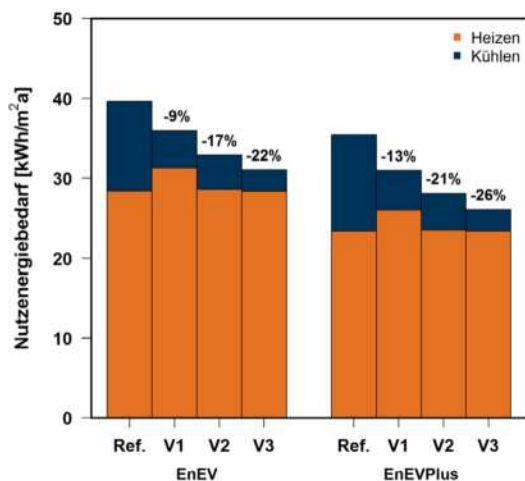


Abbildung 30: Reduktion des Nutzenergiebedarfs durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

Abb. 30 zeigt den Einfluss der Maßnahmenkombinationen auf den Nutzenergiebedarf in der Periode 2061 bis 2090. Die Reduktion des Gesamtenergiegrads durch einen Austausch der Verglasung in Variante 1 (V1) beeinflusst den Heizwärmebedarf negativ. Eine Sonnenschutzverglasung reduziert auch im Winter den Eintrag von Solarstrahlung in das Gebäude und lässt dadurch den Heizwärmebedarf steigen. Der

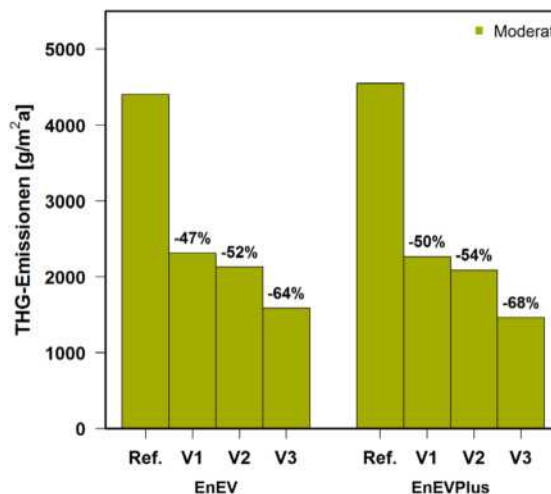


Abbildung 31: Reduktion der Treibhausgasemissionen durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

Nutzenergiebedarf lässt sich deshalb nur um ca. 9 % reduzieren. Eine Klimaanpassung der Sanierungskonzepte durch einen außenliegenden Sonnenschutz und eine automatisierte natürliche Lüftung (V3) kann den Nutzenergiebedarf für EnEV und EnEVPlus um mehr als 20 % reduzieren. Abb. 31 illustriert die Entwicklung der Treibhausgasemissionen für das Szenario einer ineffizienten Kühlung (Moderat). Wieder erreicht Variante 3 das größte Einsparpotenzial mit knapp 65 %. Die Varianten 1 und 2 verringern die Emissionen jedoch auch um ca. 50 %.

Variante 2 stellt einen guten Kompromiss dar: Die Kombination aus außenliegendem Sonnenschutz und Nachtlüftung wirkt sich nicht negativ auf den Heizwärmebedarf aus und hat viel Potenzial zur Reduktion von Emissionen und Nutzenergiebedarf.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Der Klimawandel reduziert den Heizwärmebedarf und lässt den potenziellen Kühlbedarf im Siedlungstyp Blockbebauung ansteigen.
- Aus Sicht des Klimaschutzes bleibt die energetische Sanierung im Siedlungstyp Blockbebauung auch in Zukunft unerlässlich.
- Die Möglichkeit einer effizienten Kühlung des Gebäudes durch Anlagentechnik oder Maßnahmen an der Gebäudehülle sollte aufgrund der langen Sanierungszyklen bereits in der aktuellen Planung berücksichtigt werden.
- Eine ineffiziente Kühlung in Kombination mit einer Sanierung nach aktuellem Stand der Technik kann einen Anstieg der Treibhausgasemissionen von ca. 140 % in der Periode 2061 bis 2090 im Siedlungstyp Blockbebauung verursachen.
- Zu empfehlen ist eine Maßnahmenkombination aus außenliegendem Sonnenschutz und Nachtlüftung. Der technische Aufwand hält sich in Grenzen und selbst in der Periode 2061 bis 2090 lassen sich 50 % der potenziellen Emissionen einsparen.

4.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur

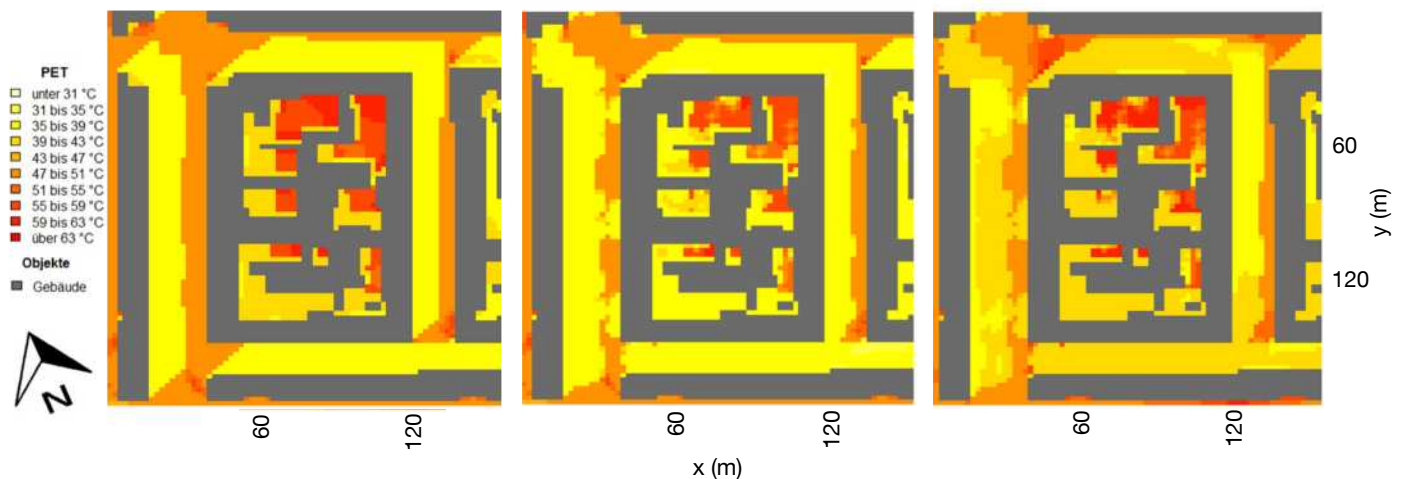


Abbildung 32: Die thermische Belastung in der Blockbebauung unter heutigen Klimabedingungen ohne Begrünung (links), unter heutigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (Mitte) und unter zukünftigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (rechts) um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe

Die Modellierung mit ENVI-met zeigt: Der Außenraum heizt sich an einem sommerlichen Hitzetag in der Blockbebauung stark auf. Die thermische Belastung für den Menschen, ausgedrückt durch den PET-Index (Physiologisch Äquivalente Temperatur), erreicht ein sehr hohes Niveau, vor allem in zur Nachmittagszeit besonnten Bereichen mit wenig Durchlüftung wie Innenhöfen. Im Straßenraum und in Innenhöfen, wo Gebäude und Bäume den öffentlichen Raum verschatten, herrschen die angenehmsten Bedingungen, die aber immer noch einer gefühlten Temperatur von 35 bis 39 °C PET entsprechen (Abb. 32, Mitte). Durch den Klimawandel wird es in Zukunft mehr Hitzetage geben und auch ihre Intensität steigt. Dies äußert sich in einer höheren Maximaltemperatur sowie einem Anstieg der gesamten Temperaturkurve über den ganzen Tag.

Thermische Belastung im Außenraum steigt

An extremeren Hitzetagen wird die thermische Belastung in der Blockbebauung weiter ansteigen, im Schnitt um 6,3 %, also von 41,1 auf 43,5 °C PET (Abb. 32, rechts). Kleinräumig zeigt sich diese Erhöhung im gesamten Straßenblock. Besonders stark sind die

Auswirkungen jedoch in den unverschatteten Innenhöfen vor süd-west-ausgerichteten Fassaden, wo sich die PET in bereits bestehenden Hitzehotspots auf Werte von über 41 °C PET steigert, was der Mensch als extremen Hitzestress empfindet (Abb. 32, rechts). Mangelnde Durchlüftung aufgrund der geschlossenen Bebauung und Wärmerückstrahlung von den Fassaden sind die Hauptgründe für die Überhitzung.

Wie Begrünung Hitze reguliert

Der typische Häuserblock in der Blockbebauung hat einen sehr hohen Anteil an versiegelten Flächen und einen geringen Grünanteil, welcher aus Straßenbäumen sowie wenigen Sträuchern und Bäumen in den Hinterhöfen besteht. Der Vergleich in Abb. 32 (links und Mitte) zeigt: Die vorhandene Vegetation reduziert die Hitzebelastung. In den Straßenräumen verschatten und kühlen Baumkronen Raum; in den Innenhöfen schwächen Sträucher in den stark besonnten Bereichen die lokale Überhitzung. So liegt die gefühlte Temperatur im Schnitt bei 41 °C im Vergleich zu 43 °C ohne Vegetation (Abb. 32, links). Grünmaßnahmen reduzieren die thermische Belastung im Straßenraum.

STARKREGENAUSWIRKUNGEN DURCH BEGRÜNUNG REDUZIEREN

Begrünungsmaßnahmen können auch den Oberflächenabfluss nach Starkregenereignissen regulieren und so die Kanalisation entlasten. Steigende Intensitäten von Starkregenereignissen erhöhen die Wasserzufuhr in das Kanalsystem, da die Rückhaltekapazitäten für Regenwasser im hoch versiegelten Freiraum schneller aufgefüllt sind. Begrünungsmaßnahmen schaffen zusätzliche Rückhaltekapazitäten durch Interzeption der Belaubung, Infiltration in wasserdurchlässige Böden und erhöhten Evapotranspirationsraten. Bäume erreichen ihre Reduktionsleistungen hauptsächlich durch Interzeption in den Baumkronen, Dachbegrünungen punkten durch die Retentionsleistung ihrer Substratschichten. Für die Wirksamkeit der Begrünungsmaßnahmen ist ihr Flächenanteil entscheidend. So ist die Dachbegrünung in der Blockbebauung die effektivste Maßnahme, da sich die Flachdächer der Hinterhofgebäude gut begrünen lassen.

Besonders geeignet sind in der Blockbebauung Baumpflanzungen, die durch ihr Kronenvolumen große Flächen verschatten und durch ihre Evapotranspirationsleistung die Umgebungsluft kühlen. Die Reduktion der thermischen Belastung im Außenraum kann bis zu 13 % gegenüber der aktuellen Begrünung (entspricht max. 6 °C PET-Reduktion) erreichen, vor allem wenn die Bäume vor den thermisch hochbelasteten Süd-West-Fassaden platziert werden.

Auch die Fassadenbegrünung erhöht durch Evapotranspiration die Luftfeuchtigkeit und kühlt dadurch. Zudem kann eine verschattete Fassade die Nachtauskühlung begünstigen, da sie die Wärmespeicherfähigkeit reduziert. Die gefühlte Temperatur kann um bis zu 10 % auf durchschnittlich 37 °C PET gesenkt werden.

Im Vergleich dazu reicht die Wirkung der extensiven Dachbegrünung jedoch kaum in den Straßenraum hinein, sondern beschränkt sich auf den Raum über den Gebäudedächern. Die Wirkung der Dachbegrünung auf den Straßenraum reduziert sich, je höher die Gebäude sind, d. h. in der Blockbebauung hat die Dachbegrünung auf den niedrigen Gebäuden in den Innenhöfen ihr größtes Potenzial. Im Schnitt beträgt die Reduktion der thermischen Belastung im Straßenraum (auf Höhe der Fußgänger) 0,5 %. Die Wirkung der Evapotranspiration ist räumlich auf die nähere Umgebung der Begrünung begrenzt. Bäume haben daher in der Blockbebauung den größten Nutzen, da sie am weitesten in den Außenraum hineinreichen und versiegelte Bereiche verschatten.

In Hinblick auf die zu erwartenden klimatischen Änderungen haben folglich Bäume und Fassadenbegrünung

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Bäume und Fassadenbegrünungen verringern die solare Einstrahlung auf (versiegelten) Freiflächen und Fassaden und damit die Wärmerückstrahlung und -speicherung, vor allem in nachmittags besonnten Bereichen. Sie sollten vermehrt gepflanzt werden, sofern ausreichend Raum vorhanden ist.
- Begrünen von Dächern niedrigerer Gebäude führt zu höheren Reduktionsleistungen.
- Eine ausreichende Durchlüftung, insbesondere in den Hinterhöfen und in den Hauptwindrichtungsachsen, ist sicherzustellen.
- Bäume, Fassaden- und Dachbegrünungen erhöhen die Kühlwirkung durch Evapotranspiration und leisten damit einen positiven Beitrag zur Klimaanpassung.

das Potenzial, den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken und auch in Zukunft heutige klimatische Bedingungen aufrechtzuerhalten (Abb. 33). Durch diese Maßnahmen lässt sich die thermische Belastung in den Maximalszenarien von extremem Hitzestress auf starken bzw. mäßigen Hitzestress senken. Bei der Umsetzung aller Maßnahmen, insbesondere bei der Pflanzung von Bäumen, ist eine ausreichende Durchlüftung sicherzustellen.

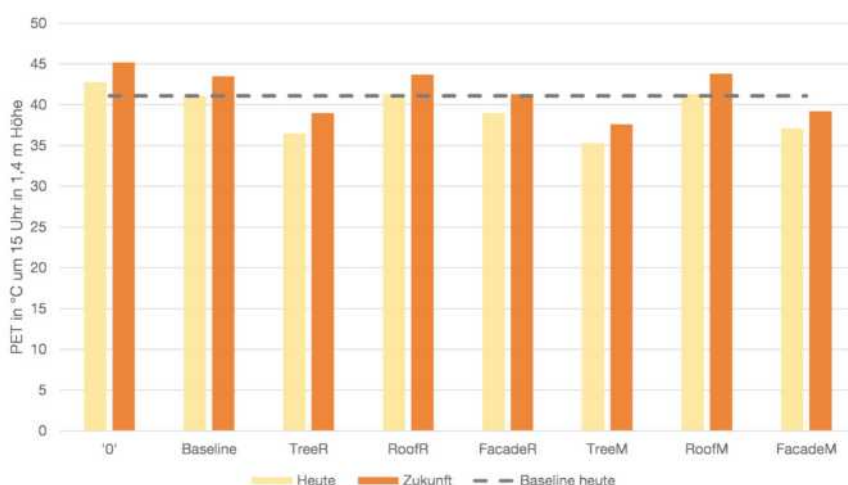


Abbildung 33: Vergleich der PET- Werte für alle Begrünungsszenarien in der Blockbebauung unter heutigen und unter zukünftigen Klimabedingungen, die graue Linie repräsentiert den PET-Wert der aktuellen Begrünungssituation und heutigen Klimabedingungen (PET = Physiologisch Äquivalente Temperatur)

4.3 Urbane Lebensräume

In der Blockbebauung schaffen unterschiedliche Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen ein vielfältiges Mosaik an urbanen Lebensräumen. Voraussetzung dafür ist vor allem die Reorganisation der Verkehrsflächen sowie die In-Wert-Setzung bislang ungenutzter Dach- und Fassadenflächen. Im Straßenraum steigern Bäume, begrünte Fassaden und Tiefbeete die Funktions- und Nutzungsmöglichkeiten sowie die räumliche und ökologische Qualität. Durch die Kombination von Gehölzpflanzungen mit differenziert begrünten Dächern und Fassaden lassen sich in den Höfen Rückzugsorte für Menschen, Tiere und Pflanzen schaffen. Ziel ist es, das Quartier zu einem engmaschigen Netz aus belebten Straßen, begrünten Hinterhöfen und öffentlichen Grünflächen zu verknüpfen.

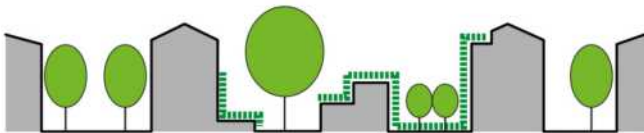


Abbildung 34: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente

Freiraumqualität

Zentral gelegene Stadtviertel mit Blockbebauung sind beliebte Wohnquartiere. Öffentliche Erdgeschossnutzungen aus Einzelhandel und Gastronomie beleben den Straßenraum und geben den Quartieren ein urbanes Flair. Die Aufenthaltsqualität sowie das Raumangebot für Fußgänger und Radfahrer ist durch den dominierenden Automobilverkehr allerdings eingeschränkt. Öffentliche Grünanlagen und Plätze fungieren als Treffpunkt, Spiel- und Sportflächen für das Quartier. Private Gärten oder halböffentliche Freiflächen sind kaum vorhanden. Der Nutzungsdruck auf die wenigen öffentlichen Aufenthaltsräume ist deshalb groß. Der Mangel an privaten Grünflächen und der Druck auf die öffentlichen Freiräume nimmt in Zukunft weiter zu. Die Verkehrsflächen und der hohe Siedlungsdruck gefährden den Grünbestand bereits heute. Auch das Stadtklima wird sich weiterhin verschärfen. Bereits heute sind Teile des Vegetationsbestandes bedroht. Neben



Abbildung 35: Im Schatten vor Gebäuden mit öffentlicher Erdgeschossnutzung befinden sich beliebte Aufenthaltsorte (Foto: ZSK TP1)

der Sicherung und Entwicklung des Grünflächen- und Vegetationsbestandes, müssen neue, vertikale Grünstrukturen in Form von Dach- oder Fassadenbegrünungen geschaffen werden, um die Lebensqualität in dichten Stadtquartieren auch in Zukunft zu sichern.

Artenvielfalt

Aufgrund der hohen Bebauungsdichte, dem hohem Versiegelungsgrad, der daraus resultierenden geringen Menge an „Grün“ sowie dem Mangel an Wasser sind Blockbebauungen generell relativ artenarm. Charakteristische Tierarten sind einerseits wenig spezialisierte, anpassungsfähige „Allerweltsarten“ wie Blau- und Kohlmeise, Amsel und Stadttaube. Auf der anderen Seite finden einige, an die innerstädtischen Bedingungen angepasste Spezialisten Lebensräume, die natürlicherweise relativ warme bzw. höhlenreiche Felslandschaften bewohnen, wie Mauersegler, verschiedene Fledermaus- und Wildbienenarten oder Mauerfarn. Sie nutzen Gebäude als Ersatzlebensräume und sind insbesondere von energetischen Sanierungsmaßnahmen bedroht. Großräumige Vegetationsbestände, wie Friedhöfe oder Parks, bilden grüne Inseln und beherbergen Tierarten, die im innerstädtischen Bereich selten sind. So gilt in der Blockbebauung: Einerseits sind die Lebensräume dieser Bewohner im Zuge der energetischen Sanierung der Gebäudehülle zu schützen und durch die Begrünung der Fassaden und Dächer zu erweitern. Andererseits soll die differenzierte Begrünung von Gebäuden, Höfen und Straßen zusätzliche Lebensräume schaffen – auch und vor allem für Tier- und Pflanzenarten, die bislang in diesem Siedlungstyp selten sind.



Abbildung 36: Die Kohlmeise gehört zu den typischen Bewohnern der Blockbebauung (Foto: ZSK TP1)

Maßnahmen im Straßenraum

Bäume sind das effektivste Mittel, um den Straßenraum zu kühlen. Auch in Hinblick auf die Qualität der Straßen als Lebensraum leisten Bäume in der Blockbebauung Wesentliches: In ihrem Schatten ergeben sich angenehme Aufenthalts- und Bewegungsräume. Sie bilden einen organischen Kontrast zur Architektur



Abbildung 37: Blick auf die Straßenräume einer Nord-Süd-gerichteten Hauptstraße und einer verkehrsberuhigten Nebenstraße mit einer modular begrünten Fassade eines Eckgebäudes im Hintergrund

und schaffen Orientierung im Quartier. Baumreihen gliedern den Straßenraum und schützen Fußgänger und Radfahrer vor dem Automobilverkehr. Für viele Tierarten bieten Bäume im Straßenraum der Blockbebauung Nahrungsquellen. Zusätzlich erweitern sie den Lebensraum in der Vertikalen und sind vor allem in verkehrsberuhigten Zonen Rückzugsorte.

Wo es möglich ist, sollte der Bestand an Straßenbäumen daher erweitert werden. Ihr Bedarf an Kronen- und Wurzelraum steht allerdings oft in Konflikt mit oberirdischen Verkehrsflächen und unterirdischen Leitungstrassen. Für Begrünungsmaßnahmen im Straßenraum ist daher oft eine Reorganisation der ober- und unterirdischen Infrastruktur notwendig. Bei Neupflanzungen ist ausreichend Wurzelraum mit genügend Abstand zu Leitungen etc. vorzusehen. Auch sind Baumarten und -sorten zu wählen, die sich für den Straßenraum eignen und mit dem sich verändernden Stadtklima zurecht kommen. Je nach Orientierung und Querschnitt der Haupt- und Nebenstraßen variieren die Standortbedingungen. Baumstandorte und -arten sind dementsprechend zu wählen.

Entsiegelte Straßenbereiche sind für ein dezentrales Regenwassermanagement wichtig. Versickerungsfähige Beläge auf Stellplatzflächen und Gehwegen nehmen Oberflächenwasser auf. Zudem können bepflanzte Tiefbeete, sog. Rain Gardens, im Straßenraum große Teile von unbelastetem Oberflächenwasser an-

grenzender Flächen speichern und versickern. Auch werten sie den Straßenraum ästhetisch auf und dienen als Lebensraumelemente für die urbane Fauna.

Gebäudemaßnahmen

Die Dächer der umgebenden Blockbebauung sind oft geneigt und stärker exponiert als die der Innenhöfe. Zur Begrünung eignen sie sich nur bedingt. Im Zuge einer Sanierung mit Dachausbau sind Dachterrassen zu empfehlen. Dagegen bergen die oft relativ flachen Dächer der Nebengebäude in den Hinterhöfen ein enormes Potenzial, um insbesondere den Mangel an privaten bzw. halböffentlichen Freiräumen und ungestörten Habitaten zu kompensieren. Je nach Lage, Ausdehnung, Exposition, Höhe und Bausubstanz sollten auf den Dächern gemeinschaftlich oder privat genutzte Gärten und unzugängliche Biotope zu einem kleinräumigen Lebensraummosaik inmitten der hochverdichteten Blockstruktur kombiniert werden.



Abbildung 38: Schnitt-Perspektive durch eine verkehrsberuhigte Nebenstraße mit Baumpflanzungen und begrünter Fassade



Abbildung 39: Blick von einem begrünten Balkon auf das Mosaik unterschiedlich begrünter Dächer der Nebengebäude umrahmt von mit Kletterpflanzen bewachsenen Fassaden; dazwischen die verschatteten Gemeinschaftsräume in den Hinterhöfen

Die Fassaden der Blockbebauung haben großes Potenzial, zusätzliche Lebensräume herzustellen. Vor allem dort, wo aus technischen oder räumlichen Gründen keine Bäume gepflanzt werden können, ist die Fassadenbegrünung eine Alternative. In Straßen mit hohem Nutzungsdruck sind fassadengebundene Systeme nötig. Modulare Systeme, sog. Living Walls, haben eine ästhetische Wirkung, sind allerdings aufwändig herzustellen und zu unterhalten. Aufgrund der ökologischen Armut des Straßenraums sind vor allem nektar- und pollenreiche Pflanzenarten zu empfehlen.

Für Nebenstraßen und Hinterhöfe mit geringerem Nutzungsdruck am Fassadenfuß eignen sich auch bodengebundene Systeme. Sie sind mit relativ geringem Aufwand herzustellen und benötigen kaum Wurzelraum.

Verschiedene Arten hochwüchsiger Kletterpflanzen eignen sich auch für die Begrünung großer Fassadenflächen. Balkone oder Laubengänge sollten mit Rankhilfen für sommergrüne Kletterpflanzen kombiniert werden. Die Fassaden verwandeln sich damit zu vertikalen Gärten und erweitern den Wohnraum um private Aufenthaltsräume im Freien. Bei allen baulichen

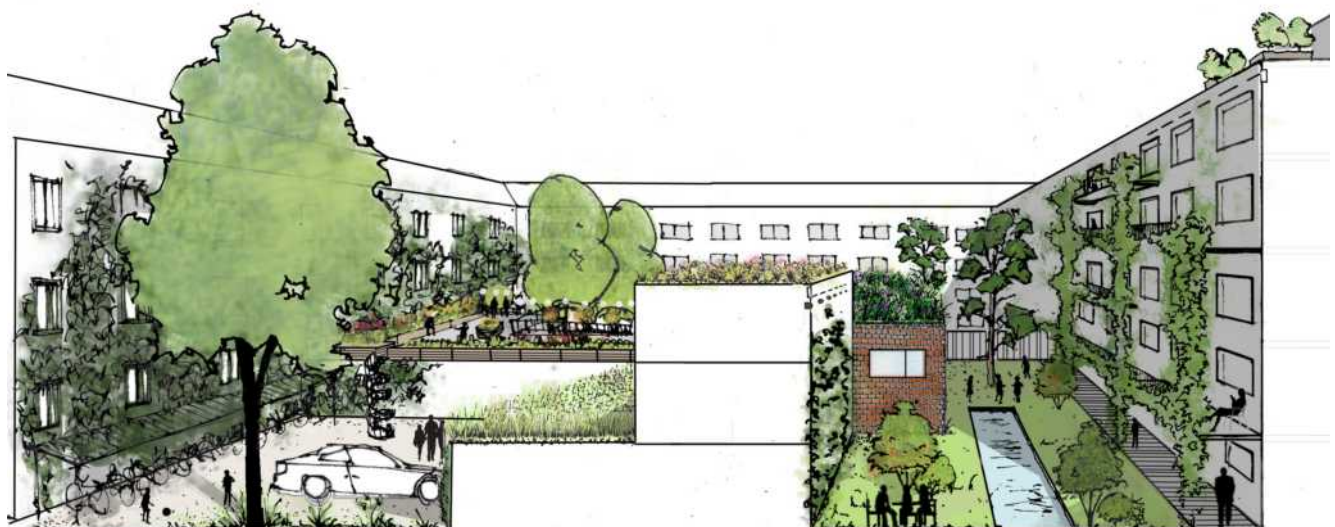


Abbildung 40: Schnitt-Perspektive durch einen Hof der Blockbebauung mit begrünten Fassaden, als Biotop oder Garten genutzten Dächern und begrünten Hinterhöfen mit Hofbäumen und offenen Wasserstellen

Maßnahmen an Dach und Fassade ist der Lebensraum gebäudebewohnender Tier- und Pflanzenarten zu erhalten und nach Möglichkeit zu erweitern.

Maßnahmen im Innenhof

Die geschlossenen Innenhöfe der Blockbebauung stehen im Kontrast zu den belebten Straßenräumen der Blockbebauung. Diese Qualität als Ort der Ruhe sollte erhalten und weiterentwickelt werden. Zusammen mit der Fassaden- und Dachbegrünung verwandeln Bäume und kleine Gärten auf den verbleibenden Hofflächen den Innenhof in eine grüne Oase mit privaten oder gemeinschaftlichen Freiräumen sowie Rückzugs- und Lebensräumen für die lokale Fauna. Vor allem ausgewachsene Großbäume wirken sich auf das Mikroklima, die Raumqualität und die Fauna im Hinterhof aus.

