

Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung

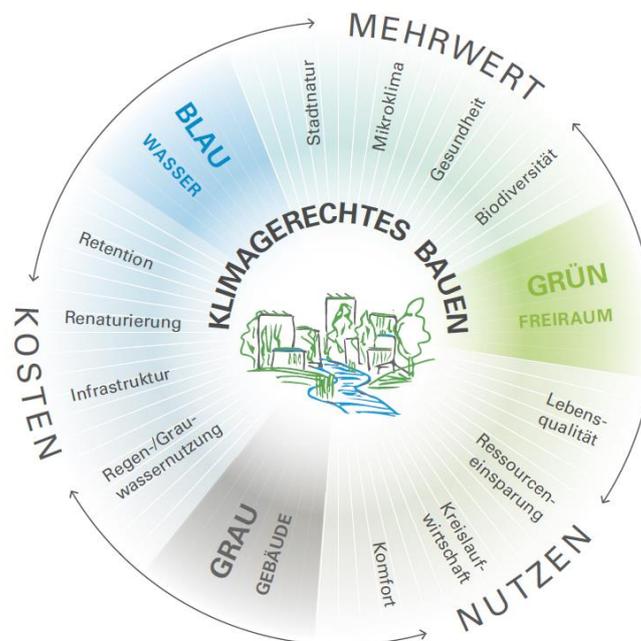
Teilprojekt 13:

Begleitforschung „Klimagerechtes Bauen – Modellvorhaben“

Endbericht

Bezahlbar klimagerecht Bauen

Kosten-Nutzen-Bewertung von sieben ausgewählten Maßnahmen im Lebenszyklus



IIÖ
INSTITUT
FÜR IMMOBILIENÖKONOMIE



finanziert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Bayerisches Staatsministerium für
Wohnen, Bau und Verkehr



Technische Universität München
Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK)
TP 13: Begleitforschung „Klimagerechtes Bauen – Modellvorhaben“
Arcisstraße 21
80333 München
Tel.: 089-289-23990
Fax: +49/89/289-23991
E-Mail: sekretariat.enpb.bgu@tum.de
Abgabe: München, 1.03.2024

Verfasser:innen:

Doris Bechtel
Markus Kleeberger
Lea Rosenberger
Hunter Kuhlwein
Rupert Schelle
Rebecca Amberger

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr.-Ing.
Werner Lang
Technische Universität
München (TUM)
Lehrstuhl für
Energieeffizientes und
Nachhaltiges Planen und
Bauen (ENPB)

Prof. Dr. rer. nat. habil.
Brigitte Helmreich
Technische Universität
München (TUM)
Lehrstuhl für
Siedlungswasserwirtschaft
(SWW)

Prof. Dr. Sven Bienert,
MRICS REV
Institut für
Immobilienökonomie
GmbH (IIÖ)

Zitiervorschlag:

Bechtel, D.; Kleeberger, M.; Rosenberger, L.; Kuhlwein, H.; Schelle, R.; Amberger, R.; Bienert, S.; Helmreich, B.; Lang, W.: Endbericht: Bezahlbar klimagerecht bauen: Kosten-Nutzen-Bewertung von Maßnahmen im Lebenszyklus, Hrsg.: Zentrum für Stadtnatur und Klimaanpassung; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), Zentrum für Stadtnatur und Klimaanpassung (München), 2024

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	4
1 Ablauf des Forschungsvorhabens	5
1.1 Forschungsziel und Hypothese	5
1.2 Modellprojekte.....	6
1.3 Workshops.....	7
1.4 Austausch mit anderen ZSK-Projekten.....	7
1.5 Austausch mit anderen Partner:innen	8
1.6 Öffentlichkeitsarbeit.....	8
2 Wettbewerbe und frühe Planungsphasen	12
2.1 Inhalte der Wettbewerbsbegleitung	12
2.2 Herleitung von Kriterien zum klimagerechten Bauen	13
2.3 Anwendung der definierten Kriterien	15
2.4 Integration von klimagerechten Maßnahmen in Projektentwicklungs- und Planungsprozesse	17
3 Methodik zur Erstellung der Kosten-Nutzen-Analyse	22
3.1 Grundüberlegungen zum Vorgehen der Kosten-Nutzen Abwägung	22
3.2 Betrachtungszeiträume und Szenarienbildung	22
3.3 Quantitative Nutzenermittlung	23
3.4 Kostenermittlung	30
4 Annahmen für die betrachteten Maßnahmen	42
4.1 Baumerhalt	42
4.2 Baumpflanzung	42
4.3 Bodenbeläge im Außenraum.....	45
4.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung	46
4.5 Dachbegrünung	47
4.6 Fassadenbegrünung	49
4.7 Sonnenschutzsysteme	51
5 Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen 53	53
5.1 Verhältnis von Kosten und Nutzen	53
5.2 Darstellung von LCC und WLC in zwei Grafiken	54
5.3 Ergebnis der Kosten-Nutzen-Betrachtung	54
5.4 Zusammenfassung: Ergebnis der Kosten-Nutzen-Bewertung	75
6 Kernbotschaft	77

Inhaltsverzeichnis

7	Forschungsausblick	80
	Abkürzungsverzeichnis.....	81
	Abbildungsverzeichnis.....	82
	Tabellenverzeichnis.....	86
	Literaturverzeichnis.....	88
8	Anhang	93

Kurzzusammenfassung

Das vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz unter dem Dach des Zentrums Stadtnatur und Klimaanpassung finanzierte Forschungsprojekt "Begleitforschung: Klimagerechtes Bauen – Modellvorhaben" begleitet das Modellvorhaben „Klimaanpassung im Wohnungsbau“ des Experimentellen Wohnungsbaus des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr wissenschaftlich. Ziel war die Begleitung von Planungswettbewerben für bayernweit elf Modellprojekte, bei denen staatlich geförderte Wohnbauprojekte umgesetzt werden sollen.

Im ersten Schritt begleitete das interdisziplinäre Forschungsteam die Planungswettbewerbe. Dafür wurden mögliche Abgabeleistungen und Textbausteine erstellt, die in Abstimmung mit den Bauherr:innen den Wettbewerben eingesetzt wurden. Zudem wurde ein Kriterienkatalog mit dem Fokus auf klimagerechtes Bauen erstellt, der den Auslobenden als Basis für die Grundlagenermittlung und die jeweiligen Auslobungstexte diente.

Im zweiten Schritt wurden fünf Siegerentwürfe wissenschaftlich untersucht, um die Wirtschaftlichkeit klimagerechter Maßnahmen auf lange Sicht anhand unterschiedlicher Szenarien nachzuweisen. Unter klimagerechten Maßnahmen verstehen wir die Berücksichtigung von Klimaanpassung und Klimaschutz sowie den Einsatz grüner und blauer Maßnahmen der urbanen Klimaanpassung. Erkenntnisse der Praxispartner:innen und Forschenden wurden ausgehend von sieben Workshops und einer Vielzahl von Interviews protokolliert und im Abschlussbericht dokumentiert. Als Endprodukt wurde eine Broschüre verfasst, die die wesentlichen Ergebnisse zusammenfasst und Kommunen, Wohnungsbauunternehmen und Planungsbüros mit konkreten Handlungsempfehlungen als Hilfestellung zur Verfügung gestellt wird (Download: www.zsk.tum.de).

Die Broschüre wurde im Zuge der Abschlussveranstaltung am 20. März 2024 vorgestellt.

1 Ablauf des Forschungsvorhabens

1.1 Forschungsziel und Hypothese

Das Forschungsvorhaben hatte die wissenschaftlich-fachlichen Begleitung zur Umsetzung von Modellprojekten hinsichtlich der urbanen Klimaanpassung (Adaption) und dem Klimaschutz (Mitigation) im Wohnungsbau zum Ziel. Auf der Basis der Erfahrung und Ergebnisse des Zentrums Stadtnatur und Klimaanpassung an der Technischen Universität München (TUM) erfolgte die Erforschung, Entwicklung und Umsetzung des nachhaltigen Bauens im Bereich des bezahlbaren bzw. geförderten Wohnungsbaus. Die zentrale Hypothese des interdisziplinären Forschungsteams lautete, dass die Investition finanzieller Mittel in klimagerechte Maßnahmen in Zeiten des Klimawandels und dem dadurch vermehrten Auftreten von Extremwetterereignissen aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive positiv ökologisch und ökonomisch zu bewerten ist. Unter klimagerechte Maßnahmen verstehen wir Maßnahmen, die Klimaanpassung und Klimaschutz berücksichtigen. Für die Anpassungsfähigkeit eines Standortes an Extremereignisse ist es essenziell, Gebäudeebene (graue Infrastruktur) und umgebende Freiräume (grüne Infrastruktur) inklusive Wasserressourcen (blaue Infrastruktur) (Abbildung 1) gleichzeitig zu betrachten und eng verzahnt zu planen. Die Planung einer grau-grün-blauen Infrastruktur berücksichtigt Synergien wie eine multifunktionale Nutzung des Außenraums. Eine interdisziplinäre Nutzen-Bewertung in Bezug auf grau-grün-blaue Infrastruktur wurde anhand fünf ausgewählter Modellprojekte für verschiedene klimagerechte Maßnahmen im Wohnungsbau durchgeführt. Um die Bezahlbarkeit der klimagerechten Maßnahmen herauszustellen, stellten wir ihre Kosten über den gesamten Lebenszyklus dem umweltbezogenen und gesellschaftlichen Nutzen gegenüber.

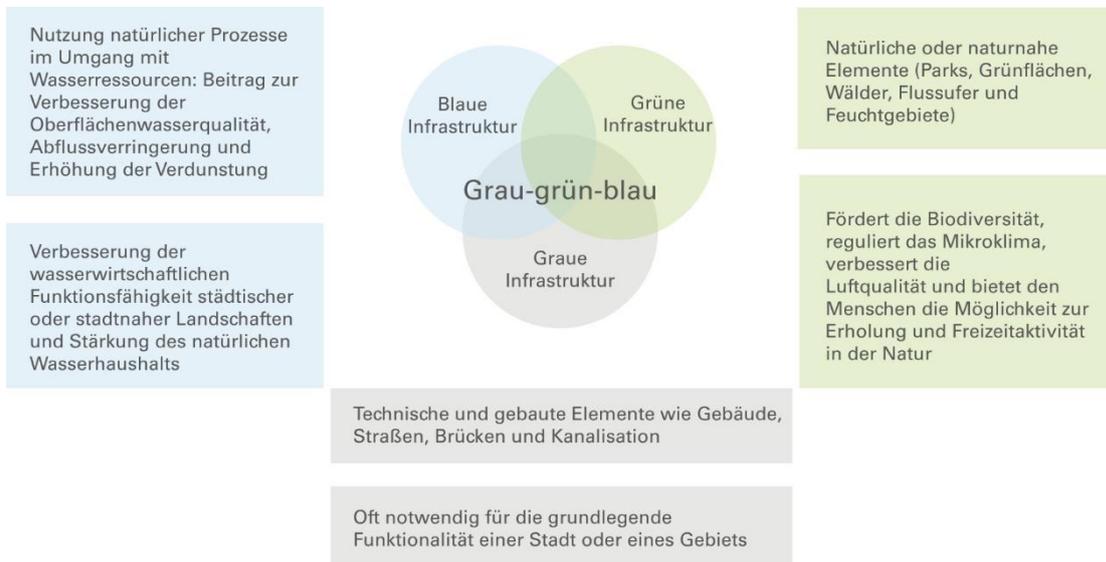


Abbildung 1: Das vernetzte, integrierte Planen zwischen "grau-grün-blau" kombiniert und verknüpft drei Infrastrukturtypen in urbanen und ländlichen Gebieten, um eine nachhaltige, widerstandsfähige Umwelt für Mensch, Tier und Natur zu schaffen

Das Forschungsteam analysierte, entwickelte und präsentierte Handlungsempfehlungen, um Herausforderungen und Chancen bei der Umsetzung der Modellvorhaben zu identifizieren. Diese

Ablauf des Forschungsvorhabens

Empfehlungen wurden in einer gemeinsamen Broschüre der TUM und des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) zusammen mit dem Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB) in prägnanter Form veröffentlicht und stehen den kommunalen Wohnungsbauunternehmen, den Planenden, der Öffentlichkeit und der Politik als Wissensgrundlage zur Verfügung.

1.2 Modellprojekte

Abbildung 2 gibt eine Übersicht über den zeitlichen Ablauf der untersuchten Modellprojekte. Dabei handelt es sich um größtenteils geförderten Wohnungsbau. Gekennzeichnet sind die Zeiten der Veröffentlichungen der Auslobungen (rot) und der Zeitpunkt der Preisgerichtssitzung, bei der ein Siegerentwurf ermittelt wird (blau).

Das Projekt in Füssen schied im Laufe des Projektes auf eigenen Wunsch aus und wurde durch ein bereits weiter vorangeschrittenes Bauvorhaben aus Neu-Ulm ersetzt.

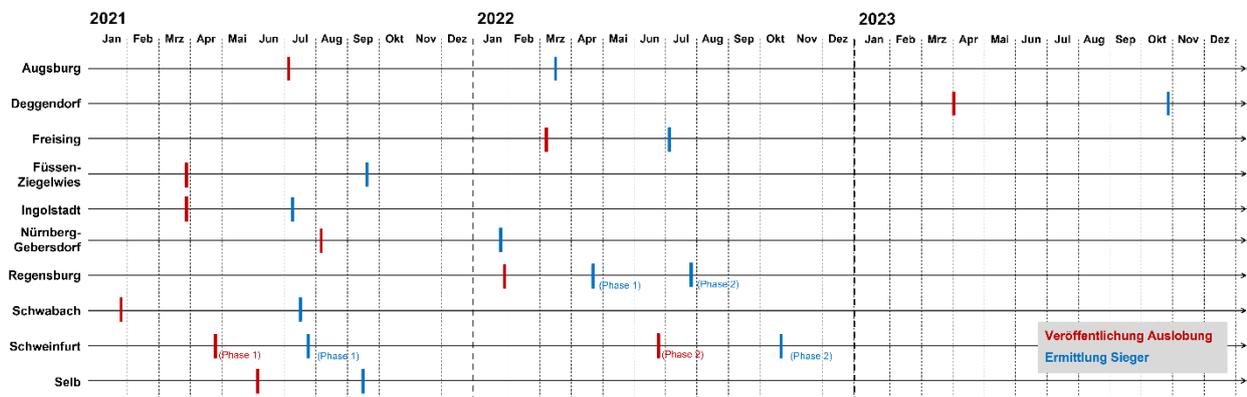


Abbildung 2: Stand der Modellprojekte, Stand Dezember 2023

Die Standorte der Modellprojekte sind in Abbildung 3 dargestellt. Vorhaben, die von der Begleitforschung als Schwerpunktprojekte genauer untersucht wurden, sind gekennzeichnet. In Anhang A1 (Seite 95) werden die Modellprojekte im Detail vorgestellt.

Ablauf des Forschungsvorhabens



Abbildung 3: Standorte der Modellprojekte in Bayern einschl. Darstellung der Schwerpunktprojekte

1.3 Workshops

Ein Überblick über den zeitlichen Ablauf der durchgeführten Workshops und abgegebenen Zwischenberichte kann Abbildung 4 entnommen werden. Die Abschlussveranstaltung ist für den 20.03.2024 geplant. Die Protokolle der Workshops befinden sich in Anhang A9 (Seite 191).



Abbildung 4: Übersicht Workshops und Zwischenberichte

1.4 Austausch mit anderen ZSK-Projekten

Zur Einbindung bereits vorhandener Forschungserkenntnisse hat sich das Forschungsteam mit anderen, vom ZSK koordinierten, Projekten ausgetauscht.

Am 22.07.2022 fand ein Austausch mit TP 9 – „KlimaKübelBäume“ statt. Bei dem Gespräch mit Herrn Fleckenstein wurden die Themen Bewässerungsbedarf in der Zukunft, Gestaltung von Baum- /Pflanzstandorten und Verdunstungsleistung von Bäumen besprochen. Daraus hat die Begleitforschung Maßnahmen zu Baumpflanzung und -erhalt abgeleitet.

Mit TP 14 – „Multifunktionale Versickerungsmulden im Siedlungsraum“ fand ein fortlaufender Austausch bezüglich der Optimierung von Baumstandorten und biodiversen Gestaltung von Versickerungsmulden statt. Darauf aufbauend wurden Annahmen zu Baumpflanzung und -erhalt sowie zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser abgeleitet.

Mit TP 11 – „Nachverdichtung“ fand ebenfalls ein fortlaufender Austausch statt. Dabei wurde u.a. die Integration der Ergebnisse der Begleitforschung in das von TP 11 erstellte Tool besprochen.

Teilnahme am Abschlussworkshop "Münchner Plätze klimafit gestalten" des TP 10 – „Leistungen von Stadtgrün an öffentlichen Plätzen in München“ am 27.02.2023 und Austausch mit Prof. Thomas Rötzer bezüglich urbaner Baumstandorte.

Weiterer Austausch mit ZSK-Projekten fand im Rahmen von Lenkungssitzungen und Workshops statt, an denen das Projektteam teilgenommen hat.

1.5 Austausch mit anderen Partner:innen

Eine starke Vernetzung fand mit der Beratungsstelle für Nachhaltiges Bauen der Bayerischen Architektenkammer unter der Leitung von Dipl.-Ing. Andreas Rockinger sowie mit dem Forschungsprojekt „Grüne Stadt der Zukunft“ (Linke und Putz 2021) statt.

1.6 Öffentlichkeitsarbeit

1.6.1 Veröffentlichungen

- [Bechtel, Doris; Rosenberger, Lea; Kleeberger, Markus; Schelle, Rupert; Lang, Werner; Helmreich, Brigitte \(2022\): Planungswettbewerbe klimafest gestalten. Neuer Kriterienkatalog integriert klimagerechte Aspekte. In: Stadt+Grün 48 \(10\), S. 48–53.](#)
- [Bechtel, Doris; Rosenberger, Lea; Kleeberger, Markus; Lang, Werner; Helmreich, Brigitte \(2023\): Planungswettbewerbe im Fokus der Klimaanpassung. In: DAB Regional \(04\), S. 8.](#)
- [Marx, David; Reitberger, Roland; Kleeberger, Markus; Lang, Werner \(2023\): Automated workflow for simulating the effect of green façades on indoor thermal comfort. In: CISBAT 2023 Journal of Physics: Conference Series, DOI: \[10.1088/1742-6596/2600/9/092007\]\(https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/9/092007\)](#)
- [Bienert, Sven; Kuhlwein, Hunter; Schmidt, Yannick; Gloria, Benedikt; Agbayir, Berivan \(2023\): Embodied Carbon of Retrofits. Ensuring the Ecological Payback of Energetic Retrofits, Wörgl, Austria.](#)
- [Bechtel, Doris; Kleeberger, Markus; Rosenberger, Lea; Helmreich, Brigitte; Lang, Werner \(2023\): Test and Evaluation of a Developed Criteria Catalog for Climate-Friendly Planning Competitions. Conference Series: Green Urbanism. IEREK Press. Eingereicht und im Review \(Stand 22.12.2023\)](#)

1.6.2 Vorträge ausgehend von Inhalten des Forschungsprojektes

- [Kleeberger, Markus \(2021\): Vorstellung der Begleitforschung beim Online-Kongress des VBW. VBW e.V., 21.07.2021.](#)
- [Kleeberger, Markus \(2021\): ZSK-Symposium. Posterpräsentation Begleitforschung. Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung. Online, 22.09.2021.](#)
- [Bienert, Sven \(2022\): Klimaneutralität vermieteter Mehrfamilienhäuser - Aber wie? Vorstellung der Studie für Energieeffizienzstandards; Ausschuss Planung und Technik -](#)

- vdw Niedersachsen Bremen und Ausschuss Architektur, Technik und Energie - VNW Verband Norddeutscher Wohnungsunternehmen, Leer, 29.03.2022.
- Kuhlwein, Hunter (2022): Does Retrofitting Pay Off? An Analysis of German Multifamily Building Data, Sustainable Built Environment D-A-CH Conference 2022, Berlin, 23.09.2022. DOI: [10.1080/19498276.2022.2135188](https://doi.org/10.1080/19498276.2022.2135188)
 - Bienert, Sven (2022): Pfade und Lösungen zur Klimaneutralität des deutschen Wohnungsbestandes, Verbandstag des vbw und Baden-Badener Tage, Baden-Baden, 28.09.2022.
 - Lang, Werner; Helmreich, Brigitte; Bienert, Sven (2022): Grün Blau Grau verbinden: Pfade zur Klimaanpassung im Wohnungsbau – ein Schlaglicht aus der Forschung. Lebenswerte Stadt der Zukunft – klimagerechtes Planen und Bauen. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz; Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. Munich Urban Colab, München, 05.10.2022.
 - Lang, Werner (2022): Herausforderung Zukunft Bauen, WohWi im Dialog, Reit im Winkl, 10.10.2022.
 - Bienert, Sven (2022): Klimaneutralität im Wohnungsbestand; WohWi im Dialog, Reit im Winkl, 11.10.2022.
 - Bienert, Sven (2022): Einführung und transitorische Risiken - Nachhaltigkeit: Warum ist das Thema für die Immobilienbranche wichtig?; ESG – mehr als nur grün! Neue Regeln. Neue Märkte. Neue Technik., Kloster Eberbach, 24.10.2022.
 - [Rosenberger, Lea; Leandro, Jorge; Helmreich, Brigitte \(2022\): Klimaanpassung im Wohnungsbau: Planung der blau-grünen Infrastruktur unter Beachtung des lokalen Wasserhaushaltes und dem Einfluss von Klimawandel und Saisonalität. Aqua Urbanica 2022 \(14./15.11.2022\). Zweidlen-Glattfelden, Schweiz, 14.11.2022.](#)
 - Kuhlwein, Hunter (2022): Net Zero: Achieving objectives or marketing hype?; EPRA ESG Summit, London, 23.11.2022.
 - Lang, Werner (2022): Research for the Model Project "Climate Adaptation in Housing Construction", online-Vortrag anlässlich des Regional Leaders Summit (RLS). Symposium on Green Building, Shandong, China, 07.12.2022.
 - Bechtel, Doris (2022): Lebenszykluskosten (LCC) von Gebäuden. Zertifizierungsprogramm Ökologisches Bauen. Technische Universität München, 02.12.2022.
 - [Rosenberger, Lea; Leandro, Jorge; Wood, Raul R.; Helmreich, Brigitte: Consideration of the Natural Local Water Balance and the Influence of Climate Change in Housing Construction. \(Poster Präsentation\). Novatech 2023 \(03.-07.07.2023\). Lyon, Frankreich.](#)
 - [Rosenberger, Lea; Leandro, Jorge; Wood, Raul R.; Helmreich, Brigitte: Wasserbedarf und -verfügbarkeit an urbanen Baumstandorten unter Einfluss des Klimawandels am Beispiel Ingolstadt. \(Poster Präsentation\). Aqua Urbanica 2023 \(09./10.10.2023\). Garching.](#)
 - Kleeberger, Markus (2023): Klimaschutz und Klimaanpassung in städtebaulich-landschaftsplanerischen Wettbewerben - Kriterien zur Berücksichtigung von Klimaanpassung in Wettbewerbsauslobungen. Online-Seminar des Instituts für Städtebau und Wohnungswesen, München
 - Bechtel, Doris: Test and Evaluation of a Developed Criteria Catalog for Climate-Friendly Planning Competitions. (Vortrag). Conference Series: 7th Green Urbanism 2023 (11.-12.2023). Online.

- Linke, Simone; Bechtel, Doris: Klimaanpassung in Planungswettbewerben. (Vortrag). Fachtagung Architekten und Juristen im Dialog 2023 (16.06.2023). München.
- Bechtel, Doris: Das E in ESG: Klimaneutrale Gebäude: Status Quo, Perspektiven und Best Practice. (Vortrag). Frauen in der Immobilienwirtschaft e.V. (22.09.2023). Online
- Bechtel, D.; Kleeberger, M.; Rosenberger, L.; Helmreich, B.; Lang, W.: Test and Evaluation of a Developed Criteria Catalog for Climate-Friendly Planning Competitions. Conference Series: 7th Green Urbanism 2023. IEREK Press.
- Rosenberger, Lea; Leandro, Jorge; Wood, Raul R.; Helmreich, Brigitte: Water Demand and Availability at Urban Tree Sites: Impact of Climate Change Depending on Age and Tree Pit. (Poster Präsentation). 16th International Conference on Urban Drainage (09.-14.06.2024). Delft, Niederlande.

1.6.3 Bachelor- und Masterarbeiten

- Stemler, Janina (2021): Handlungsempfehlungen für Wettbewerbe bezüglich Klimaschutz und Klimaanpassung: Betrachtung von Auslobung und Vorprüfung in Wettbewerben zu Städtebau und Wohnungsbau. Masterarbeit
- Amberger, Rebecca (2022): Klimaanpassungen an Immobilien und deren Kosten-Nutzen-Relation. Masterarbeit
- Legner, Nicolas (2022): Urban Climate Adaptation with Decentral Stormwater Management Measures: Simulation of Heavy Rainfall Events in Schwabach, Bavaria. Masterarbeit
- Reiser, Patrick (2022): Vergleichende Untersuchung der jährlichen Wasserhaushaltsbilanz des Klimaquartiers Schweinfurt unter dem Einfluss des Klimawandels. Masterarbeit
- Meier, Dominik (2022): Modellaufbau und Validierung eines Kanalnetzes mit PCSWMM am Beispiel der Stadt Ingolstadt. Bachelorarbeit
- Stöhr, Fabian (2022): Multifunktionale Nutzung urbaner Flächen - Beispiele und Anforderungen. Bachelorarbeit
- Lange, Kim (2022): Comparative study of the annual water balance in the context of climate adaptation in a residential area in Ingolstadt. Masterarbeit
- Jell, Theresa (2023): Effect of evaporative cooling on the quality of stay in dependence of the water balance. Masterarbeit
- Pollock, Daniel (2023): Improving the assessment of outdoor human thermal comfort in urban areas by embedding water availability into microclimate models: a systematic review. Masterarbeit
- Pazar, Duhan Hasan (2023): Finanzierung und Förderung klimaresilienter Gebäude. Masterarbeit
- Lirapirom, Akradeth (2023): Literature Review on Stormwater Management Options for High Groundwater Levels. Bachelorarbeit
- Lewald, Paul (2023): Klimaangepasstes Bauen in Planungswettbewerben - Eine qualitative Analyse von Expert:inneninterviews im Rahmen des Forschungsprojektes "Klimaanpassung im Wohnungsbau – Modellvorhaben". Bachelorarbeit
- Marx, David (2023): Auswirkungen von Fassadenbegrünungen an Bestandsgebäuden auf das Innenraumklima - Ein Ansatz zur Kopplung von Mikroklima- und Gebäudesimulation. Masterarbeit

Ablauf des Forschungsvorhabens

- Elghamaz, Abdelrahman (2023): Ökobilanzierung von Verkehrsflächen als Grundlage für die Erstellung eines praxisrelevanten Datenkatalogs. Masterarbeit

2 Wettbewerbe und frühe Planungsphasen

2.1 Inhalte der Wettbewerbsbegleitung

Die Begleitung der Modellprojekte umfasste die Mitgestaltung der Auslobung durch u.a. Zuarbeit von Textbausteinen und einer möglichen Abgabeleistung, die Teilnahme an Vorbesprechungen und am Preisgericht sowie die Analyse des Wettbewerbsergebnisses für zehn Modellprojekte (Anhang A1). Die Wettbewerbssieger von fünf Schwerpunktprojekten (Auswahl vgl. Anhang A1.12, Seite 120) wurden zudem hinsichtlich der Berücksichtigung von Maßnahmen zum klimagerechten Bauen analysiert.

Abbildung 5 stellt schematisch das Vorgehen im Forschungsprojekt dar.

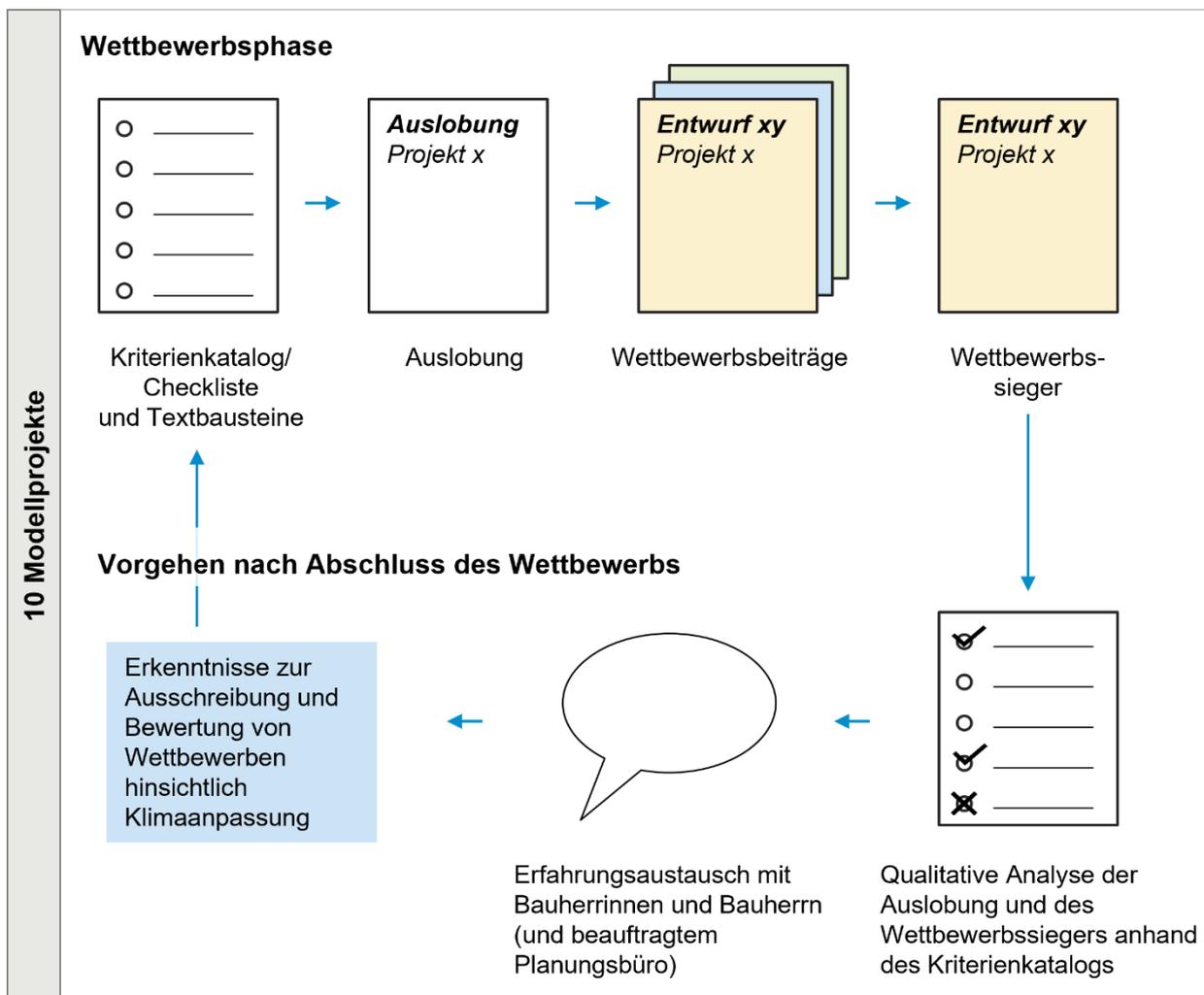


Abbildung 5: Vorgehen bei der Wettbewerbsbegleitung

Im ersten Schritt der Wettbewerbsbegleitung wurden - jeweils in Abstimmung mit den Praxispartner:innen - wesentliche Kriterien des klimagerechten Bauens für die verschiedenen Projektstandorte auf Basis von Steckbriefen aus GIS-Immorisk (BBSR 2018) identifiziert. Ausgehend von dem durch IIÖ/Prof. Bienert entwickelten Softwaretool war so die Feststellung der aktuellen Gefährdungslage bzgl. Naturgefahren an den Projektstandorten möglich. Darüber hinaus konnte auf Grundlage von ebenfalls enthaltenen Klimamodellen die künftige Dynamik der

Veränderung von Extremwetterlagen identifiziert werden. Aufbauend auf diese Informationsgrundlagen wurden für die jeweiligen Projekte und Standorte adäquate Adaptionsmaßnahmen für die baulichen Anlagen abgeleitet. Mit den auslobenden Büros wurden die Kernaussagen dieser Steckbriefe sowie Textbausteine relevanter Naturgefahren besprochen. So konnten die untersuchten Themenkomplexe in die Auslobungstexte integriert werden, was letztlich zur Berücksichtigung im Entwurf führen soll.

Im zweiten Schritt wurden die Siegerentwürfe vom Forschungsteam in Hinblick auf die Erfüllung der Kriterien zur Klimaanpassung begleitet und wissenschaftlich untersucht. Hierzu wurden Indikatoren identifiziert, anhand derer die konkrete Umsetzung der Kriterien in den eingereichten Architekturentwürfen getestet und evaluiert werden konnten.

2.2 Herleitung von Kriterien zum klimagerechten Bauen

Zur Ermittlung klimagerechter Baumaßnahmen wurden zunächst Kriterien mittels Literaturrecherche und Expertenbefragung zu den Themen Klimaanpassung (Adaption), Klimaschutz (Mitigation) sowie allgemein ausgehend von Vorgaben für Gebäude-Zertifizierungssysteme zusammengestellt. Die so hergeleiteten Kriterien wurden dann weiter unterteilt in die Themenbereiche Städtebau, Qualität, Funktionalität, Energie & Ressourcen und Wirtschaftlichkeit. (Fuchs 2021)

Basierend auf diesen Kriterien wurden Abgabeleistungen formuliert, die von Planungsbüros im Rahmen von Wettbewerben zu erbringen sind. Diese wurden im Projektverlauf in Abstimmung mit den Praxispartner:innen überarbeitet und auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht (vgl. Anhang A2). Textbausteine ergänzen einerseits zu fordernde Abgabeleistungen, andererseits enthalten sie textliche Sensibilisierungen, die zur Erläuterung im Auslobungstext verwendet werden können. Abbildung 6 stellt die Themenbereiche und die jeweils untersuchten Kriterien dar.

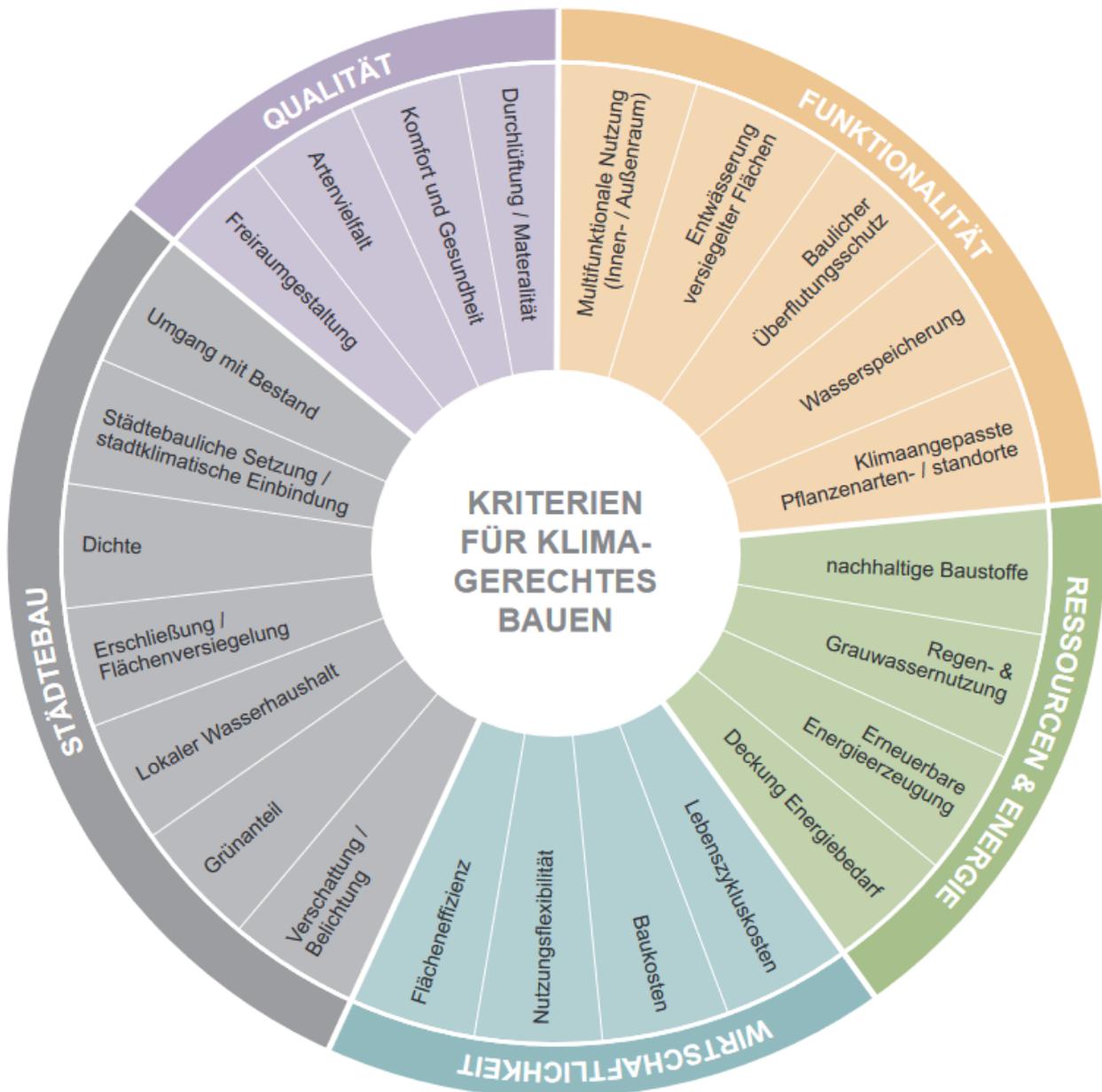


Abbildung 6: Kriterien für klimagerechtes Bauen. Die Aufteilung der Themenfelder orientiert sich an der SNAP-Methode (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2021).

Ziel des Kriterienkatalogs ist, eine Zusammenfassung von Abgabeleistungen für die Berücksichtigung von klimagerechtem Bauen in Wettbewerben zu erstellen, wobei

- für jedes Projekt individuell und standortspezifisch zu entscheiden ist, welche Leistungen gefordert werden können/ sollen (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2013): Richtlinien für Planungswettbewerbe (RPW)).
- die Identifikation der projektspezifischen Kriterien in Abstimmung mit dem/der Auslober:in / betreuenden Büro erfolgt.
- die Kriterien eine Ergänzung zu den in einem Wettbewerb sowieso geforderten Abgabeleistungen darstellen sollen und nicht als eigenständiger Katalog zu verstehen sind.

Ein wesentlicher Aspekt für die Praxistauglichkeit der Abgabeleistungen ist, dass durch ihre Berücksichtigung kein Mehraufwand für die Planungsbüros entsteht, der evtl. vergütet werden müsste. Dies ist bei den vom Forschungskonsortium definierten, Kriterien nicht der Fall. Sie können zum Großteil im Rahmen der Abgabeleistungen erbracht und geprüft werden.

2.3 Anwendung der definierten Kriterien

2.3.1 Ergebnis der Analyse von Auslobungstexten und Siegerentwürfen

Die von der Begleitforschung wissenschaftlich in ZSK entwickelten Kriterien zur Berücksichtigung von klimagerechten Maßnahmen sind in unterschiedlichem Maße in die Auslobungstexte der Modellprojekte – und damit in die Siegerentwürfe – eingeflossen. Die Ergebnisse der Analyse, dargestellt je Kriterium und Modellprojekt, sind in Anhang A2 zusammengefasst.

Anhand der durchgeführten Forschungsarbeit lassen sich die folgenden übertragbaren Schlussfolgerungen ziehen: Bereits im Titel der Auslobung ist das Thema des klimagerechten Bauens aufzugreifen.

- Die Kriterien müssen in der Auslobung klar benannt werden und Teil der bewerteten Abgabeleistung sein. Kriterien, die bereits in der Auslobung klar adressiert sind, werden in Darstellung und Qualität der Siegerentwürfe öfter beachtet.
- Eine Sensibilisierung zu Teilbereichen aus dem Kriterienkatalog im Auslobungstext führt oftmals zu einer Einbeziehung dieser Kriterien in die Siegerentwürfe.
- Ein Großteil der Kriterien kann aus Abgabeleistungen abgeleitet werden, die laut Richtlinie für Planungswettbewerbe (kurz: RPW 2013) im Rahmen der regelmäßigen Leistungen gefordert werden. Korrekt formuliert erlauben sie die Beurteilung von Klimaanpassung und –schutz im Entwurf, ohne zu Mehraufwänden zu führen.
- Werden Kriterien im Auslobungstext nicht thematisiert, weder in Form einer Abgabeleistung noch als textliche Erwähnung, werden die Kriterien bei der überwiegenden Anzahl der Fälle auch nicht im Siegerentwurf umgesetzt.
- Gehen Kriterien zum klimagerechten Bauen deutlich über die regelmäßigen Leistungen der Richtlinien für Planungswettbewerbe (RPW) hinaus und erzeugen einen Mehraufwand, dann werden die Kriterien i.d.R. nicht in den Auslobungstext aufgenommen. Hier ist jedoch zu prüfen, ob dennoch eine Aufnahme sinnvoll wäre.
- Einige der geforderten Leistungen können in der Wettbewerbsphase nicht erbracht werden. Im Wettbewerb muss es um die konzeptionelle Einbindung von klimagerechtem Bauen gehen. Detaillierte Angaben zu Flächen, Funktionen, Qualitäten und Kosten sind erst Bestandteil des anschließenden Entwurfsprozesses (Leistungsphasen I-IV nach HOAI) und werden dann entsprechend gefordert und entlohnt.

2.3.2 Ergebnis der Begleitung der Vorprüfungen

In einigen Modellprojekten wurde gegen eine zusätzliche Vergütung die Forderung an Planungsbüros gestellt, für ihren Entwurf Kennzahlen, wie beispielsweise die Grünvolumenzahl, zu berechnen. Dafür wurde eine Berechnungsvorlage erstellt und den Auslobungsunterlagen beigefügt. Die Auswertung dieser Berechnungen im Rahmen der Vorprüfung hat gezeigt, dass die Ergebnisse nur bedingt nutzbar sind. Da jedes Planungsbüro definierte Vorgaben individuell interpretiert und Randbedingungen für die Berechnung divergierend ansetzt, können die

resultierenden Ergebnisse der einzelnen Büros in dieser Hinsicht kaum miteinander verglichen werden.

Die Schlussfolgerung für betreuende Büros und Auslober:innen besteht darin, dass diese die zusätzlichen Berechnungen selbst durchführen sollten. Auf diese Weise wird der Mehraufwand nur einmal bezahlt, und zwar für das vorprüfende Büro. Zudem kann angenommen werden, dass die Ergebnisse dann aufgrund der einheitlichen Vorgehensweise vergleichbar sind.

2.3.3 Ergebnis für die Begleitung des Preisgerichts

Durch die Teilnahme an Preisgerichtssitzungen konnten wir die folgenden Punkte identifizieren, die zu einer erfolgreichen Berücksichtigung klimagerechter Belange in Preisgerichtssitzungen führen:

- Eine interdisziplinäre Besetzung des Preisgerichts ist notwendig, um die Themen der Klimaanpassung ganzheitlich bewerten zu können (Städtebau, Architektur, Landschaftsarchitektur, Siedlungswasserwirtschaft).
- Das Thema klimagerechtes Bauen muss bei der Bewertung der eingereichten Wettbewerbsbeiträge aktiv angesprochen und diskutiert werden.
- Der Vorsitz des Preisgerichtes muss das Thema klimagerechtes Bauen fachlich bzgl. der Klimarisiken und möglicher Maßnahmen ansprechen und dadurch die Diskussion aktiv anregen und steuern.
- Intensive Diskussionen im Preisgericht über die physischen Risiken und Resilienzbildung helfen bei der Urteilsfindung zu einem Siegerentwurf.

2.3.4 Ergebnis aus Interviews mit der Verfahrensbetreuung

Im Rahmen der Wettbewerbsbegleitung wurden Interviews mit betreuenden Büros geführt, die sich auf das Thema des klimagerechten Bauens in Wettbewerben und der Umsetzbarkeit der dadurch entstandenen Entwürfe konzentriert haben. Es konnten die folgenden Erkenntnisse auf dieser Grundlage gewonnen werden:

- Ein Leitfaden mit Kriterien des klimaangepassten Bauens sollte individuell jedem Projekt zugrunde gelegt werden, sodass Auslobende, Verfahrensbetreuung und Teilnehmende mit denselben Informationen arbeiten. Es ist sinnvoll Begrifflichkeiten der Klimaanpassung einheitlich in der Auslobung zu definieren.
- Arbeitsgemeinschaften zwischen Landschaftsarchitekt:innen, Architekt:innen und Fachplaner:innen müssen als Kriterium für die Teilnahme an einem Wettbewerb definiert werden.
- Informationen über die Klimaanpassung müssen in einem möglichst frühen Planungsstadium geliefert werden. Zudem müssen für eine bessere Verständlichkeit der Informationen zusätzliche Informationsquellen zur Verfügung gestellt werden.
- Um das Thema des klimagerechten Bauens bewerten zu können, sollten dafür geeignete Personen in den Preisgerichten vertreten sein. Qualifikationsprüfungen können gewährleisten, dass Preisrichter:innen über eine entsprechende Eignung verfügen. Dies betrifft auch die Verfahrensbetreuung.

- Welche quantifizierbaren Zahlen durch die Teilnehmenden geliefert werden sollen, muss individuell in Abhängigkeit des jeweiligen Wettbewerbs definiert werden. Da ein Preisgericht die verschiedenen Entwürfe vergleichend beurteilt, sollten zu ermittelnde Werte, bei denen dieselben Annahmen getroffen werden, zentral durch das vorprüfende Büro ermittelt werden. Einfach zu ermittelnde Zahlen, die etwa durch Auslesen aus Programmen erzeugt werden können, sind durch die Teilnehmenden zu ermitteln, wie beispielsweise die generierte Wohnfläche
- Wohnungswirtschaftliche Berechnungen enden gegenwärtig nach der Herstellung eines Gebäudes. Diese sind im Rahmen der Klimaorientierung anzupassen, sodass diese den Betrieb und zukünftige Kostenänderungen miteinbeziehen. Allen Berechnungen müssen dieselben Daten und Formeln zugrunde gelegt werden. Die Förderfähigkeit von Maßnahmen des klimaangepassten Bauens ist ebenfalls zu berücksichtigen.
- Um einen besseren Austausch zwischen der oder dem Auslobenden mit den Teilnehmenden zu gewährleisten, sollten mehr dialogische, niedrighschwellige Verfahren in das Wettbewerbswesen integriert werden, in welchen die Anonymität während der Wettbewerbsphase aufgehoben wird und ein Dialog entsteht. Die Bewertung der Einreichungen durch das Preisgericht ist weiterhin anonym vorzunehmen.
- Förderungen der Klimaanpassung und Informationskampagnen sollten intensiviert werden. Die Politik spielt eine entscheidende Rolle als gesetzlicher Rahmengerber für die Frage, inwieweit klimaangepasstes Bauen tatsächlich umgesetzt wird oder entsprechende Maßnahmen in der Entwurfsplanung möglicherweise vernachlässigt werden. Besonders in kleinen Kommunen gestaltet es sich herausfordernd, die Thematik der Klimaanpassung und Klimaschutz zu integrieren. Die Thematik der Klimaanpassung ist im deutschen Wettbewerbswesen noch unzureichend integriert. Daher ist eine Sensibilisierung des Berufsstandes in Bezug auf die Klimaanpassung nötig. Dies umfasst Aufklärungsarbeit über die Verantwortung des Berufsstandes im Bauwesen in der Ausbildung/im Studium.

2.4 Integration von klimagerechten Maßnahmen in Projektentwicklungs- und Planungsprozesse

Das interdisziplinäre Forschungsteam hat in Zusammenarbeit mit den Praxispartner:innen die Integration von klimagerechten Maßnahmen in den Planungsprozess untersucht. Das Ergebnis zeigt: Maßnahmen zu Klimaschutz und -anpassung lassen sich in Projektentwicklungs- und Planungsprozesse ohne zu großen Mehraufwand integrieren, sofern sie von Beginn mitgedacht werden. Wichtig ist, die Maßnahmen aus einer langfristigen Perspektive zu betrachten und von Beginn an in die Planung zu integrieren (vgl. Abbildung 7).

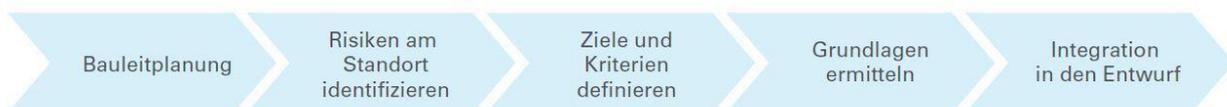


Abbildung 7: Integration von klimagerechten Maßnahmen in Projekt- und Planungsprozesse

Schritt 1: Klimatische Belange in der Bauleitplanung beachten

Bestehende innerstädtische Gebiete gilt es bevorzugt zu verdichten und zu entwickeln, bevor neue Flächen bebaut werden. Gebäude im Bestand sind zu erhalten und bei Bedarf an die

veränderten Nutzungsansprüche anzupassen. Bei einer Verdichtung ist das urbane Grün zu sichern und weiterzuentwickeln, Mobilität zur Förderung der Innentwicklung auszubauen. Dies fördert eine nachhaltige Stadtentwicklung, die vorhandene Infrastruktur nutzt und den Flächenverbrauch reduziert. Bei der Baurechtschaffung ist somit insbesondere darauf zu achten, dass Grünflächen erhalten und weiterentwickelt werden. Sie sind wichtig für das Stadtklima und die biologische Vielfalt in den umliegenden Quartieren. Grundstücke, wie z.B. mit einem hohen Überschwemmungsrisiko, sind nicht zu entwickeln. Klimafunktions- und Starkregenhinweiskarten sind eine Basis und ein hilfreiches Instrument für eine nachhaltige, stadtklimatisch vorteilhafte Stadtentwicklung.

Schritt 2: Risiken am Standort identifizieren

Extremwetterereignisse werden in Zukunft vermehrt auftreten, jedoch nicht gleichermaßen an allen Orten. In einigen Regionen werden Starkregenfälle häufiger; in anderen ist mit mehr Hitzetagen oder zunehmender Trockenheit zu rechnen.

Derartige physische Risiken eines Bauvorhabens sind somit standortspezifisch zu ermitteln, um die vor Ort künftig zu erwartende Gefährdungslage korrekt einschätzen und entsprechende Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz der zu errichtenden Bauten sicherzustellen. Mithilfe von Klimaprojektionen lassen sich neben der heutigen Exponiertheit bzgl. Naturgefahren auch Ableitungen zur künftigen Dynamik der Risiken in Bezug auf Extremwetterereignisse des konkreten Standorts erforschen.

Frei zugängliche Tools zur standortbezogenen Ermittlung von Klimarisiken sind insbesondere:

- Bayerisches Klimainformationssystem (www.klimainformationssystem.bayern.de)
- Umweltatlas Bayern (www.umweltatlas.bayern.de)
- GIS-ImmoRisk Naturgefahren (www.gisimmorisknaturgefahren.de)

Schritt 3: Für die Planung relevante Ziele und Kriterien definieren

Die Zusammenstellung eines interdisziplinären Planungsteams, das u.a. Kompetenzen in Architektur, Landschaftsarchitektur und Siedlungswasserwirtschaft hat, ist notwendig; denn: Aus den Klimarisiken lassen sich **Ziele** ableiten (Abbildung 8, Abbildung 9), die für das zu beplanende Grundstück bzw. Gebäude besonders relevant sind. Ein Beispiel ist eine Anpassung an häufigere Hitzetage. Anhand von **Kriterien** ist zu prüfen, ob diese Ziele in der Planung berücksichtigt wurden oder werden können. Diese Kriterien sind eine Orientierungshilfe in frühen Planungsphasen und helfen auch dabei, Abgabeleistungen für Planungswettbewerbe zu definieren. Aus den Kriterien lassen sich **Maßnahmen** sowie eine Anforderung für die Planung ableiten, wie z.B. der Erhalt des Baumbestands eine Anpassung an Hitzetage darstellt (Abbildung 8).



Abbildung 8: Beispielhafte Ziele, Kriterien und Maßnahmen

Abbildung 9 fasst die Kriterien zum klimagerechten Bauen zusammen und ordnet sie Zielen zu. Daraus abgeleitete konkrete Maßnahmen haben wir in einer Kosten-Nutzen-Analyse näher untersucht (Kapitel 5).

Schritt 4: Grundlagen ermitteln

Ein interdisziplinäres Team leitet aus den in den vorherigen Schritten definierten Kriterien und Randbedingungen Maßnahmen ab, mit denen die klimarelevanten Ziele erreicht werden sollen. Im Fall von Planungswettbewerben sind die Auslobungstexte inklusive Abgabeleistungen so zu formulieren, dass sie die Ziele adressieren. Zur wissenschaftlichen Einschätzung oder zum Vergleich von Entwürfen ist es notwendig, Rahmenbedingungen zu definieren - wie den Erhalt von Bestandsbäumen (Kapitel 5.3.1) oder der maximale Versiegelungsgrad. Sind die Ziele gesetzt und Kriterien definiert, gilt es, die Grundlagen für die weitere Planung zu schaffen, um die Umsetzbarkeit klimagerechter Maßnahmen zu gewährleisten. Um die Ziele auch zu erreichen, sind alle wichtigen Randbedingungen hinsichtlich des klimagerechten Bauens aufzubereiten:

- Klimafunktionskarte bei der Kommune anfragen und z.B. freizuhalten Frischluftschneisen und zu erhaltende Grünbereiche analysieren.
- Bebauungsplan auf Umsetzbarkeit möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen prüfen (z. B. Dachneigung für Begrünung geeignet).
- Kommunikation mit der Bauherrin oder dem Bauherrn über einen ggf. zeitlichen und personellen Mehraufwand für ein vergrößertes Planungsteam.

Die Bauherrin und der Bauherr haben für die Grundlagenermittlung folgendes zu beauftragen und zu ermitteln:

- Baugrundgutachten unter Beachtung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes inkl. Grundwasserflurabstand
- Vegetations- und Grünflächenkartierung
- Baumkataster inkl. Beurteilung der Erhaltenswürdigkeit von Bäumen
- Mobilitätskonzept zur Reduzierung des Stellplatzschlüssels

Schritt 5: Integration in den Entwurf

Aus den in den vorherigen Schritten definierten Kriterien und Randbedingungen werden Maßnahmen abgeleitet, mit denen die klimarelevanten Ziele erreicht werden können. Im Fall von Planungswettbewerben sind die Planungsteams mit Stadtplaner:innen sowie Landschafts- und Architekt:innen mit wasserwirtschaftlicher Expertise zu besetzen. Bei der Ausführung von klimagerechten Maßnahmen ist zu beachten, dass umweltverträgliche Materialien verwendet werden. Fördermöglichkeiten sind für geplante Maßnahmen zu prüfen und eine Kosten-Nutzenrechnung/Wirtschaftlichkeitsanalyse über den gesamten Lebenszyklus (LCC) ist notwendig.

Wettbewerbe und frühe Planungsphasen

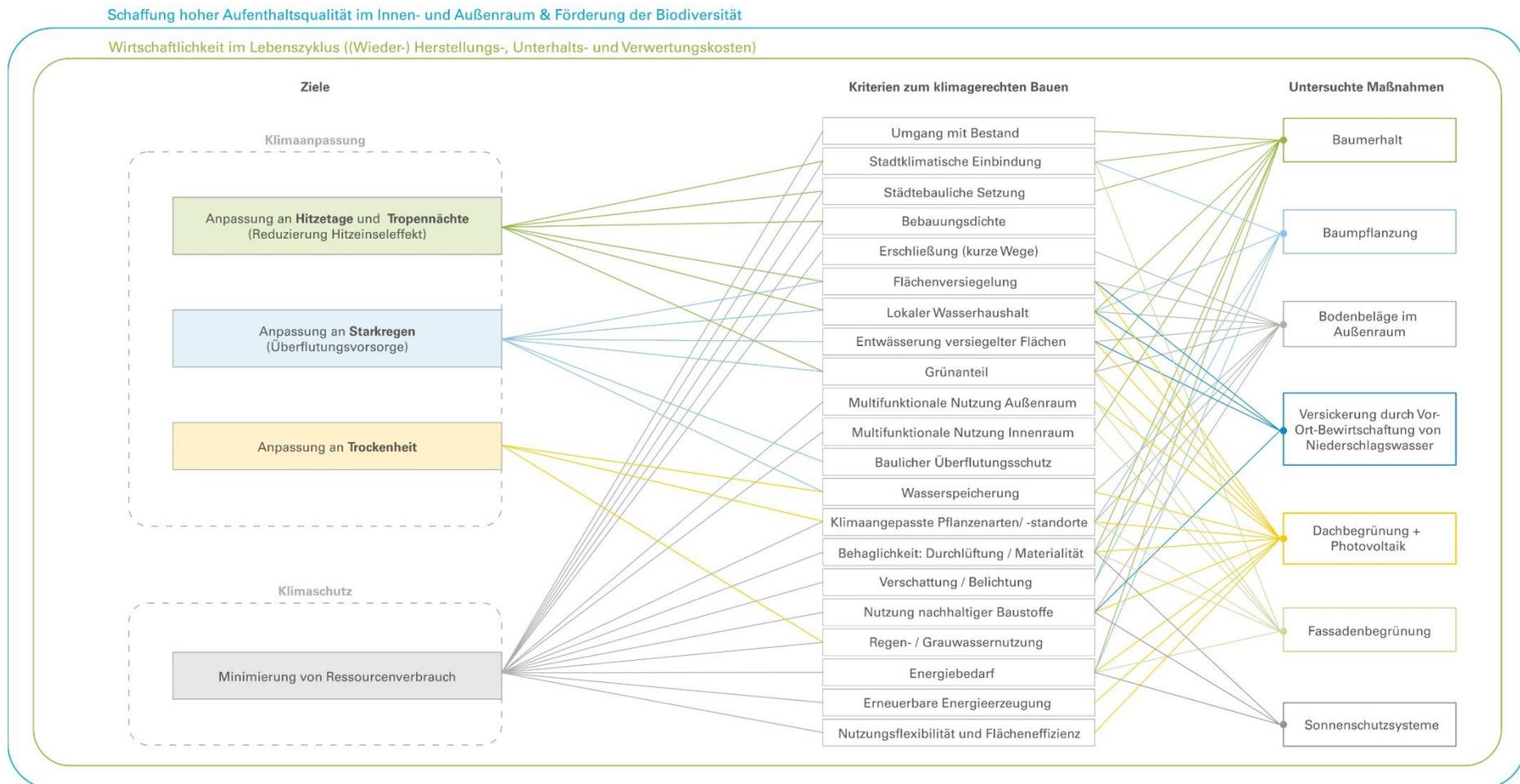


Abbildung 9: Ziele, Kriterien und untersuchte Maßnahmen zum klimagerechten Bauen. Hinweis: Die Kriterien in Abbildung 9 konzentrieren sich vor allem auf Hitzetagen Tropennächte, Trockenheit sowie Starkregen. Sie gelten neben der Planung von Gebäuden auch für den Außenraum. Die Kriterien werden ebenfalls in dem Kreisdiagramm (Abbildung 6, Seite 14) dargestellt.

3 Methodik zur Erstellung der Kosten-Nutzen-Analyse

3.1 Grundüberlegungen zum Vorgehen der Kosten-Nutzen Abwägung

Konventionelle Projektkalkulationen führen dazu, dass sie einen kurzfristigen Horizont aufzeigen und langfristige Aspekte nicht abbilden, wie beispielsweise die Reduzierung von abflusswirksamen Flächen zur Vorsorge von Überflutungen. Deshalb besteht die zentrale Herausforderung bei der Integration von klimagerechten Maßnahmen in die gängige Baupraxis darin, Projekte von Anfang an mit einer langfristigen Perspektive zu planen, um sowohl Kosteneinsparungen als auch die meist anfänglich höheren Investitionen zu berücksichtigen. Hierfür eignet sich die Methode der Lebenszykluskostenbewertung (LCC) und des Whole Life Costing (WLC) (Erläuterung siehe Kapitel 3.4).

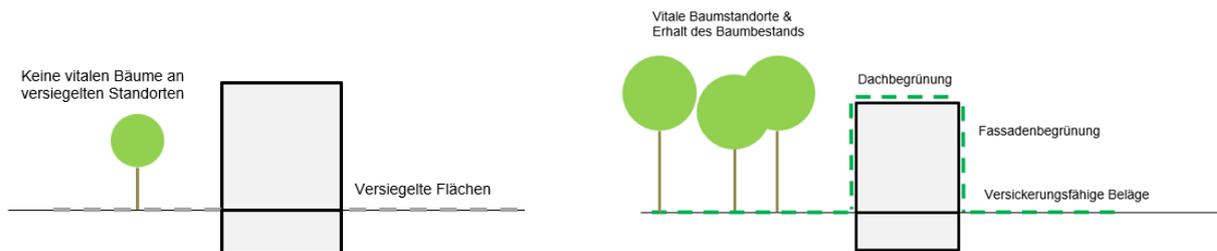


Abbildung 10: Beispiel von konventioneller vs. klimagerechter Bauweise

Zudem sind für eine ganzheitliche Beurteilung die resultierenden Nutzenpotenziale einzubeziehen. Diese gehen über rein monetäre Aspekte hinaus und umfassen nicht- oder schwer-monetarisierbare Nutzen, wie beispielsweise die Steigerung der Behaglichkeit im Innen- und Außenraum oder der Biodiversität.

Durch die Kombination aus Kosten- und Nutzenanalyse können Entscheidungsträger:innen abwägen, ob und welche klimagerechte Maßnahmen langfristig wirtschaftlich, ökologisch und gesellschaftlich sinnvoll ist.

3.2 Betrachtungszeiträume und Szenarienbildung

Kernthema des Forschungsvorhabens ist die Klimaanpassung. Um festzustellen, welche Maßnahmen der grau-grün-blauen Klimaanpassung im kommunalen Wohnungsbau in Zeiten eines sich verändernden Klimas einen positiven Kosten-Nutzen-Effekt aufweisen, wurden ausgewählte Siegerentwürfe aus den Modellprojekten in Szenarien auf Grundlage des heutigen und zukünftigen Klimas näher untersucht. Für die Klimaszenarienbildung werden üblicherweise Emissionsszenarien (sog. Representative Concentration Pathways (RCPs), vgl. IPCC (2014)) genutzt. Die derzeit weltweit verfolgte Klimaschutzpolitik wird laut Climate Action Tracker (2023) voraussichtlich zu einer Erderwärmung zwischen 2,5 und 2,9°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau führen. Dies entspricht dem RCP 4.5 Szenario des Weltklimarates (IPCC), welches entsprechend für die weitere Szenarienentwicklung genutzt wurde.

Das gegenwärtige Klima wird im folgenden Bericht als „2020“ bezeichnet. Dies steht repräsentativ für das historische Klima der nahen Vergangenheit (z. B. 1991 – 2020). Für das zukünftige Klima wurde der Betrachtungszeitpunkt auf das Jahr „2070“ und ein Zeitraum von ± 15 Jahren festgelegt,

da dies die sinnvollste Überschneidung der Betrachtungshorizonte der Arbeitspakete darstellt (vgl. Abbildung 11).

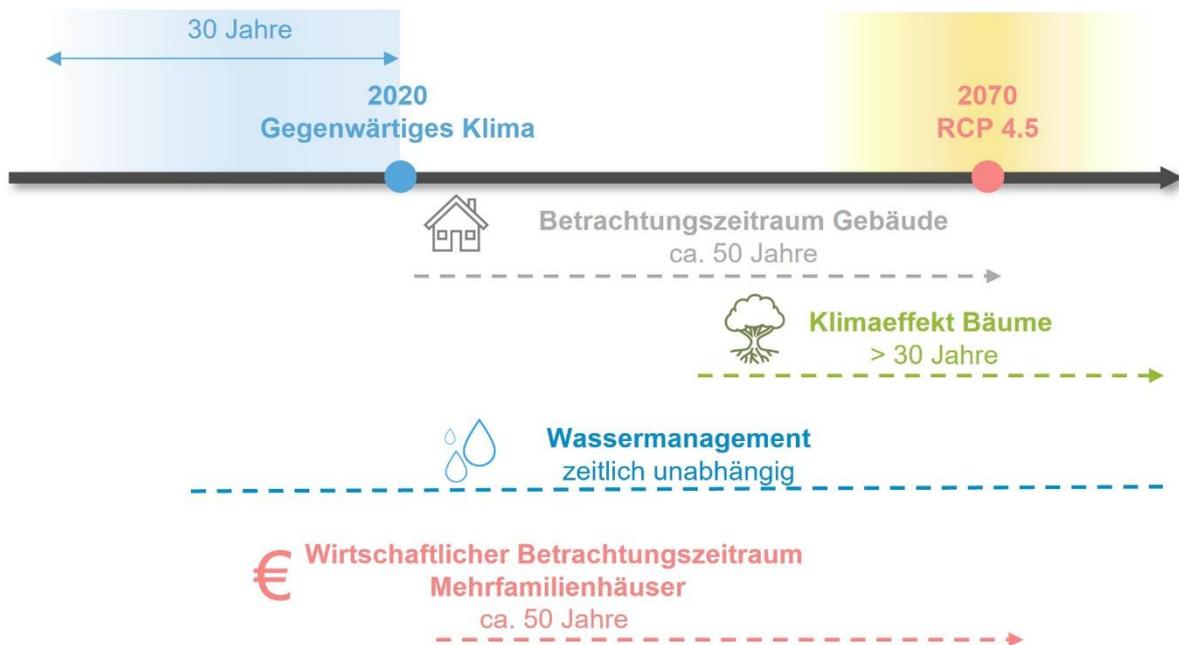


Abbildung 11: Betrachtungszeiträume für Szenarienbildung

Die in den folgenden Kapiteln erläuterte Kosten-Nutzen-Berechnung bezieht sich auf diese beiden Zeitpunkte bzw. die Zeitspanne dazwischen. Hierbei werden die klimatischen Effekte und daraus resultierende Kosten- bzw. Nutzeneffekte ausgehend vom Emissionsszenario RCP 4.5 modelliert.

3.3 Quantitative Nutzenermittlung

Vom Forschungsteam wurden verschiedene Maßnahmen untersucht (vgl. Abschnitt 4), die zur Klimaanpassung und -schutz in einem Quartier oder Gebäude beitragen. Für jede Maßnahme wurde der entsprechende Nutzen ermittelt, der sich auf die grau-grün-blaue Infrastruktur bezieht. Der jeweilige Nutzen beschreibt oft den ökologischen und gesellschaftlichen Mehrwert einer Maßnahme und muss sich somit nicht zwingend auf den Nutzen aus Sicht des Projektträgers beschränken. Regelmäßig sind die Nutzenpotenziale nicht oder nur schwer monetarisierbare Aspekte – selbst ein einfacherer Ansatz der Quantifizierung ausgehend von bspw. Punktevergaben bedingt große Herausforderungen bei der Objektivierung. Beispielsweise führen Baumpflanzungen zu einer Erhöhung des Grünvolumens und der Verdunstungskühlung im Außenraum. Hierdurch wird für die Nutzer:innen ein angenehmeres Wohnklima geschaffen, aber auch aus Sicht der Kommune/Gesellschaft insgesamt sind positive Auswirkungen in Form von verminderten Gesundheitskosten (Erläuterung siehe 3.4.4) zu erwarten. Aus der Perspektive der Bauherr:in können sich hingegen positive Effekte auf Vermarktbarkeit der Wohneinheit einstellen.

Der jeweilige Nutzen wurde quantitativ über Berechnungen oder Simulationen anhand der Modellprojekte ermittelt. Abbildung 12 zeigt die untersuchten Maßnahmen und den daraus abgeleiteten Nutzen. Die Quantifizierung des jeweiligen Nutzens geschieht über die Vergabe von Punktzahlen auf einer Skala von 1 bis 10 (1 = niedriger Nutzen, 10 = sehr hoher Nutzen). Darüber hinaus konnte für einzelne Effekte auch eine Monetarisierung erfolgen. Diese sind entsprechend

gekennzeichnet. In der Kosten-Nutzen Bewertung werden die Nutzenpunkte in der LCC und der WLC analog vergeben, da die Nutzenperspektive gesamtheitlich betrachtet wird.

Der so ermittelte quantitative Nutzen bezieht sich im vorliegenden Forschungsprojekt insbesondere auf die Naturgefahren Hitze und Starkregen. Diese Klimarisiken sind für die Klimaanpassung besonders relevant, da sie kontinuierlich zunehmen und weite Teile Bayerns betreffen. Für die Eingrenzung auf diese zwei Aspekte spricht darüber hinaus, dass Maßnahmen zur Anpassung von Gebäuden und Außenräumen an Hitze und Starkregen sich relativ leicht in die Planung integrieren lassen und oftmals nur ein "Upgrade" ohnehin bestehender Maßnahmen darstellen.

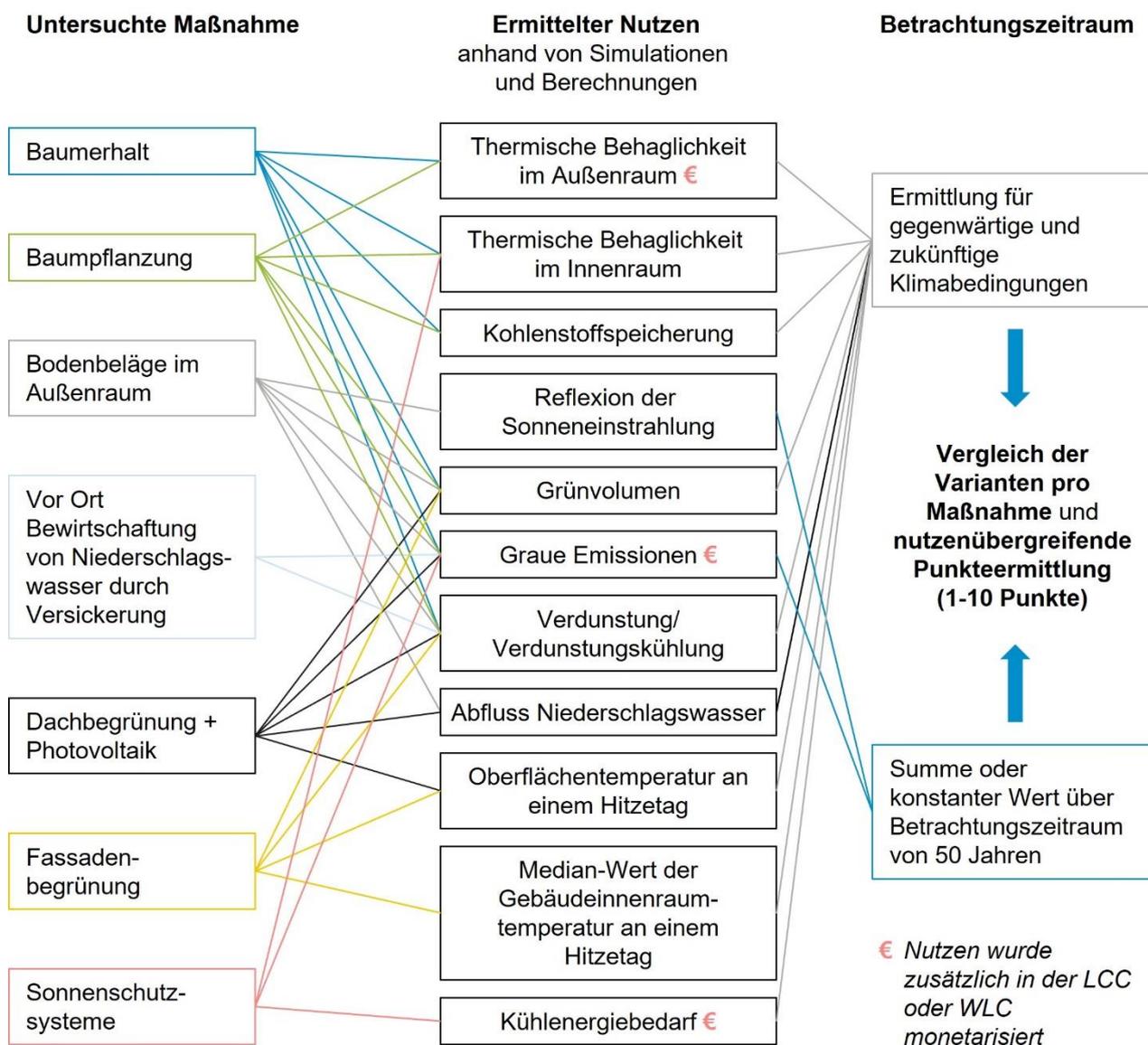


Abbildung 12: Überblick der ermittelten quantitativen Nutzenfaktoren für die betrachteten Maßnahmen

Im Folgenden werden die untersuchten Nutzeneffekte und das Vorgehen ihrer Bewertung jeweils näher erläutert.