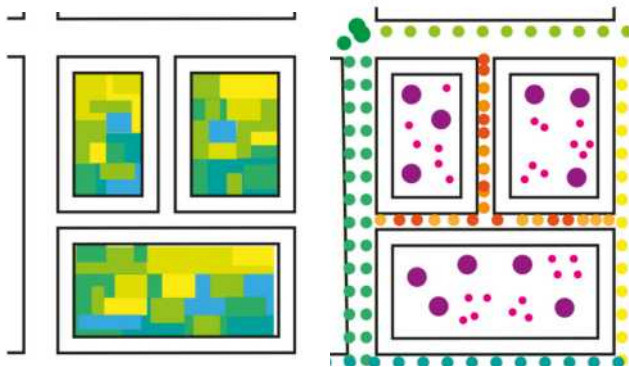


Abbildung 41: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte in der Blockbebauung

Allerdings sind sie durch Stellplätze und Tiefgaragen gefährdet. Ihr Bestand ist besonders zu schützen und in Bereichen mit ausreichend Wurzelraum zu ergänzen.

Auf Tiefgaragen ermöglicht eine hohe Substratauflage von min. 60 cm die Bepflanzung mit Gehölzen, Kräutern, Stauden und Gräsern, die mit den spezifischen Standortbedingungen (flacher Wurzelraum, geringe Wasserverfügbarkeit) zurechtkommen. Die begrünten Bereiche kann die Hausgemeinschaft als Aufenthaltsraum nutzen.

Zur Bewässerung der Pflanzen in Trockenperioden sind ober- oder unterirdische Wasserspeicher wie Brunnen oder Zisternen einzuplanen. Offene Wasserstellen sind vor allem in innerstädtischen Siedlungsbereichen wichtige Lebensraumrequisiten für viele Tierarten.

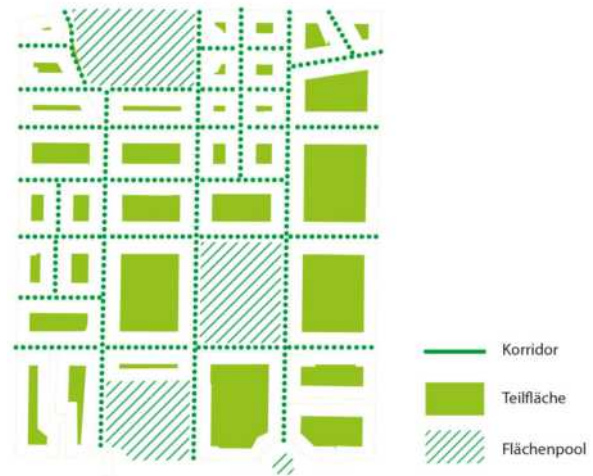


Abbildung 42: Kontext und Vernetzung punktueller, linearer und flächiger Lebensräume in der Blockbebauung

GESTALTUNGSZIELE

Angebot unterschiedlicher Lebensräume

- Verschattete Aufenthaltsräume und Bewegungsflächen im öffentlichen Straßenraum
- Gemeinschaftliche Grünflächen auf Dächern und in Hinterhöfen
- Private Freiräume durch begrünte Loggien, Balkone und Dachterrassen
- Unzugängliche Biotope auf Dächern
- Geschützte Rückzugsorte und Niststätten in Baumkronen und Fassadenbegrünungen
- Lebensräume am Gebäude

Vielfalt durch Begrünung

- Unterschiedliche Dachbegrünung durch verschiedene Substrate und Nutzung
- Differenzierte Begrünung der Fassaden mit unterschiedlichen Kletterpflanzen
- Kombination verschiedener stadtklimaverträglicher, straßenbaumtauglicher Baumarten im Straßenraum
- Begrünung der Straßenräume mit Tiefbeeten
- Entsiegelung von Stellplatzflächen und punktuelle Begrünung der Höfe mit Großbäumen
- Begrünung der Tiefgaragen mit Gehölzen

Vernetzung im Quartier

- Lineare Vernetzung der großen Grünflächen im Quartier durch baumbestandene Straßen
- Punktuelle Vernetzung der begrünten Hinterhöfe

4.4 Umsetzungsmöglichkeiten

In der Blockbebauung bieten Hinterhöfe die besten Begrünungsmöglichkeiten. Die umschlossenen Hofflächen bilden ein Netz vieler kleiner Freiflächen und können wesentlich zur Durchgrünung der Stadt beitragen. Begrünte Höfe sind auch unter sozialen Aspekten bedeutsam, lassen sie sich doch oft gemeinschaftlich nutzen und bieten Potenzial für „urbanes Gärtnern“.



Abbildung 43: Hinterhöfe bieten Begrünungspotenzial und sind Treffpunkte für Nachbarn (Foto: ZSK TP1)

Das Potenzial liegt in den Höfen

Bei der städtebaulichen Förderung sollten klimarelevante Aspekte stärker mit gesellschaftlichen Aspekten vernetzt werden (vgl. „soziale Stadt“). Oft sind Nebengebäude und Garagen vorhanden, deren Abriss zu empfehlen ist. Falls Nebengebäude bestehen bleiben müssen, ist den Eigentümern eine Untersuchung zu empfehlen, ob die Statik der Dächer Begrünungsmaßnahmen zulässt. Denkmalschutzrechtliche Belange sind hier oft weniger gravierend als am Hauptgebäude. Werden die Höfe als Parkflächen genutzt, sind wasserdurchlässige Befestigungen möglich. Es bieten sich Teilentsiegelungen durch Gittersteine oder großfugige Pflastersteine an. Weil die Höfe fast ausschließlich private Flächen sind, sollte die Kommune mit Förderprogrammen oder gesplitteten Abwassergebühren Hauseigentümer zu Entsiegelungsmaßnahmen motivieren.



Abbildung 44: Das Potenzial der Hinterhöfe kann oft wegen der hohen Versiegelung nicht weiter ausgeschöpft werden (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 45: Parkplätze können teilentsiegelt werden und Versickerung ermöglichen (Foto: ZSK TP1)

Beispiel: Baumpflanzungen

Bestehende Bäume und Sträucher kann die Kommune durch Baumschutzsatzungen schützen. Der Gemeinderat darf diese beschließen; sie dürfen jedoch übergeordneten Planungen nicht entgegenstehen. Solche Rechtsverordnungen definieren zu schützende Gehölze und legen Ausgleichsmaßnahmen einer Fällung fest, falls diese unvermeidbar ist.

Für Neupflanzungen sind die Höfe der Blockrandbebauung geeignet, sofern sie unbebaut sind, Entsiegelungsmaßnahmen technisch möglich sind und Bäume einer Nutzung nicht entgegenstehen. Die Kommune kann allerdings im Bestand keine Verpflichtung zur Entsiegelung und Begrünung aussprechen, weil vom Eigentumsschutz (Art 14 GG) der Bestandsschutz abgeleitet wird. Daher sollte die Kommune Anreizsysteme mit Förderprogrammen oder Wettbewerben schaffen,



Abbildung 46: Bäume verändern den öffentlichen Straßenraum in ein Naturerlebnis (Foto: ZSK TP1)

um die Hauseigentümer für Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen zu gewinnen. Die Stadt München beispielsweise bietet Förderprogramme für private Begrünungsmaßnahmen in Höfen und Vorgärten, an Dächern oder Fassaden und lobt alle zwei Jahre einen Wettbewerb aus (vgl. „Mehr Grün für München“).

Für Neubau- oder für Sanierungsgebiete lassen sich im Bebauungsplan aufgrund städtebaulicher Gründe „für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsgebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen [...] das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen [...]“ festsetzen (§ 9 Abs. 25a BauGB). Neben den Festsetzungen in der Bauleitplanung sind für unbebaute Flächen auf Baugrundstücken in der bayerischen Landesbauordnung Grünmaßnahmen gefordert (Art. 7 BayBO). Diese kann die Kommune durch Vorgaben zur Begrünung baulicher Anlagen (Gebäude, Nebengebäude etc.) in Gestaltungs-satzungen oder Grünordnungen konkretisieren.

Kleinteilige Eigentümerstrukturen

In der Blockbebauung ist die oft sehr heterogene Eigentümerstruktur zu berücksichtigen. Dies erfordert bei Anreizprogrammen eine möglichst individuelle Ansprache. Gleichzeitig profitieren viele Nachbarn aufgrund der Kompaktheit einer Blockbebauung von energetischen Sanierungsprojekten. Bei sämtlichen Begrünungsmaßnahmen sind privatrechtliche Regelungen nach dem Ausführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuch (AGAB) zu beachten. So sind nachbarschaftsrechtliche Bestimmungen wie Abstandsvorschriften und Grenzabstände einzuhalten (Abschnitt 7 AGBGB).

Autofreie Nebenstraße

Die vorherrschende Nutzungsform ist Wohnen. Doch kann eine Nutzungsmischung, z. B. Gewerbe im Erd-



Abbildung 47: Im Straßenraum der Blockbebauung können Bäume Platz finden, wenn Sparten gebündelt werden (Foto: ZSK TP1)

geschoss, die Wege verkürzen und das Verkehrsaufkommen beeinflussen. Die Planung sollte Raum für flexible Einzelfalllösungen schaffen, um dem übergeordneten Ziel der klimaangepassten Stadtentwicklung gerecht zu werden. Im Zusammenhang mit alternativen Verkehrskonzepten ist außerdem die Nutzung der oft parallel verlaufenden Verkehrsachsen zu prüfen, um Straßen zu verkehrsberuhigten oder verkehrsfreien Flächen zu entwickeln. Dies erhöht die Luftqualität, wertet den Freiraum auf und begünstigt Habitate für die städtische Fauna.



Abbildung 48: Nebengebäude bieten sich zum Begrünen an (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 49: Beispiel: Garage (Foto: ZSK TP1)

4.5 Maßnahmenempfehlungen

Eine Kombination der wirksamsten Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen für die Blockbebauung ist in einer Maßnahmenkarte verortet (Abb. 50). Ein räumliches Entwurfsszenario konkretisiert das Begrünungskonzept der Blockbebauung. Dazu werden Empfehlungen hinsichtlich ihres Mehrfachnutzens für urbane Lebensräume und ihrer räumlichen Umsetzbarkeit ausgesprochen. Anschließend zeigt eine Modellierung, wie sich die empfohlenen Maßnahmen auf das Mikroklima im Modellgebiet (Maxvorstadt) auswirken würden.

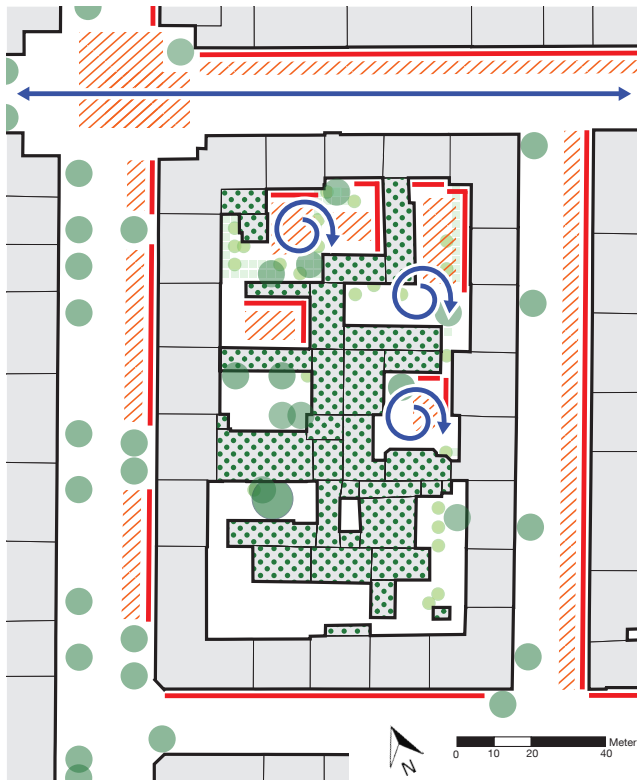


Abbildung 50: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 4.2 untersuchten Maßnahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung

Verortung der Maßnahmen

Die Maßnahmen zur Sanierung der Gebäudehülle sollten an allen Gebäuden umgesetzt werden; Begrünungsmaßnahmen zur Reduktion des sommerlichen Hitzestresses variieren hingegen räumlich. Vor sonnenexponierten Fassaden helfen Verschattungsmaßnahmen, die Wärmerückstrahlung in den Freiraum zu reduzieren. Auch stark besonnte Freiflächen in den Straßen und Hinterhöfen sind zu verschatten oder zu begrünen, um ein Aufheizen der Oberflächen zu vermeiden. Weiter unterstützt eine Begrünung möglichst niedriger und flacher Dächer die Kühlwirkung und erhöht die Retentionsleistung. Innerhalb geschlossener Bebauungsstrukturen wie den Innenhöfen ist es wichtig, eine natürliche Durchlüftung zu erhalten bzw. zu verbessern, um Hitzestaus in den süd-west-exponierten Ecken der geschlossenen Bebauung zu vermeiden. Straßen und Schneisen in Hauptwindrichtung sind zur Luftzirkulation vor allem in Ost-West-Richtung freizuhalten.

Entwurfsszenario mit konkreten Maßnahmen ... im Straßenraum

1 Der Baumbestand der nord-süd-gerichteten Hauptstraße wird zu einer Allee mit stadtklimafesten Straßenbäumen ergänzt, die den Straßenraum und die Aufenthaltsräume vor den Ost- bzw. Westfassaden verschatten. Die Pflanzstreifen werden für die Versickerung und Speicherung von unbelastetem Oberflächenwasser aktiviert. Sie gliedern den Verkehrsraum zwischen Gehweg, Fahrradweg und Fahrbahn. Zwischen den Baumstandorten werden entsiegelte Parkbuchten für Carsharing angeboten.

2 In den bisher baumfreien, in Ost-West-Richtung verlaufenden Hauptstraßen werden besonders trockenstress- und hitzeverträgliche Bäume zur Verschattung der Aufenthaltsbereiche vor den Südfassaden gepflanzt. Um die Durchlüftung nicht zu behindern, wird auf eine beidseitige Bepflanzung verzichtet und auf schmalkronige Arten zurückgegriffen. Die Baumreihe schirmt den Fußgänger- und Fahrradverkehr vom Automobilverkehr ab.

3 Stark strahlungsbelastete Süd- und West-Fassaden der Hauptstraßen werden zusätzlich verschattet. Durch den hohen Nutzungsdruck am Fassadenfuß bieten sich hier modulare Begrünungs- oder technische Verschattungselemente an. Nischen für unterschiedliche Tiergruppen lassen sich in beide Fassadensysteme integrieren. Insbesondere die Begrünung mit modularen Elementen bietet ein breites Spektrum an Pflanzenarten und Lebensräumen. Als sog. Living Walls bieten sie ein außergewöhnliches Raumerlebnis und erzeugen besondere Orte im Quartier.

4 In den schmalen Nebenstraßen reicht der Straßenquerschnitt nur für eine einreihige Bepflanzung mit Straßenbäumen aus. Als verkehrsberuhigter Bereich wird der Straßenraum mittig mit Gruppen unterschiedlicher Baumarten bepflanzt. Aus dem monofunktionalen Verkehrsraum wird ein multifunktionaler Aufenthalts- und Bewegungsraum für Anwohner. Die Stellplätze werden dazu auf das Nötigste reduziert,



Abbildung 51: Entwurfsszenario im Maßstab 1:1000

- Energetische Sanierung Gebäudebestand
- Belag mit hohem Albedo
- Wasserdurchlässiger Belag
- Rain gardens mit Stauden, Gräser, Zwergsträucher
- Ziergarten auf Tiefgaragendach
- Dachflächen für Solaranlagen geeignet
- Dachterrasse
- Dachbegrünung Typ Feuchtwiese
- Dachbegrünung Typ Nutzgarten
- Dachbegrünung Typ Trockenrasen
- Wasserstelle/Brunnen
- Modulare Fassadenbegrünung mit Stauden und Gräser
- Begrünung Balkon/Laubengang als vertikaler Garten in Pflanztrögen
- Bodengebundene Fassadenbegrünung, selbstklimmend oder mit Rankgerüst, 15-18m hoch

- Baumbestand Hauptstraße Nord-Süd ergänzen mit breitkronigen Straßenbaumarten 1. und 2. Wuchsordnung
- Baumneupflanzung Hauptstraße Ost-West mit schmal- oder lichtkronigen Straßenbaumarten 2. Wuchsordnung
- Baumbestand Nebenstraßen ergänzen mit Gehölzgruppen aus verschiedenen Straßenbaumarten 2. und 3. Wuchsordnung
- Baumbestand Innenhof ergänzen mit Solitärsträuchern 1. Wuchsordnung oder mehreren Kleinbäumen 2.-3. Wuchsordnung auf Tiefgaragendächern
- Solitärsträucher im Innenhof mit verschiedenen Wuchsformen und jahreszeitlichen Aspekten
- Gehölz Dachterrasse in Pflanztrög

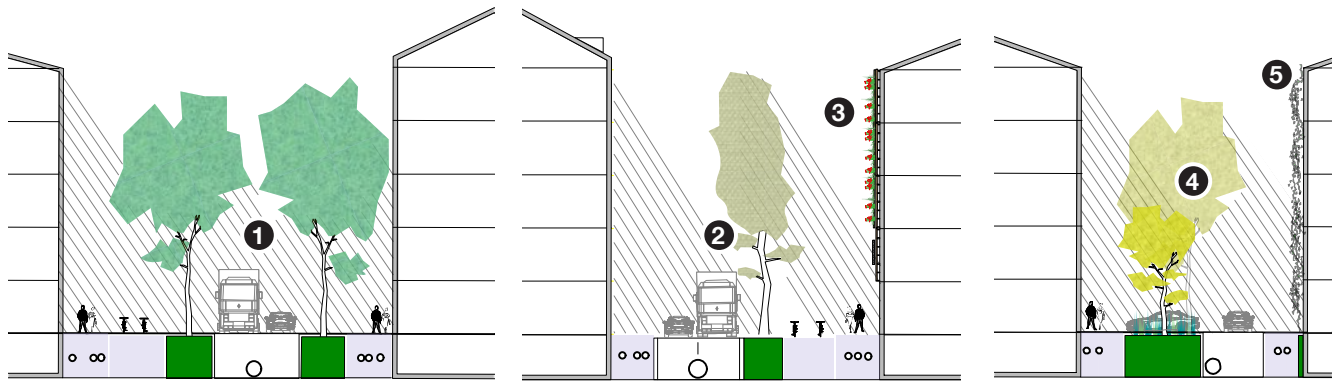


Abbildung 52: Schemaschnitte durch die Straßenräume im Maßstab 1:500

entsiegelt und zwischen den Baumgruppen angeordnet. Tiefbeete unter den Bäumen versickern einen Großteil der anfallenden Niederschläge vor Ort. Die Feuchtbiootope (Urban Wetlands) sind mit unterschiedlichen Gräsern, Kräutern und Stauden bepflanzt, die eine sehr hohe Verdunstungsleistung haben und den Straßenraum als Lebensraum aufwerten. In die Einfassungen der Tiefbeete integrierte Sitzgelegenheiten verbessern die Aufenthaltsqualität zusätzlich.

5 Strahlungsexponierte West- und Südfassaden in den Nebenstraßen werden zusätzlich begrünt. Der geringe Nutzungsdruck am Fassadenfuß ermöglicht eine bodengebundene Fassadenbegrünung, welche die Qualität der Straße als wohl temperierten Spiel- und Aufenthaltsraum verbessert und zusätzliche Habitatstrukturen im Straßenraum schafft. Balkone und Loggien werden in den verkehrsberuhigten Straßen wieder zu nutzbaren Aufenthaltsräumen und sind mit Topfpflanzen begrünt.

... am Gebäude

6 Die energetischen Sanierungsmaßnahmen der Fassaden berücksichtigen an allen Gebäuden vorhandene Lebensräume gebäudebesiedelnder Tier- und Pflanzenarten. Hinzu kommen Quartiere für Vögel, Fledermäuse und Wildbienen. Laubengänge und Loggien werden in die Pufferzone einer zweiten Fassadenhülle zur Erweiterung der Wohnfläche integriert.

7 Die Dächer der Hauptgebäude werden aufgrund ihrer Dachneigung und extremen Exposition nicht begrünt. Insbesondere die süd- und west-orientierten Dächer eignen sich für Solarzellen. Im Zuge der Nachverdichtung werden Dachausbauten mit Dachterrassen angelegt. Sie sind mit Zier- und Nutzpflanzen in Pflanztrögen begrünt und schaffen besondere Aufenthaltsorte über der Stadt.

8 Die stark strahlungsbelasteten Süd- und Westfassaden im Innenhof werden mit hochwachsenden Kletterpflanzen bodengebunden begrünt. Sie verbessern die Aufenthaltsqualität der Freiräume und tragen zur Reduktion der Hitze, Lärm- und Feinstaub-

belastung im Innenhof bei. Je nach Art verbessern sie auch das Nahrungs- und Nistplatzangebot für diverse Tierarten. Verschiedene Kletterpflanzenarten mit unterschiedlichen Blattfärbungen und Blühaspekten schaffen ein abwechslungsreiches Fassadenbild über alle Jahreszeiten hinweg.

9 Die Begrünung von Loggien, Balkonen und Laubengängen erweitert das Angebot schattiger, privater Aufenthaltsräume in den Innenhöfen. An Rankgerüsten wachsen verschiedene Kletterpflanzen empor. In Kombination mit anderen Zier- oder Nutzpflanzen entstehen vertikale Gärten, welche die Bewohner in Töpfen unterhalten. Die individuelle Bepflanzung erzeugt eine sehr hohe Artenvielfalt, die die monotonen Fassaden im Hinterhof beleben.

... im Innenhof

10 Die Begrünung der relativ niedrigen Dächer im Innenhof ist eine sehr gute Option, um die Niederschläge zurückzuhalten und Grünflächen in der hochverdichteten Blockstruktur zu schaffen. Je nach Bausubstanz werden sowohl extensive als auch intensive Begrünungen angelegt. Vom Trockenrasen bis zur Feuchtwiese ergibt sich ein ungestörtes, kleinräumiges Lebensraummosaik inmitten der Stadt, das für die Bewohner der umgebenden Wohnungen (von oben betrachtet) zum besonderen Naturerlebnis wird. Auf zugänglichen Dachflächen lassen neue private oder gemeinschaftliche Gärten Aufenthaltsräume entstehen, die auch zum Anbau von Obst und Gemüse genutzt werden können (Urban Farming).

11 Der Bestand an Bäumen im Innenhof wird erhalten. Auf den sonnenexponierten Hofflächen werden zusätzliche Standorte mit ausreichendem Wurzelraum für Großbäume geschaffen. Ihre Kronen verschatten weite Bereiche der hitzebelasteten Hinterhöfe. Mit Abstand gepflanzt, ermöglichen sie einen ausreichenden Luftaustausch. Die Fläche unter der Krone ist als Stellplatz, Aufenthalts- oder Bewegungsfläche nutzbar. Dabei schützen die Bäume vor nachbarschaftlichen Blicken und dienen diversen Tierarten als Singwarte, Nistplatz, Nahrungsquelle oder geschützter Rückzugs-

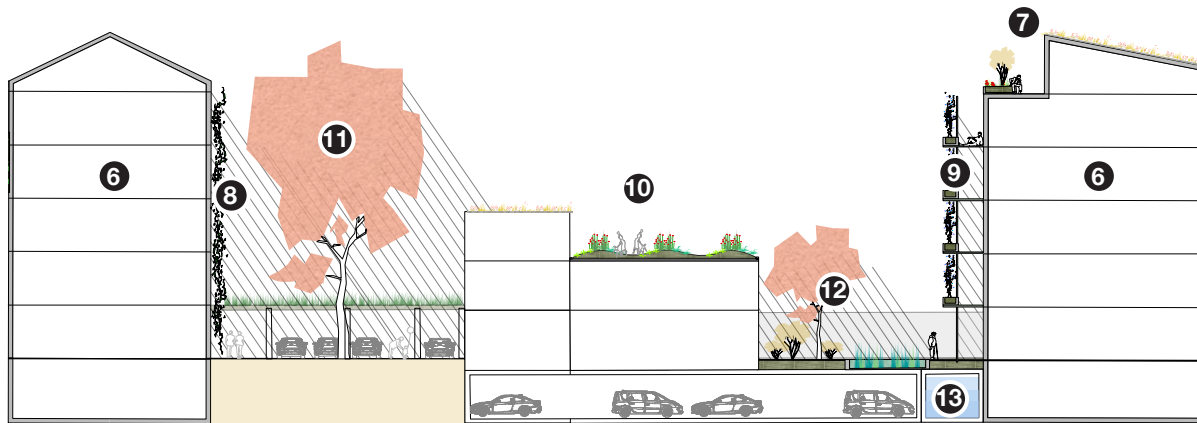


Abbildung 53: Schemaschnitt durch einen Innenhof im Maßstab 1:500

ort. Zur Versickerung des Oberflächenwassers werden die befestigten Hofflächen auf ein Minimum reduziert und wasserdurchlässig befestigt. Die Baumstandorte sind großzügig entsiegelt. In den Randbereichen steigern Wiesen und Pflanzflächen die Artenvielfalt und versickern das Regenwasser der Hofflächen.

12 Tiefgaragendächer werden flächig begrünt und als gemeinschaftlicher Garten genutzt. Eine großzügige Substratauflage und Retentionsmatten auf der Dachkonstruktion speichern Regenwasser und machen Gehölzpflanzungen möglich. Es werden ausschließlich Pflanzen verwendet, die mit dem geringen Wurzelraum auskommen. Die Kombination

unterschiedlicher Gehölze mit Stauden, Kräutern und Gräsern schaffen sehr differenzierte ästhetische und ökologische Qualitäten.

13 Zur Bewässerung der Pflanzen in den zunehmenden Trockenperioden sind Wasserspeicher nötig. Insbesondere die Dach- und Fassadenbegrünungen ohne Bodenanschluss brauchen kontinuierlich Wasser. Dazu werden in den Tiefgaragen Zisternen vorgesehen. Auf den Hof- und Dachflächen werden Wasserbecken zum Gießen genutzt. Zudem kühlen sie die Aufenthaltsräume. Fassadengebundene Begrünungen sollten mit Brauchwasser (Grauwasser) der Gebäude automatisch bewässert werden.

Mikroklimatische Bewertung des Entwurfes mit ENVI-met

Im Vergleich zur aktuellen Begrünungssituation wird der Grünanteil im Entwurf von 9 auf 38,5 % erhöht. Dies bewirkt eine Reduktion der PET um 10,6 % unter heutigen bzw. 4,2 % unter zukünftigen Klimabedingungen. In den Straßenräumen vermindert vor allem die Verschattung durch die neu gepflanzten Bäume die kleinräumige Überhitzung. In den stark besonnten Hinterhöfen reduzieren Fassadenbegrünung und begrünte Balkone die Reflexion der solaren Einstrahlung in den Raum; die Verschattung durch Sträucher und Einzelbäume erhöht den Kühlungseffekt zusätzlich. Mit dem Entwurfsszenario wird folglich auch unter zukünftigen Klimabedingungen eine Wärmebelastung von im Schnitt 39 °C PET und damit niedriger als in der heutigen Situation erreicht.

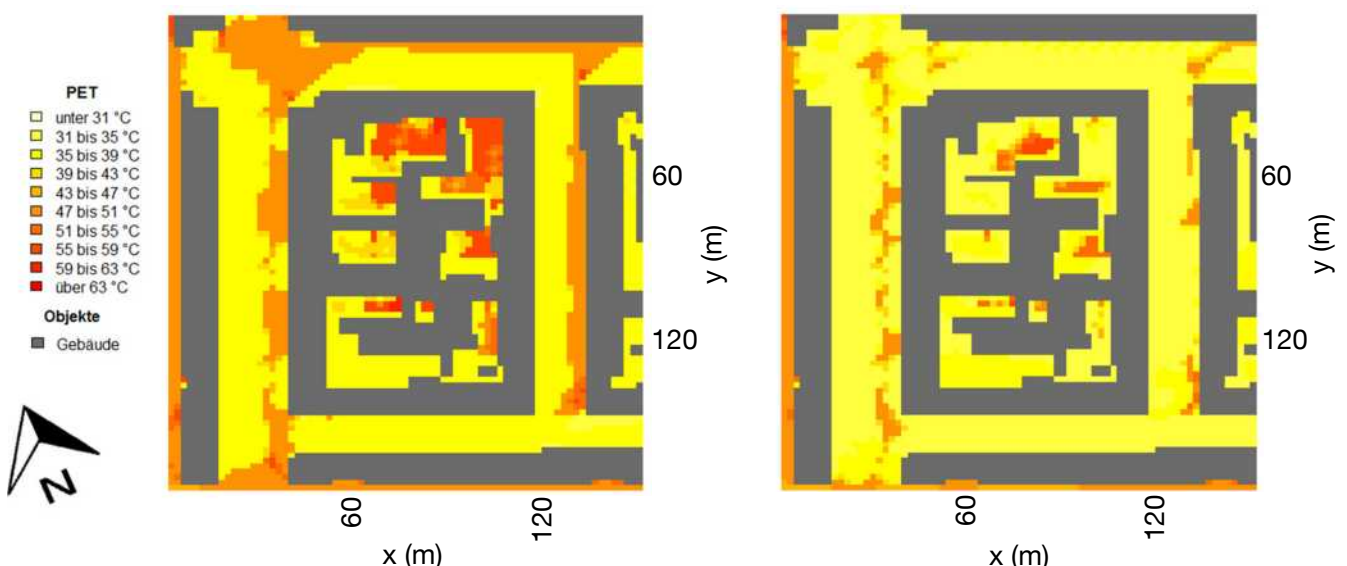


Abbildung 54: Die thermische Belastung in der Blockbebauung mit aktueller Begrünung (links) und im Entwurfsszenario (rechts) unter heutigen Klimabedingungen, um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe



5 Zeilenbebauung

Charakteristisch für den Siedlungstyp Zeile ist eine lockere Bebauung mit Zeilen- und Punkthochhäusern. Die großflächigen Wohnanlagen sind in eine parkartige Landschaft eingebettet und von weitläufigen Straßenräumen durchzogen. Die Architektur begrenzt sich auf wenige, oft gleiche Gebäudetypen. Die Zeilenbauten sind 3 bis 5 Geschosse hoch und sehr lang. Sie stehen meist parallel, nur manchmal orthogonal zueinander. Die Baustruktur lockern Punkthochhäuser mit mehr als 25 m Höhe und quadratischem Grundriss auf. Im Schnitt sind 35 % der Blockfläche versiegelt. Die Bebauungsdichte in Neuaußing beträgt 22 %. Der Grünflächenanteil ist mit 65 % sehr hoch. Weitläufige, oft monotone Rasenflächen mit vielen Bäumen prägen das Bild. Die Wohnanlage ist nur durch Fußwege erschlossen. In ihrem Inneren gibt es einen zentralen Aufenthaltsbereich. Zu den Straßen befinden sich große Stellplatzanlagen für die Bewohner der Wohnanlage. Die Straßen sind sehr breit und großzügig mit Verkehrs- begleitgrün ausgestattet. Der Straßenraum ist kaum durch Baulinien gefasst. Die monofunktionalen Wohnanlagen werden durch zentral gelegene Nahversorgungs- und Bildungseinrichtungen im Quartier ergänzt. Die Wohnanlage umgeben Einzelhausbebauungen, Gewerbegebiete, große Infrastrukturtrassen und große Grünzüge. Trotz der Lage am Stadtrand gibt es jedoch kaum Bezüge zur Landschaft.

5.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz

Den Modellbereich des Siedlungstyps Zeilenbebauung zeigt Abb. 55. Die typischen Gebäude des Siedlungstyps sind durch eine detaillierte Darstellung hervorgehoben. Die beiden Gebäude repräsentieren die Hauptausrichtungen Ost-West und Nord-Süd der Mehrfamilienhäuser im Modellbereich.

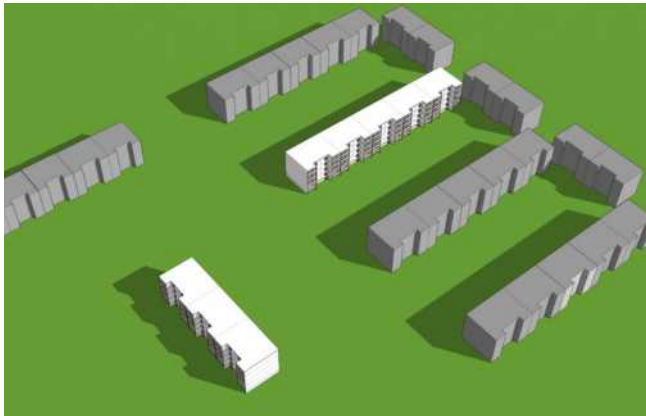


Abbildung 55: Modellbereich für den Siedlungstyp Zeilenbebauung mit den beiden Hauptausrichtungen der Gebäude Ost-West und Nord-Süd

Klimawandelauswirkungen

Der mittlere Nutzenergiebedarf pro Periode für den gesamten Modellbereich des Siedlungstyps Zeilenbebauung ist Abb. 56 zu entnehmen. Der Nutzenergiebedarf setzt sich aus dem Heizwärmebedarf und dem Kühlbedarf zusammen. Auch im Siedlungstyp Zeilenbebauung wird deutlich: Der Heizwärmebedarf geht zurück und der potenzielle Kühlbedarf steigt.

Der Anteil des Kühlbedarfs am Nutzenergiebedarf wird zusätzlich in Prozent abgebildet. Der Nutzenergiebedarf ist in der Zeilenbebauung, im Vergleich zu den anderen beiden Siedlungstypen, am höchsten. Ursache ist der höhere Anteil an Außenflächen in Bezug auf die klimatisierten Flächen. Der potenzielle Kühlbedarf liegt beim Vergleich der Siedlungstypen in der Mitte. Die konstruktive Verschattung durch die Balkone trägt dazu wesentlich bei. So ist bei einer Südausrichtung des Gebäudes auch während der Sommermonate eine optimale Verschattung der Fenster gewährleistet. Die energetische Sanierung weist auch in der Zeilenbebauung ein hohes Energieeinsparpotenzial auf. So kann auch in Zukunft eine Drittelung des Nutzenergiebedarfs durch eine Sanierung der Gebäudehülle erreicht werden.

Ein Vergleich der Ergebnisse einer Sanierung nach EnEV zeigt: Der Heizwärmebedarf geht von Periode 1 bis Periode 4 um ca. 30 % zurück. Diesen Rückgang verursacht die klimatische Erwärmung. Der potenzielle Kühlbedarf steigt im selben Zeitraum um ca. 9 kWh/m²a an und hat in Periode 4 einen Anteil von ca. 25 % des gesamten Nutzenergiebedarfes. Daraus lässt sich ableiten, dass auch in der Zeilenbebauung bei einer

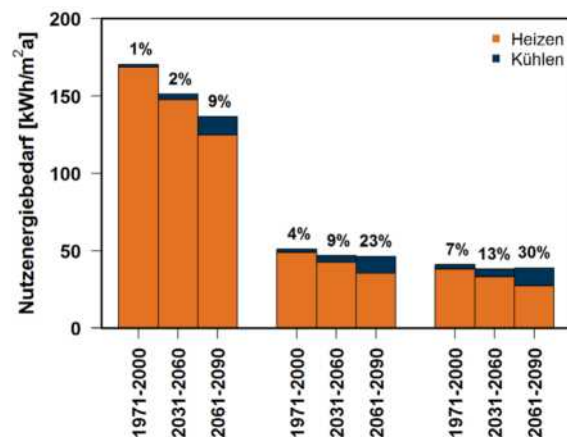


Abbildung 56: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung nach EnEV und EnEVPlus im Modellbereich von Neuaubing-Westkreuz

weiteren Reduktion des Energiebedarfs eine Minimierung des Kühlbedarfs zu berücksichtigen ist.

Die Analyse des Nutzenergiebedarfs der Sanierungen nach EnEV und EnEVPlus in Abb. 56 verdeutlicht, dass sich der Rückgang von Heizwärmebedarf und der Anstieg des Kühlbedarfs in etwa ausgleichen. Diese Ergebnisse berücksichtigen jedoch noch nicht die Erzeugung des jeweiligen Energiebedarfs und lassen noch keine Aussagen über mögliche Emissionen zu. Abb. 57 zeigt die resultierenden THG-Emissionen für die Gebäudetechnikvarianten Moderat und Ambitioniert. In der Variante Moderat, welche einer Sanierung nach aktuellem Stand der Technik und einer zusätzlichen Kühlung entspricht, weisen die THG-Emissionen einen starken Anstieg auf. Der Anstieg der Emissionen pro Periode wird durch den steigenden Kühlbedarf hervorgerufen. In Periode 4 ist, wie bereits in der Blockbebauung, eine Verdopplung der Emissionen

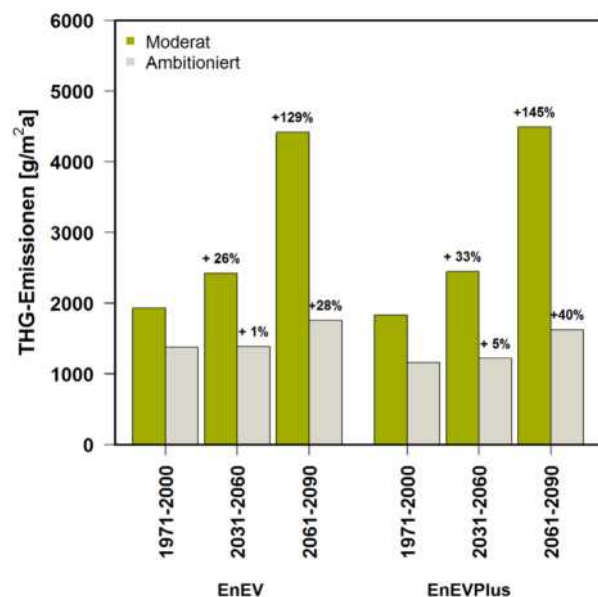


Abbildung 57: Zukünftige mittlere THG-Emissionen im Modellbereich von Neuaubing-Westkreuz

zu erwarten. Dieser Anstieg an Emissionen verdeutlicht die negativen Auswirkungen des Klimawandels. Die Resultate der Variante Ambitioniert zeigen: Durch eine effiziente Deckung des Kühlbedarfes lässt sich der Anstieg der THG-Emissionen reduzieren. Aufgrund von Sanierungszyklen zwischen 30 und 50 Jahren ist bereits bei aktuellen Konzepten eine effiziente Gebäudekühlung zu berücksichtigen.

Maßnahmen

Neben der Installation einer aktiven Kühlung reduzieren passive Maßnahmen den potenziellen Kühlbedarf. Dabei werden für einen Vergleich die in Kapitel 3.1 vorgestellten Maßnahmenkombinationen verwendet.

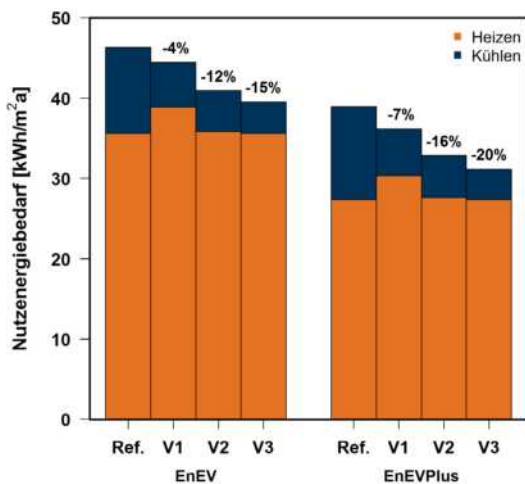


Abbildung 58: Reduktion des Nutzenergiebedarfs durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

Wie in Abb. 58 zu sehen, verändern die Maßnahmenkombinationen den Nutzenergiebedarf in Periode 2061 bis 2090. Ein Sonnenschutzglas (V1) beeinflusst auch im Siedlungstyp Zeilenbebauung den Heizwärmebedarf negativ. Der Kühlbedarf kann in Variante 1 zwar halbiert werden, jedoch reduziert der Anstieg des Heizwärmebedarfs den Nutzenergiebedarf um 4 % bzw. 7 %. Die Einsparungen beim Kühlbedarf sind in Variante 2 ähnlich der Variante 1, weisen jedoch keine Veränderungen im Heizwärmebedarf auf. Dadurch ist eine Einsparung von 12 % bzw. 16 % beim Nutzenergiebedarf möglich. Variante 3 bietet auch im Siedlungstyp Zeilenbebauung das größte Einsparpotenzial. Dies wird besonders bei einer Analyse der THG-Emissionen für die Periode 4 in Abb. 59 deutlich. Variante 3 spart mit beiden Sanierungskonzepten, EnEV und EnEVPlus, mehr als 50 % Emissionen ein. Die Kombination aus außenliegendem Sonnenschutz und Nachtlüftung (V2) ist auch für den Siedlungstyp Zeilenbebauung zu empfehlen. Variante 1 erreicht zwar eine ähnliche Reduktion der Emissionen, vorausgesetzt der Heizwärmebedarf wird emissionsarm bereitgestellt.

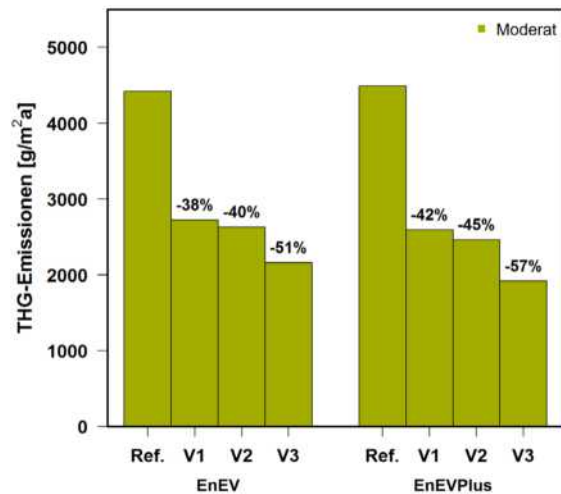


Abbildung 59: Reduktion der Treibhausgasemissionen durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Der Klimawandel reduziert den Heizwärmebedarf und lässt den potenziellen Kühlbedarf im Siedlungstyp Zeilenbebauung ansteigen.
- Aus Sicht des Klimaschutzes bleibt die energetische Sanierung im Siedlungstyp Zeilenbebauung auch in Zukunft unerlässlich.
- Die Möglichkeit einer effizienten Kühlung des Gebäudes durch Anlagentechnik oder Maßnahmen an der Gebäudehülle sind aufgrund der langen Sanierungszyklen bereits in der aktuellen Planung zu berücksichtigen.
- Bei einer ineffizienten Kühlung in Kombination mit einer Sanierung nach aktuellem Stand der Technik können die Treibhausgasemissionen um ca. 130 % in der Periode 2061 bis 2090 im Siedlungstyp Zeilenbebauung steigen.
- Als Maßnahmenkombination ist ein außenliegender Sonnenschutz gepaart mit einer Nachtlüftung zu empfehlen. Der technische Aufwand hält sich in Grenzen und es können dadurch selbst in Periode 2061 bis 2090 40 % der potenziellen Emissionen eingespart werden.

5.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur

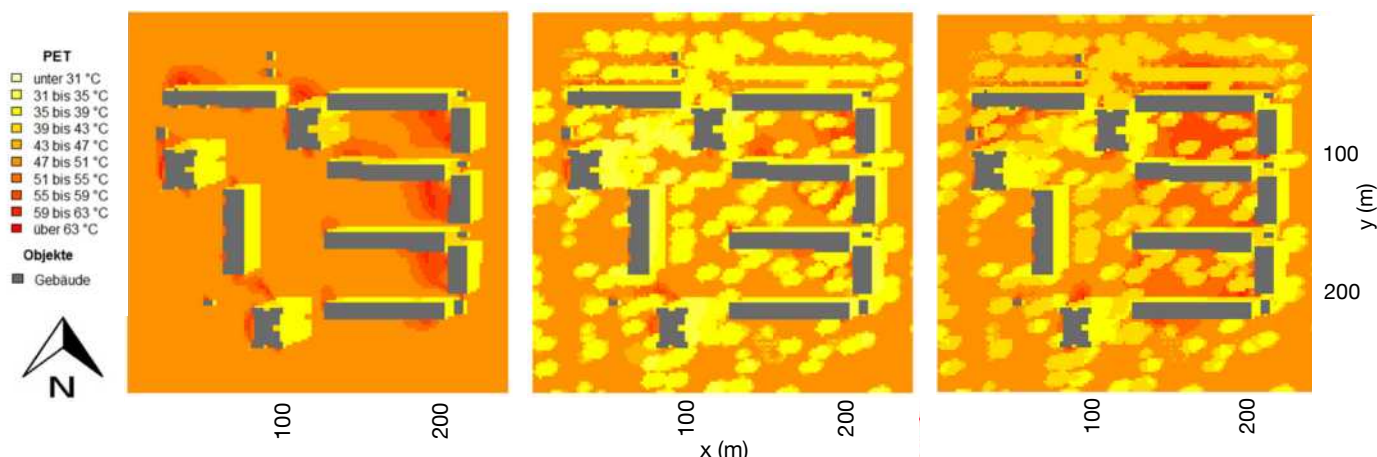


Abbildung 60: Die thermische Belastung in der Zeilenbebauung unter heutigen Klimabedingungen ohne Begrünung (links), unter heutigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (Mitte) und unter zukünftigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (rechts) um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe

In der Zeilenbebauung ergibt sich an einem Hitzetag unter heutigen Klimabedingungen eine hohe thermische Belastung im Außenraum. In der großzügig angelegten Bebauungsstruktur ist die Wirkung der Gebäudeschatten begrenzt und vor allem die besonnten Freiräume erwärmen sich stark auf PET-Werte (Physiologisch Äquivalente Temperatur) bis zu 59 °C. Besonders belastet sind die Freiräume, die sich zusätzlich zur direkten solaren Einstrahlung noch durch die Wärmehückstrahlung der besonnten Gebäudefassaden (Süd-West-Ausrichtung) erwärmen. Die über die gesamte Freiraumstruktur verteilten Bäume und Baumgruppen bilden Inseln mit kühleren Bedingungen und PET-Werten von max. 43 °C. Die durchschnittliche thermische Belastung ist durch den geringeren Verschattungsanteil im Freiraum höher als in der Blockbebauung.

Thermische Belastung im Außenraum steigt

Zunehmende Temperaturextreme äußern sich in einer höheren Maximaltemperatur sowie einem Anstieg der gesamten Temperaturkurve über den ganzen Tag. Dies führt zu einem Anstieg der thermischen Belastung in der Zeilenbebauung. Im Schnitt steigt sie um 5,5 %, d. h. von 43,3 auf 45,4 °C PET (Abb. 60, rechts). Diese Erhöhung wirkt sich besonders stark in den Bereichen zwischen den L-förmig angelegten Zeilen-Gebäuden aus. Dort erreicht die PET maximale Werte von bis zu 63 °C, was der Mensch als extremen Hitzestress empfindet (Abb. 60). Mangelnde Durchlüftung durch die Gebäude in der Hauptwindrichtung aus Süd-Ost und die Wärmerückstrahlung von den Fassaden sind die Hauptgründe für die Überhitzung.

Wie Begrünung Hitze reguliert

Die typische Zeilenbebauung ist großzügig durchgrünt und weist eine geringe Bebauungsdichte auf. Die Freiräume zwischen den Gebäuden sind ausnahmslos mit Rasen, Einzelbäumen oder Baumgruppen bepflanzt. Wie Abb. 60 (Mitte) zeigt, erhöht vor allem der Baumbestand durch seinen Schattenwurf den thermischen

Komfort im Außenraum. So würde die gefühlte Temperatur ohne die bestehende Begrünung bei 48,1 °C anstatt bei 43,3 °C PET liegen (Abb. 60, links).

Grünmaßnahmen reduzieren die thermische Belastung im Außenraum. Bäume verschatten und kühlen zugleich – sie haben die größte Effektivität. Die Reduktion der thermischen Belastung im Außenraum kann bis zu 18 % gegenüber der aktuellen Begrünung (entspricht max. 8 °C PET-Reduktion) erreichen, vor allem wenn die Bäume stark besonnte Freiräume und Fassaden mit Süd-West-Ausrichtung verschatten.

Auch die Fassadenbegrünung erhöht durch Evapotranspiration die Luftfeuchtigkeit und kühlt dadurch. Die gefühlte Temperatur lässt sich um bis zu 2 % auf durchschnittlich 42 °C PET senken. Im Vergleich zur Blockbebauung mit ihrer hohen Bebauungsdichte und dem damit durchschnittlich hohen Anteil an begrünbaren Fassadenflächen ist die Reduktionsleistung über das gesamte Untersuchungsgebiet gesehen in der Zeilenbebauung geringer. Die tatsächliche Verschattungs- und Evapotranspirationsleistung ist dennoch mit den Werten der Blockbebauung vergleichbar.

Die Wirkung der extensiven Dachbegrünung beschränkt sich auf den Raum über den Gebäudedächern. Obwohl sich die Flachdächer der Zeilenbebauung technisch gut für eine Begrünung eignen, bleibt ihre Kühlleistung im menschlichen Aufenthaltsbereich auf 1,4 m Höhe mit 0,2 % gering, da die Begrünung auf den Gebäuden in der untersuchten Zeilenbebauung mit mindestens 14 m Höhe davon weit entfernt ist.

Folglich können nur Bäume im Siedlungstyp Zeile den Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken und auch in Zukunft die heutigen klimatischen Bedingungen aufrechterhalten (Abb. 61). Die thermische Belastung lässt sich im Maximalszenario von extremen auf mäßigen Hitzestress senken.

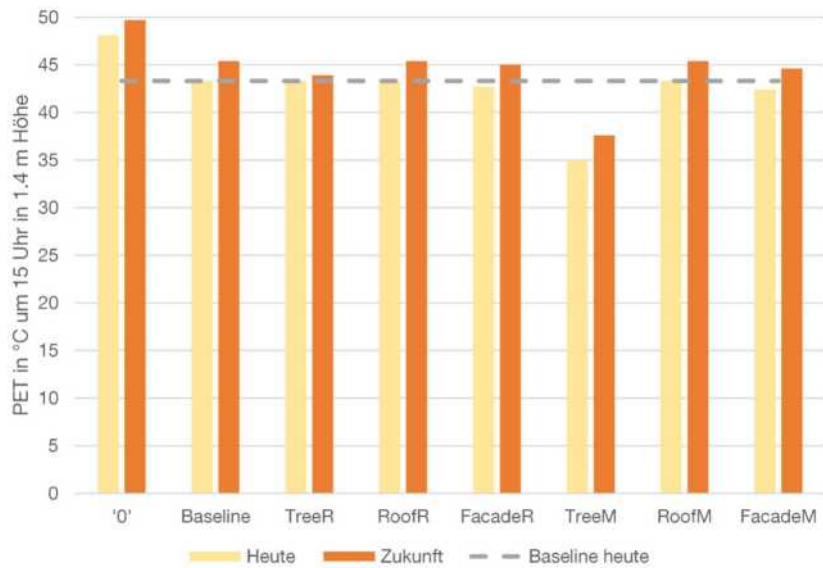


Abbildung 61: Vergleich der PET-Werte für alle Begrünungsszenarien in der Zeilenbebauung unter heutigen und unter zukünftigen Klimabedingungen, die graue Linie repräsentiert den PET-Wert der aktuellen Begrünungssituation und heutigen Klimabedingungen (PET = Physiologisch Äquivalente Temperatur)

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Die solare Einstrahlung auf vor allem nachmittags besonnten Freiflächen und Fassaden muss verringert werden. Damit reduziert sich die Wärmerückstrahlung. Dies gelingt z. B. durch Begrünen mit Bäumen und Fassadenbegrünung.
- Insbesondere ist eine ausreichende Durchlüftung sicherzustellen, vor allem von baulich geschlossenen Strukturen und in den Hauptwindrichtungachsen.
- Bäume, Fassaden- und Dachbegrünung verdunsten Wasser und erhöhen somit die Kühlwirkung.
- Das Zusammenspiel von Verschattung und Evapotranspiration kann erhöhten Hitzestress abmildern.

5.3 Urbane Lebensräume

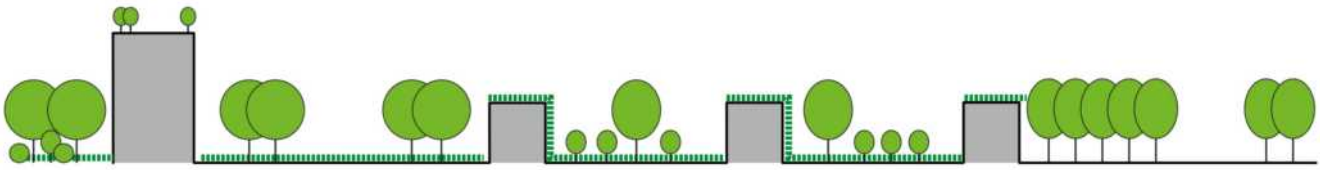


Abbildung 62: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente

Die Hauptaufgabe im Siedlungstyp Zeilenbebauung liegt in der sozialen, ökologischen und ästhetischen Aufwertung der bestehenden Strukturen. Durch die Differenzierung der bestehenden Grünflächen und Verkehrsflächen entstehen abwechslungsreiche Lebensräume. Die Begrünung von bisher ungenutzten Fassaden- und Dachflächen erweitert das Spektrum an hochwertigen Lebensräumen. Mit Bezug zu den angrenzenden Landschaftsräumen und Stadtstrukturen aus Einzelhausbebauungen, Gewerbegebieten und Einzelhandelszentren können vielfältige Stadtquartiere mit charakteristischen Lebensräumen entstehen.

Freiraumqualität

Die weiträumige, aber homogene Grünstruktur bietet nur sehr wenig Raumqualitäten: Die Grünflächen sind kaum differenziert. Sie bestehen aus weiten Flächen mit Scherrasen und einem gleichmäßig verteilten Baumbestand, der sich aus nur wenigen Arten zusammensetzt. Das Grün ist zum Großteil „Abstandsgrün“ zu Verkehrsflächen oder liegt weitgehend ungenutzt zwischen den Wohngebäuden. Nur im Zentrum der Wohnanlage werden Aufenthaltsräume oder Spielmöglichkeiten angeboten, die allerdings oft in die Jahre gekommen sind. Die Architektur beschränkt sich auf ihre Wohnfunktion und die gleichmäßige Verteilung immer gleicher Gebäudetypen. Damit entstehen keine spezifischen Orientierungs- oder Identifikationspunkte; klare Raumkanten oder besondere Orte fehlen. Intakte soziale Treffpunkte für die sozial durchmischte Einwohnerstruktur gibt es kaum. Der Straßenraum beschränkt sich auf seine Verkehrsfunktion und hat keine Qualitäten eines öffentlichen Raumes.



Abbildung 63: Die Rasenflächen zwischen den Wohngebäuden sind kaum genutzt und als Lebensraum nur wenig differenziert (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 64: Amseln nutzen in der Zeilenbebauung Rasen als Jagdhabitat (Foto: ZSK TP1)

Artenvielfalt

In Hinblick auf Flora und Fauna zählen Zeilenbebauungen zu den Siedlungstypen mit mittleren Artenzahlen. Sie sind in der Regel artenreicher als Innenstadtbereiche, aber artenärmer als Siedlungen mit reich strukturierten Grünflächen (z. B. alte Villenviertel). Aufgrund des geringen Versiegelungsgrades und des großen Anteils an Grünflächen bietet der Siedlungstyp vielen Arten Lebensräume, die mit den extremen heiß-trockenen, innerstädtischen Bedingungen nicht zurechtkommen. Wenn die Quartiere am Stadtrand liegen, stellen sie zudem Refugien für Tiere und Pflanzen dar, die auch in der umgebenden intensiv genutzten Agrarlandschaft keine geeigneten Existenzbedingungen mehr vorfinden. Andererseits ist der Siedlungstyp vor allem aufgrund der gleichförmigen Beschaffenheit der Grünflächen im Vergleich zur umgebenden Bebauung mit reich strukturierten Gärten relativ artenarm. Das Hauptproblem sind Nährstoffreichtum der Humusdecke in Kombination mit einer hochfrequenten



Abbildung 65: Große Parkplätze der Wohnanlage dominieren den öffentlichen Straßenraum (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 66: Blick über den zentralen Aufenthaltsraum der Wohnanlage mit Feuchtbiotop und Aufenthaltsräumen unter Bäumen

Mahd. Laufende und kriechende Tierarten sind in der Zeilenbebauung einem relativ geringeren Kollisionsrisiko ausgesetzt. Auf der anderen Seite erreichen Bewohner und Haustiere prinzipiell alle Bereiche des Siedlungsgebietes. Die Störungsintensität und Gefährdung von Kleinsäugetern, Amphibien, Reptilien und Vögeln ist daher relativ groß.