3.3.1 Thermische Behaglichkeit im Außenraum [°C PET]

Um Aussagen für den Außenraum ableiten zu können, ist eine quantitative Untersuchung des Mikroklimas notwendig. Als Maß für den menschlichen thermischen Komfort oder die gefühlte Temperatur im Außenraum wurde mit der Software ENVI-met (Simon; Bruse und Fleer 1998) die physiologische äquivalente Temperatur (PET) ermittelt. Diese lässt Aussagen zum Temperaturempfinden einer Referenzperson an einem Hitzetag ($T_{max} > 30\text{ °C}$) zu. Wesentliche Einflussfaktoren sind Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung sowie der Reflexionsgrad von Oberflächen (Matzarakis et al. 1999). Liegt die PET über 35 °C , ist die Wärmebelastung für den Menschen als stark zu bewerten.

Je höher der Wert, desto weniger Punkte wurden vergeben.

Wir haben die PET im Außenraum für alle Schwerpunktprojekte ermittelt. Quelle für die verwendeten Klimadaten war die Klimadatenbank Meteororm. Er wurde ein Referenzszenario betrachtet, für das Klimadaten aus 2015 verwendet wurden. Verglichen werden die Ergebnisse mit einem Zukunftsszenario, für das Klimadaten für 2070 verwendet wurden. Die Windrichtung an einem Hitzetag wurde über die vorherrschende Windrichtung an Tagen mit einem Temperaturmaximum von mindestens 30 °C zwischen 1991 und 2020 auf Basis von Daten des Deutschen Wetterdienstes (2022) ermittelt.

Folgende wesentliche Parameter wurden für die Modellerstellung festgelegt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Randbedingungen für die Berechnung der thermischen Behaglichkeit im Außenraum, beispielhaft für das Modellprojekt Freising

	Modellauflösung	Windgeschwindigkeit 10 m über Grund	Max / Min Temperatur	Windrichtung	Wolkenbedeckung	Temperatur Boden
Szenario 2020	2 x 2 m	2 m / s	14,0 ° C / 32,8 ° C *	Meist aus Osten	frei	20 ° C / 19 ° C / 18 ° C
Szenario 2070	2 x 2 m	2 m / s	18,6 ° C / 35,3 ° C *	Meist aus Osten	frei	20 ° C / 19 ° C / 18 ° C

Die thermische Belastung der Schwerpunktprojekte wurde monetär über die Gesundheitskosten bewertet (Kapitel 3.4.4, vgl. Abbildung 12, Seite 32).

3.3.2 Thermische Behaglichkeit im Innenraum [-]

Die thermische Behaglichkeit im Innenraum wurde mit der Größe PMV (Predicted Mean Vote) beschrieben. Dieser Wert gibt auf einer Skala von -3 (sehr kalt) bis +3 (sehr heiß) das thermische Empfinden einer Person wieder. Dabei fließen neben Faktoren wie Oberflächen- und Lufttemperatur, Luftfeuchte und -geschwindigkeit auch der Aktivitätsgrad und die Art der Bekleidung in die Berechnung ein. Die größte Zufriedenheit mit der Umgebung ist bei einem PMV von Null gegeben. Dieser Wert wurde mittels Simulationsrechnungen in der Software Rhino Grasshopper für die Sommermonate von Mai bis September ermittelt. Maßnahmen wie die Verschattung von Gebäuden oder die Durchlüftung von Wohnungen können die thermische Belastung im Innenraum erhöhen.

Der Wert erhielt eine umso höhere Punktzahl, je näher er an Null liegt.

3.3.3 Kohlenstoffspeicherung [kg]

Die Speicherung von Kohlenstoff wurde anhand von Rötzer (2023; 2019) abhängig von Alter und Baumstandort beispielhaft für die Winterlinde (*Tilia cordata*) ermittelt. Je höher der Grünanteil einer Maßnahme oder eines Quartiers ist, desto mehr Kohlenstoff wird gespeichert.

Je höher der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

3.3.4 Reflexion der Sonneneinstrahlung [-]

Der Wert für das Rückstrahlvermögen von Materialien (sog. Albedo) wurde anhand einer Literaturrecherche ermittelt (u.a. Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) 2023). Daraus wurden Werte für die Helligkeit von Materialien abgeleitet, die den Anteil einfallender Solarstrahlung angeben, der reflektiert wird und damit eine Aufheizung der Oberfläche vermindert.

Je höher der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

3.3.5 Grünvolumen [m³/m²]

Das Grünvolumen für Bäume wurde anhand von Rötzer (2023; 2019) abhängig von Alter und Baumstandort beispielhaft für die Winterlinde (*Tilia cordata*) ermittelt. Für Oberflächen, Dächer und Fassaden wurden Literaturwerte angenommen.

Je höher der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

3.3.6 Graue Emissionen [kg CO₂-Äquiv.]

Die Lebenszyklusanalyse (LCA), auch als Ökobilanz bezeichnet, zielt darauf ab, Umweltauswirkungen wie Treibhausgasemissionen (THG) über die gesamte Nutzungsdauer eines Produktes – hier eines Gebäudes – zu bewerten. Die Beurteilung der Auswirkung auf das Klima geschieht mit dem Indikator Global Warming Potential (GWP). Dieser Wert gibt das Treibhauspotenzial an, also wie viele Tonnen CO₂-Äquivalente durch einen Prozess oder ein Produkt in die Atmosphäre gelangen.

Je niedriger das Treibhauspotenzial, umso mehr Punkte wurden vergeben. Die Ergebnisse wurden zudem im Rahmen der WLC berücksichtigt. Über einen Kostenansatz wurden die Emissionen in Tonnen CO₂ umgerechnet auf Umweltkosten, die von der Gesellschaft zu tragen sind (siehe Kapitel 3.4.4).

Es wurden Ökobilanzen für die aus den untersuchten Schwerpunktprojekten hervorgegangenen Siegerentwürfe erstellt. Dabei wurden sowohl Gebäude betrachtet, als auch Maßnahmen, die den Freiraum und die Entwässerung betreffen.

Die Durchführung der LCA erfolgte gemäß DIN EN ISO 14044:2021-02 mit der Software eLCA. Die hierbei zugrundeliegende Datenbank OEKOBAUDAT 2020-II enthält spezifische Datensätze für Bauprodukte. Grundlage für die Betrachtung ist eine Ermittlung der für die LCA relevanten Massen, die anhand der Präsentationspläne der Siegerentwürfe durchgeführt wurde.

Methodik zur Erstellung der Kosten-Nutzen-Analyse

Da noch keine konkreten Planungen vorlagen, wurde das vereinfachte Rechenverfahren für die Erstellung des Gebäudemodells angewendet. Die Massenermittlung beinhaltet damit gemäß „Kriterienkatalog Ökobilanz des Gebäudes“ der DGNB (2018a) die Bauteile Gründung, Außenwand, Innenwand, Decke und Dach. Die technische Gebäudeausrüstung wurde gemäß DGNB (2018b) mit einem Faktor von 1,2 berücksichtigt.

Die Ökobilanzierung umfasst die Phasen Herstellung, Nutzung und Entsorgung sowie eine Betrachtung des Recyclingpotenzials. Der Betrachtungszeitraum beträgt 50 Jahre. Es fand keine Betrachtung von Emissionen aus dem Gebäudebetrieb statt. Abbildung 13 zeigt die in der Bilanzierung betrachteten Lebenszyklusphasen.

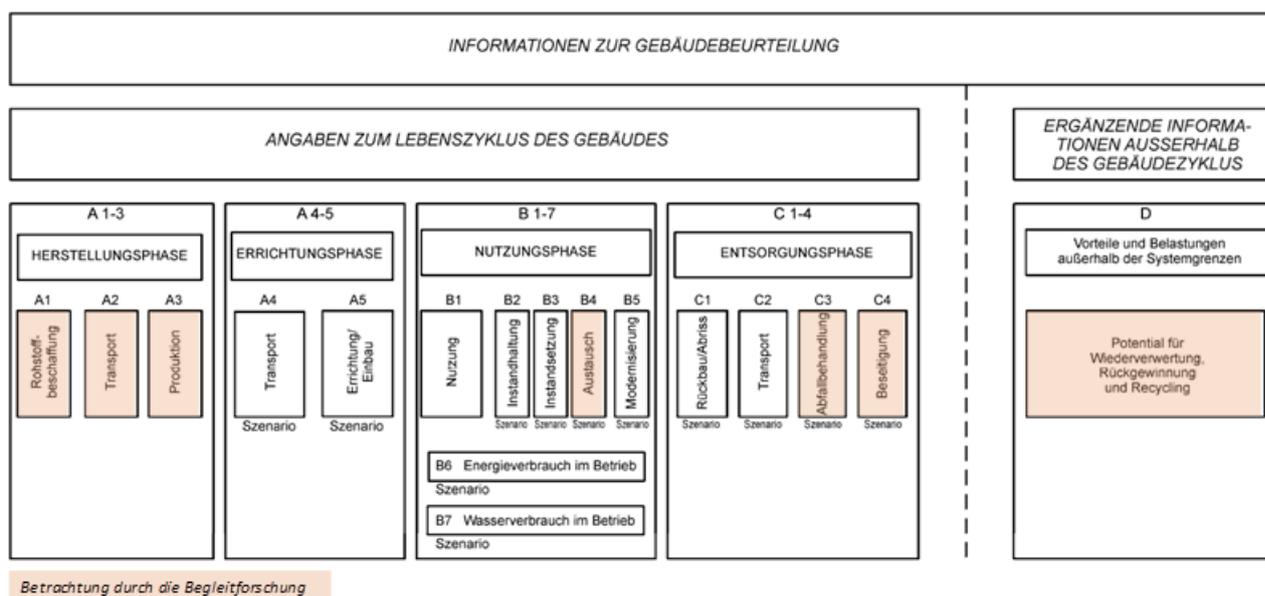


Abbildung 13: Modellerstellung LCA: betrachtete Phasen basierend auf DIN EN 15978-1:2021-09

3.3.7 Verdunstung [%] und Verdunstungskühlung [kWh]

Eine jährliche Wasserbilanz nach DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 ergab die Verdunstung anteilig vom Jahresniederschlag in Prozent für die Maßnahmen Bodenbeläge und Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung. Je höher der Verdunstungsanteil, desto mehr Nutzenpunkte wurden vergeben.

Auf der Basis einer tagesbezogenen Wasserbilanzierung wurde die Verdunstungskühlung in kWh im Sommer für die Maßnahmen Baumerhalt, Baumpflanzung, Dachbegrünung und Fassadenbegrünung ermittelt.

Je höher der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

Die Wasserverfügbarkeit wurde mittels einer täglichen Wasserbilanz basierend auf DeGaetano (2000) mit der Programmiersprache R (R-4.3.1 for Windows 2023) ermittelt:

$$W[t] = W[t - 1] - WL[t] + R_e[t]$$

mit

t : Tag der Zeitreihe

$W[t]$: Täglich verfügbares Wasser

$WL [t]$: Täglicher Wasserverlust

$R_e [t]$: Täglicher effektiver Niederschlag

Eine Grundannahme ist, dass der Zulauf von Wasser nur durch Niederschlagswasser und Bewässerung möglich ist. Es wurde keine horizontale Bewegung von Wasser in den Wurzelraum betrachtet und es wurde angenommen, dass die Wurzeln vollständig im betrachteten Wurzelraum eingeschlossen sind.

Der tägliche Wasserverlust $WL [t]$, der die tatsächliche Verdunstung abbildet, hängt von den folgenden Parametern ab (vgl. Rötzer et al. 2019):

$$WL[t] = ET_p[t] * f_{red} * f_p[t]$$

mit

$ET_p[t]$: Potenzielle Verdunstung berechnet mittels der Penman-Monteith-Formel (vgl. Allen et al. 1998)

f_{red} : Reduktionsfaktor abhängig vom Bodenwassergehalt, der potenziellen Verdunstung und dem effektiven Niederschlag

$f_p [t]$: Pflanzenspezifischer Faktor, abhängig von der Jahreszeit und dem Blattflächenindex

Der effektive Niederschlag $R_e [t]$ ist abhängig vom Blattflächenindex (LAI), der artspezifischen Interzeptionskapazität sowie vom Niederschlag (vgl. Rötzer et al. 2019). Mit $WL[t]$ wurde die Verdunstungskühlung $E_T [t]$ in kWh basierend auf Rötzer et al. (2019) berechnet:

$$E_T [t] = WL[t] * (L_0 - 0.00242 * T_m) / f_{con}$$

mit

L_0 : Energiebedarf für die Umwandlung von Wasser von Flüssigkeit zu Gas

f_{con} : Umrechnungsfaktor (= 3.6 MJ/kWh)

$T_m [t]$: Durchschnittliche tägliche Lufttemperatur °C

Die verwendeten Klimadaten zur Berechnung von Verdunstung und Verdunstungskühlung stammten für das Szenario „2020“ aus German Weather Service (2022) und für „2070“ aus Leduc et al. (2019) bzw. Ludwig-Maximilians-Universität (2018).

3.3.8 Abfluss Niederschlagswasser [%]

Eine jährliche Wasserbilanz nach DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 ergab den Abfluss anteilig vom Jahresniederschlag in Prozent für die Maßnahmen Dachbegrünung und Bodenbeläge im Außenraum. Die Klimadatengrundlage ist analog zu Kapitel 3.3.7.

Je höher der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

3.3.9 Oberflächentemperatur an einem Hitzetag [°C]

Die Oberflächentemperatur einer Fassade an einem Hitzetag ($T_{max} > 30^\circ\text{C}$) wurde durch eine mikroklimatische Simulation mit der Software Tool ENVI-met berechnet. Der Wert wird genutzt um bspw. die Auswirkung einer Fassadenbegrünung zu ermitteln (Matzarakis et al. 1999).

Je niedriger der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben.

3.3.10 Median-Wert der Gebäudeinnentemperatur an einem Hitzetag [°C]

Die quantitative Untersuchung der Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Innenraum erfolgte mithilfe von Simulationen (Simulationsdauer: 36 Stunden) unter Verwendung des Tools ENVI-met. Hierbei wurde gezielt ein Hitzetag als Testfall gewählt, um die potenziellen thermischen Effekte unter extremen klimatischen Bedingungen zu erfassen.

Die zu analysierende Zielgröße ist der Median der Gebäudeinnentemperatur während dieses Hitzeereignisses, ausgedrückt in Grad Celsius. Die Punktevergabe erfolgt entsprechend invers: Ein niedrigerer Medianwert wird als Indikator für eine effektivere thermische Regulation durch die Fassadenbegrünung betrachtet und resultiert in einer höheren Punktzahl.

Diese methodische Herangehensweise ermöglicht eine präzise quantitative Beurteilung der spezifischen thermischen Einflüsse der Fassadenbegrünung an einem Tag mit signifikant erhöhten Außentemperaturen. Infolgedessen berücksichtigt sie den maßgeblichen Beitrag der begrüneten Fassade zur Optimierung des Raumklimas und trägt zur umfassenden Bewertung der nachhaltigen Effekte dieser Maßnahme bei.

3.3.11 Kühlenergiebedarf [kWh/a]

Der Strombedarf für die Kühlung der Gebäude wurde mittels Simulationsrechnungen in der Software Rhino Grasshopper für das gesamte Jahr für die Maßnahme Fassadenbegrünung ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass eine Kühlung der Innenräume ab einer Raumtemperatur von 26°C stattfindet. Maßnahmen wie die Verschattung von Gebäuden oder die Durchlüftung von Wohnungen können den Kühlenergiebedarf senken.

Je niedriger der Wert, desto mehr Punkte wurden vergeben. Die Ergebnisse wurden zudem im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Über eine Annahme zum Strompreis und der nötigen elektrischen Anschlussleistung wurden Kosten ermittelt.

3.4 Kostenermittlung

Bei der Bewertung von klimagerechten Maßnahmen ist es entscheidend, nicht nur die Herstellungskosten zu betrachten, sondern auch die langfristigen Folgekosten, die beispielsweise durch Wartung, Betrieb und eventuelle Sanierungen entstehen. Als Betrachtungszeitraum wurden 50 Jahre angenommen. Aufgrund des unterschiedlichen zeitlichen Anfalls der Zahlungen ist es notwendig, alle Kosten auf einen einheitlichen Bezugszeitpunkt zu beziehen. Hierfür werden die zukünftigen Auszahlungen unter Beachtung prognostizierter Preisentwicklungen abgezinst bzw. diskontiert und einen Nettobarwert (NBW) berechnet.

Barwertbetrachtung

Der sogenannte Nettobarwert (NBW) gibt den gegenwärtigen Wert aller zukünftigen Zahlungsströme an und spiegelt letztlich die Wirtschaftlichkeit einer Investition wider. Er dient als Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung dieser Maßnahme. Ein niedriger NBW – sprich in barwerter Form möglichst geringe Kosten - deutet dabei auf eine günstigere Investition hin, wenn man den Zeitwert des Geldes berücksichtigt.

Aus diesem Grund wurden in der entsprechenden Abbildung (beispielhaft in Abbildung 14 dargestellt) je klimagerechte Maßnahme und deren Varianten nicht nur in einer Tabelle die Bruttokosten für das Jahr 2023 aufgeführt, sondern auch deren finanzielle Unterschiede durch eine LCC-Graphik verdeutlicht. Diese grafische Darstellung hilft Entscheidungsträger:innen, die langfristigen finanziellen Implikationen jeder Maßnahme besser zu verstehen und somit fundierte Entscheidungen zu treffen.

Die LCC-Graphik in Abbildung 14 zeigt eine ganzheitliche Sicht auf die Kostenstrukturen von beispielsweise einer konventionellen Bauweise (Variante 1) gegenüber einer klimagerechten Maßnahme (Variante 2). Die hellere gelbe bzw. graue Farbschattierung repräsentiert den jeweiligen NBW zum heutigen Stichtag der Entscheidung. Bei gleichen Nutzenfaktoren (*ceteris paribus*) für beide Varianten, würde die Wahl aufgrund eines niedrigeren NBW auf Variante 2 fallen.

Diskontierungszinssatz

In der Graphik wird deutlich, dass ein Diskontierungszinssatz in Höhe von 3,0 % für die Abzinsung zukünftiger Zahlungsströme verwendet wurde. Der festgelegte Zinssatz hat signifikanten Einfluss darauf, wie die zukünftigen Kosten im Vergleich zu den heutigen Investitionen bewertet werden.

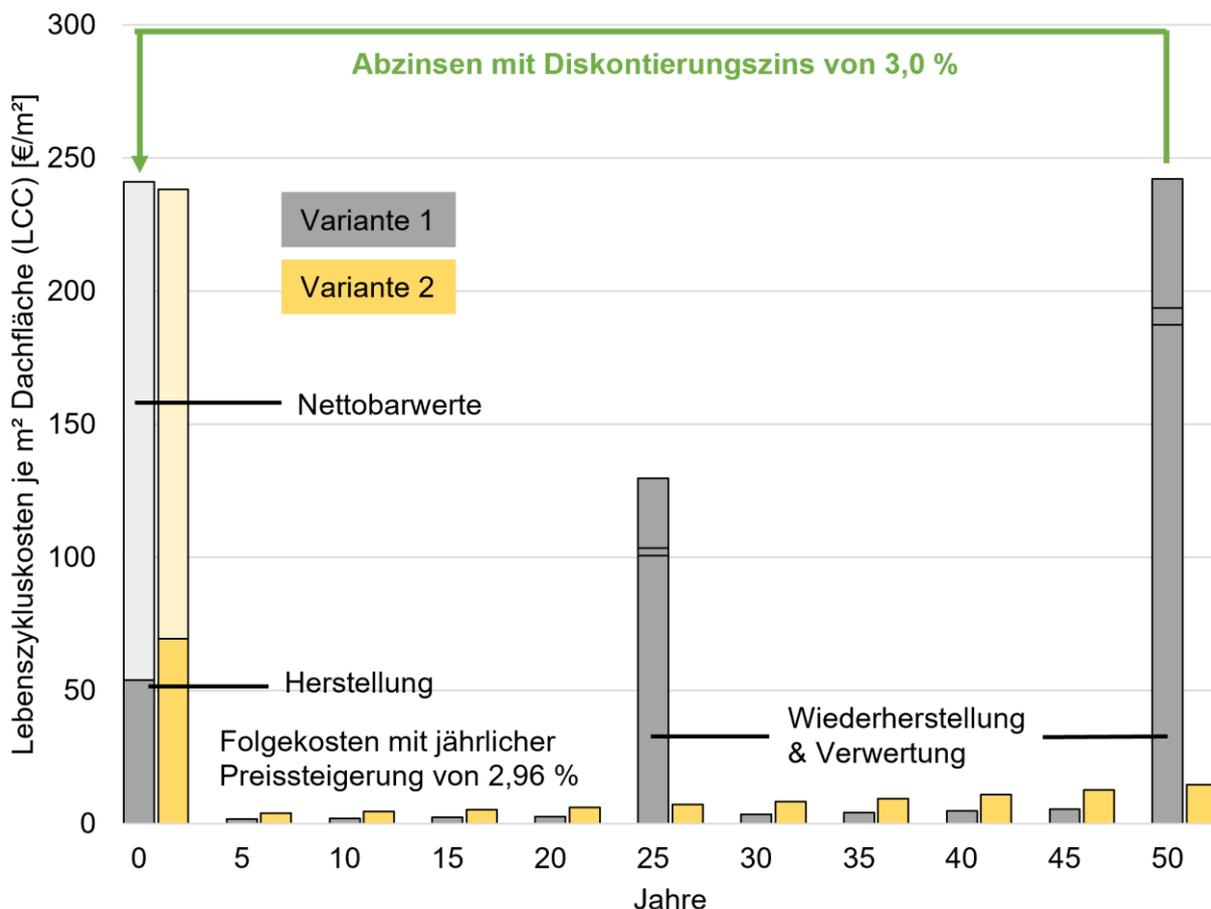


Abbildung 14: LCC-Vergleich zweier Varianten einer Klimaanpassungsmaßnahme, Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Diskontierungszinssatz 3,0 %

3.4.1 Life Cycle Costs (LCC)

Unterschiedlichen Ausführungen von Maßnahmen zur Klimaanpassung wurden anhand ihrer Lebenszykluskosten verglichen. Der Fokus lag deshalb auf der dynamischen Investitionsrechnung in Form einer Lebenszykluskostenrechnung. Dadurch wurde eine umfangreiche wirtschaftliche Ermittlung der anfallenden Kosten für die unterschiedlichen Investitionsoptionen und somit die ökonomische Bewertung der Klimaanpassungsmaßnahmen ermöglicht.

Life Cycle Costing (LCC) bezeichnet die Gestaltung von objektbezogenen Maßnahmen über den Lebenszyklus dieser Objekte – hier also Gebäude - hinweg mit dem Ziel der wirtschaftlichen Optimierung. Dabei wurden sämtliche im Lebenszyklus des Gebäudes entstehenden Kosten betrachtet. Die in der ISO 15686-5:2017 definierte Methode stellt einen rein ökonomischer Ansatz für Investitionsplanungen dar. Generelles Ziel der LCC ist ein „sinnvoller und bewusster Umgang mit wirtschaftlichen Ressourcen“ (DGNB 2018c). Auf die konkrete Immobilie bezogen bedeutet dies, dass eine LCC mit dem Ziel erstellt wird, verlässliche Aussagen für den Zahlungsstrom (sog. Cashflow) der Immobilie zu generieren oder um verschiedene Optionen der Ausgestaltung des Bauprojekts bewerten und gegeneinander abwägen zu können. Die Auswertung der Optionen

sollte sicherstellen, dass das beste monetäre Kosten-Nutzenverhältnis erreicht werden kann (Bourke et al. 2016).

Im Kontext der Modellprojekte ist die Lebenszykluskostenbetrachtung wichtig, um Mehrkosten, die durch die Anpassungsmaßnahmen entstehen, abbilden zu können und diese im Rahmen von alternativen Handlungsszenarien gegenüber stellen zu können. Ziel war die Untersuchung, ob und an welcher Stelle Kosten im laufenden Betrieb während des Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren reduziert werden können und ob diese Kostenreduktion den zusätzlichen Aufwand bei den betroffenen Bauteilen/Maßnahmen in der Errichtung rechtfertigt. Eine besondere Betrachtung galt dabei den veränderten klimatischen Rahmenbedingungen und daraus resultierenden erhöhten Aufwendungen für beispielsweise Heiz- sowie Kühlenergiebedarf der Gebäude. Insbesondere bei konventionellen Objekten ohne Integration weiterer Klimaanpassungsmaßnahmen zeigte sich dabei, dass die Folgekosten des „Unterlassens“ in der Nutzungsphase sehr hoch sein können – und im Umkehrschluss bei einer barwerten Betrachtung die höheren Errichtungskosten sich durchaus „lohnen“ können. Der Fokus der Lebenszykluskostenbetrachtung lag in der Begleitforschung daher auf der Gegenüberstellung von Szenarien des klimagerechten Bauens sowie den damit verbundenen Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten. Den Kosten wurden keine Erträge gegengerechnet. Die Kosten-Nutzenabwägung erfolgte vielmehr durch das Scoring der Maßnahmen und die Gegenüberstellung mit den Kosten (vgl. Abschnitt 3.1).

Die Kosten aus Errichtung, Betrieb etc. während des Lebenszyklus I wurden mittels eines Diskontierungszinssatzes i auf den Zeitpunkt der Errichtung $t=0$ abgezinst. Der so entstehende Net Present Value (NPV) wurde verglichen und so die aus Sicht der Kostenoptimierung über den gesamten Lebenszyklus hinweg beste Alternative/Option identifiziert (ICMS Coalition 2021). Der NPV war also die Summe aller auf den Zeitpunkt $t = 0$ diskontierten Kosten.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{I}{(1+i)^t}$$

3.4.2 Whole Life Costs (WLC)

Die ISO 15686-5:2017 „Hochbau und Bauwerke – Planung der Lebensdauer“ unterscheidet bei der Lebenszykluskostenrechnungen zwischen Lebenszykluskosten im weiteren Sinn, sog. Whole Life Cost (WLC) und Lebenszykluskosten im engeren Sinn, sog. Life Cycle Cost (LCC) (Bayerische Architektenkammer o.J.). In beiden Fällen werden jene Kosten, die über den festgelegten Betrachtungszeitraums entstehen, betrachtet.

Die LCC ergeben sich - wie oben beschrieben - aus den Herstellungskosten, Folgekosten sowie Verwertungskosten. Sie stellen die klassische Berechnungsweise der Lebenszykluskosten in der Immobilienbranche dar. Die LCC-Betrachtung wird hierbei als rein betriebswirtschaftlich gekennzeichnet. Somit finden nur direkt bei(m) Bauherr:in anfallende Kosten Berücksichtigung. Ergebnisse werden in finanziellen (monetären) Einheiten ausgedrückt. Die WLC hingegen können zudem folgende Komponenten inkludieren und geht damit über den üblichen Betrachtungsumfang hinaus:

- Kosten für Umweltbelastungen

- Umwelteinflüsse
- Belastungen der Allgemeinheit durch CO₂-Emissionen ohne Bepreisung beim Projektträger
- weitere soziale Kosten wie bspw. höhere Gesundheitskosten

Die erweiterte LCC-Methode ermöglicht zum einen die Betrachtung des Assets im Unternehmenskontext sowie darüber hinaus insbesondere eine volkswirtschaftliche Sichtweise. Die bei einer Erweiterung der Betrachtung über die direkt beim Eigentümer anfallenden Kosten resultieren durch die Benutzung eines Objektes und werden typischerweise von der Allgemeinheit getragen, da es meist nicht gelingt diese Kosten dem Verursacher zuzuordnen. Überwiegend werden unter dem Begriff externe Kosten (soziale und/oder ökologische Kosten) erfasst, wie beispielsweise Umweltkosten oder Gesundheitskosten. Dabei ist zu beachten, dass diese Kosten die Umweltveränderungen nicht vollständig abdecken. Einige Autoren weisen dabei auf die Unvereinbarkeit von Werten in der Kosten-Nutzen-Analyse für Umweltgüter hin. Ein einziger monetärer Preis für Umweltgüter und -dienstleistungen wird zweifelsohne nicht alle verschiedenen Dimensionen der Umwelt berücksichtigen (O'Neill und Spash 2000). Diese sogenannten externalisierten oder externen Kosten werden – durch wirtschaftliches Handeln verursacht – von der Gesellschaft getragen. Der WLC-Ansatz wird in der ISO-Norm wie auch in der DIN EN 16627:2015-09 explizit als Erweiterung der LCC genannt, wobei sich die jeweils zu berücksichtigenden Kostenarten unterscheiden (Bundesanstalt für Straßenwesen 2021).

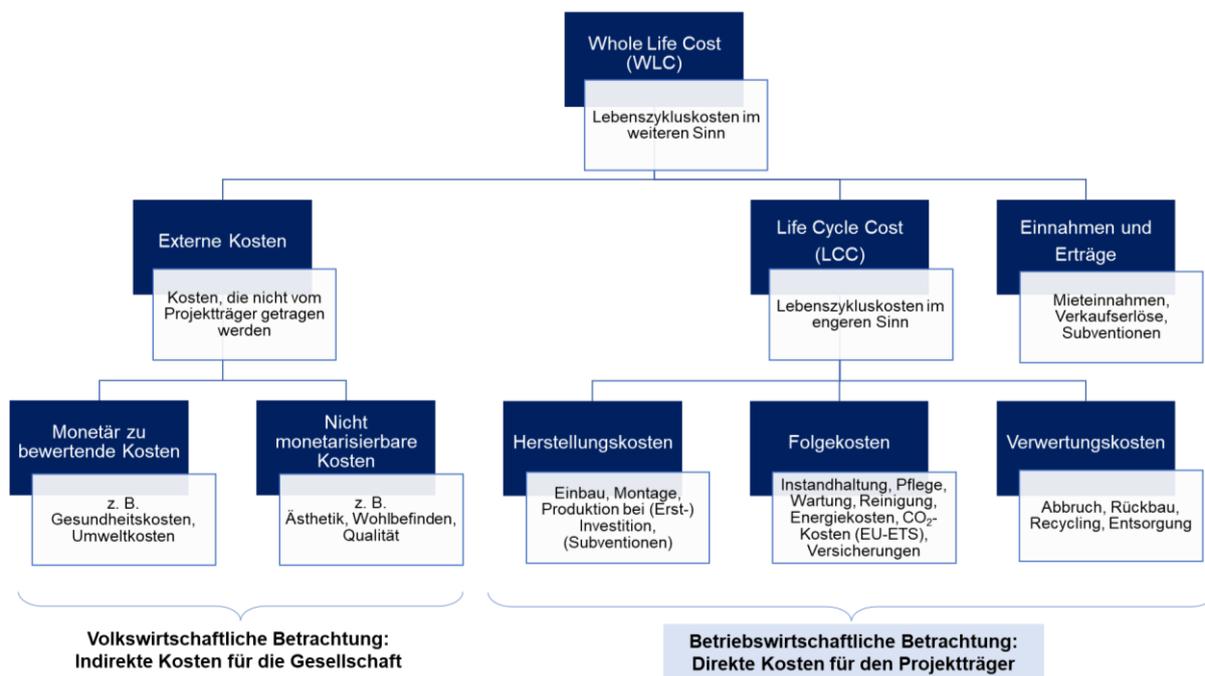


Abbildung 15: Abgrenzung Whole Life Cost und Life Cycle Cost

3.4.3 Inputparameter der LCC

Die Lebenszykluskosten teilten sich in die Untergruppen Herstellungs-, Nutzungs- und Verwertungsphase. Nicht betrachtet wurden sonstige Kosten, wie bspw. der Grundstückserwerb oder steuerliche Effekte. Damit standen nur die reinen Kosten der hier isoliert betrachteten Maßnahmenpakete/Alternativen Ausführungen von Gewerken im Zentrum der Betrachtung.

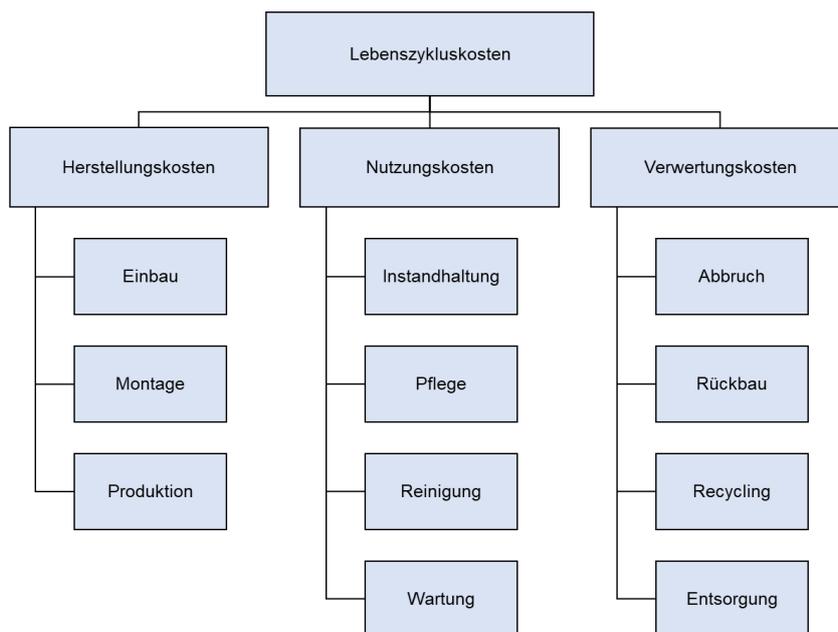


Abbildung 16: Unterteilung der Lebenszykluskosten

Betrachtungszeitraum

Ein üblicher Zeitrahmen für die Lebenszykluskostenbetrachtung liegt bei 50 Jahren. Dieser Zeitraum wurde gewählt, um im Modell verschiedene Folgenutzungen berücksichtigt zu können und dennoch die Prognoseunsicherheit in einem bewerteten Rahmen zu belassen. (Royal Institution of Chartered Surveyors 2016).

Herstellungskosten

Zu den Herstellungskosten gehören jene Kosten, die sich für den Einbau, die Montage und die Produktion bei der (Erst-)Investition ergeben. Sie steigen mit der jährlichen Preisentwicklung für Herstellungskosten und fallen erstmalig im Jahr 0 an. Je nach Nutzungsdauer der Maßnahme können weitere Herstellungskosten während des Betrachtungszeitraumes anfallen (DGNB 2018c).

Die detaillierte Ermittlung der Kostenwerte wurde auf Grundlage einer geeigneten Kostenstrukturierung durchgeführt. Die Vergleichbarkeit der Kostenkennzahlen setzt zwingend eine gleichartige Struktur und Zusammensetzung voraus. Hierfür wurde die Kostengliederung nach DIN 276:2018-12 herangezogen. Diese Norm unterteilt die anfallenden Kosten in bauteilbezogene Kostengruppen (KG), welche zudem nach 1. Ebene (Basiselemente), 2. Ebene (Grobelemente) und 3. Ebene (Funktionselemente) gegliedert werden.

Tabelle 2: Kostengliederung nach DIN 276:2018-12

KG	1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene
100	Grundstück	310 Baugrube, Erdbau	341 Trag. Innenwände
200	Vorbereitende Maßnahmen	320 Gründung, Unterbau	342 Nichttrag. Innenwände
300	Baukonstruktionen	330 Außenwände	343 Innenstützen

Methodik zur Erstellung der Kosten-Nutzen-Analyse

400	Technische Anlagen	340 Innenwände	344 Innenwandöffnungen
500	Außenanlagen & Freiflächen	350 Decken	345 Innenwandbekleidung
600	Ausstattung & Kunstwerke	360 Dächer	346 Element. Innenwandkonstr.
700	Baunebenkosten	370 Infrastrukturanlagen	347 Lichtschutz
800	Finanzierung	380 Baukonstr. Einbauten	349 Sonstiges
		390 Sonstige Maßnahmen	

Im Rahmen der Berechnung wurden die Kosten primär anhand der BKI-Positionen ermittelt (BKI 2022). Bei Bedarf folgte ein Abgleich bzw. eine Erweiterung mit dem Baupreislexikon sowie mit Angaben von Verbänden und ausführenden Firmen. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass die veranschlagten Preise auch dem aktuellen Marktgefüge (und den dort in den letzten Jahren aufgetretenen massiven Baukostensteigerungen) entsprachen. Ebenso wurde ein Abgleich der Kosten durch das jeweilige Planungsbüro des Projektträgers erbeten. Je nach Maßnahme wurden die Kosten zudem von dem jeweiligen zuständigen Arbeitspaket (AP, bspw. Erfahrungswerten zu Baupflanzungen durch Herrn Schelle) überprüft und letztlich vor der weiteren Verwendung verifiziert.

Folgekosten

Die Summe der jährlichen Kosten für Instandhaltung, Pflege, Reinigung und Wartung ergeben die Folgekosten (DGNB 2018c). Diese entwickeln sich mit dem jährlichen Preisanstieg für Nutzungskosten und fallen erstmalig im Jahr 0 oder ab dem 1. Jahr an. Nach der Definition der DIN 18960:2020-11 umfassen die Folgekosten alle Kosten von baulichen Anlagen von Beginn bis zum Ende der Nutzbarkeit. Insgesamt unterteilt die DIN 18960:2020-11 in vier übergeordnete Kostengruppen, die wiederum in drei Ebenen gegliedert werden.

Tabelle 3 Kostengliederung nach DIN 18960:2020-11

KG	1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene
100	Kapitalkosten	310 Versorgung	331 Unterhaltsreinigung
200	Objektmanagement	320 Entsorgung	332 Glasreinigung
300	Betriebskosten	330 Reinigung & Pflege Gebäude	333 Fassadenreinigung
400	Instandsetzungskosten	340 Reinigung & Pflege Außenanlagen	334 Reinigung Techn. Anlagen
		350 Bedienung, Inspektion, Wartung	339 Reinigung, Sonstiges

		360 Sicherheits- & Überwachungsdienst	
		370 Abgaben & Beiträge	
		390 Betriebskosten, Sonstiges	

Die spezifische Ermittlung der Folgekosten erfolgte anhand von Angaben aus dem Baukostenindex sowie Erfahrungswerten der jeweiligen Arbeitspakete (BKI 2022). Aktuelle Angebote von ausführenden Firmen und Verbänden boten ebenso die Möglichkeit die Nutzungskosten abzugleichen. Im Rahmen der lebenszyklusbasierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung war insbesondere von Interesse, in welchen Intervallen die jeweiligen Folgekosten anfallen.

Zudem fallen unter die Folgekosten die Betriebskosten für die Versorgung. Aus den Simulationsergebnissen des Arbeitspakets „Gebäude“ konnten die jährlich anfallenden Heizbedarfe und daraus wiederum die Heizkosten (mit entsprechenden Annahmen zu Energiekostensteigerungen) abgeleitet werden. Diese ergaben sich bspw. für das Heizsystem Fernwärme aus dem Arbeitspreis und dem Leistungspreis. Dafür wurde der absolute Heizenergiebedarf in kWh/a für das Jahr 2020 und 2070 unter Annahme des bereits oben erläuterten RCP4.5 Szenario berechnet. Die Jahre dazwischen wurden entsprechend interpoliert. Ebenso aus den Simulationen des Arbeitspakets „Gebäude“ ergab sich der Kühlenergiebedarf des Gebäudes. Ermittelt wurden die Werte des absoluten Kühlenergiebedarfs in kWh/a für das Jahr 2020 und das Jahr 2070. Innerhalb dieses Zeitraumes wurden die Werte ebenso interpoliert. Abhängig von der Wahl des Kühlsystems ergaben sich der entsprechende Kühlenergiebedarf und die jährlich anfallenden Kühlkosten. Die Kühllast des Gebäudes wurde für die unterschiedlichen Szenarien berechnet. Die Differenz der Kühl- und Heizkosten der jeweiligen Szenarien floss in die Lebenszykluskostenberechnung ein. Bspw. könnten geringere natürliche Beschattungen durch vitale Bäume zu höheren Kühllasten führen und somit zu höheren Folgekosten der Nutzungsphase im Rahmen des Szenarios ohne intensive Bepflanzungen. In weiteren Berechnungen wurden zudem die Investitionskosten für eine Kälteanlage berücksichtigt.

Verwertungskosten

Die Verwertungskosten stellen die Kosten für Abbruch, Rückbau, Recycling und Entsorgung nach Ablauf der Nutzungsdauer dar (DGNB 2018c). In der Regel werden Kosten für die Verwertung und Recycling vernachlässigt, wenn keine Kosten dazu bekannt sind oder sie von Dritten übernommen werden. Da aber oftmals für der Verwertung höhere Kosten als erwartet anfallen, wird es als sinnvoll erachtet, diesen Kostenfaktor ebenso zu berücksichtigen. Deswegen wurden ebenso aus dem BKI oder durch Zuarbeit der Arbeitspakete „Gebäude“, „grüne Infrastruktur“ und „Wassermanagement“ Kostenkennwerte für die Verwertungsphase der einzelnen Maßnahmen bestimmt. Oftmals haben diese Kosten aufgrund der Anwendung der Kapitalbarwertmethode einen insignifikanten Anteil an den Lebenszykluskosten.

Preisentwicklungen

Die zukünftige Entwicklung von Kosten kann mithilfe ausgewählter Preisindizes abgeschätzt werden. Diese liefern einen Rückblick auf bisherige Entwicklungen und ermöglichen anhand dieser Daten die Einschätzung zukünftiger Preisentwicklungen. Dennoch können hierbei Prognoseunsicherheiten auftreten, die durch die gewählte Methodik allerdings möglichst klein gehalten wurden. Die aktuelle Inflation entspricht nicht den Vergangenheitswerten der letzten Jahrzehnte. Aufgrund externer Effekte kommt es zu außerordentlich hohen Preisentwicklungen. Dadurch lassen sich keine Schlussfolgerungen auf zukünftige Entwicklung treffen.

Für die Berechnungen der jährlichen Preisentwicklung der Herstellungs- und Nutzungskosten wurden Daten des Statistischen Bundesamtes herangezogen. Die jährliche Preissteigerung der Herstellungskosten ergab sich aus der gerundeten Änderungsrate des Baupreisindizes für den Neubau (konventionelle Bauart) von Wohngebäuden und beträgt 2,52 %.¹ Für die Nutzungskosten berechnet sich die jährliche Preissteigerung aus der gerundeten Änderungsrate des Baupreisindizes für die Instandhaltung von Wohngebäuden und lag bei 2,96 %.² Für die Ermittlung des zukünftigen Strompreises wurde die jährliche Strompreissteigerung über Daten des BDEW von 1998 bis 2022 ermittelt. Dabei betrug die Strompreissteigerung für Privathaushalte in Deutschland 3,28 % pro Jahr.³ Die jährliche Entwicklung der Fernwärmepreise von 2,19 % ergab sich aus eigener Berechnung der historischen Daten von 2005 bis 2020 in Anlehnung an das Statistische Bundesamt.⁴

Diskontierungszinssatz

Eine entscheidende Rolle spielt der Diskontierungszinssatz. Dieser bewertet den notwendigen internen Verzinsungsanspruch des Bauträgers bzw. Bestand haltenden Wohnungsunternehmens. Dieser spiegelt alternative Investitionsmöglichkeiten mit identischem Risiko wider. Je höher der Diskontierungszinssatz ist, desto geringer ist der Einfluss von später im Lebenszyklus anfallenden Kosten, wie beispielsweise dem Rückbau.

Die Ableitung des Diskontierungszinssatzes erfolgte über eine gerundete Berechnung aus dem Immobilienmarkt. Ausgangspunkt waren hierfür u.a. die Spitzenrenditen aus Marktberichten der Städte. Somit ergibt sich ein Diskontierungszinssatz von 3,0 %.

Der Diskontierungszinssatz wurde mit 3 % festgelegt in einer jährlichen, nachschüssigen Betrachtung. Wesentlich bei der generischen Anwendung der LCC war, dass der Projektträger sich für das Projekt, bzw. in dem Zusammenhang der Begleitforschung die Einzelmaßnahme, mit den geringsten barwertigen Kosten entscheidet. Damit kamen dem Zinssatz und dem zeitlichen Anfall der Effekte wesentliche Rollen zu. Im Zuge der Nutzenbetrachtung wurde der Output (die Qualität der Maßnahme) bewertet und darüber mit einbezogen. Auch hat die Qualität der Maßnahmen

¹ Eigene Berechnungen in Anlehnung an Statistisches Bundesamt 2022a.

² Eigene Berechnungen in Anlehnung an Statistisches Bundesamt 2022c.

³ Eigene Berechnungen in Anlehnung an BDEW 2022.

⁴ Eigene Berechnungen in Anlehnung an Statistisches Bundesamt 2022b.

Auswirkungen auf die LCC, indem er geldwerte Zu- und Abflüsse generiert, welche entsprechend bewertet werden.

Insbesondere bei der gewählten Methodik fällt dem Diskontierungszinssatz eine hohe Wichtigkeit zu. Prognoseunsicherheiten sind in dem aktuellen Zinsumfeld und einem Immobilienmarkt, der sich durch eine geringe Anzahl an Transaktionen und verringerte Neubautätigkeit auszeichnet, sehr hoch. So kann angenommen werden, dass bei Anwendung der Forschungsergebnisse Bauherr:innen andere Diskontierungszinssätze ihren wirtschaftlichen Überlegungen zugrunde legen.

Steuern

Bei allen Kostenkennwerten ist die gültige Umsatzsteuer enthalten, da die Vermietung und Verpachtung von Wohnraum der Umsatzsteuerbefreiung unterliegt (Option zur Umsatzsteuerpflicht). Somit wurden die Kosten als Bruttowerte angegeben.

3.4.4 Inputparameter der Whole Life Costs (WLC)

Neben den bereits genannten Inputparametern der LCC wurde die WLC um folgende Kosten erweitert.

Gesundheitskosten

Die thermische Belastung kann monetär über die Gesundheitskosten bewertet werden. Erreicht oder überschreitet die Tageshöchsttemperatur 30°C, fallen gesundheitsbezogene Kosten an. Eine Studie aus dem Jahr 2018 weist die Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung nach und zeigt auf, wie hoch die gesundheitsbezogenen Kosten für extreme Temperaturen in Deutschland sein können. Demnach erhöht extreme Hitze die Zahl der Krankenhauseinweisungen und Todesfälle deutlich und unmittelbar. Die Studie ermittelte dabei, dass sich die gesundheitsbezogenen wirtschaftlichen Kosten auf bis zu 5 Millionen € pro 10 Millionen Einwohner pro heißem Tag mit Höchsttemperaturen über 30° C summieren (Karlsson und Ziebarth 2018).

Umweltkosten

Umweltkosten spielen eine entscheidende Rolle bei der Kosten-Nutzen-Analyse. Als Basis dienen die Empfehlungen zur CO₂-Bepreisung des Umweltbundesamtes je Tonne CO₂. Die Kostensätze der Methodenkonvention verfolgen das Ziel, die Schäden in monetären Werten zu bestimmen, die der Gesellschaft auf Grund von Umweltbelastungen entstehen. Dem entspricht der Schadenskostenansatz, welcher zur Ermittlung der Kostensätze der Methodenkonvention einschließlich der Kostensätze im Klimabereich verwendet wird (Umweltbundesamt 2020a). Da Umweltkosten global, bzw. deutschlandweit gesehen derzeit nur unvollständig erfasst werden können, können sie zu Verzerrungen der Berechnungen führen. Dennoch wird die Umweltkostenrechnung in letzter Zeit vermehrt angewandt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes konnte auf Grundlage des Optionsvergleiches herausgearbeitet werden, in welcher Höhe Umweltkosten eingespart werden können. Betrachtet wurde zunächst die nach Methodik notwendige CO₂-Bepreisung des Stromverbrauches für ein ggf. notwendiges Kühlgerät. Im weiteren Projektverlauf konnten auch andere Bauteile im Innen- und

Außenraum bilanziert werden. Berechnet wurde der Nettobarwert der Umweltkosten über den Betrachtungszeitraum von 2020 bis 2070, welcher anschließend für die unterschiedlichen Szenarien verglichen werden kann.

Bereits gesetzlich festgelegt sind die Umweltkosten zur CO₂-Bepreisung des EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS). Das EU-ETS ist ein Eckpfeiler der EU-Politik zur Bekämpfung des Klimawandels und ihr wichtigstes Instrument zur kosteneffizienten Verringerung der Treibhausgasemissionen. Aktuelle Diskussionen zur Installation eines EU-ETS II sind ebenso wenig wie die CO₂ Bepreisung via Brennstoffemissionshandelsgesetz an dieser Stelle in die Betrachtung eingeflossen, da diese nur direkt verbrannte fossile Brennstoffe im Gebäude betreffen würden. Keines der Modellprojekte wurde entsprechend geplant. Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes beschreibt diesen Kostenansatz mittels des aktuellen Preises für eine Tonne CO₂ jedoch als nicht ausreichend, weshalb für den Mehrwert bzw. Nutzen der Maßnahmen die Kostensätze des Umweltbundesamtes herangezogen wurden (Umweltbundesamt 2020a).

3.4.5 Instrumente zur Finanzierung und Förderung

Das Fördermittelwesen im Bauwesen in Deutschland ist äußerst vielfältig gestaltet, was eine erhebliche Herausforderung für Laien und erfahrene Marktteilnehmer darstellt. Ein Bedarf an mehr Einheitlichkeit in den Richtlinien ist erkennbar, besonders da das Feld der nachhaltigen Bauweisen noch jung ist, und Programme oft auf Expertisen wie Energieberater:innen oder Zertifizierungen pochen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anforderungen in den Programmen weit gefasst sind und somit eine entsprechende Auseinandersetzung im Rahmen der Antragsstellung notwendig ist. Auch sind Aspekte des Lebenszyklusses oft außer Acht gelassen und der Betrachtungszeitraum endet nach Herstellung der Anlagen. Zudem sind die Bereichen Bewässerung und Pflege der Anlagen nicht ausreichend betrachtet. Zusammenfassend sollten folgende Punkte bei der Beantragung von Fördermitteln beachtet werden:

- Vereinheitlichung der Anforderungen durch Energieeffizienzklassen und Zertifizierungen
- Berücksichtigung von Ausschlusskriterien
- Hinzuziehung von Energieexperten
- Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts für die Recherche und Evaluierung von Fördermitteln
- Berücksichtigung erneuerbarer Energiequellen, die direkt vor Ort produziert werden.

Die Anforderungen an die Finanzierung und Förderung klimaresilienter Gebäude sind komplex und multidimensional. Eine Analyse von verschiedenen Förderprogrammen im Raum Bayern mit besonderem Fokus auf die Schwerpunktprojekte hat aufgezeigt, dass sich einige Gemeinsamkeiten in den Förderkriterien finden lassen. Bereichsspezifische Anforderungen an Fördermittel für Klimaanpassungsmaßnahmen umfassen Kategorien wie Technik und Nachhaltigkeit, Finanz- und Haushaltswesen, Verwaltung und Rechtsgrundlagen, sozioökologische Aspekte sowie wissenschaftliche und Forschungskriterien.

Über alle Förderprogramme hinweg wird großer Wert auf die Emissionsminderung, insbesondere auf das Treibhauspotenzial der Gebäude gelegt. Mindestanforderungen an Energieeffizienz und

der Einsatz erneuerbarer Energien sind ebenfalls zu erfüllen. Nachhaltigkeitszertifizierungen nach den Vorgaben der QNG sind häufig notwendig, um umfangreichere Förderungen zu erhalten. Materialbezogene Anforderungen betreffen den Einsatz nachhaltiger, kohlenstoffspeichernder Baustoffe, wie z.B. Holz. Vonseiten der Fördergeber gilt es zu beachten, dass die zur Verfügung stehenden Haushaltsmittel begrenzt sind. Somit stellt die Verfügbarkeit von Haushaltsmitteln eine Grundvoraussetzung für die Förderung dar. Finanzielle Voraussetzungen für die Fördernehmer beinhalten Eigenkapital und Eigenleistung, oft flankiert von sicherheitsorientierten Mechanismen wie Hypotheken oder Grundschulden. In der Regel besteht kein Rechtsanspruch auf Fördermittel; die Vergabe obliegt oft der Ermessensentscheidung des Fördergebers.

Sozioökologische Anforderungen haben insbesondere in Förderprogrammen des sozialen Wohnungsbaus Relevanz. Dazu zählen die soziale Dringlichkeit des Projekts sowie Einkommensgrenzen der Bewohner. Wissenschaftliche Begleitmaßnahmen können ebenfalls eine Rolle spielen, insbesondere wenn die Projekte messbare Ziele verfolgen und deren Erfüllung nachweisbar ist. Innovative Technologien und Verfahren erhalten oft besondere Unterstützung, da sie als Leuchtturmprojekte gelten. Die Diversität und Komplexität der Anforderungen machen eine gründliche Prüfung und Planung unerlässlich, vor allem unter Berücksichtigung der variablen Förderlandschaft in Städten wie Ingolstadt, Freising, Nürnberg, Regensburg und Schweinfurt. Um die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit effektiv in den Fokus zu rücken und finanzielle Herausforderungen zu bewältigen, ist eine detaillierte Analyse der Förderprogramme für klimaresiliente Gebäude erforderlich.

Innerhalb der Implikationen für Klimaanpassungsmaßnahmen wird deutlich, dass kein ausgewogenes Verhältnis zwischen den ökologischen und den sozialen Dimensionen der Nachhaltigkeit besteht. Insbesondere in den Programmen zur sozialen Wohnraumförderung ist eine Diskrepanz feststellbar. Die Zuschüsse für Nachhaltigkeitsmaßnahmen in diesen Programmen, die im Durchschnitt 200 Euro je m² Wohnfläche betragen, erscheinen unverhältnismäßig gering. Es ist zwar nachvollziehbar, dass sich die wenigen verfügbaren Fördermaßnahmen im Bereich der Wohnraumförderung stärker auf soziale Aspekte konzentrieren, dennoch sollte dies nicht zur Vernachlässigung der ökologischen Aspekte führen. Es gilt, die Trias der Nachhaltigkeit – soziale, ökonomische und ökologische Aspekte – in einem ausgewogenen Verhältnis zu berücksichtigen.

Es ist evident, dass in Bayern Fortschritte in der Integration der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit in den sozialen Wohnungsbau gemacht wurden. Allerdings bedarf es einer systematischen Neuausrichtung der Förderstrategien, um der Komplexität der Herausforderungen gerecht zu werden. Dabei ist eine Kombination aus finanzieller, qualitativer und regulatorischer Anpassung sowie einer weiteren empirischen Forschung dringend geboten. Die Wohnraumförderbestimmungen des Jahres 2023 verdeutlichen, dass durch staatliche Regulierung in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit eine signifikante Sensibilisierung unter den Antragstellern induziert werden kann.

Entsprechend wurde in die Bayrischen Wohnraumförderbestimmungen 2023 der Förderbaustein „Nachhaltigkeitszuschuss“ etabliert. Dieser gewährt einen Zuschuss von 200 €/m²

Wohnfläche, wenn drei der folgenden Bereiche in relevantem Umfang durch bauliche Maßnahmen abgedeckt wurden:

- Soziokulturelle Maßnahmen
- Ganzheitlicher Ressourceneinsatz
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- Klimaanpassungsmaßnahmen
- Lokale Erzeugung erneuerbarer Energien

Die Relevanz energetischer Standards darf nicht marginalisiert werden, da diese weitreichende ökologische, soziale und ökonomische Implikationen aufweisen, einschließlich einer gesteigerten Lebensqualität und langfristiger Kosteneffizienz. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine ausschließlich quantitativ ausgerichtete Wohnraumförderung suboptimal ist und dringend durch qualitative Kriterien erweitert werden sollte. Experteninterviews identifizieren finanzielle Herausforderungen, die eine kontinuierliche Anpassung bestehender Fördermittel und -strategien erforderlich machen. Dabei sollten finanzielle Ressourcen so alloziert werden, dass die Verwirklichung ökologischer Zielsetzungen nicht beeinträchtigt wird. Die Straffung administrativer Verfahren könnte die Akzeptanz sowie die Implementierung von Maßnahmen zur Klimaanpassung erhöhen. Ein transparenter und effizienter administrativer Rahmen würde die Umsetzung ökologischer Zielstellungen fördern.

Aufgrund der hier dargestellten Komplexitäten ist es nicht sinnvoll oder möglich die Förderungsmöglichkeiten in die LCC oder WLC-Betrachtung einfließen zu lassen. Entsprechend sind alle Ergebnisse ohne die Hinzuziehung der Förderung zu bewerten. Förderungen können jedoch die Lebenszykluskosten wesentlich beeinflussen und eine Verringerung der Kosten für Klimaanpassungsmaßnahmen bedeuten.

4 Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

4.1 Baumerhalt

Die Untersuchungen wurden für die Modellprojekte beispielhaft anhand der Winterlinde (*Tilia cordata*), eine der häufigsten Stadtbaumarten (Rötzer et al. 2021; Roloff et al. 2009), durchgeführt.

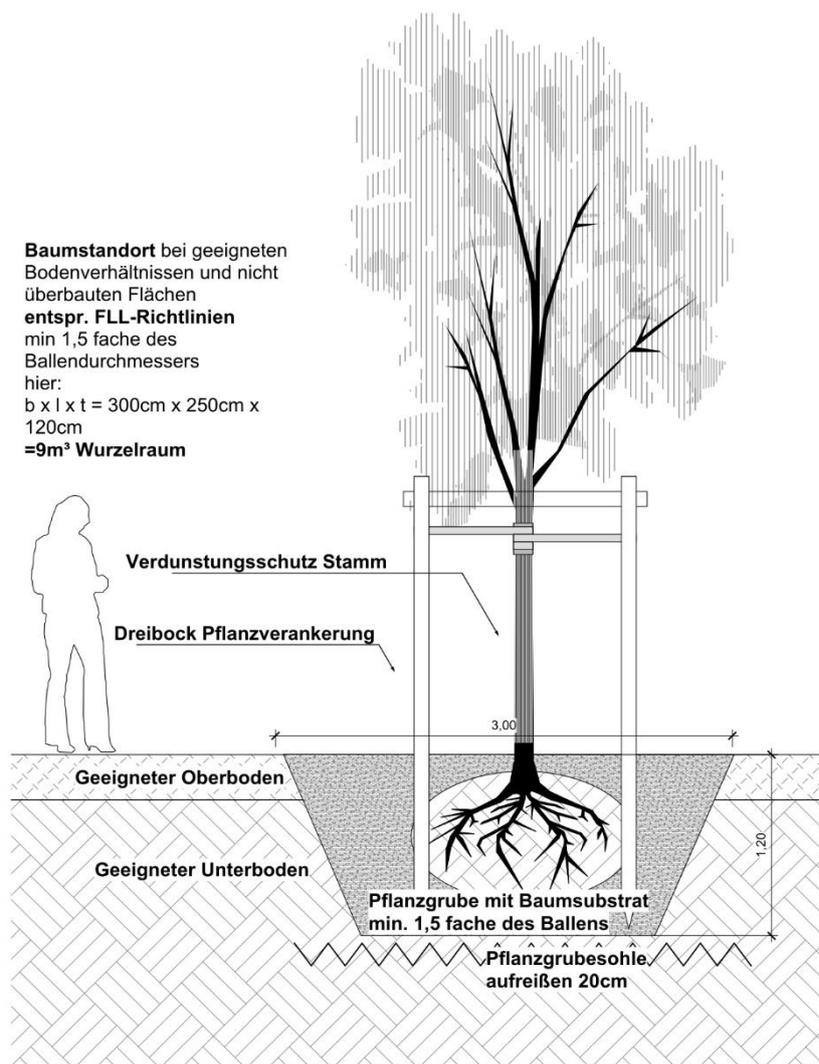
Der Erhalt eines gesunden Bestandsbaumes von 30 Jahren wird mit einer 10-jährigen Ersatzpflanzung in einer Grünfläche verglichen. Für das Szenario 2070 wurde angenommen, dass die Bäume 60 bzw. 80 Jahre alt sind. Es wurden die folgenden Varianten untersucht:

- Erhalt gesunder Bestandsbaum
- Baumfällung und Ersatzpflanzung in Grünfläche

4.2 Baumpflanzung

Für die Baumpflanzung wurde ebenfalls, wie unter 4.1 beschrieben, beispielhaft die Winterlinde (*Tilia cordata*) betrachtet. Für die Neupflanzung wird ein Baumalter von 10 Jahren angenommen.

4.2.1 Pflanzung in einer Grünfläche



Entsprechend FLL-Richtlinien (2010) ist bei geeigneten Bodenverhältnissen und nicht über- und unterbauten Flächen mindestens der 1,5-fache Wurzelraum für den Ballendurchmesser anzusetzen. Es werden exemplarisch 9 m³ Wurzelraum mit Baumsubstrat angenommen (Abbildung 17). Durch den Standort im unversiegelten Bereich erhält der Baum ausreichend Niederschlagswasser. Im Folgenden wird diese Pflanzung als Variante 1 bezeichnet.

Abbildung 17: Baumstandort in Grünfläche (Variante 1)

4.2.2 Pflanzung in einer teilversiegelten Fläche

In beengten Stadträumen ist es nicht immer möglich, Bäume an unversiegelte Standorte zu pflanzen. Daher wurden Szenarien betrachtet, bei denen 2/3 der Oberfläche teilversiegelt sind (Durchlässigkeit 50 % der teilversiegelten Oberfläche). Dasselbe wird für Bäume auf unterbauten Flächen angenommen.

a) Variante 2: Baumstandort nach aktuellem Minimumpflanzstandard (FLL 2010):

Baumstandort im Bereich von ungeeigneten Böden oder/ und von befestigten Flächen mit 12 m³ Substrat (Abbildung 18). Der Untersuchung zufolge bietet dieser Standort in Zukunft nicht ausreichend Wasser (vgl. Kapitel A4.2.4). Dieser Baum muss daher im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren einmal ersetzt werden und wächst nicht zu einem gesunden Großbaum heran.

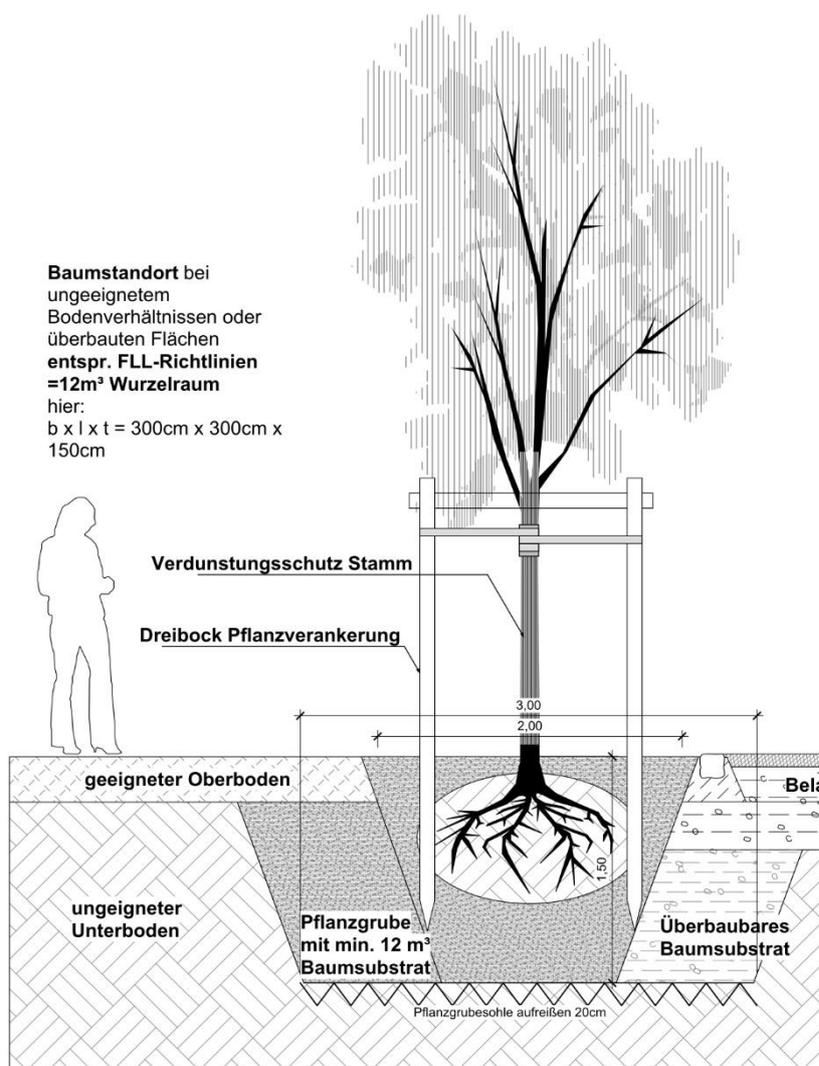


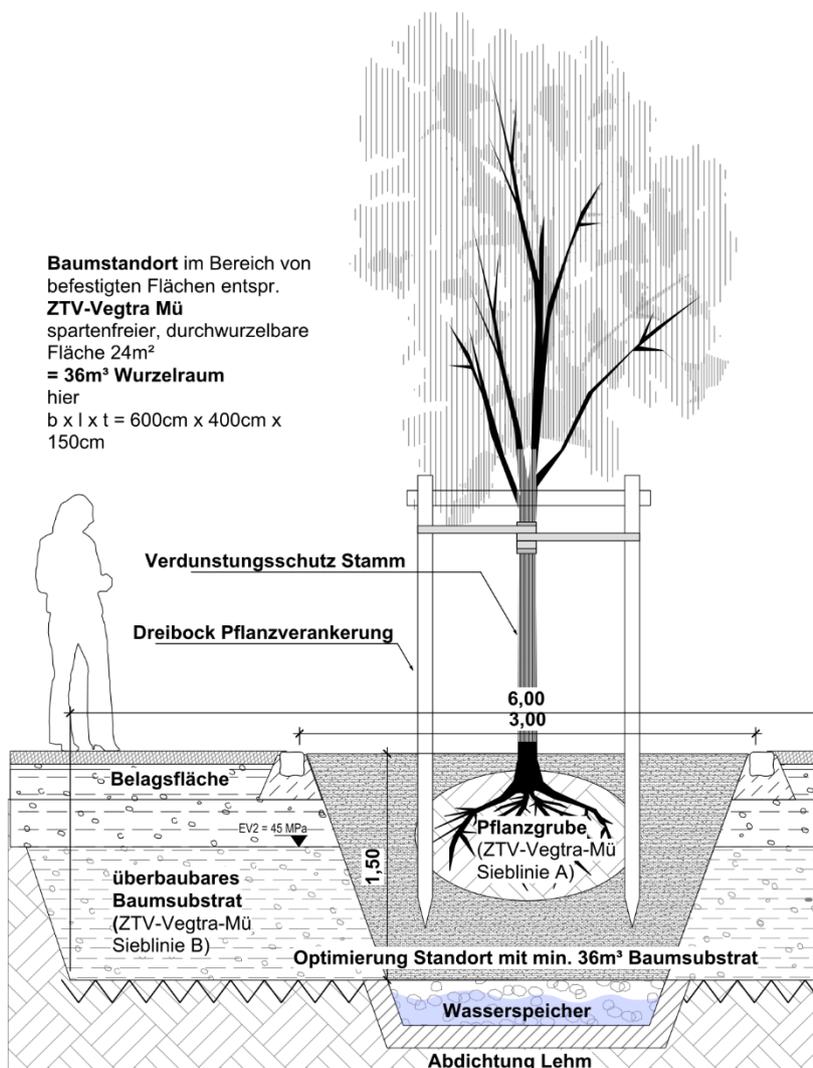
Abbildung 18: Baumstandort nach aktuellem Minimumpflanzstandard in teilversiegelter Fläche (Varianten 2 und 3)

b) Variante 3: Baumstandort nach aktuellem Minimumpflanzstandard (FLL 2010) mit manueller Bewässerung nach DIN 18919:2016-12:

Bauweise analog zu Variante 2. Die Bewässerung mit Trinkwasser kompensiert den Wassermangel in Variante 2 (max. 1 Bewässerungsgang pro Woche im Sommer, je 300 l/Baum). Sie gewährleistet aber nur ein Mindestmaß für die Vitalität, denn die optimale Versorgung eines Großbaumes durch Bewässerung übersteigt die umsetzbaren Wasser- und Personalressourcen. Mit der Bewässerung steigen die Unterhaltskosten.

Hinweis: Die Bewässerung mit Trinkwasser sollte keine gängige Praxis für klimagerechtes Bauen sein, da Trinkwasser eine wertvolle Ressource darstellt. Je nach Standort sollte auf Regen- oder Grauwasser zurückgegriffen werden.

c) Variante 4: Optimierter Standort mit vergrößertem Wurzelraum für Großbäume nach ZTV-Vegtra-Mü (Landeshauptstadt München 2016):



Der Boden weist eine spartenfreie, durchwurzelbare Fläche von 24 m² und eine Tiefe von 1,5 m auf, es sind mindestens 36 m³ Wurzelraum mit durchwurzelbarem Substrat vorhanden (Abbildung 19). Um den Baumstandort zusätzlich zu verbessern, ist zur Regenwasserspeicherung im Untergrund eine Abdichtungswanne der Pflanzgrube nach unten vorgesehen. Diese ist mit grobporigen, wasserspeicherfähigem Material (Riesel/ Schotter) gefüllt (vgl. „hydrologisch optimierter Baumstandort“, BlueGreenStreets 2022). Aus umliegenden versiegelten Flächen wird dem Baum Niederschlagswasser zugeleitet.

Abbildung 19: Optimierter Baumstandort in teilversiegelter Fläche (Variante 4)

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

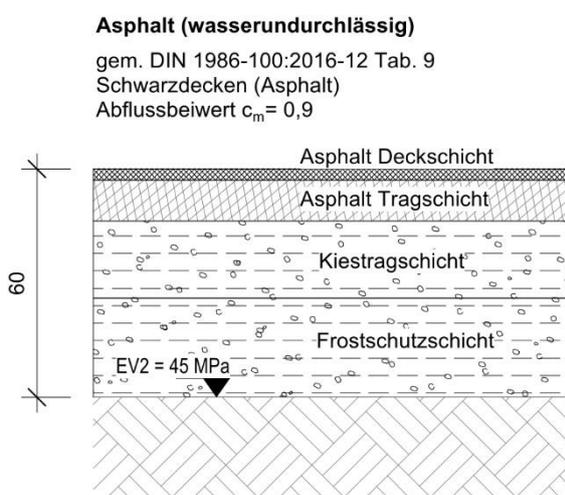
4.3 Bodenbeläge im Außenraum

Die Referenz für eine unbefestigte Fläche ist in der Untersuchung eine Rasenfläche. Als Beispiel für befestigte Flächen dienen Asphalt, Pflaster (in ungebundener Bauweise) aus Beton und Naturstein sowie Rasenfugenstein.

4.3.1 Rasen

Die Herstellungskosten für die Rasenfläche besteht aus der Vorbereitung der Vegetationsfläche und des Oberbodens, sowie dem entsprechenden Bodenaufbau bis zur Ansaat. Die Hauptpflege des Rasens erfolgt durch das Mähen und Düngen.

4.3.2 Asphalt

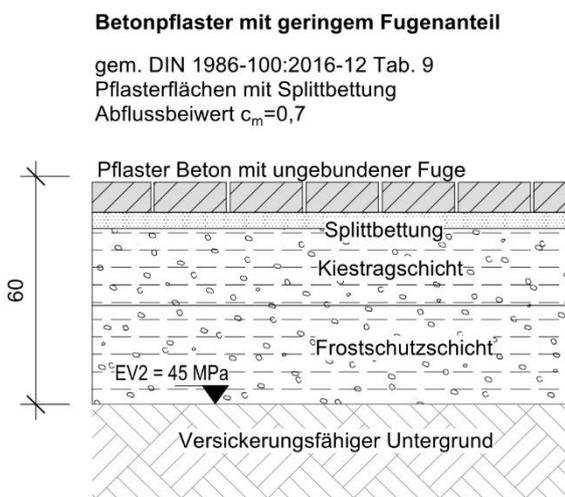


Asphalt oder Beläge in gebundener Bauweise mit geschlossener Fuge oder undurchlässigem Bettungsmaterial können kein Niederschlagswasser versickern. Der Aufbau eines typischen Asphaltbelags ist in Abbildung 20 dargestellt.

Die Wartung eines solchen Belags beschränkt sich im Wesentlichen auf Kehren, Entfernen von Unrat und Laub sowie den Winterdienst. Nach Ablauf seiner Lebensdauer ist nicht zwingend ein vollständiger Austausch des Asphaltbelags erforderlich, einer Erneuerung von Deck- und Tragschicht reicht meist.

Abbildung 20: Regelaufbau Asphalt

4.3.3 Pflaster (Beton)



Beläge in ungebundener Bauweise mit offener Fuge und sickerfähigem Bettungsmaterial wie Split können einen Teil des Niederschlagswassers versickern. Dabei ist der Fugenanteil entscheidend. Pflaster- und Plattenbeläge mit geringem Fugenanteil können als barrierefreie Fußwege und geräuschlos befahrbare Verkehrsflächen genutzt werden. Abbildung 21 zeigt den angenommenen Regelaufbau.

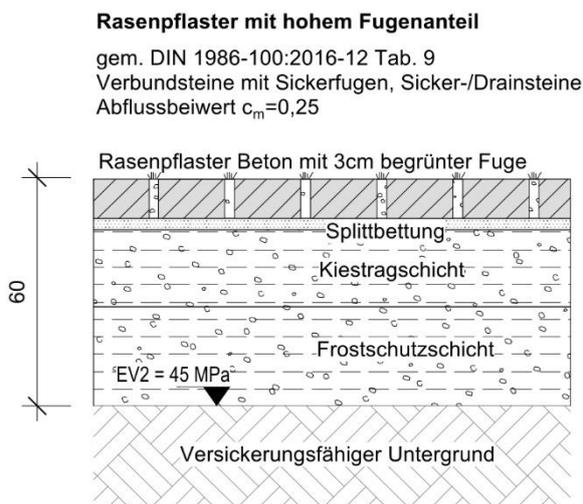
Abbildung 21: Regelaufbau Pflaster, ungebunden, Beton

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

4.3.4 Pflaster, ungebunden, Naturstein

Natursteinpflaster, speziell aus Granit, weisen sich durch Langlebigkeit und hohe gestalterische Qualität in der Landschaftsgestaltung aus. Granit bietet nicht nur ein ästhetisch ansprechendes Erscheinungsbild, sondern steht auch für Robustheit und Nachhaltigkeit. Der Regelaufbau wurde analog zu Kapitel 4.3.3 (Abbildung 21) angenommen.

4.3.5 Rasenfugenstein



Beläge in ungebundener Bauweise mit breiter Fuge (Fugenanteil >20%) können einen Großteil des Niederschlagswassers versickern. Beispiele dafür sind Rasengitter- oder Rasenfugenpflaster (aufgrund des hohen Fugenanteils ungeeignet für barrierefreie Flächen). Ähnlich wie bei einem Rasen besteht die Pflege v.a. aus Mähen. Nach rund 35 Jahren kann es notwendig werden die oberste Schicht zu erneuern. Die Betonplatten können abgebrochen und entsorgt werden. Abbildung 22 zeigt den angenommenen Regelaufbau.

Abbildung 22: Regelaufbau Rasenfugenstein

4.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

4.4.1 Muldenversickerung

Versickerungsmulden können Niederschlagsabflüsse befestigter Flächen entsprechend der Bemessungsjährlichkeit in flachen, bepflanzten Mulden zwischenspeichern. Die Einstauhöhe beträgt maximal 30 cm. Es erfolgt eine langsame Versickerung über eine bewachsene Bodenzone von 20 bis 30 cm ins Erdreich, wodurch das Niederschlagswasser gereinigt wird und ein Teil des Wassers verdunstet.

Es wurden folgende Annahmen getroffen (Bemessung basierend auf DWA-A 138:2005-04):

- Angeschlossene undurchlässige Fläche A_u : 600 m²
- Mittlere Versickerungsfläche A_s : 60 m²
- Überschreitungshäufigkeit: 5 Jahre
- Versickerung über 30 cm bewachsene Bodenzone
- k_f -Wert der gesättigten Zone der Mulde: $5 \cdot 10^{-5}$ m/s
- k_f -Wert der gesättigten Zone des Untergrundes: $5 \cdot 10^{-6}$ m/s
- Entleerungszeit max. 24 Stunden für $n = 0,2/a$

4.4.2 Mulden-Rigolen und Rigolenversickerung

Falls der Boden nur begrenzt versickerungsfähig ist, können kombinierte Versickerungssysteme in Betracht gezogen werden, wie zum Beispiel die Kombination aus einer Versickerungsmulde und

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

einer Rigole. Wenn kein Platz für eine Versickerungsmulde zur Verfügung steht, kann die reine Rigolenversickerung zur Anwendung kommen. Rigolen sind unterirdische Versickerungsanlagen aus Schüttmaterial mit großer Speicherfähigkeit (z. B. Kies) und eingebetteten Vollsickerrohren (z.B. Füllkörper oder Tunnelelemente aus Kunststoff oder Beton). Dank ihres Speichervolumens ermöglichen sie eine Versickerung des Niederschlagswassers, selbst wenn die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds eingeschränkt ist. Optional ist eine gedrosselte Ableitung in die Kanalisation oder einen Vorfluter möglich.

Die Behandlung des Niederschlagswassers geschieht beim Mulden-Rigolen-Element analog zur Versickerungsmulde über die belebte Bodenzone (mind. 20 bis 30 cm). Beim Rigolenelement muss in Abhängigkeit der stofflichen Belastung des Niederschlagswassers eine Vorbehandlung über eine dezentrale Behandlungsanlage (DIBt-Zulassung bei Verkehrsflächenabflüssen) erfolgen.

Im Folgenden werden das Mulden-Rigolen-Element und das Rigolen-Element, jeweils mit Kiesschüttung oder Kunststofffüllkörper und ohne gedrosselte Ableitung in der Kosten-Nutzen-Betrachtung verglichen.

Die folgenden grundlegenden Annahmen (Bemessung basierend auf DWA-A 138:2005-04) wurden getroffen (Tabelle 4):

Tabelle 4: Grundannahmen Mulden-Rigolen-Element und Rigolen-Element

Mulden-Rigolen-Element	Rigolen-Element
Angeschlossene undurchlässige Fläche Au: 600 m ²	
Überschreitungshäufigkeit: 5 Jahre	
Kf-Wert der gesättigten Zone des Untergrundes: 5*10 ⁻⁶ m/s	
Versickerung über 30 cm bewachsene Bodenzone	Reinigung über Sickerschacht inkl. Filteranlage
Entleerungszeit Mulde max. 24 Stunden	-
Speicherkoefizient Füllmaterial: 0,35 (Kiesschüttung), 0,95 (Kunststofffüllkörper)	

4.5 Dachbegrünung

4.5.1 Referenz: Kiesdach

Die konventionelle Bauweise eines Flachdaches als Kiesdach dient aufgrund ihrer einfachen Konstruktion als Referenz für verschiedene Dachsysteme. Ein Kiesdach bietet mit seiner Kiesschüttung (Körnung 16-32 mm) von 5 cm einen vergleichsweise geringen Schutz für die Dachabdichtung. Die dünne Kiesschicht kann zwar einen gewissen mechanischen Schutz gewährleisten, hält aber den Belastungen durch Witterung und Temperaturschwankungen nur bedingt stand. Der regelmäßige Austausch der Dachabdichtung führt zu erhöhten Instandhaltungskosten über die Lebensdauer des Gebäudes. Ein Kiesdach bietet im Gegensatz zu grünen oder begrünenden Dächern kaum ökologische Vorteile.

4.5.2 Extensive Dachbegrünung

Bei extensiven Dachbegrünungen ist die Substratschicht nur auf das Nötigste (ca. 5 – 12 cm), beschränkt, um statische Anforderungen sowie den Kosten- und Pflegeaufwand gering zu halten (Abbildung 23). Hier wird eine Annahme von 8 cm getroffen. Die Bepflanzung kann nur mit anspruchslosen, niedrigwüchsigen Pflanzen erfolgen. Dementsprechend hat die Begrünungsform einen geringen optischen und ökologischen Mehrwert. Eine Nutzung und das Betreten der Dachbegrünung sind nicht vorgesehen. Die extensive Dachbegrünung eignet sich für viele Gebäudetypen und kann auch auf Dächern mit einer Neigung bis zu 45° eingesetzt werden (Riechel et al. 2017). Bei der regelmäßigen Pflege muss unerwünschter Auswuchs entfernt, Rand- und Sicherheitsstreifen von Aufwuchs freigehalten sowie Sicherheitsrinnen, Kontrollschächte, Dachabläufe, Verankerungen kontrolliert und gereinigt werden (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012).

Regelaufbau extensive Dachbegrünung

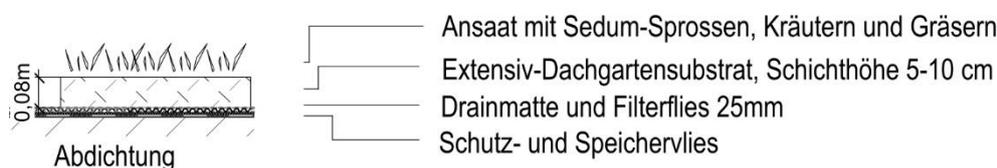


Abbildung 23: Regelaufbau extensive Dachbegrünung

4.5.3 Extensive Dachbegrünung mit PV-Anlage

Extensive Dachbegrünungen können mit aufgeständerten Solarpanelen kombiniert werden. Damit kann dem Zielkonflikt bei der Schaffung von Solardachflächen zur Produktion regenerativer Energie und begrünter Dachflächen entgegnet werden. Durch die Verdunstungskühlung der Begrünung erzielen Photovoltaikanlagen eine Wirkungsgradsteigerung (Freie und Hansestadt Hamburg 2018; Pfoser et al. 2013; Wöfl 2011). Die Funktionen von der Begrünung und des Dachabflusses verändern sich dadurch nicht. Bei der Herstellung müssen jedoch zusätzliche (Wind-)Lasten sowie andere Anforderungen an Zugänglichkeit, Pflege, Absturzsicherung und Brandschutz berücksichtigt werden.

4.5.4 Intensive Dachbegrünung

Bei intensiven Dachbegrünungen werden höhere Substratmächtigkeiten eingebaut. Die Aufbauhöhe liegt bei mind. 15 cm (Pfoser et al. 2013, Abbildung 24). Für die weiteren Untersuchungen wird von einer Aufbauhöhe von 15 cm ausgegangen. Intensive Dachbegrünungen speichern mehr Wasser und es wird eine artenreichere Bepflanzung ermöglicht. Letztere kann z. B. mit Stauden und (Zwerg-) Sträuchern erfolgen. Mit zunehmender Nutzungs- und Pflanzenvielfalt nimmt der Unterhaltsbedarf zu. Eine intensivere Bepflanzung benötigt mehr Pflege sowie die regelmäßige Versorgung mit Wasser und Nährstoffen. Mit zunehmender Substratmächtigkeit und Nutzungsanforderung steigt der statische Mehraufwand, welcher in den folgenden Kosten nicht berücksichtigt wird.

Regelaufbau intensive Dachbegrünung

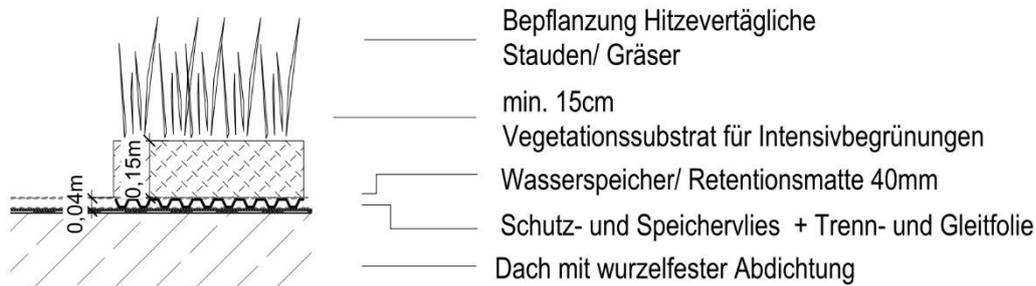


Abbildung 24: Regelaufbau intensive Dachbegrünung

4.6 Fassadenbegrünung

Untersucht wurde eine bodengebundene Fassadenbegrünung. Diese Begrünungsform zeichnet sich durch geringe Herstellungskosten und Pflegeaufwand aus.

Das System basiert auf der Verwendung von Kletterpflanzen, wie bspw. Wilder Wein. Damit die Pflanzen optimal wachsen können, benötigen sie eine Rankhilfe. Es wurde ein robustes Gerüst aus Edelstahlseilen mit einem Raster von 40x40 cm gewählt, welches im Boden verankert ist. Dies gewährleistet, dass die Pflanze stabil wachsen kann und die Fassade über die vorgesehene Lebensdauer von über 50 Jahren hinweg bedeckt.

Der Pflegeaufwand für Fassadenbegrünungen ist durch die teils schlechte Erreichbarkeit relativ hoch. Zur Pflege sind oft spezielle Geräte wie Hubsteiger notwendig, welche bei der Ermittlung der Nutzungskosten nicht berücksichtigt wurden. Darüber hinaus müssen die Klettvorrichtungen überprüft, Spanndrähte angezogen oder gelockert und Pflanzen bei Bedarf angebunden werden. Besonders wichtig ist es auch, technische Einrichtungen von Pflanzenwuchs freizuhalten.

Zur Ermittlung des Kosten-Nutzen-Effektes von Begrünung an Fassaden wurden vier Szenarien gebildet, die sich zwischen dem Anteil der Begrünung an der Fassade und dem verfügbaren Wurzelraum pro Pflanze unterscheiden. Die Grundannahme ist, dass ca. 1/3 der Fassadenfläche aus Fensterflächen besteht, die nicht begrünt werden können. Es wird eine Breite pro Kletterpflanze von ca. einem Meter angenommen. Die Höhe der Kletterpflanzen entspricht der Gebäudehöhen der Modellprojekte (durchschnittlich ca. 15 m).

4.6.1 Anteil der Begrünung

a) Teilweise begrünte Fassade

Angenommen wurde eine Begrünung der halben Fassadenfläche (Fensterfläche ausgenommen). Dies entspricht einem Drittel der gesamten Fassade.

b) Großflächig begrünte Fassade

Angenommen wurde eine Begrünung der gesamten Fassadenfläche, ausgenommen der Fensterfläche, also zwei Drittel der gesamten Fassade. Mit dieser Erhöhung des Deckungsgrades wird nicht nur das Erscheinungsbild des Gebäudes ansprechender, sondern auch die Vorteile in

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

Bezug auf das Mikroklima, den Schutz der Fassade und die Energieeffizienz nehmen zu. Ein dichter Pflanzenwuchs kann beitragen, das Gebäude im Sommer zu kühlen und im Winter zu isolieren.

4.6.2 Wurzelraum

a) Minimaler Wurzelraum

Der durchwurzelbare Raum entspricht mit 1m^3 den minimalen Empfehlungen der FLL (2018). Die Pflanze kann von 1m^2 Oberfläche Niederschlagswasser erhalten und muss daher zusätzlich bewässert werden. Dafür wird eine manuelle Bewässerung mit 25 l/m^2 pro Woche im Sommer (Eppel et al. 2012) angenommen, wenn es 7 Tage am Stück nicht regnet. Die Bewässerungskosten

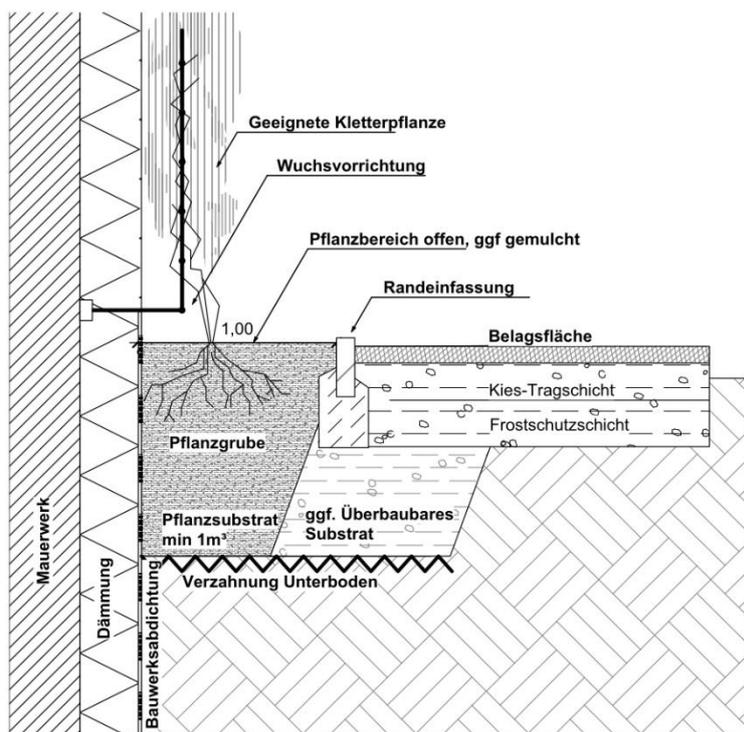


Abbildung 25: Annahmen für Fassadenbegrünung mit minimalen Wurzelraum

basieren auf lokalen Trinkwasserkosten, der Bewässerungshäufigkeit pro Jahr und den damit verbundenen Personalkosten. Die Option der Bewässerung mit Trinkwasser wurde hier beispielhaft berechnet. Allerdings ist zu beachten, dass diese Art der Bewässerung keine gängige Praxis für klimagerechtes Bauen sein sollte, da Trinkwasser eine wertvolle Ressource darstellt. Je nach Standort sollte auf Regen- oder Grauwasser zurückgegriffen werden. Abbildung 25 zeigt die Annahmen für die Bauweise. Kapitel A4.6.2 (Seite 157f) zeigt, dass die Bewässerung bei dieser Wurzelraumgröße notwendig ist, damit die Bepflanzung nicht unter Trockenstress steht.

b) Ausreichender Wurzelraum

Die Annahme ist, dass eine unversiegelte Fläche von 8m^2 im Schnitt ausreichend ist, um der Kletterpflanze auch unter zukünftigen Klimabedingungen genügend Wasser zur Verfügung zu stellen. Die Bewässerung kann entfallen. Das erweiterte Volumen von 8m^3 bietet den Pflanzen eine größere Fläche, um Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen und sich auszubreiten, wodurch ihre Gesundheit und ihr Wachstum erheblich verbessert werden. Abbildung 26 zeigt schematisch die Annahmen zur Bauweise. Kapitel A4.6.2 (Seite 157f) zeigt die Wasserverfügbarkeit pro Fassadenpflanze bei einem Wurzelvolumen von 8m^3 mit einer unversiegelten Oberfläche von 8m^2 .

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen

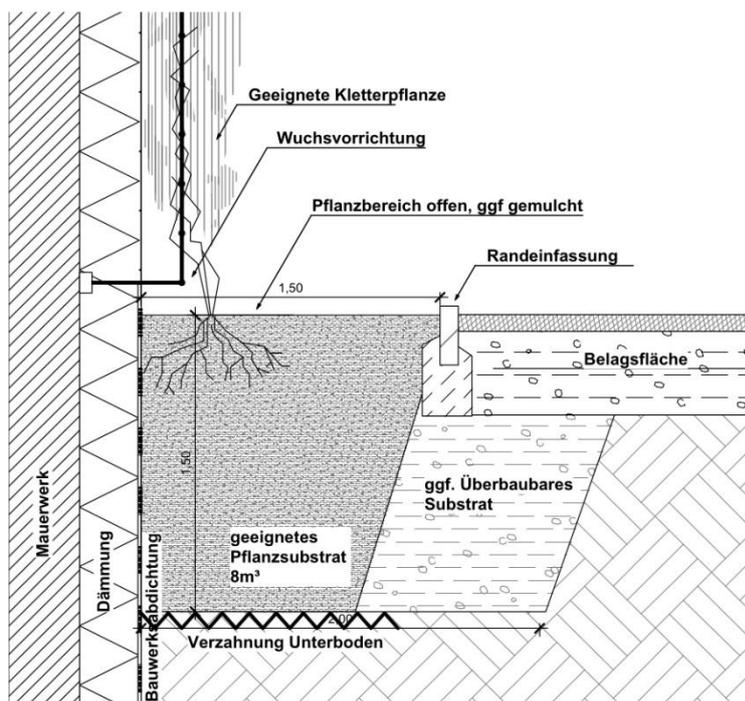


Abbildung 26: Annahmen für Fassadenbegrünung mit ausreichend Wurzelraum

4.7 Sonnenschutzsysteme

Ausgangssituation und Vorgehen

Die untersuchten Wettbewerbsentwürfe verfügen über unterschiedliche Systeme des konstruktiven Sonnenschutzes (Tabelle 5).

Tabelle 5: Konstruktiver Sonnenschutz je Modellprojekt gemäß Siegerentwurf

Modellprojekt	Art des konstruktiven Sonnenschutzes
Freising	Umlaufende auskragende Balkone
Ingolstadt	Auskragende Laubengänge, Loggien, vertikale Ziegel-Lamellen
Regensburg	An Gebäudeecken auskragende Balkone
Schweinfurt	Auskragende Balkone an West- und Südfassaden
Nürnberg	Städtebaulicher Entwurf, kein Sonnenschutzsystem erkennbar

Der Effekt von Sonnenschutzsystemen wurde in der Software Rhino 7 mit dem Plugin Grasshopper/Dragonfly modelliert. Dieses ermöglicht die Durchführung von Energiebedarfsberechnungen und Berechnungen des Innenraumkomforts von Gebäudemodellen im Quartiersmaßstab. Die Gebäude wurden dafür mit ihren jeweiligen Sonnenschutzsystemen und den sie umgebenden Nachbargebäuden und Bäumen modelliert. So kann der Effekt der Verschattung auf den Energiebedarf berücksichtigt werden. Die Simulationen wurden für 2020 und 2070 durchgeführt, mit entsprechend unterschiedlich großen Bäumen.

Annahmen für die betrachteten Maßnahmen



Der modellierte Sonnenschutz in Form von horizontalen Lamellen befand sich direkt vor den Fenstern mit einem Abstand der Lamellen zum Fenster von 5 cm.

Der Sonnenschutz wurde nur in den Sommermonaten zwischen 1. Mai und 30. September angenommen. Zwischen Oktober und April war kein Sonnenschutz vorhanden, um den Heizenergiebedarf nicht zu beeinflussen.

Abbildung 27: Beispielhafte Darstellung des untersuchten Sonnenschutzsystems (MaRo Steg-Platten GmbH & Co. KG 2022)

Es wurden insgesamt sechs Varianten betrachtet, die sich u.a. in der Größe der Bäume unterscheiden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Szenarienbildung Sonnenschutz

	Szenario Nr.	Sonnenschutz	Bäume
2020	S 0	Kein Sonnenschutz	Gemäß Siegerentwurf, Neupflanzungen 10 Jahre
	S 1	Gemäß Siegerentwurf	
2070	S 2	Kein Sonnenschutz	Gemäß Siegerentwurf, Neupflanzungen 60 Jahre
	S 3	Gemäß Siegerentwurf	
	S 4	Kein Sonnenschutz	Gemäß Siegerentwurf, Alle Bäume 10 Jahre
	S 5	Gemäß Siegerentwurf	

Abbildung 26 zeigt das Vorgehen zur Simulation des Sonnenschutzes am Beispiel des Modellprojektes in Freising für 2020 (Abb. a) und 2070 (Abb. b). Der erhöhte Grünanteil im rechten Bild ist darauf zurückzuführen, dass die Bäume bis 2070 wachsen.

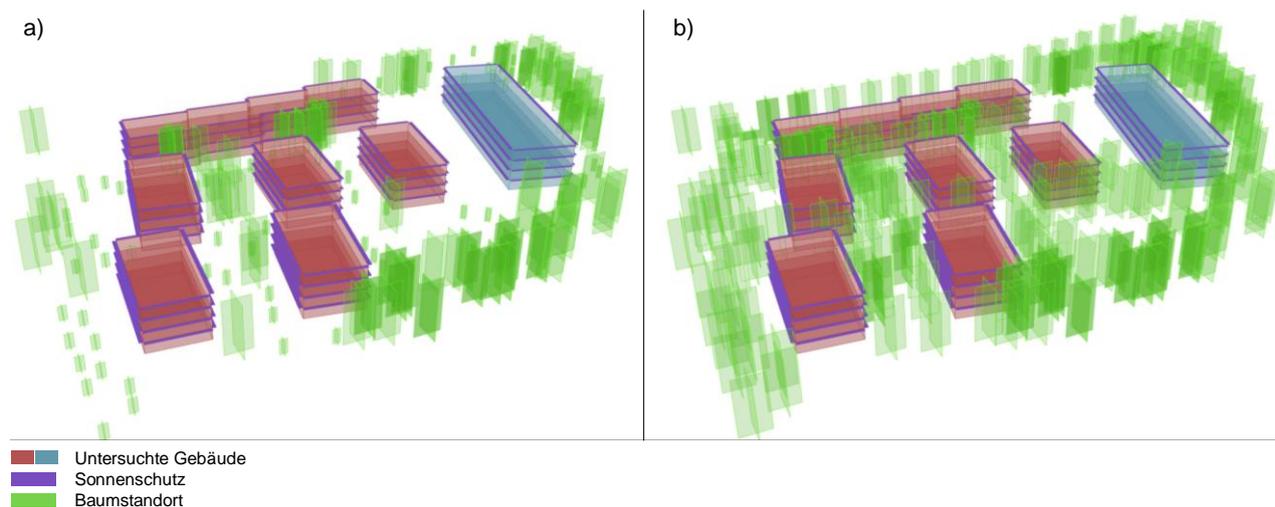


Abbildung 28: Annahmen zur Simulation des Sonnenschutzes in Rhino/Grasshopper für 2020 (a) und 2070 (b)

5 Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

Dieses Kapitel stellt das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse für die in Kapitel 4 untersuchten Maßnahmen dar. Diese wurden auf Grundlage von fünf ausgewählten Schwerpunktprojekten analysiert und entwickelt. Dabei diente meist eine konventionelle Variante als Referenz. Die Übersichten zu den Maßnahmen enthalten allgemeine Informationen und eine beispielhafte Darstellung des Nutzens, präsentiert an jeweils einem Modellprojekt. Gezeigt werden die lebenszyklusbasierten Kosten und alle quantitativ ermittelten Nutzen für die Varianten der Maßnahme. Um eine Gesamtbewertung zu erhalten, wurden Kosten und Nutzen der Varianten gegenübergestellt. Die Kosten-Nutzen-Bewertung zeigen zwei Grafiken (LCC und WLC), die die Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen zur Maßnahme zusammenfassen.

5.1 Verhältnis von Kosten und Nutzen

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist in einem Diagramm dargestellt (beispielhaft gezeigt in Abbildung 29). Die horizontale Achse zeigt zusammengefasst den gesellschaftlichen und ökologischen Nutzen (Abbildung 12, Seite 24). Die vertikale Achse bildet die Kosten der Maßnahmenvariante über den Nettobarwert (NBW) ab. Der NBW entspricht dem Wert der Maßnahme unter Berücksichtigung künftiger Ausgaben sowie der Inflation.

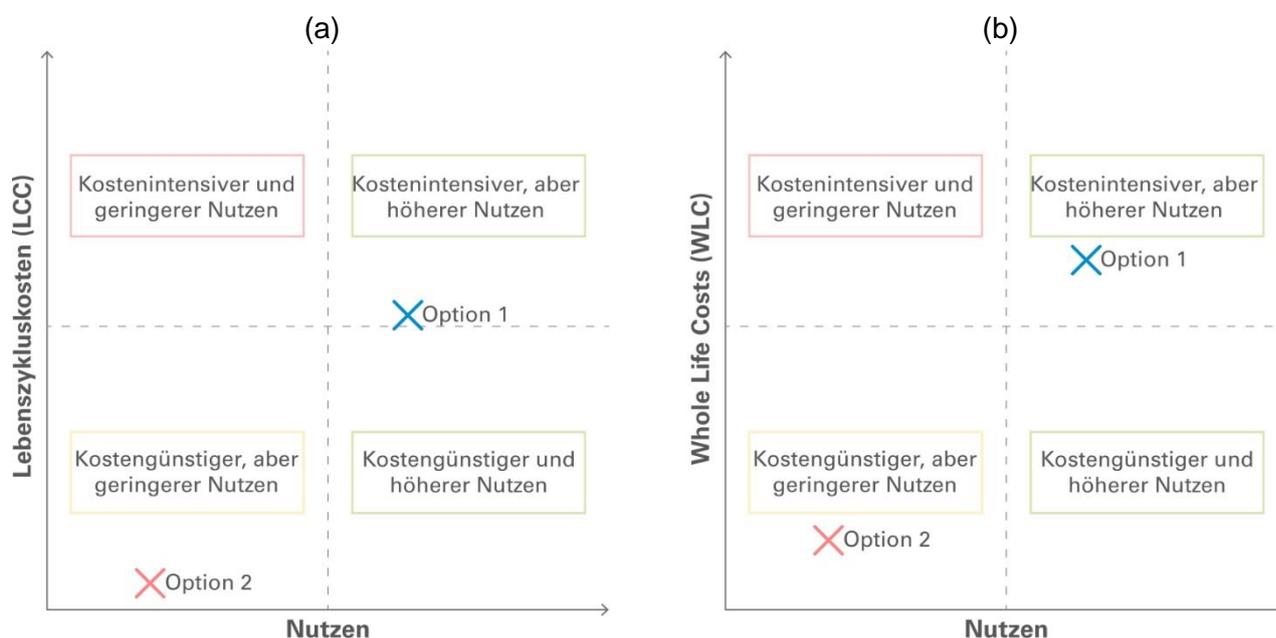


Abbildung 29: Schematische Darstellung der Kosten-Nutzen-Analyse - Lebenszykluskosten (a), Whole Life Costs (b)

Die Investition in eine klimagerechte Variante lohnt sich, wenn die Kosten über den gesamten Lebenszyklus in barwertiger Form geringer sind als für eine nicht klimagerechte Variante. Ist die klimagerechte Variante teurer, bietet jedoch höheren Nutzen, gilt es, abzuwägen.

5.2 Darstellung von LCC und WLC in zwei Grafiken

Für jede Maßnahme gibt es zwei Kosten-Nutzen-Grafiken (Abbildung 29 (a) und (b)). Beide Grafiken illustrieren das Verhältnis der Lebenszykluskosten zu dem gesellschaftlichen und ökologischen Nutzen der Maßnahme. Grafik (a) betrachtet die Lebenszykluskosten, genannt Life Cycle Costs (LCC). Grafik (b) zeigt Lebenszykluskosten, erweitert um externe Kosten, bezeichnet als Whole Life Cycle Costs (WLC). Der ermittelte Nutzen bleibt in beiden Grafiken gleich.

Grafik (a) ist vor allem für Bauherr:innen und Planende relevant, da sich die Kosten auf die Umsetzung der Maßnahme beschränken.

Grafik (b) bezieht zu den lebenszyklusbasierten Kosten auch externe Kosten, wie Umwelt- & Gesundheitskosten ein. Diese externen Kosten tragen Bauherr:innen nicht direkt; sie können jedoch für Kommunen relevant sein. Der Nettobarwert der Maßnahmenvariante verändert sich meist, da hier die externen Kosten monetarisiert wurden. Gerechnet wurde hier mit Bruttobeträgen, einer jährlichen Inflationsrate von 2,96% und einem Diskontierungszinssatz von 3,0%. Der Betrachtungszeitraum liegt bei 50 Jahren.

5.3 Ergebnis der Kosten-Nutzen-Betrachtung

5.3.1 Baumerhalt

Kosten

Die Lebenszykluskosten inklusive der externen Kosten (Gesundheitskosten im Sinne der WLC) für den Erhalt eines gesunden Bestandsbaumes im Vergleich zu einer Ersatzpflanzung in einer Grünfläche zeigt Abbildung 30. Die Kosten für den Erhalt des Bestandsbaumes enthalten Baumschutzmaßnahmen wie einen Baumschutzzaun, Wurzelschutz und Pflegerrückschnitt der Baumkrone. Sind diese aufgrund des Standortes des Bestandsbaumes unnötig, verringern sich die Kosten um ca. 2.000 €. Details zu den Kosten zeigt Anhang A5.

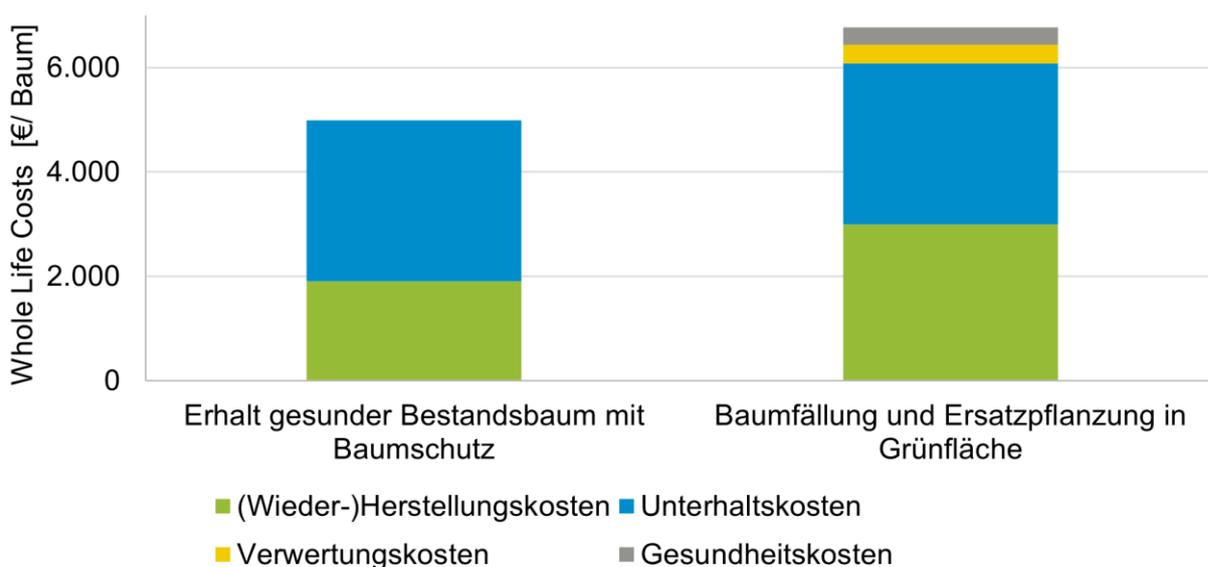


Abbildung 30: Whole Life Costs für Baumerhalt und -ersatzpflanzung

Quantitativer Nutzen

Abbildung 31 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzeneffekte für Baumerhalt vs. Baumeratzpflanzung. Im Vergleich führt der Erhalt eines gesunden Bestandsbaumes für die einzelnen einbezogenen Nutzenfaktoren jeweils zur vollen Punktzahl. Die Baumfällung mit Ersatzpflanzung erhält hingegen jeweils nur den minimalen Wert. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A3.

		Baumfällung und Ersatzpflanzung in Grünfläche	Erhalt gesunder Bestandsbaum
Szenarien (Quartiersebene)	Thermische Behaglichkeit im Innenraum (PMV) [-]	 1,3	 1,1
	Thermische Behaglichkeit im Außenraum [°C PET]	 36,8	 34,6
Pro Baum	Graue Emissionen [kg CO2-Äquiv.]	 -3.300	 -5.400
	Grünvolumen [m³/m²]	 730	 1.495
	Kohlenstoffspeicherung [kg/a]	 75	 140
	Verdunstungskühlung [kWh/a]	 17.700	 29.400

 Hoher Nutzen (8-10 Punkte)
  Geringer Nutzen (1-3 Punkte)

Abbildung 31: Nutzen von Varianten für Baumerhalt und -ersatzpflanzung

Kosten-Nutzen

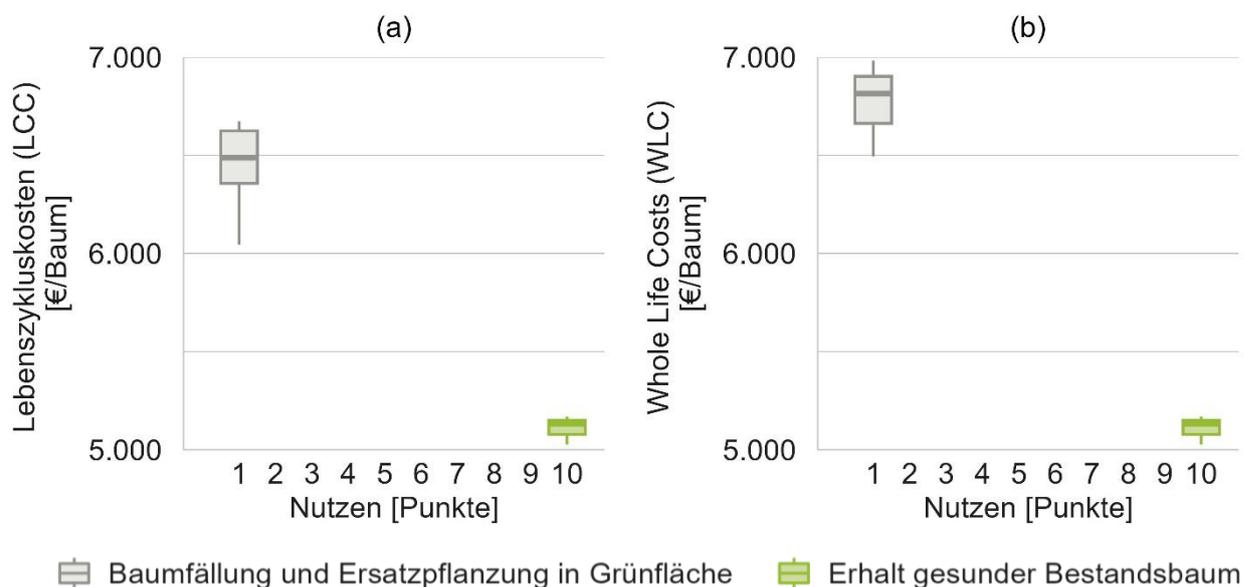


Abbildung 32: Kosten-Nutzen-Bewertung zu Baumerhalt – Lebenszykluskosten pro Baum (a), Whole Life Costs pro Baum (b)

Beide Grafiken in Abbildung 32 zeigen: Der Erhalt des Baumbestands lohnt sich sowohl bei der Betrachtung der Kosten (hier: über den gesamten Lebenszyklus geringere Kosten) als auch in Bezug auf die Nutzeneffekte (insb. aus ökologischer Sicht). Diese Variante ist über den Lebenszyklus von 50 Jahren günstigster als die Baumfällung. Sind keine Baumschutzmaßnahmen notwendig, sind die Kosten noch geringer, da keine Kosten für Fällung und Neupflanzung anfallen. Beim umweltbezogenen und sozialen Nutzen erzielt der Erhalt des Baumbestands die höchste Nutzen-Punktzahl.

Das Ergebnis zeigt: Der Erhalt von Bestandsbäumen im urbanen Umfeld trägt durch deren Verschattungs- und Verdunstungsleistung effektiv zur Kühlung von Quartieren bei, reguliert den lokalen Wasserhaushalt und hat einen spürbaren positiven Einfluss auf das Mikroklima. Eine Ersatzpflanzung in einer Grünfläche benötigt hingegen Jahrzehnte, um die gleichen Leistungen zu erbringen. Abbildung 32 (b) zeigt zudem, dass durch die Baumfällung zusätzliche gesundheitsbezogene Kosten entstehen, wenn die Außenraumtemperatur durch fehlende Verschattung und Kühlung der Bäume ansteigt. Ökonomisch und ökologisch ist daher regelmäßig der Erhalt gesunder Bestandsbäume zu empfehlen. Ist der Baumbestand nur noch bedingt vital oder kann den zukünftigen Folgen des Klimawandels nicht mehr standhalten, so ist eine über Jahrzehnte abschnittsweise Fällung und Ersatzpflanzung einer großflächigen Rodung vorzuziehen.

5.3.2 Baumpflanzung

Kosten

Die Lebenszykluskosten inklusive Umwelt- und Gesundheitskosten für die untersuchten Varianten der Baumpflanzung zeigt Abbildung 33. Bei den Herstellungskosten ist der unterschiedliche Bedarf an Baums substrat ausschlaggebend. Bei Variante 1 erfolgt keine Standortoptimierung,

dementsprechend ist diese am kostengünstigsten. Bei der Pflanzung nach Variante 2 ist davon auszugehen, dass die Bäume nicht genug wachsen, im Laufe der Zeit ausfallen und ersetzt werden müssen, was zu Wiederherstellungskosten führt. Dadurch steigt die Gesamtsumme. Hinzu kommt die Annahme, dass ein Baum in dieser Variante nicht zu einem Großbaum heranwachsen kann, der kühlt und Schatten spendet. Die Hitzebelastung steigt; gesundheitsbezogene Kosten fallen an. Im Vergleich zu den anderen Varianten verursacht die notwendig gewordene Gebäudekühlung zudem höhere Kosten für den Stromverbrauch. Bei Variante 3 ist bei den Unterhaltskosten der Bewässerungsbedarf maßgebend. Variante 4 ist durch den größten Substratbedarf in der Herstellung am teuersten. Die aufgeführten Herstellungskosten enthalten die Kosten für den Baumstandort (inkl. Baumgrube, Pflanzung und Substrat). Kosten für z. B. Bordsteinkanten sind nicht berücksichtigt. Details zu den Kosten zeigt Anhang A5.

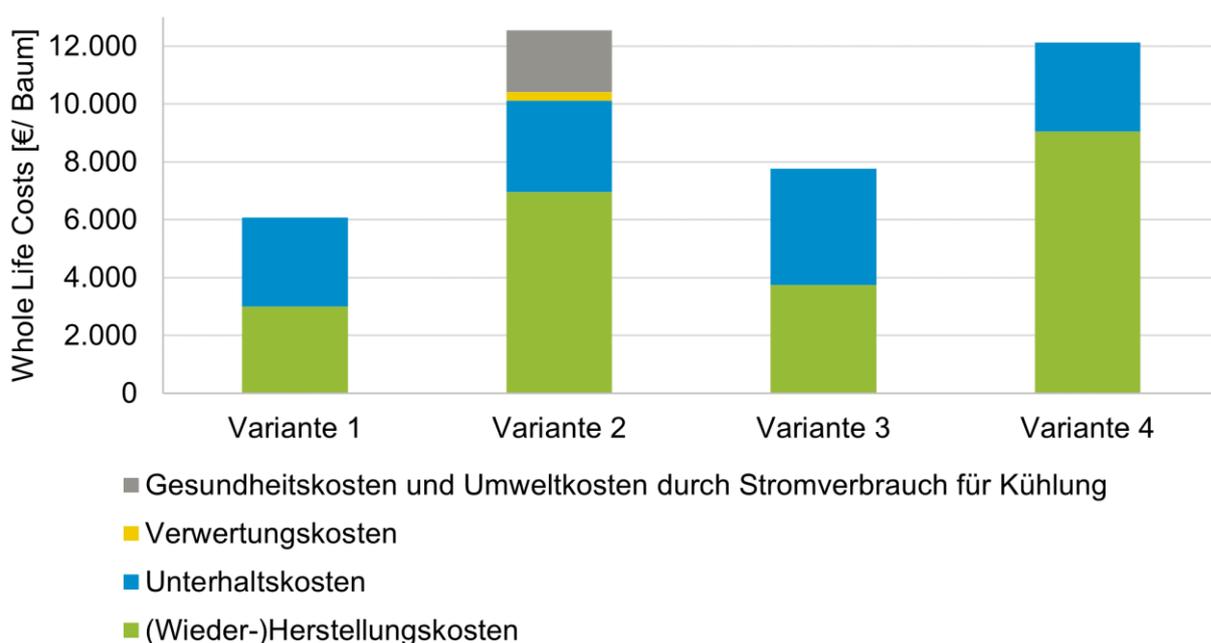


Abbildung 33: Whole Life Costs für Varianten für Baumpflanzungen

Quantitativer Nutzen

Abbildung 34 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzen für Varianten für Baumpflanzungen. Variante 1 in der Grünfläche erbringt den höchsten Nutzen: Der Baum erbringt die besten Ökosystemdienstleistungen wie Kohlenstoffspeicherung, Grünvolumen und Verdunstungskühlung. Bei Variante 2 ist die Annahme, dass er aufgrund schlechter Versorgung nicht zu einem großen Baum heranwächst. Daher ist hier der Nutzen am geringsten. Die Bewässerung (Variante 3) leistet nur ein Minimum für den Erhalt der Vitalität; im Vergleich zur Optimierung des Standortes (Variante 4) ist der Nutzen daher geringer. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Szenarien (Quartiersebene)	Thermische Behaglichkeit im Innenraum (PMV) [-]	+ 1,1	○ 1,4	+ 1,1	+ 1,1
	Thermische Behaglichkeit im Außenraum [°C PET]	+ 34,6	○ 36,2	+ 34,6	+ 34,6
Pro Baum	Graue Emissionen [kg CO ₂ -Äquiv.]	+ -3.300	▽ -1.400	▽ -1.500	○ -2.100
	Grünvolumen [m ³ /m ²]	+ 730	▽ 25	+ 730	+ 730
	Kohlenstoffspeicherung [kg/a]	+ 75	▽ 2	▽ 25	○ 30
	Verdunstungskühlung [kWh/a]	+ 17.700	▽ 1.500	○ 3.400	○ 7.900

+ Hoher Nutzen (8-10 Punkte)
 ○ Mittlerer Nutzen (4-7 Punkte)
 ▽ Geringer Nutzen (1-3 Punkte)

Abbildung 34: Nutzen von Varianten für Baumpflanzungen

Kosten-Nutzen

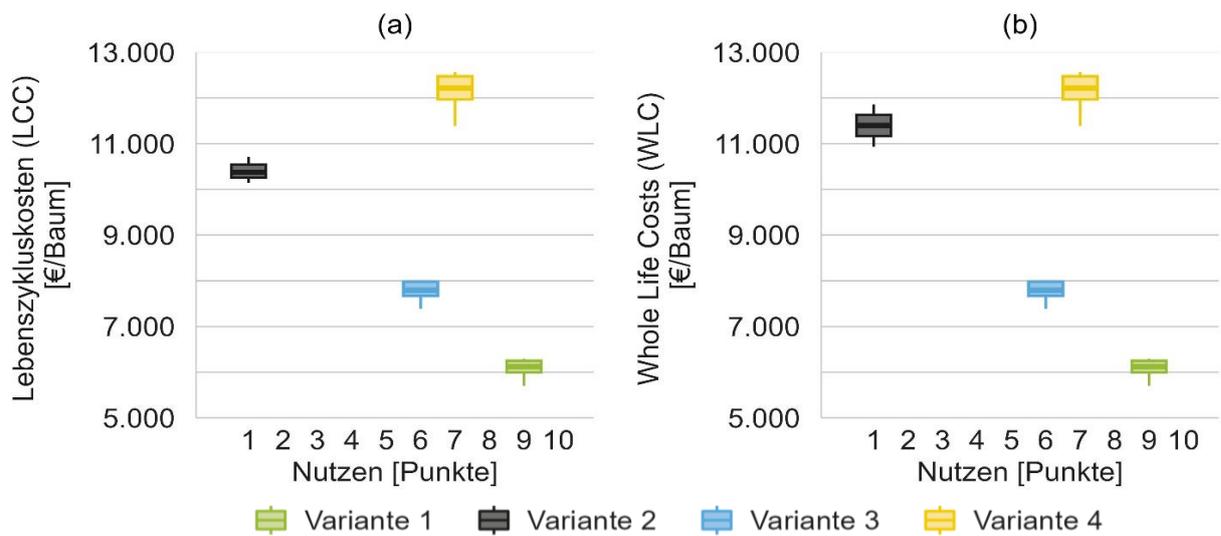


Abbildung 35: Kosten-Nutzen-Bewertung zu Baumpflanzung – Lebenszykluskosten pro Baum (a), Whole Life Costs pro Baum (b)

Standortvorteil in Grünfläche

Variante 1 in einer Grünfläche ist die beste Wahl für einen Baumstandort (Abbildung 35). Bei diesem fallen die geringsten Kosten an; gleichzeitig hat der Baum die besten Voraussetzungen, um zu einem gesunden Großbaum heranzuwachsen.

Einfluss von Standortbedingungen in teilversiegelten Flächen

Variante 2 hat den geringsten Nutzen; er leistet kaum Kühlung und Verschattung. Durch die Ersatzpflanzung im Betrachtungszeitraum verdoppeln sich die (Wieder-)Herstellungskosten im Vergleich zu Variante 1.

Baumpflanzungen in versiegelten Flächen benötigen Maßnahmen, um ein vitales Wachstum zu ermöglichen. Abzuwägen sind eine unterirdische Optimierung des Standorts (Variante 4) oder eine Bewässerung (Variante 3). Eine Standort-Optimierung erhöht die Investitionskosten; eine manuelle Bewässerung hat rund 30 % höhere Bewirtschaftungskosten als der optimierte Standort. Zudem kann eine Bewässerung kaum eine optimale Versorgung eines Großbaumes aufgrund von umsetzbaren Wasser- und ggf. Personalressourcen leisten.

Variante 3 weist (Abbildung 35) einen ähnlichen Nutzen auf wie Variante 4. Jedoch sorgt die angenommene Bewässerung nur für ein Mindestmaß für den Erhalt der Vitalität. Da in den Simulationen, für z. B. die gefühlte Außenraumtemperatur, Variante 3 bezüglich Baumwachstum äquivalent zu Variante 4 angenommen wurde, gilt dieser ähnliche Nutzen unter Vorbehalt.

Auswirkung auf externe Kosten durch unzureichende Standortbedingungen

Die Kosten zwischen LCC-Betrachtung (Abbildung 35 (a)) und WLC-Betrachtung (Abbildung 35 (b)) unterscheiden sich bei Variante 2. Bei dieser kann der Baum nicht zu einem Großbaum heranwachsen und ist zu ersetzen. An Hitzetagen mit Temperaturen über 30 °C können diese Pflanzungen nicht den thermischen Komfort im Außenraum gewährleisten, ihre Verschattungs-, Verdunstungs- und Kühlleistung ist eingeschränkt. Dies wirkt sich direkt auf die Gesundheit der Bevölkerung und somit auf die Gesundheitsausgaben aus (Karlsson und Ziebarth 2018). Daher werden hier Gesundheitskosten als externe Kosten angerechnet. Zudem nimmt die Verschattung von Gebäuden ab. Dies erhöht den Kühlenergieaufwand und somit CO₂-Emissionen. Positive Effekte bleiben aus, dadurch steigen die externen Kosten (Abbildung 35 (b)).

Fazit: Die Pflanzung ist in unversiegelten Standorten am kostengünstigsten. Bäume erbringen dort auch die besten Leistungen. Pflanzungen nach minimalem Standard in teilversiegelten Flächen sind voraussichtlich in Zukunft zu ersetzen. Die fehlende Kühl- und Verschattungsleistung erzeugt zusätzliche externe Kosten, die die Gesellschaft zu tragen hat. Eine Optimierung des Standorts in beengten Stadträumen ist somit trotz erhöhter Kosten zu empfehlen.

5.3.3 Bodenbeläge im Außenraum

Kosten

Abbildung 36 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten Lebenszykluskosten für Bodenbeläge im Außenraum. Die Herstellungskosten enthalten den Unterbau inklusive Aushub und Frostschutzkies und umfassen zudem die Kosten für die Entwässerung von 1 m² Bodenbelag in

einem Mulden-Rigolen-Element mit Kunststofffüllkörper (vgl. Kapitel 5.3.4) unter Berücksichtigung des jeweiligen mittleren Abflussbeiwertes nach DIN 1986-100:2016-12. Bei Asphalt, Rasenfugenstein und Pflaster aus Beton ist eine Erneuerung der Deckschicht nach 35-40 Jahren enthalten. Das Pflaster aus Naturstein hat eine längere Nutzungsdauer und muss im Betrachtungszeitraum nicht erneuert werden (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012). Die mit der Lebenszyklusanalyse (LCA) ermittelten Umweltkosten im Sinne der WLC sind im Verhältnis sehr gering. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

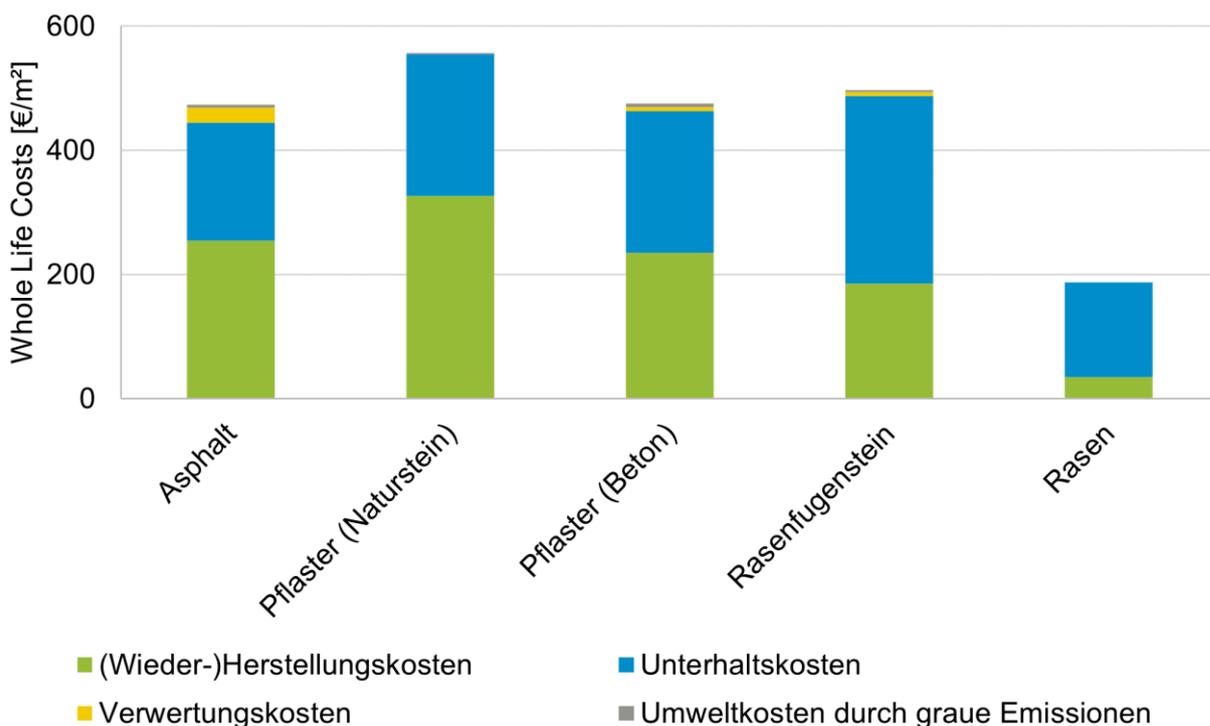


Abbildung 36: Whole Life Costs für Bodenbelägen im Außenraum

Quantitativer Nutzen

Abbildung 37 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzen für Bodenbeläge im Außenraum. Die Ergebnisse der LCA weisen deutlich Unterschiede hinsichtlich des Nutzens auf. Der Pflasterstein aus Beton schneidet zum Beispiel schlechter ab als der Pflasterstein aus Naturstein u. a. aufgrund seiner Materialität. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

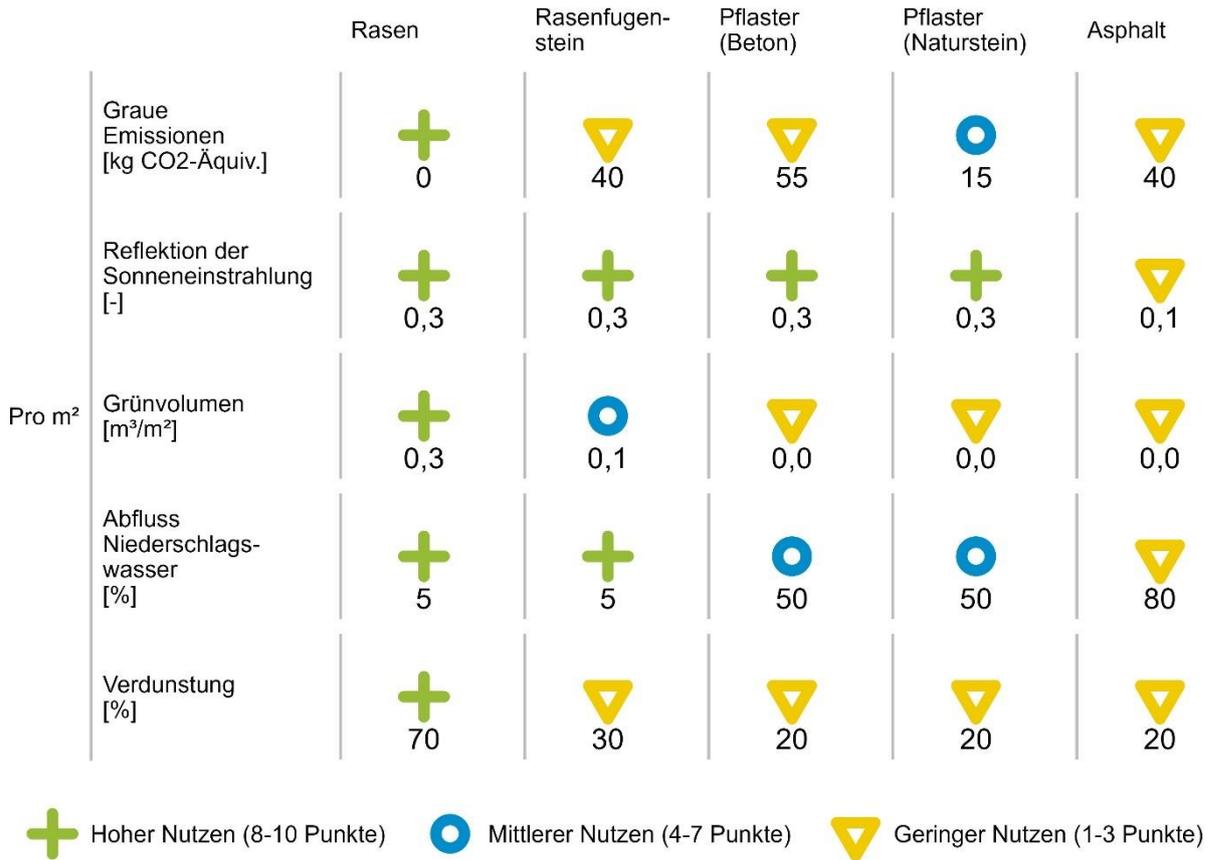


Abbildung 37: Nutzen von Bodenbelägen im Außenraum

Kosten-Nutzen

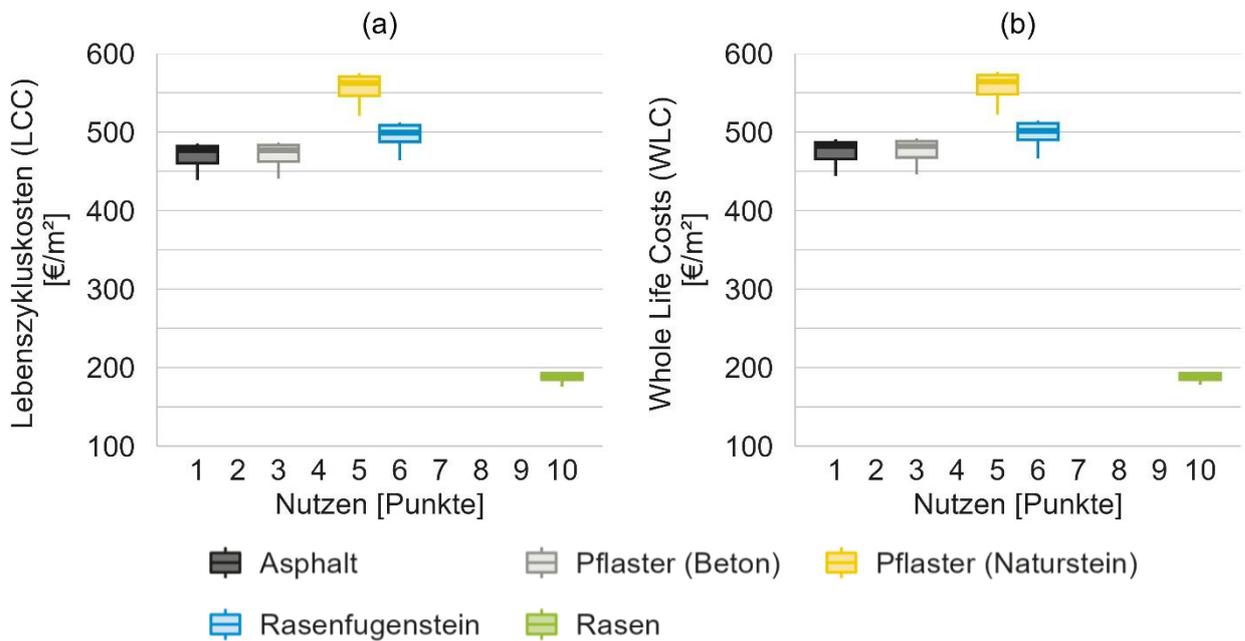


Abbildung 38: Kosten-Nutzen-Bewertung von Oberflächen im Außenraum – Lebenszykluskosten pro m² (a), Whole Life Costs pro m² (b)

Unversiegelte und günstigste Oberfläche mit höchstem Nutzen

Rasen lohnt sich kostentechnisch und ökologisch: Diese Variante ist über den Lebenszyklus von fünfzig Jahren die günstigste. Dies ist auf einen kostengünstigen Einbau - kein Unterbau aus Kies ist notwendig - und geringe jährlichen Folgekosten trotz hohen Aufwands des Mähens zurückzuführen.

Kosten und Nutzen im Kontrast bei befestigten Flächen

Ist eine Befestigung nötig, lässt sich Rasen jedoch nicht verwenden. Bei befestigten Flächen unterscheiden sich Kosten und Nutzen stark. Wie Abbildung 38 (a) und (b) zeigen, steigen die Kosten, wenn auch der Nutzen steigt. Die Einsatzmöglichkeit verschiedener Belagsarten hängt zudem stark von den Rahmenbedingungen ab.

Befestigte Flächen: Abwägung von Kosten und Nutzen

Für Straßen und Verkehrsflächen ist je nach Verkehrsaufkommen und Belastungskategorie nur eine Befestigung mit Asphalt oder Pflastersteinen zulässig. Asphalt und Pflastersteine aus Beton sind über den Lebenszyklus die günstigste Ausführungsart für befestigte Flächen. Werden Hof-, Verkehrs- und Erschließungsflächen als teilversiegelter Bodenbelag ausgeführt, ist der Nutzen deutlich höher. Mit Pflastersteinen aus Beton lässt sich im Gegensatz zu Asphalt Wasser versickern, was sich positiv auf den Wasserhaushalt auswirkt. Der Pflasterstein aus Naturstein ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht äquivalent, jedoch ca. 20 % teurer. Im Vergleich zum Pflasterstein aus Beton ist sein CO₂-Fußabdruck geringer. Aufgrund seiner hohen Qualität muss er im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren auch nicht erneuert werden. Dadurch ist der Gesamtnutzen höher. Rasenfugensteine sind aufgrund funktionaler Anforderungen für Verkehr und Barrierefreiheit nicht überall einsetzbar, bieten durch ihren vergleichsweise hohen Fugenanteil aber hohen Nutzen. Bauherr:innen müssen mit ca. 7% höheren Kosten gegenüber Asphalt rechnen.

Ein teilversiegelter Bodenbelag muss also, je nach Ausführungsart, nicht zwingend mehr kosten als Asphalt. Das Material von Bodenbelägen hat einen großen Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck und den Wasserhaushalt, was bei der Auswahl zu berücksichtigen ist. Ist eine Befestigung nicht zwingend notwendig, bietet Rasen den höchsten Nutzen bei gleichzeitig geringsten Kosten.

Geringer Einfluss auf Umweltkosten

Die zwei Kosten-Nutzen-Grafiken in Abbildung 38 sind nahezu gleich. Die Umweltkosten für die Belagsvarianten fallen nicht ins Gewicht, da pro m² nur zwischen 27 kg (Asphalt) und 9 kg (Natursteinpflaster) CO₂ in der Herstellung ausgestoßen werden. Dadurch wirkten sich die externen Kosten nicht maßgebend auf die Kosten der Belagsvariante im Lebenszyklus (Abbildung 38 (b)) aus. Die Umweltkosten betragen im Durchschnitt rund 1 Prozent des Nettobarwerts der WLC.

5.3.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

Im Fokus einer wasserbewussten Siedlungsplanung steht die dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser, beispielsweise durch Verdunstung und Versickerung. Oberirdische Versickerungsanlagen sind daher unterirdischen vorzuziehen, da sie zusätzlich zur Versickerung auch Verdunstung ermöglichen und mehr zum Erhalt des natürlichen lokalen Wasserhaushalts beitragen. Begrünte Versickerungsanlagen bieten bedeutende Synergien in Bezug auf

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

Hitzeprävention, Artenvielfalt, Verschönerung des Stadtbildes und Verbesserung der Aufenthaltsqualität. Eine solche naturnahe Regenwasserbewirtschaftung ist jedoch von Anfang an in die Gestaltung von Freiflächen zu integrieren.

Kosten

Die lebenszyklusbasierten Kosten für die Varianten der Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung pro m² angeschlossener Fläche zeigt (Abbildung 39): Die Versickerungsmulde mit Grasbepflanzung ist das kostengünstigste System unter der Voraussetzung, dass gute Bodenverhältnisse vorliegen und kein Bodenaustausch notwendig ist. Die Summe aus Herstellungs- und Unterhaltskosten ist beim Mulden-Rigolen-Element und beim Rigolen-Element ähnlich. Bei den Varianten der Rigolen-Elemente fallen durch die schlechte Ökobilanz sehr hohe Umweltkosten in Sinne der WLC an. Grund dafür sind energieaufwändige Prozesse wie die Förderung, das Waschen und das Sortieren von Kies. Details zu den Kosten zeigt Anhang A5.

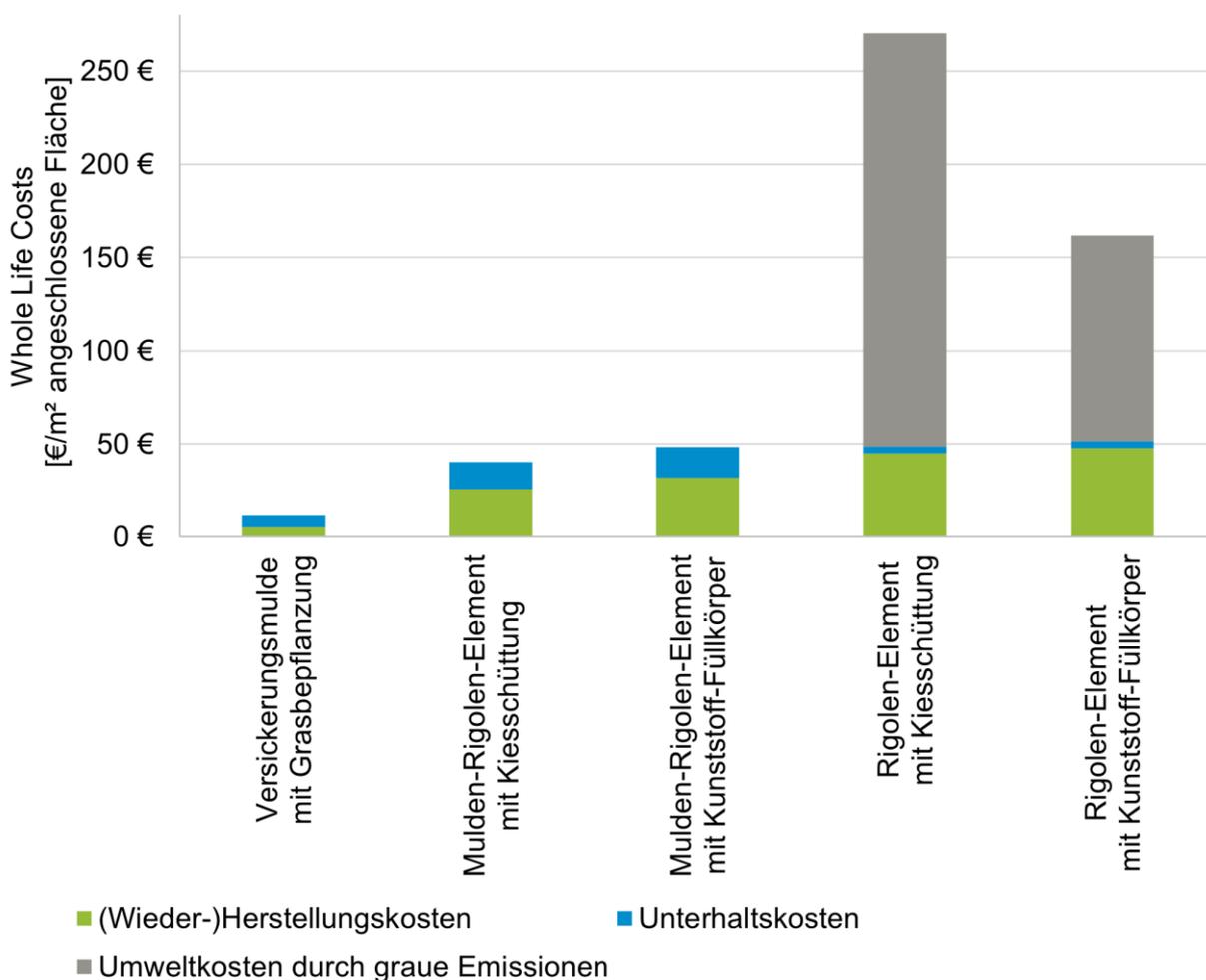


Abbildung 39: Whole Life Costs für Anlagen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

Quantitativer Nutzen

Abbildung 40 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzen für Anlagen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung. Die drei oberirdischen

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

Varianten leisten zusätzlich Verdunstung und haben daher aus wasserwirtschaftlicher Sicht einen höheren Nutzen. Auch in der LCA schneiden sie deutlich besser ab als die Rigolen-Elemente. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

		Mulden-Rigolen-Element		Rigolen-Element		Versickerungsmulde
		Kies-schüttung	Kunststoff-füllkörper	Kies-schüttung	Kunststoff-füllkörper	
Pro m ²	Verdunstung [%]	 17	 17	 0	 0	 17
Pro Maßnahme (600 m ² angeschlossene, undurchlässige Fläche)	Graue Emissionen [kg CO ₂ -Äquiv.]	 900	 -450	 3.450	 1.500	 -450

 Hoher Nutzen (8-10 Punkte)
  Mittlerer Nutzen (4-7 Punkte)
  Geringer Nutzen (1-3 Punkte)

Abbildung 40: Nutzen von Systemen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

Kosten-Nutzen

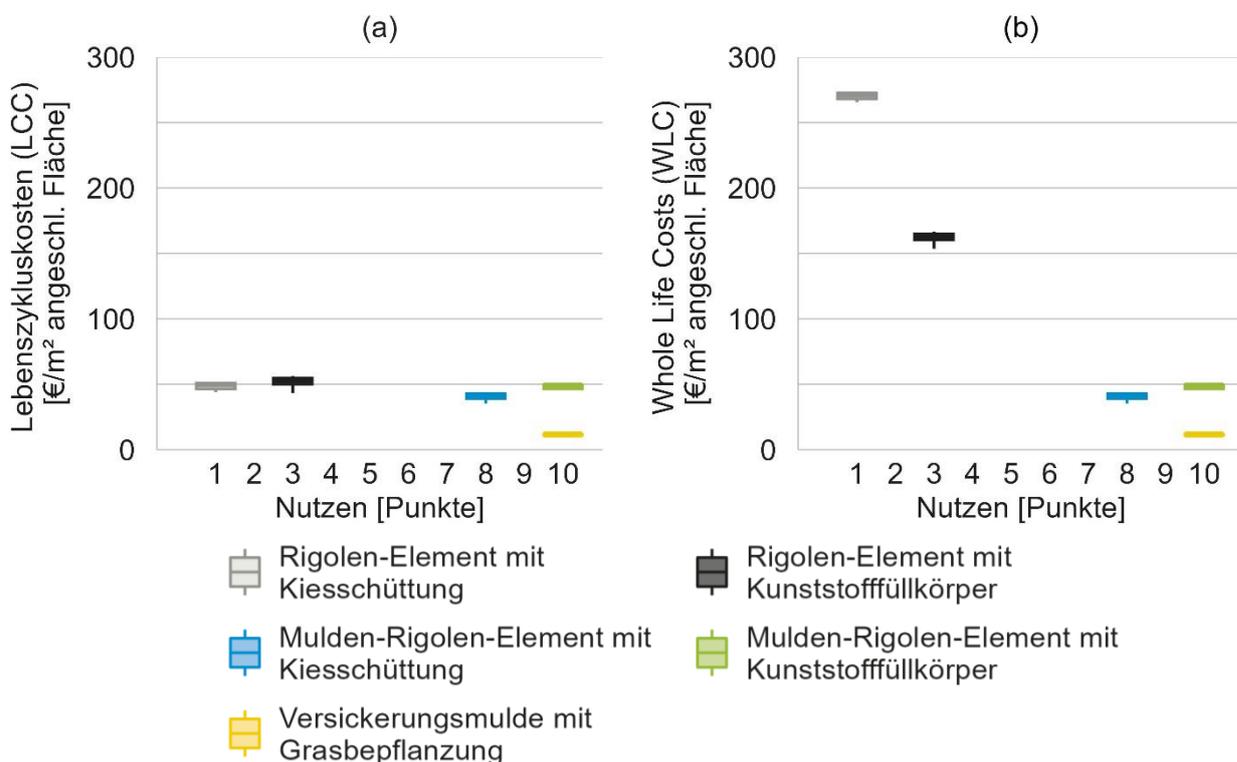


Abbildung 41: Kosten-Nutzen-Bewertung von Systemen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung – Lebenszyklus-kosten pro m² angeschlossener Fläche (a), Whole Life Costs pro m² angeschlossener Fläche (b). Hinweis: Versickerungsmulden haben andere Standortbedingungen als Mulden-Rigolen-Elemente oder Rigolen-Elemente

Versickerungsmulde mit Grasbepflanzung als günstigste Option

Die Versickerungsmulde mit Grasbepflanzung weist die geringsten Kosten auf, wie Abbildung 41 (a) und (b) verdeutlichen. Sie benötigt jedoch eine höhere Bodendurchlässigkeit als andere Systeme und ist folglich nicht überall einsetzbar. Im Sinne der WLC fallen durch die Versickerungsmulde keine zusätzlichen Umweltkosten an, da die LCA keine CO₂-Emissionen aufweist.