Maßnahmen im Straßenraum

Zur räumlichen Definition des Straßenraumes sollte der Baumbestand entlang der Straßen verdichtet und nur an wichtigen Orten wie den Eingangsbereichen der Wohnanlagen durch Auflichtungen akzentuiert werden. So entsteht ein Rhythmus aus unterschiedlichen Raumabfolgen und eindeutigen Raumbezügen.

Großzügig dimensionierte Verkehrsflächen sind zu reduzieren und teilweise zu entsiegeln. Der monofunktionale Verkehrsraum bietet auch für alternative Mobilitätsformen Platz. Eine begrünte Straßenbahntrasse z. B. versickert Niederschläge und ist für diverse Tier- und Pflanzenarten ein Ausbreitungskorridor.

Große Parkplätze am Rande der Wohnanlage sind zu entsiegeln und mit wasserdurchlässigen Belägen zu befestigen. Der umgebende Baumbestand sollte mit unterschiedlichen Gehölzen zu einem Gehölzsaum verdichtet werden, ohne dabei die Durchlüftung zu behindern. Durch die artenreiche Saumstruktur entstehen ungestörte Habitate. Als grüne Raumkanten ordnen sie die weiten Flächen zwischen den Gebäuden.

Zur Retention des Oberflächenwassers der befestigten Verkehrsflächen bietet der Straßenraum ausreichend Platz für ein System aus verschiedenen Retentionsanlagen: Entlang der fußläufigen Erschließung der Wohnanlage strukturieren wechselfeuchte Retentionsgräben die weiten Grünflächen.

Im Falle von Starkregenereignissen sind sie an Retentionsbecken angeschlossen, die zentrale Freiräume definieren. Als temporär überflutete Bereiche bieten sie besondere Lebensräume für Tiere und weisen bei entsprechender Bepflanzung eine ganz eigene ästhetische Qualität auf.



Abbildung 67: Schnitt-Perspektive durch den Straßenraum mit ergänztem Baumbestand, begrünter Straßenbahntrasse und entsiegelter Parkplatzanlage



Abbildung 68: Schnitt-Perspektive der Privat- bzw. Mietergärten zwischen den Zeilenbauten

Maßnahmen am Gebäude

Bei allen baulichen Maßnahmen an Gebäuden ist der Lebensraum gebäudebewohnender Tier- und Pflanzenarten zu erhalten und nach Möglichkeit zu erweitern. Die Gebäude der Zeile bergen darüber hinaus ein bisher ungenutztes Potenzial zur Begrünung. Die Fassaden sind differenziert nach unterschiedlichen Ansprüchen von Bewohnern, Tierarten und Exposition zu behandeln.

Die Begrünung der thermisch stark belasteten Süd- und Westfassaden ist überall bodengebunden möglich. Je nach Art der Kletterpflanze entstehen Nahrungsquellen und Fortpflanzungsstätten für Tierarten (Insekten, freibrütende Vogelarten oder an vertikalen Strukturen jagende Fledermäuse usw.). Für die Sommermonate schafft die Begrünung von Balkonen und Loggien angenehme, verschattete Aufenthaltsräume. Die thermisch weniger stark belasteten Nord- und Ostfassaden müssen nicht begrünt werden. Stattdessen sollten hier im Zuge der Fassadensanierung Höhlen- und Spaltenlebensräume für Vögel- und Fledermäuse integriert werden, die auf einen hindernisfreien Anflug auf die Quartiere angewiesen sind (z. B. Mauersegler).

Aufgrund der großräumig vorhandenen Grünflächen ist eine Nutzung der

Flachdächer der Zeilenbauten als Dachgarten nicht notwendig. Für Tiere sind sie begrünt ein zusätzliches, vor Katzen geschütztes Biotop. Die Dachbegrünung lässt sich auch mit aufgeständerten Solarpanelen kombinieren. Die Dächer der Punkthochhäuser sind dagegen einzigartige Aussichtspunkte und bieten sich als Dachterrassen an.

Differenzierung der Grünstruktur

Durch einfache Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen lassen sich aus dem Bestand vielfältige Qualitäten entwickeln. Dazu werden Teilbereiche definiert, in denen die Nutzung intensiviert bzw. extensiviert wird. Zwischen den Wohngebäuden bietet sich eine inten-



Abbildung 69: Blick über die bewegte Wiesenlandschaft mit Gehölzgruppen und begrünenden Gebäuden im Hintergrund

sive Nutzung in Form von Gärten an. Private Gärten stellen den fehlenden Bezug der Wohnungen zu den umgebenden Freiräumen her. Durch das Angebot von gemeinschaftlichen Aneignungsflächen identifizieren sich die Bewohner stärker mit ihrer Wohnanlage. Die Gärten schaffen Bezüge zur umgebenden Einzelhausbebauung und schaffen abwechslungsreiche Freiräume sowie vielfältige Habitatstrukturen.

Artenreiche Wiesen statt Rasen

Periphere, kaum genutzte Rasenflächen sollten zu artenreichen Wiesen extensiviert werden. Dazu ist oft schon eine Minderung der Mahdfrequenz auf 1 bis 2 mal pro Jahr ausreichend. Bei nährstoffreichem Boden empfiehlt sich zudem ein Oberbodenabtrag. Auf Düngung sollte verzichtet werden. Die Anlage von extensiven Wiesen steigert den Reichtum an Insekten und anderen wirbellosen Tieren, die wiederum Vögeln und Fledermäusen als Nahrung dienen. Die Scherrasenflächen bleiben für bestimmte Arten wie Amsel oder Star als Jagdhabitate erhalten.

Auch der Baumbestand lässt sich durch punktuell-Verdichten oder Auslichten weiterentwickeln, um verschiedene Raumeindrücke, Nutzungsmöglichkeiten und Habitatstrukturen zu erzeugen. So entstehen dichte, schattige Baumhaine oder freie Wiesenlandschaften mit vereinzelt Gehölzgruppen, die Bezüge zur umgebenden Kulturlandschaft herstellen.

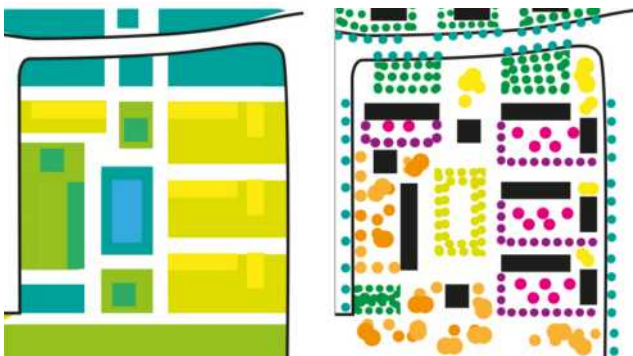


Abbildung 70: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte in der Zeilenbebauung

Zusätzliche Freiraumelemente wie Wasserflächen werden zentrale Aufenthaltsbereiche auf. Sie erweitern das Lebensraumspektrum zusätzlich um Feuchtbiootope und ermöglichen Naturerfahrungen für die Bewohner. Zudem speichern sie als zentrale Retentionsbecken Regenwasser für lange Trockenperioden.



Abbildung 71: Kontext und Vernetzung punktueller, linearer und flächiger Lebensräume in der Zeilenbebauung

GESTALTUNGSZIELE

Angebot unterschiedlicher Lebensräume

- Multifunktionale, begrünte Verkehrsräume
- Schattige, gut durchgrünte und teilentsiegelte Stellplatzflächen
- Lichte und schattige Aufenthaltsbereiche in der Wohnanlage
- Private Gärten und Aneignungsflächen zwischen den Zeilenbauten
- Begrünte Balkone und Loggien
- Extensiv gepflegte, artenreiche Wiesenflächen
- Anlage (wechsel-) feuchter Biotope
- Unzugängliche Trockenbiotope auf den Dächern der Zeilenbauten
- Erhaltung der Lebensräume am Gebäude

Vielfalt durch Entwicklung des Bestands und differenzierte Begrünung

- Ergänzung und Auslichtung des Baumbestandes mit regional typischen Arten
- Extensivierung und Intensivierung der Scherrasenflächen
- Differenzierte Begrünung von Fassaden und Dächern

Vernetzung im Quartier

- Bezüge zu den umgebenden Siedlungs- und Landschaftsstrukturen durch charakteristische Gestaltung der Lebensräume

5.4 Umsetzungsmöglichkeiten

Tendenziell nehmen Punkthochhäuser oder Zeilenbebauungen weniger Fläche in Anspruch, als die Häuser der Blockbebauung oder Gebäude in einem historischen Stadtkern. In Zeilenbebauungen ist zwischen und auch auf den Gebäuden oft noch viel Platz, um Begrünungen umzusetzen. Die Räume zwischen den Häusern sollten aus stadtklimatischer Sicht unbebaut bleiben. Die meisten Gebäude sind reine Wohngebäude. Hier ist Platz, um den sozialen Faktoren im wahren Sinne des Wortes Raum zu geben. Neben Bäumen und Hecken lassen sich die Flächen zwischen den Gebäuden als Gemeinschaftsgärten oder Beete anlegen. Auch sind Sport- und Freiflächen zur gemeinsamen Nutzung möglich. Kinderspielflächen in Wohngebieten begünstigen die Durchlüftung und steigern besonders in Verbindung mit Grünflächen und Verschattungselementen die Aufenthaltsqualität. Für die Durchlüftung eignen sich offene Wiesenflächen. Dies ist im Einzelfall zu prüfen, da in Zeilenbebauungen oft auch Baumpflanzungen möglich sind. Gerade weil Zeilenbebauungen häufig im äußeren Stadtbereich zu finden sind, lassen sich ihre Freiflächen ggf. an die umliegenden Grünzüge anbinden.

Dachbegrünungen auf Flachdächern

Die mehrgeschossigen Häuser der Zeilenbauten, parallel oder punktförmig verteilt, weisen in der Regel Flachdächer auf und eignen sich deshalb zur Dachbegrünung. Die Vorteile von Dachbegrünungen sind vielseitig: Neben klimatischen Funktionen wie Schadstoffbindung, Wasserrückhalt oder Hitzeregulation leisten sie auch einen Beitrag zur Biodiversität, zum Schallschutz, zur Naherholung oder zur sozialen Integration (vgl. Kapitel 4.3, 5.3 und 6.3). Auch im halb-öffentlichen

Raum lassen sich Dachflächen attraktiv nutzen: als private Dächer von Parkhäusern, Einkaufszentren, Bürogebäuden oder Gewerbebauten (Landeshauptstadt München 2012: S. 61). Die Bauleitplanung hat die Möglichkeit, einen Anteil von Dachflächen festzulegen, der gemeinschaftlicher Nutzung vorbehalten ist.

Die technischen Aspekte sind vorab zu klären, vor allem hinsichtlich des Substrataufbaus sowie der Pflanzenauswahl, der Dachabdichtung und zum Brandverhalten. Grundsätzlich ist zwischen extensiver und intensiver Dachbegrünung zu unterscheiden. Soweit es die Statik zulässt, sind intensive Begrünungen bei Dachneigungen von bis zu 15 % realisierbar, für eine extensive Begrünung bei geeignetem Substrat bis zu 25 %. Details dazu finden sich in der Dachbegrünungsrichtlinie der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Für die intensive Dachbegrünung muss der Hauseigentümer einen Bauantrag stellen, für extensive Begrünung ist dies in der Regel nicht der Fall. In München ist bis zu 25 cm Aufdämmung genehmigungsfrei und ansonsten abhängig davon, ob



Abbildung 73: Dachbegrünungen bieten sich auf Flachdächern an (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 72: Begrünte Dächer werden zu wahren Oasen mitten in der Stadt (Quelle: LH München 2012)

die parallel zum Dachfirst verlaufenden Balken im Dachstuhl erhalten bleiben. Der Konflikt zwischen der Solarenergienutzung und Dachbegrünung erfordert innovative Lösungen. Im Einzelfall lässt sich Photovoltaik (ohne Ertragsverluste!) mit Gründächern kombinieren – falls die Situation eine Aufständerung zulässt, sind z. B. Module über Begrünungen möglich.

Fördern im Bestand

Auf städtischer Ebene bietet es sich an, zuerst ein Gründachpotenzial-Kataster zu erstellen. Dies kann die Umsetzung erleichtern,



Abbildung 74: Konflikte mit Photovoltaikanlagen lassen sich inzwischen gut lösen (Foto: ZSK TP1)

denn eine naturschutzfachliche Bewertung der Flächenpotenziale geschieht bisher fast immer einzelfallbezogen. Entscheidend sind Lage, Ausrichtung/Sonneneinstrahlung, Lärm- und Windbedingungen. Für Begrünungen im Bestand sollten Förderprogramme aufgestellt werden. Anreize können auch Wettbewerbe bieten. Daneben bezuschusst das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ Gründächer, sobald sie die Standards als Wärmedämmung von einem maximalen U-Wert von 0,14 W/(m²K) erfüllen. Für Kredite sind die Programme 151 und 152 bzw. 274 relevant; für Zuschüsse z. B. das Programm 430.

Finanzielle Anreize sind auch indirekt über eine gesplittete Abwassergebühr möglich. Ungefähr 75 % aller deutschen Städte besitzen bereits eine gesplittete Abwassergebühr (DDV 2017). Dadurch werden Niederschlagswasser- und Schmutzwassergebühren separat berechnet: Begrünte Dächer werden als Entsiegelungsflächen anerkannt. Da sie bis zu 95 % des Niederschlagswassers zurückhalten können, sinken die Niederschlagsgebühren bis zu 1 Euro pro m² und Jahr (z. B. in NRW). Auch Kommunen werden finanziell entlastet, wenn die Kanäle und Regenrückhaltebecken weniger beansprucht werden.

Fordern im Neubau

Seit 2013 lassen sich Stadt-sanierungs- und Stadtentwicklungsprogramme auch mit Berufung auf Klimaschutz- und Klimaanpassung durchführen (§ 136 (2) Nr. 1). Denn die gesetzlichen Voraussetzungen zur Anerkennung städtebaulicher Missstände wurden ausgeweitet. So kann die Kommune bei städtebaulichen Entwicklungsgebieten die Ausrichtung und Höhe der Baukörper in der Zeile vorschreiben, um beispielsweise die Luftzufuhr zu begünstigen.

Die Kommune kann im Bebauungsplan nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB Bepflanzungen sowie den Erhalt von Bäumen, Sträuchern und anderen Bepflanzungen festsetzen. Dies betrifft Grünflächen, nicht überbaute Grundstücksflächen und damit Privatgrundstücke ebenso wie Straßen und Plätze oder die Bepflanzung von Fassaden und Dächern (BfN 2016: S. 58).



Abbildung 75: Pflanzen finden auch auf kleinen Bauteilen Möglichkeiten zu wachsen (Foto: ZSK TP1)

Außerdem eignet sich eine (Freiflächen-) Gestaltungs-satzung oder die Grünordnung, die in Bayern entweder als Teil des B-Plans oder als eigenständiges Regelwerk verpflichtend ist (§ 4 BayNatSchG), für Begrünungsvorschriften. So sieht die Münchener Freiflächengestaltungssatzung für die unbebauten Flächen der bebauten Grundstücke Begrünungen auf Garagen und Nebengebäuden vor: „Kiespressdächer und vergleichbar geeignete Dächer sollen ab einer Gesamtfläche von 100 m² flächig und dauerhaft begrünt werden. Unter besonderer Berücksichtigung der Architektur sollen geeignete, insbesondere großflächige Außenwände baulicher Anlagen, mit hochwüchsigen, ausdauernden Kletterpflanzen begrünt werden. Als geeignet gelten insbesondere Industrie- und Gewerbegebäude.“

Anerkennung als Ausgleichsflächen

Außerdem können Bauleitpläne begrünte Dächer als ökologische Ausgleichsmaßnahme nach dem Bundesnaturschutzgesetz vorsehen. Dabei gilt der Grundsatz, dass die Verhältnismäßigkeit zu wahren ist. Bei Gewerbe- und Industriebauten, deren große Flachdächer tendenziell als Dachgärten vorstellbar sind, gelten häufig besondere Auflagen oder strengere Brandschutzregeln und verhindern Begrünungen.



Abbildung 76: Zwischen den Baukörpern bieten Zeilenbebauungen Platz für Begrünungen (Foto: ZSK TP1)

5.5 Maßnahmenempfehlungen

Eine Kombination der wirksamsten Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen für die Zeilenbebauung zeigt die Karte in Abb. 77. Diese Maßnahmen werden in einem konkreten räumlichen Entwurfsszenario für den Modellbereich der Blockbebauung ausdifferenziert. Dazu werden Empfehlungen hinsichtlich ihres Mehrfachnutzens für urbane Lebensräume und ihrer räumlichen Umsetzbarkeit ausgesprochen. Anschließend zeigt eine Modellierung, wie sich die empfohlenen Maßnahmen auf das Mikroklima im Modellgebiet (Neuaubing) auswirken würden.

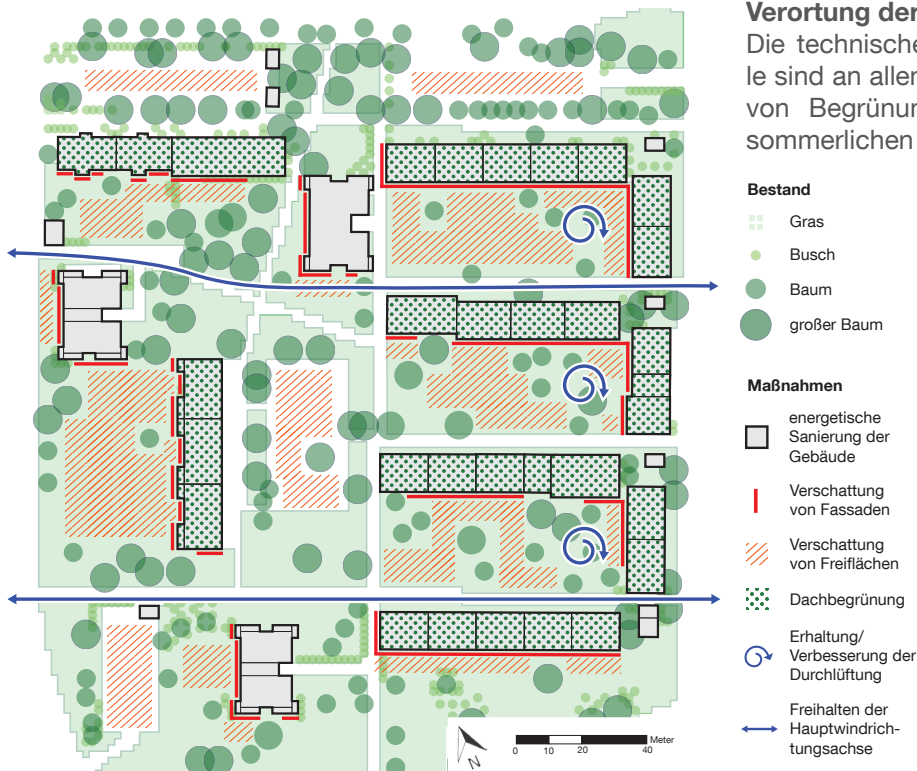


Abbildung 77: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 5.2 untersuchten Maßnahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung

Verortung der Maßnahmen

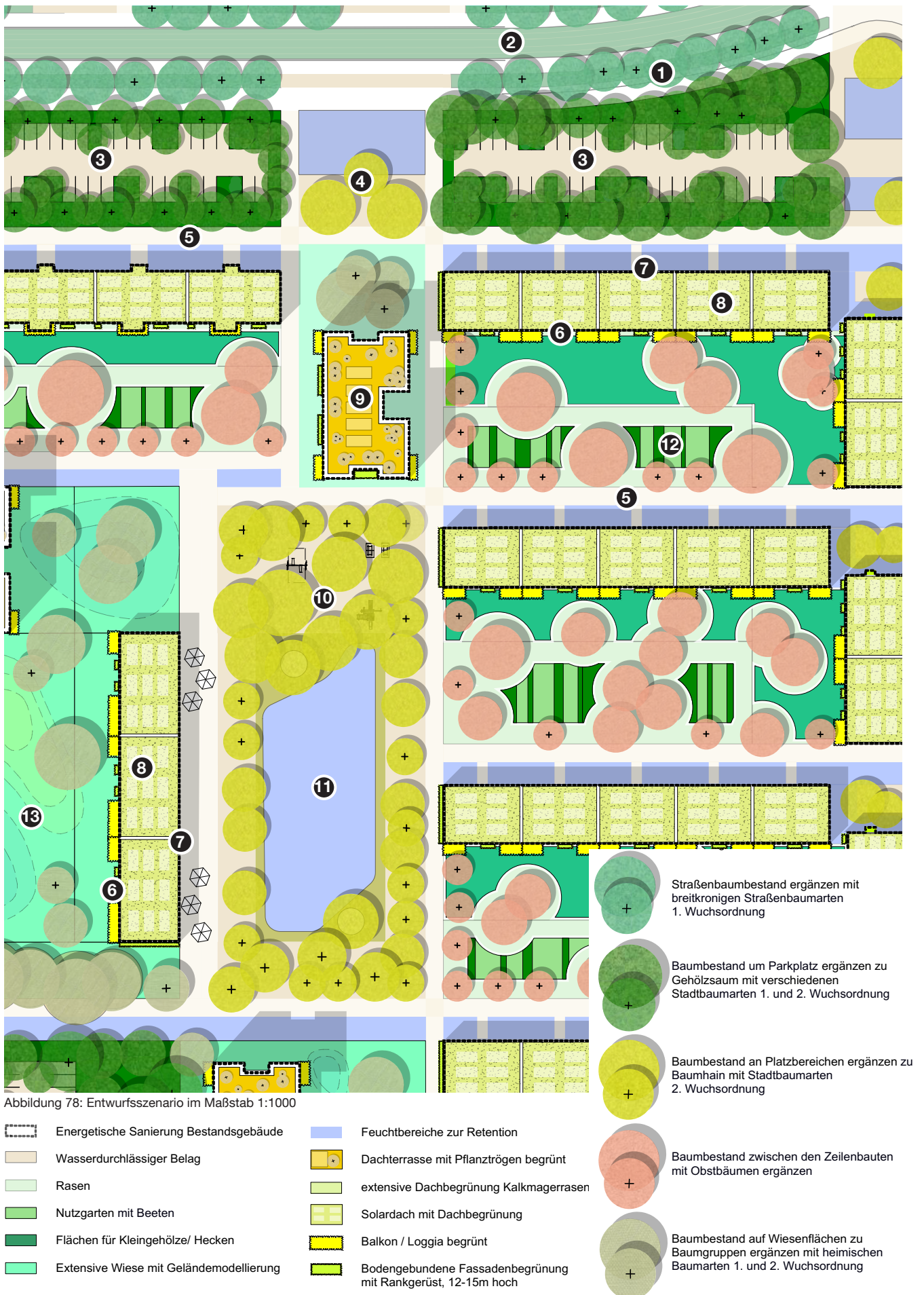
Die technischen Maßnahmen an der Gebäudehülle sind an allen Gebäuden umzusetzen. Der Einsatz von Begrünungsmaßnahmen zur Reduktion des sommerlichen Hitzestresses variiert räumlich. Vor den sonnenexponierten Süd- und Westfassaden helfen Verschattungsmaßnahmen, den Wärmeeintrag ins Gebäude und die Wärmerückstrahlung in den Freiraum zu reduzieren. Auch sind stark besonnte Freiflächen zu verschatten, um ein Aufheizen der Oberflächen zu vermeiden. Weiterhin unterstützt eine Begrünung möglichst niedriger und flacher Dächer die Kühlwirkung. Innerhalb geschlossener Bebauungsstrukturen wie in den Zwischenräumen der Zeilenbauten ist es wichtig, eine natürliche Durchlüftung zu erhalten bzw. zu verbessern, um Hitzestaus zu vermeiden. Straßen und Schneisen in Hauptwindrichtung Ost-West sollten zur Luftzirkulation freigehalten werden.

Entwurfsszenario mit konkreten Maßnahmen ... im Straßenraum

1 Großbäume ergänzen im Straßenraum den Straßenbaumbestand. Die Baumreihen verschatten die versiegelten Verkehrsflächen und definieren klare Raumkanten. Am Seitenstreifen der Fahrbahn versickern extensiv begrünte Mulden-Rigolen-System zwischen den Baumstandorten das Oberflächenwasser. Die sehr großzügig dimensionierten Straßenflächen werden reduziert und Parkstreifen am Rand entsiegelt.

2 Eine neue Straßenbahnlinie bindet das Quartier an die zentralen Einzelhandelszentren und S-Bahnstationen an. Die Trasse wird in die Fahrbahnmitte integriert und als Trockenrasen begrünt. Sie bietet neben dem Blühaspekt zusätzliche Nahrungsquellen und Ausbreitungskorridore für viele Tierarten.

3 Die derzeit vollversiegelten Parkplätze werden für das Regenwassermanagement aktiviert und zur besseren Verschattung stärker eingegrünt. In den Randbereichen wird der Baumbestand mit verschiedenartigen Gehölzen zu einem gestuften Gehölzsaum entwickelt. Großbäume verschatten die Parkplätze. Die bestehenden Asphaltflächen werden entsiegelt und mit wasserdurchlässigen Belägen befestigt. Auf Kosten einzelner Parkplätze werden in den tiefer gelegenen Pflanzflächen Sträucher und Bäume gepflanzt und Regenwasser versickert. Die Kombination verschiedener einheimischer Gehölze bildet einen artenreichen Saum, der als grünes Volumina den Raum städtebaulich fasst und Rückzugsräume für viele Tiere bietet. Die Saumstrukturen ähneln einem Waldrand, der einen strukturreichen und je nach Exposition kleinklimatisch vielfältigen Lebensraum für diverse Tierarten schafft.



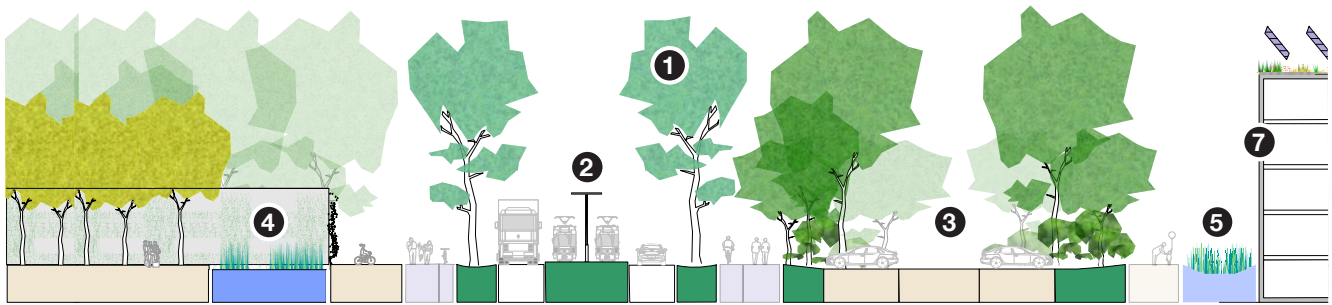


Abbildung 79: Schemaschnitt durch den Straßenraum im Maßstab 1:500

4 Eingangsbereiche zur Wohnanlage werden zu Plätzen mit einem Belag aus wassergebundener Decke erweitert. Zurückversetzte Baumhaie definieren den Raum in der Tiefe und schaffen schattige Aufenthaltsmöglichkeiten. Im Zentrum der Platzfläche stehen mit wechselfeuchter Vegetation bepflanzte Retentionsbecken, die das Oberflächenwasser der benachbarten Straßen- und Parkplatzflächen versickern. Zudem schaffen sie neue visuelle Aspekte im Straßenraum und bieten Lebensraumelemente für Tiere.