Varianten bei geringerer Bodendurchlässigkeit

Sind die Ausgangsbedingungen für eine Versickerungsmulde nicht gegeben, können Mulden-Rigolen-Elemente oder Rigolen-Elemente zum Einsatz kommen. Deren Kosten sind allerdings über den Lebenszyklus höher.

Unterschiedliche Nutzen bei ähnlichen Kosten für Bauherr:innen

Für Bauherr:innen sind die Kosten für beide Anlagentypen jeweils mit Kiesschüttung oder Kunststoff-Füllkörper pro m² angeschlossener Fläche etwa fünfmal so hoch wie die einer Versickerungsmulde. Im Vergleich zu Rigolen-Elementen ist der Nutzen von Mulden-Rigolen-Elementen durch die Verdunstungskomponente höher, da diese zum Erhalt des naturnahen lokalen Wasserhaushalts beitragen. Die Kiesschüttung ist im Nutzen geringer eingestuft als der Kunststoff-Füllkörper, da ihre Ökobilanz pro m² angeschlossener Fläche schlechter ist. Dies ist darauf

zurückzuführen, dass der Abbau von Kies hohe CO₂-Emissionen bewirkt. Zudem weist die Kiesschüttung einen geringeren Hohlraumanteil auf, wodurch ein größeres Rigolenvolumen und damit mehr Erdaushub für die gleiche angeschlossene Fläche nötig ist.

Höhere gesellschaftliche Kosten für Rigolen-Elemente

Der CO₂-Fußabdruck von Rigolen-Elementen ist höher als der von Mulden-Rigolen-Elementen, da mehr Erdaushub und Füllkörpermateriale benötigt wird. Bei Mulden-Rigolen-Elementen werden, genauso wie bei Versickerungsmulden, große Mengen von Substrat für Deckschichten verwendet. Diese verbessern die Ökobilanz der Maßnahmen. Abbildung 41 (b) zeigt, dass die gesellschaftlichen Kosten von Rigolen-Elementen in Form von Umweltkosten daher deutlich höher sind als die der anderen untersuchten Anlagen zur Vor-Ort-Versickerung. Die Kosten für das Rigolen-Element mit Kiesschüttung inklusive der gesellschaftlichen Kosten sind ca. fünfmal so hoch wie die reinen Lebenszykluskosten für Bauherr:innen. Beim Rigolen-Element mit Kunststoff-Füllkörper sind die Kosten ca. dreimal so hoch.

Folglich sind Mulden-Rigolen-Elemente mit Kunststoff-Füllkörpern bei schlecht versickerungsfähigem Untergrund aus CO₂-bilanzieller, gesellschaftlicher und wasserwirtschaftlicher Perspektive die beste Option. Auswirkungen auf die direkte Umwelt, z. B. in Bezug auf Ausbau und Recycling, müssen geprüft und auf ein Minimum reduziert werden.

5.3.5 Dachbegrünung

Kosten

Abbildung 42 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten Kosten für Varianten der Dachbegrünung pro m². Die Kosten beziehen sich auf die reinen Dachaufbauten ohne ggf. statischen Mehraufwand am Gebäude. Das Kiesdach ist in der Herstellung günstiger als das extensive Gründach. Es muss jedoch nach 15 Jahren erneuert werden, weshalb die Summe der (Wieder-)Herstellungskosten höher ist. Die Herstellungskosten für alle Dachvarianten enthalten die Kosten für eine Bewirtschaftung des abfließenden Niederschlagswassers von 1 m² Dachfläche in einem Mulden-Rigolen-Element mit Kunststofffüllkörper (vgl. Kapitel 5.3.4) unter Berücksichtigung des jeweiligen Abflussbeiwertes. Die Unterhaltskosten der Varianten mit PV-Anlage sind negativ, da unter Annahme heutiger Randbedingungen die Nutzung oder Einspeisung des erzeugten Stroms zu Einsparungen oder Gewinnen führt. Diese können, je nach zu erwartender Einspeisevergütung, auch von der nachfolgenden Darstellung abweichen. Details zu den Kosten zeigt Anhang A5.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

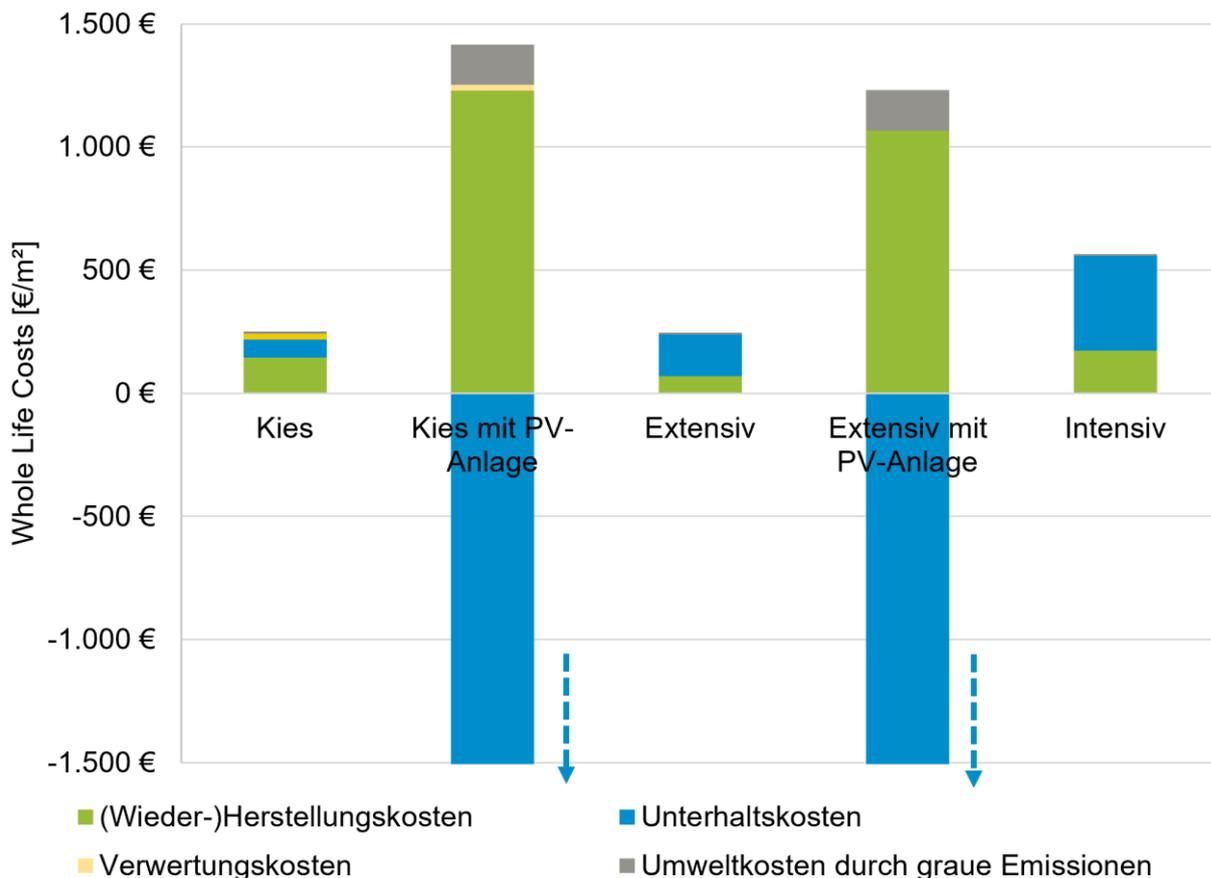


Abbildung 42: Whole Life Costs von Varianten der Dachbegrünung

Quantitativer Nutzen

Abbildung 43 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzen für Varianten der Dachbegrünung. Das intensive Gründach bietet den höchsten Nutzen, da es das meiste Grünvolumen bietet und am meisten Niederschlagswasser zurückhalten kann. Bezüglich der LCA schneiden die beiden Varianten mit PV am besten ab, da Emissionseinsparungen gegengerechnet werden und der solare Gewinn somit einen positiven Effekt aufweist. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

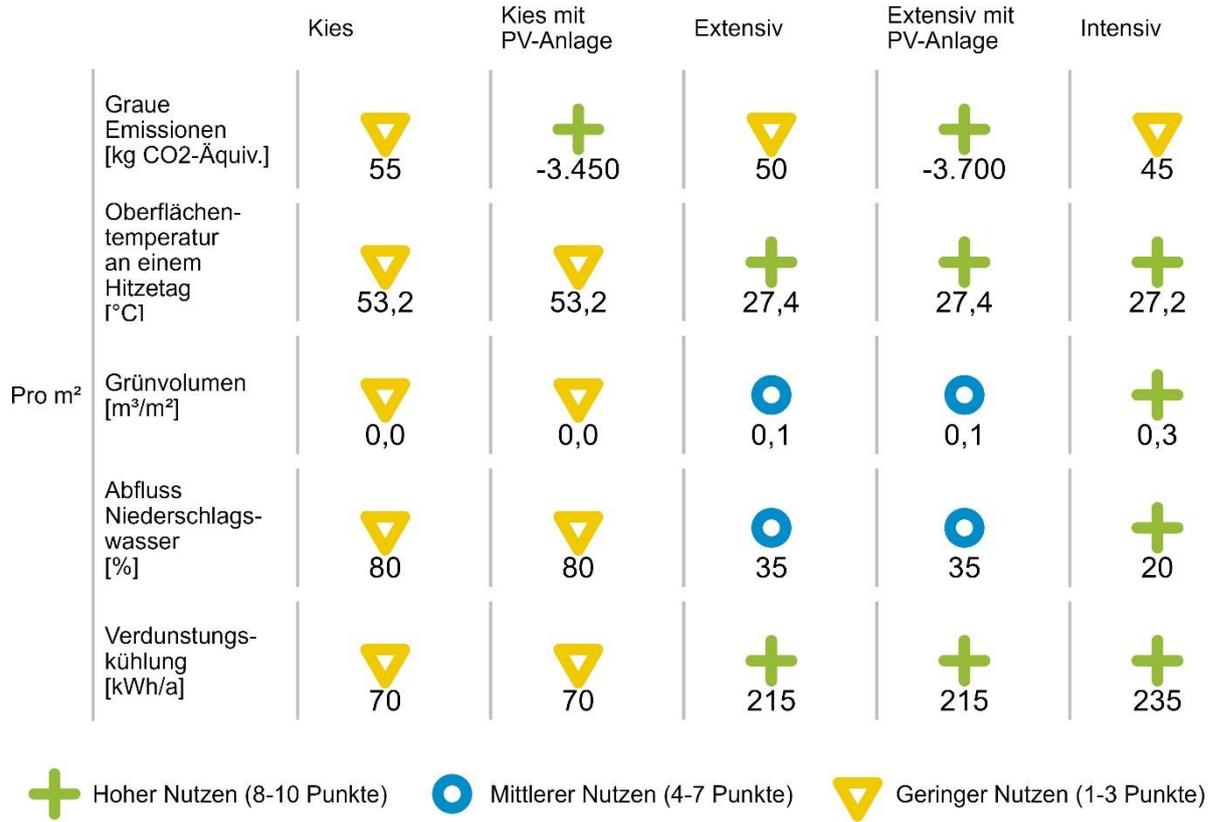


Abbildung 43: Nutzen von Varianten der Dachbegrünung

Kosten-Nutzen

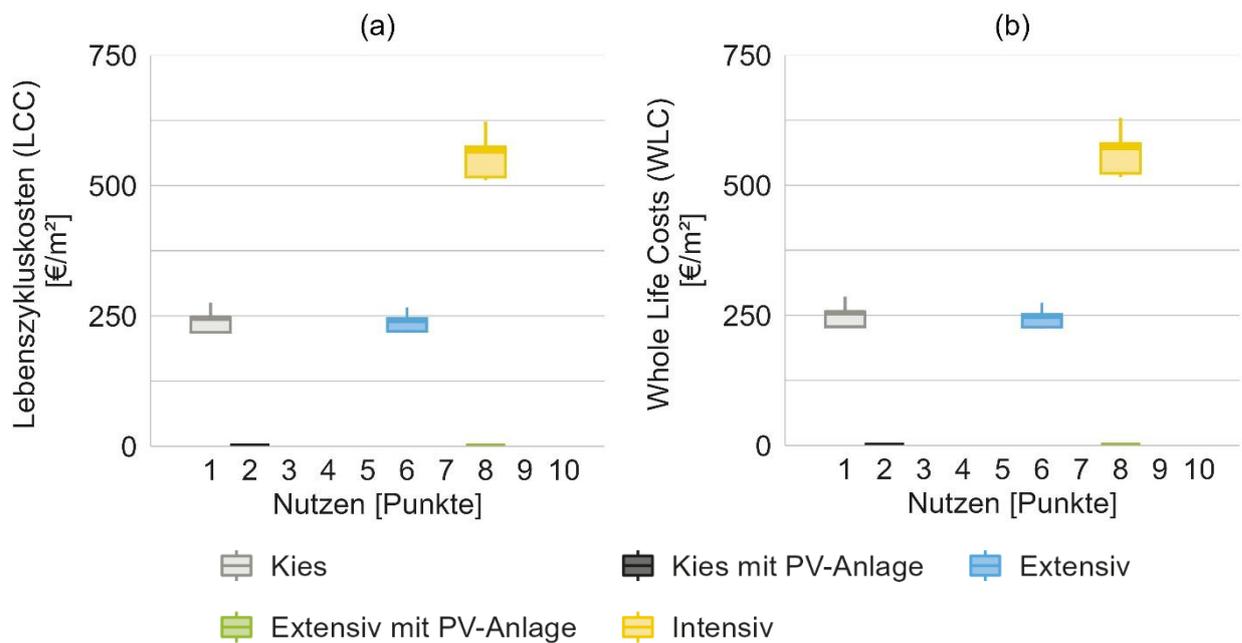


Abbildung 44: Kosten-Nutzen-Bewertung von Dachbegrünung – Lebenszykluskosten pro m² (a), Whole Life Costs pro m² (b)

Extensive Dachbegrünung mit PV als beste Option

Die Kosten-Nutzen Bewertung (vgl. Abbildung 44) zeigt: Eine extensive Dachbegrünung mit PV als klimagerechte Maßnahme lohnt sich im Vergleich zu einer konventionellen Maßnahme (Kiesdach ohne PV) wirtschaftlich, gesellschaftlich und ökologisch. Der Nutzen der Dachbegrünung ist deutlich höher als der unbegrünter Dächer. Durch die Stromerzeugung mit PV trägt sich diese Investition schon nach wenigen Jahren.

Rechnet man den PV erzeugten Strom in einen Geldwert um, sind Einnahmen über den Lebenszyklus zu verzeichnen. Die Lebenszykluskosten von extensiver Begrünung und Kiesdach sind in etwa gleich. Dabei ist zu beachten, dass Kiesdächer schon nach 25 Jahren erneuert werden müssen, Gründächer müssen im Betrachtungszeitraum nicht erneuert werden.. Durch den höheren Nutzen der extensiven Dachbegrünung ist diese zu bevorzugen.

Intensive Dachbegrünung mit hohem Nutzen und hohen Kosten

Intensive Dachbegrünungen sind mit höheren Kosten und Anforderungen an das Tragwerk und die Pflege verbunden. Jedoch kann durch die Zunahme von Trocken- und Hitzeperioden die Wahl einer intensiven Dachbegrünung sinnvoll sein: Die dickere Substratschicht kann mehr Wasser für die Pflanzen speichern. Dies kann insbesondere in heißen und trockenen Sommern von Vorteil sein, um die Pflanzen vor dem Vertrocknen zu bewahren ohne auf eine aufwändige Bewässerung angewiesen zu sein.

Externe Kosten fallen nicht ins Gewicht

Abbildung 44 (a) und (b) unterscheiden sich kaum; die Umweltkosten haben also keine maßgebende Auswirkung. Die Umweltkosten resultieren aus der LCA-Berechnung, deren Ergebnisse sich zwischen den untersuchten Varianten kaum unterscheiden. Der Grund dafür ist, dass der Dachaufbau der Varianten größtenteils identisch ist (Stahlbetonplatte, Dämmung, Abdichtung) und sie sich nur durch die Substrat- bzw. Kiesschicht unterscheiden.

5.3.6 Fassadenbegrünung

Kosten

Abbildung 45 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten Kosten für Varianten der Fassadenbegrünung pro m² Fassade. Hierbei ist eine Kletterpflanze mit Wurzelraum und Substrat sowie einer Rankhilfe kalkuliert. Bei einer Fassade ohne Begrünung fallen keine Herstellungs- und Nutzungskosten an; sie ist daher nicht abgebildet. Die Unterhaltskosten hängen stark vom verfügbaren Wurzelraum ab, da eine Bewässerung hohe laufende Kosten erzeugt. Fachpersonal benötigt einen Hubsteiger für die Pflege. Die Umweltkosten sind bei allen Varianten verschwindend gering. Details zu den Kosten zeigt Anhang A5.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

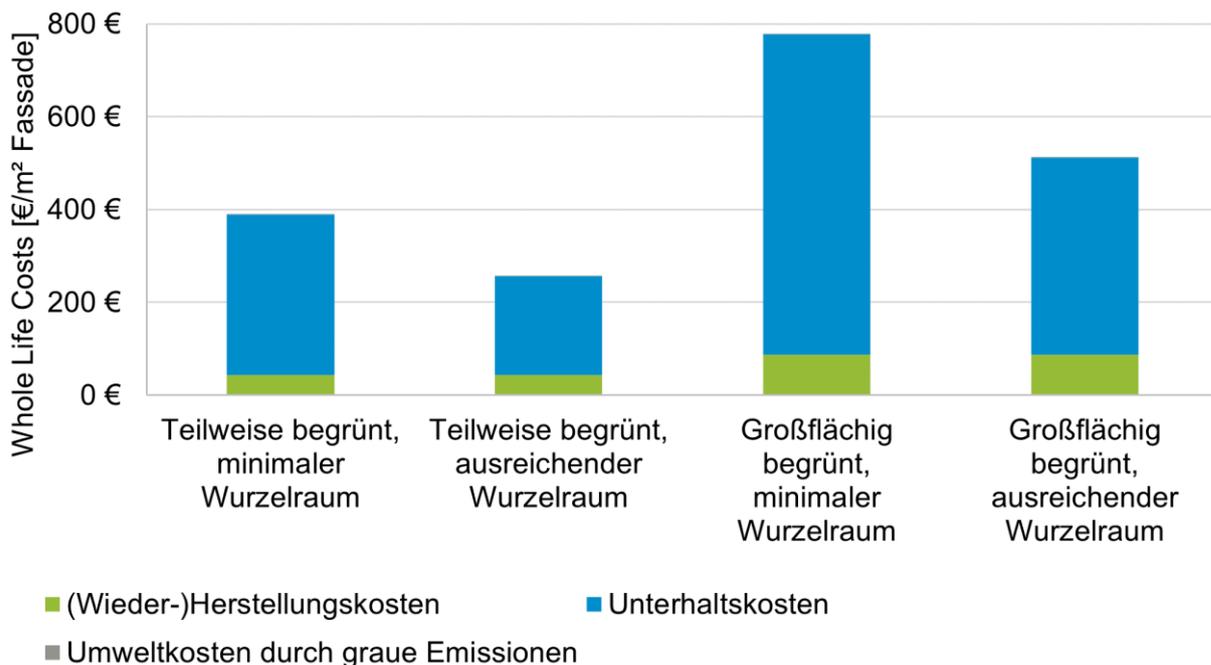


Abbildung 45: Whole Life Costs von Varianten für Fassadenbegrünung

Quantitativer Nutzen

Abbildung 46 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten quantitativen Nutzen für Varianten der Fassadenbegrünung. Es zeigt sich, dass die Verdunstungskühlung stark vom verfügbaren Wurzelraum und damit der Wasserverfügbarkeit abhängt. Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

			Großflächig begrünt		Teilweise begrünt	
		Ohne Begrünung	Ausreichender Wurzelraum	Minimaler Wurzelraum	Ausreichender Wurzelraum	Minimaler Wurzelraum
Pro m ² Fassade	Oberflächentemperatur an einem Hitzetag um 14 Uhr [°C]	56	38	38	38	38
	Grünvolumen [m ³ /m ²]	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1
	Verdunstungskühlung [kWh/a]	0	60	15	30	10
Szenarien (Gebäudeebene)	Median-Wert der Gebäudeinnentemperatur an einem Hitzetag [°C]	25,8	25,2	25,2	25,5	25,5

Hoher Nutzen (8-10 Punkte)
 Mittlerer Nutzen (4-7 Punkte)
 Geringer Nutzen (1-3 Punkte)

Abbildung 46: Nutzen von Varianten für Fassadenbegrünung

Kosten-Nutzen

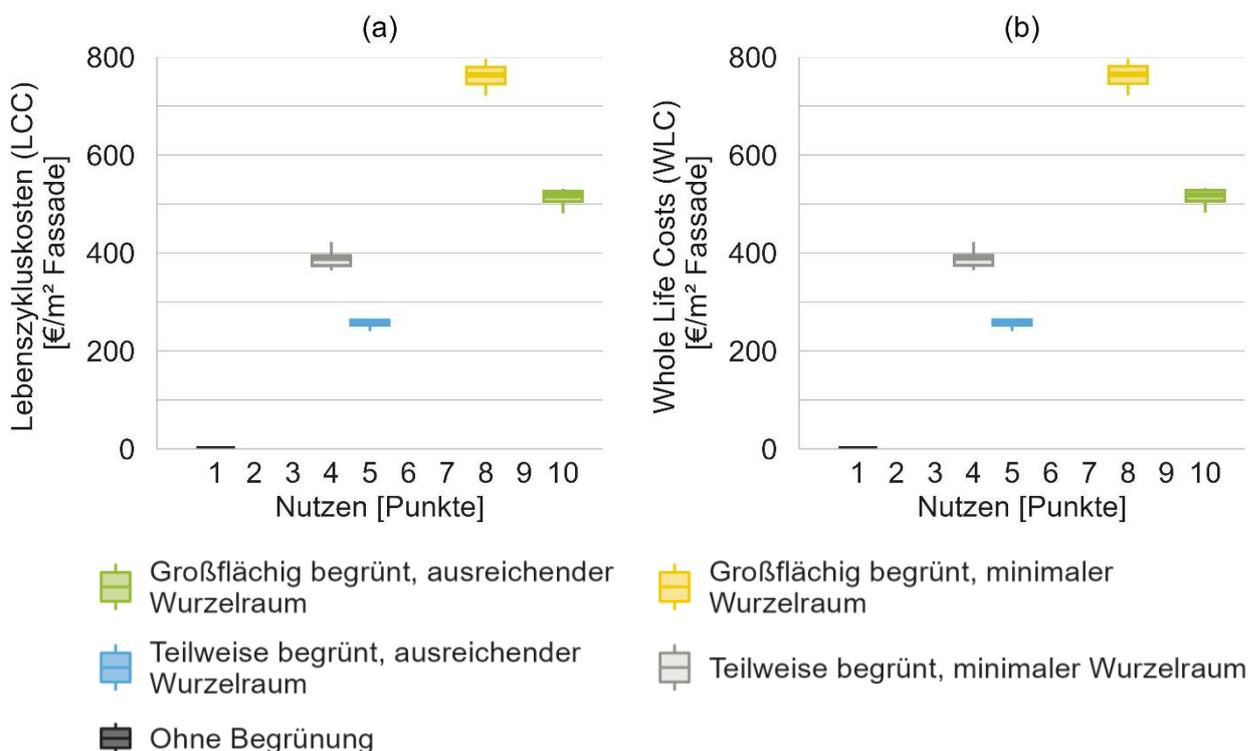


Abbildung 47: Kosten-Nutzen-Bewertung von Fassadenbegrünung – Lebenszyklus-kosten pro m² Fassade (a), Whole Life Costs pro m² Fassade (b)

Hinweis Wurzelraum: Die notwendige Größe des Wurzelraums für Kletterpflanzen variiert je nach Standort, Bodengegebenheiten und Exposition. Bei nicht ausreichendem unversiegelten Wurzelraum fallen Kosten für Bewässerung an.

Ausreichend Wurzelraum beachten

Die Größe des Wurzelraums wirkt sich erheblich auf die Kosten aus (vgl. Abbildung 47). Ist nicht ausreichend Wurzelraum vorhanden, fallen hohe Kosten für die Bewässerung an. Daher führt es zu einer Kostenersparnis von ca. einem Drittel, wenn ausreichender Wurzelraum und somit Wasserverfügbarkeit gewährleistet wird.

Mehr Begrünung führt zu mehr Nutzen

Für eine großflächige Fassadenbegrünung sind die Kosten pro m² Fassade ca. doppelt so hoch wie bei der teilweise begrünnten Fassade. Zu beachten ist, dass der Nutzen steigt, je mehr Begrünung an einer Fassade vorhanden ist. Durch mehr Grünvolumen steigt in Abhängigkeit des Wasserangebots die Verdunstungskühlung und die durchschnittliche Oberflächentemperatur sinkt.

Geringer Einfluss externer Kosten auf die Wirtschaftlichkeit

Abbildung 47 (a) und (b) sind nahezu gleich. Der CO₂-Fußabdruck der Fassadenbegrünungskonstruktion ist gering; daher haben Umweltkosten keine maßgebende Auswirkung auf die WLC (Abbildung 47 (b)). Eine Fassadenbegrünung liefert viele nicht monetarisierbare Nutzen wie eine erhöhte Aufenthaltsqualität und Lebensraum für Tiere und damit einen Beitrag zum Artenschutz.

Förderung prüfen

Fassadenbegrünungen haben einen hohen gesellschaftlichen und ökologischen Nutzen sowie positive Auswirkungen auf den Innenraumkomfort. Bauherr:innen haben die Kosten im Einzelfall abzuwägen. Der Nutzen sollte das Interesse der Kommunen an Fassadenbegrünungen aufgrund der Steigerung der Artenvielfalt und der Reduktion des Wärmeinseleffekts in Städten wecken. Förderungen sind hier sinnvoll, um den Anreiz für Bauherr:innen zu erhöhen.

5.3.7 Sonnenschutzsysteme

Kosten

Abbildung 48 zeigt die Kosten der Sonnenschutzsysteme im Vergleich zur Variante ohne Sonnenschutz über den Lebenszyklus. Die Kosten werden pro Sonnenschutz je Fenster angegeben, die untersuchten Fenstergrößen liegen zwischen 1 m² und 2 m². Die Unterhaltskosten beziehen sich bei der Variante ohne Sonnenschutz lediglich auf den Mehraufwand an Kühlenergiebedarf des Gebäudes im Vergleich zur Variante mit außenliegendem Sonnenschutz. Unterhaltskosten des außenliegenden Sonnenschutzes fallen für die Reinigung des Systems an. Die (Wieder-) Herstellungskosten der innenliegenden Verdunkelung sind höher als beim außenliegenden Sonnenschutz, da sie im Betrachtungszeitraum häufiger zu ersetzen sind. Details zu den Kosten zeigt Anhang A4.

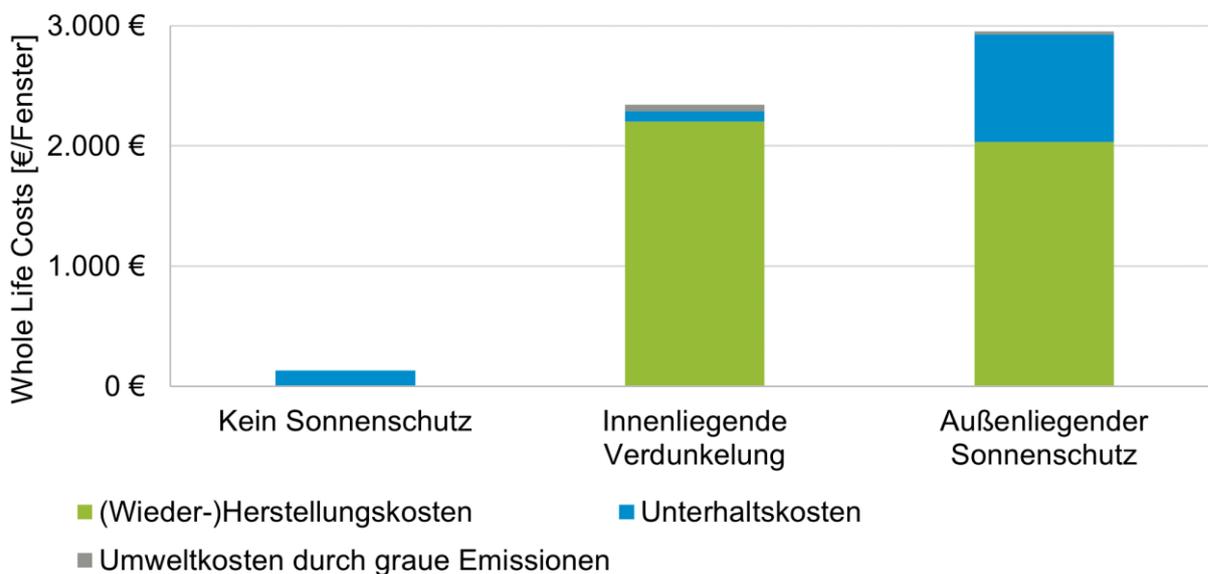


Abbildung 48: Whole Life Costs von Varianten für Sonnenschutz

Quantitativer Nutzen

Die ermittelten Nutzen für die Varianten der Sonnenschutzsysteme zeigt Abbildung 49. Die innenliegende Verdunkelung hat eine schlechtere Ökobilanz als der außenliegende Sonnenschutz, weil sie mehrfach im Betrachtungszeitraum auszutauschen ist. Daher erhält der außenliegende Sonnenschutz mehr Punkte in der Nutzenbewertung (LCA). Details zu den Nutzen zeigt Anhang A4.

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

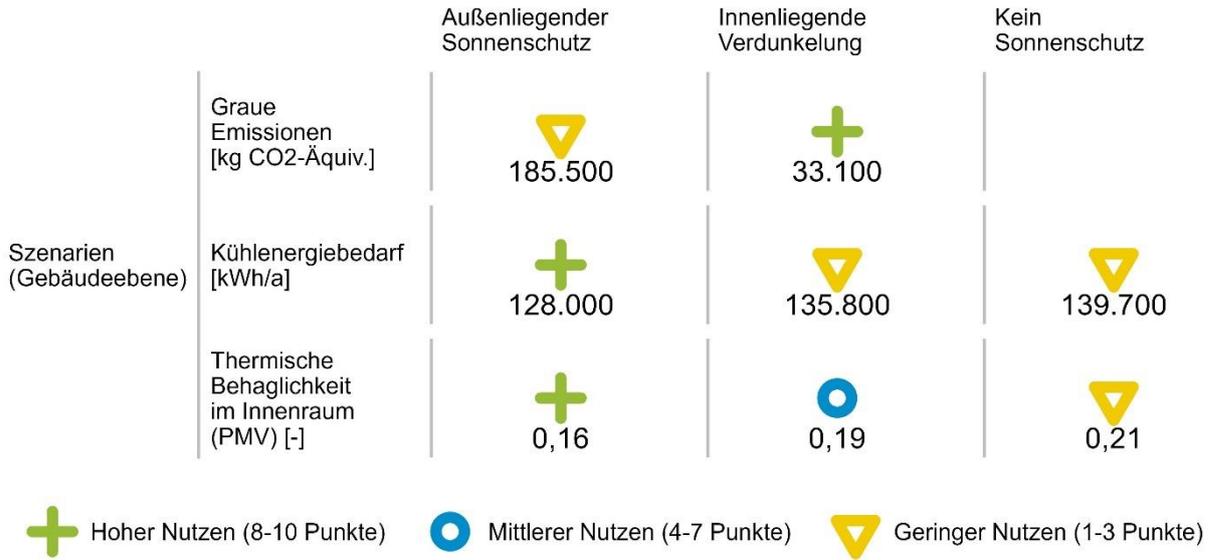


Abbildung 49: Nutzen von Varianten für Sonnenschutz

Kosten-Nutzen

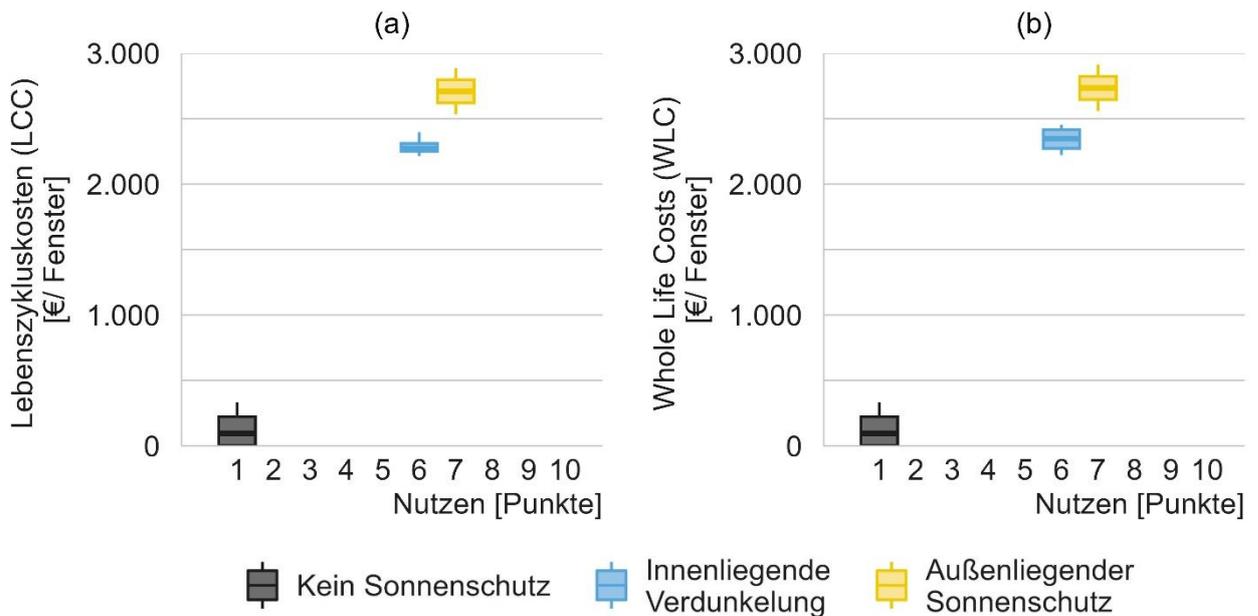


Abbildung 50: Kosten-Nutzen-Bewertung von Sonnenschutz – Lebenszykluskosten pro Fenster (a), Whole Life Costs pro Fenster (b)

Außenliegender Sonnenschutz: praxisbewährt trotz höherer Kosten

Außenliegende Sonnenschutzsysteme haben über den Lebenszyklus die höchsten Kosten (vgl. Abbildung 50). Die innenliegende Verdunkelung ist etwa 20 % günstiger, bietet jedoch auch einen deutlich geringeren Nutzen, da sie einfallende Solarstrahlung nicht reduziert. Der Einsatz außenliegender Sonnenschutzsysteme hat sich in der Baupraxis bewährt. Bauherr:innen sind bereit, höhere Kosten über den Lebenszyklus hinweg zu tragen, um Komfort im Innenraum zu gewährleisten und Kühllasten zu reduzieren.

Hoher Einfluss von Umweltkosten

Der Verzicht auf einen Sonnenschutz ist mit sehr geringem finanziellen Nutzen verbunden (vgl. Abbildung 50 (a) und (b)). Die lebenszyklusbasierten Kosten sind nur auf erhöhte Energiekosten für das Kühlen im Gebäude zurückzuführen. Bezieht man externe Kosten mit ein, ergibt sich eine voraussichtliche Nettobarwertbelastung pro m² Fenster von etwa 250 € über einen Lebenszyklus von 50 Jahren. Diese resultiert aus den erhöhten Emissionen aufgrund des verstärkten Kühlaufwandes.

5.4 Zusammenfassung: Ergebnis der Kosten-Nutzen-Bewertung

Abbildung 51 zeigt eine zusammenfassende Bewertung der sieben untersuchten Maßnahmen und deren Ausführungsvarianten. Die Ergebnisse der Kosten (LCC) und der Nutzen werden einem Ampelsystem zugeordnet. Insgesamt lässt sich sagen, dass lebenszyklusbasiert klimagerechte Maßnahmen bezahlbar sind und den höchsten Nutzen haben. Die rechte Spalte (WLC) zeigt, wie viel mehr Kosten anfallen, sofern man externe Effekte, wie Gesundheits- und Umweltkosten, berücksichtigt. Dies ist insbesondere für Kommunen und die öffentliche Hand relevant.

Hinweis zu Abbildung 51:

Kategorisierung der Nutzen in niedriger Nutzen (1 – 3 Punkte), mittlerer Nutzen (4 – 7 Punkte) und hoher Nutzen (8 – 10 Punkte). Kategorisierung der Kosten in niedrige Kosten (< 115 %), mittlere Kosten (115 – 160 %) und hohe Kosten (> 160 %), wobei 100 % die jeweils kostengünstigste Variante ist.

** Potenziell höhere Kosten durch Wiederherstellungs-, Verwertungs- sowie Gesundheits- und Umweltkosten, da die Bewässerung nur ein Mindestmaß für die Vitalität erbringt.*

Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Bewertung von klimagerechten Maßnahmen

	 Kosten (LCC)	 Nutzen	Unterschied durch externe Kosten (WLC)
Baumerhalt			
Erhalt gesunder Bestandsbaum	●	●	-
Baumfällung und Ersatzpflanzung in Grünfläche	●	●	+ 5 %
Baumpflanzung			
Variante 1	●	●	-
Baumpflanzung in befestigten Flächen			
Variante 2	●	●	+ 20 %
Variante 3	* ●	●	-
Variante 4	●	●	-
Bodenbeläge im Außenraum			
Rasen	●	●	-
Befestigte Flächen			
Rasenfugenstein	●	●	-
Pflaster (Beton)	●	●	+ 1 %
Pflaster (Naturstein)	●	●	-
Asphalt	●	●	+ 1 %
Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung			
Gut / durchlässiger Untergrund			
Versickerungsmulde mit Grasbepflanzung	●	●	-
Nicht ausreichend / durchlässiger Untergrund			
Mulden-Rigolen-Element mit Kiesschüttung	●	●	-
Mulden-Rigolen-Element mit Kunststoff-Füllkörper	●	●	-
Rigolen-Element mit Kiesschüttung	●	●	+ 455 %
Rigolen-Element mit Kunststoff-Füllkörper	●	●	+ 214 %
Dachbegrünung			
Kiesdach	●	●	+ 4 %
Kiesdach mit Photovoltaik-Anlage	●	●	- 2 %
Extensiv	●	●	+ 3 %
Extensiv mit Photovoltaik-Anlage	●	●	- 1 %
Intensiv	●	●	+ 1 %
Fassadenbegrünung			
Großflächig begrünt, ausreichender Wurzelraum	●	●	-
Großflächig begrünt, minimaler Wurzelraum	●	●	-
Teilweise begrünt, ausreichender Wurzelraum	●	●	-
Teilweise begrünt, minimaler Wurzelraum	●	●	-
Ohne Begrünung	●	●	-
Sonnenschutzsysteme vor Fensterflächen			
Außenliegender Sonnenschutz	●	●	+ 1 %
Innenliegende Verdunkelung	●	●	+ 2 %
Kein Sonnenschutz	●	●	-

● hohe Kosten / niedriger Nutzen ● mittlere Kosten / mittlerer Nutzen ● niedrige Kosten / hoher Nutzen

Abbildung 51: Überblick über das Gesamtergebnis der Kosten-Nutzen-Bewertung

6 Kernbotschaft

Kommunen, Bauherr:innen und Planende müssen sich auf zukünftig zunehmende Extremwetterereignisse vorbereiten. Dies unterstreicht die essenzielle Bedeutung von klimagerechtem Bauen. Zur Sicherstellung von bezahlbarem Wohnraum ist eine differenzierte Kostenanalyse über den Lebenszyklus, die die verschiedenen Akteure einbezieht, unerlässlich.

Ein interdisziplinärer Ansatz und frühzeitige Planung unter Berücksichtigung standortspezifischer Risiken über die gesamte Nutzungsphase sind entscheidend. Klimagerechte Maßnahmen können durch ihren umweltbezogenen und gesellschaftlichen Nutzen die Folgen des Klimawandels abmildern. Gleichzeitig bieten sie eine Chance zur Transformation der gebauten Umwelt. Frühzeitige Investitionen dienen als präventive Maßnahme und bieten Schutz vor zukünftigen Risiken.

Die wesentlichen Erkenntnisse werden auf der folgenden Seite und in Abbildung 52 zusammengefasst.

In der Broschüre mit dem Titel „Bezahlbar klimagerecht Bauen“ werden die wesentlichen Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen zusammengefasst dargestellt.

Wesentliche Erkenntnisse



Dringlichkeit klimagerechten Bauens

Der Klimawandel und der Rückgang der Biodiversität beschleunigen sich; Extremwetterlagen nehmen zu. Sofortiges Handeln ist geboten!



Projektentwicklungsprozess

Klimagerechte Belange sind frühzeitig in den Projektentwicklungs- und Planungsprozess zu integrieren. Mögliche Förderungen sind dabei zu beachten.



Standortabhängige Planung

Um Klimarisiken berücksichtigen zu können, ist eine standortabhängige Analyse erforderlich. Dies kann langfristig Kosten sparen und Risiken minimieren.



Vernetztes Denken

Interdisziplinäre Planungsteams sind notwendig, um klimagerecht zu planen und wirtschaftlich zu bewerten. Sie decken die Themen Architektur, Freiraumplanung, Regenwassermanagement und Wirtschaftlichkeit ab.



Lebenszyklusbetrachtung

Investitionen in der Gegenwart schützen vor den hohen Folgekosten klimabedingter Extremwetterereignisse. Vor allem Kommunen müssen zudem externe Effekte wie Umwelt- und Gesundheitskosten einbeziehen.



Kosten-Nutzen-Analyse

Eine klassische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis von Kostenfaktoren reicht für eine ganzheitliche Betrachtung klimagerechter Maßnahmen nicht aus. Denn diese bieten gesellschaftliche und ökologische Nutzen im Vergleich zu herkömmlichen Bauweisen. Diese Nutzen müssen mit den Kosten ins Verhältnis gesetzt werden.



CO₂-Emissionen bepreisen

Die Bepreisung von CO₂-Emissionen für Heizen und Kühlen ist heute in Anbetracht der negativen Umweltauswirkungen und der damit verbundenen Schadenskosten noch zu niedrig, wird in Zukunft jedoch an Relevanz gewinnen. Maßnahmen, die CO₂-Emissionen im Betrieb senken, werden dadurch künftig eine hohe Wirtschaftlichkeit aufweisen. Der Verzicht auf die Verbrennung fossiler Energieträgern erscheint dabei zentral.



Wohn- und Lebensqualität steigern

Klimagerechte und biodiversitätsfördernde Maßnahmen können die Wohn- und Aufenthaltsqualität erhöhen. Positive Auswirkungen auf die Vermietbarkeit von Wohnungen, auf den natürlichen Wasserhaushalt und die Biodiversität sind zu erwarten.

Handlungsempfehlungen für Kommunen, Bauherr:innen und Planende auf Basis der Forschungsergebnisse

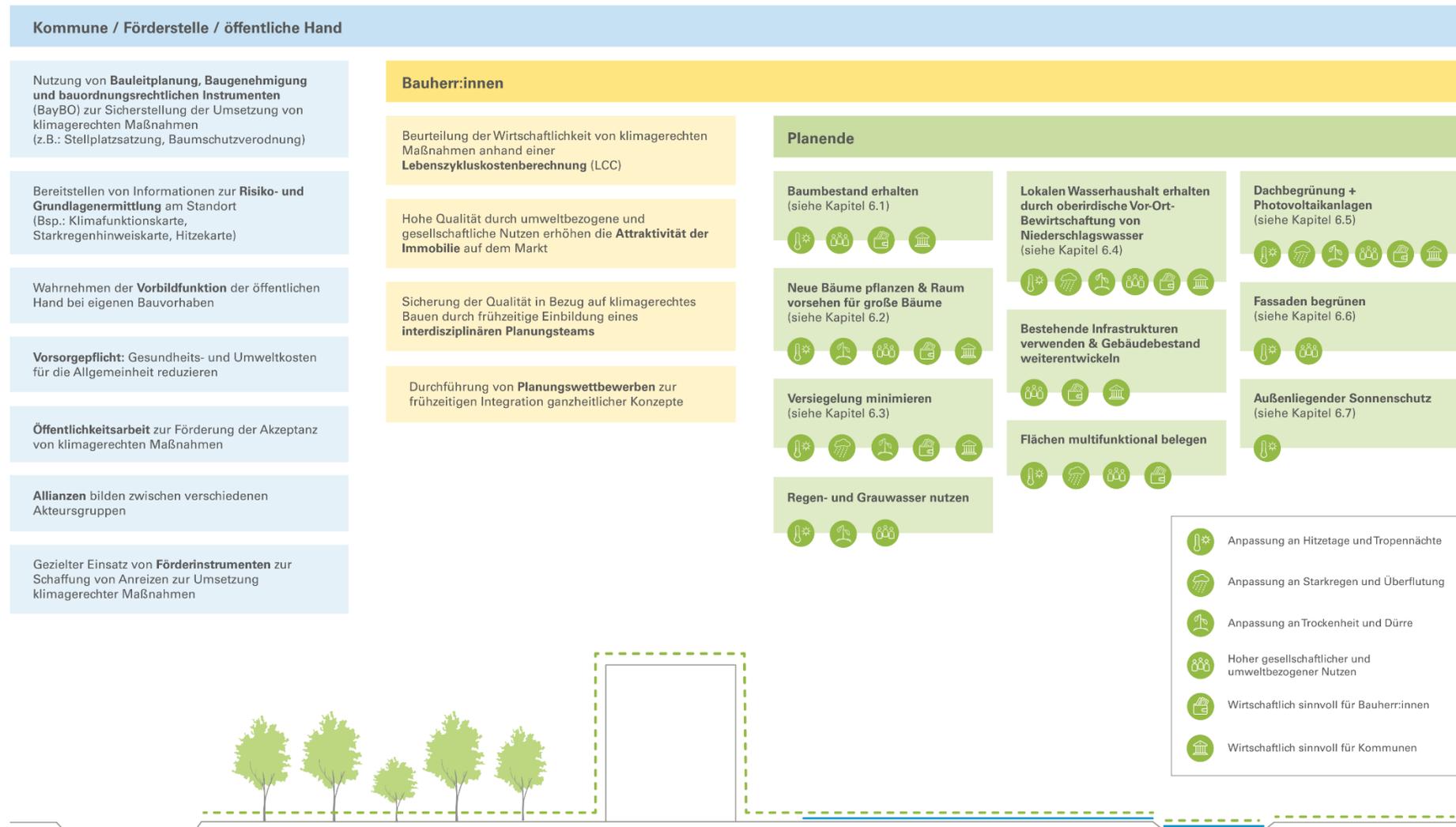


Abbildung 52: Handlungsempfehlungen für Kommunen, Bauherr:innen und Planende auf Basis der Forschungsergebnisse

7 Forschungsausblick

Folgende Aspekte können in zukünftigen Forschungsprojekten, basierend auf den Erkenntnissen dieses Forschungsprojektes, weiter vertieft werden:

- Für eine Kosten-Nutzen-Ermittlung wurden quantitative Nutzen aus den Themenfeldern der grau-grün-blauen Infrastrukturen zu Grunde gelegt. Diese sind um weitere quantitative oder qualitative Nutzenfaktoren erweiterbar. Beispielsweise kann der Radius der positiven Auswirkungen oder der Nutzen für die Gesellschaft noch vertiefter betrachtet werden. Auch qualitative Aspekte wie die Biodiversität sollten vertiefter betrachtet werden.
- Zur Bewertung der externen Kosten wurden Gesundheits- und Umweltkosten ermittelt. Diese sind um weitere Kostenfaktoren, wie durch Schäden von Naturgefahren zu erweitern. Dafür ist es ggf. notwendig, Kosten auf Projekt- oder Nachbarschaftsebene zu betrachten, da diese Ermittlung rein auf Maßnahmenebene kaum möglich ist.
- Die Kosten-Nutzen-Ermittlung kann für weitere Maßnahmen und Varianten, wie beispielsweise die Durchlüftung von Quartieren, durchgeführt werden.
- Die Kosten basieren auf aktuellen Annahmen zur Diskontierung und Inflation. Es ist zu beachten, dass sich die Randbedingungen für die Ermittlung der Werte ändern können.
- Der Umfang und die Qualität der Umsetzung der in den Siegerentwürfen vorgeschlagenen Maßnahmen zum klimagerechten Bauen in weiteren Planungsphasen bedarf weiterer Forschung.
- Die Auswertung der Siegerentwürfe gegenüber den Nicht-Siegerentwürfen kann hilfreich sein, um das Ergebnis der Jury bewerten zu können.
- Monitoring/Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung anhand eines ausgeführten Modellprojektes über die nächsten 50 Jahre

Abkürzungsverzeichnis

BGF	Brutto-Grundfläche
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BRI	Brutto-Rauminhalt
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EU-ETS	EU Emissions Trading System
GFZ	Geschossflächenzahl
GRZ	Grundflächenzahl
GVZ	Grünvolumenzahl
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IPCC	Weltklimarat („Intergovernmental Panel on Climate Change“)
LCA	Lebenszyklusanalyse
LCC	Lebenszykluskostenberechnung
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NPV	Net Present Value
PV	Photovoltaik
RCP	Repräsentative Konzentrationspfade („Representative Concentration Pathways“): Emissionsszenarien für den 5. Sachstandsbericht des IPCC
RPW	Richtlinien für Planungswettbewerbe
WE	Wohneinheit(en)
WLC	Whole Life Costs
WoFIV	Wohnflächenverordnung
ZSK	Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das vernetzte, integrierte Planen zwischen "grau-grün-blau"	5
Abbildung 2: Stand der Modellprojekte, Stand Dezember 2023.....	6
Abbildung 3: Standorte der Modellprojekte in Bayern einschl. Darstellung der Schwerpunktprojekte	7
Abbildung 4: Übersicht Workshops und Zwischenberichte.....	7
Abbildung 5: Vorgehen bei der Wettbewerbsbegleitung	12
Abbildung 6: Kriterien für klimagerechtes Bauen. Die Aufteilung der Themenfelder orientiert sich an der SNAP-Methode	14
Abbildung 7: Integration von klimagerechten Maßnahmen in Projekt- und Planungsprozesse	17
Abbildung 8: Beispielhafte Ziele, Kriterien und Maßnahmen.....	19
Abbildung 9: Ziele, Kriterien und untersuchte Maßnahmen zum klimagerechten Bauen.....	21
Abbildung 10: Beispiel von konventioneller vs. klimagerechter Bauweise.....	22
Abbildung 11: Betrachtungszeiträume für Szenarienbildung.....	23
Abbildung 12: Überblick der ermittelten quantitativen Nutzenfaktoren für die betrachteten Maßnahmen.....	24
Abbildung 13: Modellerstellung LCA: betrachtete Phasen	27
Abbildung 14: LCC-Vergleich zweier Varianten einer Klimaanpassungsmaßnahme.....	31
Abbildung 15: Abgrenzung Whole Life Cost und Life Cycle Cost.....	33
Abbildung 16: Unterteilung der Lebenszykluskosten.....	34
Abbildung 17: Baumstandort in Grünfläche (Variante 1)	42
Abbildung 18: Baumstandort nach aktuellem Minimumpflanzstandard in teilversiegelter Fläche.....	43
Abbildung 19: Optimierter Baumstandort in teilversiegelter Fläche (Variante 4).....	44
Abbildung 20: Regelaufbau Asphalt.....	45
Abbildung 21: Regelaufbau Pflaster, ungebunden, Beton.....	45
Abbildung 22: Regelaufbau Rasenfugenstein	46
Abbildung 23: Regelaufbau extensive Dachbegrünung	48
Abbildung 24: Regelaufbau intensive Dachbegrünung	49
Abbildung 25: Annahmen für Fassadenbegrünung mit minimalen Wurzelraum	50
Abbildung 26: Annahmen für Fassadenbegrünung mit ausreichend Wurzelraum	51
Abbildung 27: Beispielhafte Darstellung des untersuchten Sonnenschutzsystems	52
Abbildung 28: Annahmen zur Simulation des Sonnenschutzes	52
Abbildung 29: Schematische Darstellung der Kosten-Nutzen-Analyse	53
Abbildung 30: Whole Life Costs für Baumerhalt und -ersatzpflanzung.....	54
Abbildung 31: Nutzen von Varianten für Baumerhalt und -ersatzpflanzung	55
Abbildung 32: Kosten-Nutzen-Bewertung zu Baumerhalt	56
Abbildung 33: Whole Life Costs für Varianten für Baumpflanzungen	57
Abbildung 34: Nutzen von Varianten für Baumpflanzungen	58
Abbildung 35: Kosten-Nutzen-Bewertung zu Baumpflanzung.....	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 36: Whole Life Costs für Bodenbelägen im Außenraum.....60

Abbildung 37: Nutzen von Bodenbelägen im Außenraum.....61

Abbildung 38: Kosten-Nutzen-Bewertung von Oberflächen im Außenraum61

Abbildung 39: Whole Life Costs für Anlagen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von
Niederschlagswasser durch Versickerung63

Abbildung 40: Nutzen von Systemen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von
Niederschlagswasser durch Versickerung64

Abbildung 41: Kosten-Nutzen-Bewertung von Systemen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung
von Niederschlagswasser durch Versickerung65

Abbildung 42: Whole Life Costs von Varianten der Dachbegrünung.....67

Abbildung 43: Nutzen von Varianten der Dachbegrünung68

Abbildung 44: Kosten-Nutzen-Bewertung von Dachbegrünung68

Abbildung 45: Whole Life Costs von Varianten für Fassadenbegrünung.....70

Abbildung 46: Nutzen von Varianten für Fassadenbegrünung71

Abbildung 47: Kosten-Nutzen-Bewertung von Fassadenbegrünung72

Abbildung 48: Whole Life Costs von Varianten für Sonnenschutz.....73

Abbildung 49: Nutzen von Varianten für Sonnenschutz74

Abbildung 50: Kosten-Nutzen-Bewertung von Sonnenschutz74

Abbildung 51: Überblick über das Gesamtergebnis der Kosten-Nutzen-Bewertung.....76

Abbildung 52: Handlungsempfehlungen für Kommunen, Bauherr:innen und Planende
auf Basis der Forschungsergebnisse.....79

Abbildung 53: Luftbild Wettbewerbsumgriff Ingolstadt95

Abbildung 54: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Ingolstadt96

Abbildung 55: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Ingolstadt96

Abbildung 56: Luftbild Wettbewerbsumgriff Freising97

Abbildung 57: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Freising98

Abbildung 58: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Freising98

Abbildung 59: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Freising99

Abbildung 60: Luftbild Wettbewerbsumgriff Deggendorf100

Abbildung 61: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Deggendorf100

Abbildung 62: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Deggendorf101

Abbildung 63: Lageplan Siegerentwurf Deggendorf.....101

Abbildung 64: Luftbild Wettbewerbsumgriff Regensburg102

Abbildung 65: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Regensburg103

Abbildung 66: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Regensburg103

Abbildung 67: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Regensburg.....104

Abbildung 68: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff Selb.....105

Abbildung 69: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Selb.....105

Abbildung 70: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Selb106

Abbildung 71: Lageplan und Perspektive Siegerentwurf Selb106

Abbildung 72: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff.....107

Abbildung 73: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Nürnberg108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 74: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Nürnberg.....	108
Abbildung 75: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff.....	109
Abbildung 76: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Schwabach	110
Abbildung 77: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Schwabach	110
Abbildung 78: Lageplan und Perspektive Siegerentwurf Schwabach.....	110
Abbildung 79: Wettbewerbsumgriff Schweinfurt.....	111
Abbildung 80: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Schweinfurt	112
Abbildung 81: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Schweinfurt.....	112
Abbildung 82: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Schweinfurt Phase 1	113
Abbildung 83: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Schweinfurt Phase 2	113
Abbildung 84: Wettbewerbsumgriff Augsburg	114
Abbildung 85: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Augsburg.....	115
Abbildung 86: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Augsburg	115
Abbildung 87: Wettbewerbsumgriff Füssen	116
Abbildung 88: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Füssen	117
Abbildung 89: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Füssen.....	117
Abbildung 90: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Füssen	118
Abbildung 91: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Neu-Ulm.....	119
Abbildung 92: Matrix zur Auswahl der Schwerpunktprojekte.....	120
Abbildung 93: Analyse Auslobungstexte.....	131
Abbildung 94: Analyse Siegerentwürfe - Darstellung	132
Abbildung 95: Verfahren der Investitionsrechnung und Zuordnung.....	133
Abbildung 96: Übersicht der Methodik der Partialmodelle.....	134
Abbildung 97: Verzahnung von Marktbewertung, Klimafolgen der Naturgefahren sowie Carbon Pricing.....	138
Abbildung 98: CRREM Zielpfade für Mehrfamilienhäuser in Deutschland (1,5 Grad).....	139
Abbildung 99 Ergebnis der mikroklimatischen Simulationen	141
Abbildung 100: Exemplarisches Beispiel der Nutzung des CityTree-Tools	141
Abbildung 101: Berechnungsergebnisse des Grünvolumens.....	142
Abbildung 102: Baumerhalt - Verdunstungskühlung im Sommer pro Baum	142
Abbildung 103: Ergebnis der mikroklimatischen Simulationen	143
Abbildung 104: Berechnungsergebnisse des Grünvolumens.....	144
Abbildung 105: Ergebnis LCA Baumstandorte.....	145
Abbildung 106: Berechneter Bodenwassergehalt in der Vegetationsperiode	146
Abbildung 107: Verdunstungskühlung im Sommer pro Standortvariante	147
Abbildung 108: Ergebnis LCA Bodenbeläge Außenraum	149
Abbildung 109: Langjähriger Wasserhaushalt für Bodenbeläge im Außenraum.....	150
Abbildung 110: Ergebnis LCA Versickerungsanlagen.....	151
Abbildung 111: Langjähriger Wasserhaushalt für Systeme zur Vor-Ort- Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung	152
Abbildung 112: Visualisierung des Simulationsergebnisses beispielhaft für das Modellprojekt in Ingolstadt.....	153

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 113: Simulationsergebnisse der Oberflächentemperatur.....	154
Abbildung 114: Ergebnis LCA Dachbegrünung.....	155
Abbildung 115: Langjähriger Wasserhaushalt für Varianten der Dachbegrünung	156
Abbildung 116: Verdunstungskühlung im Sommer pro Dachvariante	156
Abbildung 117 Simulationsergebnis der Innenraumtemperatur an einem Hitzetag von vier Schwerpunktprojekten (Ingolstadt, Freising, Nürnberg, Regensburg)	157
Abbildung 118: Berechneter Bodenwassergehalt für Fassadenbegrünung in 1 m ³ Wurzelraum.....	158
Abbildung 119: Berechneter Bodenwassergehalt für Fassadenbegrünung in 8 m ³ Wurzelraum.....	158
Abbildung 120: Verdunstungskühlung im Sommer pro m ² Fassade abhängig von Anteil der Begrünung und des Wurzelraums	159
Abbildung 121: Simulationsergebnis der Auswirkung von Fassadenbegrünung auf die Oberflächentemperatur der Fassade	160
Abbildung 122: Ergebnis LCA Sonnenschutz	161
Abbildung 123: Vergleich LCA der Siegerentwürfe, Gebäude.....	165
Abbildung 124: Bestand und Entwurf des Modellprojektes Freising.....	167
Abbildung 125: Wasserhaushalt für den naturnahen Zielzustand, Entwurf und Bestand im langjährigen Jahresmittel am Beispiel des Modellprojektes Freising	167
Abbildung 126: Annahmen für mittlere Abflussbeiwerte der Dachflächen	168
Abbildung 127: Speicherbarer Regenwasserertrag und Summe des zusätzlichen Wasserbedarfs an Baumstandorten der Variante 2 in Ingolstadt	169
Abbildung 128: Lagepläne der Versiegelung von Bestand und Entwurf des Modellprojektes Nürnberg.....	169
Abbildung 129: Flächenbilanz der Versiegelung von Bestand und Entwurf des Modellprojektes Nürnberg.....	170
Abbildung 130: Topografische Karte Modellprojekt Augsburg.....	171
Abbildung 131: Szenarien für Bestand (a) und Entwurf (b) des Modellprojektes Schwabach.....	172
Abbildung 132: Abflussvolumen für Starkregenszenarien am Beispiel des Modellprojektes Schwabach.....	173
Abbildung 133 Verortung von Projekten, die Maßnahmen zur Klimaanpassung und Klimaschutz integrieren	190

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Randbedingungen für die Berechnung der thermischen Behaglichkeit im Außenraum, beispielhaft für das Modellprojekt Freising	25
Tabelle 2: Kostengliederung nach DIN 276:2018-12.....	34
Tabelle 3 Kostengliederung nach DIN 18960:2020-11.....	35
Tabelle 4: Grundannahmen Mulden-Rigolen-Element und Rigolen-Element	47
Tabelle 5: Konstruktiver Sonnenschutz je Modellprojekt gemäß Siegerentwurf	51
Tabelle 6: Szenarienbildung Sonnenschutz.....	52
Tabelle 7: Ingolstadt: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	95
Tabelle 8: Freising: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	97
Tabelle 9: Deggendorf: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	100
Tabelle 10: Regensburg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	102
Tabelle 11: Selb: Ausgangssituation und Aufgabenstellung.....	105
Tabelle 12: Nürnberg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung.....	107
Tabelle 13: Schwabach: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	109
Tabelle 14: Schweinfurt: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	111
Tabelle 15: Augsburg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung.....	114
Tabelle 16: Füssen: Ausgangssituation und Aufgabenstellung	116
Tabelle 17: Neu-Ulm: Ausgangssituation und Aufgabenstellung.....	119
Tabelle 18: Annahmen zur Ökobilanzierung von Baumneupflanzungen	144
Tabelle 19 Reflexion der Sonneneinstrahlung (Albedo-Wert) von Baumaterialien	148
Tabelle 20: Reflexion der Sonneneinstrahlung (Albedo-Wert) der Bodenbeläge.....	148
Tabelle 21: Annahmen zur Ökobilanzierung von Bodenbelägen.....	149
Tabelle 22: Annahmen zur Ökobilanzierung der Dachbegrünung.....	154
Tabelle 23: Kosten inkl. Ust. und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien des Baumerhalts	162
Tabelle 24: Kosten inkl. Ust. und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien des Baumbestandes und der Neupflanzungen, Angaben pro Baum.....	162
Tabelle 25: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Bodenbeläge, Angaben pro m ²	163
Tabelle 26: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung, Angaben pro m ² angeschlossene Fläche.....	163
Tabelle 27: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Flachdach-Konstruktionen, Angaben pro m ² Dachfläche	163
Tabelle 28: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Fassadenbegrünung, Angaben pro m ² Fassade.....	164
Tabelle 29: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Sonnenschutzsysteme, Angaben pro Fenster	164
Tabelle 30: Ergebnisse LCA Siegerentwürfe	165
Tabelle 31: Starkregenereignisse zur Simulation von Klimaszenarien am Beispiel Schwabach.....	172

Literaturverzeichnis

- Allen, Richard G.; Pereira, Luis S.; Raes, Dirk; Smith, Martin (1998): FAO irrigation and drainage paper No. 56. Crop evapotranspiration. Rome: FAO.
- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (2023): Baukosten Positionen Neubau 2023. Statistische Kostenkennwerte Teil 3. Stuttgart: BKI.
- Baureferat Gartenbau; Landeshauptstadt München (2019): Mehr Platz für Stadtbäume! Unter Mitarbeit von Peter Schlinsog. Berlin (9. Symposium Stadtgrün), 13.11.2019.
- Bayerische Architektenkammer (o.J.): Lebenszykluskostenberechnung, S. 106–109. Online verfügbar unter https://www.byak.de/data/Nachhaltigkeit_gestalten/BA_NG_Infobox_S-106ff_Lebenszykluskostenberechnung.pdf, zuletzt geprüft am 02.12.2022.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2001): Einheitsmodellregen der Dauerstufen von 15 bis 720 min für Modellregengruppen nach OTTER/ KÖNIGER: Anlage 3 zum Merkblatt vom 19.10.2001. Online verfügbar unter https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/doc/nr_433_anlage3.pdf, zuletzt geprüft am 15.12.2023.
- Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat (Hg.) (2023): BayernAtlas. Online verfügbar unter <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas>, zuletzt geprüft am 21.12.2023.
- BBSR (2018): GIS-ImmoRisk Naturgefahren. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bonn. Online verfügbar unter www.gisimmorisknaturgefahren.de, zuletzt geprüft am 09.08.2022.
- BDEW (2022): BDEW-Strompreisanalyse April 2022. Haushalte und Industrie. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/220504_BDEW-Strompreisanalyse_April_2022_04.05.2022.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017a): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 1: Wissenschaftliche Grundlagen. MURIEL Publikation. Deutsche Bundesstiftung Umwelt - Bibliothek. Köln.
- Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017b): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 2: Fallstudien. MURIEL Publikation.
- Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017c): Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb. MURIEL Publikation.
- Berliner Regenwasseragentur (Hg.) (2023): Ökonomische Analyse dezentraler Regenwasserbewirtschaftung in Berlin.
- BKI (2022): Baukosten. Positionen Neubau. Statistische Kostenkennwerte. Stuttgart.
- BlueGreenStreets (Hg.) (2022): BlueGreenStreets Toolbox - Teil B. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere. Unter Mitarbeit von Mara Bauer, Wolfgang Dickhaut, Lena Knoop, Michael Richter, Tomke Voß, Carlo W. Becker et al. Hamburg. Online verfügbar unter <https://repos.hcu-hamburg.de/handle/hcu/638>.
- Bourke, Kathryn; Smith, Andrew; Earl, Stuart; Finch, Roland; Green, Christopher; Hillier, Jamie et al. (2016): Life cycle costing. In: *Urban Science*. Online verfügbar unter <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/construction/black-book/life-cycle-costing-1st-edition-rics.pdf>, zuletzt geprüft am 14.12.2021.
- Bruse, Michael; Fleer, Heribert (1998): Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. In: *Environmental Modelling & Software* 13 (3-4), S. 373–384. DOI: 10.1016/S1364-8152(98)00042-5.

Literaturverzeichnis

- Bundesanstalt für Straßenwesen (2021): Lebenszykluskostenbewertung von Schutzeinrichtungen. Unter Mitarbeit von Thorsten Kathmann, Christian Scotti, Emanuel von Heel. Bergisch Gladbach. Online verfügbar unter https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2499/file/V341_barrFrei.pdf, zuletzt geprüft am 02.12.2022.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hg.) (2021): SNAP Wettbewerbsverfahren. Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben. Stand Oktober 2021. Bonn (Schriftenreihe Zukunft Bauen).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2013): Richtlinie für Planungswettbewerbe – RPW 2013. Fassung vom 31. Januar 2013. Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.) (2012): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Außenanlagen von Bundesliegenschaften.
- Climate Action Tracker (Hg.) (2023): The CAT Thermometer. Online verfügbar unter <https://climateactiontracker.org/global/cat-thermometer/>, zuletzt geprüft am 28.11.2023.
- DeGaetano, Arthur (2000): Specification of Soil Volume and Irrigation Frequency for Urban Tree Containers Using Climate Data. In: *AUF* 26 (3), S. 142–151. DOI: 10.48044/jauf.2000.017.
- Deutscher Wetterdienst (2020): 2019 global zweitwärmstes Jahr: Temperaturentwicklung in Deutschland im globalen Kontext. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200128_vergleich_de_global.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2021): Bodenfeuchte. Dokumentation. Offenbach am Main. Online verfügbar unter www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/dokumentationen/agrowetter/Bodenfeuchte.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 22.08.2023.
- Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2023): KOSTRA-DWD-2010. Online verfügbar unter https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/return_periods/precipitation/KOSTRA/KOSTRA_DWD_2010R/, zuletzt geprüft am 15.12.2023.
- DGNB (2018a): DGNB Kriterienkatalog Neubau. Online verfügbar unter https://www.dgnb.de/de/verein/publikationen/bestellung/downloads/DGNB_Kriterienkatalog_Nebau_EV_2018.pdf.
- DGNB (2018b): ENV1.1 Ökobilanz des Gebäudes. DGNB.
- DGNB (2018c): Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus. DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau. Online verfügbar unter https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-system/de/gebaeude/neubau/kriterien/03_ECO1.1_Gebaeudebezogene-Kosten-im-Lebenszyklus.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- DIN 1986-100:2016-12: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.
- Eppel, Jürgen; Kendzia, Nikolai; Öchsner, Johannes; Marsch, Doris; Thon, Andreas (2012): Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen als Beitrag zur Klimamäßigung im urbanen Lebensraum. Endbericht zum Forschungsvorhaben KL/08/03. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Veitshöchheim.
- FLL (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen, Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. 2. Ausg., Ausg. 2010. Hg. v. FLL. Bonn.
- FLL (2018): Fassadenbegrünungsrichtlinien. Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- Freie und Hansestadt Hamburg (2018): Dachbegrünung. Leitfaden zur Planung. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg. Hamburg (Februar). Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/gruendach-hamburg/10603556/leitfaden/>.

Literaturverzeichnis

- Fuchs, Matthias (2021): SNAP - Planungs- und Arbeitshilfen. Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben. Online verfügbar unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2021/band-29.html>.
- Funke Kunststoffe GmbH (Hg.) (2023): Preisliste Regenwasserbewirtschaftung 1/2023. Hamm-Uentrop.
- German Weather Service (Hg.) (2022): Open Data Server. Online verfügbar unter <https://opendata.dwd.de/>, zuletzt geprüft am 07.06.2023.
- DWA-M 102-4/BWK-M 3-4, 2022: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer. Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers.
- Harzdorf, Anne (2020): Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit von Produktionshallen. Eine funktionale und wirtschaftliche Lebenszyklusanalyse. Dresden: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31658-7>.
- ICMS Coalition (2021): ICMS: Global Consistency in Presenting Construction Life Cycle Costs and Carbon Emissions. In: *International Cost Management Standard Coalition* (3). Online verfügbar unter https://icmscblog.files.wordpress.com/2021/11/icms_3rd_edition_final.pdf, zuletzt geprüft am 14.12.2021.
- Ingram, Dewayne L. (2012): Life cycle assessment of a field-grown red maple tree to estimate its carbon footprint components. In: *Int J Life Cycle Assess* 17 (4), S. 453–462. DOI: 10.1007/s11367-012-0398-7.
- IPCC (2014): Klimaänderung 2014. Synthesebericht. Geneva, Switzerland, zuletzt geprüft am 31.03.2022.
- IPCC (2022): Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Online verfügbar unter https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- ISO 15686-5:2017: ISO 15686-5:2017.
- Karlsson, Martin; Ziebarth, Nicolas R. (2018): Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany. In: *Journal of Environmental Economics and Management* 91, S. 93–117. DOI: 10.1016/j.jeem.2018.06.004.
- Klimaleitfaden Thüringen. Online verfügbar unter https://www.klimaleitfaden-thueringen.de/images/inhaltsbilder/massnahmen/Tab_Ruckstrahlung_Bau-Gestaltungsmaterialien.pdf.
- DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen.
- Landeshauptstadt München (2016): Zusätzliche Technische Vorschriften für die Herstellung und Anwendung verbesserter Vegetationstragschichten. München (ZTV-Vegtra-Mü-2016).
- Leduc, Martin; Mailhot, Alain; Frigon, Anne; Martel, Jean-Luc; Ludwig, Ralf; Brietzke, Gilbert B. et al. (2019): The ClimEx Project: A 50-Member Ensemble of Climate Change Projections at 12-km Resolution over Europe and Northeastern North America with the Canadian Regional Climate Model (CRCM5). In: *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 58 (4), S. 663–693. DOI: 10.1175/JAMC-D-18-0021.1.
- LfU (2021): Übersichtsbodenkarte 1:25.000. Online verfügbar unter www.lfu.bayern.de/boden/karten_daten/uebk25, zuletzt geprüft am 31.03.2022.
- LfU (Hg.) (2023): Gewässerkundlicher Dienst Bayern. Oberes Grundwasser-Stockwerk Bayern. Online verfügbar unter www.gkd.bayern.de/de/grundwasser/, zuletzt geprüft am 14.12.2023.
- Linke, Simone; Putz, A. (2021): Die Planung einer grünen Stadt der Zukunft. Handlungsmöglichkeiten und Instrumente. Online verfügbar unter www.lss.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen.
- Ludwig-Maximilians-Universität (Hg.) (2018): Das ClimEx Projekt, zuletzt aktualisiert am <http://www.climex-project.org/>, zuletzt geprüft am 09.12.2021.

Literaturverzeichnis

- MaRo Steg-Platten GmbH & Co. KG (Hg.) (2022): Raffstore / Aussenjalousie Z90 Konfigurator. Online verfügbar unter www.steg-platten.de/raffstore/-aussejalousie-z90#, zuletzt geprüft am 27.12.2022.
- Matzarakis, A.; Mayer, H.; Iziomon, M. G. (1999): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. In: *International journal of biometeorology* 43 (2), S. 76–84. DOI: 10.1007/s004840050119.
- DIN EN 15978-1:2021-09, 2021: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Umweltqualität.
- DIN EN 16627:2015-09, 2015-09: Nachhaltigkeit von Bauwerken_- Bewertung der ökonomischen Qualität von Gebäuden_- Berechnungsmethoden; Deutsche Fassung EN_16627:2015.
- DIN 18960:2020-11: Nutzungskosten im Hochbau.
- O'Neill, John; Spash, Clive L. (2000): Conceptions of Value in Environmental Decision-Making. In: *Environmental Values* (9), S. 521–536.
- OpenStreetMap (Hg.) (2023): Topografische Karte Bayern. Online verfügbar unter <https://de-de.topographic-map.com/map-6wztf/Bayern/?center=48.35991%2C10.93309&zoom=16>, zuletzt geprüft am 21.12.2023.
- Optigrün international AG (2020): Kostenrichtwerte Retentionsdach, Rigole, 2020. E-Mail.
- Österreicher, Doris; Sattler, Stefan (2018): Maintaining Comfortable Summertime Indoor Temperatures by Means of Passive Design Measures to Mitigate the Urban Heat Island Effect—A Sensitivity Analysis for Residential Buildings in the City of Vienna. In: *Urban Science* (2, 66), S. 1–16. Online verfügbar unter <https://www.mdpi.com/2413-8851/2/3/66>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Pfoser, Nicole; Jenner, Nathalie; Henrich, Johanna; Heusinger, Jannik; Weber, Stephan (2013): Gebäude Begrünung Energie. Darmstadt.
- DWA-A 138:2005-04: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. R-4.3.1 for Windows (2023). Online verfügbar unter <https://www.r-project.org/>, zuletzt geprüft am 12.09.2023.
- Riechel, M.; Remy, C.; Matzinger, A.; Schwarzmüller, H.; Rouault, P.; Schmidt, M. et al. (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.
- Roloff, A.; Gillner, S.; Bonn, S. (2009): Die KlimaArten-Matrix für Stadtbaumarten (KLAM-Stadt). 2009. Haymarket Media, Braunschweig: 10-14. In: *Branchenbuch Baumschulwirtschaft*, S. 10–14.
- Rommel, Steffen; Huber, Maximilian; Krüger, Susanne; Helmreich, Brigitte (2022): Dezentrale Behandlung von Verkehrsflächenabflüssen durch die Kombination von Absetz und -Versickerungsschacht. In: *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 69 (8), S. 671–678. DOI: 10.3242/kae2022.08.002.
- Rötzer, T.; Rahman, M. A.; Moser-Reischl, A.; Pauleit, S.; Pretzsch, H. (2019): Process based simulation of tree growth and ecosystem services of urban trees under present and future climate conditions. In: *Science of the Total Environment* 676 (676), S. 651–664. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.235.
- Rötzer, Thomas (2023): City Tree 4.1. April 2023.
- Rötzer, Thomas; Reischl, Astrid; Rahman, Mohammad, Pretzsch, H.; Pauleit, Stephan (2021): Leitfaden zu Stadtbäumen in Bayern. Hg. v. Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung. Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung. Freising.
- Royal Institution of Chartered Surveyors (2016): Life cycle costing. 1. Auflage. London.
- Simon, Helge: Modeling urban microclimate : development, implementation and evaluation of new and improved calculation methods for the urban microclimate model ENVI-met. DOI: 10.25358/openscience-4042.
- Statistisches Bundesamt (2022a): Konjunkturindikatoren: Preisindizes für Bauwerke, Wohngebäude und Nichtwohngebäude. Baupreisindizes: Neubau (konventionelle Bauart von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Online verfügbar unter

Literaturverzeichnis

- <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Statistisches Bundesamt (2022b): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Statistisches Bundesamt (2022c): Preisindizes für Bauwerke, Ingenieurbau, Instandhaltung. Baupreisindizes: Ingenieurbau sowie Instandhaltung von Wohngebäuden. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr210.html>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) (Hg.) (2023): Rückstrahlung von Bau- und Gestaltungsmaterialien. Online verfügbar unter www.klimaleitfaden-thueringen.de/rueckstrahlung-von-bau-und-gestaltungsmaterialien, zuletzt geprüft am 10.11.2023.
- Umweltbundesamt (2019a): Monitoringbericht 2019. Anpassungsstrategie an den Klimawandel Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf.
- Umweltbundesamt (2019b): Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregen-vorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-29_texte_55-2019_starkregen-stadtentwicklung.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Umweltbundesamt (2020a): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2020b): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Stand 12/2020. Unter Mitarbeit von Björn Bünger und Astrid Matthey. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2022a): Regionale Klimafolgen in Bayern. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/regionale-klimafolgen-in-bayern#bereits-aufgetretene-und-erwartete-klimaänderungen>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- Umweltbundesamt (2022b): Trockenheit in Deutschland - Fragen und Antworten. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.
- DIN EN ISO 14044:2021-02: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.
- United States Environmental Protection Agency (Hg.) (2023): Storm Water Management Model (SWMM). Online verfügbar unter www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm, zuletzt aktualisiert am 02.03.2023, zuletzt geprüft am 18.06.2023.
- DIN 18919:2016-12: Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege).
- Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (2020): Betonstraßen tragen maßgeblich dazu bei, die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs zu reduzieren. Hg. v. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. Online verfügbar unter https://www.zement.at/downloads/downloads_2021/EUPAVE_FACTSHEET-High-albedo-2021.pdf.
- Vertiko GmbH (2022): Kosten Bodengebundene Fassadenbegrünung, 10.10.2022. E-Mail.
- Wölfl, Klaus (2011): Dachbegrünung erhöht Erträge der Photovoltaik. Pressebericht vom 24.03.2011. Hg. v. ZinCo GmbH. Nürtingen. Online verfügbar unter <https://www.zinco.de/solarmessung>, zuletzt geprüft am 26.01.2024.

8 Anhang

A1 Vorstellung der Modellprojekte	95
A1.1 Modellprojekt Ingolstadt.....	95
A1.2 Modellprojekt Freising.....	97
A1.3 Modellprojekt Deggendorf.....	100
A1.4 Modellprojekt Regensburg.....	102
A1.5 Modellprojekt Selb.....	105
A1.6 Modellprojekt Nürnberg.....	107
A1.7 Modellprojekt Schwabach.....	109
A1.8 Modellprojekt Schweinfurt.....	111
A1.9 Modellprojekt Augsburg.....	114
A1.10 Modellprojekt Füssen.....	116
A1.11 Modellprojekt Neu-Ulm.....	119
A1.12 Auswahl der Schwerpunktprojekte.....	120
A2 Textbausteine für Wettbewerbe.....	121
A2.1 Textbaustein für Auslobungstext: Wettbewerbsziele.....	121
A2.2 Textbaustein für Auslobungstext: Abgabeleistungen Architekturwettbewerb.....	125
A2.3 Textbaustein für Auslobungstext: Abgabeleistungen Städtebaulich- landschaftsplanerischer Wettbewerb.....	128
A2.4 Ergebnisse der Wettbewerbsbegleitung.....	131
A3 Theoretischer Hintergrund Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	133
A3.1 Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	133
A4 Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen.....	141
A4.1 Baumerhalt.....	141
A4.2 Baumpflanzung.....	143
A4.3 Bodenbeläge im Außenraum.....	148
A4.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung.....	151
A4.5 Dachbegrünung.....	153
A4.6 Fassadenbegrünung.....	157
A4.7 Sonnenschutzsysteme.....	160
A5 Ergebnisse Kostenermittlung der betrachteten Maßnahmen.....	162
A5.1 Baumerhalt.....	162
A5.2 Baumpflanzung.....	162
A5.3 Bodenbeläge im Außenraum.....	163

Anhang

A5.4	Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung.....	163
A5.5	Dachbegrünung.....	163
A5.6	Fassadenbegrünung.....	164
A5.7	Sonnenschutzsysteme.....	164
A6	Maßnahmenübergreifende Ergebnisse.....	165
A6.1	Graue Emissionen der Gebäude.....	165
A6.2	Langjähriger natürlicher Wasserhaushalt.....	166
A6.3	Speicherbarer Regenwasserertrag.....	168
A6.4	Veränderung der Grundwassersituation.....	169
A6.5	Regenwassermanagement bei hohen Grundwasserständen.....	170
A6.6	Integration von Fließgewässern.....	170
A6.7	Integration oberirdischer Wasserspeicherräume und multifunktionale Nutzung von Verkehrsflächen.....	171
A6.8	Abflussmodellierung.....	171
A7	Interviews mit Verfahrensbetreuern.....	174
A7.1	Auswertung Interview Nr. 1.....	174
A7.2	Auswertung Interview Nr. 2.....	178
A7.3	Auswertung Interview Nr. 3.....	182
A7.4	Auswertung Interview Nr. 4.....	185
A7.5	Auswertung Interview Nr. 5.....	188
A8	Best-Practice Sammlung.....	190
A9	Protokolle zu den Workshops.....	191
A9.1	Kickoff-Veranstaltung.....	191
A9.2	Workshop 2.....	191
A9.3	Workshop 3.....	192
A9.4	Workshop 4.....	193
A9.5	Workshop 5.....	193
A9.6	Workshop 6.....	194
A9.7	Workshop 7.....	194

A1 Vorstellung der Modellprojekte

A1.1 Modellprojekt Ingolstadt

A1.1.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 7: Ingolstadt: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Seniengerechte Wohnanlage mit ca. 55 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Oberbayern
Bauherr	GWG Ingolstadt
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	100 %
Projektbeschreibung	Umnutzung eines Garagenhofs innerhalb einer Zeilenbebauung mit viel Bestandsgrün zur Wohnanlage mit dem Ziel des Verbleibs der dort ansässigen Senior:innen
Besonderheiten	Aufteilung des Projektes in einen Realisierungs- und einen Ideenteil: Der Realisierungsteil umfasst die Umnutzung einer bestehenden Garagenanlage. Der Ideenteil umfasst die Überarbeitung weiterer Freiflächen im Bereich der bestehenden Zeilenbebauung. Die Bearbeitung erfolgt durch Teams aus Architektur- und Landschaftsarchitekturbüros.
Fläche	Realisierungsteil: ca. 3.550 m ² Ideenteil: ca. 83.300 m ²
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Entwicklung der Freiflächen im Ideenteil: viel Fläche für Regenwasserbewirtschaftung. Laut LfU (2021) eher geringes Speicherpotenzial der Böden, da niedrigere Versickerungsfähigkeit (Braunerde). Daher sind Lösungen zur Speicherung/ Bewässerung der Bepflanzung in Hitzeperioden notwendig



Abbildung 53: Luftbild Wettbewerbsumgriff Ingolstadt (Eigene Darstellung, Luftbild: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV))

A1.1.2 Zeitlicher Ablauf

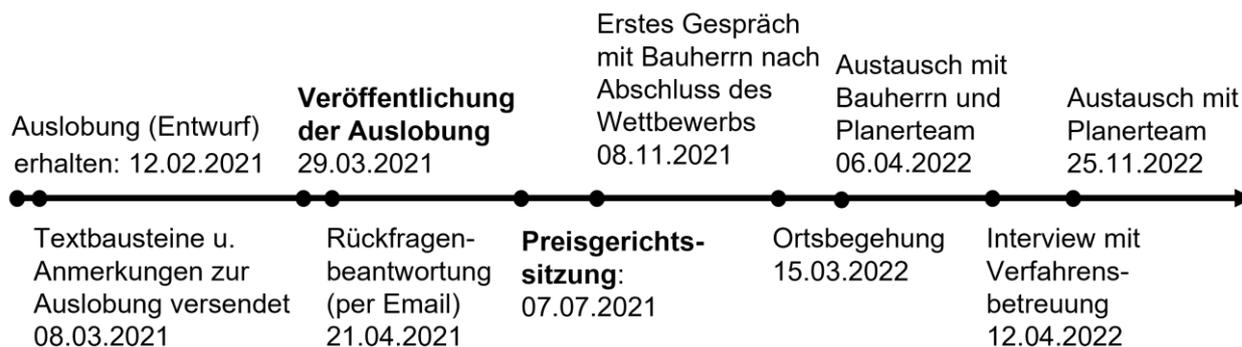


Abbildung 54: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Ingolstadt

A1.1.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Ingolstadt. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

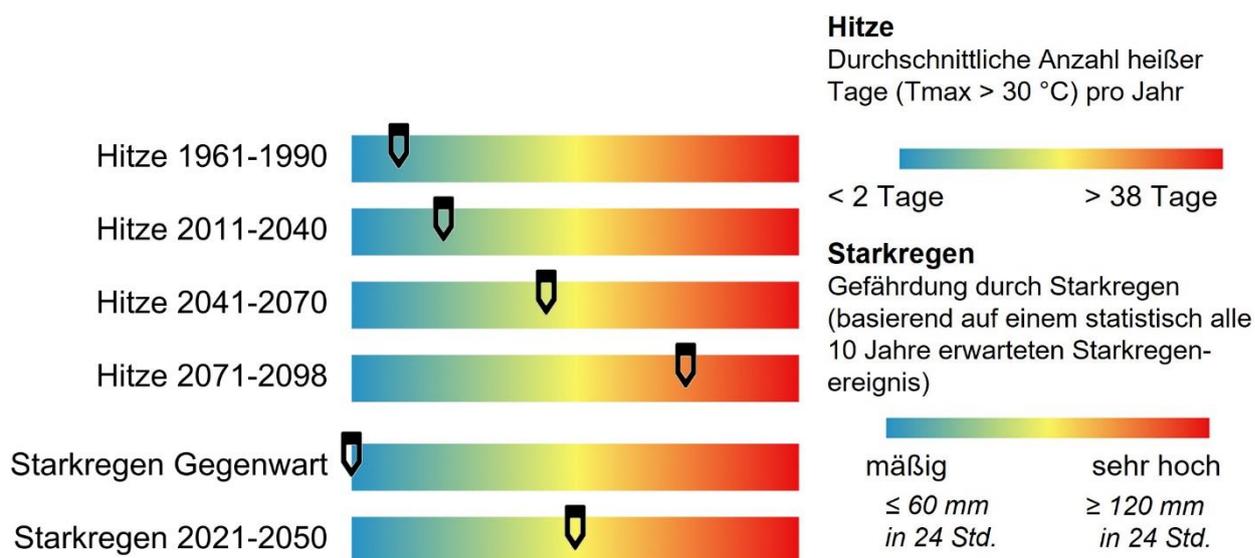


Abbildung 55: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Ingolstadt (BBSR 2018)

A1.2 Modellprojekt Freising

A1.2.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 8: Freising: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

„Erna Angerbach“: Transformation einer bestehenden Wohnanlage mit 80 WE	
Regierungsbezirk	Oberbayern
Bauherr	Stadt Freising
Wettbewerbsart	Städtebaulicher Gesamtentwurf mit Planung von einzelnen exemplarischen Gebäuden
Anteil öffentlich gefördert	ca. 75 %
Projektbeschreibung	<p>Wettbewerb umfasst städtebauliches Gesamtkonzept, das geförderten Wohnraum mit ca. 80 Wohnungen ermöglicht. Die städtischen Bestandsgebäude sind dabei nicht zu erhalten. Der wertvolle Baum- und Gehölzbestand soll geschützt werden.</p> <p>Zwei Gebäude sollen ausgearbeitet werden: ein Hybridgebäude (PKW-Stellplätze oberirdisch im Gebäude) mit Wohnungen sowie ein exemplarisches Wohngebäude</p>
Besonderheiten	Angerbach auf dem Baugrundstück
Fläche	ca. 18.000 m ²
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Gemäß LfU (2023) niedriger Grundwasserflurabstand (< 3m). Laut LfU (2021) eher geringes Speicherpotenzial der Böden, da niedrige Versickerungsfähigkeit (Kalkpaternia) vorliegt



Abbildung 56: Luftbild Wettbewerbsumgriff Freising (Copyright: Stadt Freising)

A1.2.2 Zeitlicher Ablauf



Abbildung 57: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Freising

A1.2.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Freising. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

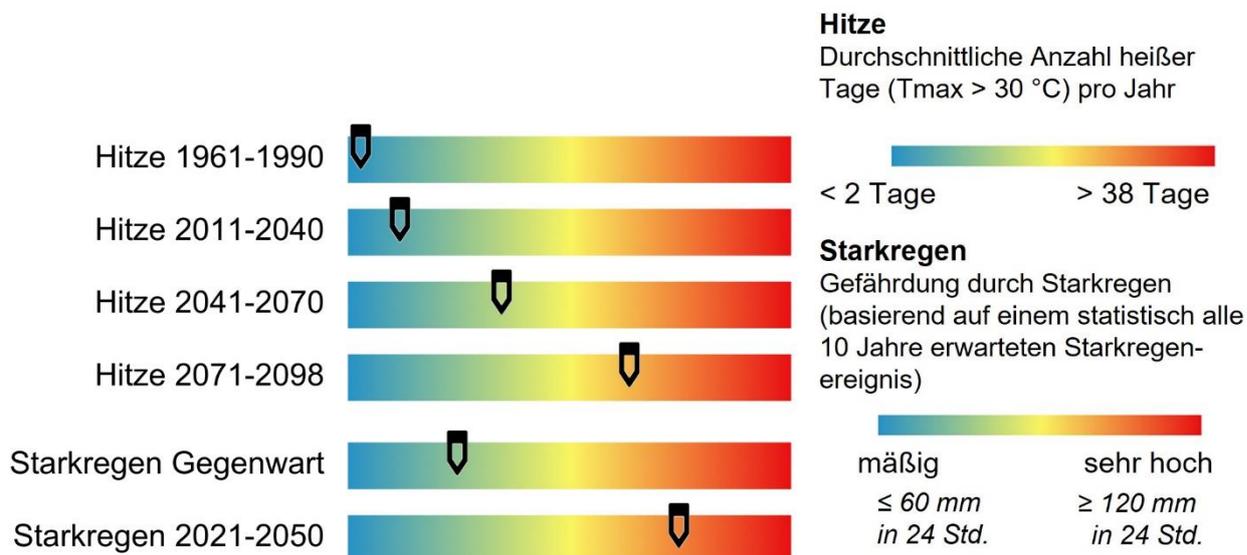


Abbildung 58: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Freising (BBSR 2018)

A1.2.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Abbildung 59: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Freising (Copyright: Fink + Jocher, Keller Damm Partner)

A1.3 Modellprojekt Deggendorf

A1.3.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 9: Deggendorf: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

80 WE im Neubau am Klosterberg	
Regierungsbezirk	Niederbayern
Bauherr	Stadtbau Deggendorf GmbH
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	50 – 80 %
Projektbeschreibung	Schaffung von zentral gelegenem, bezahlbarem Wohnraum fußläufig zur Innenstadt auf dem Klosterberg
Besonderheiten	Gemeinschaftliches Projekt mit der Stadt Deggendorf (Ideenteil mit freiraumplanerischer Aufwertung des Klosterbergs)
Fläche	Keine Angabe
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Derzeit liegt keine Versiegelung vor. Laut LfU (2021) liegt eher geringes Speicherpotenzial der Böden vor, da niedrige Versickerungsfähigkeit (Braunerde)



Abbildung 60: Luftbild Wettbewerbsumgriff Deggendorf (Copyright: Stadtbau Deggendorf GmbH)

A1.3.2 Zeitlicher Ablauf



Abbildung 61: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Deggendorf

A1.3.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Deggendorf. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

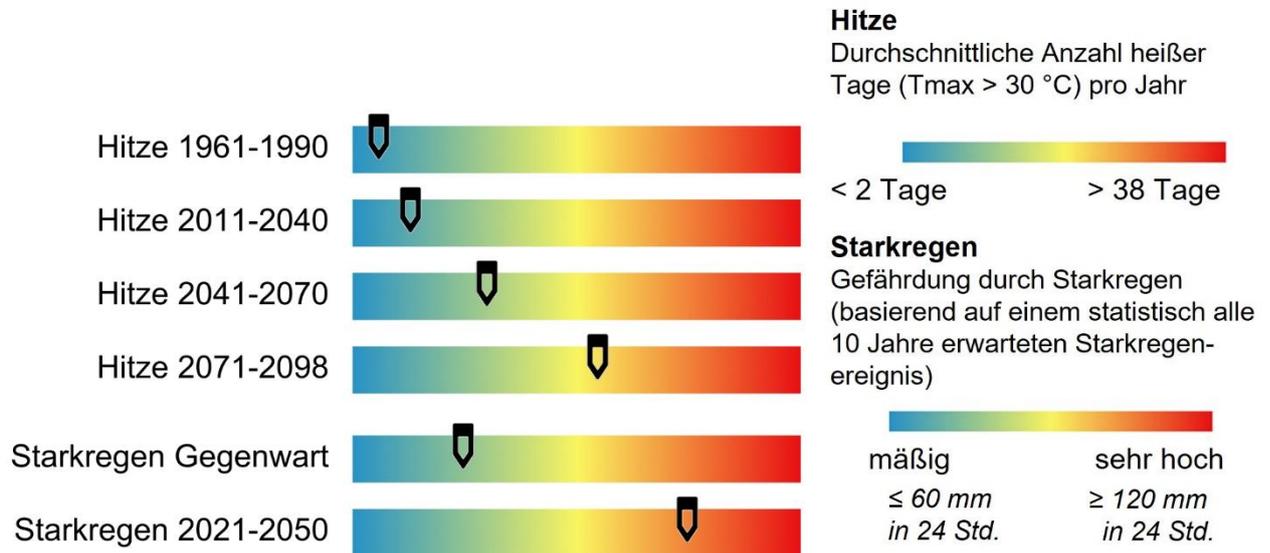


Abbildung 62: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Deggendorf (BBSR 2018)

A1.3.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Abbildung 63: Lageplan Siegerentwurf Deggendorf (Copyright: Blauwerk Architekten, München + grabner, huber, lipp, landschaftsarchitekten und stadtplaner partnerschaft mbb, Freising)

A1.4 Modellprojekt Regensburg

A1.4.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 10: Regensburg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Neubau von zwei Wohngebäuden, Nachverdichtung: 32 WE Bestand/ 65 WE Neubau	
Regierungsbezirk	Oberpfalz
Bauherr	Stadtbau Regensburg GmbH
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	Bestand freifinanziert, Neubau gefördert
Projektbeschreibung	Nachverdichtung eines Wohnquartiers in Donaunähe: Abriss der Bestandgebäude, Neubau von Wohngebäuden und Tiefgarage innerhalb eines Bestandsquartiers.
Besonderheiten	-
Fläche	Keine Angabe
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Nähe zu Donau, hoher Grundwasserstand. Laut LfU (2021) eher hohe Versickerungsfähigkeit (Schotter).

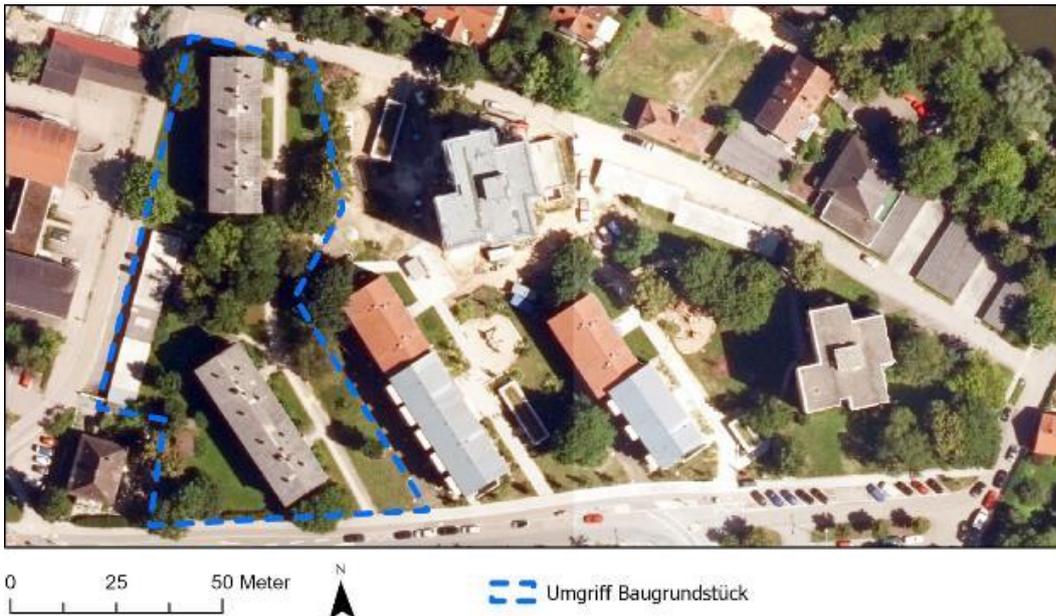


Abbildung 64: Luftbild Wettbewerbsumgriff Regensburg (Eigene Darstellung, Luftbild: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV))

A1.4.2 Zeitlicher Ablauf

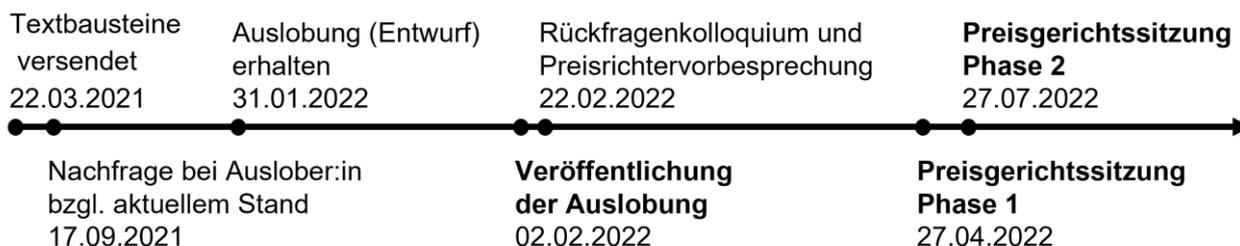


Abbildung 65: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Regensburg

A1.4.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Regensburg. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

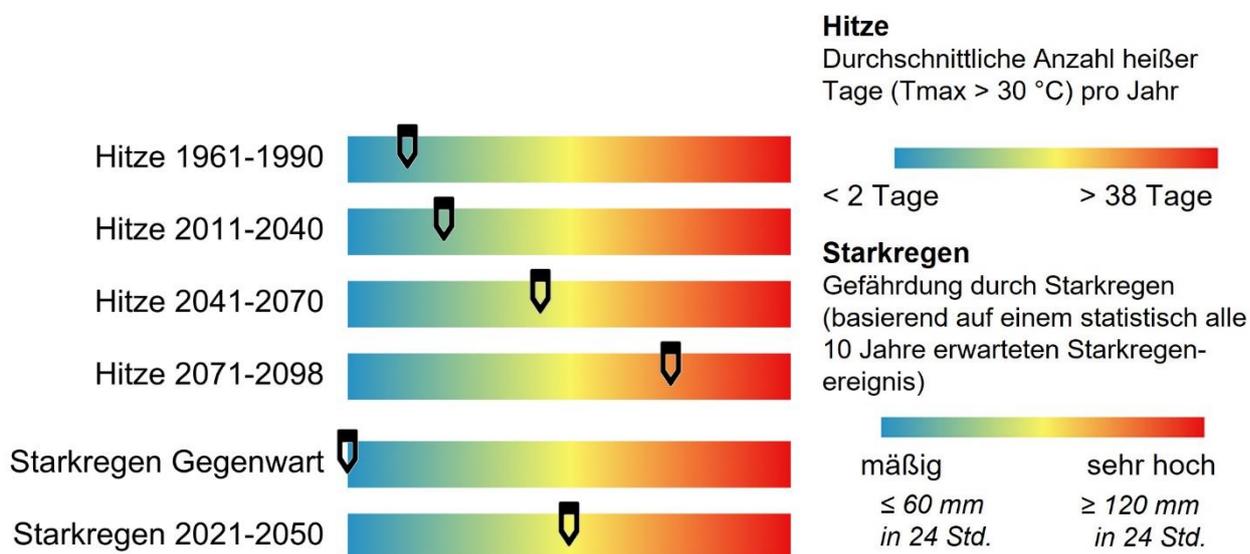


Abbildung 66: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Regensburg (BBSR 2018)

A1.4.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Abbildung 67: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Regensburg (Copyright: PÜSCHEL ZICKERT ARCHITEKTINNEN, WESTNER SCHÜHRER ZÖHRER, NUWELA)

A1.5 Modellprojekt Selb

A1.5.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 11: Selb: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Neubau von 16 WE in einem Gebäude, Aufwertung des Bahnhofsumfeldes	
Regierungsbezirk	Oberfranken
Bauherr	SelbWERK GmbH
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	50 %
Projektbeschreibung	Neubau in Holz bzw. Holzhybridbauweise eines dreigeschossigen Einzelgebäudes im städtebaulichen Neuordnungsgebiet Bahnhof Selb-Stadt
Besonderheiten	Das Grundstück liegt am neu zu erstellenden Quartiersplatz mit Promenade in unmittelbarer Nähe zum Mobilitätsknoten (Bahn – Bus – Elektromobilität – Radverkehr) und neu zu errichtendem Kindergarten.
Fläche	Baufeldgröße ca. 670 m ²



Copyright: Bayerische Vermessungsverwaltung

Abbildung 68: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff Selb (Copyright: SelbWERK GmbH)

A1.5.2 Zeitlicher Ablauf



Abbildung 69: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Selb

A1.5.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Selb. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

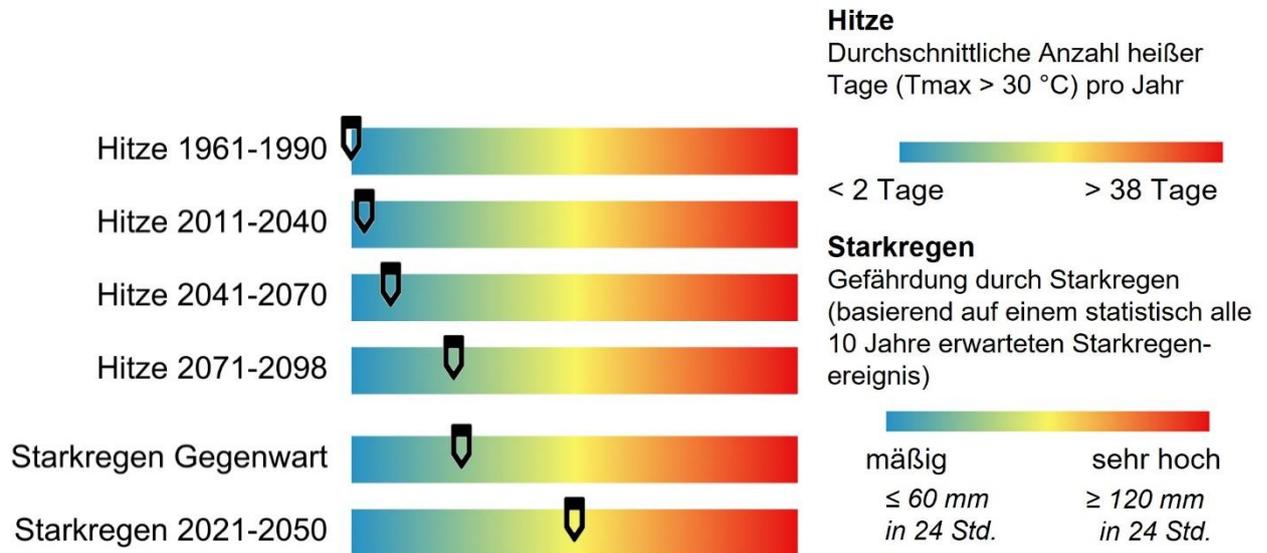


Abbildung 70: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Selb (BBSR 2018)

A1.5.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Abbildung 71: Lageplan und Perspektive Siegerentwurf Selb (Copyright: Plan@t K Jakob Kress)

A1.6 Modellprojekt Nürnberg

A1.6.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 12: Nürnberg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Sandäcker Quartier: Umwandlung einer versiegelten Brache in ein Quartier mit 250 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Mittelfranken
Bauherr	wbg Nürnberg GmbH
Wettbewerbsart	Städtebaulicher Wettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	50 %
Projektbeschreibung	Planung eines neuen Stadtteilzentrums mit Nahversorgungs-, Wohn- und Dienstleistungsfunktionen sowie sozialer Infrastruktur, mit einer markanten Baugruppe im Bereich des U-Bahnhofes und maßstäblich angemessenen Übergängen zur südlichen gelegenen Bebauung des Ortsteils Gebersdorf
Besonderheiten	Das Projektgebiet verfügt über eine infrastrukturelle Anbindung durch U-Bahn, Busbahnhof und P&R. Im Gebiet soll es Gewerbe und Einzelhandel sowie soziale Einrichtungen (KiTa/Pflege) geben. Ziel ist die Entsiegelung der Altgewerbeflächen, um ein grünes Quartier zu schaffen.
Fläche	ca. 60.000 m ² inkl. Bereich U-Bahnhof; Bereich für die städtebauliche Planung: ca. 2,85 ha nördlich und 1,5 ha südlich des U-Bahnhofes
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Lage in Trinkwasserschutzgebiet. Aufbruch von stark versiegelter Fläche im Bestand (vgl. Kapitel A6.4)



Abbildung 72: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff (Copyright: wbg Nürnberg GmbH)

A1.6.2 Zeitlicher Ablauf

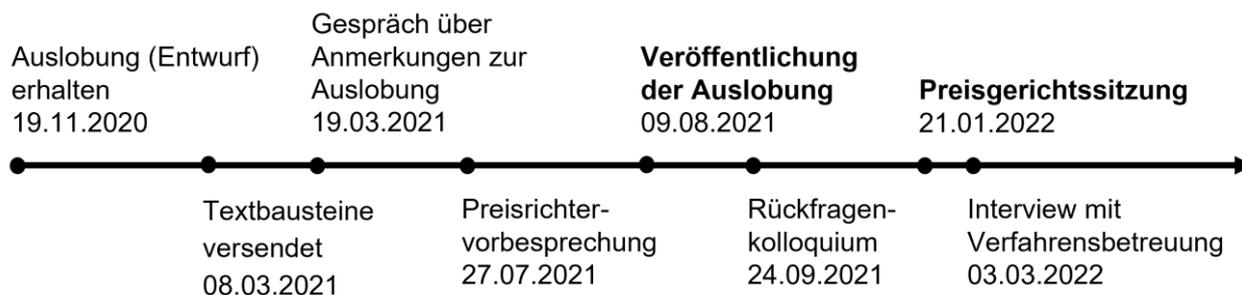


Abbildung 73: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Nürnberg

A1.6.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Nürnberg. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

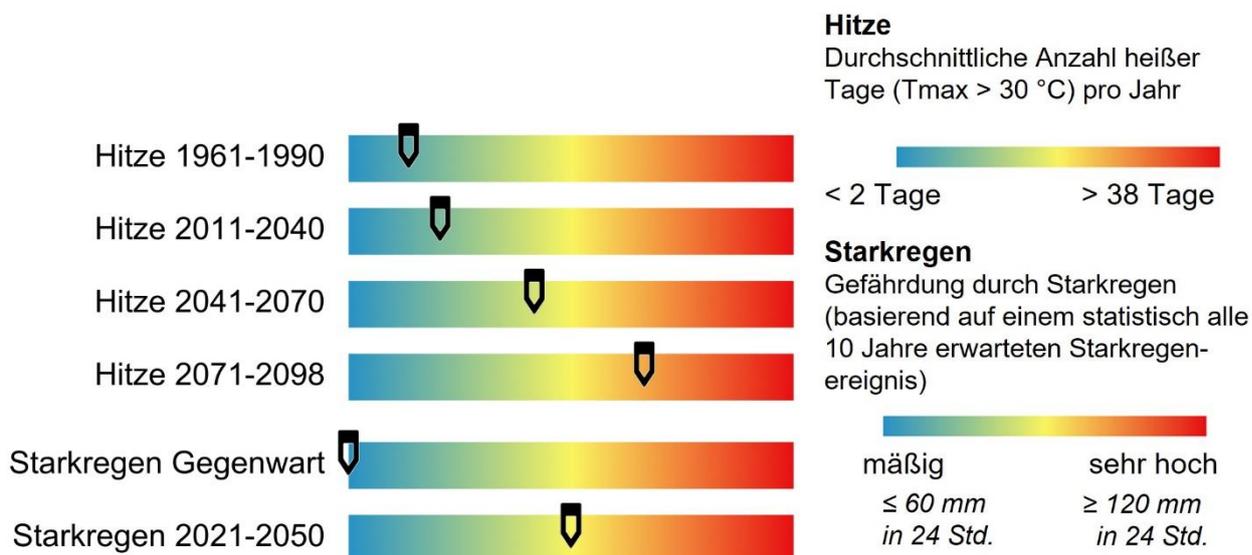


Abbildung 74: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Nürnberg (BBSR 2018)

A1.7 Modellprojekt Schwabach

A1.7.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 13: Schwabach: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

„Neues Wohnen“: Ergänzung einer bestehenden Wohnanlage mit 20 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Mittelfranken
Bauherr	GEWOBAU Schwabach GmbH
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	100 %
Projektbeschreibung	Ergänzung der bestehenden Wohnanlage an der Penzendorfer Straße in Schwabach um einen weiteren Wohnungsbaustein. Ziel des Wettbewerbs ist die Aufwertung der durch Schallimmissionen stark belasteten Wohnanlage und der Errichtung neuer öffentlich geförderter Mietwohnungen.
Besonderheiten	-
Fläche	ca. 8.100 m ²
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser trotz Nachverdichtung und potenziell höherer Versiegelung.



Abbildung 75: Machbarkeitsstudie Wettbewerbsumgriff (Copyright: GEWOBAU Schwabach GmbH)

A1.7.2 Zeitlicher Ablauf

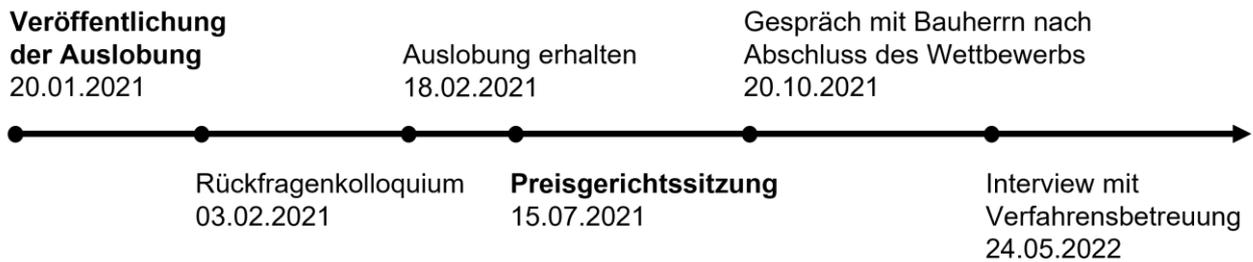


Abbildung 76: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Schwabach

A1.7.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Schwabach. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

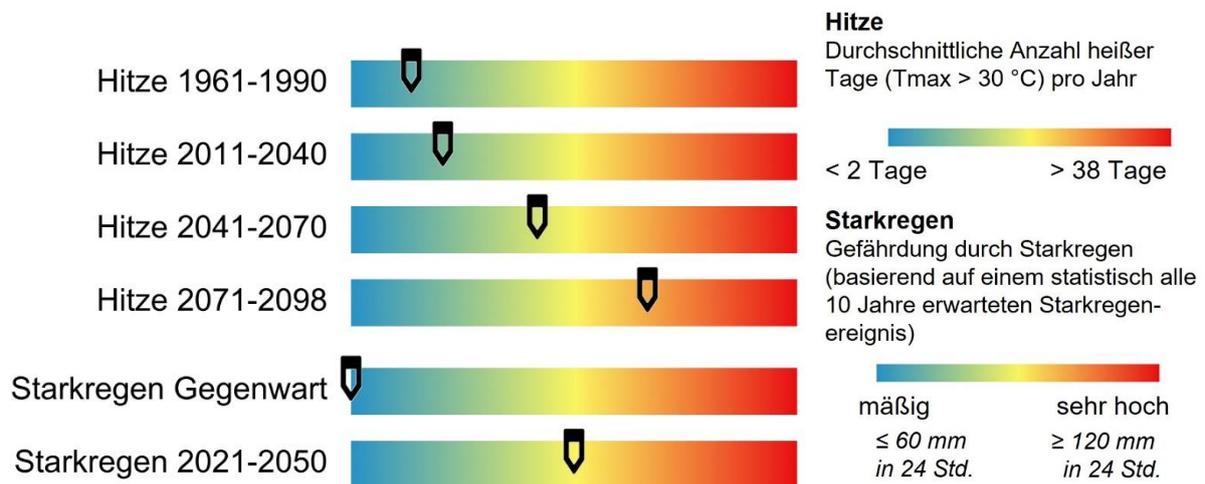


Abbildung 77: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Schwabach (BBSR 2018)

A1.7.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Abbildung 78: Lageplan und Perspektive Siegerentwurf Schwabach (Copyright: umarchitekt, Bamberg + JOMA Landschaftsarchitektur Paul Böhmer, Bamberg)

A1.8 Modellprojekt Schweinfurt

A1.8.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 14: Schweinfurt: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Klimaquartier: Neubauquartier mit Landesgartenschau 2026 mit 110 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Unterfranken
Bauherr	Stadt Schweinfurt
Wettbewerbsart	2-phasiger Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	50 %
Projektbeschreibung	<p>Konversion einer ehemaligen Militärfäche als Baustein für den Stadtumbau Grünes Band, ca. 3 km von Innenstadt entfernt.</p> <p>Phase 1 ist ein vorausgehender städtebaulicher Entwurf als Grundgerüst. Die Ergebnisse werden als Grundlage (Pflichtenheft) für die weitere Objektrealisierung genutzt.</p> <p>Phase 2 ist die Objektplanung für das Modellvorhaben mit Vorbildcharakter für nachfolgende Bauabschnitte. Dieses soll Musterwohnungen enthalten, die in die Ausstellungskonzeption der Landesgartenschau (LGS) 2026 integriert werden.</p>
Besonderheiten	<p>Eingebettet in Konzept „Grünes Band“ der geplanten LGS 2026</p> <p>Lage in der Fränkischen Trockenplatte.</p>
Fläche	<p>Phase 1: ca. 9 ha</p> <p>Phase 2: ca. 2 ha</p>

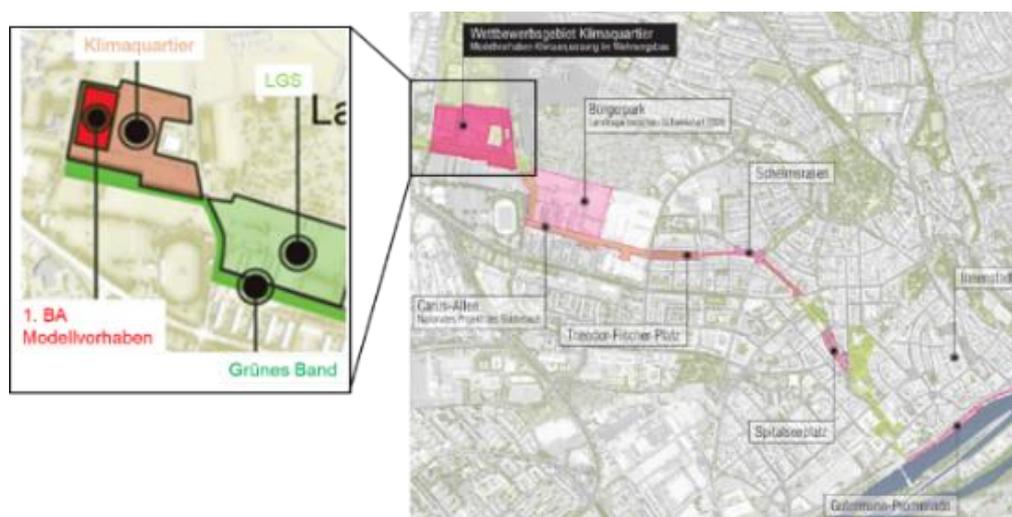


Abbildung 79: Wettbewerbsumgriff Schweinfurt (Eigene Darstellung, Copyright: Stadt Schweinfurt, Rigo Lang)

A1.8.2 Zeitlicher Ablauf

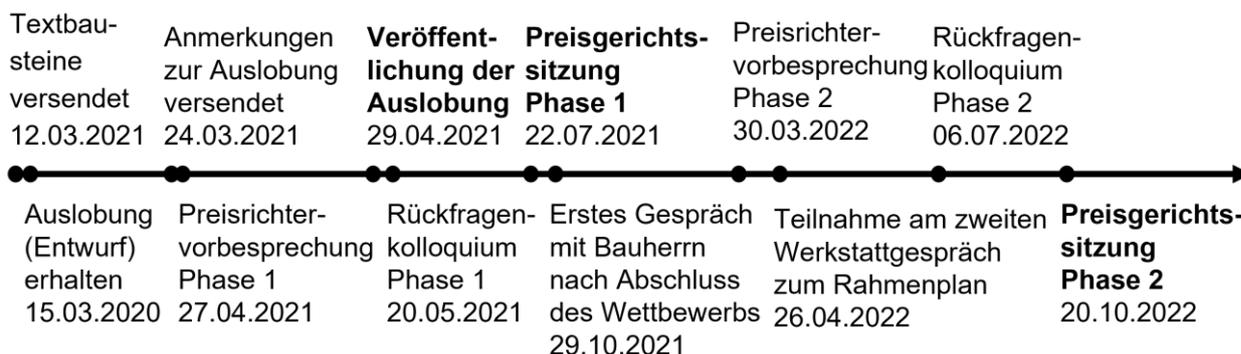


Abbildung 80: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Schweinfurt

A1.8.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Schweinfurt. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

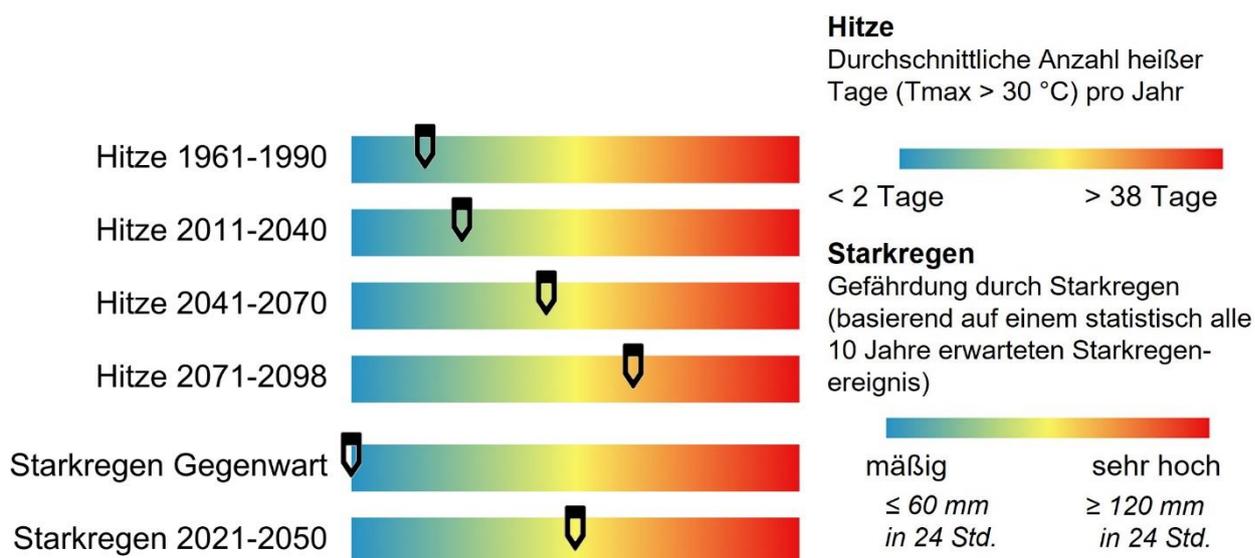


Abbildung 81: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Schweinfurt (BBSR 2018)

A1.8.4 Darstellung des Siegerentwurfs (Phase 1)

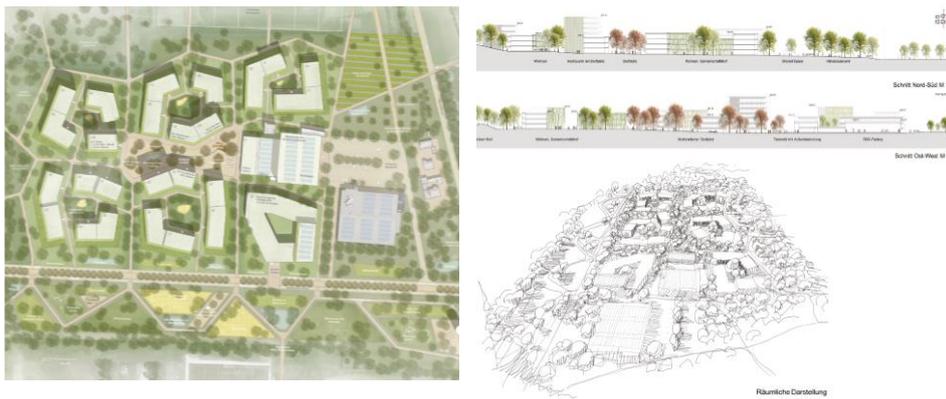


Abbildung 82: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Schweinfurt Phase 1 (Copyright: Baumschlager Eberle Architekten; SCHIRMER | Architekten + Stadtplaner GmbH; PLANSTATT SENNER GmbH)

A1.8.5 Darstellung des Siegerentwurfs (Phase 2)



Abbildung 83: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Schweinfurt Phase 2 (Copyright: FRÖLICHSCHEIBER Architekten GmbH, A24 Landschaft Landschaftsarchitektur GmbH)

A1.9 Modellprojekt Augsburg

A1.9.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 15: Augsburg: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Berliner Allee am Lech: Quartiersentwicklung mit 400-600 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Schwaben
Bauherr	Stadibau GmbH
Wettbewerbsart	Städtebaulicher Wettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	100 %
Projektbeschreibung	<p>Die Stadibau GmbH möchte auf einem ca. 5 ha großen Gelände im Osten von Augsburg ein neues Wohnquartier entwickeln. Der südlich und östlich angrenzende Lech-Park mit einer Größe von ca. 10,6 ha ist Teil des Wettbewerbsumgriffs und soll umfänglich erhalten und aufgewertet werden.</p> <p>Das Planungsgebiet befindet sich direkt am Lech im Stadtteil Herrenbach am östlichen Rand des Textilviertels, das sich seit geraumer Zeit in einem Strukturwandel befindet. Die Entfernung zur Augsburger Innenstadt beträgt in etwa 3 km.</p>
Besonderheiten	Integration des Lechs (Projekt „licca liber“ - Flußaufweitung des Lech)
Fläche	ca. 5 ha
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Integration des Lechs (Projekt „licca liber“ -Flußaufweitung Lech) (siehe Kapitel A6.6)



Abbildung 84: Wettbewerbsumgriff Augsburg (Copyright: Luftbild: Bayerische Vermessungsverwaltung)

A1.9.2 Zeitlicher Ablauf

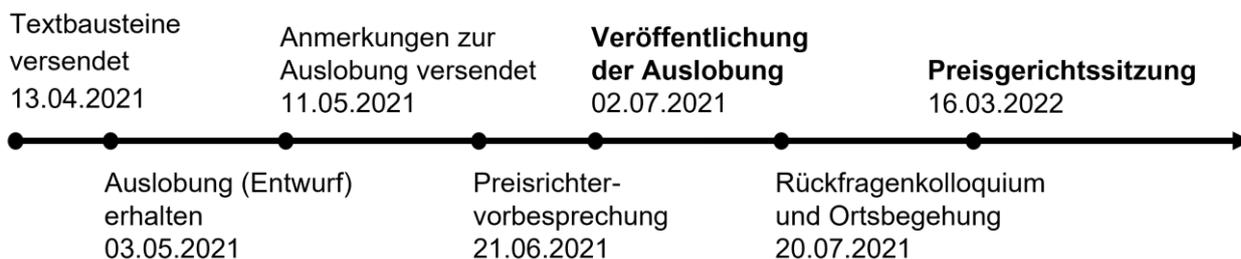


Abbildung 85: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Augsburg

A1.9.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Augsburg. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

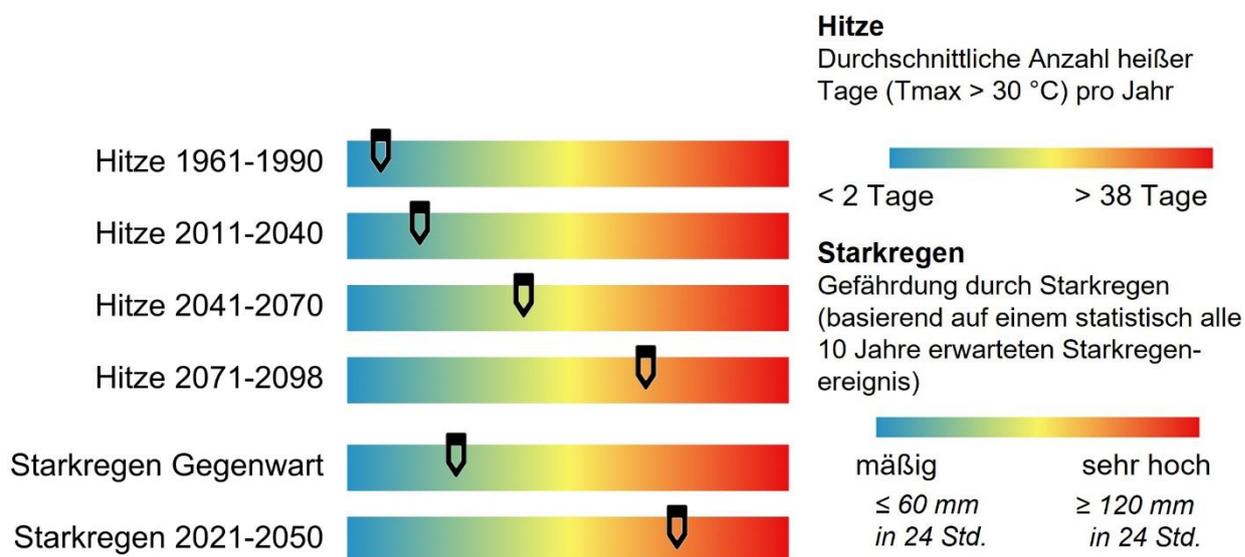


Abbildung 86: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Augsburg (BBSR 2018)

A1.10 Modellprojekt Füssen

A1.10.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 16: Füssen: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Ziegelwies: Sanierung und Nachverdichtung mit 50 – 80 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Schwaben
Bauherr	Stadt Füssen
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	100 %
Projektbeschreibung	Die bestehende Siedlung Ziegelwies soll saniert und nachverdichtet werden. Ein Teilabriss und eine am Bestand orientierte teilweise Neuplanung ist ebenso denkbar. In die Freiflächengestaltung soll auch der Straßenraum als Ideenteil mit einbezogen werden
Besonderheiten	Der Charakter der Siedlung soll eigenständig und die Historie ablesbar bleiben. In den Wintermonaten liegt eine geringe Besonnung des Gebietes vor. Daher sind aufgrund der topographischen Situation Photovoltaikanlagen wirtschaftlich schwer oder nicht zu realisieren. Ab einem Hochwasserereignis HQ 100 wird das gesamte Areal in Mitleidenschaft gezogen. Dies ist bei Planungen zwingend zu berücksichtigen, insbesondere in Bezug auf Keller oder Tiefgaragen.
Fläche	Keine Angabe
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Hohe Starkregengefährdung, das Grundstück liegt nah an Hochwasser-Überschwemmungsgebiet (HQ 100) (Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat 2023)



Abbildung 87: Wettbewerbsumgriff Füssen (Copyright: Stadt Füssen)

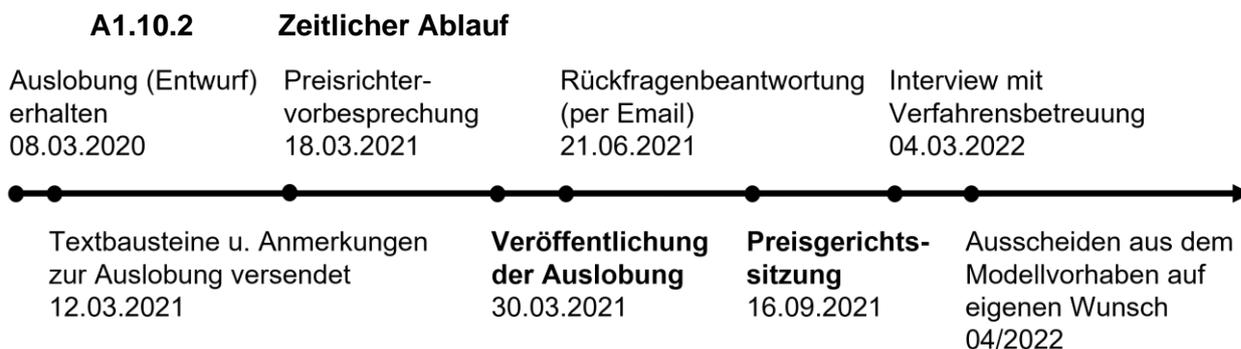


Abbildung 88: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Füssen

A1.10.3 Standortsteckbrief Naturgefahren

Auszug aus dem Standortsteckbrief für Naturgefahren des GIS-Immorisk Tools (BBSR 2018) für den Standort Füssen. Dieser wurde den Auslobenden vom Forschungsteam für die Erstellung der Auslobung bereitgestellt.

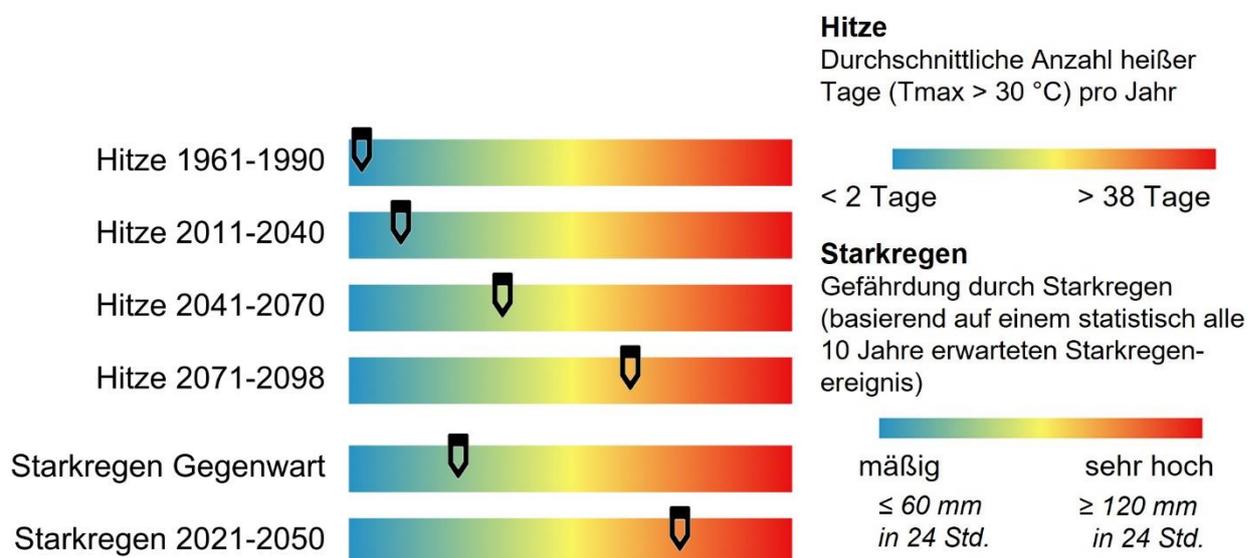


Abbildung 89: Auszug aus GIS Immorisk Naturgefahren Steckbrief für Füssen (BBSR 2018)

A1.10.4 Darstellung des Siegerentwurfs



Ansicht Nord-Ost 1:200

Abbildung 90: Lageplan und Ansicht Siegerentwurf Füssen (Copyright: KohlmayerOberst Architekten + Planungsgemeinschaft für Landschaftsarchitektur)

A1.11 Modellprojekt Neu-Ulm

A1.11.1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Tabelle 17: Neu-Ulm: Ausgangssituation und Aufgabenstellung

BauBlock1: Integriertes Wohnen am Illerpark mit 115 WE im Neubau	
Regierungsbezirk	Schwaben
Bauherr	NUWOG, Wohnungsgesellschaft der Stadt Neu-Ulm, GmbH
Wettbewerbsart	Architekturwettbewerb
Anteil öffentlich gefördert	Ca. 50 %
Projektbeschreibung	Neubauvorhaben auf dem Gebiet Ulmer Riedteile im Bereich des Bebauungsplans M 62.4 "Wohnen am Illerpark". Das Vorhaben soll als verdichtetes Wohngebiet mit einem an sozialen Kriterien und guter Wohnatmosphäre verpflichtenden Umgang mit Grund und Boden realisiert werden. Dabei sind besonders Anforderungen zur Integration von älteren Menschen, Familien und Menschen mit Behinderung zu berücksichtigen.
Besonderheiten	-
Fläche	11.650 m² BGF
Wasserwirtschaftliche Aspekte	Das Grundstück liegt nah an Hochwassergefahrenflächen (HQ 100) und innerhalb der Hochwassergefahrenflächen (HQextrem) (Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat 2023).

A1.11.2 Zeitlicher Ablauf



Abbildung 91: Zeitlicher Ablauf des Modellprojekts Neu-Ulm

A1.12 Auswahl der Schwerpunktprojekte

Die Auswahl der fünf Schwerpunktprojekte erfolgte anhand einer Matrix (Abbildung 92). Diese berücksichtigte u.a. Standort, Typologie, Größe, klimatische Verhältnisse, Stand des Projektverlaufs. Die Auswahl erfolgte in Abstimmung mit dem StMUV und StMB.

Ingolstadt	Freising	Deggendorf	Regensburg	Selb	Nürnberg	Schwabach	Schweinfurt	Augsburg	Füssen	Neu-Ulm
GWG Ingolstadt GmbH	Stadt Freising	Stadtbau Deggendorf GmbH	Stadtbau Regensburg GmbH	SelbWERK GmbH	wbg Nürnberg GmbH	GEWOBAU Schwabach GmbH	Stadt Schweinfurt	Stadibau, BayernHeim	Stadt Füssen	NUWOG
++ sehr hohes Potenzial für Begleitforschung	++ sehr hohes Potenzial für Begleitforschung	o eher wenig Potenzial für Begleitforschung	++ sehr hohes Potenzial für Begleitforschung	o eher wenig Potenzial für Begleitforschung	++ sehr hohes Potenzial für Begleitforschung	+ Potenzial für Begleitforschung	++ sehr hohes Potenzial für Begleitforschung	+ Potenzial für Begleitforschung	+ Potenzial für Begleitforschung	o eher wenig Potenzial für Begleitforschung
Hohe Anforderung an Klimaanpassung (Senioren), Wettbewerb mit Ideenteil, an Vorprüfung Ramboll/Dreiseitl beteiligt	Hohe Anforderung an die Umsetzung des Projektes in einer engagierten Stadt. Lage am Angerbach, Nähe der Isar, hohe GW-Stände, Abbruch Bestand	später Start des Wettbewerbsprozesses	eher kleiner Maßstab (vgl. mit ING, FS, DEG) Bei Abbruch und Neubau -> Kreislaufwirtschaft	kleiner Maßstab, nur auf Gebäudeebene	großer Maßstab, Thema Entsiegelung interessant, früher Projektstart, Einbindung in Lehre TUM	kleiner Maßstab, früher Projektstart, Nachverdichtung	Größerer Maßstab. Zusammenhänge Wohnen, Freiraum, Mobilität, Wasserversorgung auf Quartiers- und Gebäudeebene, geringe Niederschläge (Trockenplatte) + Hitze Klimatisch anders als die anderen (besonders trocken)	großer Maßstab, Integration des Lechs (Renaturierungsprojekt), großer Freiraumteil	Überhitzung durch Nähe zu Wald eher irrelevant; Stark von Starkregen betroffen	zeitlich bedingt, nicht am Wettbewerbsprozess beteiligt

Abbildung 92: Matrix zur Auswahl der Schwerpunktprojekte

A2 Textbausteine für Wettbewerbe

A2.1 Textbaustein für Auslobungstext: Wettbewerbsziele

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels sind auch in [Stadt xy] sichtbar und werden, je nach Höhe der zukünftigen weltweiten Emissionen, in den nächsten Jahrzehnten signifikante Auswirkungen haben. Bayern muss sich in Zukunft auf häufigere Extremwetterereignisse, wie z. B. intensive und auch längere Hitzewellen, andauernde Trockenphasen sowie länger anhaltende Regenereignisse und Starkregen einstellen (vgl. [GIS-ImmoRisk](#) [Naturgefahren](#)). Starkregenereignisse können u.a. zu Schäden an der Bausubstanz oder zu Überschwemmungen von z. B. Tiefgaragen führen.

Entsprechend muss bereits heute bei der städtebaulichen Setzung, Konstruktion und Gestaltung von Gebäuden und Freiräumen auf die sich verändernden äußeren Umstände reagiert und den Herausforderungen begegnet werden.

Darüber hinaus ist im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) festgelegt, dass bis 2045 Treibhausgasneutralität verbindlich zu erreichen ist. Durch die Einführung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (CO₂-Steuer) wird die Verbrennung von fossilen Brennstoffen zunehmend zu einer wirtschaftlichen Belastung von bestandhaltenden Wohnungsunternehmen und Mieter:innen. Bestehende Gebäude, die nicht zeitnah an moderne Standards angepasst werden, können in naher Zukunft spürbar an Wert verlieren. Neubauten sollten bereits jetzt nahezu emissionsneutral betrieben werden, um energetische Modernisierungskosten in kurz- und mittelfristiger Zukunft zu vermeiden.

Die Risiken, die der Klimawandel mit sich bringt, sind elementar und können substanzgefährdend, sowohl für Gebäude als auch für Wohnungsunternehmen sein. Daher wird die [Stadt xy] den Herausforderungen gerecht und lobt den Wettbewerb „Klimaanpassungen im Wohnungsbau“ aus. Dieser Wettbewerb erfolgt im Zuge des Modellvorhabens unter dem Titel „Klimaanpassung im Wohnungsbau, Bauen und leben mit dem Klimawandel - neue Anforderungen an Wohngebäude und Freiflächen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr in Kooperation mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

Ziel dieses Wettbewerbs ist es, den bezahlbaren Wohnungsbau mit Klimaanpassungsstrategien (vgl. Robustheit) sowie die Verminderung von Emissionen im Bau und Betrieb zu vereinen. Durch Maßnahmen in den drei Bereichen „Gebäude, Freiräume und Wasser“ soll ein ganzheitlicher Entwurf für ein [XXX (z. B. *klimaangepasstes Quartier*)] entstehen.

Maßnahmen zur Klimaanpassung:

Hinweis: Die Ausführungen zu den Klimaanpassungsmaßnahmen sind im Gesamtzusammenhang der Auslobung zu betrachten. Eine individuelle Anpassung (vgl. „Geist der Aufgabe“) an die standortspezifische Aufgabenstellung ist erforderlich.

Die **Bebauung** und **Begrünung** des Quartiers beeinflussen sowohl das städtische Klima als auch das Mikroklima vor Ort. Es ist im Rahmen des Wettbewerbs eine geeignete städtebauliche Konfiguration zu finden, welche eine gute Durchlüftung unter Beachtung von Frischluftschneisen ermöglicht. Die Wahl der Materialität und Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst die Überhitzung

eines Quartiers bei Tag und die Wärmespeicherung bei Nacht (vgl. städtischer Wärmeinseleffekt). Beispielsweise sorgen helle Farben für einen hohen Albedo-Effekt und begünstigen damit das Mikroklima. Entsprechend positionierte Bäume, Dach- und Fassadenbegrünungen kühlen das Gebäude durch Verschattung und Verdunstung.

Eine Reduzierung von versiegelten Flächen (u.a. Stellplatzflächen) und eine maximale Begrünung schützt vor Überhitzung und verringert bei Starkregen den Oberflächenabfluss. Dachbegrünungen mit ausreichendem Pflanzsubstrat speichern wirkungsvoll Niederschlagswasser.

Eine großzügige Durchgrünung insbesondere mit Bäumen sorgt für mehr Behaglichkeit im Freiraum durch Verschattung und Verdunstungskühlung im Sommer. Zudem wird durch eine Vielfalt an Pflanzen neben einer räumlichen Qualität auch eine Steigerung der Artenvielfalt geschaffen. Pflanzen sind hinsichtlich ihrer Klimaresistenz (z. B. Trockenstress) und kleinklimatischen Wirkung (z. B. Verschattung und Verdunstung) standortspezifisch auszuwählen.

Bestehendes Grün ist in die Planung zu integrieren und fortzuführen. Für die Pflanzungen sind ausreichend Wurzelräume (Sollwert gem. LH München, Baureferat Gartenbau, 2016: pro Großbaum mind. 24m², Baumgrubentiefe 1,5 m) für gute Wachstumsbedingungen vorzusehen und darauf zu achten, dass kein Konflikt mit weiteren Infrastrukturen (u.a. Feuerwehrezufahrt, Versorgungslinien, Baugruben) entsteht. Stellplatz- und Erschließungsflächen sind flächensparend anzuordnen und mit einem möglichst geringem Versiegelungsgrad zu planen. Eine Verlagerung von Stellplätzen in Tiefgaragen ist ökologisch und wirtschaftlich zu prüfen und mit einer ausreichenden Erdüberdeckung einzuplanen.