5 Die Fußwege der Wohnanlage auf der Nordseite der Gebäude werden mit wechselfeuchten Retentionsgräben ergänzt. Sie nehmen Niederschläge der befestigten Flächen auf und sind an die großen Retentionsbecken im Zentrum der Wohnanlage angeschlossen. Je nach Trockenheit oder Überflutungszustand zeigen sie unterschiedliche visuelle Aspekte und sind als temporär überflutete Bereiche besondere Biotope.

... am Gebäude

6 Die thermisch am stärksten belasteten Süd- und Westfassaden werden mit unterschiedlichen Kletterpflanzen bodengebunden begrünt. Je nach Art der Kletterpflanze schaffen sie zusätzliche visuelle Aspekte sowie Nahrungsquellen und Fortpflanzungsstätten für Tierarten wie Insekten, freibrütende Vogelarten und an vertikalen Strukturen jagende Fledermäuse. Die Begrünung der bestehenden Balkone und Loggien mit sommergrünen Kletterpflanzen verwandelt die überhitzten Bereiche in den Sommermonaten zu angenehm verschatteten Aufenthaltsräumen und lässt trotzdem im Winter ausreichend Licht in die Wohnungen.

7 Bei Sanierungsmaßnahmen ist der Verlust an Lebensräumen für gebäudebewohnende Tierarten zu vermeiden. An den thermisch weniger belasteten Ost- und Nordfassaden werden im Zuge von Sanierungsmaßnahmen Nisthöhlen bzw. Quartiere für gebäudebewohnende Vogel-, Fledermaus- und Wildbienenarten integriert.

8 Die Flachdächer der Zeilenbauten sind im Gegensatz zu den meist durch Bäume verschatteten Rasenflächen voll besonnt. Die derzeit stark überhitzenden Kiesdächer werden ohne großen technischen Aufwand mit artenreichem Magerrasen begrünt. Damit schaffen sie einen Bezug zu den Lebensräumen der umgebenden Brach- und Bahnflächen. Über der Dachbegrünung können Solarzellen aufgeständert werden, deren Wirkungsgrad sich durch die Kühlleistung der darunterliegenden Grünfläche an heißen Tagen deutlich steigern lässt.

9 Auf den Dächern der Punkthochhäuser werden Dachterrassen angelegt. Sie sind als Biotop zu exponiert und für Tiere schlecht zu erreichen. Für die Bewohner der Häuser bieten sie allerdings einzigartige Aussichtspunkte und einen Aufenthaltsbereich für die Hausgemeinschaft. In Pflanztrögen wachsende Gehölze spenden den nötigen Schatten.

... Differenzierung der Grünflächen

10 In den zentralen Aufenthaltsräumen der Wohnanlage wird der Baumbestand zu einem Hain verdichtet. Darunter entsteht eine gut verschattete Platzfläche aus wassergebundener Decke, die sich als Aufenthaltsraum oder Spielfläche nutzen lässt. Für Tiere bietet der zusammenhängende Kronenraum wertvolle Rückzugsräume und Nistmöglichkeiten.

11 Eine große Wasserfläche akzentuiert als besonderes Raumelement den zentralen Aufenthaltsbereich der Wohnanlage. Das Feuchtbiotop ist Lebensraum für viele besondere Tierartengruppen wie Libellen, Amphibien und Wasservögel und lädt zur Naturbeobachtung ein. Darüber hinaus kann das Becken bei Starkregenfällen als Retentionsbecken Wassermengen aufnehmen. An heißen Tagen kühlen die Wasserfläche und die Wasserpflanzen mit hoher Verdunstungsleistung die Wohnanlage zusätzlich.

12 Die Räume zwischen den Zeilenbauten werden zu Gärten intensiviert. Erdgeschosswohnungen erhalten direkte Zugänge in Privatgärten. Sträucher,

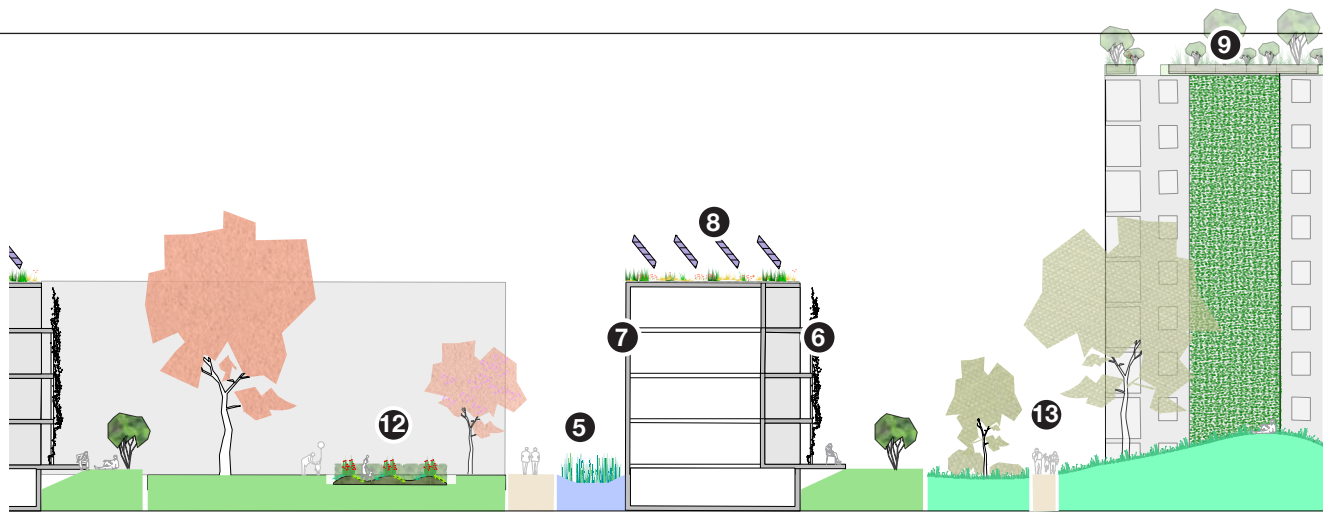


Abbildung 80: Schemaschnitt durch das Innere der Wohnanlage im Maßstab 1:500

Hecken und Trockensteinmauern grenzen die Gartenparzellen voneinander ab und bereichern den Raum mit zusätzlichen Biotopstrukturen an. Der Baumbestand wird mit Obstbäumen locker ergänzt. Für die Mieter der oberen Geschosse werden die mittigen Bereiche als Aneignungsflächen zur gemeinschaftlichen Nutzung oder als Mietgarten angeboten. Sie erweitern den Wohnraum um privaten Freiraum und geben den Bereichen eine individuelle Gestaltungsmöglichkeit. Der eigene Garten ermöglicht es der multinationalen Bewohnerschaft, eigene Freiraum- und Gartenbaukultur auszudrücken. Das fördert den kulturellen Austausch und steigert die soziale Verantwortung für den Grünraum.

13 Angelehnt an typische Landschaftsmerkmale der Umgebung werden die peripheren Grünflächen durch Aushagerung und Extensivierung der Pflegemaßnahmen (ein- oder zweischürige Mahd) in artenreiche Wiesen umgewandelt. Geländemodellierungen bieten zusätzlich die Möglichkeit der Standort-Differenzierung in feuchte Mulden und trockene Kuppen. Der Gehölzbestand wird ausgelichtet oder punktuell zu landschaftstypischen Gehölzgruppen verdichtet, um strukturreiche, halboffene Lebensräume zu schaffen. Die Artenvielfalt lässt sich hier auch durch weniger stadtklimafeste, heimische Gehölze erhöhen. Es entsteht eine für die Region charakteristische Landschaftsform, in die die Gebäude eingebettet werden.

Mikroklimatische Bewertung des Entwurfes mit ENVI-met

Auch in der Zeilenbebauung wird der Grünanteil im Entwurf signifikant von 55,2 auf 74,4 % erhöht. Dadurch senkt sich die durchschnittliche PET um 5,5 % unter heutigen Klimabedingungen; in der Zukunft lässt sich die heutige thermische Situation um 0,5 % nicht mehr erreichen. Effektiv für die Reduktion der thermischen Belastung in diesem Siedlungstyp sind Sträucher, Kleinbäume, Fassadenbegrünung und begrünte Balkone. Die Anlage der zentralen Wasserfläche leistet zwar einen Beitrag zur Kühlung durch Verdunstung und absorbiert solare Einstrahlung, im PET-Wert drückt sich dieser Beitrag jedoch kaum aus.

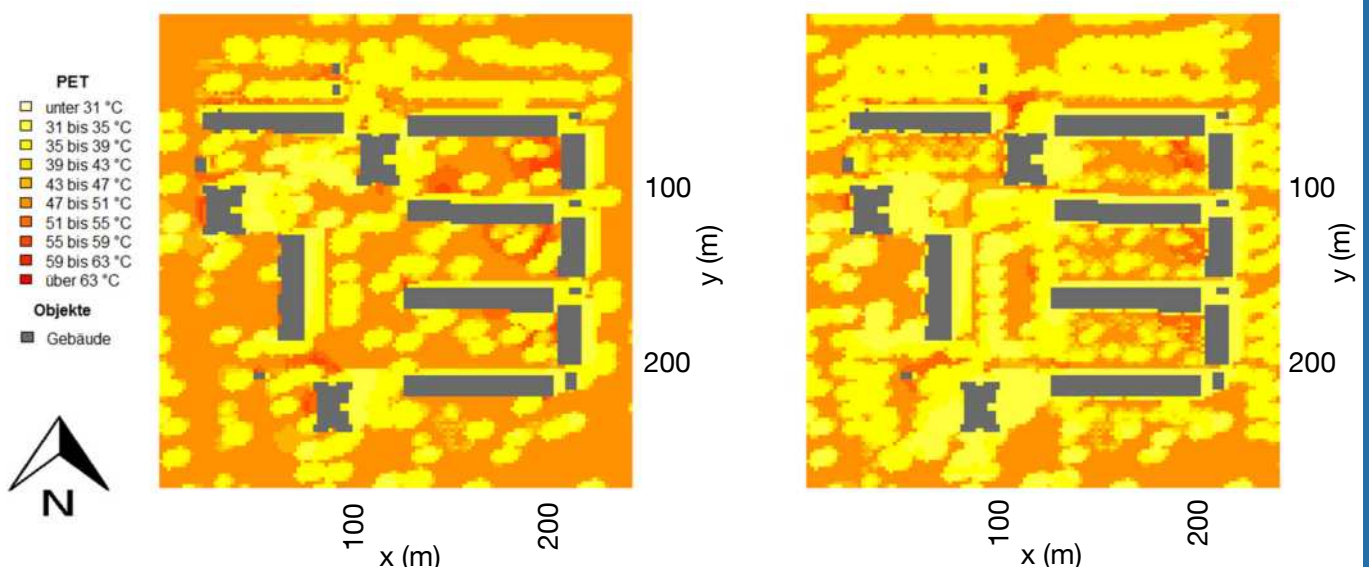


Abbildung 81: Die thermische Belastung in der Zeilenbebauung mit aktueller Begrünung (links) und im Entwurfsszenario (rechts) unter heutigen Klimabedingungen, um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe



6 Historischer Stadtkern

Historische Stadtkerne sind innerhalb der Stadtmauern oder deren Überresten kompakt angeordnet. Die Gebäude sind in Ausdehnung, Höhe, Form, Stellung und Alter vielfältig und oft denkmalgeschützt. Die durchschnittliche Bauwerkshöhe beträgt zwischen 10 und 15 m. Die historische Baustruktur besteht aus dicht verschachtelten Blöcken, deren Ränder keiner klaren Baulinie folgen und zahlreiche Gebäuderücksprünge oder Baulücken aufweisen.

Mehrere Gebäude und Grenzmauern zergliedern den Innenbereich eines Blockes. Die oft engen, hoch versiegelten Hinterhöfe sind selten begrünt. Die öffentlichen Räume bilden ein engmaschiges Netz aus Gassen, Straßen und zentralen Plätzen. Sie sind stark genutzt und hochversiegelt. Nur vereinzelt sind sie durch Bäume, Kletterpflanzen oder Gefäßpflanzen begrünt.

Den Stadtkern von Heidingsfeld prägen eine sehr hohe bauliche Dichte und ein geringer Grünanteil. Der durchschnittliche Versiegelungsgrad beträgt 86 %, der Grünanteil 14 % und die Bebauungsdichte 61 %.

Große historische Solitärbauten wie Kirche und Rathaus mit repräsentativen Vorplätzen oder historischen Grünanlagen lockern die kleinteilige Stadtstruktur auf. Meist durchziehen Stadtbäche oder Kanäle die Stadt. Die dichten Stadtkerne sind teilweise von einem Grünring der ehemaligen Befestigungsanlagen umgeben. Daran grenzen neben neuzeitlichen Siedlungsstrukturen teilweise auch direkt charakteristische Landschaften wie Flussauen oder Weinberge an.

6.1 Klimaschutz durch Energieeffizienz

Den Modellbereich für den Siedlungstyp historischer Stadtkern zeigt Abb. 82. Die typischen Gebäude des Siedlungstyps, Eck-, Mittel- und Randgebäude, werden in der Abbildung durch eine detaillierte Darstellung hervorgehoben. Die drei Gebäude repräsentieren die typische Anbausituation für den Siedlungstyp.



Abbildung 82: Modellbereich für den Siedlungstyp historischer Stadtkern mit den drei typischen Gebäuden Eck-, Mittel- und Randgebäude

Klimawandelauswirkungen

Der mittlere Nutzenergiebedarf pro Periode des gesamten Modellbereiches für den historischen Stadtkern ist in Abb. 83 dargestellt. Der Nutzenergiebedarf setzt sich zusammen aus Heizwärme- und Kühlbedarf. Auch in diesem Siedlungstyp wird deutlich, dass der Heizwärmebedarf in Zukunft zurückgeht und der potenzielle Kühlbedarf steigt. Der Nutzenergiebedarf im Siedlungstyp historischer Stadtkern liegt im Vergleich zu den anderen beiden Siedlungstypen in der Mitte.

Der Anstieg eines potenziellen Kühlbedarfs ist im Siedlungstyp historischer Stadtkern am geringsten. Dies liegt maßgeblich an der Verschattung der umliegenden Gebäude, da diese im Vergleich zu den anderen Siedlungstypen sehr nahe beieinanderstehen. Eine energetische Sanierung weist auch im historischen Stadtkern ein hohes Energieeinsparpotenzial auf. Der Nutzenergiebedarf lässt sich durch eine Sanierung der Gebäudehülle mehr als halbieren. Ein Vergleich der Siedlungstypen zeigt: Die Sanierung der Gebäudehülle reduziert den Einfluss des Siedlungstyps stark. Die Ergebnisse einer Sanierung nach EnEV oder EnEVPlus weisen in allen Siedlungstypen, im Gegensatz zu den Resultaten des Bestandes, ähnliche Ergebnisse auf.

Ein Vergleich der Ergebnisse einer Sanierung nach EnEV zeigt, dass der Heizwärmebedarf von Periode 1 bis Periode 4 um ca. 25 % zurückgeht. Der potenzielle Kühlbedarf steigt im selben Zeitraum um 25 %. Daraus lässt sich ableiten, dass auch im historischen Stadtkern der Kühlbedarf bei einer weiteren Reduktion des Energiebedarfs wichtig ist. Die Analyse des Nutzenergiebedarfs der Sanierungen nach EnEV und EnEVPlus in Abb. 83 verdeutlicht, dass der Rückgang

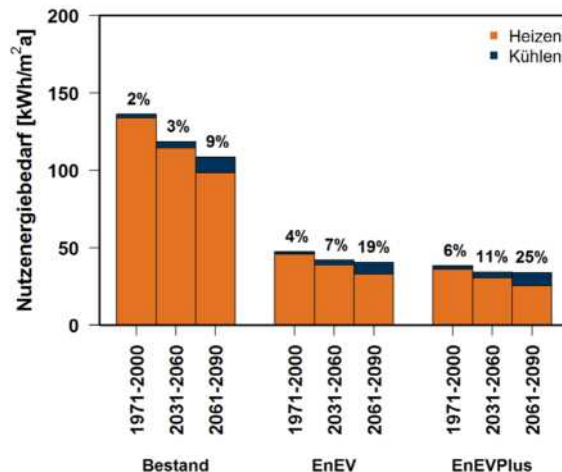


Abbildung 83: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung nach EnEV und EnEVPlus im Modellbereich von Heidingsfeld

des Heizwärmebedarfs größer ist als der Anstieg des Kühlbedarfs. Selbst in Periode 4, in welcher die anderen Siedlungstypen einen leichten Anstieg aufweisen, reduziert sich der Nutzenergiebedarf im Siedlungstyp historischer Stadtkern. Dies liegt am vergleichsweise geringeren Anstieg des potenziellen Kühlbedarfs im Siedlungstyp, was größtenteils durch die gegenseitige Verschattung der Gebäude zu begründen ist. Dies wirkt sich auch auf die Treibhausgasemissionen aus.

Abb. 84 präsentiert die Emissionen der Gebäudetechnikvarianten Moderat und Ambitioniert. Der Anstieg der Treibhausgasemissionen in der Variante Moderat steigt, wie in den anderen beiden Siedlungstypen, deutlich. Die maximalen Werte sind jedoch viel niedriger im Vergleich zu den anderen Siedlungstypen. Der Einsatz einer effizienten Kühlung in der Variante Ambitioniert reduziert die Emissionen, wie in den ande-

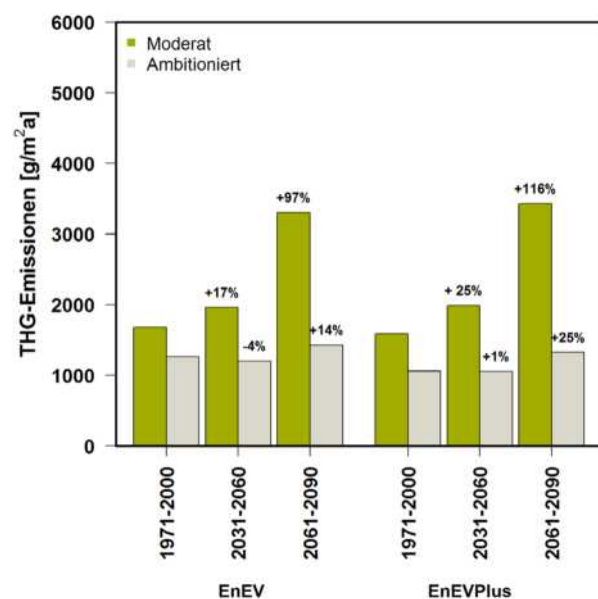


Abbildung 84: Mittlere Treibhausgas-Emissionen im Modellbereich von Heidingsfeld

ren Siedlungstypen, deutlich. Deshalb ist es wichtig, bereits bei aktuellen Konzepten die Möglichkeit einer effizienten Gebäudekühlung zu berücksichtigen.

Maßnahmen

Als Alternative zu einer aktiven Kühlung durch die Anlagentechnik, Szenario Moderat und Ambitioniert, werden auch im historischen Stadtkern passive Maßnahmen an der Gebäudehülle analysiert. Detailliert vorgestellt sind die Maßnahmen in Kapitel 3.1.

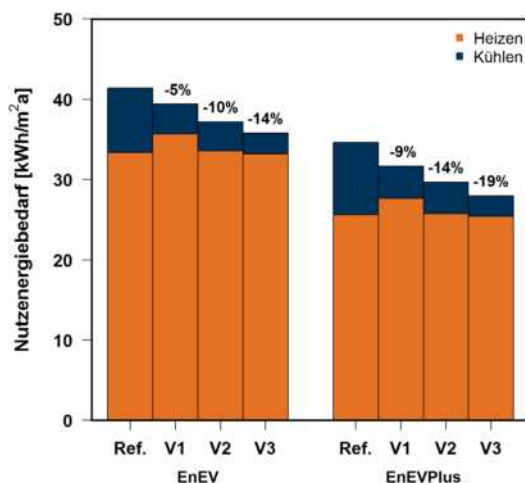


Abbildung 85: Reduktion des Nutzerenergiebedarfs durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

Abb. 85 zeigt die potenziellen Einsparungen der Maßnahmen für den Nutzenergiebedarf der Periode 2061 bis 2090. Variante 1 wirkt sich auch im Siedlungstyp historischer Stadtkern negativ auf den Heizenergiebedarf aus. Der Kühlbedarf wird in Variante 1 zwar

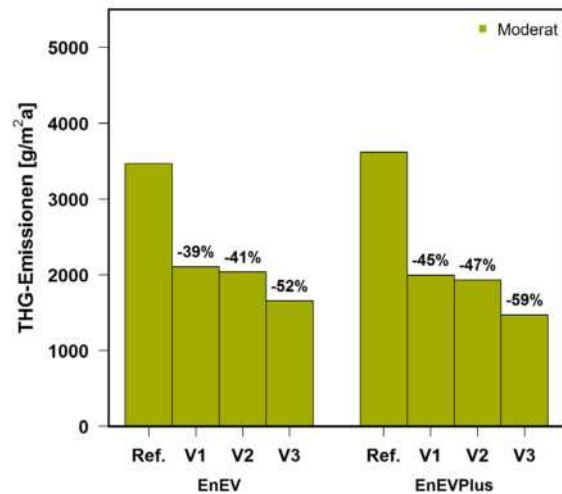


Abbildung 86: Reduktion der Treibhausgasemissionen durch Klimaanpassung der Sanierungskonzepte für die Periode 2061 bis 2090

deutlich reduziert, durch den Anstieg des Heizwärmebedarfs ist aber lediglich eine Reduktion von 5 % bzw. 9 % des Nutzenergiebedarfs zu erreichen. Der Einsatz eines geregelten Sonnenschutzes (V2 und V3) verursacht auch in diesem Siedlungstyp keinen Anstieg des Heizwärmebedarfs.

Die Kombination aus außenliegendem Sonnenschutz und automatisierter natürlicher Lüftung (V3) reduziert die Treibhausgasemissionen in Periode 4 um 50 % bzw. 60 % (Abb. 86). Dies entspricht in etwa den Emissionen aus der aktuellen Periode 1. Die Kombination aus außenliegendem Sonnenschutz und Nachtlüftung (V2) ist auch für den Siedlungstyp historischer Stadtkern zu empfehlen, da dieses Maßnahmenpaket ein guter Kompromiss aus Aufwand und Nutzen ist.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Der Klimawandel reduziert den Heizwärmebedarf und lässt den potenziellen Kühlbedarf im Siedlungstyp historischer Stadtkern ansteigen.
- Aus Sicht des Klimaschutzes bleibt die energetische Sanierung im Siedlungstyp historischer Stadtkern auch in Zukunft unerlässlich.
- Die Möglichkeit einer effizienten Kühlung des Gebäudes durch Anlagentechnik oder Maßnahmen an der Gebäudehülle ist aufgrund der langen Sanierungszyklen bereits in der aktuellen Planung zu berücksichtigen.
- Eine ineffiziente Kühlung kann in Kombination mit einer Sanierung nach aktuellem Stand der Technik einen Anstieg der Treibhausgasemissionen von ca. 100 % in der Periode 2061 bis 2090 im Siedlungstyp historischer Stadtkern verursachen.
- Als Maßnahmenkombination ist ein außenliegender Sonnenschutz gepaart mit einer Nachtlüftung zu empfehlen. Selbst von 2061 bis 2090 lassen sich dabei 40 % der potenziellen Emissionen einsparen.

6.2 Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur

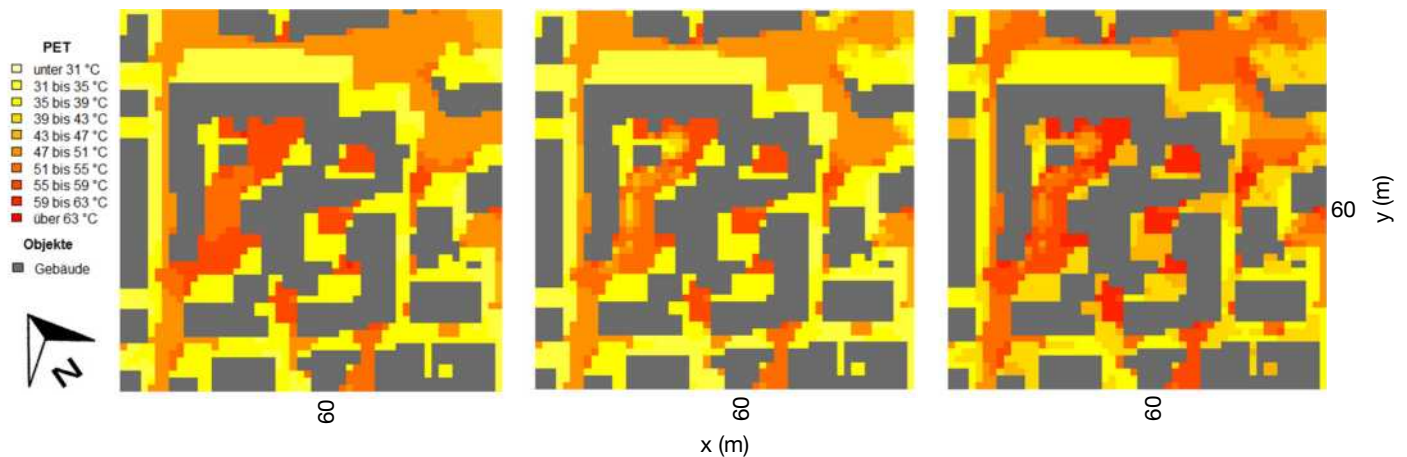


Abbildung 87: Die thermische Belastung im historischen Stadtkern unter heutigen Klimabedingungen ohne Begrünung (links), unter heutigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (Mitte) und unter zukünftigen Klimabedingungen mit aktueller Begrünung (rechts) um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe

Die Würzburger Wetterdaten, die für die Untersuchungen in Heidingsfeld herangezogen wurden, zeigen, dass der Außenraum an einem sommerlichen Hitzetag thermisch hoch belastet ist. Die durchschnittliche PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) bedeutet mit 42 °C einen extremen Hitzestress für den Menschen.

In der kleinräumigen Bebauungsstruktur dieses Siedlungstyps wird der Straßenraum meist von Gebäuden verschattet und erreicht somit die angenehmsten Bedingungen von 35 bis 39 °C. In baulich geschlossenen Innenhöfen tritt durch mangelnde Durchlüftung und die Wärmerückstrahlung der besonnten Fassadenflächen die höchste Überhitzung auf.

Thermische Belastung im Außenraum steigt

Aufgrund des Klimawandels wird nach den Prognosen des IPCC die Intensität der Hitzetage in Würzburg besonders steigen. Die thermischen Belastungen erhöhen sich drastisch um 11,5 %: Sie steigen von 42 auf 46,6 °C (Abb. 87, Mitte und rechts). Dadurch steigt der sommerliche Hitzestress im gesamten Untersuchungsgebiet. Wie in der Block- und Zeilenbebauung ist die Erhöhung in den besonnten Innenhof- und Straßenbereichen stärker und resultiert in maximalen PET-Werten bis zu über 60 °C.

Wie Begrünung Hitze reguliert

Die kleinräumigen Strukturen des historischen Stadtkerns bieten kaum Raum für Begrünungen. In den engen Straßenräumen können meist keine Bäume gepflanzt werden und auch in den Gärten der Innenhöfe finden Großbäume selten Platz. So reduziert die vorhandene Begrünung aus Kleinbäumen, Hecken und Sträuchern die thermische Belastung im Schnitt um nur 1 °C im Vergleich zu einem Szenario ohne jegliche Begrünung (Abb. 87, links und Mitte). Verschattung und Evapotranspiration wirken entsprechend

der kleinräumigen Grünstrukturen lokal sehr begrenzt. Verschiedene Grünmaßnahmen reduzieren die thermische Belastung im Außenraum. Da Baumpflanzungen Verschattung und Evapotranspiration gleichzeitig bereitstellen, sind sie am effektivsten. In Werten der gefühlten Temperatur ausgedrückt entspricht dies einer Reduktion von ca. 8 °C PET bzw. 17,5 %.

Größten Nutzen erzielen Baumpflanzungen, die stark besonnte Freiräume und Fassaden verschatten, vor allem in sonnenexponierter Süd-West-Ausrichtung. Eine Fassadenbegrünung erreicht eine maximale PET-Reduktionen von 14 %: Durch Evapotranspiration und Verschattung der vielen kleinen süd- und westexponierten Fassadenflächen sinken die Temperaturen von 42 auf 36 °C. Die Wirkung der extensiven Dachbegrünung beschränkt sich hauptsächlich auf den Raum über den Gebäudedächern.

Dennoch kann eine Begrünung auf den niedrigen Gebäuden des historischen Stadtkerns eine im Vergleich zur Block- und Zeilenbebauung höhere PET-Reduktion um 1 % im Straßenraum erreichen. Die Wirkung der Evapotranspiration ist räumlich auf die nähere Umgebung der Begrünung begrenzt. So erklärt sich auch die Effektivität der Bäume: Sie reichen am weitesten in den Außenraum hinein und erbringen auch dort ihre Kühlleistung.

Im Hinblick auf die zu erwartenden klimatischen Änderungen zeigen die Simulationsergebnisse, dass Bäume und Fassadenbegrünung das Potenzial haben, den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken und auch in Zukunft heutige klimatische Bedingungen aufrechtzuerhalten (Abb. 88). Diese Maßnahmen senken die thermische Belastung in den Maximalszenarien von extremem Hitzestress auf starken bzw. mäßigen Hitzestress.

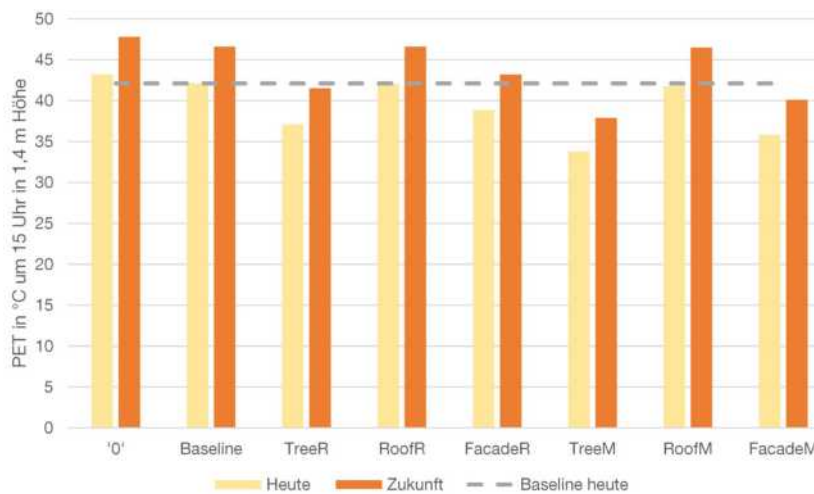


Abbildung 88: Vergleich der PET-Werte für alle Begrünungsszenarien im historischen Stadtkern unter heutigen und unter zukünftigen Klimabedingungen, die graue Linie repräsentiert den PET-Wert der aktuellen Begrünungssituation und heutigen Klimabedingungen (PET = Physiologisch Äquivalente Temperatur)

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Begrünung mit Bäumen und Fassadenbegrünung kann die solare Einstrahlung auf Freiflächen und Fassaden und damit die Wärmerückstrahlung in den Außenraum verringern. Besonders nachmittags besonnte Bereiche sind dafür zu priorisieren.
- Begrünung der Dächer, vor allem von niedrigen Gebäuden, verringert die thermische Belastung im Straßenraum.
- Das Sicherstellen ausreichender Durchlüftung, insbesondere in durch baulich geschlossenen Strukturen wie den Innenhöfen und in den Hauptwindrichtungsachsen, ist wichtig.
- Jegliche Begrünung mit Bäumen, Fassaden- und Dachbegrünung leistet eine Kühlwirkung durch Evapotranspiration.
- Das strategisch eingesetzte Zusammenspiel von Verschattung und Evapotranspiration hilft, Hitzestress im Außenraum abzumildern.

6.3 Urbane Lebensräume

Die räumliche Dichte historischer Stadtkerne lässt nur sehr wenig Raum für Begrünung. Baumpflanzungen sind nur punktuell möglich. Sie werten den öffentlichen Raum als Aufenthaltsraum auf. Die Begrünung von Fassaden und ungenutzten Dachflächen sind Optionen, um in engen Hinterhöfen private Aufenthaltsflächen und Rückzugsräume für Tiere zu schaffen.

Die kleinräumige Struktur hat das Potenzial, eine enorme Vielfalt unterschiedlicher Lebensräume herzustellen. Der Bezug zur Geschichte der Orte spielt bei der Begrünung eine wichtige Rolle: Eine mit der Baukultur verträgliche Gebäudebegrünung sowie traditionelle Formen der Freiraumgestaltung und -nutzung sollten dazu reaktiviert werden. Wesentliche Voraussetzung dafür ist allerdings, den Raum für den ruhenden Verkehr zu reduzieren.

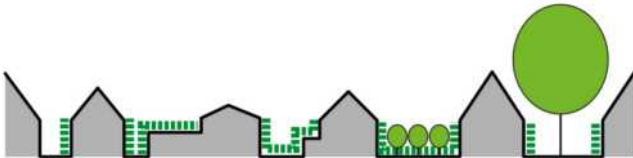


Abbildung 89: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente

Freiraumqualität

Bebauung und Freiräume bilden im historischen Stadtkern ein äußerst kleinräumiges Mosaik unterschiedlicher Raumsituationen, das sich aus den historischen Anforderungen von maximaler Dichte und Nutzbarkeit innerhalb der Stadtmauern über Jahrhunderte entwickelt hat. Gassen, Straßen und Plätze werden heute allerdings vom (ruhenden) Verkehr dominiert und kaum mehr als Aufenthaltsraum genutzt. Dabei sind die kurzen Wege innerhalb der Stadt und die gute Anbindung an das Netz des ÖPNV eine besondere Qualität historischer Stadtkerne.

Traditionsbewusstsein prägt bis heute das Ortsbild und die Lebensweise der Menschen. Neben der intakten Baukultur sind auch in den Gärten der Hinterhöfe



Abbildung 90: Die Qualität der öffentlichen Räume leidet unter der Dominanz des ruhenden Verkehrs (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 91: Gärten innerhalb der dichten Blockstruktur sind wichtige Orte für Bewohner und die Artenvielfalt (Foto: ZSK TP1)

noch Teile einer traditionellen Gartenbaukultur zu finden. Manchmal zeugen Hausbänke und Blumentöpfe vor den Gebäuden noch von einem intakten nachbarschaftlichen Austausch. Außerhalb der Stadtmauern gelegene Grünstrukturen und Landschaftselemente haben einen hohen Naherholungswert und sind stärker mit dem dichten Stadtkern zu vernetzen.

Artenvielfalt

In Hinblick auf Flora und Fauna gelten historische Stadtkerne wegen des hohen Versiegelungsgrades und der geringen Begrünung als sehr artenarm. Im Gegensatz zu anderen innerstädtischen Siedlungstypen sind sie in der Regel aber struktureicher und bieten einen Reichtum an potenziellen Lebensräumen. Über die für innerstädtische Bebauungen typischen Arten hinaus finden sich hier zusätzlich „Spezialisten“, die insbesondere historischen Gebäude besiedeln. Typische Bewohner sind Fledermäuse wie das Große Mausohr oder die Wimpernfledermaus sowie Vögel wie Schleiereule, Turmfalke, Mehlschwalbe und Dohle. In schattig-feuchten Gassen finden auch schattenliebende Mauerpflanzen Wuchsorte. An besonnten Stellen finden Wildbienen Niststätten in den Fugen alter Pflaster oder Mauern. Stadtbäche und -mauern bieten zusätzliche Lebensräume, z. B. für Libellen oder Eidechsen.



Abbildung 92: Mehlschwalben gehören zu den typischen Bewohnern historischer Stadtkerne (Foto: ZSK TP1)

Gärten unterschiedlicher Ausprägung tragen traditionell wesentlich zur Artenvielfalt historischer Siedlungen bei. Generell sind Flora und Fauna in historischen Stadtkernen eng mit umgebenden Landschaftselementen wie Flüssen, Seen oder Wäldern verknüpft.

Maßnahmen am Gebäude

Alle Maßnahmen an der historischen Bausubstanz müssen im historischen Stadtkern mit dem Denkmalschutz vereinbar sein. Art und Ausmaß der Begrünung sollten sich am historischen Ortsbild und traditionellen Begrünungsformen orientieren. Darüber hinaus ist dem Artenschutz bei der Sanierung und Begrünung der Gebäude besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Im Zuge von Sanierungsmaßnahmen sind nach Möglichkeit zusätzliche Quartiere und Niststätten zu schaffen.

Die steilen Dächer der Hauptgebäude lassen sich nur mit großem Aufwand begrünen.

Dagegen bieten sich Anbauten oder Nebengebäude in den Hinterhöfen zur Dachbegrünung sehr wohl an. Mit Verbindung zum Wohnhaus können sie als Dachterrassen oder Dachgärten genutzt werden. Auf unzugänglichen Dächern können relativ ungestörte Biotope das Lebensraumspektrum erweitern.

Das größte Potenzial zur Klimaanpassung im dicht bebauten Stadtkern liegt in der Begrünung thermisch stark belasteter Süd- und Westfassaden. Kleine Pflanzbereiche reichen bereits aus, um die niedrigen Fassaden mit traditionellen Kletterpflanzen wie Efeu, Wilder Wein, Spalierobst, Weinstöcke oder Rosen zu begrünen. Vor allem in den engen Gassen oder Hinterhöfen, wo generell wenig Raum zur Verfügung steht, entfaltet diese Begrünungsform ihr Potenzial.

Maßnahmen im öffentlichen Raum

Der Raumbedarf von Bäumen im öffentlichen Raum steht in Konkurrenz zur dichten Bebauung und den Flächen für den ruhenden Verkehr. Dabei haben Bäume im historischen Stadtbild traditionell wichtige Funktionen: Große Einzelbäume oder Baumgruppen definieren zusammen mit einem Brunnen oft den Mit-



Abbildung 93: Blick auf den Kirchplatz mit Brunnen und zentralen Aufenthaltsräumen unter Bäumen

telpunkt wichtiger Plätze und sind zentrale Treffpunkte. Breite Straßenräume haben seit jeher Bedeutung als Orte der Begegnung, die durch Einzelhandel, Wochenmärkte und Feste genutzt und belebt werden. Bäume definieren und verschatten diese Aktions- und Aufenthaltsräume.

Ihre Standorte gilt es durch sensible Setzungen im Stadtgefüge punktuell zu erweitern, um die Qualitäten im öffentlichen Raum zu sichern. Wahl von Standort und Art sind je nach Raum und Exposition den lokalen Bedingungen anzupassen. Alte Vegetationsbestände im öffentlichen Raum und in (historischen) Gärten und Parks übernehmen bereits wesentliche ästhetische und ökologische Funktionen und sind zu erhalten.

Die halböffentlichen Bereiche vor den Gebäuden übernehmen im historischen Stadtkern eine soziale Funktion: Als traditionelle Hausbankbereiche sind sie Kommunikations- und Aufenthaltsort für die Nachbarschaft. Um diese Funktion zu reaktivieren, sollten Möglichkeitsräume eröffnet werden, um mit Pflanzkübeln und Blumentöpfen diese Räume individuell zu gestalten und mit Sitzgelegenheiten auszustatten.

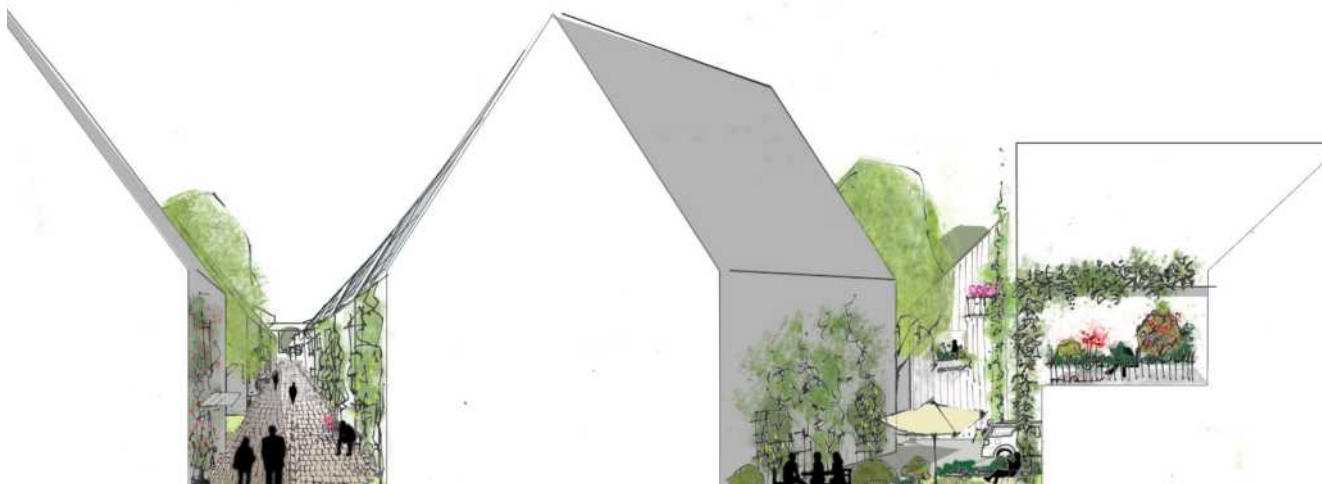


Abbildung 94: Schnitt-Perspektive durch eine Gasse mit Fassadenbegrünung und einen begrünten Hinterhof mit Dachterrasse

Stadtbäche oder Kanäle bilden Freiraumkorridore in der dichten Stadtstruktur. Ihre Uferbereiche sollten unbedingt als öffentlicher Freiraum und wertvolles Biotop aktiviert werden. Die engen städtischen Freiräume sind mit den großen Grünflächen des Befestigungsringes, der Flussaue und den historischen Gartenanlagen enger zu vernetzen. Sie spielen in Zukunft als klimatische Refugien eine Rolle.

Maßnahmen in den Innenhöfen

In den Hinterhöfen historischer Stadtgebiete lassen sich klimatisch günstige private Freiräume schaffen. In sehr engen Höfen sind begrünte Pergolen und freistehende Mauern eine traditionell platzsparende und sehr effektive Form der Begrünung. In Kombination mit Topfpflanzen, kleinen Wasserstellen und entsiegelten Flächen entstehen aus den kleinen, hochversiegelten

Hofflächen wohltemperierte, grüne Oasen mit einer sehr hohen Aufenthaltsqualität.



Abbildung 95: Blick in einen ehemals als Stellplatz genutzten Innenhof, der in eine kleine Oase umgewandelt wurde

In größeren Hinterhöfen können einzelne Bäume gepflanzt und Nutzgärten angelegt werden. Die Gartenbaukultur war ein wichtiger Bestandteil historischer Stadtkerne. Permakulturen mit Beeten, Obstbäumen, Spalieren oder Weinlauben lassen sich auch in die dichtesten Stadtstrukturen integrieren. Eine Reaktivierung als Garten ist heute jedoch nur möglich, wenn von der Nutzung der Flächen als private Stellplätze abgesehen wird.



Abbildung 96: Schnitt-Perspektive durch einen begrünten Hinterhof als Nutzgarten und einen breiten Straßenraum mit Aufenthaltsbereichen unter Bäumen

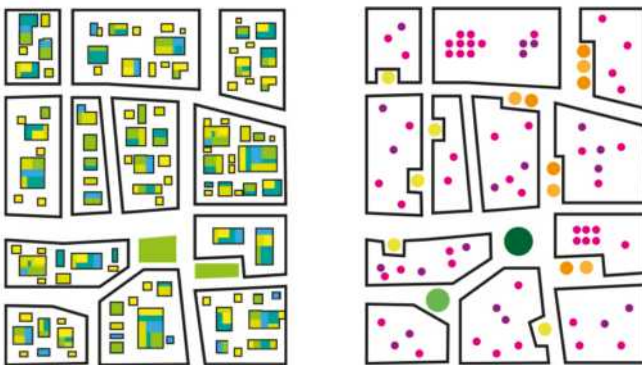


Abbildung 97: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte im historischen Stadtkern

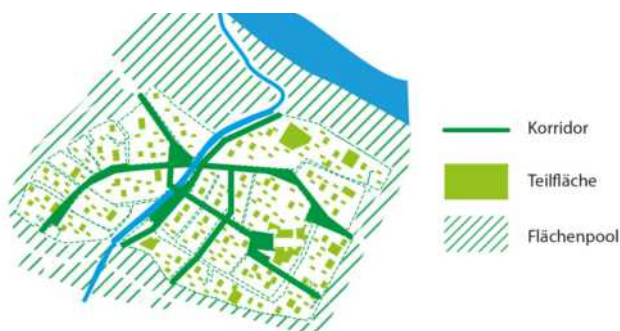


Abbildung 98: Kontext und Vernetzung punktueller, linearer und flächiger Lebensräume im historischen Stadtkern

GESTALTUNGSZIELE

Angebot unterschiedlicher Lebensräume

- Verschattete Aufenthaltsräume auf Plätzen
- Halböffentliche Gebäudevorbereiche
- Private Zier- und Nutzgärten in den Hinterhöfen
- Private Rückzugsräume auf Dachterrassen
- Reaktivierung von Stadtbächen und Kanälen
- Geschützte Rückzugsorte für Tiere auf Dächern, in Baumkronen und begrünten Fassaden
- Erhaltung der Lebensräume am Gebäude

Vielfalt durch Begrünung

- Differenzierte Begrünung von Fassaden, Pergolen und Mauern mit traditionellen Kletterpflanzenarten
- Punktuelle Baumpflanzungen mit verschiedenen Arten – je nach räumlicher Situation
- Begrünung der Hinterhöfe mit traditionellen Zier- und Nutzpflanzen
- Extensive Begrünung unzugänglicher Nebengebäude

Vernetzung im Quartier

- Vernetzung der kleinen innerstädtischen Grünflächen mit großen umgebenden Grünstrukturen von Grünring und/oder Flussaue

6.4 Umsetzungsmöglichkeiten



Abbildung 99: Begrünungsmöglichkeit im öffentlichen Raum (Foto: ZSK TP1)

Im historischen Stadtkern gibt es aufgrund der engen, verwinkelten Straßen und Gassen oft keine Möglichkeiten für Entsiegelungen und Baumpflanzungen. Umso wichtiger ist es, die Potenziale der Dach- und Fassadenbegrünung zu prüfen. Weil nach Art. 14 GG das Eigentum geschützt ist, kann die Kommune keine Verpflichtung zur Begrünung von Fassaden im Bestand aussprechen.

Anreize schaffen und Fassaden begrünen

Deshalb sind Anreizsysteme zu schaffen, die vor allem Privateigentümer motivieren, Begrünungen vorzunehmen. Öffentlichkeitsarbeit muss die positiven Effekte der Fassadenbegrünungen begleiten und den Mehrwert im Sinne von Huckepack-Maßnahmen herausstellen. Wird beispielsweise die Außenwand gedämmt, sollte ein möglichst heller Anstrich den Albedowert erhöhen. Die Auswirkungen der Fassadenbegrünung sind von Beginn der Sanierung an zu berechnen.

Für Neubau, Sanierungen und Instandsetzungen sind Optionen zur Festsetzung bei der Bauleitplanung gegeben: Begrünte Fassaden lassen sich im B-Plan (§ 9 BauGB) sowie in Vorhabens- und Erschließungsplänen im Rahmen der Grünordnung einfügen oder notfalls



Abbildung 100: Fassadenbegrünung am Wohngebäude (Foto: ZSK TP1)

anhand von Begrünungsgeboten vorschreiben. Die Kommune kann, analog zu Dachbegrünungen auch anhand von (Freiflächen-) Gestaltungssatzungen die Begrünung von Fassaden vorsehen. Landschaftspläne bzw. Grünordnungen für den städtischen Bereich können mit Grünkennwerten (z. B. Biotopflächenfaktoren) versehen werden, wie es die Stadt Berlin eingeführt hat (Senatsverwaltung Berlin, 2016). Städtebauliche Verträge eignen sich, um Investoren zu binden. Auch für Eingriffs- und Ausgleichsregelungen nach § 8 des Bundesnaturschutzgesetzes kommen Fassadenbegrünungen in Betracht.

Neben den Fassaden von Wohngebäuden bieten öffentliche Gebäude und Gewerbebauten Möglichkeiten für Fassadenbegrünungen. So können sich Hallen, Schulgebäude oder Produktionshallen gut zur Begrünung eignen. Zu prüfen sind fensterlose Brandschutzwände und Mauern, denn lückenlos begrünte Wände weisen eine große Leistung hinsichtlich Staubbindung und Mikroklimaregulation auf (Senatsverwaltung Berlin 2017). Auch für andere Bauwerke wie Tunnel, Brücken oder Schallschutzwände ist im Rahmen einer klimaorientierten Stadtentwicklung über Begrünungsmaßnahmen nachzudenken.



Abbildung 101: Neben Wohngebäuden bieten öffentliche Bauwerke Begrünungsmöglichkeiten (Foto: ZSK TP1)

Bodenklimmer oder Gerüste

Prinzipiell ist zwischen Selbstklimmern und der Begrünung mit Rankgerüsten zu unterscheiden. Die Richtlinie der Forschungsanstalt Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL e.V.) liefert verlässliche Orientierungswerte, welche Pflanzen sich eignen und wie der entsprechende Pflegeaufwand zu rechnen ist. Abhängig von den spezifischen Standortbedingungen kann die Pflanzenauswahl nur vor Ort erfolgen. Vorbehalte gegenüber Fassadenbegrünungen lassen sich im Einzelfall oft ausräumen oder sie sind bei Nebengebäuden weniger bedeutsam.

Denkmalschutzrestriktionen

Ein großer Anteil der Bebauung in historischen Stadtkernen ist denkmalgeschützt. Während Sanierungsmaßnahmen im Innenbereich meist unkritisch sind, sind bei wesentlichen Änderungen des äußeren Erscheinungsbildes (Fenster, Fassade, Giebeln, Anbauten) Genehmigungen bei der Unteren Denkmalschutzbehörde einzuholen.

Ein enger Dialog ist im Einzelfall immer empfehlenswert, um Lösungen bei geplanten Sanierungs- oder Begrünungsvorhaben zu finden. Die gesetzlichen Anforderungen an Wärmeschutz sind bei Baudenkmalen weniger streng als bei anderen (Alt-) Bauten. Die Kommune sollte Hausbesitzern ausreichend Informationen über finanzielle Unterstützung bereitstellen, denn sie sind in diesem Siedlungstyp oft mit sehr hohen Kosten verbunden. Seit 2012 hat die KfW beispielsweise das Förderprogramm „Effizienzhaus Denkmal“ aufgelegt (KfW 2016). Darüber hinaus können Aufwendungen, die dem Erhalt des Gebäudes dienen, über mehrere Jahre hinweg über erhöhte Abschreibungen steuerlich abgesetzt werden.

Per Rad und per Pedes unterwegs

Die zentrale Lage bindet historische Stadtkerne gut an den öffentlichen Personen-Nahverkehr an. Eine hohe Nutzungsmischung von Wohnen und Gewerbe verkürzt Wege, spart Emissionen und motiviert zur Nutzung von Rad- oder Fußwegen. In den Stadtkernen bietet es sich daher an, verkehrsfreie Zonen zu schaffen und öffentliche Plätze von der Bebauung freizuhalten. Die Kommune kann die Parkraumordnung in Form von Satzungen regeln. In die Planungen sollten Vertreter des Einzelhandels frühzeitig einbezogen werden, um keine Standorte zu gefährden.



Abbildung 102: Enge Gassen ermöglichen Verschattung mit Grün (Foto: ZSK TP1)

Öffentliche Plätze sind im Rahmen von Stadtumbau-maßnahmen zu begrünen und verschatten. Seit der Klimaschutznovelle können städtebauliche Funktionsverluste auch angenommen werden, wenn die Anforderungen an Klimaschutz- und Anpassung nicht erfüllt sind. So können Sonnensegel, Bepflanzungen oder andere Klimaanpassungsmaßnahmen den klimatischen Komfort verbessern.



Abbildung 103: Beispiel begrünter Bauteile am Fachwerk (Foto: ZSK TP1)



Abbildung 104: Teile baulicher Anlagen können begrünt werden (Foto: TP1)



Abbildung 105: Beispiel begrünte Pergola (Foto: ZSK TP1)

6.5 Maßnahmenempfehlungen

Eine Kombination der wirksamsten Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen für den historischen Stadtkern sind auf der Karte in Abb. 106 verortet. Das räumliche Entwurfsszenario konkretisiert die Maßnahmen für den Modellbereich. Dazu werden Empfehlungen hinsichtlich ihres Mehrfachnutzens für urbane Lebensräume und ihrer räumlichen Umsetzbarkeit ausgesprochen. Anschließend zeigt eine Modellierung, wie sich die empfohlenen Maßnahmen auf das Mikroklima im Modellgebiet (Heidingsfeld) auswirken würden.

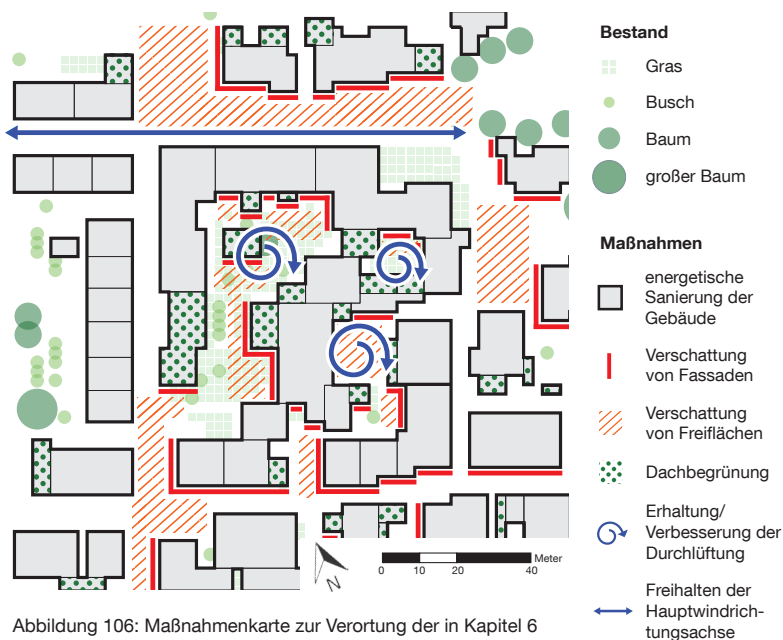


Abbildung 106: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 6 untersuchten Maßnahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung

Verortung der Maßnahmen

Die technischen Maßnahmen an der Gebäudehülle sollten an allen Gebäuden umgesetzt werden. Der Einsatz von Begrünungsmaßnahmen zur Reduktion des sommerlichen Hitzestresses variiert räumlich. Verschattungsmaßnahmen vor sonnenexponierten Fassaden reduzieren die Wärmerückstrahlung in den Freiraum. Auch stark besonnte Freiflächen sind zu verschatten, um ein Aufheizen der Oberflächen zu vermeiden. Weiterhin unterstützt eine Begrünung möglichst niedriger und flacher Dächer die Kühlwirkung. Innerhalb geschlossener Bebauungsstrukturen wie den Innenhöfen ist es wichtig, eine natürliche Durchlüftung zu erhalten bzw. zu verbessern, um Hitzestaus zu vermeiden. Straßen und Schneisen in Hauptwindrichtung sollten zur Luftzirkulation freigehalten werden.