Ziel der Umsetzung von klimagerechten **baulichen Maßnahmen** im Wohnungsbau ist u.a. die Herstellung einer hohen Wohn- und Aufenthaltsqualität in und am Gebäude. Dabei ist darauf zu achten, Ziele soweit möglich durch passive Maßnahmen zu erreichen, d.h. mit einem kleinstmöglichen Einsatz an Gebäudetechnik.

Wesentliche Ziele sind eine ausreichende Belüftung und angenehme Temperaturverhältnisse in den Wohnungen, was durch die Orientierung der Räume, die Berücksichtigung der Durchlüftungsmöglichkeiten (vor allem nachts) und durch Maßnahmen zur Verschattung beeinflusst werden kann.

Um zukünftigem Hitzestress vorzubeugen, ist besonderer Wert auf den sommerlichen Wärmeschutz zu legen. Ein effektives Sonnenschutzkonzept und ein energetisch hochwertiger Wärmeschutz sind notwendig um den Kühlbedarf im Sommer zu minimieren. Zudem kann die Begrünung von Fassaden oder Dächern das Innenraumklima positiv beeinflussen und zum Wasserrückhalt beitragen. Dachflächen sollen daher als Retentionsflächen dienen und möglichst als begrünte Flachdächer ausgebildet werden. Um die Wirksamkeit von Dachbegrünungen zu gewährleisten ist eine Mindestdicke an Substrataufbau notwendig, die eine Begrünung mit z. B. Stauden und Gräsern ermöglicht und somit wirkungsvoll Niederschlagswasser speichert. Diese sorgt auch für eine ausreichende Versorgung der Vegetation während Hitzeperioden (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg, 2018. Dachbegrünung - Leitfaden zur Planung Hamburg).

Neben der Regenwasserrückhaltung dient eine begrünte Gebäudehülle u.a. als Schutz vor Niederschlag, zur Verschattung, Kühlung und Luftbefeuchtung, zur Förderung der Biodiversität, als Feinstaubfilter und Lärmschutz, sowie zur Sauerstoffproduktion.

Die Wahl der Materialien wirkt sich durch deren Wärmespeicherefähigkeit auf Temperaturschwankungen aus und kann in Kombination mit einer Nachtlüftung zu angenehmen Temperaturverhältnissen im Sommer sorgen.

Die Produktion regenerativer Energien (z.B. durch Photovoltaik oder Solarthermie) kann einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass der Einsatz dieser Technologie u.U. in Konkurrenz zur Begrünung von Flächen am Gebäude steht. Systeme zur Kombination von PV und Dachbegrünung können Abhilfe schaffen, wenn sie korrekt eingesetzt werden. PV-Anlagen können kleinteilig im Zusammenhang mit dem Gebäudekonzept oder großflächig an dafür geeigneten Orten vorgesehen werden.

Zudem ist auf die Verwendung recyclingfähiger Materialien zu achten, um eine möglichst einfache Rückbaubarkeit zu gewährleisten, sowie die Möglichkeit zu erhalten, Konstruktionen zu verändern (Nutzungsflexibilität).

Ein wichtiger Baustein des klimagerechten Bauens ist das **Regenwassermanagement** vor Ort. Ziel einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung ist es, dem natürlichen lokalen Wasserhaushalt möglichst nahe zu kommen. Dafür wird angestrebt die Flächenversiegelung auf ein Mindestmaß zu reduzieren und den Abfluss auf versiegelten Flächen weitestgehend zu minimieren. Dies erfordert Konzepte, die darauf abzielen, vorrangig nach lokalen Lösungen für Versickerung, Verdunstung, Nutzung sowie Speicherung und gedrosselter Ableitung von Niederschlagswasser zu suchen.

Durch die Versickerung von Niederschlagswasser kann dem Boden seine natürliche Funktion als Bestandteil des lokalen Wasserhaushalts zurückgegeben und die Grundwasserneubildung gefördert werden. Hinsichtlich zunehmender Hitzeperioden sind Systeme zur Speicherung von anfallendem Regenwasser zur Versorgung der Bepflanzung und/ oder zur Steigerung der Verdunstungsleistung anzustreben. Durch die Verdunstungskühlung kann zudem eine deutliche Reduzierung der Umgebungstemperatur erzielt werden. Weitere Ziele sind die Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer und die Gewährleistung der Entwässerungssicherheit (Überflutungsschutz).

Durch multifunktionale Flächennutzung soll es ermöglicht werden Freiflächen (z.B. öffentliche Plätze, Sportanlagen, Spielplätze etc.) im Fall eines Starkregens für kurze Zeit gezielt zu fluten. Damit können Schäden im Bereich von Gebäuden reduziert oder vermieden werden.

Um den Verbrauch von hochwertigem Trinkwasser zu senken und den Abwasseranfall zu reduzieren bzw. zu minimieren ist eine Nutzung von gefiltertem Regen- und aufbereitetem Grauwasser anzustreben.

In der **ökonomischen Betrachtung** sind Überlegungen anzustellen, in welcher Höhe sich Mehrausgaben im Bau durch geringere Aufwendungen im weiteren Lebenszyklus des Gebäudes

vorteilhaft auswirken. Auch sind durch den Klimawandel verursachte physische Schäden und Instandsetzungskosten am Gebäude zu berücksichtigen.

Die Wettbewerbsergebnisse sollen vor allem dazu dienen, künftigen Bewohner:innen im Rahmen annehmbarer Kosten ein lebenswertes und sicheres Zuhause zu bieten, das auch in Zukunft gesunde und angenehme Wohn- und Freiräume bietet, und gleichzeitig das ökologische Gleichgewicht positiv beeinflusst.

A2.2 Textbaustein für Auslobungstext: Abgabeleistungen Architekturwettbewerb

Titel

Im Titel der Auslobung sollte klar auf das Ziel des klimagerechten Bauens hingewiesen werden.

Abgabeleistungen (Vorschlag)

Die Abgabeleistungen sind im Gesamtzusammenhang der Aufgabenstellung zu sehen und zu formulieren, eine Abstimmung mit dem Auslobenden und dem betreuenden Büro ist notwendig. Die Abgabeleistung ist mit den Richtlinien für Planungswettbewerbe - RPW 2013 abzugleichen.

Schwarzplan M 1:2500

Übersichtsplan zur Darstellung der Einbettung der Planung in das städtebauliche Umfeld auf Quartiersebene unter Beachtung der Durchlüftungsbahnen

Lageplan 1:500

Darstellung von

- Stadtklimatischer Einbindung
- Bebauungsdichte
- Bestehenden und geplanten Baukörpern inkl. Angabe zur Geschossigkeit
- Versiegelten inkl. teilversiegelten, nicht versiegelten und unterbauten Flächen
- Dachaufsicht inkl. Dachnutzung (Begrünung, PV...)
- Integration von Flächen zur Regenwasserbewirtschaftung bzw. Überflutungsbereiche bei Starkregen unter Berücksichtigung der Topographie
- Nachvollziehbare Darstellung der Verschattung von Gebäuden und Freiräumen an einem Sommertag
Optional: Sonnenstudie/ Simulation der Verschattung am 21.06. mittels eines CAD Programms.
- Erschließungsflächen, Stellplätzen, Fahrrad- und Fußwegeverbindungen
- Freiraumgestaltung (Aufenthalts- und Ruheplätze, Belagskonzept, Bepflanzung)
- Grünanteil inkl. Gegenüberstellung Bestand und Planung von Grünstrukturen (Neupflanzungen, Bestand, Fällungen) und Angabe von Baumarten
- Pflanzstandorte unter Berücksichtigung des Wurzelraums, Darstellung der Baumgrube im Schemaschnitt
 - M < 1:100: Textliche Erläuterung zur Auswahl der Pflanzenarten
 - M > 1:100: Pflanzkonzept mit beispielhafter Benennung von Arten
- Vielfalt der Lebensraumtypologien für Tiere und Pflanzen

Grundrisse, Ansichten und Schnitte 1:200

Darstellung von

- Nutzung der Gebäudehülle (Begrünung, Laubengänge, Loggien usw.)
- Sonnenschutzmaßnahmen

Fassadenschnitt/-ansicht 1:50

Darstellung von

- Baukonstruktion, Wandaufbau, Materialien
- Tragkonzept
- Grüne Infrastruktur am Gebäude
 - Art der Dachbegrünung (extensiv, einfach intensiv, intensiv)
 - Art der Fassadenbegrünung (bodengebunden, Pflanztröge usw.)
- Passive Maßnahmen (Sonnenschutz, Lüftung usw.)

Piktogramme/ Erläuterungen

- Konzept städtebauliche Setzung unter Beachtung Durchlüftungsbahnen/Freiluftschneisen
- Erläuterungen zum Nexus „Grün-Grau-Blau“
 - Grüne Infrastruktur:
 - Maßnahmen zur Reduktion von Hitze und Starkregen durch Baumsetzungen/Grünvolumen, Grünflächen, Gebäudebegrünung und Entsiegelung
 - Ganzjährige hohe Aufenthaltsqualität durch Wahl der Materialien (Albedo/Oberflächentemperatur) und der Bepflanzung
 - Förderung der Artenvielfalt/Biodiversität
 - Belagskonzept (Versiegelungsgrad der Freiflächen)
 - Multifunktionale Nutzbarkeit und funktionsorientierte Gestaltung von Außenbereichen (z. B. Liegewiesen als Retentionsraum, Dachbegrünung zum Urban Gardening, Feuchtbiotop als Retentionsbecken; Beachtung der zeitlichen Dimension von Maßnahmen wie Baumneupflanzungen usw.)
 - Berücksichtigung von ausreichendem Wurzelraum, Pflanzenartenauswahl, Exposition (Wind/Ausrichtung)
 - Blaue Infrastruktur:
 - Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung (temporärer Regenwasserrückhalt, Versickerung, Regenwasserspeicherung, Versorgung grüner Infrastruktur, Einleitung in Oberflächengewässer, etc.)
 - Einbindung vorhandener Fließ- und Oberflächengewässer etc.
 - Konzept zur Entwässerung versiegelter, teilversiegelter und unterbauter Flächen
 - Konzept zur Bewässerung der Bepflanzung und zur Verdunstung
 - Konzept zur Regen- und Grauwassernutzung
 - Graue Infrastruktur:
 - Energiekonzept
 - Klimatisierung der Gebäude durch passive Maßnahmen (Sonnenschutz, natürliche Belüftung, Nachtauskühlung...)
 - Integration erneuerbarer Energien (z.B. Nutzung von Solarenergie usw.)
 - Multifunktionale Nutzbarkeit der Gebäudehülle (z. B. begrünte Laubengänge, Loggien, Balkone)
 - CO₂-arme Herstellung der Materialien für Gebäude und Freianlagen

- Nutzungsflexibilität (Veränderbarkeit von Grundrissen, tragende und nicht tragende Wände)
- Konzept zur Minimierung der Verkehrs- und Erschließungsflächen (vgl. Mobilitätskonzept/Stellplatzschlüssel)

Einfache perspektivische Darstellung / Schematische Skizze

Darstellung der grünen/grauen/blauen Infrastruktur bei Hitze (Aufenthaltsqualität im Außenbereich) und Starkregen (Überflutungsgefahr)

Berechnungen

- Grundstücksfläche, BGF, NF, GFZ, GRZ, BRI
- Fläche Rasen in m² / artenreiche Wiesen in m² / Sträucher in m² zur Berechnung Grünvolumenzahl (GVZ), Anzahl Bäume
- Fläche versiegelt inkl. teilversiegelt / nicht versiegelt / unterbaut mit Angaben des jeweiligen Materials in m² zur Berechnung Bodenfunktionszahl (BFZ)
- Anzahl Geschosse, Anzahl Wohneinheiten, Wohnfläche nach WoFIV in m²
- Kostenschätzung nach DIN 276, 1. Gliederungsebene für KG 300, 400, 500

Bewertungskriterien

- Maßnahmen zum Klimaschutz
- Maßnahmen zur Klimaanpassung unter Beachtung der Aufenthaltsqualität Innen und Außen
- Wirtschaftlichkeit

A2.3 Textbaustein für Auslobungstext: Abgabeleistungen Städtebaulich-landschaftsplanerischer Wettbewerb

Titel

Im Titel der Auslobung sollte klar auf das Ziel des klimagerechten Bauens hingewiesen werden.

Abgabeleistungen (Vorschlag)

Die Abgabeleistungen sind im Gesamtzusammenhang der Aufgabenstellung zu sehen und zu formulieren, eine Abstimmungen mit dem Auslobenden und dem betreuenden Büro ist notwendig. Die Abgabeleistung ist mit den Richtlinien für Planungswettbewerbe - RPW 2013 abzugleichen.

Schwarzplan 1:5000

Darstellung von

- Städtebaulicher Setzung/Körnung unter Berücksichtigung von Durchlüftungsbahnen
- Stadtklimatischer Einbindung (Berücksichtigung des städtebaulichen, klimatischen und ökologischen Kontext zur Minderung des urban heat island effekt)

Lageplan 1:1000

Darstellung von

- Bebauungsdichte
- Bestehenden und geplanten Baukörpern inkl. Angabe zur Geschossigkeit
- Dachaufsicht inkl. Dachnutzung (Begrünung, PV...)
- Grünanteil inkl. Gegenüberstellung Bestand und Planung von Grünstrukturen (Neupflanzungen, Bestand, Fällungen) und Angabe eines Vegetationskonzeptes
- Lage von Grünflächen und Baumstandorten zur Regelung des Mikroklimas
- Integration von Flächen zur Regenwasserbewirtschaftung bzw. Überflutungsbereiche bei Starkregen unter Berücksichtigung der Topographie
- Erschließungsflächen, Stellplätzen, Fahrrad- und Fußwegeverbindungen
- Freiraumgestaltung (Aufenthalts- und Ruheplätze, Bepflanzung)

Piktogramme/ Erläuterungen

- Durchlüftungsbahnen anhand städtebaulicher Setzung
- Grüne Infrastruktur / Freiflächenkonzept:
 - Maßnahmen zur Reduktion von Hitze und Starkregen durch Baumsetzungen, Grünflächen, Gebäudebegrünung, Entsiegelung
 - Berücksichtigung von ausreichendem Wurzelraum, eines Vegetationskonzeptes, Exposition (Wind/Ausrichtung)
 - Förderung der Artenvielfalt/Biodiversität
 - Ganzjährige hohe Aufenthaltsqualität durch Wahl der Materialien (Albedo/ Oberflächentemperatur) und der Bepflanzung
- Blaue Infrastruktur:
 - Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung (temporärer Regenwasserrückhalt, Versickerung, Regenwasserspeicherung, Versorgung grüne Infrastruktur, Entwässerung versiegelter Flächen, Einleitung in Oberflächengewässer, etc.)

- Konzept zur Berücksichtigung des langjährigen lokalen Wasserhaushaltes in der Planung
- Einbindung vorhandener Fließ- und Oberflächengewässer etc.
- Konzept zur Regen- und Grauwassernutzung
- Graue Infrastruktur:
 - Integration von PV-Anlagen/ nachhaltigen Heizkonzepten
 - CO₂-arme Herstellung der Materialien für Gebäude und Freianlagen
- Verkehrskonzept: Konzept zur Minimierung der Verkehrs- und Erschließungsflächen
- Umweltkonzept
 - Energiekonzept (hoher Anteil erneuerbarer Energien in der Strom- und Wärmeversorgung)
- Nutzungskonzept
 - Multifunktionale Nutzbarkeit von Außenbereichen (z. B. Liegewiesen als Retentionsraum, Dachbegrünung zum Urban Gardening, Feuchtbiotop als Retentionsbecken usw.)

Lageplan 1:500 Vertiefung

Darstellung von

- Multifunktionaler Nutzbarkeit der Gebäudehülle (z. B. begrünte Laubengänge, Loggien, Balkone)
- Multifunktionale Nutzung für Überflutungsflächen und Grünflächen zur Klimaregulierung
- Angabe der Materialart für befestigte Flächen unter Berücksichtigung des Abflussbeiwertes und Albedo
- Versiegelten inkl. teilversiegelten, nicht versiegelten und unterbauten Flächen
- Angabe zur Art der Grünflächen und Baumarten unter Berücksichtigung von Klimaanpassung und Biodiversität (Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren)
- Wahl der Baumstandorte unter Beachtung des Wurzelraums, Vegetationskonzept
- Nachvollziehbare Darstellung der Verschattung von Gebäuden und Freiräumen an einem Sommertag
Optional: Sonnenstudie/ Simulation der Verschattung am 21.06. mittels eines CAD Programms.

Vertiefung Geschossebenen, Schnitte und Ansichten 1: 500

Darstellung von

- Materialauswahl Fassaden
- Dach/- Fassadenbegrünung (Art der Dachnutzung)
- Verschattung von Fassaden und Freiflächen
- Begrünung unterbauter Flächen (Tiefgaragen)
- Baumstandorte unter Beachtung von ausreichendem Wurzelraum
- Wohneinheiten

Räumliche Skizzen

Darstellung der grünen/grauen/blauen Infrastruktur bei Hitze (Aufenthaltsqualität im Schatten) oder Starkregen (Überflutung)

Flächenberechnung nach DIN 277

Folgende Flächen sind für den Realisierungsteil zu ermitteln:

- BGF Bruttogrundfläche, getrennt nach Nutzungsarten und Baukörper; ober- und unterirdisch
- überbaute Grundstücksfläche
- die befestigten und unbefestigten Flächen der Freianlagen, selektiert nach Materialwahl
- die geplanten Grundstücksflächen (Parzellengrößen)
- Maß der baulichen Nutzung (GFZ und GRZ)
- Anzahl der Wohneinheiten mit Angabe der Wohnfläche in m²
- PV Fläche in m², Dachbegrünung in m²

Bewertungskriterien

- Städtebau
- Maßnahmen zum Klimaschutz
- Maßnahmen zur Klimaanpassung unter Beachtung der Aufenthaltsqualität Innen und Außen
- Wirtschaftlichkeit

A2.4 Ergebnisse der Wettbewerbsbegleitung

		Ingolstadt	Schwabach	Schweinfurt Phase 1	Schweinfurt Phase 2	Füssen	Selb	Augsburg	Nürnberg	Freising gesamtes Wettbewerbsgebi- et	Regensburg	Neu-Ulm	
Städtebau	Stadtklimatische Einbindung	+	+	+	+	+	n.V.	+	+	+	+	(+)	
	Städtebauliche Setzung	(o)	+	+	n.V.	+	+	+	+	+	+	-	
	Dichte	+	+	(+)	(+)	+	(+)	(+)	+	+	+	+	
	Flächenversiegelung: Angabe versiegelter Flächen in %	-	+	-	+	-	n.V.	+	+	+	+	-	
	Flächenversiegelung: Darstellung versiegelter Flächen	+	+	(o)	(o)	+	n.V.	+	+	+	+	(+)	
	Flächenversiegelung: Konzept Stellplatzreduktion	+	+	+	n.V.	n.V.	n.V.	+	+	(o)	+	(o)	
	Lokaler Wasserhaushalt	(o)	-	(o)	(o)	(o)	n.V.	(o)	(o)	(o)	(o)	-	
	Grünanteil	+	(o)	(o)	(o)	n.V.	n.V.	(o)	(o)	+	+	+	-
	Verschattung / Belichtung	+	(o)	(o)	(o)	(o)	n.V.	+	+	(o)	+	-	
Funktionalität	Erschließung: Darstellung Erschließungsflächen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Erschließung: Anzahl PKW- und Fahrradstellplätze	+	+	n.V.	(o)	+	n.V.	+	+	+	+	-	
	Multifunktionale Nutzung von Außenbereichen	+	(o)	(o)	(o)	(o)	n.V.	+	+	(+)	+	-	
	Multifunktionale Nutzung der Gebäudehülle	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	(+)	n.V.	n.V.	(+)	(o)	
	Entwässerung versiegelter Flächen	+	+	+	(o)	(o)	n.V.	+	+	+	+	-	
	Überflutungsschutz	(o)	(o)	n.V.	(o)	(o)	n.V.	(o)	+	+	+	-	
	Wasserspeicherung	(o)	(o)	+	(o)	(o)	n.V.	+	+	(o)	+	-	
	Pflanzstandorte	(o)	(o)	n.V.	(o)	(o)	n.V.	+	+	-	(o)	-	
	Qualität	Komfort und Gesundheit	+	(+)	(+)	(+)	(o)	n.V.	(+)	(+)	(+)	+	-
Artenvielfalt		+	(o)	(o)	(o)	(o)	n.V.	(o)	+	+	+	-	
Freiraumgestaltung		+	+	n.V.	(+)	-	n.V.	(o)	+	+	+	-	
Ressourcen / Energie	Baustoffe: Verringerung Urban Heat Island Effekt	+	+	(+)	+	+	+	+	n.V.	n.V.	+	+	
	Baustoffe: Minimierung grauer Energie	+	+	n.V.	+	+	+	+	+	n.V.	+	+	
	Regenwassernutzungskonzept	+	+	+	(o)	(o)	(o)	+	+	+	+	-	
	Grauwassernutzungskonzept	-	-	(o)	(o)	-	-	+	+	-	-	-	
	Energiebedarf: Thermische Zonierung	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	(+)	n.V.	n.V.	(+)	(+)	
	Energiebedarf: Reduktion Heizwärmebedarf	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	(+)	+	n.V.	+	(+)	
	Energiebedarf: Fensterflächenanteil	-	-	n.V.	-	-	-	-	n.V.	n.V.	+	(+)	
	Energiebedarf: Sonnenschutzkonzept	+	(+)	n.V.	(o)	(o)	+	+	n.V.	n.V.	+	-	
	Energiebedarf: Lüftungskonzept	+	(+)	n.V.	(o)	(o)	+	(+)	n.V.	n.V.	+	-	
	Energiebedarf: Besonnung und Verschattung	(+)	(+)	+	(+)	(+)	(+)	+	n.V.	0	0	-	
	Energiebedarf: Nachtauskühlung	+	(+)	n.V.	(+)	(o)	+	(o)	n.V.	n.V.	+	-	
	PE-Faktor Wärmeerzeugung	(o)	-	(+)	+	(o)	(o)	(o)	(o)	0	(o)	+	
	Energieversorgungskonzept	+	-	+	+	+	+	(o)	(o)	n.V.	+	(o)	
	voraussichtl. verfügbare PV-Fläche in m²	-	-	n.V.	+	-	(o)	(+)	+	n.V.	0	+	
	Plan Dachaufsicht (Nachweis Eignung für PV)	+	+	n.V.	+	(+)	+	+	+	n.V.	+	+	
Öko-nomie	Flächeneffizienz	(+)	+	n.V.	+	+	+	+	+	n.V.	+	+	
	Nutzungsflexibilität	+	-	n.V.	(o)	(o)	(o)	(o)	n.V.	n.V.	+	(o)	
	Baukosten	+	-	(o)	(o)	-	-	(o)	(o)	(o)	+	(+)	
	LCC	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	-	

Legende

+	Das Kriterium wurde in die Abgabeleistungen wie empfohlen aufgenommen.
(+)	Das Kriterium wurde nicht wie empfohlen in den Abgabeleistungen genannt, aber kann aus anderen geforderten Leistungen abgelesen werden.
(o)	Im Auslobungstext wurde für das Kriterium sensibilisiert, die Umsetzung des Kriteriums kann jedoch nicht mit einer Abgabeleistung überprüft werden.
-	Das Kriterium wird nicht erwähnt und die Umsetzung kann nicht geprüft werden.
n.V.	Das Kriterium ist nicht relevant (entspricht nicht der Wettbewerbsaufgabe)

Abbildung 93: Analyse Auslobungstexte

Anhang: Textbausteine für Wettbewerbe

	Ingolstadt	Schwabach	Schweinfurt Phase 1	Schweinfurt Phase 2	Füssen	Selb	Augsburg	Freising	Nürnberg	Regensburg	Neu-Ulm	
Städtebau	Stadtklimatische Einbindung	+	+	+	+	+	n.V.	+	+	+	+	
	Städtebauliche Setzung	+	+	+	n.V.	+	-	+	+	+	n.g.	
	Dichte	+	+	+	n.V.	+	(+)	+	+	+	+	
	Flächenversiegelung: Angabe versiegelter Flächen in %	n.g.	+	n.g.	+	n.g.	n.V.	-	+	-	+	
	Flächenversiegelung: Darstellung versiegelter Flächen	+	+	+	+	-	n.V.	+	+	+	(o)	
	Flächenversiegelung: Konzept Stellplatzreduktion	+	(o)	+	n.V.	n.V.	n.V.	+	+	+	(o)	
	Lokaler Wasserhaushalt	-	n.g.	-	-	-	n.V.	-	-	(o)	(o)	n.g.
	Grünanteil	+	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)	+	n.g.
	Verschattung / Belichtung	+	+	+	+	+	n.V.	+	+	+	+	n.g.
Funktionalität	Erschließung: Darstellung Erschließungsflächen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	n.g.	
	Erschließung: Anzahl PKW- und Fahrradstellplätze	+	+	n.V.	n.V.	+	n.V.	+	+	+	n.g.	
	Multifunktionale Nutzung von Außenbereichen	(o)	(o)	+	+	(+)	n.V.	+	+	+	n.g.	
	Multifunktionale Nutzung der Gebäudehülle	+	(+)	n.V.	+	(+)	+	(o)	+	n.V.	+	
	Entwässerung versiegelter Flächen	+	(o)	+	+	(o)	n.V.	+	+	+	+	
	Überflutungsschutz	(o)	(o)	n.V.	n.g.	n.g.	n.V.	n.g.	+	-	+	
	Wasserspeicherung	+	-	+	+	+	n.V.	+	+	-	+	
	Pflanzstandorte	-	-	n.V.	-	-	n.V.	-	-	-	-	n.g.
	Qualität	Komfort und Gesundheit	(o)	(+)	(+)	(+)	(o)	n.V.	(+)	(+)	(+)	+
Artenvielfalt		(o)	(o)	(o)	(o)	-	n.V.	(o)	+	-	(o)	
Freiraumgestaltung		(o)	(o)	n.V.	+	n.g.	n.V.	(o)	+	(o)	+	
Ressourcen / Energie	Baustoffe: Verringerung Urban Heat Island Effekt	+	+	n.g.	+	+	+	+	+	n.V.	+	
	Baustoffe: Minimierung grauer Energie	+	+	n.V.	+	+	+	+	+	n.V.	+	
	Regenwassernutzungskonzept	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	
	Grauwassernutzungskonzept	n.g.	n.g.	(o)	-	n.g.	n.g.	-	n.g.	-	n.g.	
	Energiebedarf: Thermische Zonierung	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	n.V.	(+)	
	Energiebedarf: Reduktion Heizwärmebedarf	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	0	+	-	k.A.	
	Energiebedarf: Fensterflächenanteil	n.g.	n.g.	n.V.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	+	n.V.	k.A.	
	Energiebedarf: Sonnenschutzkonzept	+	+	n.V.	(+)	+	+	+	+	n.V.	+	
	Energiebedarf: Lüftungskonzept	+	(+)	n.V.	+	(+)	(+)	+	+	n.V.	+	
	Energiebedarf: Besonnung und Verschattung	-	-	-	-	-	-	0	0	n.V.	+	
	Energiebedarf: Nachtauskühlung	(+)	(+)	n.V.	(+)	(+)	(+)	+	+	n.V.	+	
	PE-Faktor Wärmeerzeugung	(o)	+	+	+	+	-	0	0	(+)	+	
	Energieversorgungskonzept	+	+	+	+	(o)	-	+	+	+	+	
	voraussichtl. verfügbare PV-Fläche in m²	n.g.	n.g.	n.V.	+	n.g.	(o)	+	+	(+)	(+)	
Plan Dachaufsicht (Nachweis Eignung für PV)	+	+	n.V.	+	k.A.	+	+	+	+	+		
Ökonomie	Flächeneffizienz	+	+	n.V.	+	+	+	+	+	+	+	
	Nutzungsflexibilität	+	+	n.V.	-	+	+	+	n.V.	+	+	
	Baukosten	+	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	+	(+)	
	LCC	(o)	(o)	n.V.	n.V.	(o)	(o)	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	

Legende

+	Das Kriterium wurde wie in den Abgabeleistungen gefordert umgesetzt.
(+)	Das Kriterium wurde nicht wie in den Abgabeleistungen genannt erfüllt, aber kann aus anderen Leistungen abgelesen werden.
(o)	Der Entwurf zeigt die Sensibilisierung für das Kriterium.
-	Das Kriterium wurde nicht berücksichtigt.
n.g.	Das Kriterium wurde nicht gefordert oder sensibilisiert.
n.V.	Das Kriterium ist nicht relevant.

Abbildung 94: Analyse Siegerentwürfe - Darstellung

A3 Theoretischer Hintergrund Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

A3.1 Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

A3.1.1 Methodische Ansätze der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Eine Möglichkeit zu überprüfen, ob sich Klimaanpassungsmaßnahmen auszahlen, ist die Anwendung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Die Finanzmathematik bietet hierfür eine breite Palette an Ansätzen zur Investitionsrechnung. Für die Bestimmung der Wirtschaftlichkeit einer Investition gibt es unterschiedliche methodische Ansätze, die zu unterschiedlichen Rangfolgen bei der Beurteilung verschiedener Investitionsvarianten führen können. Selbst bei methodisch einwandfreiem Vorgehen, realistischer Abschätzung aller eingehenden Parameter und sorgfältiger Analyse kann eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung jedoch häufig keine eindeutige Entscheidung zwischen unterschiedlichen Alternativen bieten.

Als Investitionsrechnung kann man Verfahren bezeichnen, mittels derer die Vorteilhaftigkeit von Investitionen beurteilt werden kann. Die folgende Darstellung gibt einen schematischen Überblick über die wirtschaftlichen Bewertungsverfahren. Unterschieden wird zwischen der Simulation und dem sukzessiven Verfahren der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die sukzessive Betrachtung teilt sich in Totalmodelle sowie Partialmodelle.

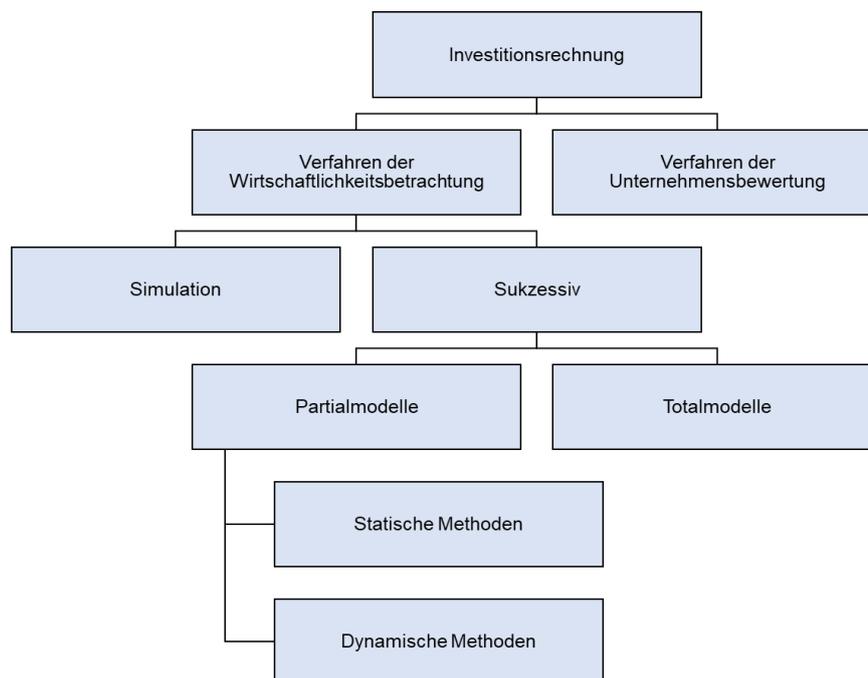


Abbildung 95: Verfahren der Investitionsrechnung und Zuordnung

Partialmodelle gliedern sich wiederum in statische und dynamische Methoden. Die statischen Methoden beziehen sich auf einperiodische Betrachtungszeiträume und vernachlässigen die zeitliche Abfolge von Ein- und Auszahlungen. Dadurch bleiben Zinseffekte unberücksichtigt. Das bedeutet, dass der Zeitwert des Geldes ausgegrenzt wird. Zwar ist das statische Verfahren eine einfache, mit geringem Datenbeschaffungs- und Berechnungsaufwand verbundene Anwendung,

jedoch zählen die Betrachtung einer durchschnittlichen Periode sowie die Vernachlässigung des Time Value of Money-Gedankens zu den Nachteilen. Für die dynamischen Investitionsrechnungen hingegen macht der zeitlich unterschiedliche Anfall der Beträge einen Unterschied. Die Berechnungen basieren auf einer mehrperiodischen Betrachtungsweise. Mithilfe der Ab- und Aufzinsung werden die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt normiert. So wird der Zeitwert des Geldes berücksichtigt. Damit ist das dynamische Verfahren dem statischen Verfahren konzeptionell überlegen. Nachteile der dynamischen Verfahren sind jedoch die Wiederanlageprämisse des Zahlungsstroms, das Vortäuschen falscher Genauigkeit sowie Prognoseunsicherheiten. Während die modernen Verfahren des dynamischen Ansatzes auf dem vollständigen Finanzplan basieren, kann bei den klassischen Verfahren zwischen der Kapitalwertmethode, der Annuitätenmethode, der internen Zinsfußmethode sowie der Payoff-Methode unterschieden werden. Im folgenden Abschnitt werden die klassischen Verfahren kurz definiert.

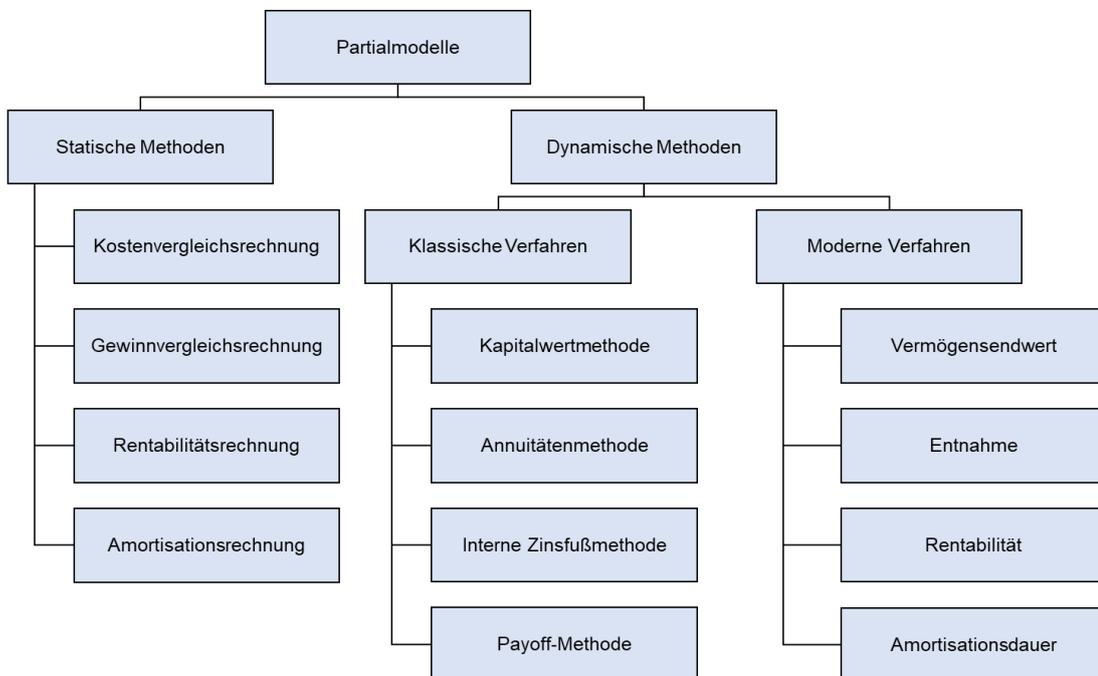


Abbildung 96: Übersicht der Methodik der Partialmodelle

Die Kapitalwertmethode berechnet für eine Investition den Kapitalwert. Dieser entspricht dem mit einem Zinssatz abgezinsten Betrag aller mit der Investition verbundenen Ein- und Auszahlungen. Ist der ermittelte Kapitalwert > 0 , ist die Investition vorteilhaft, ist dieser gleich 0 , dann erzielt die Investition zumindest die geforderte Mindestrendite, ist dieser < 0 , ist die Investition nicht vorteilhaft. Die Annuitätenmethode hingegen wandelt einen Betrag in gleichbleibende Zahlungen, sogenannte Annuitäten, um. Eine Investition ist vorteilhaft, wenn die Annuität größer als 0 ist. Die Pay-off-Methode, auch Amortisationsrechnung genannt, geht von der Kapitalwertmethode aus und ermittelt jenes Zeitintervall, für das erstmalig der Kapitalwert einen Wert größer, gleich Null annimmt. Die Amortisationsrechnung stützt sich darauf, dass der Kapitalwert einer Investition unter sonst gleichen Umständen im Regelfall im Zeitablauf wächst. Um einen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Ausführungen der Klimaanpassungsmaßnahmen durchzuführen, bietet sich die

Kapitalwertmethode, auch Nettobarwertmethode (Englisch: Net Present Value) genannt, an. Diese Art gilt als vielseitig und für die Analyse von Optionen gut geeignet (Harzdorf 2020).

A3.1.2 Monetarisierung von Klimafolgen und Gegenüberstellung potenzieller Folgen mit Vermeidungskosten

Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes unterscheidet zur Ermittlung von Umweltkosten zwischen drei verschiedenen Arten:

1. Vermeidungskosten werden getätigt, um Schäden abzuwenden. In Bezug auf die Klimakrise meint das eine Transformation hin zur Klimaneutralität. Dadurch können Vermeidungskosten als Investitionen in den Klimaschutz und Minderung von transitorischen Risiken gesehen werden.
2. Schadenskosten sind jene Kosten, die entstehen, wenn Umwelteinwirkungen einen Schaden verursachen. Auf zukünftige Schadenskosten können sich wiederum
3. Anpassungskosten auswirken. Das sind die Investitionen, die in die Anpassung an die Klimakrise gemacht werden, wie beispielsweise Dachbegrünung oder Fassadenbegrünungen. Gelungene Anpassungen können die zukünftigen Schadenskosten verringern. Laut Wissenschaftler:innen kann außerdem zwischen verschiedenen Arten von Schäden unterschieden werden: Direkte materielle Schäden entstehen etwa an Gebäuden und Infrastruktur. Indirekte materielle Schäden können eine geringere Leistungsfähigkeit oder der Ausfall von Beschäftigten durch Hitze sein oder die Folgekosten durch unterbrochene Lieferketten nach Schäden in der Infrastruktur. Schwer zu beziffern sind die nicht materiellen Schäden, wie Todesfälle, Biodiversitätsverluste oder Schäden an Kulturgütern.

Außerdem beschreibt die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes ihren Ansatz, um Klimafolgekosten zu schätzen. Dabei wird eine Aktivität – bei Kosten von Klimawandelschäden in der Regel das Ausstoßen von Emissionen – über die Umwelteinwirkungen, die Reaktion verschiedener Systeme bis hin zu den Schäden und Kosten verfolgt und in einem Wirkungspfad miteinander verknüpft. Beispielhaft ist das eine bestimmte Menge an Emissionen, die damit zusammenhängende Erderwärmung, die wiederum eine Hitzewelle hervorruft und so für Ernteauffälle sorgt. Als eine Auswirkung könnten am Ende die steigenden Lebensmittelpreise stehen. Die gesammelten Daten entlang der Wirkungspfade bilden die Grundlage für die Simulationen (Umweltbundesamt 2020a).

Zu den Folgen der Klimakrise können unter anderem die Hitze, der Starkregen und die Trockenheit gezählt werden. Diese drei physischen Klimarisiken steigen zukünftig in ihrer Intensität sowie Frequenz und erhöhen die dadurch entstehenden Schäden. Das Umweltbundesamt berichtet von hohen Kosten für die Gesellschaft, etwa in Form von umweltbedingten Gesundheits- und Materialschäden, Ernteauffällen oder Schäden an Ökosystemen, die durch die Umweltbelastungen entstehen. So haben allein die deutschen Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2019 Umweltkosten in Höhe von mindestens 156 Milliarden € verursacht. Fest steht, eine ambitionierte Umweltpolitik senkt diese Kosten und entlastet damit die Gesellschaft (Umweltbundesamt 2022b). Klimaanpassungsmaßnahmen tragen ebenso einen wichtigen Teil dazu bei, die Schadenskosten zu senken. Nachfolgend wird anhand von drei physischen

Klimarisiken die Gegenüberstellung von Vermeidung potenzieller Folgen mit Vermeidungskosten aufgezeigt.

Hitzeextreme definieren sich über die Anzahl von Hitzetagen und Tropennächte. Monetär zu messen ist diese Klimafolge beispielsweise anhand steigender Kühlkosten für den Gebäudesektor. Infolge des Anstiegs an Hitzetagen und Tropennächten wird in Deutschland vermehrt aktiv gekühlt, unter anderem auch in Wohngebäuden (Österreicher und Sattler 2018). Allerdings geht die Nutzung von konventionellen Kühlungssystemen mit einem höheren Stromverbrauch einher, der wiederum zu einem verstärkten CO₂-Ausstoß führt (Umweltbundesamt 2019a). Ein weiteres Beispiel für die Monetarisierung der Hitze sind die ansteigenden Gesundheitskosten. Pro Hitzetag fallen gesundheitsbezogene wirtschaftliche Kosten an. Diese muss die Allgemeinheit tragen. Der zukünftige Anstieg der Anzahl der Hitzetage verdeutlicht den Bedarf an passiver Kühlung und somit eine entsprechende thermische Belastung im Innen- und Außenraum von Gebäuden für den Menschen (Deutscher Wetterdienst 2020). Diese Kosten lassen sich durch hitzebedingte Klimaanpassungsmaßnahmen in Innen- sowie Außenraum von Gebäuden vermeiden. Dabei stellen sie eine umweltfreundliche Alternative gegenüber der Klimaanlage dar, die zudem die Schadenskosten senken.

Bereits in der Vergangenheit konnten starke Veränderungen hinsichtlich der Zunahme von Hochwassersituationen und der Veränderungen im Abflussregime festgestellt werden. Auch weiterhin ist eine Zunahme von Starkniederschlägen klar zu erkennen (Umweltbundesamt 2022a). Vorsorgemaßnahmen gegenüber Starkregenereignissen sowie Maßnahmen zur wasserbewussten Stadtentwicklung sind zu treffen, da mit hohen Wiederherstellungskosten nach einem Starkregenereignis zu rechnen ist. Maßnahmen wie Dachbegrünungen, die für einen niedrigen Abflussbeiwert sorgen, können den Kosten in einem Schadensfall gegenübergestellt werden (Umweltbundesamt 2019b). Zu beweisen gilt, dass die Vermeidungs- und Anpassungskosten gegenüber der Klimafolge Starkregen geringer als die Schadens- und auch Wiederherstellungskosten nach einem Schaden ausfallen.

Auch die Klimafolge Trockenheit spielt eine entscheidende Rolle, wenn es darum geht, zukünftig Kosten zu senken oder gar zu vermeiden. Einige Teile Deutschlands sind bereits stark davon betroffen und haben aufgrund zu geringer Niederschläge regional damit zu kämpfen. Zum einen vermindert Trockenheit das Pflanzenwachstum und somit kommt es zu Ausfällen bei den Ernteerträgen in der Landwirtschaft, zum anderem müssen auch Bäume an Straßen oder im urbanen Raum unter den schlechteren Standortbedingungen leben als vitale Bäume in der freien Natur. Aufgrund von Versiegelung leidet das Baumwachstum (Umweltbundesamt 2022b). Um die Pflanzen und die Böden vor dem Austrocknen zu schützen und keine Ernteerträge zu verlieren, werden diese oftmals bewässert. Gegenübergestellt werden können diese Kosten mit den Vermeidungskosten für versickerungsfähige Beläge oder Freiflächen zur Wasserretention bei Starkregenereignissen.

Eine genauere Gegenüberstellung der Klimafolgen mit den Vermeidungskosten erfolgte im Verlauf des Projektes. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die immer häufiger und intensiver auftretende Extremwetterereignisse ein klares Zeichen sind, um konsequent Klimaschutz umzusetzen und Klimaanpassungsmaßnahmen durchzuführen. Im besten Fall

werden Maßnahmen umgesetzt, die sowohl das Ziel der Adaption als auch der Mitigation verfolgen und die Schadenskosten senken.

A3.1.3 Marktbewertung, Klimafolgen der Naturgefahren sowie Carbon Pricing

Die Analyse und Darstellung von Synergien zwischen Aspekten der Marktbewertung, Klimafolgen der Naturgefahren sowie Carbon Pricing ist von großer Bedeutung, um ein umfassendes Verständnis der wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels zu erlangen. Durch die Berücksichtigung dieser Aspekte in einer gemeinsamen Analyse können wir ein besseres Verständnis darüber erlangen, wie sich der Klimawandel auf die Wirtschaft auswirkt und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um negative Auswirkungen zu minimieren.

Die Marktbewertung bezieht sich auf die Bewertung von Unternehmen, Branchen und Wirtschaftszweigen auf Grundlage von Finanzkennzahlen wie Gewinn, Umsatz und Aktienkurs. Durch die Berücksichtigung von Klimafaktoren in die Marktbewertung können Investoren und Unternehmen die Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Geschäftsaktivitäten besser einschätzen und entsprechend handeln. Klimafolgen der Naturgefahren beziehen sich auf die Auswirkungen des Klimawandels auf Naturkatastrophen wie Hochwasser, Dürren und Stürme. Durch die Berücksichtigung dieser Folgen in die Analyse können Regierungen und Unternehmen die Risiken besser einschätzen und Maßnahmen ergreifen, um sich darauf vorzubereiten und die Folgen zu minimieren.

Carbon Pricing bezieht sich auf die Einführung von Preisen für Treibhausgasemissionen, um die Kosten der Emissionen zu internalisieren und so einen Anreiz zur Reduktion der Emissionen zu schaffen. Durch die Berücksichtigung von Carbon Pricing in die Analyse können Regierungen und Unternehmen die wirtschaftlichen Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen besser einschätzen und entsprechend handeln. Die Synergien zwischen diesen Aspekten liegen darin, dass sie alle die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels betrachten und dadurch ein umfassenderes Verständnis darüber ermöglichen, welche Maßnahmen ergriffen werden sollten.

Unternehmen, die mit Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel handeln, müssen seit dem 1. Januar 2021, gemäß Brennstoffemissionshandelsgesetz, einen CO₂-Preis bezahlen. Damit ergänzt die Bundesregierung den europäischen Emissionshandel, der bereits für die Energiewirtschaft und die Industrie gilt.

Die Abbildung 97 stellt die Verzahnung zwischen Folgen der Klimakrise, Aspekten der Marktbewertung und der CO₂-Bepreisung dar. Aufgrund der Klimakrise kommt es zu immer stärker und häufiger auftretenden Extremwetterereignissen. Die physischen Klimarisiken wie die Hitze, Trockenheit, Starkregen, Überflutung, Hagel und Sturm, verursachen nicht nur Schäden an Gebäuden, sondern auch eine veränderte Nachfrage am Markt seitens der Nutzer:innen und Investor:innen. Um die negativen Effekte der Emissionen vollständig abzubilden kann eine Internalisierung über die volle Höhe erfolgen. Hierbei handelt es sich um sogenanntes Shadow Carbon Pricing. Den Emissionen wird intern eine Bepreisung gegeben, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließt und die in der Höhe der zu erwartenden Schäden oder einer etwaigen höheren gesetzlichen Bepreisung liegt. Dieser Einfluss auf die Modellierungen im

Sinne der Immobilienbewertung wiederum ist Teil der Marktbewertung und wird aufgrund veränderter Rahmenbedingungen stärker nachgefragt. Außerdem erhöht sich dadurch das Potential der Wert- und Mieteinnahmesteigerung von Immobilien, bzw. ist anders herum in negativer Weise ein Abschlag zu erwarten. Die CO₂-Bepreisung ist für den Gebäudesektor in Deutschland aktuell über das Brennstoffemissionshandelsgesetz gelöst. Im Jahr 2022 kostete eine Tonne CO₂ 30 €. Für das Jahr 2023 wurde die ursprünglich geplante Erhöhung auf 35 € aufgrund der stark gestiegenen Energiepreise ausgesetzt. Diese Erhöhung wird erst im Jahr 2024 durchgeführt. Auf europäischer Ebene wird weiterhin über die Einführung eines zweiten EU-ETS, welcher den Gebäude- und den Verkehrssektor einschließen soll, verhandelt. Ab wann dieser eingeführt wird ist weiterhin offen. Die aktuellen 35 € je Tonne CO₂ sind nicht ausreichend um die externen Kosten zu decken. Diese Aspekte sind in die Wirtschaftlichkeitsberechnung im Sinne der WLC eingeflossen.



Abbildung 97: Verzahnung von Marktbewertung, Klimafolgen der Naturgefahren sowie Carbon Pricing

A3.1.4 „Transition risks“ und der Veränderungen durch die Maßnahmen der ausgewählten Projekte

Transitorische Risiken sind jene Risiken, welche für Assets und Unternehmen durch den Umbruch zu einer klimaschonenden und kohlenstoffarmen Wirtschaftsweise entstehen. Steigende Kosten aufgrund der Bepreisung von Kohlenstoffemissionen, Markteffekte, technologische Störungen, rechtliche Verpflichtungen und andere Vorschriften sowie Reputationsrisiken, die sich alle auf den Immobilienwert auswirken können, sind die Folge. Darüber hinaus können auch andere Risiken wie Wettbewerbs-, Reputations- und Rechtsrisiken für Unternehmen entstehen.

Die Immobilienwirtschaft, welche rund ein Drittel der weltweiten CO₂-Emissionen verursacht, spielt dabei eine besondere Rolle. Für 40 % des weltweiten Energieverbrauchs sowie 50 % des

Verbrauchs an natürlichen Ressourcen sind Immobilien verantwortlich (IPCC 2022). Dies umfasst den gesamten Betrieb und den Bau von Immobilien inklusive aller indirekten Emissionen, wie durch die Nutzung von Strom und Fernwärme in Gebäuden. Um die Kosten der transitorischen Risiken so gering wie möglich zu halten, muss sich die Branche ihrer Verantwortung stellen. Regulatorische Vorschriften hinsichtlich Energieeffizienz und dem Einsatz von erneuerbaren Energien, CO₂-Bepreisungen, Änderung des Nutzerverhaltens sowie Mietverbote für energieineffiziente Gebäude sind Instrumente, um die ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen anzugehen.

Die potenziell finanziellen Risiken, die für ein einzelnes Objekt entstehen, zeigt der Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM) auf. Das Tool berechnet die Höhe der Risiken, die mit einer schlechten Energieeffizienz einhergehen. Ebenso wird dadurch erkennbar, ab welchem Zeitpunkt eine Immobilie nicht mehr die Paris-Abkommen konformen Emissionspfade einhält. Der Dekarbonisierungspfad gibt dabei an, wie sich die Emissionen und Energieintensität der Durchschnittsimmobilie in der betreffenden Assetklasse (hier: Deutschland, Mehrfamilienhäuser) entwickeln muss um das durch den IPCC vorgegebene Emissionsbudget einzuhalten.

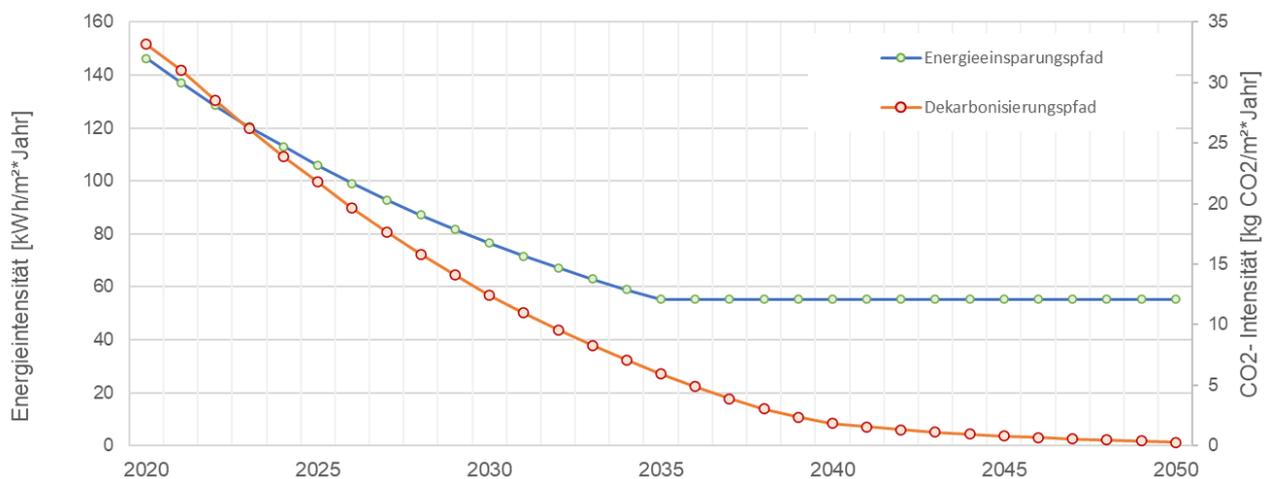


Abbildung 98: CRREM Zielpfade für Mehrfamilienhäuser in Deutschland (1,5 Grad)

Die Abbildung zeigt die Zielpfade für Mehrfamilienhäuser in Deutschland unter Berücksichtigung des Pariser 1,5 Grad Zieles für die Jahre 2020 bis 2050. Erkennbar wird hierdurch die Notwendigkeit der nachhaltigen Transformation für die Immobilienbranche. Es sind je Gebäudetyp in CRREM zwei Pfade vorhanden. Der Energiepfad beschreibt wie sich die Effizienz des Endenergiekonsums der Durchschnittsimmobilie im konkreten Marktcontext entwickeln muss. Hier gilt der „Efficiency first“ („Effizienz zuerst“) Ansatz. Für die Begleitforschung war dies tendenziell nebensächlich, da Neubauimmobilien in Deutschland bereits heute entsprechende Mindeststandards erfüllen müssen. Der zweite Pfad war allerdings wichtig zu beachten. Die Treibhausgasintensität der Immobilien sollte bei einem Neubau bereits bei null sein. Hier gibt es besonders bei der Nutzung von Fernwärme Probleme, da die Netzbetreiber nicht oder nicht ausreichende Dekarbonisierungsbemühungen der Fernwärmenetze hinterlegt haben. Eine

Umrüstung von bestehenden Fernwärmenetzen auf beispielsweise den Einbau und Nutzung von neuen Wärmepumpen ist nicht zu empfehlen, da hiermit weiterer CO₂-Ausstoß als Graue Energie einher geht. Eher sollen die Immobilienunternehmen als größte Abnehmer von Fernwärme im Netz Druck auf die Betreiber ausüben die Dekarbonisierung voranzutreiben. Für das Modellvorhaben und die ausgewählten Maßnahmen der Schwerpunktprojekte sind die transitorischen Risiken, die von der direkten Verbrennung im Gebäude ausgehen mitigiert worden, da in allen Siegerentwürfen auf diese vollständig verzichtet wurde. Auch wurde (wie auch gesetzlich notwendig) eine hohe Energieeffizienz erreicht. Lediglich durch die Fernwärmenutzung und die Nutzung der Stromnetze entstehen noch weiterhin transitorische Risiken, auf dessen Mitigation die Bauherr:innen keinen Einfluss haben. Einige Entwürfe können jedoch auch hier mit der Aufstellung von PV Anlagen auf den Dächern diese Risiken mitigieren. Dies wurde im Rahmen der Kosten-Nutzen Betrachtung und der Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit bewertet.

A4 Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen

A4.1 Baumerhalt

A4.1.1 Thermische Behaglichkeit im Außenraum

Das Simulationsergebnis in Abbildung 99 zeigt, dass ein gesunder Bestandsbaum eine erhebliche Verbesserung der Aufenthaltsqualität bewirkt.

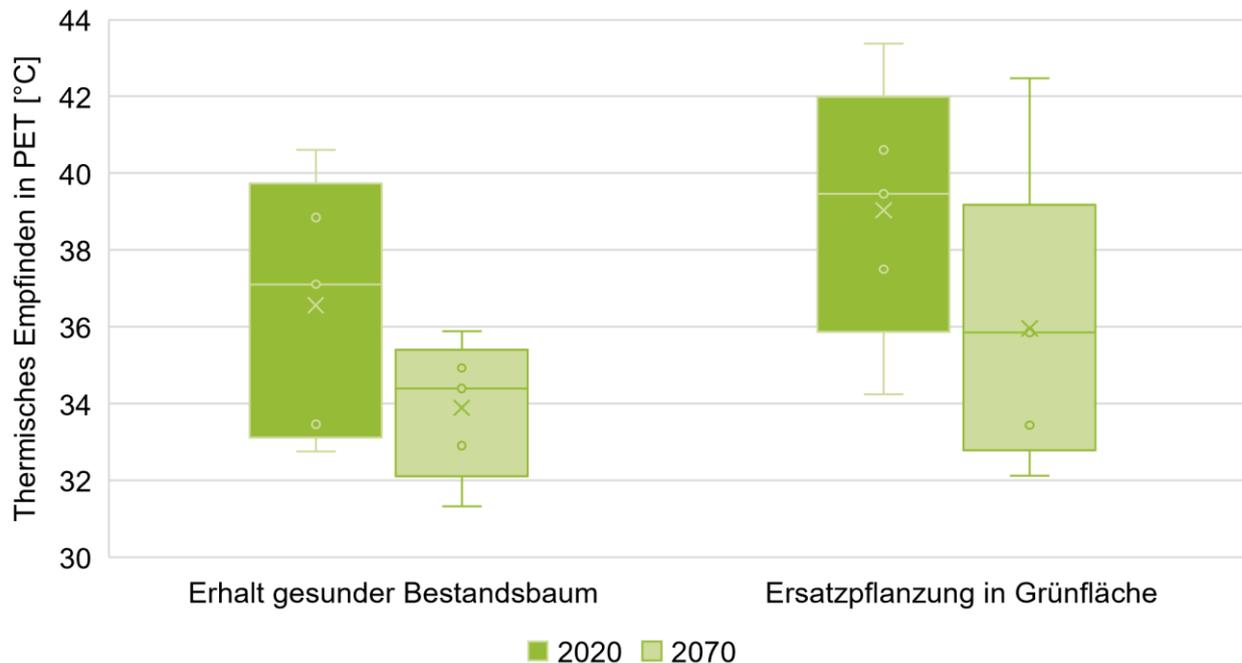


Abbildung 99 Ergebnis der mikroklimatischen Simulationen der fünf Schwerpunktprojekte

A4.1.2 Grünvolumen

Für die Berechnung des Grünvolumens wurde das CityTree Tool Abbildung 100: genutzt und standortspezifisch für die fünf Schwerpunktprojekte berechnet (vgl. Abbildung 101).

city/site	dbh class	dbh	height	crown length	crown diameter	crown projecton area	crown volume	LAI
	cm	cm	m	m	m	m ²	m ³	m ² /m ²
Freising, 2070, 60J, 36m ³	individual	47,0	17,2	13,7	11,9	111,2	971	4,0
Freising, 2070, 60J, 12m ³	individual	47,0	17,2	13,7	11,9	111,2	971	4,0
Freising, 2070, 60J, 0%	individual	47,0	17,2	13,7	11,9	111,2	971	4,0
Freising, 2070, 80J, 0%	individual	64,4	20,7	17,2	15,0	176,7	1.940	4,2
Freising, 2070, 10J, 12m ³	individual	7,2	5,8	3,8	3,3	8,6	21	2,7
Freising, 2020, 10J, 12m ³	individual	7,2	5,8	3,8	3,3	8,6	21	2,7
Freising, 2020, 10J, 36m ³	individual	7,2	5,8	3,8	3,3	8,6	21	2,7

Abbildung 100: Exemplarisches Beispiel der Nutzung des CityTree-Tools (Screenshot)

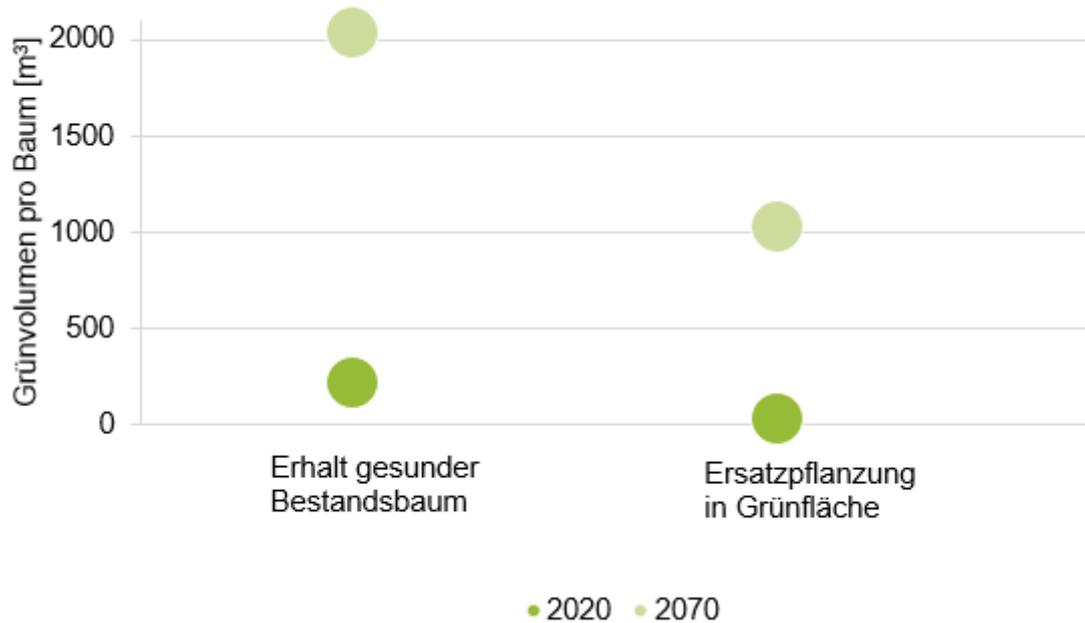


Abbildung 101: Berechnungsergebnisse des Grünvolumens für alle fünf Schwerpunktprojekte

A4.1.3 Verdunstungskühlung

Die Ergebnisse in Abbildung 102 zeigen, dass die Kühlung durch Verdunstung pro Baum stark vom Alter des Baumes abhängt. Dadurch leistet ein gesunder Bestandsbaum, der erhalten wird, deutlich mehr Verdunstungskühlung als eine Ersatzpflanzung. Der Bestandsbaum wird mit einem Durchschnittsalter von 30 Jahren angenommen.

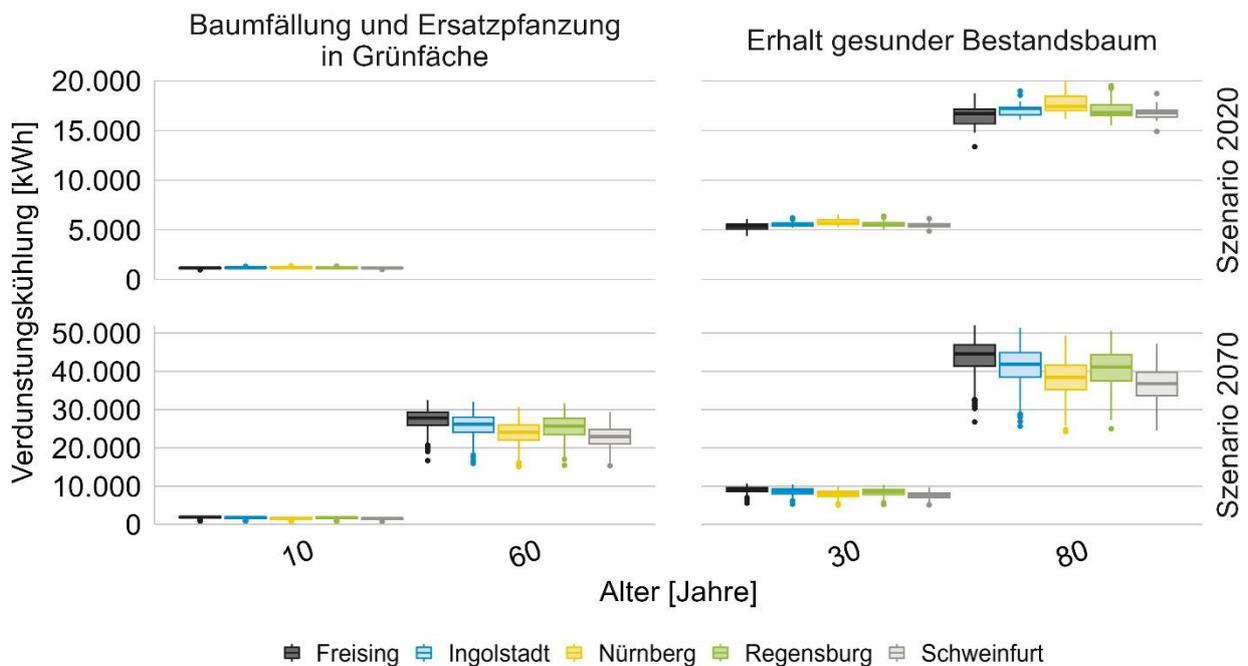


Abbildung 102: Baumerhalt - Verdunstungskühlung im Sommer pro Baum

A4.2 Baumpflanzung

A4.2.1 Thermische Behaglichkeit im Außenraum

Wie in Abbildung 103 dargestellt, sofern neu gepflanzte Bäume nicht wachsen können (vgl. Variante 2), ist die Wirkung der Verdunstungskühlung und Verschattung begrenzt und die thermische Belastung hoch.

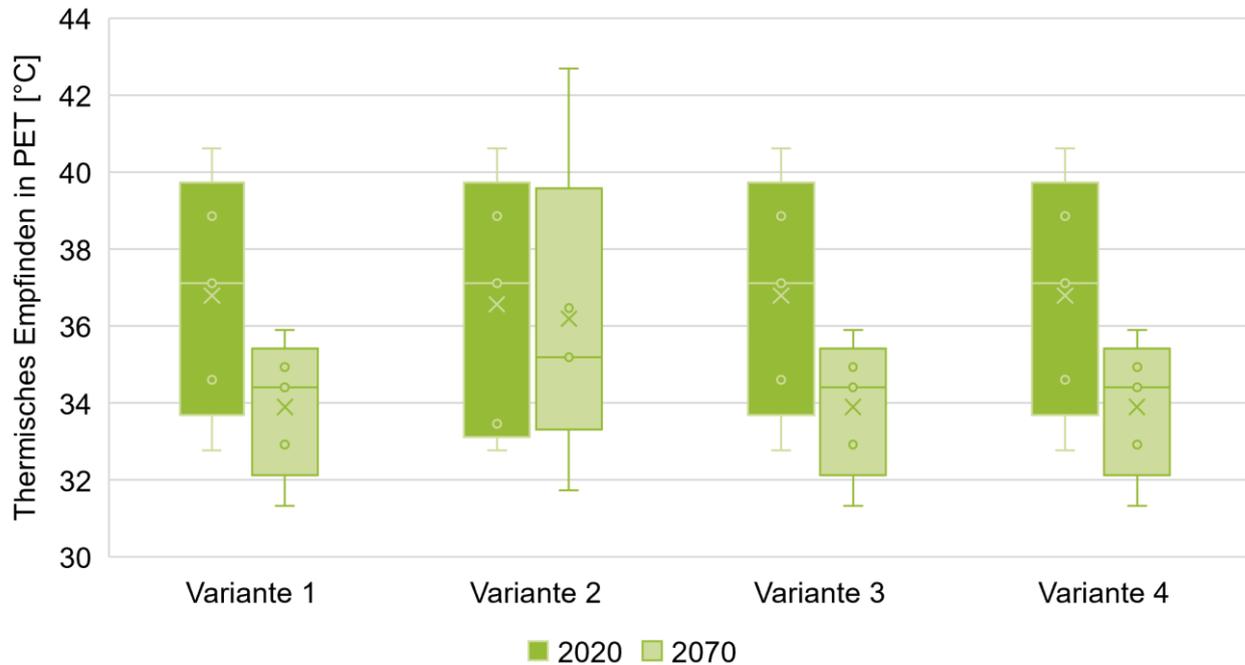


Abbildung 103: Ergebnis der mikroklimatischen Simulationen der fünf Schwerpunktprojekte

A4.2.2 Grünvolumen

Für die Berechnung des Grünvolumens wurde das CityTree Tool genutzt und standortspezifisch für die fünf Schwerpunktprojekte berechnet (Abbildung 104).

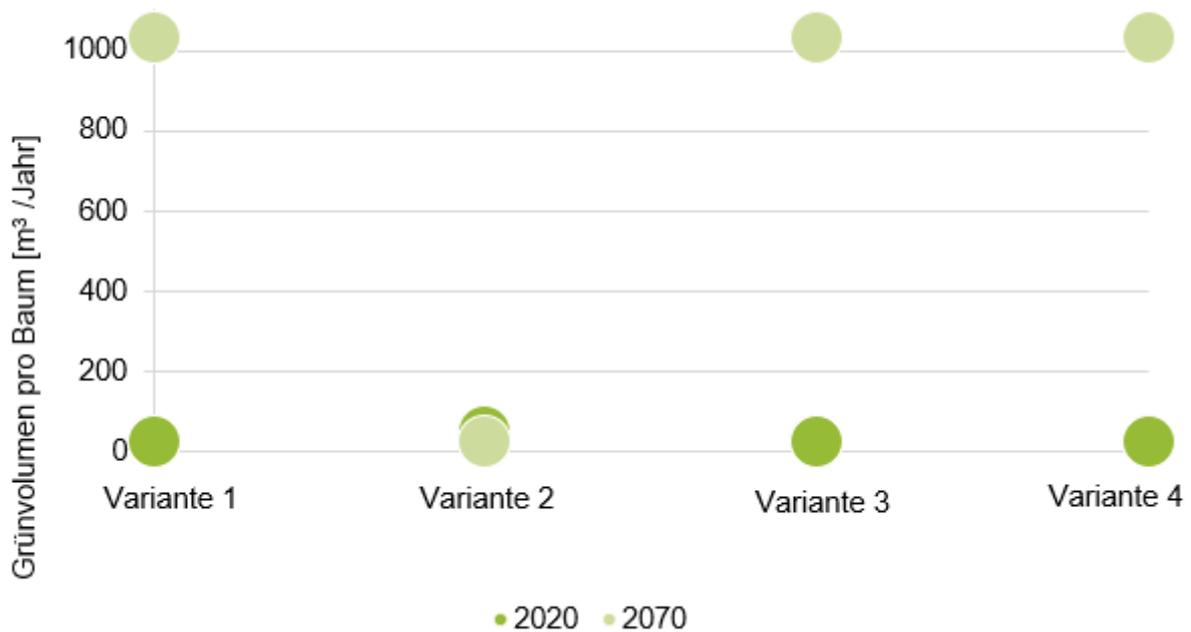


Abbildung 104: Berechnungsergebnisse des Grünvolumens für alle fünf Schwerpunktprojekte

A4.2.3 Graue Emissionen

Die Ermittlung von CO₂-Emissionen eines Baumes, der in einer Baumschule hergestellt wird, können aus einer Untersuchung von Ingram (2012) abgeleitet werden. Demnach emittiert ein Baum 0,84 kg CO₂ pro Stück. Darin enthalten ist die Aufzucht des Baumes in der Baumschule inkl. Beschnitt, Bewässerung, Düngung, Mähen und Verladen für den Transport. Das vom Baum während der Zeit seines Wachstums gebundene CO₂ wurde berücksichtigt, sodass der Wert von 0,84 kg CO₂ pro Baum der Menge an Emissionen entspricht, die in die Atmosphäre gelangen.

Die Verwendung von neuem Substrat wirkt sich Mindernd auf die CO₂-Emissionen aus. Grund dafür ist, dass das verwendete Substrat (80% Ziegelbruch, 10% Bims und 10 % Torf und Humus) in seiner Herstellung CO₂ bindet.

Für den Aushub der Grube werden Emissionen berechnet, die pro m³ entnommener Erde durch die Verwendung eines Baggers entstehen.

Tabelle 18 zeigt weitere Annahmen, die mit Werten für die LCA hinterlegt wurden.