Entwurfsszenario mit konkreten Maßnahmen ... im öffentlichen Raum

- 1 In engen Gassen werden die strahlungsexponierten Süd- und Westfassaden bodengebunden begrünt. Dazu sind kleine Aussparungen im Straßenraum als Wurzelraum vorgesehen, die die Eigentümer bepflanzen. Als Kletterpflanzen sind insbesondere traditionelle Arten wie Efeu, Wilder Wein, Kletterrosen, Obstspaliere oder Weinstöcke empfehlenswert, die einen Bezug zur historischen Bebauung und traditionellen Gartenbaukultur herstellen. Die Bereiche vor den Gebäuden lassen sich zudem mit Blumentöpfen oder Pflanztrögen individuell gestalten. Sitzgelegenheiten wie Hausbänke reaktivieren den öffentlichen Raum als Kommunikations- und Aufenthaltsort.
- 2 Baulücken oder Gebäuderücksprünge bieten auch in engeren Gassen vereinzelt Raum für Bäume. Insbesondere süd- und westexponierte Nischen werden dadurch verschattet und als Aufenthaltsräume aufgewertet. Um die engen Räume zu bepflanzen, bieten sich vor allem Baumarten der 2. und 3. Wuchsordnung an.
- 3 Die breiteren, stärker besonnten Straßenräume werden abschnittsweise mit Baumreihen verschattet, ohne dass diese in Konkurrenz zum historischen Stadtbild treten. Es bieten sich vor allem schmal- oder kleinkronige Baumarten an, die weniger Wurzel- und Kronenraum benötigen und auch weiterhin eine Durchlüftung ermöglichen. Im ansonsten kahlen Straßenraum sind die Bäume wichtiger Aufenthaltsraum und Ort des sozialen Austausches für die Stadtbewohner. Hier sind Sitzgelegenheiten anzubieten. Zudem verschatten die Bäume Stellplätze oder Marktstände ohne ihre Nutzung einzuschränken. Der Wurzelraum wird mit Baumscheiben geschützt.
- 4 Auf den voll besonnten Plätzen vor Kirche und Rathaus ist Platz für große, weitausladende Einzelbäume oder markante Baumgruppen. In Kombination mit einem Brunnen definieren sie traditionell das Zentrum des Platzes. Neben dem historischen Bezug kühlen diese die Umgebung und sind als Wasserquelle für Tiere besonders wertvoll. Stufen sind ein gutes Mittel,

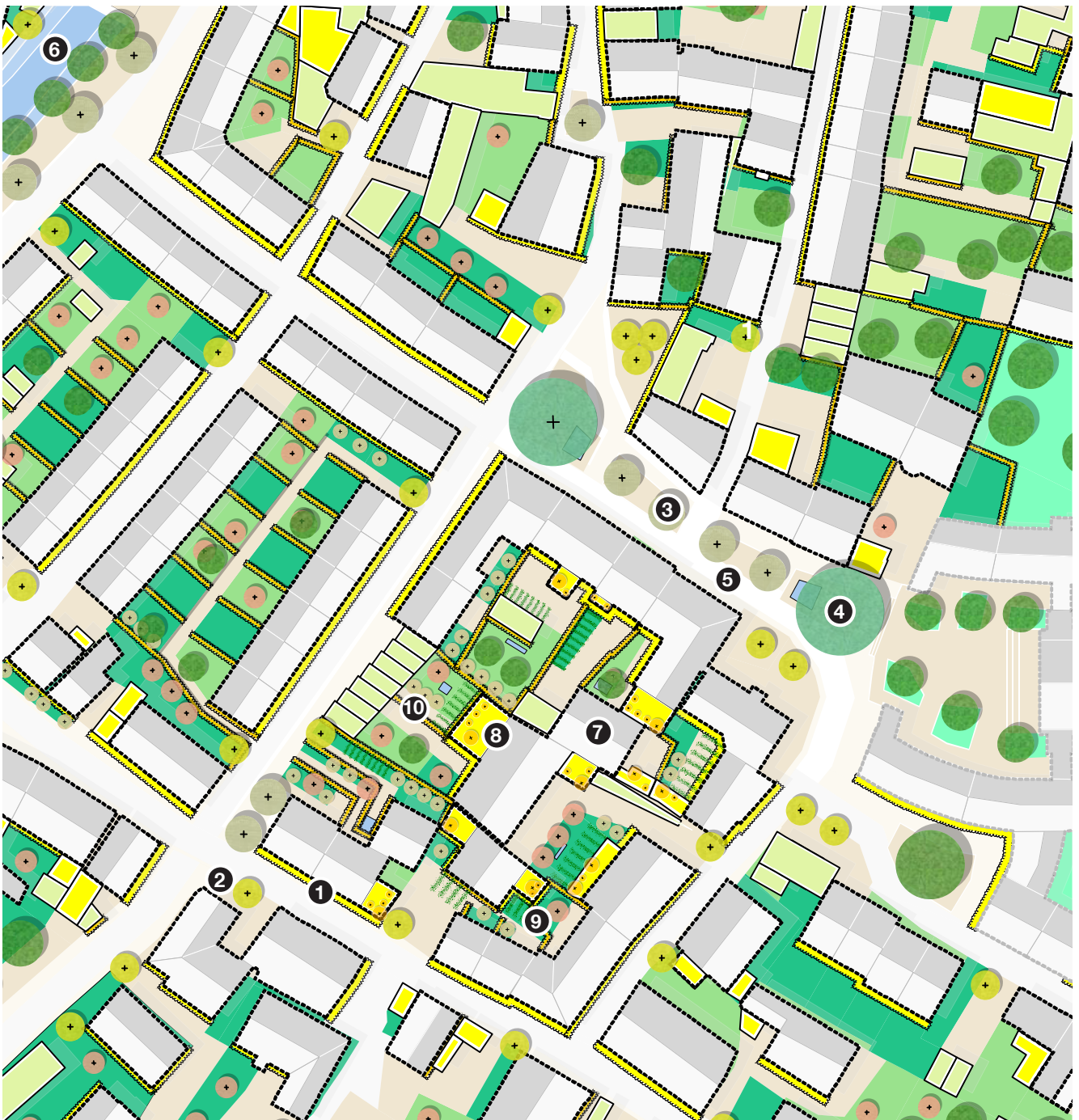


Abbildung 107: Entwurfsszenario im Maßstab 1:1000

- | | | |
|--|--|--|
| Energetische Sanierung Bestandsgebäude | Wasserstelle/ Brunnen | Baumbestand erhalten |
| Belag mit hohem Albedo | Bodengebundene Fassadenbegrünung mit traditionellen Kletterpflanzenarten oder Obstspalieren, 3-7m hoch | Baumneupflanzung auf zentralen Plätzen mit breitkronigen, straßenbaumtauglichen Solitärbaumarten 1. Wuchsordnung |
| Wasserdurchlässiger Belag | Mauer mit schwachwüchsigen Kletterpflanzen oder Obstspalieren begrünt | Baumneupflanzung im Straßenraum mit schmal- oder lichtkronigen Straßenbaumarten 2. Wuchsordnung |
| Wassergebundene Decke | Pergola mit reichblühenden oder fruchttragenden Kletterpflanzen berankt | Baumneupflanzung in Baulücke mit schmalkronigen oder kleinwüchsigen Baumarten 2. und 3. Wuchsordnung |
| Ziergarten mit Rasen, Stauden und Gräser | Obstbaum Innenhof | |
| Nutzgarten mit Gemüsebeeten | Solitärstrauch Nutz-/Ziergarten | |
| Historische Gartenanlage | Ziergehölze Dachterrasse in Pflanztrögen | |
| für Solaranlagen geeignete Dachflächen | | |
| Dachterrasse | | |
| extensive Dachbegrünung | | |

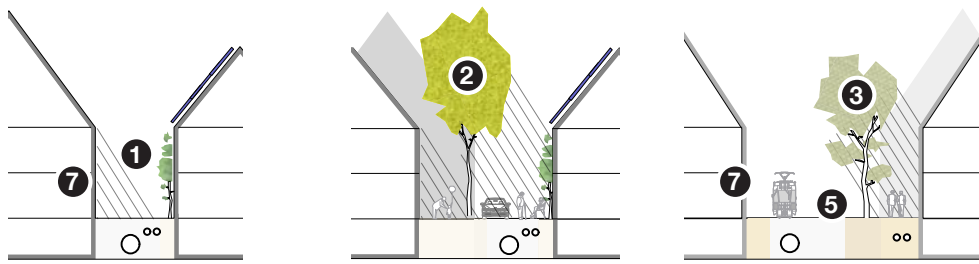


Abbildung 108: Schemaschnitte durch charakteristische Straßenraumtypen im Maßstab 1:500

um Geländesprünge in die Gestaltung zu integrieren oder bestimmte Bereiche von Plätzen zu akzentuieren. Als Sitzstufe ermöglichen sie Aufenthaltsmöglichkeiten ohne zusätzlich störendes Stadtmobiliar im historischen Stadtraum zu platzieren.

5 Die Oberflächenbeschaffenheit der Straßen und Plätze spielt eine wesentliche Rolle. Natursteinpflaster stellt einen Bezug zur historischen Bedeutung der öffentlichen Räume her. Große Fugenanteile und eine ungebundene Bauweise vermindern den Abflussbeiwert. Zusammen mit einer hellen Oberfläche verringert sich auch die Überhitzung dieser Flächen. Auch wassergebundene Wegedecken sind traditionelle Befestigungsmethoden und kennzeichnen die Aufenthaltsbereiche unter den Bäumen. Sie vermindern den Entiegelungsgrad und überhitzen weit weniger als Asphaltflächen. Manche Tierarten wie Spatzen oder Sandbienen profitieren von den feinsandigen Oberflächen.

6 Der Stadtbach wird als öffentlicher Raum zum Flanieren mit hoher Aufenthaltsqualität reaktiviert. Das Bachbett wird geweitet und mit standortgemäßen Baumarten bepflanzt. Die Uferbereiche lassen sich als sog. Sponge Park zur Hochwasserregulation und Retention nutzen. Dazu werden Terrassen mit wasserspeicherfähigem Substrat angelegt und mit verduns-

tungsstarker Vegetation bepflanzt. Das Wasser wird im Wurzelraum gefiltert und stark verzögert an den Bach abgegeben.

... am Gebäude

7 Bei der energetischen Sanierung der Gebäude werden Lebensräume gebäudebewohnender Tier- und Pflanzenarten erhalten bzw. ersetzt. Darüber hinaus werden weitere Quartiere und Nisthilfen für charakteristische Vogel- und Fledermausratten geschaffen. Bei der Gestaltung der Fassadenoberflächen sind weitgehend traditionelle Formen zu nutzen. Nur bei Gebäude an besonderen Orten mit Funktionen für die Öffentlichkeit wie Bibliotheken werden neue Fassadenmaterialien oder weite Fensteröffnungen mit technischen Verschattungssystemen eingesetzt.

8 Auf leicht zugänglichen Anbauten und Garagen werden, soweit es die Bausubstanz zulässt, Dachterrassen angelegt. Sie erweitern die relativ dunklen und engen Wohnräume um private Aufenthaltsräume im Freien. Stauden, Gräser und Kleingehölze werden in Töpfe oder Tröge gepflanzt. Auf unzugänglichen oder statisch weniger belastbaren Dächern der Nebengebäude erweitern extensive Leichtdachbegrünungen das Lebensraumspektrum im historischen Stadtkern mit zusätzlichen Trockenbiotopen.

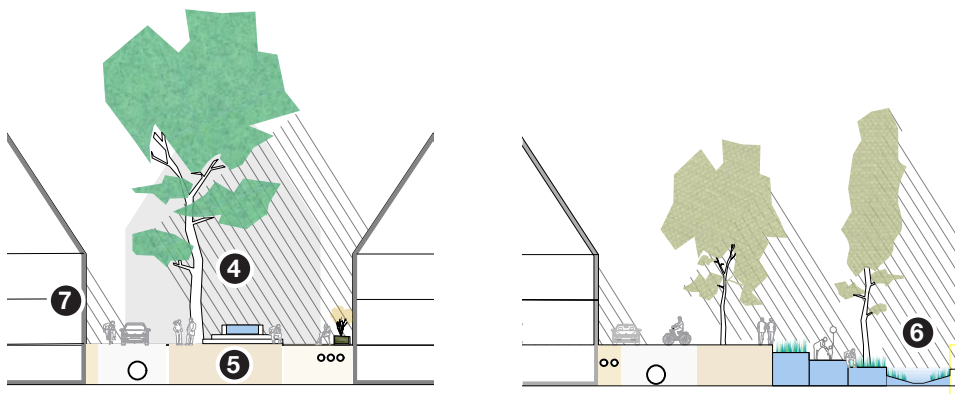


Abbildung 109: Schemaschnitte durch einen Platz und den Stadtbach im Maßstab 1:500

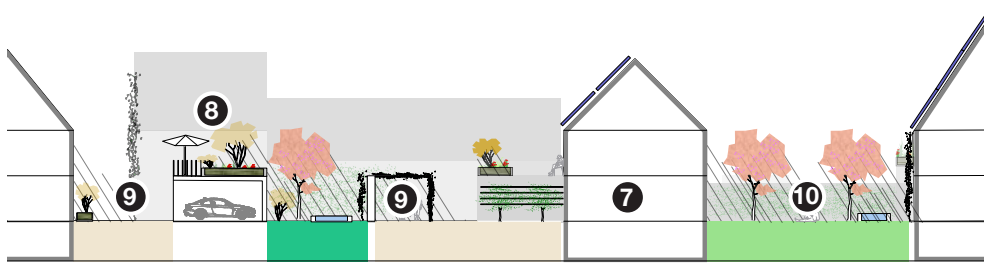


Abbildung 110: Schemaschnitt durch die Hinterhöfe eines Blockes im Maßstab 1:500

... in den Innenhöfen

9 In den engen Hinterhöfen werden süd- und westexponierte Fassaden und freistehende Grenzmauern mit Nutzpflanzen wie Wein, Kiwi oder Obstspalieren begrünt. Blütenreiche Zierpflanzen wie Glyzinie oder Clematis haben eine besondere ästhetische Wirkung auf die Höfe. Diese Kletterpflanzen sind auch zur Begrünung traditioneller, sehr wirkungsvoller Verschattungselemente wie Lauben und Pergolen geeignet. In der Kombination mit Flächenentsiegelung, Topfpflanzen und kleinen Wasserstellen (Brunnen) entstehen aus kleinen, weitgehend versiegelten Hof-

flächen wohltemperierte, grüne Oasen mit hoher Aufenthaltsqualität für Mensch und Tier.

10 In etwas größeren Hinterhöfen werden Bäume gepflanzt und Nutzgärten geschaffen. Gärten mit Beeten, Nuss- oder Obstbäumen, Obstspalieren oder Weinlauben revitalisieren die traditionelle Gartenbaukultur. Neben dem produktiven Aspekt bieten die Nutzgärten durch ihre Vielfalt an Gehölzen, Kräutern und Gräsern ein weites Spektrum an visuellen Eindrücken und Lebensräumen für Tiere.

Mikroklimatische Bewertung des Entwurfes mit ENVI-met

Die Entwurfsgestaltung erhöht den Grünanteil von 11,3 auf 37,2 %. Gleichzeitig lässt sich so die thermische Belastung von im Schnitt 42 auf 36,5 °C PET senken, das entspricht einer Reduktion von 13,1 %. Unter zukünftigen Klimabedingungen wird eine Reduktion um 2,1 % im Vergleich zu heute erreicht, was allerdings weiterhin eine extreme Belastung ist. Im Straßenraum wird die thermische Situation durch Fassadenbegrünung und bei mehr Raumangebot durch vereinzelte Baumpflanzungen verbessert. In den Innenhöfen verschatten Pergolen die Freiräume. Sträucher, Kleinbäume und extensive Dachbegrünungen auf niedrigen Flachdächern ergänzen weiterhin die Kühlwirkung. Als überhitzter Bereich bleibt im Entwurf der Kirchplatz bestehen, der aus ästhetischen Gründen nicht zusätzlich begrünt wird.

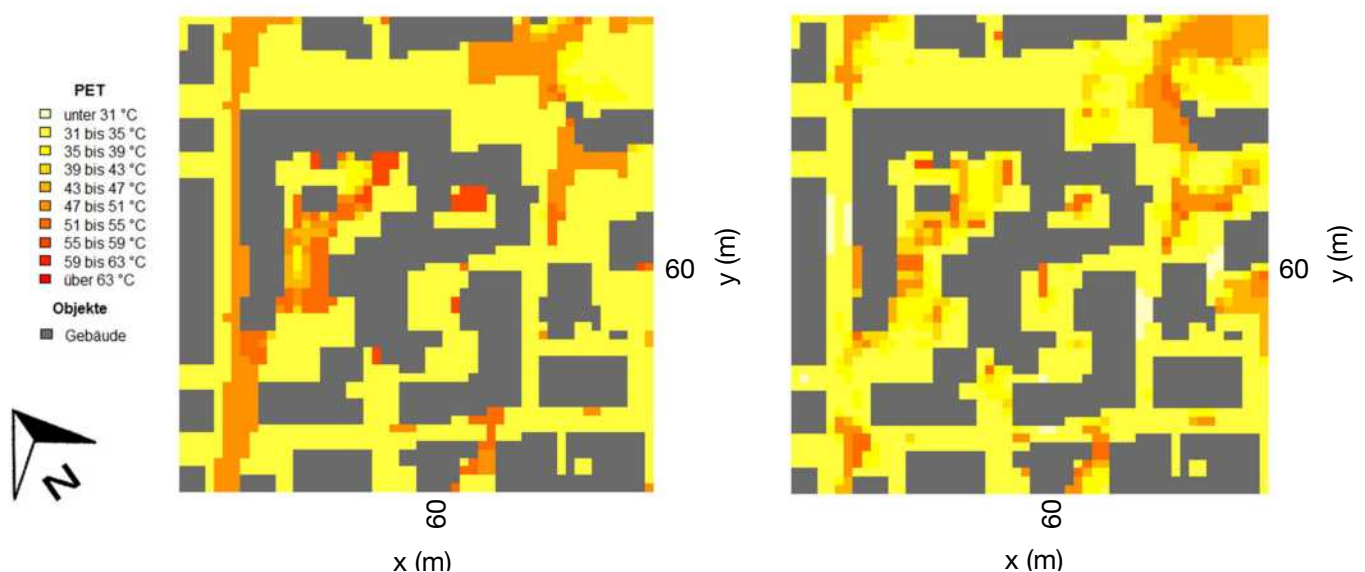


Abbildung 111: Die thermische Belastung im historischen Stadtkern mit aktueller Begrünung (links) und im Entwurfsszenario (rechts) unter heutigen Klimabedingungen, um 15 Uhr eines Hitzetages in 1,4 m Höhe

7 Umsetzbarkeit der Ergebnisse

Nach § 1 (5), § 1 (6) Nr. 7 und § 1a (5) BauGB sind Klimaschutz und Klimaanpassung in der Abwägung zu berücksichtigen. Seit den Novellen 2011 und 2013 sind mehr Möglichkeiten vorhanden, Klimaschutz und -anpassung zu begründen. Doch weil die Formulierungen im BauGB relativ unkonkret bleiben, ist es für die klimaorientierte Stadtentwicklung wichtig, die einzelnen Instrumente zielgerichtet einzusetzen und zu kombinieren. Welche Verweise und Grundlagen für die Grünflächen, für die Biodiversität sowie für eine klimaorientierte Einflussnahme auf die Bebauung relevant sind, zeigen die Tabellen 5 bis 7.

Leitbilder bleiben wichtig

Es ist eine Herausforderung, die kurzfristigen, alltäglichen Entscheidungen im Planungsprozess stets nach den langfristigen Zielen und Strategien einer klimarechten Stadtentwicklung auszurichten. Gemeinsame Leitbilder wie „Klimakommune“ oder „energieeffiziente Stadt“ können die referatsübergreifende Zusammenarbeit stärken. Die gemeinschaftliche Identifikation fördert die öffentliche Wahrnehmung und erleichtert Partizipation. Im Planungsprozess sind klimapolitische Ziele früh zu nennen. Bei städtischen Wettbewerben müssen sie bereits in der Auslobung gefordert werden.

Formelle Planungsinstrumente offensiv nutzen

Abgeleitet aus der Planungshoheit des Art. 28 GG, stehen den Kommunen als Planungsinstrumente im Wesentlichen der Flächennutzungsplan FNP (§ 5 BauGB) und der Bebauungsplan B-Plan (§ 9 BauGB) zur Verfügung. Obwohl die Einflussmöglichkeiten seit der Novelle 2011 gestiegen sind, konkurrieren die Belange gerade in wachsenden Städten mit entgegengesetzten Interessen und lassen sich z. B. in vereinfachten oder beschleunigten Verfahren schwer behaupten (§ 13 und 13a BauGB). Neben FNP und B-Plan sind daher die Landschaftspläne und Grünordnungen (in Bayern Teil des FNP/B-Plan) offensiv zu nutzen. Damit lassen sich bereits in der vorbereitenden Bauleitplanung Grünflächen sichern, Ausgleichsflächen definieren, Freiflächen erhalten und von der Bebauung freihalten.

Viele Berührungspunkte mit Fachrechten

Besonders über das Naturschutz-, das Wasser- und Bodenrecht sowie das Energie- und das Bauordnungsrecht sind klimarelevante Argumente abzuwägen. Die Landschaftsplanung ist aus dem Naturschutz hervorgegangen und bis heute gibt es Berührungspunkte zwischen Naturschutz- und Planungsrecht: bei der Sperrwirkung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten gegenüber der Bauleitplanung, dem Artenschutz als mögliches Planungshemmnis oder der Eingriffsregelung (§ 13ff BNatSchG). Energiefachrechtliche Bestimmungen für die Planungsprozesse werden

relevanter. So ermöglicht z. B. § 9 (1) Nr. 23b BauGB Flächen für die Erzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien festzusetzen.

Gestaltungsspielraum über Satzungen

Problematisch ist, dass Klimaschutz und -anpassung nicht zu den kommunalen Pflichtaufgaben gehören. Satzungen sind dagegen ein wirksames Mittel. So hat die LH München die in § 13a BauGB gesetzte Schwelle, Flächen bis 20.000 m² von der naturschutzrechtlichen Ausgleichsregelung und der UVP auszunehmen, auf 5.000 m² per Beschluss gesenkt (BFN 2016: S.169). Für Grünerhaltung sind Baumschutzsatzungen wichtig, die ab einem bestimmten Mindestumfang Bäume und Sträucher schützen und die Pflicht zu Ersatzpflanzung bewirken. Es empfiehlt sich, in wachsenden Städten über Grünflächenstandards Richtwerte für Grün- und Freiflächen zu beschließen. Gestaltungssatzungen (Grundlage Bauordnung) können die Begrünung und gärtnerische Gestaltung baulicher Anlagen regeln. Damit kann die Gemeinde die Gestaltung von Gebäuden, wie Dachform oder Materialien, und von Grundstücken beeinflussen. Ebenfalls wichtig sind Freiflächengestaltungssatzungen: Sie beziehen sich auf die unbebauten Flächen bebauter Grundstücke. Darin können wasserdurchlässige Beläge sowie die Begrünung von Gebäuden, Fassaden und Nebengebäuden vorgeschrieben werden. Auch eröffnen Angaben zur Lage, Größe, Beschaffenheit, Ausstattung und Unterhaltung von Kinderspielplätzen (§ 9 (1) Nr. 22 BauGB) Möglichkeiten zur Durchgrünung von Quartieren. Satzungen regeln auch Anzahl und Beschaffenheit der Stellplätze und nehmen damit erheblichen Einfluss auf die Flächenpotenziale für Grünmaßnahmen.

Das besondere Städtebaurecht

Stadtsanierungs-, Stadtentwicklungs- und Stadtbauprogramme stärken Möglichkeiten für Klimaschutz und -anpassung (§ 136-171 BauGB). Seit der Novelle 2011 sind Funktionsverluste auch hinsichtlich der Anforderung an Klimaschutz- und -anpassung begründbar. So sind Maßnahmen wie Wärmedämmungen, Energieerzeugungsanlagen aus erneuerbaren Quellen zu rechtfertigen und solche, die auf Anpassung abzielen: Bepflanzungen, Begrünungen oder Verschattungselemente auf öffentlichen Plätzen.

Informelle Planungsinstrumente

Städtebauliche Verträge § 11 BauGB ermöglichen Einfluss bei Neubau- oder Sanierungsvorhaben. Mit den Entwicklern kann die Kommune Verträge abschließen, die die Effizienzstandards der Gebäude oder Begrünungen bis hin zur Pflanzenauswahl festlegen (Bindungsvertrag). Informelle Planungsinstrumente gewinnen aufgrund ihrer höheren Flexibilität an Bedeutung.