Tabelle 18: Annahmen zur Ökobilanzierung von Baumneupflanzungen

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Aushub Grube	9 m ³	12 m ³	12 m ³	36 m ³
Benötigtes Substrat	12.600 kg	16.800 kg	16.800 kg	50.400 kg
Benötigter Kies	-	-	-	4,80 m ³
Benötigter Lehm	-	-	-	12.816 kg

Trinkwasser	-	-	6,7 m³/a	-
-------------	---	---	----------	---

Zusätzlich zu den Emissionen, die durch die Erstellung eines Baumstandortes anfallen, wurde die CO₂-Bindung berechnet, die vom betrachteten Baum in 50 Jahren zu erwarten ist. Bäume wachsen nicht an allen Standorten gleich gut, weshalb die Menge an gebundenem CO₂ deutlich voneinander abweicht. Abbildung 105 stellt die Ergebnisse der LCA für die Baumstandorte dar.

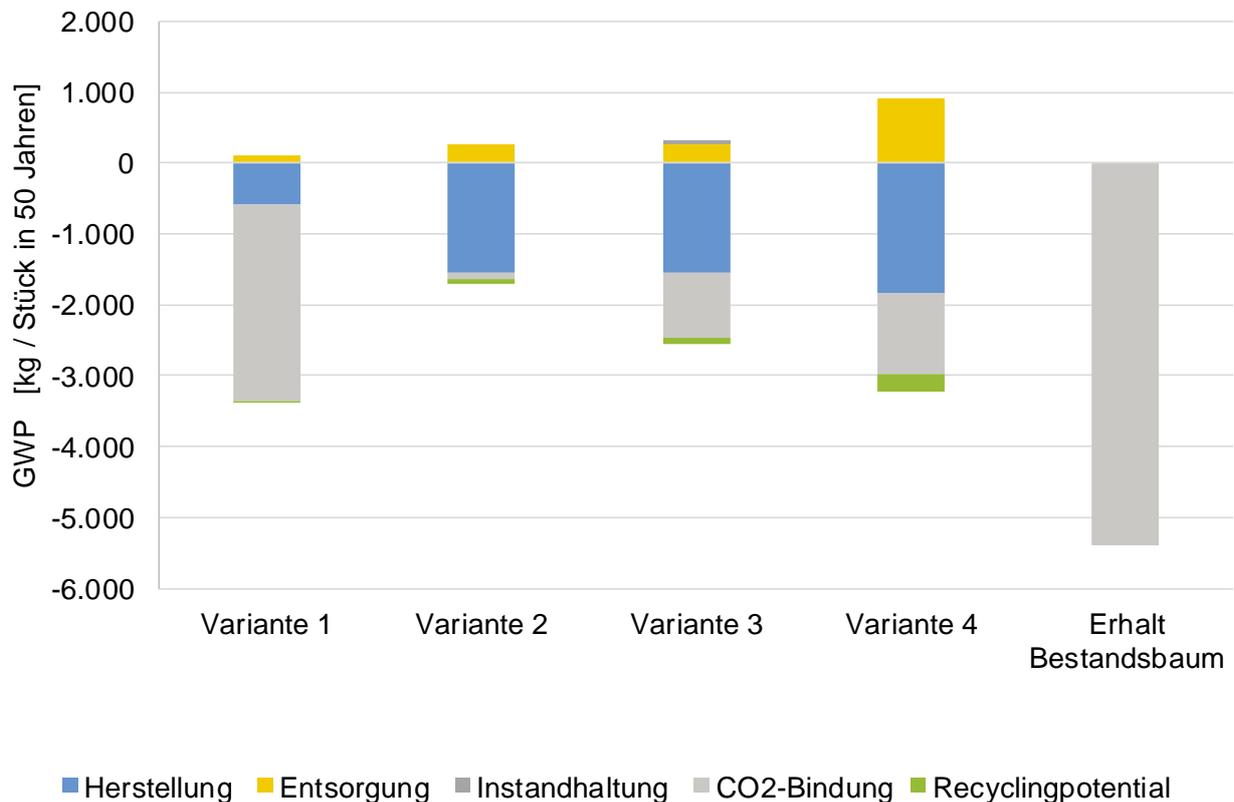


Abbildung 105: Ergebnis LCA Baumstandorte

Die Herstellung der Baumstandorte bindet umso mehr CO₂, je größer der dafür nötige Aushub an Erde ist. Gleichzeitig erzeugt die Erde in der Entsorgung nach 50 Jahren dann auch wieder die größten Emissionen. Das von Bäumen gebundene CO₂ hängt maßgeblich davon ab, wie groß der Baum ist und wie gut er im Betrachtungszeitraum wachsen kann.

A4.2.4 Wasserbedarf- und verfügbarkeit

Die tägliche Wasserbilanzberechnung (Methodik siehe Kapitel 3.3) zeigte, dass Variante 2 keine ausreichenden Bedingungen bietet, sodass der Baum zu einem gesunden Großbaum heranwachsen kann. Abbildung 106 verdeutlicht dies: Der Bodenwassergehalt bei Variante 2 liegt fast ausschließlich im Bereich von Trockenstress. Dieser tritt ein, wenn der Bodenwassergehalt unter 30 % der Feldkapazität liegt (Deutscher Wetterdienst 2021). Auf Basis dieses Ergebnisses wurde in der Lebenszykluskostenberechnung und der Lebenszyklusanalyse angenommen, dass der Baum innerhalb des Betrachtungszeitraumes ersetzt werden muss (vgl. Kapitel 4.2, Seite 42).

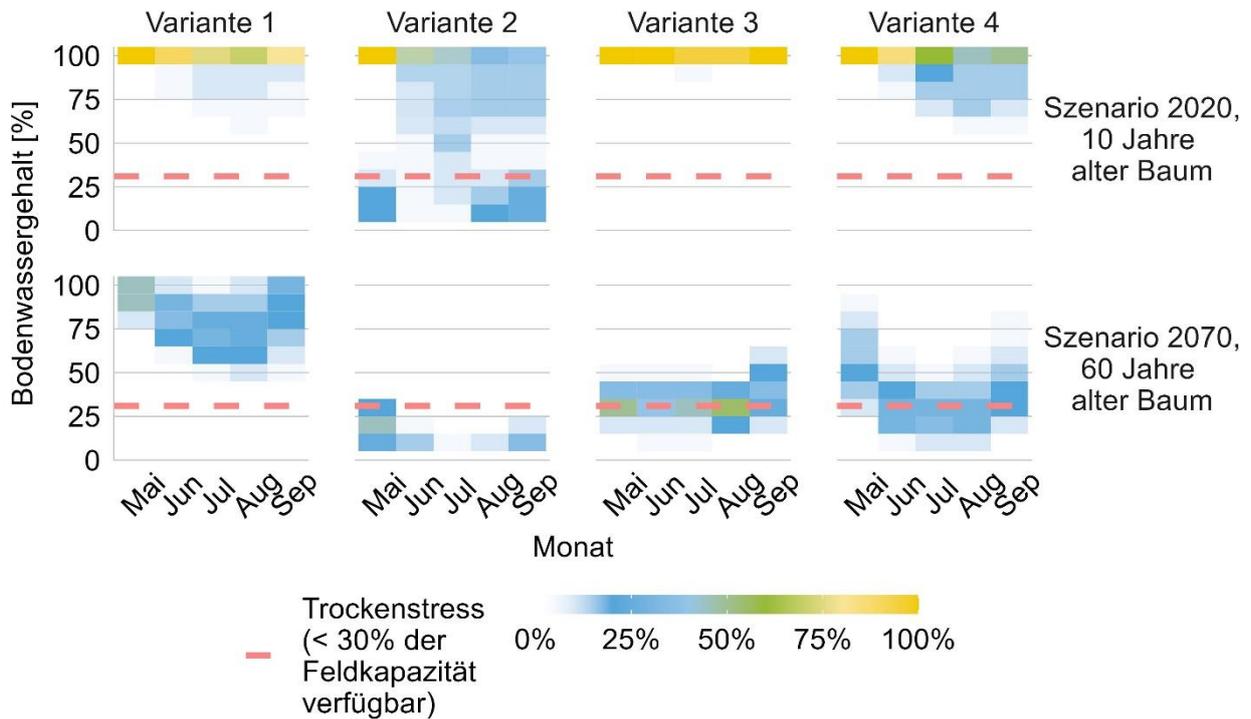


Abbildung 106: Berechneter Bodenwassergehalt in der Vegetationsperiode zusammengefasst für die fünf Schwerpunktprojekte

A4.2.5 Verdunstungskühlung

Die Ergebnisse in Abbildung 107 zeigen, dass die Kühlung durch Verdunstung pro Baum stark vom Alter des Baumes abhängt. Die unterschiedlichen Varianten zeigen jedoch auch: Die Standortbedingungen haben ebenfalls einen erheblichen Einfluss darauf, wie viel Verdunstungskühlung ein Baum leisten kann. Bei Variante 2 wird deutlich, dass der 60 Jahre alte Baum nicht ausreichend Wasser zur Verfügung hat (vgl. Kapitel A4.2.4). So verdunstet dieser sogar weniger als ein 10 Jahre alter Baum. Die Werte sind in die Punktbewertung des Nutzens eingeflossen (vgl. Kapitel 5.3.2, Seite 56).

Anhang: Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen

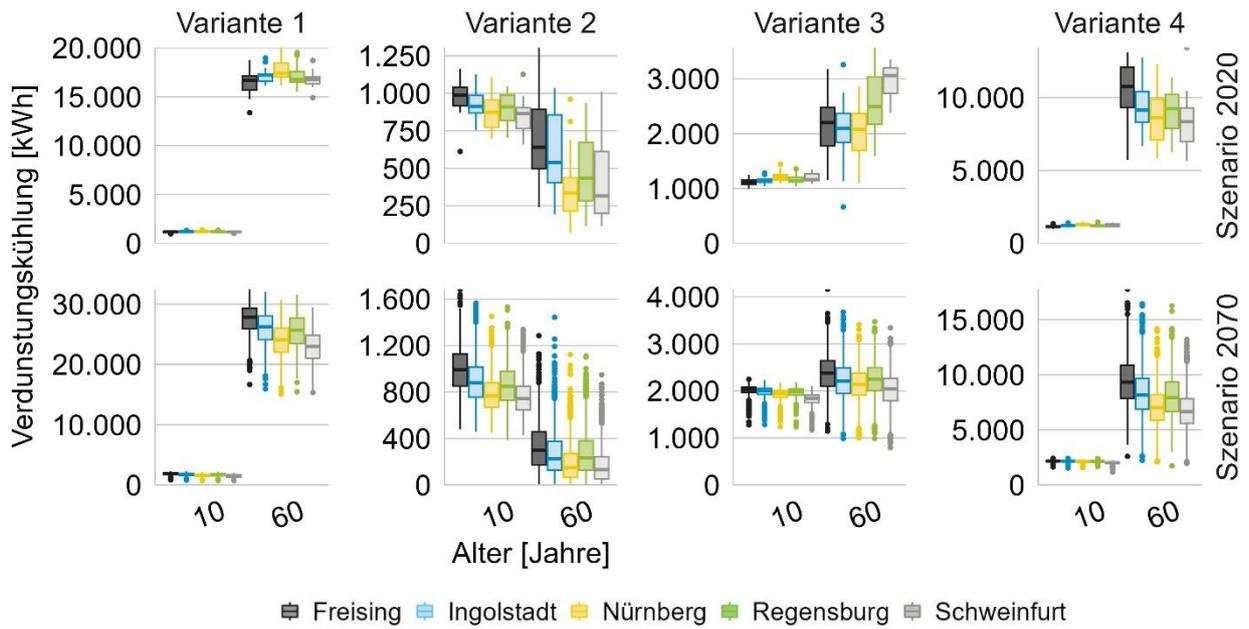


Abbildung 107: Verdunstungskühlung im Sommer pro Standortvariante

A4.3 Bodenbeläge im Außenraum

A4.3.1 Grünvolumen

Die Ermittlung des Grünvolumens der Bodenbeläge werden in Tabelle 18 aufgezeigt.

Tabelle 18 Berechnungsergebnis des Grünvolumens für Oberflächenbeläge

Material	Grünvolumen in [m ³]
Asphalt	0,00
Rasenfugenstein	0,04
Pflaster ungebunden	0,00
Rasen	0,30

A4.3.2 Reflexion der Sonneneinstrahlung

Für die Ermittlung der Reflexion der Sonneneinstrahlung (Albedo) für die unterschiedlichen Bodenbeläge wurde folgende Daten in Tabelle 19 genutzt.

Tabelle 19 Reflexion der Sonneneinstrahlung (Albedo-Wert) von Baumaterialien (Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2020, Klimaleitfaden Thüringen)

Material	Albedo
Asphalt	0,05-0,15
Beton	0,2-0,4
Dachziegel	0,1-0,35
Wiese/Rasen	0,2-0,4
Dach mit hellem Anstrich	0,6-0,7

Die Daten wurden für die in Tabelle 20 dargestellten Bodenbeläge ermittelt. Asphalt hat eine niedrigen Albedo, was bedeutet, dass der Baustoff Sonnenlicht absorbiert und Wärme speichert. Dies trägt zur "urbanen Wärmeinsel" bei, bei den städtischen Gebieten im Vergleich zu ländlichen Gebieten höhere Temperaturen aufweisen, insbesondere in der Nacht. Die dunkle Farbe des Asphalts absorbiert mehr Sonnenenergie, was zu einer Erwärmung der umliegenden Luft führt.

Tabelle 20: Reflexion der Sonneneinstrahlung (Albedo-Wert) der Bodenbeläge Asphalt, Rasenfugenstein, Pflaster, Rasen

Material	Albedo
Asphalt	0,1
Rasenfugenstein	0,3
Pflaster ungebunden	0,3
Rasen	0,3

A4.3.3 Graue Emissionen

Lebenszyklusanalysen zu Oberflächen im Außenraum wurden durchgeführt für fünf Varianten. Die untersuchten Beläge und Annahmen zu Austauschzyklen zeigt Tabelle 21. Abbildung 108 stellt die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse für die Bodenbeläge dar.

Tabelle 21: Annahmen zur Ökobilanzierung von Bodenbelägen

Material	Austausch innerhalb Betrachtungszeitraum 50 Jahre
Rasen	- (kein Austausch)
Asphalt befahren	Tragdeckschicht nach 35 Jahren
Rasenfugenstein	Pflastersteine nach 35 Jahren
Pflaster, Beton	Betonpflastersteine nach 40 Jahren
Pflaster, Naturstein	- (kein Austausch)

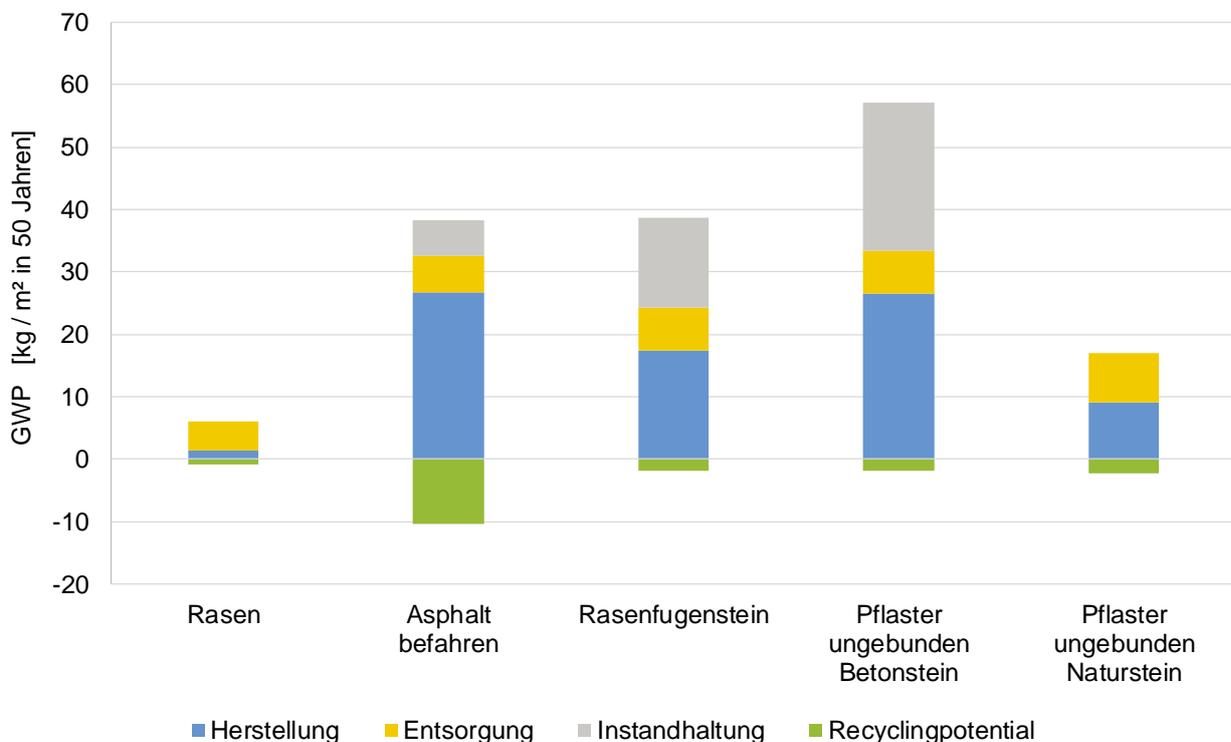


Abbildung 108: Ergebnis LCA Bodenbeläge Außenraum

Der Asphalt ist aufwändig in der Herstellung der Tragschicht, vergleichbar nur mit dem Pflaster aus Beton. Durch den Austausch des Betonsteins entstehen zudem hohe Emissionen innerhalb des Betrachtungszeitraums. Naturstein erzeugt die geringsten Emissionen in der Herstellung und muss nicht ausgetauscht werden.

A4.3.4 Wasserhaushalt: Verdunstung, Abfluss und Grundwasserneubildung

Abbildung 109 zeigt die Ergebnisse für den langjährigen Wasserhaushalt der Bodenbeläge im Außenraum. Die Werte für die Verdunstung sowie den Abfluss sind in die Punktebewertung des Nutzens eingeflossen (vgl. 5.3.3, Seite 59). Asphalt weist mit Abstand den höchsten Anteil an

Anhang: Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen

Abfluss auf Rasenfugenstein hingegen liefern die höchste Grundwasserneubildung (GW-neubildung) und Verdunstung. Dies hilft bei der Annäherung an den naturnahen lokalen Wasserhaushalt.

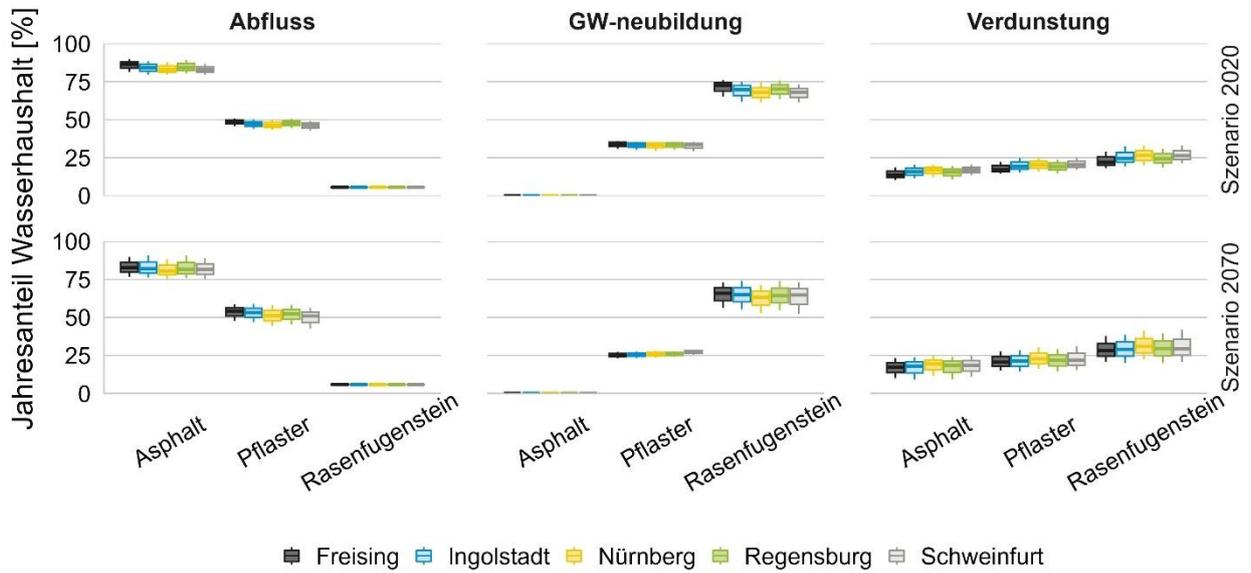


Abbildung 109: Langjähriger Wasserhaushalt für Bodenbeläge im Außenraum

A4.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

A4.4.1 Graue Emissionen

Lebenszyklusanalysen zu Versickerungsanlagen wurden durchgeführt für fünf Systeme. Die Bemessung der Systeme für eine angeschlossene undurchlässige Fläche von 600 m² wurde ermittelt nach DWA-A 138:2005-04. Neben einer Versickerungsmulde mit Grasbepflanzung wurden vier Mulden-Rigolen-Elemente untersucht, die entweder mit Kiesschüttung oder Füllkörpern aus Kunststoff ausgestattet waren (vgl. 4.4, Seite 46). Es wurde angenommen, dass die Systeme in 50 Jahren nicht ausgetauscht oder erneuert werden müssen. Abbildung 110 stellt die Ergebnisse der LCA für die Versickerungsanlagen dar.

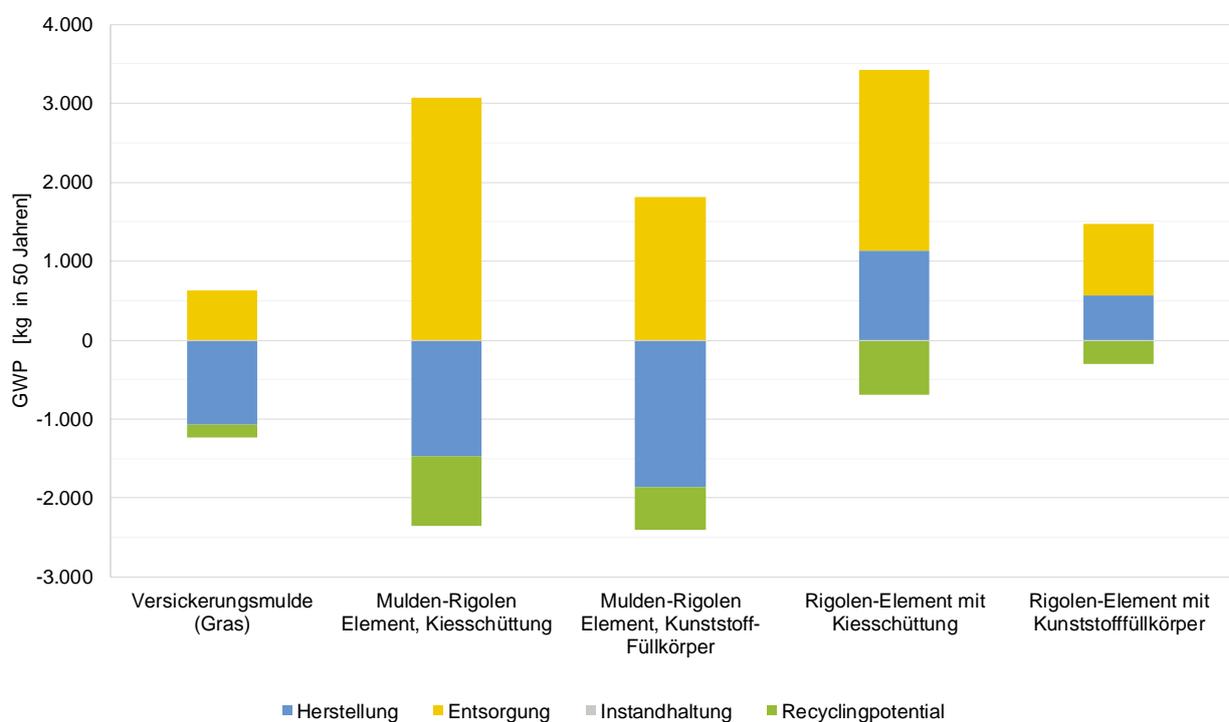


Abbildung 110: Ergebnis LCA Versickerungsanlagen

Die CO₂-Emissionen, die durch die Herstellung von Versickerungsmulden entstehen, sind negativ, was auf die Verwendung von Substrat zurückzuführen ist. Bei den Mulden-Rigolen Elementen wird deutlich mehr Substrat verwendet als bei der Versickerungsmulde, weshalb das GWP noch geringer ist. Da bei den Rigolen-Elementen keine Erde verbaut wird, ist das GWP in der Herstellung positiv. Das GWP des Rigolen-Elements mit Kiesschüttung übersteigt das des Elements mit Kunststoff-Füllkörper. Grund dafür ist, dass der notwendige Erdaushub bei der Kiesschüttung größer ist und Kies zudem in der Herstellung CO₂-intensiver ist als Kunststoff. Auch wirkt sich Kies besonders negativ in der Entsorgung aus, weshalb die Emissionen dort höher sind als bei den Systemen mit Kunststoff.

A4.4.2 Wasserhaushalt: Verdunstung, Abfluss und Grundwasserneubildung

Abbildung 111 zeigt die Ergebnisse für den langjährigen Wasserhaushalt der Systeme zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser zur Versickerung. Die Werte für die Verdunstung sind in die Punktebewertung des Nutzens eingeflossen (vgl. 5.3.4, Seite 62). Die Versickerungsmulde und das Mulden-Rigolen-Element tragen mit der Verdunstungskomponente zum naturnahen langjährigen Wasserhaushalt bei. Das Rigolen-Element ist ausschließlich unterirdisch und daher werden 100 % des eingeleiteten Wassers versickert.

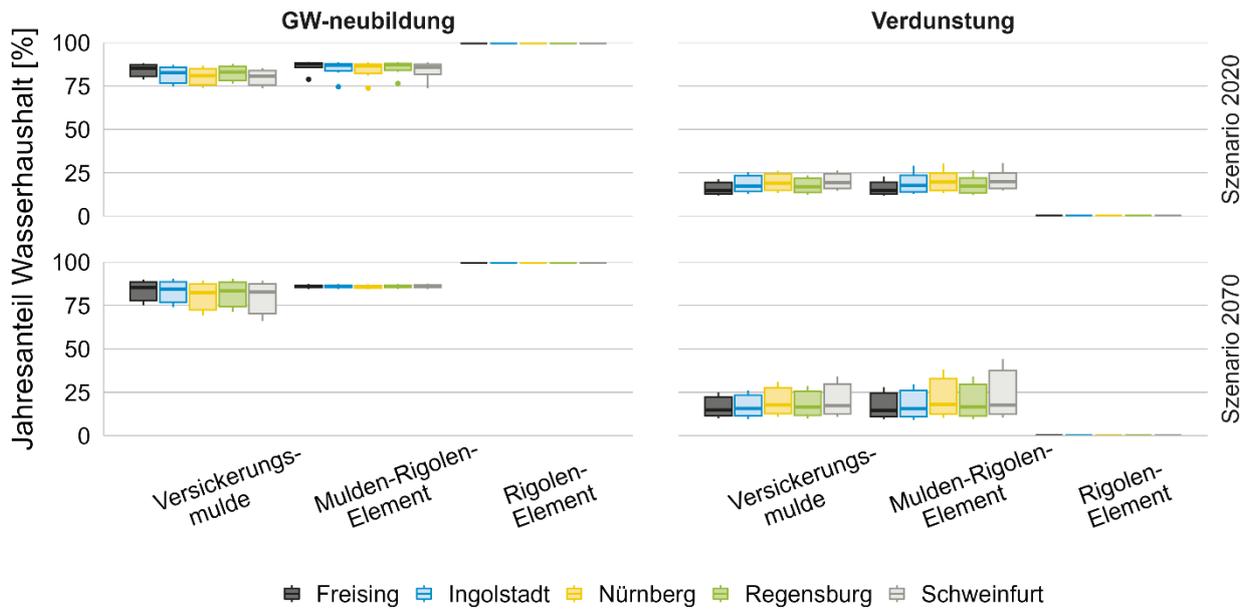


Abbildung 111: Langjähriger Wasserhaushalt für Systeme zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

A4.5 Dachbegrünung

A4.5.1 Oberflächentemperatur an einem Hitzetag um 14 Uhr

Die Oberflächentemperatur von allen fünf Schwerpunktprojekten wurde mit ENVI-met simuliert, wie in beispielhaft dargestellt. Hierbei wurde der Einfluss der Bäume in der Simulation berücksichtigt. Dachbegrünung hat einen positiven Einfluss auf die Oberflächentemperatur und reduziert diese im Kontrast zu einem Kiesdach um ca. 20 °C (vgl. Abbildung 112) .

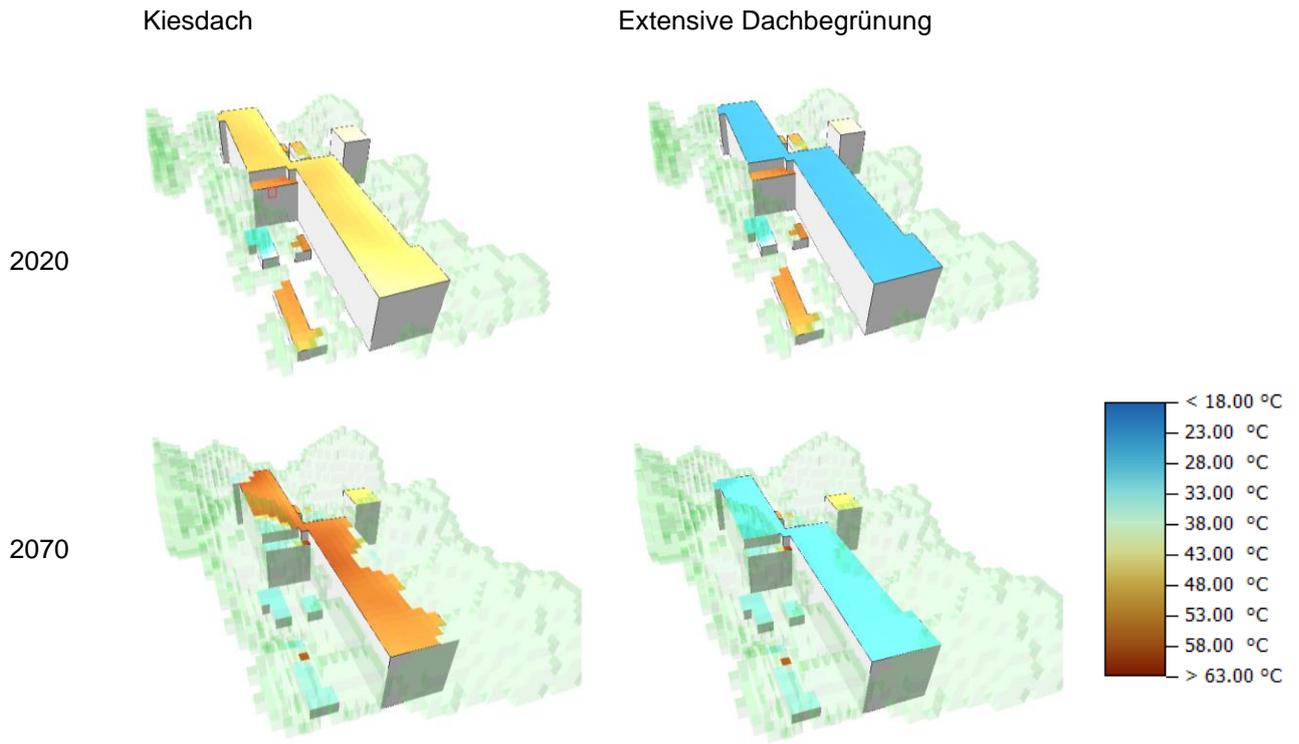


Abbildung 112: Visualisierung des Simulationsergebnisses beispielhaft für das Modellprojekt in Ingolstadt

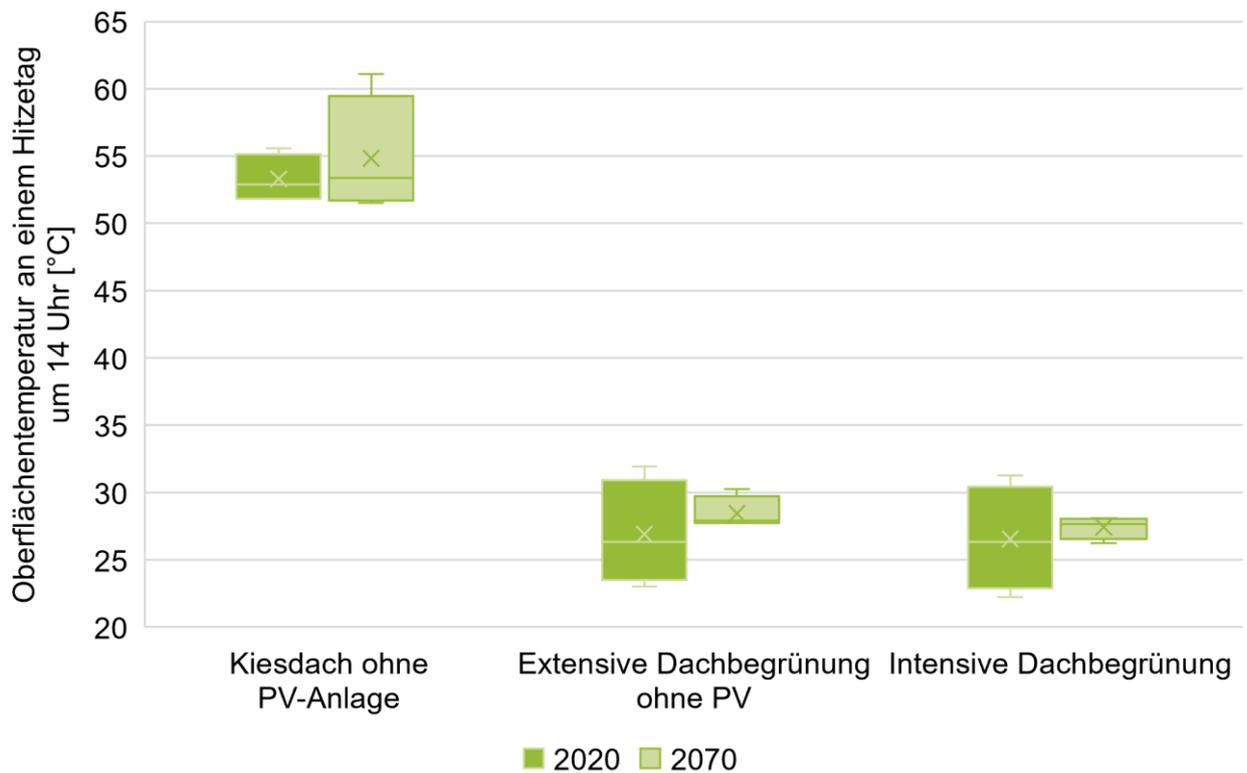


Abbildung 113: Simulationsergebnisse der Oberflächentemperatur für alle fünf Schwerpunktprojekte

A4.5.2 Graue Emissionen

Lebenszyklusanalysen zur Dachbegrünung wurden durchgeführt für drei verschiedene Aufbauten: Ein Flachdach mit Kiesdeckung, eines mit extensiver und eines mit intensiver Begrünung.

Die folgenden Annahmen wurden zugrunde gelegt:

Tabelle 22: Annahmen zur Ökobilanzierung der Dachbegrünung

	Kiesdach	Begrünt, extensiv	Begrünt, intensiv
Sanierung Abdichtung	Nach 25 Jahren	-	-
Kies-/ Substratschicht	5 cm	8 cm	15 cm

Abbildung 114 stellt die Ergebnisse der LCA für die Dachaufbauten dar.

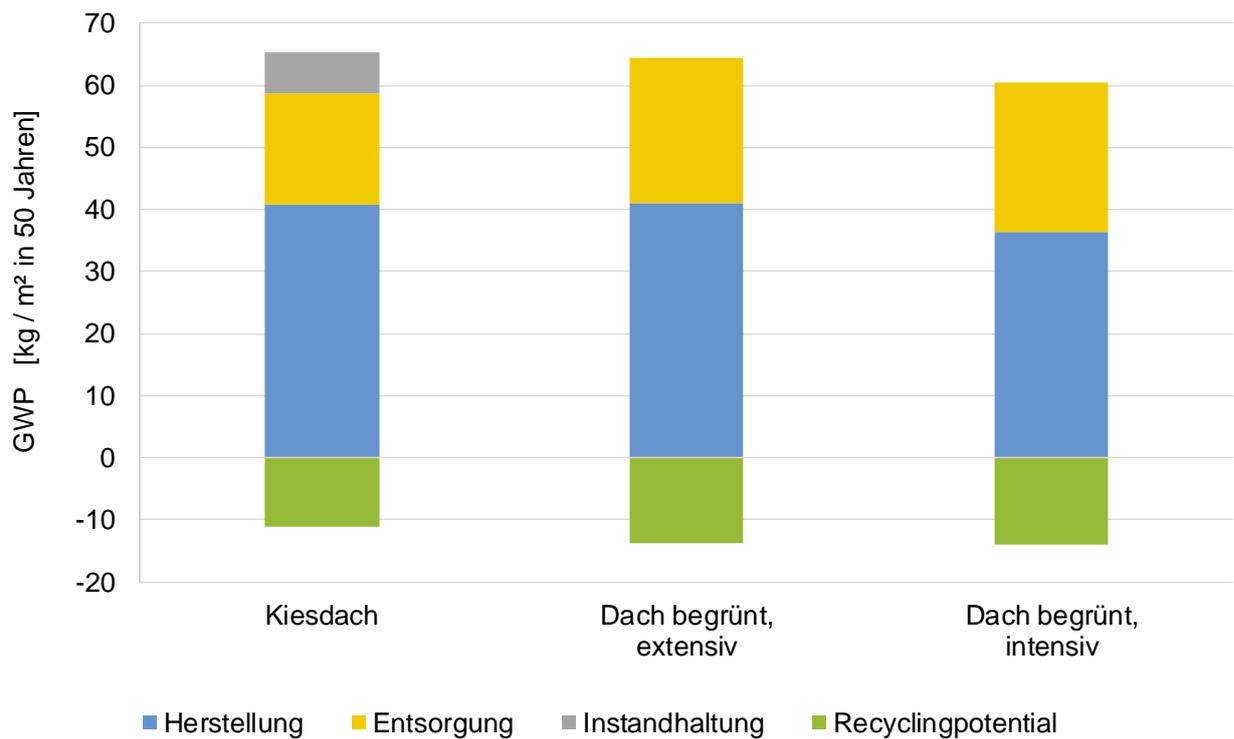


Abbildung 114: Ergebnis LCA Dachbegrünung

Die Ergebnisse unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Grund dafür ist, dass der Großteil des Dachaufbaus bei allen Varianten identisch ist und aus einer Stahlbetonplatte mit Dämmung und Abdichtung besteht. Die Verwendung von Kies bzw. Substrat hat verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Ökobilanz des gesamten Bauteils.

A4.5.3 Wasserhaushalt: Verdunstung und Abfluss

Abbildung 115 zeigt die Ergebnisse für den langjährigen Wasserhaushalt der Dachbegrünungs-Varianten. Das Kiesdach hat einen deutlich höheren Anteil an Abfluss im Vergleich zu den beiden Varianten der Dachbegrünung.

Anhang: Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen

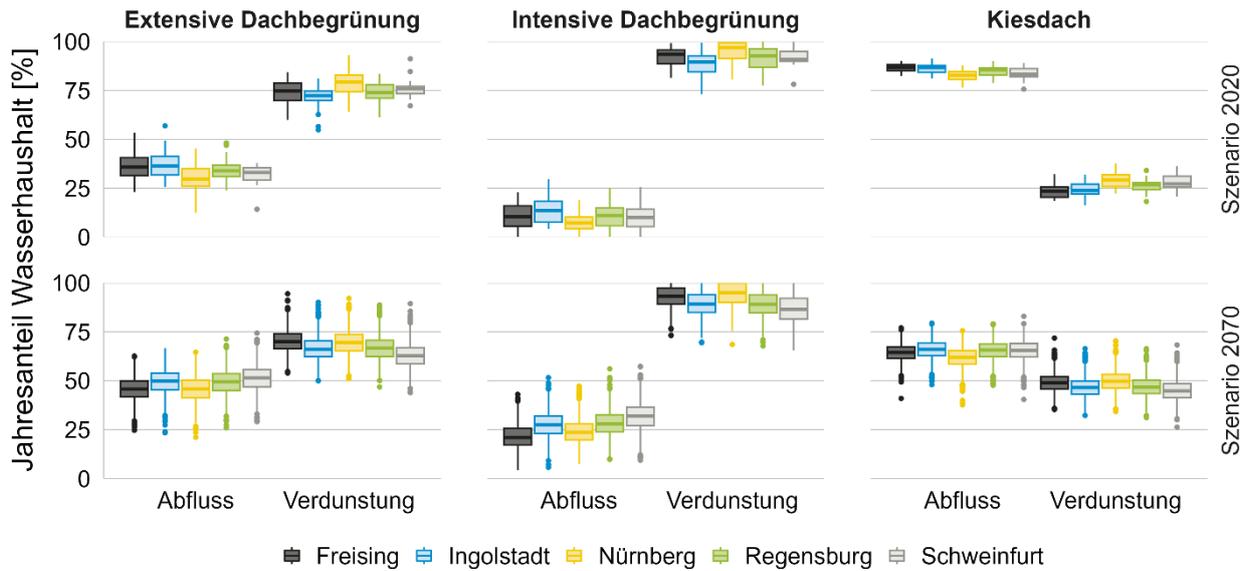


Abbildung 115: Langjähriger Wasserhaushalt für Varianten der Dachbegrünung

A4.5.4 Verdunstungskühlung

Die Ergebnisse in Abbildung 107 zeigen, dass die Kühlung durch Verdunstung pro m² Dachfläche von der Oberflächenbeschaffenheit und dem Aufbau abhängt. Das Kiesdach leistet so gut wie keine Verdunstungskühlung durch das nicht vorhandene Grün.

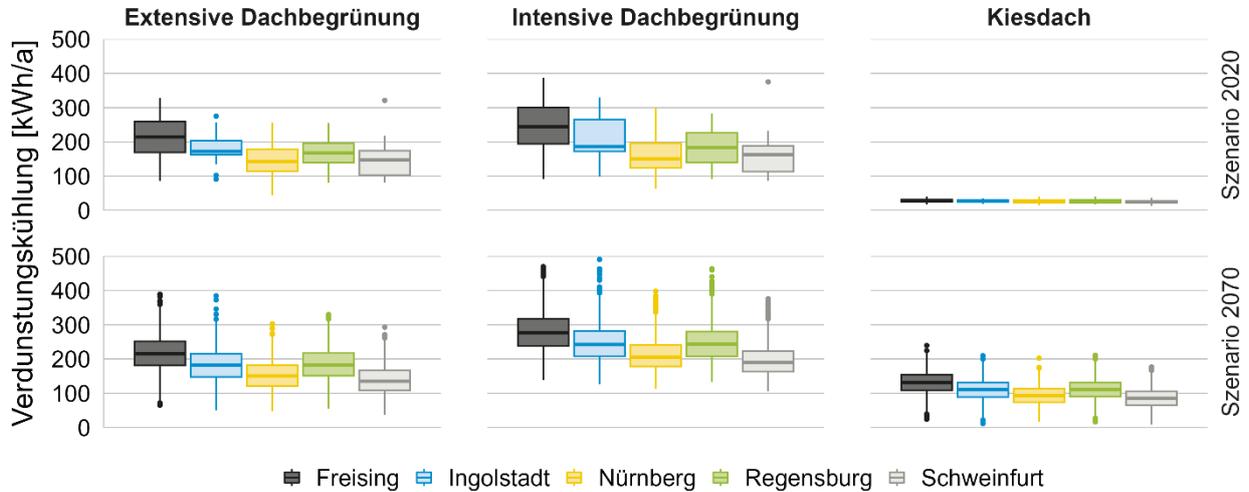


Abbildung 116: Verdunstungskühlung im Sommer pro Dachvariante

A4.6 Fassadenbegrünung

A4.6.1 Median-Wert der Gebäudeinnenraumtemperatur an einem Hitzetag

Fassadenbegrünung hat eine positive Auswirkung auf den Innenraum. Dies wurde an einem Hitzetag (vgl. Abbildung 117) dargestellt. Die Simulationsergebnisse (Simulationsdauer: 36 Stunden) zeigen jedoch lediglich eine Verbesserung von bis zu 1 Kelvin auf. Der LAI (Leaf Area Index) ist zu erhöhen, um mögliche größere Auswirkungen aufzuzeigen.

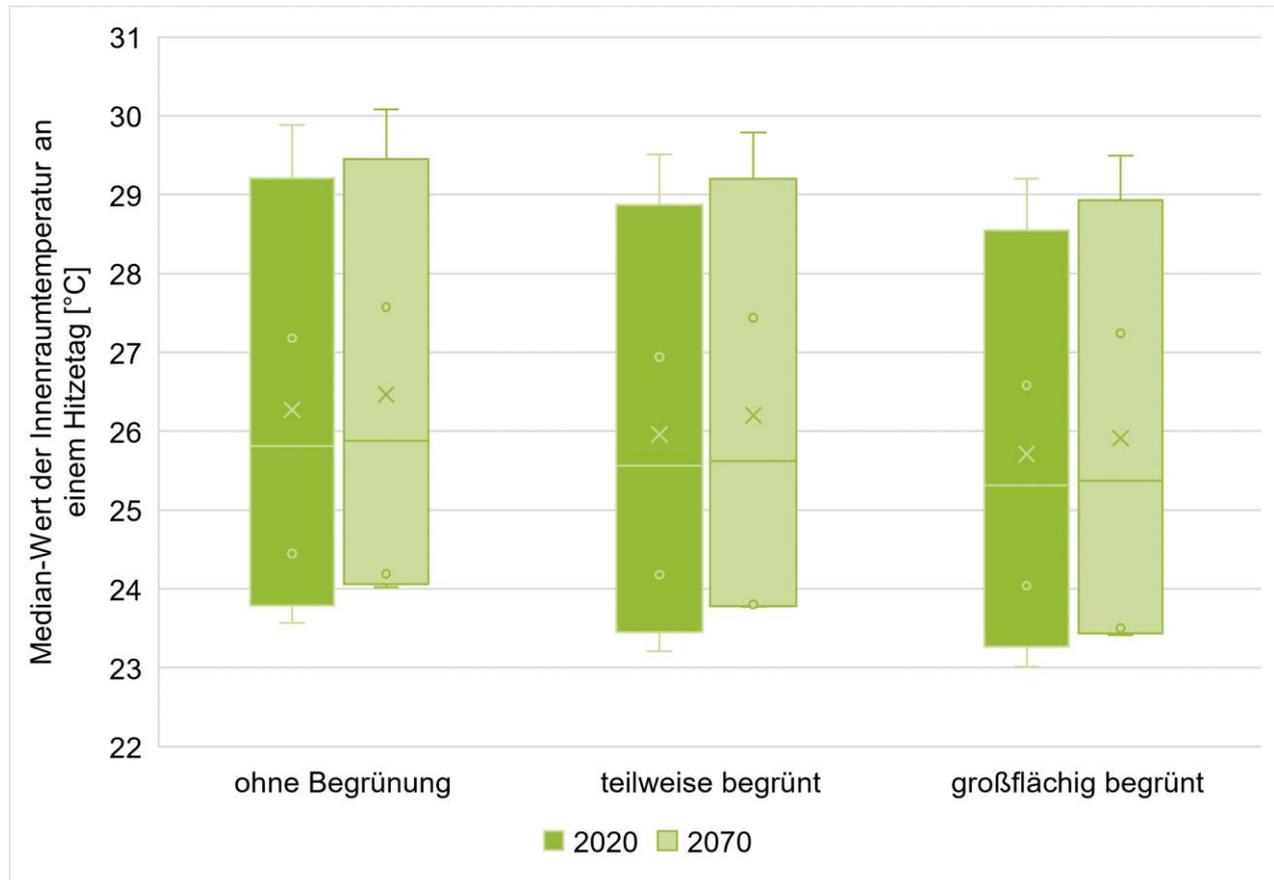


Abbildung 117 Simulationsergebnis der Innenraumtemperatur an einem Hitzetag von vier Schwerpunktprojekten (Ingolstadt, Freising, Nürnberg, Regensburg)

A4.6.2 Wasserbedarf und -verfügbarkeit

Die tägliche Wasserbilanzberechnung (Methodik siehe Kapitel 3.3) zeigte, dass der durchwurzelbare Raum von 1 m³, entsprechend der minimalen Empfehlungen der FLL (2018), nicht ausreichend Wasser für die Fassadenpflanze mit 1 m Breite und 15 m Höhe zur Verfügung stellt. Abbildung 118 verdeutlicht dies: Der Bodenwassergehalt in der Vegetationsperiode bei 1 m³ Wurzelraum liegt fast ausschließlich im Bereich von Trockenstress. Dieser tritt ein, wenn der Bodenwassergehalt unter 30 % der Feldkapazität liegt (Deutscher Wetterdienst 2021). Auf Basis dieses Ergebnisses wurde für das Szenario mit 1 m³ Wurzelraum angenommen, dass eine Bewässerung im Sommer notwendig ist. Die Annahme ist eine manuelle Bewässerung mit 25 l/m² pro Woche im Sommer (Eppel et al. 2012), wenn es 7 am Stück Tage nicht regnet.

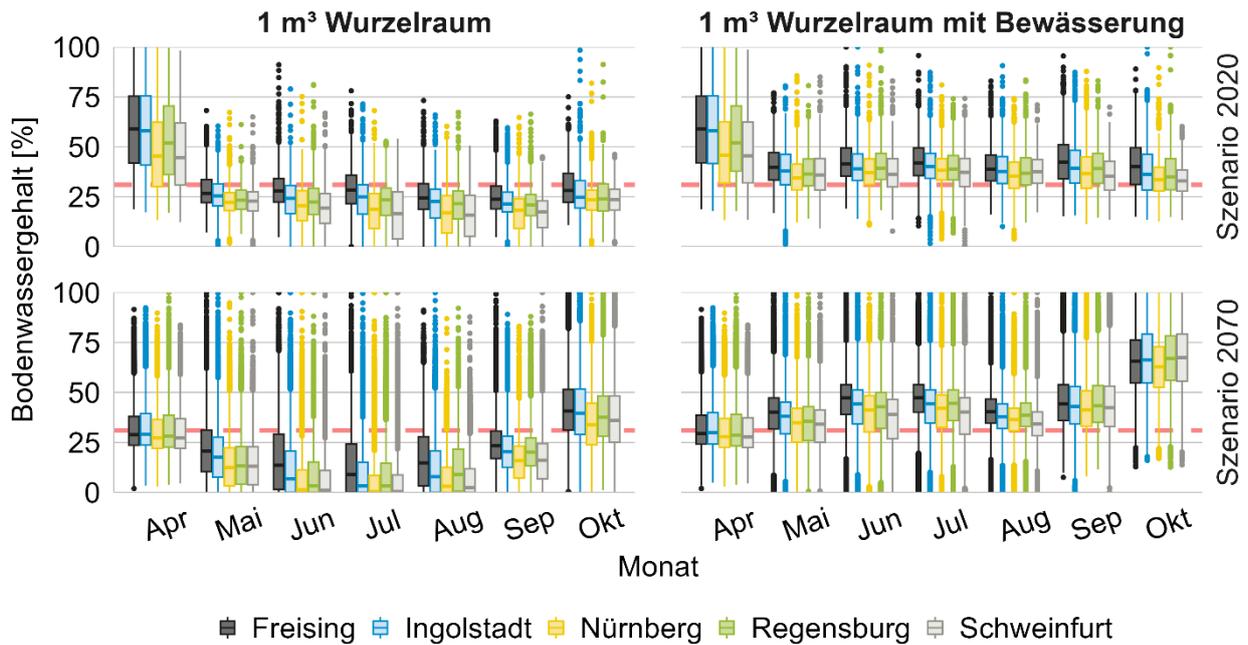


Abbildung 118: Berechneter Bodenwassergehalt für Fassadenbegrünung in 1 m³ Wurzelraum mit und ohne Bewässerung in der Vegetationsperiode zusammengefasst für die fünf Schwerpunktprojekte (Linie bei 30 % entspricht Schwelle zum Trockenstress)

Abbildung 119 zeigt den berechneten Bodenwassergehalt für eine Bepflanzung der Fassade in 8 m³ Wurzelraum. Dies ist den Berechnungen zufolge ausreichend, dass unter heutigen sowie zukünftigen Klimabedingungen ohne Bewässerung kein starker Trockenstress entsteht. Daher wurden 8 m³ Wurzelraum für die Variante mit ausreichendem Wurzelraum zugrunde gelegt (siehe Kapitel 4.6.2, Seite 50).

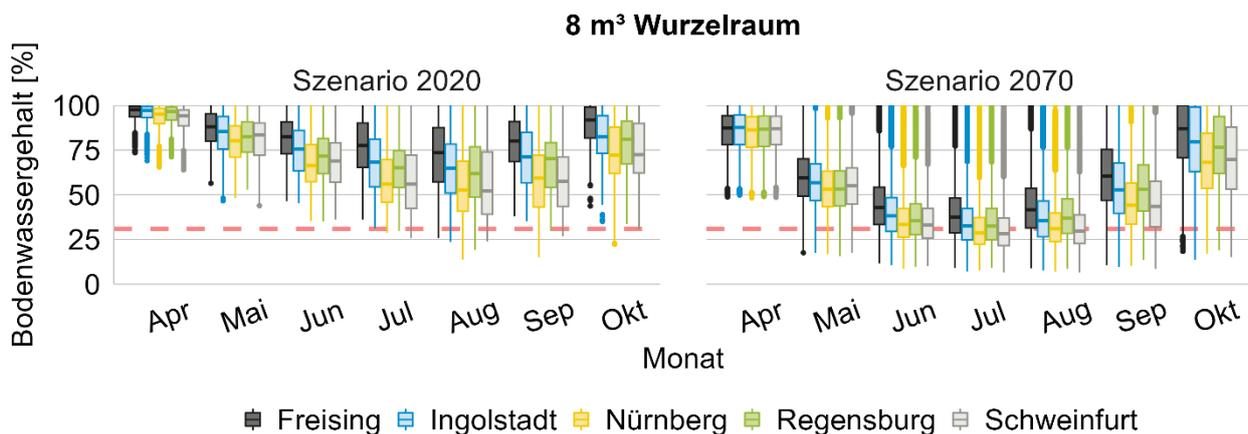


Abbildung 119: Berechneter Bodenwassergehalt für Fassadenbegrünung in 8 m³ Wurzelraum ohne Bewässerung in der Vegetationsperiode zusammengefasst für die fünf Schwerpunktprojekte (Linie bei 30 % entspricht Schwelle zum Trockenstress)

A4.6.3 Verdunstungskühlung

Die Ergebnisse in Abbildung 120 zeigen, dass die Kühlung durch Verdunstung pro m² Fassade vom Anteil der Begrünung der Fassade sowie vom verfügbaren Wasser für die Pflanze abhängt. So leistet eine großflächig begrünte Fassade pro m² Fassade mit einem minimalen Wurzelraum

weniger Verdunstungskühlung als eine teilweise begrünte Fassade mit ausreichendem Wurzelraum für die Bepflanzung. Die Werte sind in die Punktbewertung des Nutzens eingeflossen (vgl. 5.3.6, Seite 69).

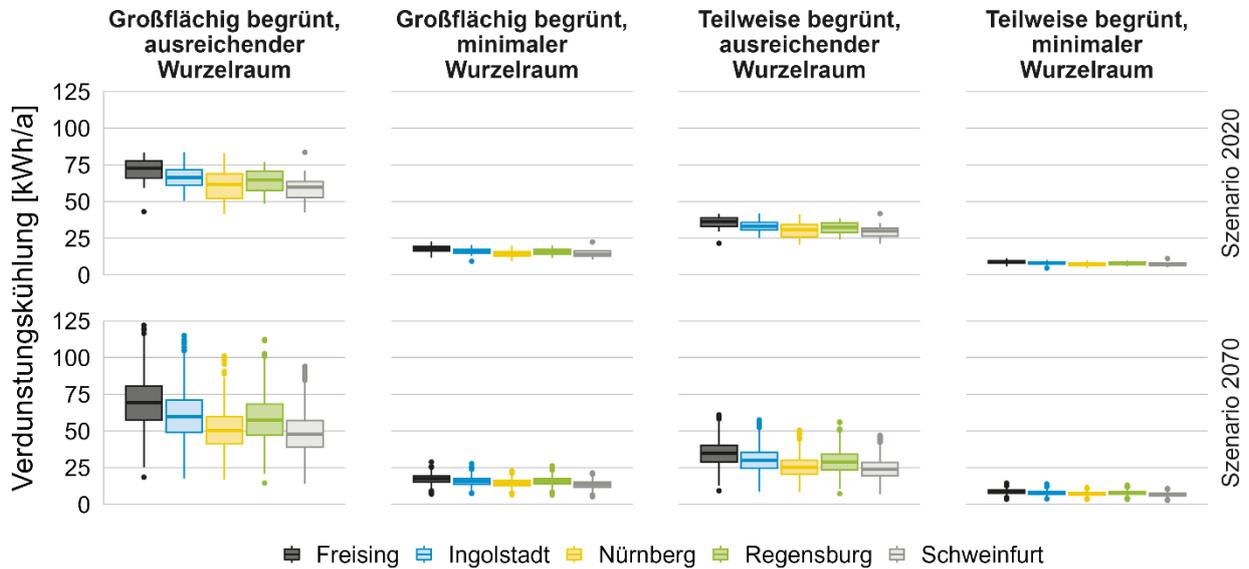


Abbildung 120: Verdunstungskühlung im Sommer pro m² Fassade abhängig von Anteil der Begrünung und des Wurzelraums

A4.6.4 Oberflächentemperatur

Fassadenbegrünung hat einen positiven Einfluss auf die Oberflächentemperatur der Fassade und reduziert diese um ca. 20 K, wie in Abbildung 121 dargestellt.

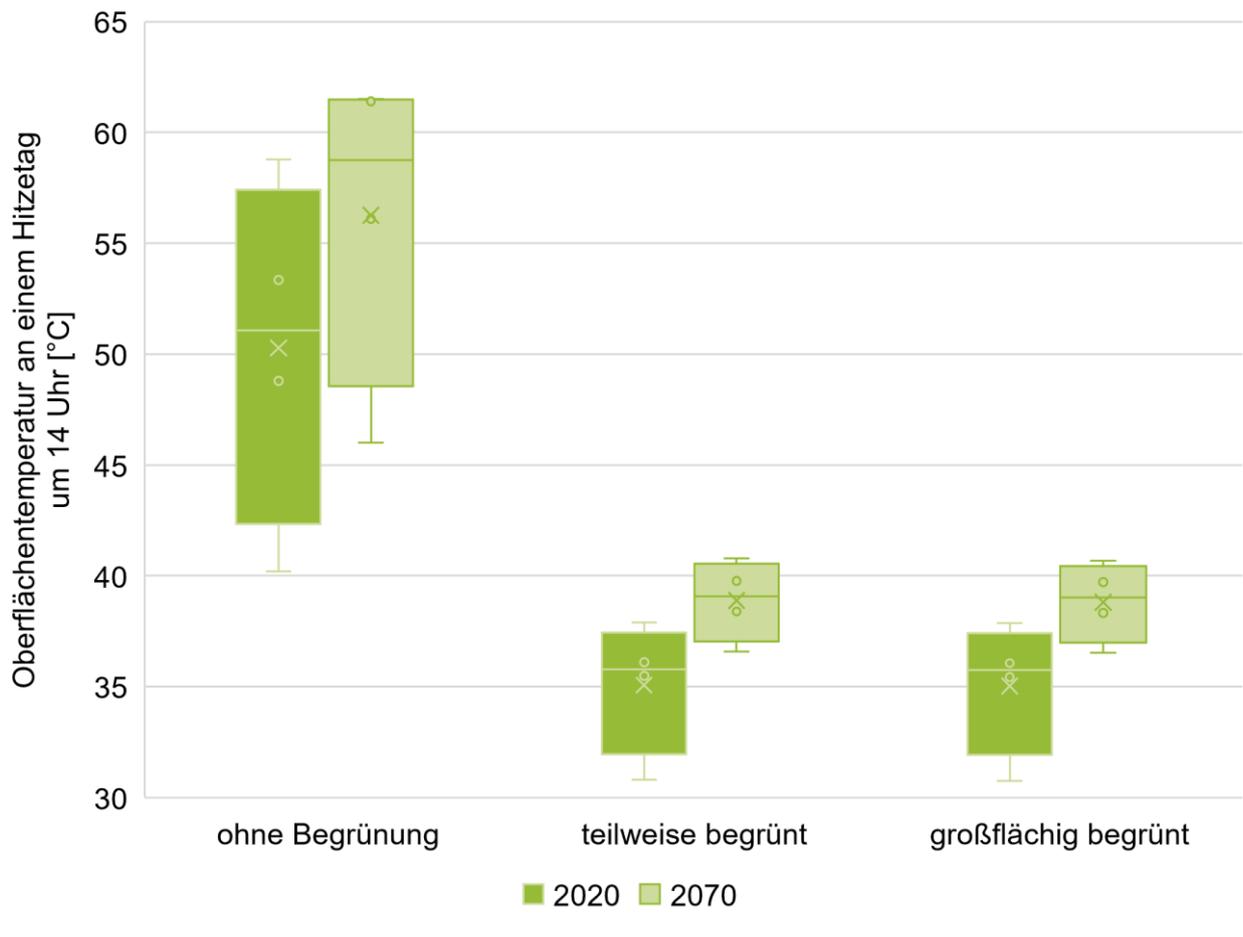


Abbildung 121: Simulationsergebnis der Auswirkung von Fassadenbegrünung auf die Oberflächentemperatur der Fassade für alle Schwerpunktprojekte

A4.7 Sonnenschutzsysteme

A4.7.1 Graue Emissionen

Bei der Lebenszyklusanalyse zu Sonnenschutzsystemen wurden zwei gängige Varianten miteinander verglichen: eine innenliegende Verdunkelung (Textilscreen) und eine außenliegende Sonnenschutzvorrichtung mit Metall.

Dabei wurde angenommen, dass der innenliegende Schutz alle 10 Jahre erneuert wird, das außenliegende alle 25 Jahre.

Anhang: Ergebnisse quantitative Nutzenermittlung der betrachteten Maßnahmen

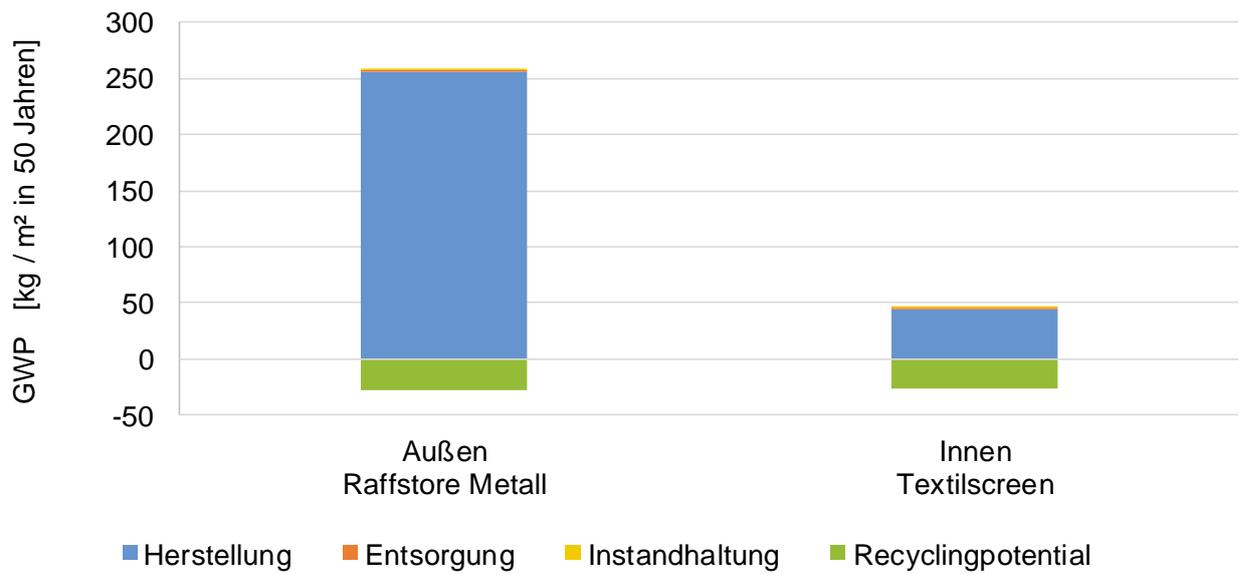


Abbildung 122: Ergebnis LCA Sonnenschutz

Die Nutzung von Metall im Außenbereich erzeugt ein deutlich höheres GWP als das der textilen Oberflächen im Inneren, obwohl die innenliegenden Systeme häufiger ausgetauscht werden.

A5 Ergebnisse Kostenermittlung der betrachteten Maßnahmen

Die Kosten wurden mit verschiedenen Quellen ermittelt. Diese stammten vorrangig aus dem Baukosteninformationszentrum (BKI) 2022/2023 (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2023). Hinzu kamen Angaben von Herstellern (z. B. Funke Kunststoffe GmbH 2023; Vertiko GmbH 2022; Optigrün international AG 2020) und Fachleuten (z. B. Bayerische Architektenkammer, Bundesverband GebäudeGrün e.V.) sowie Daten aus Veröffentlichungen (z. B. Rommel et al. 2022; Umweltbundesamt 2020b; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012; Baureferat Gartenbau und Landeshauptstadt München 2019; Berliner Regenwasseragentur 2023). Diese nutzten wir, um die in den letzten Jahren evidente massive Baukostensteigerung und sehr spezifische Ausführungsvarianten, für die es noch wenige Vergleichspreise/Benchmarks gibt, zu berücksichtigen. Nicht berücksichtigt haben wir Förderungen und Finanzierungskonditionen der jeweiligen Maßnahmen, da sich diese regional unterscheiden, starken zeitlichen Schwankungen unterliegen und somit projektspezifisch aktuell zu erheben sind.

Bei allen Kosten handelt es sich um Bruttokosten (inkl. Mehrwertsteuer). Abhängig von der jeweiligen Klimaanpassungsmaßnahme werden die Kosten pro Stück oder pro m² angegeben, in Abhängigkeit der jeweils gängigen Bezugsgröße.

A5.1 Baumerhalt

Tabelle 23: Kosten inkl. Ust. und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien des Baumerhalts

	Erhalt des Baumbestands	Ersatzpflanzung in Grünfläche
(Wieder-) Herstellungskosten	1.800-2.000 €	2.800-3.100 €
jährliche Nutzungskosten	60-70 €	60-65 €
Verwertungskosten	<i>Fällt im Betrachtungszeitraum nicht an</i>	350-400 €
Nutzungsdauer	> 50 Jahre	> 50 Jahre

A5.2 Baumpflanzung

Tabelle 24: Kosten inkl. Ust. und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien des Baumbestandes und der Neupflanzungen, Angaben pro Baum

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
(Wieder-) Herstellungskosten	2.800-3.100 €	3.500-3.900 €	3.500 - 3.900 €	8.500-9.400 €
jährliche Nutzungskosten	60-70 €	60-70 €	80-90 €	60-70 €

Anhang: Ergebnisse Kostenermittlung der betrachteten Maßnahmen

Verwertungs-kosten	<i>Fällt im Betrachtungszeitraum nicht an</i>	340-380 €	<i>Fällt im Betrachtungszeitraum nicht an</i>	<i>Fällt im Betrachtungszeitraum nicht an</i>
Nutzungs-dauer	> 50 Jahre	40 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre

A5.3 Bodenbeläge im Außenraum

Tabelle 25: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Bodenbeläge, Angaben pro m²

	Asphalt	Rasen	Rasenfugenstein	Pflaster (Beton)	Pflaster (Naturstein)
(Wieder-) Herstellungskosten	150-170 €	30-40 €	120-140 €	140-160 €	280-320 €
jährliche Nutzungskosten	3-4 €	3 €	10-11 €	4-5 €	4-5 €
Verwertungskosten	27-30 €		7-8 €	7-8 €	
Nutzungsdauer	35 Jahre	> 50 Jahre	35 Jahre	40 Jahre	100 Jahre

A5.4 Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung

Tabelle 26: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser durch Versickerung, Angaben pro m² angeschlossene Fläche

	Versickerungs-mulde	Mulden-Rigolen-Element mit Kies	Mulden-Rigolen-Element mit Kunststoff-füllkörper	Rigolen-Element mit Kies-schüttung	Rigolen-Element mit Kunststoff-füllkörper
(Wieder-) Herstellungskosten	5-10 €	20-30 €	30-40 €	40-50 €	40-50 €
jährliche Nutzungskosten	0,10 €	0,30 €	0,30-0,40 €	0,10 €	0,10 €
Nutzungs-dauer	> 50 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre

A5.5 Dachbegrünung

Kosten für die Bewirtschaftung des Abflusses von 1 m² des jeweiligen Dachtyps mit einem Mulden-Rigolen-Element (Kunststofffüllkörper) sind enthalten.

Tabelle 27: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Flachdach-Konstruktionen, Angaben pro m² Dachfläche

	Kiesdach	Kiesdach mit PV-Anlage	Extensive Dach-begrünung	Extensive Dach-begrünung mit PV-Anlage	Intensive Dach-begrünung

Anhang: Ergebnisse Kostenermittlung der betrachteten Maßnahmen

(Wieder-) Herstellungskosten	60-70 €	375-414 €	70-80 €	510-560 €	190-210 €
jährliche Nutzungskosten	1-2 €	4-5 €	4 €	6-7 €	9-10 €
Verwertungskosten	15-17 €	15-17 €	Fallen im Betrachtungszeitraum nicht an	15-17 €	Fallen im Betrachtungszeitraum nicht an
Nutzungsdauer	25 Jahre	25 Jahre; PV-Anlage 20 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre; PV-Anlage 20 Jahre	> 50 Jahre

A5.6 Fassadenbegrünung

Tabelle 28: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Fassadenbegrünung, Angaben pro m² Fassade

	Teilweise begrünte Fassade mit minimalem Wurzelraum	Teilweise begrünte Fassade mit ausreichendem Wurzelraum	Großflächig begrünte Fassade mit minimalem Wurzelraum	Großflächig begrünte Fassade mit ausreichendem Wurzelraum
(Wieder-) Herstellungskosten	40-50 €	40-50 €	80-90 €	80-90 €
jährliche Nutzungskosten	4-5 € (Pflege) 2 €/Pflanze (Bewässerung)	4-5 €	8-9 € (Pflege) 2 €/Pflanze (Bewässerung)	8-9 €
Nutzungsdauer	> 50 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre	> 50 Jahre

A5.7 Sonnenschutzsysteme

Tabelle 29: Bruttokosten und Nutzungsdauern für die verschiedenen Szenarien der Sonnenschutzsysteme, Angaben pro Fenster

	Innenliegende Verdunklung	Außenliegender Sonnenschutz
(Wieder-) Herstellungskosten	390-430 €	710-780 €
jährliche Nutzungskosten		5 €/m ²
Verwertungskosten		
Nutzungsdauer	10 Jahre	25 Jahre

A6 Maßnahmenübergreifende Ergebnisse

A6.1 Graue Emissionen der Gebäude

Es ergeben sich die folgenden Gesamtergebnisse für das GWP der Gebäude der Siegerentwürfe:

Tabelle 30: Ergebnisse LCA Siegerentwürfe, GWP in kg CO₂-Äquivalent pro m² NGF und Jahr

	Ingolstadt	Freising	Regensburg	Schweinfurt
Herstellung	3,6	-8,2	3,0	-5,6
Entsorgung	4,1	15,2	3,2	11,4
Instandhaltung	0,9	1,9	0,7	0,9
Recyclingpotential	-1,7	-6,4	-1,4	-3,5
Gesamt ohne Phase D	8,7	9,0	7,0	6,7
Gesamt mit Phase D	7,0	2,6	5,6	3,2

Der Grund für die geringen bzw. teilweise negativen Ergebnisse bei der Herstellung ist die Verwendung von Holz als Baustoff, da es bei seiner Entstehung CO₂ aus der Atmosphäre bindet. Wird das Holz nach Ende der Nutzungsdauer verbrannt, dann entweicht das CO₂ wieder in die Atmosphäre. Findet ein Recycling statt, kann ein Teil des CO₂ gebunden bleiben.

Abbildung 123 stellt die Ergebnisse der LCA für die Gebäude der untersuchten Siegerentwürfe dar.