Tabelle 5: Relevante Verweise für Grünflächen (Auswahl)

Ziel	Verweis	Inhalt
GRÜNFLÄCHEN SCHAFFEN UND ERHALTEN	Allgemeine Vorschriften BauGB	§ 1 (5) BauGB Aufgabe der Bauleitplanung ist es, den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern
		§ 1 (6) Nr. 7 BauGB Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen zu berücksichtigen
		§ 1a (5) BauGB Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden
		§ 1a (3) BauGB § 135a BauGB Ausgleichsflächen oder Ersatzmaßnahmen auf Grundlage vom Bundesnaturschutzgesetz § 19 (2) BNatSchG
		§ 2 (4) BauGB Forderung nach Umweltprüfung
	Vorbereitende BLP: Darstellungen im Flächennutzungsplan	§ 5 (2) Nr. 2b BauGB Ausstattung mit Anlagen, die dem Klimawandel entgegenwirken, insbesondere Flächen für die Erzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien
		§ 5 (2) Nr. 2c BauGB Ausstattung mit Anlagen, Einrichtungen oder sonstigen Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen
		§ 5 (2) Nr. 5 BauGB Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe
		§ 5 (2) Nr. 7 BauGB Wasserflächen, für die Wasserwirtschaft vorgesehenen Flächen sowie die Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses frei zu halten sind
		§ 5 (2) Nr. 9 BauGB Flächen für Landwirtschaft und Wald
		§ 5 (2) Nr. 10 BauGB Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
	Verbindliche BLP: Festsetzungen im Bebauungsplan oder im Vorhabens- und Erschließungsplan	§ 9 (1) Nr. 10 BauGB Freihaltung von Flächen (Versiegelungsgrad) und Nutzung der freizuhaltenden Flächen, um z. B. Biotope zu erhalten und zu vernetzen
		§ 9 (1) Nr. 14 BauGB Flächen für die Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser
		§ 9 (1) Nr. 15 BauGB Grünflächen wie Parks, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze
		§ 9 (1) Nr. 18 BauGB Flächen für Landwirtschaft und Wald
		§ 9 (1) Nr. 20 BauGB Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
		§ 9 (1) Nr. 25a BauGB Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen
		§ 9 (1) Nr. 25b BauGB Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern
	Landschaftsplan und Grünordnung	§ 9 (3) Nr. 4e BNatSchG § 4 (2) BayNatSchG Konkretisierung der Ziele zum Schutz, zur Qualitätsverbesserung und zur Regeneration von Böden, Gewässern, Luft und Klima In Bayern sind Landschaftspläne Pflicht. Sie sind die wichtigste Basis für die Erfordernisse des Naturschutzes und der Landschaftspflege
	Bundesnaturschutz	§ 1 (3) Nr. 4 BNatSchG Luft und Klima sind zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen
	Städtebauliche Verträge	§ 11 BauGB z.B. Verträge mit Investoren oder Eigentümern über Grün- und Freiflächen im Quartier zur Verbesserung des Mikroklimas und der Freiraumqualität
	Rahmenplanung und Städtebauliche Entwürfe	§ 1 (6) Nr. 11 BauGB § 140 BauGB als Rahmenplanung Städtebauliche Entwicklungskonzepte oder eine sonstige beschlossene städtebauliche Planung (Klimaschutzkonzepte etc.) sind bei der Bauleitplanung zu berücksichtigen. Dazu zählen z. B. auch Konzepte für Klimaschutz und -anpassung. Leitbilder untermauern die strategische Ausrichtung und können einen Beitrag zur referatsübergreifenden Zusammenarbeit leisten
	Besonderes Städtebaurecht, Städtebauförderung und Verfügungsfonds	§ 136 BauGB § 171a, 171b BauGB Städtebauförderung § 171e BauGB (Soziale Stadt) Stadtanierung/Stadtumbau/Stadtentwicklung: wenn „städtebauliche Missstände“ vorliegen. Planungen, die dem städtischen Wärmeineffekt entgegenwirken, können als städtebaulicher Grund anerkannt werden. Auch solche Gebiete, in denen gegebenenfalls keine städtebaulichen aber energetischen Missstände vorliegen, können im Rahmen von Stadtumbaumaßnahmen nach § 171a-d BauGB oder Gebäudemodernisierungen aufgewertet werden. Verfügungsfonds zielen darauf ab, private Finanzressourcen für die Entwicklung von Fördergebieten zu aktivieren
	Städtebauliche Gebote	§ 178 BauGB z. B. Pflanzgebot für private Grundstückseigentümer per Bescheid
	Satzungsrecht	Art. 28 (2) GG Gestaltungssatzung zur Begrünung und gärtnerische Gestaltung baulicher Anlagen Freiflächengestaltungssatzung (z.B. Lage, Beschaffenheit und Größe von Kinderspielflächen) Baumschutzsatzung § 12 (2), § 37 (2) Nr. 3, § 45 (1) Nr. 4 BayNatSchG
	Vorkaufsrecht	§ 24 BauGB § 25 BauGB Zugriff auf Flächen sichern, vor allem um im Bestand Einfluss auf klimagerechte Stadtentwicklung nehmen zu können
	Wettbewerbe	Anreize Sensibilisierung, Motivation, Qualitätssicherung innerhalb von Quartieren und interkommunal
	Förderprogramme	Anreize z.B. Fassadengestaltung, Hofbegrünungen, Dachgärten
	Gesplittete Niederschlagsgebühren	Anreize Abkopplung des Regenwassers von der Niederschlagsgebühr. Entlastet private Haushalte und schafft Anreize für private Begrünungsmaßnahmen

Tabelle 6: Relevante Verweise hinsichtlich der Biodiversität (Auswahl)

Ziel	Verweis		Inhalt
BIODIVERSITÄT FÖRDERN	Allgemeine Vorschriften BauGB	§ 1a (2) BauGB	Sparsamer Umgang mit Grund und Boden, Beachtung der Bodenschutzklausel
		§ 1a (3) BauGB	Naturschutzrechtliche Ausgleichsregelung muss in der Bauleitplanung abgearbeitet werden
		§ 1a (4) BauGB	Zunehmend greift EU-Recht im Bereich des Umwelt- und Naturschutzes (z.B. Vogelschutzrichtlinie und FFH-Richtlinie)
		§ 1 (6) und (7) BauGB	Biodiversität als Abwägungsbelang in der Bauleitplanung: „Integrationsansatz“ Umweltschutz im BauGB: Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen, einschließlich des Naturschutzes und der Landschaftspflege, insbesondere die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt sowie die Erhaltungsziele und der Schutzzweck der Natura 2000-Gebiete im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes
		§ 2 (4) und § 2a BauGB	Umweltbericht als Bestandteil der Aufstellung von Bauleitplänen
		FNP	§ 5 (2) Nr. 10 BauGB
	B-Plan	§ 9 (1) Nr. 20 BauGB	Festsetzung von Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft
	Bundesnaturschutz	§ 1 (1) Nr. 1 BNatSchG	Natur und Landschaft sind im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen dass die biologische Vielfalt auf Dauer gesichert ist. Der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft
		§ 1 (4) Nr. 2 BNatSchG	Zur dauerhaften Sicherung der Vielfalt sind in der freien Landschaft geeignete Flächen vor allem im besiedelten und siedlungsnahen Bereich zu schützen und zugänglich zu machen
		§ 1 (5) BNatSchG	Unzerschnittene Landschaftsräume sind vor weiterer Zerschneidung zu bewahren. Die Inanspruchnahme im Innenbereich hat Vorrang vor der Inanspruchnahme von Freiflächen im Außenbereich. Vorhaben sollen so gebündelt werden, dass Beeinträchtigungen des Naturhaushalts vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden. Unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind auszugleichen oder zu mindern
		§ 1 (6) BNatSchG	Freiräume im besiedelten und siedlungsnahen Bereich einschließlich Parks, Grünzüge, Wälder, Bäume und Gehölzstrukturen, Fluss- und Bachläufe mit ihren Uferzonen und Auenbereichen [...], sind zu erhalten und dort, wo sie nicht in ausreichendem Maße vorhanden sind, neu zu schaffen
		§ 7 (2) BNatSchG	Das Artenschutzrecht unterscheidet zwischen besonders geschützte Art (BNatSchG § 7 Abs. 2 Nr. 13) und streng geschützte Art (BNatSchG § 7 Abs. 2 Nr. 14)
		§§ 14-17 BNatSchG	Eingriffsregelung: Die Gemeinden sind verpflichtet, zu prüfen, ob ein Eingriff vorliegt, ob er vermieden oder minimiert werden kann, ob ein Ausgleich erforderlich ist und ob das Vorhaben bei nicht ausgleichbaren Eingriffen an den umweltschützenden Belangen scheitert
		§ 30 (2) BNatSchG	Biotope sind extra zu schützen
		§ 34 (2) BNatSchG	Natura 2000-Gebiete sind extra zu schützen
		§§ 39-41 BNatSchG	Allgemeiner Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen
		§ 44 (1) BNatSchG	Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen müssen artenschutzrechtlichen Verbote beachtet werden. Die Vorschriften gelten für besonders geschützte und bestimmte andere Tier- und Pflanzenarten
	Landschaftsplan und Grünordnung	§ 4 Abs. 2 BayNatSchG	Als Grundlage der Bauleitplanung ist der Landschaftsplan in Bayern bereits seit 1982 in den Flächennutzungsplan integriert (sog. Primärintegration) und nimmt an dessen Rechtswirkung teil. Die örtlichen Erfordernisse und Maßnahmen zur Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sind in Landschaftsplänen als Bestandteile der Flächennutzungspläne darzustellen.
	Städtebauliche Verträge	§ 11 BauGB	Verträge mit Vorhabenträgern oder Grundstückseigentümern z. B. zur Errichtung von geeigneten Grün- und Freiflächen zur Begünstigung von Habitaten
	Rahmenplanung und Städtebauliche Entwürfe	§ 1 (6) Nr. 11 BauGB § 140 BauGB als Rahmenplanung	In der Bauleitplanung müssen städtebauliche Entwicklungskonzepte oder sonstige verabschiedete Konzepte berücksichtigt werde. Dazu können Biodiversitätsstrategien zählen
Strategische Leitbilder	z.B. Bekenntnisse Biodiversitätskonvention	Kommunale Leitbilder sollten bei Planungsprozessen an die Förderung der Biodiversität als zwingender Bestandteil einer „klimagerechten“ Stadtentwicklung erinnern und diese Belange in den Abwägungsprozessen der Bauleitplanung umsetzen	
Satzungsrecht	Art. 28 (2) GG	Landschaftsplan/Grünordnung (§ 8-12 BNatSchG). In Bayern Pflicht (§ 4 Abs. 2 BayNatSchG) Landschaftsplanung ist die wichtigste fachliche Grundlage für die sachgerechte Berücksichtigung der Erfordernisse des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Gestaltungsatzung zur Begrünung und gärtnerische Gestaltung baulicher Anlagen (Grundlage: Bauordnung), Baumschutzsatzung § 12 (2), § 37 (2) Nr. 3, § 45 (1) Nr. 4 BayNatSchG	
	Anreize	Sensibilisierung, Motivation, Qualitätssicherung inzwischen und innerhalb von Quartieren als auch interkommunal	
Förderprogramme	Anreize	z. B. zur Fassadengestaltung, Hofbegrünungen, Dachgärten oder Unterstützung von Vereinen und Verbänden, Bildungsarbeit an Schulen etc.	

Tabelle 7: Relevante Verweise für die Beeinflussbarkeit der Bebauungsstruktur (Auswahl)

Ziel	Verweis	Inhalt
KLIMAORIENTIERTE EINFLUSSNAHME AUF DIE BEBAUUNG	Verbindliche Festsetzungen im Bebauungsplan oder im Vorhabens- und Erschließungsplan	§ 9 (1) BauGB Art und Maß der baulichen Nutzung
		§ 9 (2) BauGB Festsetzungen über die Bauweise und die Stellung der Baukörper
		§ 9 (3) BauGB Mindestmaß Baugrundstücke und Höchstmaße
		§ 9 (4) BauGB Stellplätze und Garagen außerhalb der überbaubaren Grundstücksfläche z.B. auch unterirdisch
		§ 9 (10) BauGB Versiegelungsgrad: Freihaltung von Flächen und Nutzung der freizuhaltenden Flächen
		§ 9 (14) BauGB Flächen für die Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser
		§ 16 (3) BauNVO (Grundflächenzahl oder Grundflächengröße, Geschossflächenzahl oder Geschossfläche, Baumassenzahl oder Baumasse, Zahl der Vollgeschosse, Höhe)
		§ 18 BauNVO Höhe der Bebauung
		§ 19 BauNVO Zulässige Grundfläche Abstandsflächen Baulinien, Baugrenzen
		§ 20 BauNVO Vollgeschosse, GFZ, Geschoßfläche
		§ 22 BauNVO Offene oder geschlossene Bauweise
		§ 23 BauNVO Überbaubare Grundstücksfläche
	Städtebauliche Verträge	§ 11 BauGB Verträge mit Vorhabenträgern oder Grundstückseigentümern z.B. zur Errichtung von geeigneten Grün- und Freiflächen zur wohnortnahen Erholung und zum kleinräumigen Klimaausgleich mit quantitativen und qualitativen Vorgaben
	Rahmenplanung und Städtebauliche Entwürfe	§ 1 (6) Nr. 11 BauGB § 140 BauGB als Rahmenplanung Verankerung und Verzahnung strategischer klimapolitischer Ziele: Dichte, Freihalten von Flächen, Nutzungsformen, Verkehrskonzepte, Anbindung ÖPNV, etc.
	Besonderes Städtebaurecht und Städtebauförderung	§ 174 BauGB § 171a, 171b BauGB Städtebauförderung 2010, Art. 11 Stadtsanierung/Stadtumbau/Stadtentwicklung: wenn in Gebieten nach § 136 BauGB „städtebauliche Missstände“ vorliegen. Planungen, die dem städtischen Hitzeinseleffekt entgegenwirken, können als städtebaulicher Grund anerkannt werden. Auch solche Gebiete, in denen gegebenenfalls keine städtebaulichen, wohl aber energetische Missstände vorliegen, können im Rahmen von Stadtumbaumaßnahmen nach § 171a-d BauGB oder Gebäudemodernisierungen nach § 177 BauGB aufgewertet werden
	Strategische Leitbilder	Leitbilder können identitätsstiftend sein. Gut durchlüftete Städte erhöhen die Lebensqualität der Bewohner bei Hitzebelastungen erheblich
	Satzungsrecht	Art 28 (2) GG Gestaltungsatzung Freiflächengestaltungssatzung (z. B. Lage, Beschaffenheit und Größe von Kinderspielplätzen)
	Vorkaufsrecht	§ 24 BauGB § 25 BauGB Zugriff auf Flächen sichern, um im Bestand Einfluss auf klimagerechte Stadtentwicklung nehmen zu können
	Zertifizierungen und Auszeichnungen	Anreize Qualitätssicherung z. B. durch DGNB, LEAD, Cradle2cradle, o.ä. sowie gesamtstädtische Wettbewerbe und Mitgliedschaften: Energy Award, Klimabündnis, Mayors Adapt, Städtepartnerschaften, etc.

8 Quellenverzeichnis

- Abendzeitung München (2012): Die Hitze der Stadt: München ist bis zu 8 °C wärmer als das Umland. [<http://www.abendzeitung-muenchen.de/media.media.11f5b808-e3f2-4a8e-a49b-064ba5e1348c.original1024.jpg>, 30.05.2017].
- BfN Bundesamt für Naturschutz (2016): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung, BfN-Skripten 444. Bonn.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301.
- Brink, E., Aalders, T., Ádám, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., Wamsler, C. (2016): Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change*, 36, 111-123. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003>, 22.03.2017].
- BBSR Bundesinstitut für Städtebau und Raumentwicklung (2017): Wachsende und schrumpfende Städte in Deutschland. [<https://gis.uba.de/mapapps/resources/apps/bbsr/index.html?lang=de>, 22.01.2017]
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2013): So schützen Sie sich vor Gefahren bei Starkregen. [http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Bilder/BBK/DE/Bilder_aktuelle_Meldungen/2013/PM_Starkregen_01.jpg?__blob=poster&v=3, 30.05.2017].
- Burghardt und Partner, Ingenieure (2017): Klimaplanatlas der Stadt Würzburg. Kassel.
- DDV Deutscher Dachgartenverband (2017): Förderung für Dachbegrünungen. Nürtingen. [http://www.dachgaertnerverband.de/foerderung_gruendach/foerderung.php, 13.03.2017].
- Destatis Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Demographischer Wandel in Deutschland, Heft 1, 2011. [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00012505/5871101119004.pdf;jSESSIONID=56B48017AF2878936BEC1E05B3B1990, 13.03.2017].
- EC European Commission (2013): Green infrastructure – Enhancing Europe’s natural capital Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brüssel.
- FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2008): Richtlinie für die Planung, Ausführungen und Pflege von Dachbegrünungen. Dachbegrünungsrichtlinie, Ausgabe 2008. Bonn.
- Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., & Kong, A. Y. Y. (2012): Adapting to climate change through urban green infrastructure. *Nature Clim. Change*, 2(10), 704-704.
- Grothues, E., Köllner, B., Ptak, D., Dalelane, C., Deutschländer, T., Ertel, H., Schwerdorf, I. (2013): Klimawandelgerechte Metropole Köln, Abschlussbericht Fachbericht 50. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen.
- Hoffmann, K., Bivour, W., Früh, B., Koßmann, M., & Voß, P.-H. (2014): Klimauntersuchungen in Jena für die Anpassung an den Klimawandel und seine erwarteten Folgen. Ein Ergebnisbericht. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* (Vol. 243). Deutscher Wetterdienst. Offenbach am Main.
- IPCC International Panel on Climate Change (2000): IPCC Special Report: Emission Scenarios. N. Nakicenovic und R. Swart (Hrsg.). Cambridge University Press. Cambridge.
- Jacob, D., Göttel, H., Kotlarski, S., Lorenz, P., & Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau. (2016): Energieeffizient Sanieren – Kredit für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder einzelne energetische Maßnahmen. [<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-%28151-152%29/>, 27.05.2017].

- LHM Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung, Stadtplanung – Grünplanung (2015): Konzeptgutachten Freiraum München 2030, Entschleunigung – Verdichtung – Umwandlung. München.
- LHM Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung (2012): Dachlandschaften München. München.
- LHM Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Bauordnung RGU (2014): Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München. München.
- LHM Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung (2017): Demografiebericht München – Teil 1 Analyse und Bevölkerungsprognose 2015-2035. München.
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.
- Pfoser, N., Jenner, N., Henrich, J., Heusinger, J., & Weber, S. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potentiale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August 2013. Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Roth, U. (1980): Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Bonn.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2016): Biotopflächenfaktor. Rechtliche Bindung. [<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/de/recht.shtml>, 29.05.2017].
- Steinrücke, M., Eimer, U., Eggenstein, J., Baumeister, A., Ahlemann, D., & Rick, M. (2012): Klimaanpassungskonzept Bochum. Bochum: Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum.
- StMUGV Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2007): Klimaprogramm Bayern 2020 (KLIP). München.
- StMUV Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2015): Klima-Report Bayern 2015: Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten. München.
- StMUV Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS). München.
- StMWi Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2015): Aktuelle Zahlen zur Energieversorgung in Bayern – Prognose für die Jahre 2013 und 2014. [http://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Publikationen/2015/2015-09-01_Energiedaten_Bayern.pdf, 29.05.2017].
- StMWIVT Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2013): Energieeffizienzpakt Bayern. München.
- SWR Fernsehen (2015): Stadtklima – Hitzestress in der Stadt [<http://www.swr.de/-/id=16469120/property=full/j90xx3/Eine%20Frau%20wischt%20sich%20in%20der%20glei%20C3%9Fenden%20Mittagshitze%20den%20Schwei%20C3%9F%20von%20der%20Stirn.jpg>, 30.05.2017].
- UNESCO United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2015): Country Profile Germany. [<http://www.uis.unesco.org/DataCentre/Pages/country-profile.aspx?regiocode=40500&code=DEU>, 22.11.2016].
- VBW Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (2012): Energetische Gebäudesanierung in Bayern. [<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1251333/1251333.pdf>, 12.04.2017].

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstruktur ZSK-Teilprojekt 1	15
Abbildung 2: Regionale Verteilung der Lufttemperatur in Bayern 1971 bis 2000	18
Abbildung 3: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur für die Regionen München und Würzburg	18
Abbildung 4: Klimafunktionskarte Würzburg	19
Abbildung 5: Klimafunktionskarte München	20
Abbildung 6: Heiße Tage in München nehmen zu	22
Abbildung 7: Stadtbewohner leiden zunehmend unter Hitzestress	22
Abbildung 8: Straßenzug unter Wasser	22
Abbildung 9: Starkregen überlastet städtische Infrastruktur	22
Abbildung 10: Hochversiegelte Flächen heizen die Stadt auf	23
Abbildung 11: Grünflächen bieten Erholung und Schutz	23
Abbildung 12: Ausgewählte Siedlungstypen: Blockbebauung, Zeilenbebauung und historischer Stadtkern	24
Abbildung 13: Schematische Struktur der ausgewählten Siedlungstypen	25
Abbildung 14: Einteilung der Klimaprojektionen in vier Perioden	28
Abbildung 15: Fassadenbegrünung mit Wildem Wein	30
Abbildung 16: Extensive Dachbegrünung	31
Abbildung 17: Baumpflanzungen entlang der Straße mit Spitzahorn	31
Abbildung 18: Integration in die Fassadendämmung	32
Abbildung 19: Erhalt von Bestandsbäumen und Maßnahmen Baumpflanzungen	32
Abbildung 20: Dachbegrünung extensiv, Retentionsdach, Dachterrasse	33
Abbildung 21: Maßnahmen Fassadenbegrünung	33
Abbildung 22: Freiflächen kühlen die Innenstädte und machen die Stadt lebenswert	34
Abbildung 23: Beispiele von Begrünungen auf Nebengebäuden wie Garagen und Trafohäuschen	34
Abbildung 24: Fassadenbegrünung	34
Abbildung 25: Alternative Mobilitätskonzepte gehören zur klimaorientierten Stadtentwicklung	35
Abbildung 26: Gärtnerplatz München	35
Abbildung 27: Modellbereich für den Siedlungstyp Blockbebauung	38
Abbildung 28: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung im Modellbereich der Maxvorstadt	38
Abbildung 29: Zukünftige mittlere THG-Emissionen im Modellbereich der Maxvorstadt	38
Abbildung 30: Reduktion des Nutzenergiebedarfs für die Periode 2061 bis 2090	39
Abbildung 31: Reduktion der Treibhausgasemissionen für die Periode 2061 bis 2090	39
Abbildung 32: Die thermische Belastung in der Blockbebauung	40
Abbildung 33: Vergleich der PET- Werte für alle Begrünungsszenarien in der Blockbebauung	41

Abbildung 34: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente	42
Abbildung 35: Im Schatten vor Gebäuden befinden sich beliebte Aufenthaltsorte	42
Abbildung 36: Die Kohlmeise gehört zu den typischen Bewohnern der Blockbebauung	42
Abbildung 37: Blick auf die Straßenräume einer N-S-gerichteten Hauptstraße und einer Nebenstraße.....	43
Abbildung 38: Schnitt-Perspektive durch eine verkehrsberuhigte Nebenstraße	43
Abbildung 39: Blick von einem begrünten Balkon in den Hinterhof.....	44
Abbildung 40: Schnitt-Perspektive durch einen Hof der Blockbebauung	44
Abbildung 41: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte in der Blockbebauung.....	45
Abbildung 42: Kontext und Vernetzung von Lebensräume in der Blockbebauung	45
Abbildung 43: Hinterhöfe bieten Begrünungspotenzial und sind Treffpunkte für Nachbarn.....	46
Abbildung 44: Das Potenzial der Hinterhöfe kann oft nicht ausgeschöpft werden.....	46
Abbildung 45: Parkplätze können teilentsiegelt werden und Versickerung ermöglichen.....	46
Abbildung 46: Bäume verändern den öffentlichen Straßenraum in ein Naturerlebnis	46
Abbildung 47: Im Straßenraum der Blockbebauung können Bäume Platz finden.....	47
Abbildung 48: Nebengebäude bieten sich zum Begrünen an.....	47
Abbildung 49: Beispiel: Garage.....	47
Abbildung 50: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 4.2 untersuchten Maßnahmen	48
Abbildung 51: Entwurfsszenario im Maßstab 1:1000.....	49
Abbildung 52: Schemaschnitte durch die Straßenräume im Maßstab 1:500.....	50
Abbildung 53: Schemaschnitt durch einen Innenhof im Maßstab 1:500	51
Abbildung 54: Die thermische Belastung in der Blockbebauung.....	51
Abbildung 55: Modellbereich für den Siedlungstyp Zeilenbebauung	54
Abbildung 56: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung im Modellbereich Neuaubing	54
Abbildung 57: Zukünftige mittlere THG-Emissionen im Modellbereich Neuaubing.....	54
Abbildung 58: Reduktion des Nutzenergiebedarfs für die Periode 2061 bis 2090	55
Abbildung 59: Reduktion der Treibhausgasemissionen für die Periode 2061 bis 2090	55
Abbildung 60: Die thermische Belastung in der Zeilenbebauung	56
Abbildung 61: Vergleich der PET-Werte für alle Begrünungsszenarien in der Zeilenbebauung	57
Abbildung 62: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente	58
Abbildung 63: Die Rasenflächen zwischen den Wohngebäuden.....	58
Abbildung 64: Amseln nutzen in der Zeilenbebauung Rasen als Jagdhabitat.....	58
Abbildung 65: Große Parkplätze der Wohnanlage dominieren den öffentlichen Straßenraum.....	58
Abbildung 66: Blick über den zentralen Aufenthaltsraum der Wohnanlage.....	59

Abbildung 67: Schnitt-Perspektive durch den Straßenraum.....	59
Abbildung 68: Schnitt-Perspektive der Privat- bzw. Mietergärten zwischen den Zeilenbauten	60
Abbildung 69: Blick über die bewegte Wiesenlandschaft und begrünten Gebäuden im Hintergrund.....	60
Abbildung 70: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte in der Zeilenbebauung	61
Abbildung 71: Kontext und Vernetzung von Lebensräumen in der Zeilenbebauung.....	61
Abbildung 72: Begrünte Dächer werden zu wahren Oasen mitten in der Stadt	62
Abbildung 73: Dachbegrünungen bieten sich auf Flachdächern an	62
Abbildung 74: Konflikte mit Photovoltaikanlagen lassen sich inzwischen gut lösen	63
Abbildung 75: Pflanzen finden auch auf kleinen Bauteilen Möglichkeiten zu wachsen.....	63
Abbildung 76: Zwischen den Baukörpern bieten Zeilenbebauungen Platz für Begrünungen	63
Abbildung 77: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 5.2 untersuchten Maßnahmen	64
Abbildung 78: Entwurfsszenario im Maßstab 1:1000.....	65
Abbildung 79: Schemaschnitt durch den Straßenraum im Maßstab 1:500	66
Abbildung 80: Schemaschnitt durch das Innere der Wohnanlage im Maßstab 1:500	67
Abbildung 81: Die thermische Belastung in der Zeilenbebauung.....	67
Abbildung 82: Modellbereich für den Siedlungstyp historischer Stadtkern.....	70
Abbildung 83: Mittlerer Nutzenergiebedarf pro Periode einer Sanierung im Modellbereich Heidingsfeld	70
Abbildung 84: Mittlere Treibhausgas-Emissionen im Modellbereich Heidingsfeld	70
Abbildung 85: Reduktion des Nutzerenergiebedarfs für die Periode 2061 bis 2090	71
Abbildung 86: Reduktion der Treibhausgasemissionen für die Periode 2061 bis 2090	71
Abbildung 87: Die thermische Belastung im historischen Stadtkern.....	72
Abbildung 88: Vergleich der PET-Werte für alle Begrünungsszenarien im historischen Stadtkern.....	73
Abbildung 89: Lebensräume durch graue und grüne Strukturelemente	74
Abbildung 90: Die Qualität der öffentlichen Räume leidet unter der Dominanz des ruhenden Verkehrs.....	74
Abbildung 91: Gärten innerhalb der Blockstruktur sind wichtige Orte für Bewohner und die Artenvielfalt	74
Abbildung 92: Mehlschwalben gehören zu den typischen Bewohnern historischer Stadtkerne.....	74
Abbildung 93: Blick auf den Kirchplatz mit Brunnen und zentralen Aufenthaltsräumen unter Bäumen.....	75
Abbildung 94: Schnitt-Perspektive durch eine Gasse und einen begrünten Hinterhof	76
Abbildung 95: Blick in einen ehemals als Stellplatz genutzten Innenhof	76
Abbildung 96: Schnitt-Perspektive durch einen begrünten Hinterhof und einen breiten Straßenraum.....	77
Abbildung 97: Differenzierung der Grünflächen und Baumstandorte im historischen Stadtkern	77
Abbildung 98: Kontext und Vernetzung von Lebensräumen im historischen Stadtkern.....	77
Abbildung 99: Begrünungsmöglichkeit im öffentlichen Raum	78

Abbildung 100: Fassadenbegrünung am Wohngebäude.....	78
Abbildung 101: Neben Wohngebäuden bieten öffentliche Bauwerke Begrünungsmöglichkeiten.....	78
Abbildung 102: Enge Gassen ermöglichen Verschattung mit Grün	79
Abbildung 103: Beispiel begrünter Bauteile am Fachwerk	79
Abbildung 104: Teile baulicher Anlagen können begrünt werden.....	79
Abbildung 105: Beispiel begrünte Pergola	79
Abbildung 106: Maßnahmenkarte zur Verortung der in Kapitel 6 untersuchten Maßnahmen	80
Abbildung 107: Entwurfsszenario im Maßstab 1:1000.....	81
Abbildung 108: Schemaschnitte durch charakteristische Straßenraumtypen im Maßstab 1:500	82
Abbildung 109: Schemaschnitte durch einen Platz und den Stadtbach im Maßstab 1:500.....	82
Abbildung 110: Schemaschnitt durch die Hinterhöfe eines Blockes im Maßstab 1:500	83
Abbildung 111: Die thermische Belastung im historischen Stadtkern	83
 Umschlagbild: Schaubild ZSK Teilprojekt 1	 1
Titelbild Vorwort 1: Isarufer München (Foto: ZSK TP1).....	6
Titelbild Vorwort 2: Vorplatz Alte Pinakothek München (Foto: ZSK TP1).....	8
Titelbild Kapitel 2: Rückseite Hochschule für Film und Fernsehen München (Foto: ZSK TP1)	16
Titelbild Kapitel 3: Schaubild ZSK Teilprojekt 1 Integration	26
Titelbild Kapitel 4: Vogelperspektive Block	36
Titelbild Kapitel 5: Vogelperspektive Zeile.....	52
Titelbild Kapitel 6: Vogelperspektive historischer Stadtkern	68

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen (Mittelwerte aller Blöcke des Siedlungstyps im Quartier).....	25
Tabelle 2: Wärmedurchgangskoeffizient der Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle	28
Tabelle 3: Maßnahmenkombinationen für eine Reduktion der Überhitzung von Gebäuden.....	29
Tabelle 4: Thermisches Empfinden des Menschen nach PET	31
Tabelle 5: Relevante Verweise für Grünflächen (Auswahl).....	85
Tabelle 6: Relevante Verweise hinsichtlich der Biodiversität (Auswahl)	86
Tabelle 7: Relevante Verweise für die Beeinflussbarkeit der Bebauungsstruktur (Auswahl)	87