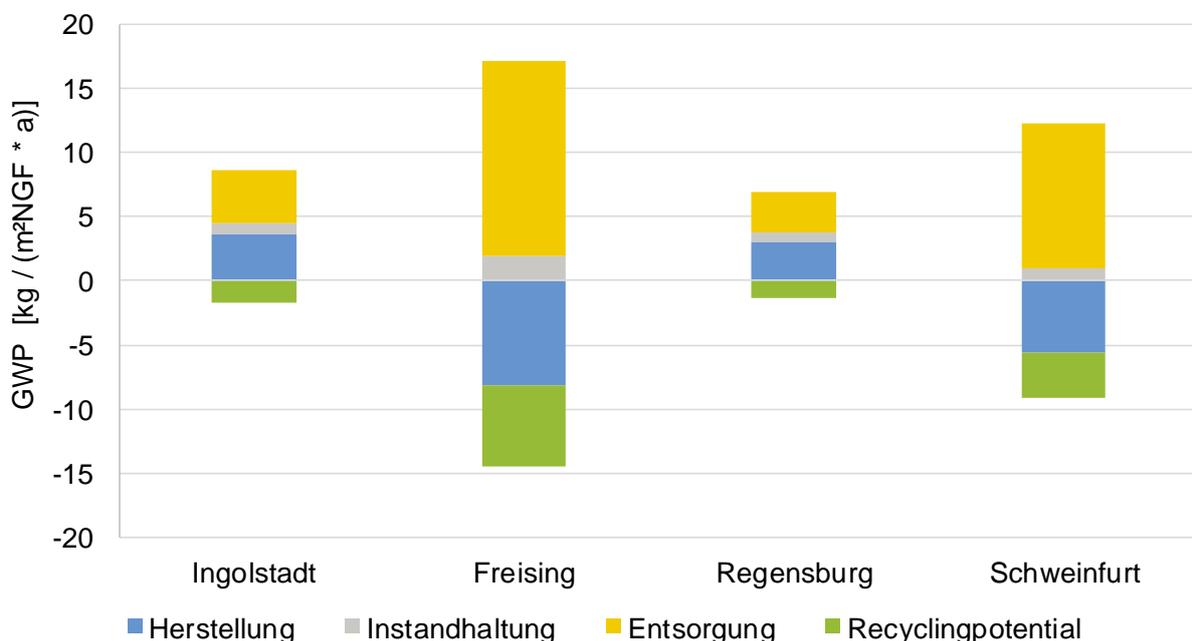


Abbildung 123: Vergleich LCA der Siegerentwürfe, Gebäude

In Freising und Schweinfurt weist die Erstellung der Gebäude ein negatives GWP auf, was auf die Verwendung von Holz für alle tragenden Bauteile (Außenwand, Geschosdecken und Dach) zurückzuführen ist. In Ingolstadt und Regensburg werden Geschosdecken und Dach in Stahlbeton ausgeführt.

A6.2 Langjähriger natürlicher Wasserhaushalt

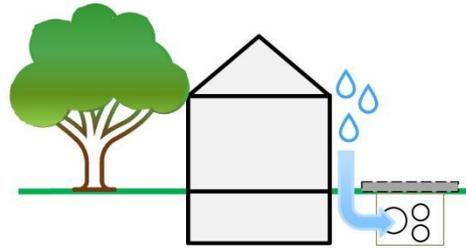
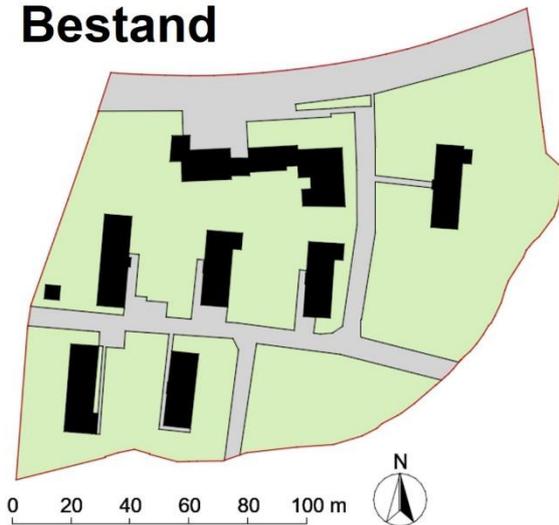
Anhand des Modellprojektes Freising wurde beispielhaft untersucht, ob mit dem Siegerentwurf der natürliche Wasserhaushalt erhalten oder wiederhergestellt werden kann. Dies ist das Ziel für eine klimaangepasste urbane Entwicklung, denn kommunale Entwässerungssysteme sind nicht auf den Klimawandel vorbereitet (z. B. Überflutung, Mischwasserentlastungen bei Starkregen) und sollten daher nicht belastet werden. Die Untersuchung wurde nach DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 mit Klimadaten aus German Weather Service (2022) durchgeführt.

Der naturnahe lokale Wasserhaushalt gilt als Zielzustand für den langjährigen Wasserhaushalt der geplanten Bebauung (DWA-M 102-4/BWK-M 3-4). Er ist von lokalen klimatischen und geologischen Bedingungen, wie der Versickerungsfähigkeit des Bodens, abhängig. In Freising entspricht dieser Zielzustand einer Verdunstung von ca. zwei Drittel des Jahresniederschlages und ca. einem Drittel Grundwasserneubildung. Der Direktabfluss hat einen minimalen Anteil.

Der langjährige Wasserhaushalt wurde für Bestand und Entwurf des Modellprojekts Freising dem naturnahen Zielzustand („natürlicher Wasserhaushalt“) gegenübergestellt. Abbildung 124 zeigt die Flächen von Bestand und Entwurf. Im Bestand werden unbegrünte Dachflächen und versiegelte Erschließungsflächen über die Kanalisation entwässert. Im Entwurf ist eine Entkoppelung von der Kanalisation vorgesehen. Annahme war eine ortsnahe Versickerung über Versickerungsmulden. Die begrünten Dächer und Fassaden sowie der Erhalt gesunder Bestandsbäume verbessern den Wasserhaushalt zudem.

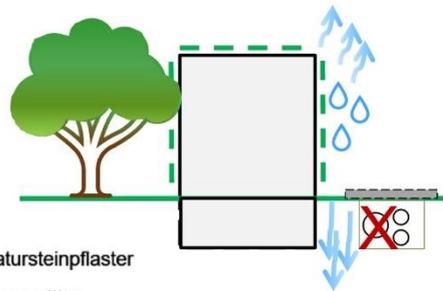
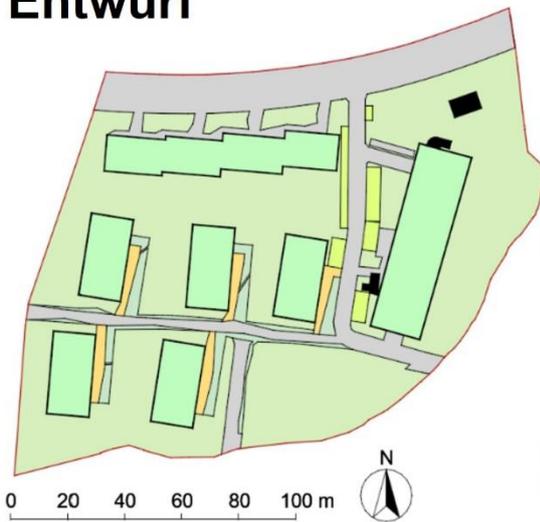
Wie sich die Wasserhaushaltskomponenten von Bestand und Entwurf unterscheiden, illustriert Abbildung 125. Der Entwurf kann eine starke Reduktion des Direktabflusses und eine starke Erhöhung der Grundwasserneubildung erzielen. Dies ermöglicht eine Annäherung an den naturnahen Zielzustand. Die Verdunstungskomponente ist bei beiden Zuständen sehr hoch, was zum Großteil auf gesunde Bestandsbäume zurückzuführen ist, die im Entwurf erhalten werden. Die Untersuchung zeigt: Der naturnahe Wasserhaushalt lässt sich trotz Nachverdichtung mit einer Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser und Begrünung erreichen. Dies unterstützt bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Bestand



- Teilversiegelte Flächen
- Erschließung
- Gebäude unbegrünt
- Begrünte Fläche
- Dachbegrünung
- Untersuchungsgebiet

Entwurf



- Natursteinpflaster
- Rasengitter
- Schotterrassen
- Erschließung
- Gebäude unbegrünt
- Begrünte Fläche
- Dachbegrünung
- Untersuchungsgebiet

Abbildung 124: Bestand und Entwurf des Modellprojektes Freising

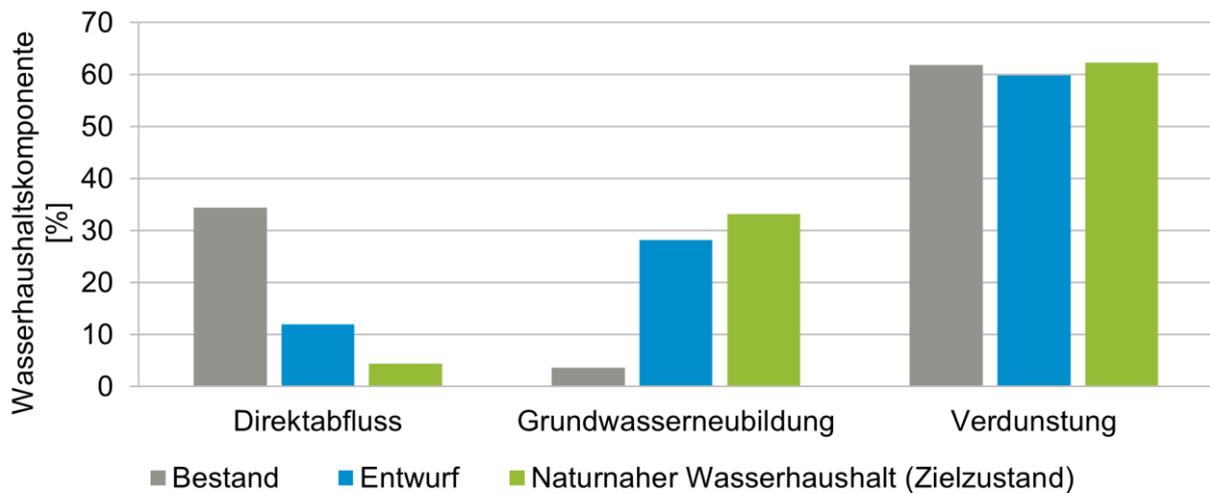


Abbildung 125: Wasserhaushalt für den naturnahen Zielzustand, Entwurf und Bestand im langjährigen Jahresmittel am Beispiel des Modellprojektes Freising

A6.3 Speicherbarer Regenwasserertrag

Anhand des Modellprojektes Ingolstadt wurde der speicherbare Regenwasserertrag sowie der Wasserbedarf zum Erhalt der grünen Infrastruktur analysiert. Im Modellprojekt Ingolstadt gibt es zwölf Baumstandorte in teilversiegelter Fläche, die in einem Baumstandort nach aktuellem Minimumpflanzstandard (FLL 2010) (vgl. 4.2, Seite 42) bewässert werden müssten. Um zu prüfen, ob ein Szenario mit Bewässerung durch Niederschlagswasser aus einer Zisterne realistisch sein kann, wurde der speicherbare Regenwasserertrag für das Szenario 2070 analysiert. Dieser entspricht dem Abfluss der extensiven Dachbegrünung und der Umrandung des neu zu errichtenden Hauptgebäudes und ist mit den zugehörigen mittleren Abflussbeiwerten in Abbildung 126 dargestellt. Abbildung 127 zeigt das Ergebnis der Analyse. Es zeigt sich, dass die monatliche Summe des speicherbaren Dachabflusses in den Sommermonaten meist ausreicht, um den zusätzlichen Wasserbedarf der zwölf Winterlinden an Baumstandorten in teilversiegelter Fläche größtenteils zu decken. Hierzu wird angemerkt, dass sich diese Analyse auf monatliche Summen bezieht und keine Dauer von Trockenperioden oder Extremereignisse einbezieht. Dennoch kann aus den Ergebnissen abgeleitet werden, dass eine Bewässerung mit Niederschlagswasser aus einer Zisterne ein realistisches Szenario für den Standort sein kann.

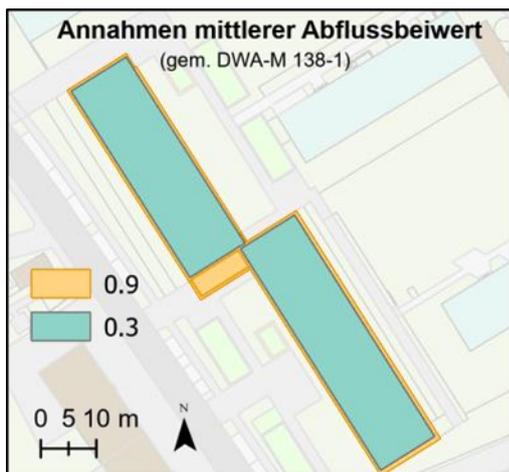


Abbildung 126: Annahmen für mittlere Abflussbeiwerte der Dachflächen

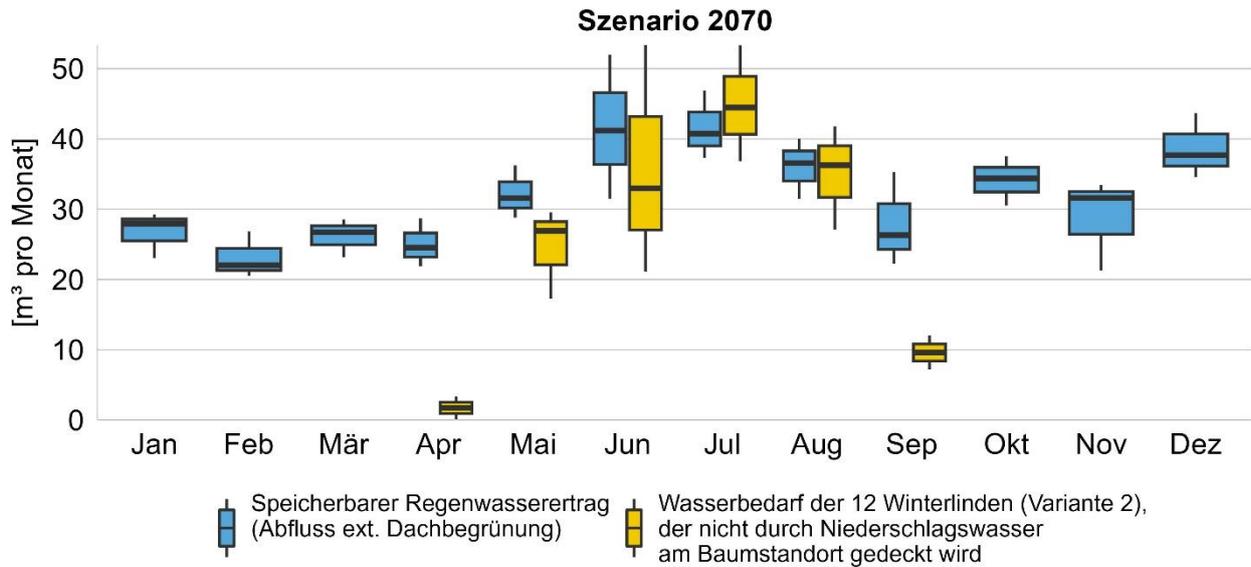


Abbildung 127: Speicherbarer Regenwasserertrag und Summe des zusätzlichen Wasserbedarfs an Baumstandorten der Variante 2 in Ingolstadt

A6.4 Veränderung der Grundwassersituation

Die Untersuchung der Veränderung der Grundwassersituation und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Bebauung durch Aufbruch stark versiegelter Flächen im Bestand wurde anhand des Modellprojektes Nürnberg untersucht. Abbildung 128 zeigt die Versiegelung von Bestand und Entwurf. Die Analyse zeigte, dass die Versiegelung um ca. 26 % reduziert wird (Abbildung 129).

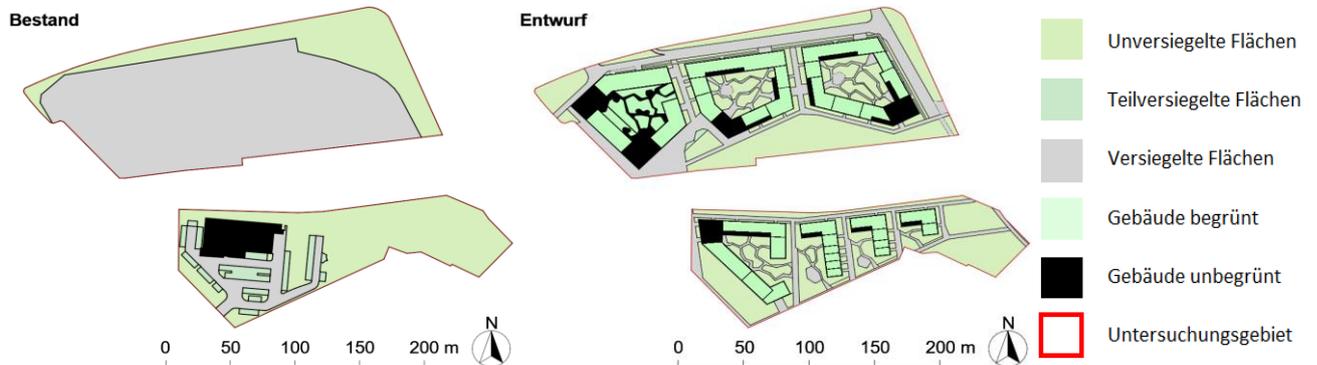


Abbildung 128: Lagepläne der Versiegelung von Bestand und Entwurf des Modellprojektes Nürnberg

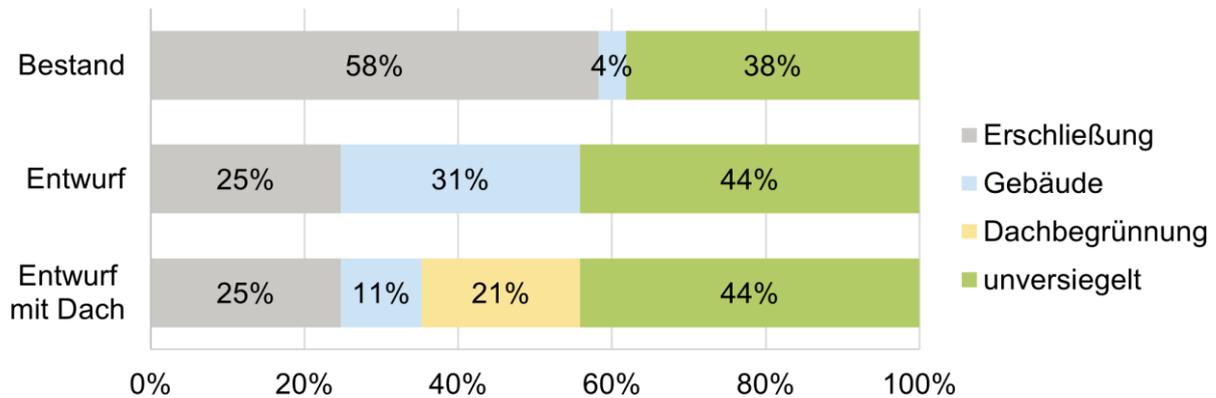


Abbildung 129: Flächenbilanz der Versiegelung von Bestand und Entwurf des Modellprojektes Nürnberg

Mit weniger Versiegelung steigt auch die Rate der Grundwasserneubildung. Mit einem mittleren Jahresniederschlag von ca. 670 mm (German Weather Service 2022) und einer potentiellen Verdunstung von 625 mm (Berechnung nach Allen et al. 1998), steigt die Grundwasserneubildung von circa 80 mm auf 390 mm in der mittleren Jahressumme an (Berechnung nach DWA-M 102-4/BWK-M 3-4). Bei einer Gesamtfläche des Areals von circa 43.900 m² ist daher insgesamt von circa 13,6 Mio m³ mehr Versickerung und daher in großen Teilen von Grundwasserneubildung pro Jahr auszugehen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lag dem Projektteam kein Baugrundgutachten des Areals vor. Die nächste Grundwassermesselle (Nr.: 17190 - LfU 2023) gibt einen Mittleren Höchsten Grundwasserstand (MHGW) von circa 2,4 m unter GOK an. Die Auswirkungen der Entsiegelung und erhöhten Grundwasserneubildung sind in der weiteren Planung in mehr Detail zu prüfen und können im aktuellen Planungsstadium nicht mit den vorliegenden Daten vom Forschungsteam ermittelt werden.

A6.5 Regenwassermanagement bei hohen Grundwasserständen

Ein Prinzip zahlreicher dezentraler Anlagen zur Vor-Ort-Bewirtschaftung von Niederschlagswasser ist die Versickerung. Bei hohen Grundwasserständen und nicht ausreichend durchlässigen Böden sind nicht alle Maßnahmen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung umsetzbar. Beispielsweise müssen ein gewisser Grundwasserflurabstand und Durchlässigkeit des Bodens für Versickerungsanlagen gewährleistet werden (vgl. DWA-A 138:2005-04).

In diesem Fall können andere Prinzipien wie Speicherung und Verdunstung genutzt werden. Ein geringer Anteil versiegelter Fläche trägt dazu bei, dass insgesamt weniger Niederschlagswasser abfließt und bewirtschaftet werden muss. Maßnahmen wie Gründächer oder dezentrale Regenwasserspeicher können hier beispielsweise genutzt werden. Eine Ausführung dazu findet sich in der Bachelorarbeit Lirapirom, Akradeth (2023): Literature Review on Stormwater Management Options for High Groundwater Levels.

A6.6 Integration von Fließgewässern

Am Beispiel des Modellprojektes Augsburg wurde geprüft, ob bestehende Fließgewässer mit integriert werden können und ob eine Renaturierung oder Reaktivierung ehemaliger Gewässer möglich ist. Abbildung 130 zeigt die topografische Karte des Modellprojektes mit Umgebung. Das Fließgewässer Lech liegt östlich des Modellprojektes und liegt circa 5-10 m tiefer als das

Grundstück und ist durch eine steile Böschung getrennt. Dies erschwert eine direkte Integration des Fließgewässers in das Projekt. Eine Integration und Aufweitung des Lechs bedeutet, dass dichtes Ufergehölz und zahlreiche Bestandsbäume weichen müssten.



Abbildung 130: Topografische Karte Modellprojekt Augsburg (oranger Umgriff) – Höhenunterschied zum Fließgewässer Lech (OpenStreetMap 2023)

A6.7 Integration oberirdischer Wasserspeicherräume und multifunktionale Nutzung von Verkehrsflächen

In keinem der Modellprojekte konnte betrachtet werden, ob oberirdische Flächen als Wasserspeicherräume oder zur multifunktionalen Nutzung geeignet sind, da es nicht in die Modellvorhaben integrierbar war. Eine multifunktionale Nutzung einer urbanen Fläche besteht aus einer Regelfallnutzung beispielsweise als Park- und Grünfläche, Straße, Sportfläche, Spielplatz oder Naturerlebnisraum sowie einer weiteren Nutzung als Überflutungsfläche bei Starkregenereignissen (Benden et al. 2017a, 2017b, 2017c). Auf multifunktionalen Flächen bewirtschaftetes Wasser kann in Abhängigkeit der Wasserqualität temporär oder dauerhaft gespeichert, verdunstet, versickert, abgeleitet oder genutzt werden. Dies Flächen können so einen wichtigen Beitrag bei Klimaveränderungen leisten. Multifunktionale Flächen stellen besondere Anforderungen an die Gestaltung sowie an die Kooperationen der beteiligten kommunalen und privaten Akteure. Beispiele für multifunktionale Flächen sind in der Bachelorarbeit von Stöhr (2022) zusammengefasst. In 2024 wird hierzu ein Merkblatt DWA-M 174 „Planung, Betrieb und Unterhalt von multifunktionalen Flächen“ von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) erscheinen.

A6.8 Abflussmodellierung

Am Beispiel des Modellprojektes Schwabach, bei dem es sich um eine Nachverdichtung handelt, wurde eine Abflussmodellierung mit der Software SWMM (Stormwater Management Model, United States Environmental Protection Agency 2023) durchgeführt. Es wurden Starkregenszenarien untersucht und der Bestand mit dem Siegerentwurf verglichen. Die Starkregenereignisse wurden

aus KOSTRA-DWD (Deutscher Wetterdienst 2023) mit der Verteilung nach OTTER/KÖNIGER (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2001) gewählt (Tabelle 31).

Tabelle 31: Starkregenereignisse zur Simulation von Klimaszenarien am Beispiel Schwabach

Wiederkehrperiode [a]	Name	Dauer [Min]	Niederschlag [mm]	Name	Dauer [Min]	Niederschlag [mm]
5	D360_T5	360	38,5	D15_T5	15	16,9
20	D360_T20	360	50,9	D15_T20	15	23,0
100	D360_T100	360	65,3	D15_T100	15	30,2

Die Modellierungen wurden mit trockenen und gesättigten Bodenbedingungen für den Starkregenereignissen durchgeführt. Abbildung 131 zeigt die Szenarien für Bestand und Entwurf. Im Bestand entwässern die Flächen in die Kanalisation, im Entwurf wird das Niederschlagswasser dezentral über Mulden versickert.



Abbildung 131: Szenarien für Bestand (a) und Entwurf (b) des Modellprojektes Schwabach

In Abbildung 132 sind Auszüge der Ergebnisse zum Abflussvolumen dargestellt. Der Abfluss ist im Entwurf im Vergleich zum Bestand deutlich reduziert. Dies ist auf die Entsiegelung und Abkoppelung von der Kanalisation zurückzuführen. Die Sättigung des Bodens vor einem Starkregenereignis beeinflusst das Abflussvolumen beim Entwurf mehr, da dort ein höherer Anteil unversiegelt ist. Daraus kann geschlossen werden, dass der Entwurf es trotz einer Nachverdichtung schafft, die Auswirkungen von Starkregen auf die bestehenden Entwässerungssysteme (Kanalisation) zu reduzieren. Durch eine höhere Versickerung wird mehr Grundwasser gebildet. Weitere Details sind in der Masterarbeit von Legner, Nicolas (2022) zu finden (siehe Kapitel 1.6.3, Seite 10).

Anhang: Maßnahmenübergreifende Ergebnisse

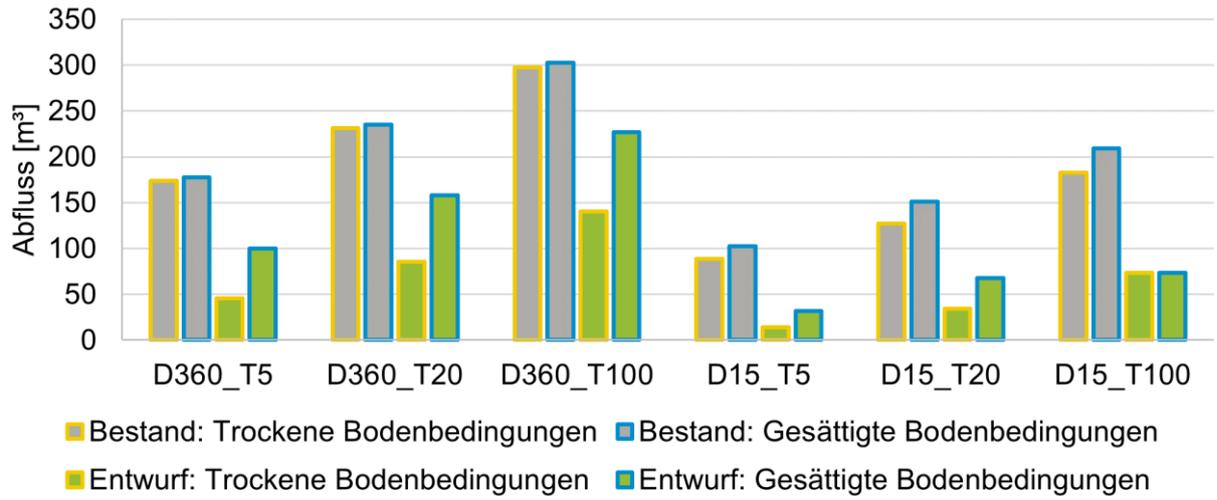


Abbildung 132: Abflussvolumen für Starkregenszenarien am Beispiel des Modellprojektes Schwabach

A7 Interviews mit Verfahrensbetreuern

Im Zuge der Verfahrensbegleitung wurden Interviews mit Mitgliedern der Wettbewerbsbetreuung durchgeführt. Anhand eines vordefinierten Fragebogens wurden die folgenden Themen besprochen:

- Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen
- Die Rolle der Klimaanpassung im jeweiligen Modellprojekt
- Möglichkeiten und Hindernisse für die Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

Die Antworten auf die Interviewfragen werden im Folgenden in anonymisierter Form zusammengefasst. Antworten werden in blauer Farbe dargestellt.

A7.1 Auswertung Interview Nr. 1

1) Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen

- a) Wie stark beeinflussen Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung das Wettbewerbswesen bisher? Hat sich deren Bedeutung in den letzten Jahren verändert?

Es wird seit Jahren immer wieder versucht Themen des klimagerechten Bauens in Wettbewerbe zu integrieren, das gelingt bisher jedoch fast nur im Rahmen von Modellvorhaben. Grund dafür ist die Befürchtung, dass dadurch Mehrleistungen gefordert werden, die von Seiten der Teilnehmenden nicht geliefert werden können bzw. von Seite des Auslobers nicht vergütet werden. Vergleichbar ist das mit der Forderung nach fotorealistic Renderings oder Kostenberechnungen, die ebenfalls nur selten in Wettbewerben abgefragt werden, obwohl die technischen Möglichkeiten zu ihrer Erstellung mittlerweile bestehen.

- b) Wo sehen Sie die größten Hürden für eine stärkere Klimaorientierung in Wettbewerben?

Der Aufwand, der in die Teilnahme an einem Wettbewerb von Seiten der teilnehmenden Büros fließt, ist enorm. Diesem Aufwand steht ein zunehmend kleineres Auftragsversprechen an einen einzelnen Teilnehmer gegenüber (statt den gesamten Auftrag werden häufig nur einzelne Leistungsphasen vergeben). Der Gesellschaftsvertrag zwischen freiberuflichen Architekt:innen und Auslober:innen existiert faktisch nicht mehr, er wurde von Seiten der Auslobenden einseitig aufgekündigt. Der hohe Aufwand für die teilnehmenden Büros kann von diesen kaum noch gerechtfertigt werden. Gleichzeitig sichern sich Auftraggeber immer weiter dahingehend ab, möglichst wenig Leistungen zu vergeben, um selbst weiterhin flexibel sein zu können. Das ist ein grundsätzliches Problem des Instruments des Wettbewerbs, was die Aufnahme weiterer Kriterien - wie der Klimaanpassung - erschwert.

- c) Wo sehen Sie die größten Chancen und wichtigsten Stellschrauben in Bezug auf Klimaorientierung in Wettbewerben?

Um eine Verbesserung zu erreichen muss man auf zwei Ebenen agieren: Zum einen muss das Instrument des Wettbewerbs verändert werden (Neuordnung der Zielsetzung des Wettbewerbswesens). Zum anderen muss sich der gesamte Berufsstand der Architekt:innen darüber klarwerden, dass klimagerechtes Bauen nicht von selbst passiert und dass es einer aktiven Anstrengung bedarf um das Thema zu berücksichtigen.

- d) Werden die Möglichkeiten für Klimaschutz und Klimaanpassung im Wettbewerbsprozess ausreichend genutzt?

Aktuell nicht. Wettbewerbsverfahren sind heute überinstrumentalisiert. Sehr viele Kriterien werden in einer Aufgabenstellung abgefragt, wobei kaum Kommunikation zwischen

teilnehmenden Büros und Auslober:in stattfindet. Das Rückfragenkolloquium bietet die einzige Möglichkeit um in einen Dialog mit dem Bauherrn zu treten und dieses findet nur einmal statt, relativ früh im Verfahren. Um komplexe Themen wie das klimagerechte Bauen angemessen berücksichtigen braucht es niedrigschwellige und dialogische Verfahren, die mehr Austausch zwischen Planungsbüros und Bauherren ermöglichen. Die Lenkung dieses Prozesses kann entweder durch das verfahrensbetreuende Büro, die Auslober:in oder einen Mediator geschehen. Auch kann darüber nachgedacht werden die Anonymität der Teilnehmenden während der Bearbeitungsphase aufzuheben, sodass anhand konkreter Entwürfe diskutiert werden kann. Im Preisgericht sollten die Arbeiten weiterhin anonym eingereicht werden, die Diskussion findet dort anhand der Sache statt und die Urheberschaft der Arbeiten spielt keine Rolle.

Frage der Begleitforschung: An welcher Stelle (Auslober:in, betreuendes Büro, teilnehmendes Büro) muss Kompetenz zum Thema klimagerechtes Bauen vorhanden sein?

Jeder Akteur bringt eine gewisse Grundkenntnis mit. Das Thema selbst muss konkret in den zugrundeliegenden Regelwerken (GWB, VGV, RPW) verortet werden.

Die Ebene der Verfahrensbetreuung hat einen hohen Einfluss auf den Verlauf des Projektes. Durch das Schaffen einer Datengrundlage für die teilnehmenden Büros ermöglicht die es Verfahrensbetreuung dem Preisgericht, die Entwürfe wertfrei einschätzen zu können. Eine Qualifikationsrichtlinie für die Verfahrensbetreuung wäre ein wichtiger Schritt hin zu einer besseren Berücksichtigung des Themas im Wettbewerb.

Frage der Begleitforschung: In welchem Detailgrad sollte so etwas abgefragt werden?

Die von Wettbewerbsteilnehmern geforderten Datenlieferungen sollten so gering wie möglich gehalten werden. Eine Bewertung im Preisgericht findet v.a. auf Basis eingereichter Pläne statt. Von teilnehmenden Büros berechnete Werte (Flächenkennwerte, Versiegelungsgrad usw.) sind meist nicht vergleichbar und für die Bewertung des Entwurfs nur bedingt relevant. Planer:innen sollten sich auf die Erstellung des Entwurfs konzentrieren, die von ihnen geforderten Leistungen sollten eher verringert werden. Eine Auswertung bzw. Diskussion von Kennwerten erfolgt dann im Rahmen der Vorprüfung bzw. des Preisgerichts, wo dafür mehr Zeit investiert werden sollte.

- e) Gestalterische Aspekte nehmen in Wettbewerben häufig die wichtigste Rolle ein. Welche Rolle spielt die Grün- und Freiraumplanung in städtebaulichen Wettbewerben?

Grün- und Freiraumplanung ist wesentlich für das Gelingen klimaorientierter Wettbewerbe. Insbesondere in hochverdichteten Siedlungsgebieten ist die Landschaftsarchitektur und der Hochbau eine gemeinschaftliche Aufgabe. Wo immer möglich sollten Arbeitsgemeinschaften zwischen Architektur- und Landschaftsarchitekturbüros gebildet werden.

- f) Mit welchen Arbeitsgrundlagen arbeiten Sie?
RPW 2013, GWB, VGV, RPW inklusive der entsprechenden Kommentare dazu. Zusätzlich Handreichungen und Merkblätter von Architektenkammern. Zudem werden Kompendien des zirkulären Bauens verwendet.

Gibt es aus Ihrer Sicht Optimierungsbedarf in der RPW o.ä.?

Optimierungsbedarf besteht im gesamten Bauplanungsrecht, von der Raumplanung des Bundes bis hin zur Bebauungsplanung von Gemeinden. Diese Planungsinstrumente müssten auf kohärente Abläufe untereinander unter dem Blickwinkel von Klimaschutz und –anpassung betrachtet und überarbeitet werden.

2) Die Rolle der Klimaanpassung im Modellprojekt

- a) Inwiefern hat sich die Auslobung von herkömmlichen Wettbewerben unterschieden?

Die Auslobung hat sich in positiver Weise von anderen unterschieden, vor allem durch die mit den Textbausteinen der Begleitforschung eingeführte klare Begriffsordnung (graue /

grüne / blaue Infrastruktur). Mit diesen Schlagworten lässt sich gut operieren, auch sind sie gut skalierbar.

- b) Wie ist der/die Auslober:in mit den von der Begleitforschung formulierten Kriterien zur Berücksichtigung von Klimaanpassung umgegangen? Waren die Punkte gut in die Wettbewerbsaufgabe/ den Auslobungstext zu integrieren?

Die Kriterien waren gut in die Auslobung integrierbar, was auch an der Ausgangssituation im Standort gelegen hat (große versiegelte Fläche). Zudem war die Ausloberin gerne bereit sich auf die neuen Inhalte einzulassen und diese mit zu berücksichtigen.

Die Einarbeitung der Textbausteine hat dabei zu Anpassungen in der Formulierung des Auslobungstextes geführt. Wir haben festgestellt, dass Beschreibungen der Bestandssituation teilweise angepasst werden mussten, damit sich die Begrifflichkeiten auf kohärente Art und Weise aus der Beschreibung der Bestandssituation bis in die Zielsetzungen der Auslobung fortsetzen.

- c) Gab es Kriterien, die inhaltlich nicht zum Projekt gepasst haben?

Alle Kriterien haben inhaltlich zum Projekt gepasst, kritisch zu hinterfragen war die Tiefenschärfe der geforderten Leistungen. Für einen städtebaulichen Wettbewerb waren sie teilweise zu detailliert.

- d) Gab es Feedback von der Jury zu den Kriterien?

Das Preisgericht hat die Kriterien zum klimagerechten Bauen als sinnvoll und zielführend wahrgenommen.

- e) Ist das klimagerechte Bauen im Wettbewerb insgesamt (von der Erstellung der Auslobung bis zum Preisgericht) als relevantes Diskussions- und Entscheidungskriterium wahrgenommen worden, auch im Vergleich zu „konventionellen“ Wettbewerben außerhalb des Modellvorhabens?

Ja, das klimagerechte Bauen war ein zentrales Kriterium im gesamten Wettbewerb. Mittlerweile sieht man das auch in anderen Wettbewerben außerhalb des Modellvorhabens. Man erkennt ein Umdenken in der Gesellschaft, das Thema Klimawandel und wie wir diesem entgegenzutreten nimmt eine immer größere Rolle ein.

- f) Wie unterscheiden sich die Wettbewerbsergebnisse von einer herkömmlichen Aufgabenstellung? Wurden ihrer Meinung nach auch von den WB-Teilnehmern das Thema Klimaanpassung ausreichend gewürdigt?

Der 1. Preis ist ein Beleg für die Wirksamkeit der von der Begleitforschung formulierten Kriterien. Dieser hat sich mit den Anforderungen genau auseinandergesetzt und ein schlüssiges Konzept geliefert.

- g) Haben andere Themen unter der starken Gewichtung der Klimaanpassung „gelitten“ oder konnte man das Thema sowohl in gestalterische, funktionale als auch ökonomische Aspekte integrieren?

Nein. Klimaanpassung ist eine Eigenschaft, die ein Entwurf aufweist (oder nicht). Sie kann ohne weiteres in gestalterische, funktionale und ökonomische Kriterien integriert werden.

Frage der Begleitforschung: Ist Klimaanpassung eine grundlegende Eigenschaft, die ein Entwurf aufweisen kann, oder kann man das Thema durch die Darstellung des Entwurfs in den Fokus rücken?

Insbesondere durch zeichenhafte Erklärungen ist das möglich. Man sollte wieder dazu übergehen Pläne zu erklären, und zwar in einer grafisch eindeutigen Sprache (z.B. durch die Darstellung von Verschattung, Temperaturschichtungen, Frischluftzufuhr usw.), ergänzt um erläuternde Texte. Vor allem 2-dimensionale Darstellungen bieten große Möglichkeiten zur Erläuterung von Zusammenhängen.

3) Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

- a) In welchem Planungsstadium (Grundlagenermittlung, Erstellung der Auslobung, Genehmigungs-, Planungsphase) müssten Information zur Klimaanpassung bereitgestellt werden? Wer sind die relevanten Ansprechpartner*innen (Bauherren, betreuende Büros, Planungsbüros)?

Das Thema muss bereits in der Phase 0 berücksichtigt werden, wenn die Aufgabe entsteht und der Kosten- und Zeitrahmen abgesteckt wird. Die Anwesenheit von Planer:innen ist in dieser Phase notwendig, damit die ermittelten Grundlagen das Thema auch voll umfassen.

- b) In welchem Planungsstadium muss man das Thema Kosten (Investitions- als auch Betriebskosten) behandeln? Achten Vertreter*innen vom Bauherren auf geringe Betriebskosten? Wie „heilbar“ sind kostentechnisch schlechte Entwürfe?

Phase 0 ist auch der Zeitpunkt, in dem die Investitionskosten ermittelt werden, für deren endgültige Summe die Terminalschiene maßgeblich ist (wann man baut und wie lange das Bauvorhaben dauert wirkt sich stark auf die Baukosten aus). In Zusammenhang mit der Erstellung der Planungsaufgabe spielt das Thema Kosten eine zu geringe Rolle. Klassische Kostenermittlungen müssen barwertigen Betrachtungen weichen, die den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes berücksichtigen. Heilbar sind kostentechnisch schlechte Entwürfe i.d.R. gar nicht.

- c) Wie gelingt, vor dem Hintergrund der Klimaanpassung, die Balance zwischen Schaffung von möglichst viel vermietbarer Fläche und Durchsetzung der notwendigen (Begrünungs-) Maßnahmen?

Mit Schichten. Die Annahme, dass jede nutzbare Fläche immer dieselbe Eigenschaft haben muss, muss überdacht werden. Temperierte Flächen, nicht temperierte Flächen und Übergangsflächen müssen sinnvoll ineinandergreifen (die Landschaft als Vor-Zone, die erste Hülle des Gebäudes als Zwischenzone zwischen Außen und Innen usw.). So schafft man u.a. mehr Luftaustausch und kann unterschiedliche Temperaturzonen erzeugen. Diese unterschiedlich temperierten Flächen kann man problemlos bzgl. ihrer Mietkosten unterscheiden.

A7.2 Auswertung Interview Nr. 2

1) Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen

- a) Wie stark beeinflussen Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung das Wettbewerbswesen bisher? Hat sich deren Bedeutung in den letzten Jahren verändert?

Der Fokus auf Klimaschutz ist eher neu, ökologische Gesichtspunkte spielen schon seit einigen Jahren eine größere Rolle. Wir verwenden die Inputs aus dem Modellvorhaben mittlerweile auch in anderen Wettbewerben.

- b) Wo sehen Sie die größten Hürden für eine stärkere Klimaorientierung in Wettbewerben?

Größte Hürde ist die Interdisziplinarität der Aufgabenstellung, die von Architekt:innen und Landschaftsarchitekt:innen kaum noch geleistet werden kann. Es droht eine Überfrachtung der Wettbewerbe und damit eine Kostensteigerung. Um dem entgegenzuwirken kann man den Kreis der Entwurfsverfasser erweitern, sodass auch andere Fachdisziplinen (wie die Siedlungswasserwirtschaft) mitarbeiten. Dabei ist allerdings zu bezweifeln, ob Büros aus anderen Fachrichtungen als der Architektur dazu bereit sind ohne Auftrag so weit in Vorleistung zu gehen. Zudem muss sich dann das Preisgeld erhöhen. Es kann überlegt werden ob der Kreis der Entwurfsverfasser:innen erweitert wird, oder ob zusätzliche Fachrichtungen nur beratend aktiv werden.

Eine weitere Hürde ist die Forderung nach einer Berechnung detaillierter Werte im Rahmen des Wettbewerbs (z.B. Grünvolumenzahl, versiegelte Fläche, GVZ...). Diese gehen über die Detailschärfe eines Wettbewerbsentwurfs hinaus, das Potenzial des Entwurfs hinsichtlich bspw. einer Begrünung des Freiraums lässt sich auch aus Plänen ablesen.

Frage Begleitforschung: Wann muss was beachtet werden? Was muss die Auslobung leisten? Ist die Interdisziplinarität in der LPH0 (Grundlagenermittlung, Auslobungserstellung) wichtig?

Die Grundlagen und Rahmenbedingungen müssen in der Auslobung bereits vermittelt werden, sodass Planer:innen im Entwurf dann darauf eingehen können. Dafür ist eine ausreichende Datengrundlage erforderlich. Wichtig ist zudem, dass klimagerechtes Bauen nicht nur in Form eines Leitfadens als Anhang der Auslobung beigefügt wird, sondern dass das Thema in die Formulierung der Aufgabenstellung und der formulierten Zielsetzung der Auslobung einfließt.

In der Auslobung sollten nur die Leistungen abgefragt werden, die wirklich benötigt werden, eine Überfrachtung muss vermieden werden. Textlich können die Ziele jedoch durchaus ausführlich.

- c) Gestalterische Aspekte nehmen in Wettbewerben häufig die wichtigste Rolle ein. Welche Rolle spielt die Grün- und Freiraumplanung in städtebaulichen Wettbewerben?

Bei fast allen Aufgaben, gerade aber in städtebaulichen Wettbewerben, spielt die Grün- und Freiraumplanung eine zentrale Rolle.

- d) Mit welchen Arbeitsgrundlagen arbeiten Sie?

RPW und VGV.

Gibt es aus Ihrer Sicht Optimierungsbedarf in der RPW o.ä.?

Dass die RPW als gesetzliche Grundlage eher offengehalten ist, ist nicht verkehrt. Die konkrete Ausformulierung obliegt dem betreuenden Büro in Zusammenarbeit mit dem Auslober. Diese müssen innerhalb des Rahmens der RPW eine konkrete Aufgabenstellung für ein Projekt entwickeln, die auf die individuellen Gegebenheiten des Standorts und des Vorhabens eingeht. Die RPW muss dafür nur den Rahmen bieten, was sie tut. Was vermieden werden sollte, ist Einführung von Checklisten, die abgearbeitet

werden müssen. Dies steht dem Gedanken entgegen, eine projektspezifische Aufgabenstellung auf eine ganzheitliche Art und Weise zu betrachten und zu bearbeiten.

2) Die Rolle der Klimaanpassung im Modellprojekt

- a) Inwiefern hat sich die Auslobung von herkömmlichen Wettbewerben unterschieden?

Es sind einige neue Kriterien hinzugekommen, andere wurden geschärft. Auch hat sich die Gewichtung der Kriterien untereinander verschoben. Insgesamt war der Wettbewerb ein wichtiger Schritt für kommende Wettbewerbe und ist als positiv zu bewerten.

- b) Wie ist der/die Auslober:in mit den von der Begleitforschung formulierten Kriterien zur Berücksichtigung von Klimaanpassung umgegangen? Waren die Punkte gut in die Wettbewerbsaufgabe/ den Auslobungstext zu integrieren?

Der Umfang des Kriterienkatalogs wirkt auf den ersten Blick sehr groß. Durch die Bearbeitung und weitere Besprechungen konnten jedoch diejenigen Kriterien identifiziert werden, die für das Projekt einen Mehrwert geboten haben. Teilweise wurden z.B. detaillierte Flächenberechnungen (versiegelter Flächen usw.) nicht von den teilnehmenden Büros angefragt, da diese im Rahmen der Vorprüfung erneut berechnet werden. Wichtig dabei ist, dass nicht alle Kriterien wie bei einer Checkliste „abgearbeitet“ werden müssen, sondern dass diese bedarfsgerecht eingesetzt werden können.

- c) Gab es Kriterien, die inhaltlich nicht zum Projekt gepasst haben?

Die Hitze-Thematik hat nicht zur Situation gepasst, da sich das Grundstück an einem Ort befindet, der über große Teile des Jahres gar keine Sonne abbekommt. Die Kriterien müssen individuell für jedes Vorhaben abgestimmt werden und auf die Gelegenheiten vor Ort eingehen.

- d) Welche Kriterien wären ohne das Modellvorhaben nicht berücksichtigt worden?

Das Thema Starkregen wäre nicht in diesem Umfang berücksichtigt worden, die Flächenversiegelung spielt immer eine große Rolle.

- e) Gab es Feedback von der Jury zu den Kriterien?

Die Berücksichtigung der Kriterien zur Klimaanpassung wurde sehr begrüßt, auch von Seiten der Ausloberin. Dies trifft auch auf andere Wettbewerbe zu, die wir seither außerhalb des Modellvorhabens betreut haben.

- f) Ist das klimagerechte Bauen im Wettbewerb insgesamt (von der Erstellung der Auslobung bis zum Preisgericht) als relevantes Diskussions- und Entscheidungskriterium wahrgenommen worden, auch im Vergleich zu „konventionellen“ Wettbewerben außerhalb des Modellvorhabens?

Das Thema wird mittlerweile auch in anderen Verfahren beachtet. Hier wurde es jedoch besonders zur Geltung gebracht. Grund dafür war, dass das Thema konkret im Auslobungstext adressiert wurde und dass diesbezüglich Abgabeleistungen vorgesehen waren (anstatt z.B. nur ein „Klimaschutzkonzept“ zu fordern).

- g) Wie unterscheiden sich die Wettbewerbsergebnisse von einer herkömmlichen Aufgabenstellung? Wurden ihrer Meinung nach auch von den WB-Teilnehmern das Thema Klimaanpassung ausreichend gewürdigt?

Das Thema wurde insgesamt gut berücksichtigt, die Bandbreite an Vorschlägen war hoch. Auch Wettbewerbsteilnehmer werden aus dieser Erfahrung für weitere Projekte profitieren, wenn sie die Inhalte weiter berücksichtigen.

- h) Haben andere Themen unter der starken Gewichtung der Klimaanpassung „gelitten“ oder konnte man das Thema sowohl in gestalterische, funktionale als auch ökonomische Aspekte integrieren?

Die Stärke des Entwurfs ist die Möglichkeit, unterschiedliche Anforderungen zu vereinen, was in diesem Fall möglich war. Die Entwürfe haben nicht gelitten, im Gegenteil konnten einige durch die Integration des Themas noch an Qualität gewinnen.

3) Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

- a) Woher beziehen Sie und Planer im Allgemeinen Informationen / Fachwissen zum Thema Klimaorientierung für die Wettbewerbsphase und den Planungsprozess?

Viele Informationen sind über das Internet jederzeit zugänglich, die Schwierigkeit besteht eher darin, diejenigen zu finden, die man nutzen kann. Viel Input kommt durch den Austausch mit Kolleg*innen. Außerdem werden wir über Verteiler von Ministerien und weiteren Institutionen mit Informationen versorgt.

Frage Begleitforschung: Zielgruppe von Informationen: Wie und wen muss man adressieren und müssen die Informationen für unterschiedliche Akteure (Auslober, Architekt, Fachplaner usw) aufbereitet werden?

Man muss sicherlich verschiedene Ebenen unterscheiden, die einzeln adressiert werden müssen. Sowohl eher oberflächliche Leitfäden als auch tiefergehende Detailinformationen sind wichtig und werden in unterschiedlichen Planungsphasen benötigt. Man kann nicht alles mit einem einzigen Leitfaden abdecken.

- b) In welchem Planungsstadium (Grundlagenermittlung, Erstellung der Auslobung, Genehmigungs-, Planungsphase) müssten Informationen zur Klimaanpassung bereitgestellt werden? Wer sind die relevanten Ansprechpartner*innen (Bauherren, betreuende Büros, Planungsbüros)?

Informationen dazu unterscheiden sich je nach Planungsphase und Zielgruppe. Alle Beteiligten müssen das Thema berücksichtigen, die Informationen die sie dazu brauchen unterscheiden sich nur in ihrer Detailtiefe (je weiter fortgeschritten umso detaillierter).

- c) In welchem Planungsstadium muss man das Thema Kosten (Investitions- als auch Betriebskosten) behandeln? Achten Vertreter*innen vom Bauherren auf geringe Betriebskosten? Wie „heilbar“ sind kostentechnisch schlechte Entwürfe?

Eine Kostenschätzung in der Wettbewerbsphase, auch wenn diese gemäß RPW forderbar ist, führt zu nicht vergleichbaren Ergebnissen und sollte daher nicht gefordert werden. Eine Wettbewerbsjury ist i.d.R. dazu in der Lage Entwürfe wirtschaftlich zu bewerten, auch ohne eine konkrete Zahl dazu. Anhaltspunkte dafür, welcher Entwurf kostengünstig ist und welcher nicht, können in den Plänen gefunden werden (Flächenparameter, Konstruktionsweise usw.). Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit müssen neben den Erstellungs- auch die Betriebs- und Rückbaukosten berücksichtigt werden, damit die gesamte Lebensdauer des Gebäudes abgebildet wird. Hierbei spielt auch die Förderfähigkeit des Vorhabens eine Rolle. Meist sind Herstellungskosten förderfähig, dann können höhere Investitionskosten in Kauf genommen werden. Werden jedoch Betriebskosten gefördert, dann wird ein Anreiz gesetzt um kostengünstig zu bauen und höhere Betriebskosten zu akzeptieren. Heilbar sind kostentechnisch schlechte Entwürfe kaum. In der weiteren Planung können zwar Details verändert werden (z.B. Materialien), einen wesentlichen Einfluss auf die Grundsätze des Entwurfs haben diese jedoch nicht.

- d) Wie gelingt, vor dem Hintergrund der Klimaanpassung, die Balance zwischen Schaffung von möglichst viel vermietbarer Fläche und Durchsetzung der notwendigen (Begrünungs-) Maßnahmen?

Das ist Sache des Entwurfs, ein guter Entwurf kann sehr viele Kriterien integrieren. Hier zeigt sich der Vorteil von Wettbewerben, die eine Vielzahl von Ideen liefern, unter denen man sich die beste herausuchen kann.

Frage Begleitforschung: Ist des Wettbewerbsverfahren, so wie es heute durchgeführt wird, auch in Zukunft noch dafür geeignet die besten Lösungen zu finden? Oder kann durch mehr Dialog die Qualität der Entwürfe noch gesteigert werden?

Das muss individuell entschieden werden. Der direkte wettbewerbliche Dialog ist in seiner jetzigen Form ungeeignet. Es gibt jedoch noch andere Instrumente, die für den Dialog genutzt werden können. Häufig kann man feststellen, dass nur wenig auf die Bürger*innen eingegangen wird. Mit Workshops können diese beispielsweise noch vor Beginn des Wettbewerbs beteiligt werden, die Ergebnisse können dann in die Auslobung übernommen werden. Dabei ist es wichtig die Bürger*innen im Vorfeld des Wettbewerbs inhaltlich auf die Themen hinzuführen, sonst bleiben ihre Einschätzungen oberflächlich. Daher bietet sich die Beteiligung vor Verfahrensbeginn an, Beteiligungsversuche während des Wettbewerbs können oft nicht die nötige Tiefe erreichen.

A7.3 Auswertung Interview Nr. 3

1) Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen

- a) Wie stark beeinflussen Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung das Wettbewerbswesen bisher? Hat sich deren Bedeutung in den letzten Jahren verändert?

Die Frage ist schwierig zu beantworten, da diese Berücksichtigung des Themas des klimagerechten Bauens in einem solchen Wettbewerb für mich neu war. In Zukunft ist davon auszugehen, dass das Thema deutlich wichtiger werden wird. Auch die weltpolitische Lage wird das noch weiter verstärken (Thema Versorgungssicherheit).

- i) Inwiefern hat sich die Auslobung des Modellprojektes von herkömmlichen Wettbewerben unterschieden?

Sowohl in der Aufgabenstellung, der Wettbewerbsbetreuung und der Jurierung war ein Umdenken erforderlich. Z.B. war eine Verschattungs-Analyse am kürzesten Tag gefordert, an dem der geringste Schattenwurf herrscht, statt wie bisher lange Schatten darzustellen.

- b) Wo sehen Sie die größten Hürden für eine stärkere Klimaorientierung in Wettbewerben?

Die Thematik des klimaangepassten Bauens war gut in die Aufgabenstellung zu integrieren, v.a. der Leitfaden vom ZSK war eine große Hilfestellung. Eine Schwierigkeit im konkreten Projekt war, dass die Mitglieder des Preisgerichts inhaltlich nicht genug auf das Thema vorbereitet waren.

- c) Inwieweit wäre ein Einbezug anderer Fachplaner:innen (Energie, TGA, Entwässerung) in die Wettbewerbsteams sinnvoll?

Das hängt davon ab, wie hoch die Detailschärfe der Planung im Wettbewerb sein soll. Die Leistungen von Fachplaner:innen stellen Sonderleistungen dar, die nicht innerhalb der aktuellen Regelwerke (u.a. RPW) abgebildet werden. Das wäre dann auch entsprechend anders zu honorieren.

Ob Fachplaner:innen auch Teil des Preisgerichts sein sollten ist schwer zu sagen. Vielleicht reicht es bereits, wenn sich die Preisrichter*innen im Vorfeld stärker mit dem Thema des klimagerechten Bauens befassen.

2) Anwendung der Kriterien zur Klimaanpassung im Modellprojekt

- a) Wie ist man mit den Kriterien in der Auslobung umgegangen? Konnten die Punkte gut integriert werden? Welches Feedback gab es von der Jury?

Der ZSK-Leitfaden war ausreichend, um die Kriterien zum klimagerechten Bauen in den Auslobungstext zu integrieren. Zusätzlich von der Begleitforschung angesprochene Kriterien konnten nicht integriert werden, da dadurch Leistungen entstanden wären, die nicht mehr innerhalb der RPW abgefordert werden können und damit separat hätten vergütet werden müssen. Sollten diese detaillierten Kriterien mitberücksichtigt werden, dann wäre darüber nachzudenken, Fachplaner:innen in die Erstellung des Auslobungstextes mit einzubinden. Für die Detailschärfe eines Wettbewerbes ist das allerdings nicht notwendig, solange darauf geachtet wird, dass die konzeptionellen Vorschläge zur Klimaanpassung aus dem Wettbewerb in der weiteren Planung berücksichtigt werden.

- b) Wie unterscheiden sich die Wettbewerbsergebnisse von denen einer herkömmlichen Aufgabenstellung? Wurde das Thema Klimaanpassung von den WB-Teilnehmenden ausreichend gewürdigt?

Viele der eingegangenen Entwürfe haben die Themen des klimagerechten Bauens gut berücksichtigt. Im Preisgericht konnte jedoch festgestellt werden, dass das entscheidende

Kriterium zur Bewertung der Entwürfe nicht die Klimaanpassung war. Hier haben klassische städtebauliche und gestalterische Themen eine größere Rolle gespielt.

- c) Haben andere Themen unter der starken Gewichtung der Klimaanpassung gelitten oder konnte das Thema sowohl in gestalterische, funktionale als auch ökonomische Aspekte integriert werden?

Nein, eher umgekehrt. Klimaanpassung wurde zwar berücksichtigt, in der Entscheidung des Preisgerichts haben aber andere Themen eine größere Rolle gespielt.

3) Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

- a) Woher beziehen Sie im Allgemeinen Informationen/Fachwissen zum Thema *Klimaanpassung* für die Auslobung, die Wettbewerbsphase und den Planungsprozess?

Hauptsächlich über Leitfäden, die online zugänglich sind.

- b) In welchem Planungsstadium (Grundlagenermittlung, Erstellung der Auslobung, Genehmigungs-, Planungsphase) müssten Informationen zur Klimaanpassung bereitgestellt werden? Wer sind die relevanten Ansprechpartner*innen (Bauherren, betreuende Büros, Planungsbüros)?

Die Detailschärfe des ZSK-Leitfadens ist für die Erstellung eines Vorentwurfs ausreichend.

In der weiteren Planung müssen die Kriterien von den dafür zuständigen Fachplaner:innen weiterverfolgt werden. Dafür ist eine Kontrolle der Planung durch den Bauherrn notwendig, der darauf achtet, dass die Kriterien berücksichtigt werden. Diese brauchen dafür eine detailliertere Hilfestellung, die aus dem ZSK-Leitfaden weiterentwickelt werden können.

- c) In welchem Planungsstadium muss man das Thema Kosten (Investitions- und Betriebskosten) behandeln? Achten Vertreter*innen von Bauherren auf geringe Betriebskosten? Wie „heilbar“ sind kostentechnisch schlechte Entwürfe?

Bei einer Förderung des Bauwerks (z.B. über eine Städtebauförderung) steigt die Bedeutung der Betriebskosten an, da sich das Verhältnis von Investitions- zu Betriebskosten verschiebt. Ohne Förderung der Investitionskosten wird v.a. auf eine kostengünstige Erstellung geachtet.

Maßnahmen zum klimagerechten Bauen wirken sehr langfristig, sie zeigen ihr Wirkung und amortisieren sich teils erst in Jahrzehnten. Daher sind weitere finanzielle Anreize notwendig, damit diese Maßnahmen bereits heute umgesetzt werden. Das gilt v.a. für private Bauherren.

Frage Begleitforschung: Könnte man durch einen Fokus auf möglichst geringe Betriebskosten in der Auslobung die Themen der Klimaanpassung „durch die Hintertür“ stärker gewichten?

Teilweise ja, wenn es um die Gestaltung der technischen Ausrüstung geht (v.a. Heizung und Kühlung). Klimaanpassung umfasst allerdings noch weitere Maßnahmen wie z.B. Fassadenbegrünung, die hohe Anschaffungskosten verursachen bei einer vergleichsweise geringen Senkung der Betriebskosten. Ein Problem ist auch, dass die aktuellen wohnungswirtschaftlichen Berechnungsmethoden nur die Herstellung umfassen. Müssten bspw. auch Unterhalts- oder Entsorgungskosten miteinbezogen werden, dann wäre es leichter passive Maßnahmen einzufordern, die die Betriebskosten senken.

Zusätzliche Fragen, die sich im Gespräch ergeben haben:

Mit welchen Arbeitsgrundlagen arbeiten Sie für die Erstellung einer Auslobung?
RPW 2013

Gibt es aus Ihrer Sicht Optimierungsbedarf in der RPW o.ä.?

Eine Schaffung neuer gesetzlicher Grundlagen ist nicht notwendig. Ggf. müssen

zusätzlich einbezogene Fachplaner:innen vergütet werden. Ob der Einbezug von Fachplaner:innen in die Entwurfserstellung bzw. die Preisgerichte das Wettbewerbsergebnis und den –prozess verbessert müsste in einem separaten Modellvorhaben getestet werden.

- Wie schafft man es Auslober/Bauherren davon zu überzeugen Kriterien zum klimaangepassten Bauen in die Auslobung aufzunehmen, auch wenn infolgedessen evtl. die Kosten für den Wettbewerb steigen?
Das ist schwierig zu beantworten. Öffentliche Auftraggeber sind hiervon eher zu überzeugen, weil sie auch soziale und gesellschaftsfördernde Aspekte in den Vorhaben umsetzen wollen. Das Animieren privater Bauträger, die v.a. profitorientiert sind, wird deutlich schwieriger und ist wahrscheinlich nur über finanzielle Anreize machbar.
- Ist es möglich und sinnvoll, Kriterien zur Klimaanpassung besser messbar zu machen um ihre Beurteilung zu erleichtern?
Eine übermäßige Quantifizierung von Details (z.B. Anteile nachwachsender Rohstoffe in Materialien, m²-Angaben zur Belegung von Flächen) bringt wahrscheinlich keinen Mehrwert in der Beurteilung eines Wettbewerbs.

A7.4 Auswertung Interview Nr. 4

1) Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen

- a) Wie stark beeinflussen Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung das Wettbewerbswesen bisher? Hat sich deren Bedeutung in den letzten Jahren verändert?

Bei den Kommunen handelt es sich dabei noch um Randthemen. Bis zum Sommer 2022 waren diese kaum präsent, mittlerweile kann eine Sensibilisierung dafür festgestellt werden. Die Thematik Niederschlagswasser ist bereits etwas besser angekommen, muss aber immer noch aktiv vom betreuenden Büro eingebracht werden. Vor allem der Konflikt zwischen Klimaschutz-/anpassungsmaßnahmen mit dem Thema Mobilität und damit der Verfügbarkeit von Stellplätzen kann häufig nicht gelöst werden.

- b) Wo sehen Sie die größten Hürden für eine stärkere Klimaorientierung in Wettbewerben?

Vorrangig steht die Angst vor Mehrkosten und einem erhöhten Planungsaufwand auf Seiten der Bauherr:in. Als wichtigstes Ziel wird die Schaffung von möglichst viel vermietbarer Fläche gesehen.

Unwissenheit der Bauherrenschaft im Umgang mit dem Thema spielt eine weitere Rolle, die jedoch vom betreuenden Büro in vielen Punkten beseitigt werden kann. Trotzdem sind Themen wie bspw. die Berücksichtigung von grauer Energie bei der Frage „neu bauen oder sanieren“ für viele noch zu abstrakt und werden nicht verstanden.

Zudem fehlt es teilweise an der Bereitschaft das eigene Handeln zu ändern. Obwohl die Folgen des Klimawandels immer klarer zu sehen sind, wird die Verantwortung darauf zu reagieren bei den anderen gesehen.

- c) Wo sehen Sie die größten Chancen und wichtigsten Stellschrauben in Bezug auf Klimaorientierung in Wettbewerben?

Das wichtigste Mittel zur Überzeugung von Bauherr:innen sind Beispielprojekte, anhand derer gezeigt werden kann, dass die Umsetzung klimaangepasster Bauweisen nicht nur technisch möglich sondern auch wirtschaftlich tragbar ist.

Eine große Hilfestellung für die Erstellung von Auslobungstexten können Textbausteine liefern, die dabei helfen die Thematik zu beschreiben und geeignete Abgabeleistungen zu definieren.

- d) Werden die Möglichkeiten für Klimaschutz und Klimaanpassung im Wettbewerbsprozess aktuell ausreichend genutzt?

Der Rahmen, den die RPW für die Durchführung von Wettbewerbsprozessen liefert, reicht aus, um die Themen abzudecken. Kompetenzen, die in Architekturbüros nicht vorhanden sind, wie z. B. die Erstellung von Energie- oder Tragwerkskonzepten, werden häufig über externe Ingenieurbüros abgedeckt. Ein Problem besteht darin, dass diese Ingenieurbüros, anders als Architekturbüros, nicht bereit sind ggf. unbezahlt an Wettbewerbsentwürfen zu arbeiten. Zusätzlich tun sich Architekturbüros aktuell schwer damit geeignete Fachplaner:innen zu finden, da die Kapazitäten der Büros häufig gering sind.

- e) Inwieweit wäre ein Einbezug anderer Fachplaner:innen (Energie, TGA, Entwässerung) in die Wettbewerbsteams sinnvoll?

Die Notwendigkeit einer interdisziplinären Planung von Beginn an steht außer Frage, da dies die Qualität der Entwürfe entscheidend verbessert.

2) Anwendung der Kriterien zur Klimaanpassung im Modellprojekt

- a) Wie ist man mit den Kriterien in der Auslobung umgegangen? Konnten die Punkte gut integriert werden? Welches Feedback gab es von der Jury?

Im Preisgericht war eine Spaltung der Meinungen zur Relevanz von Klimaanpassung erkennbar. Es schien, dass vereinzelt ältere Vertreter:innen des Preisgerichts die Notwendigkeit der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen nicht so stark einschätzten. Bei jüngeren Preisrichter:innen dagegen war das Bewusstsein eher vorhanden, dass es sich dabei um etwas handelt, was nicht nur für das vorliegende Modellprojekt relevant ist, sondern ab sofort immer berücksichtigt werden sollte.

Für die Vorprüfung hat sich die Frage gestellt, wie die geforderten Kriterien geprüft werden sollen. Im Nachgang zum Wettbewerb konnte jedoch festgestellt werden, dass dies durchaus möglich war.

- b) Wie unterscheiden sich die Wettbewerbsergebnisse von denen einer herkömmlichen Aufgabenstellung? Wurde das Thema Klimaanpassung von den WB-Teilnehmenden ausreichend gewürdigt?

Viele der Anforderungen (z. B. Verminderung von Versiegelung, Versickerung von Regenwasser, Erhalt des Baumbestands) wären auch ohne das Modellvorhaben in die Auslobung und Entwürfe eingeflossen, andere Themen wie der städtische Hitzeinseleffekt wären vielleicht weniger berücksichtigt worden.

Dass all diese Anforderungen nun auch messbar und prüfbar nachgewiesen werden müssen, war für die Planenden und auch für das Preisgericht schon etwas Neues und hat zu einer ernsthafteren Auseinandersetzung mit dem Thema geführt.

Teilweise kam es zu Meinungsverschiedenheiten bzgl. der verwendeten Begriffe. Unter einem „qualitätsvollen Außenraum“ beispielsweise verstehen nicht alle Beteiligte das gleiche. Für die einen bezieht sich der Begriff auf angenehme Temperaturverhältnisse im Freiraum, andere sehen vor allem die Gestaltung im Vordergrund. Das Finden einer gemeinsamen Sprache, in der alle Beteiligten unter den verwendeten Begriffen dasselbe verstehen, ist zu schon Projektbeginn wichtig. Hier besteht noch Verbesserungspotenzial.

- c) Haben andere Themen unter der starken Gewichtung der Klimaanpassung gelitten oder konnte das Thema sowohl in gestalterische, funktionale als auch ökonomische Aspekte integriert werden?

Nein, andere Themen haben nicht gelitten.

Kriterien für eine klimaangepasste Bauweise beeinflussen teilweise städtebauliche Entscheidungen. Stellt man diese zwei Themen gegenüber, dann setzt sich aktuell der Städtebau häufig noch durch, wobei auch hier ein Umdenken zu sehen ist. Durch die neuen Problemstellungen ergeben sich auch neue Lösungen, die beide Themen berücksichtigen und in den Entwurf integrieren können.

Eine Schlüsselposition in der Vermittlung dieser Themen kommt in Zukunft den wettbewerbsbetreuenden Büros zu. Vor allem kleine Kommunen sind häufig mit der Komplexität der Themen überfordert, auch Planungsbüros brauchen Hinweise darauf, wo der Fokus liegen sollte.

3) Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

- a) Woher beziehen Sie im Allgemeinen Informationen/Fachwissen zum Thema *Klimaanpassung* für die Auslobung, die Wettbewerbsphase und den Planungsprozess?

Fachwissen zu dem Thema zu bekommen ist schwierig, man muss sich aktiv dafür interessieren und informieren. Häufig fehlt bei den entscheidenden Akteuren der Bezug zu Themen wie Energie, Material oder zu den mikroklimatischen Zusammenhängen und was Klimaanpassung überhaupt bedeutet

Eine kompakte Informationsquelle (in Form z. B. einer Broschüre) wäre sehr hilfreich. Trotzdem bleibt es jedem selbst überlassen sich aktiv damit auseinanderzusetzen. Zudem

muss das Thema so aufbereitet werden, dass selbst jemand, der sich nur widerwillig damit beschäftigt, versteht worum es geht und motiviert wird es umzusetzen.

- b) In welchem Planungsstadium (Grundlagenermittlung, Erstellung der Auslobung, Genehmigungs-, Planungsphase) müssten Informationen zur Klimaanpassung bereitgestellt werden? Wer sind die relevanten Ansprechpartner*innen (Bauherren, betreuende Büros, Planungsbüros)?

Vom Zeitpunkt her muss die Information so früh wie möglich erfolgen, entscheidend ist dabei die Information der Bauherr:innenseite. Vor allem in kleinen Kommunen ist häufig nicht die nötige Kompetenz vorhanden, um klimaangepasste Bauprojekte durchführen zu können. Die Qualifikation der Entscheidungsträger:innen muss dringend vorangetrieben werden um die Aufgeschlossenheit einer Kommune dem Thema gegenüber zu ermöglichen. Außerdem braucht es mehr personelle Kapazitäten in den Kommunen, damit das Thema überhaupt berücksichtigt werden kann.

Weiter spielen Anreize bzw. Sanktionen von staatlicher Seite eine Rolle, z. B. der Verzicht auf einen Abriss und Neubau zugunsten einer Sanierung.

Eine weitere Möglichkeit der Beeinflussung stellen Bürgerinformationen dar. Anschaulich gestaltete Informationsmöglichkeiten können Bürger:innen dazu bewegen Druck auf die Entscheidungsträger:innen auszuüben.

- c) In welchem Planungsstadium muss man das Thema Kosten (Investitions- und Betriebskosten) behandeln? Achten Vertreter*innen von Bauherren auf geringe Betriebskosten? Wie „heilbar“ sind kostentechnisch schlechte Entwürfe?

Bisher achten Kommunen vor allem auf geringe Investitionskosten. Der Lebenszyklusgedanke ist noch nicht angekommen. Konstruktionen werden so gewählt, dass sie einfach und günstig herzustellen sind, an den Betrieb des Gebäudes oder die Entsorgung der Baustoffe wird nicht gedacht.

Teilweise liegt das an einem fehlenden Bewusstsein für die Thematik. Jedoch sind auch solche Fälle bekannt, in denen zwar die Bereitschaft für eine Sanierung statt eines Abrisses vorhanden gewesen wäre, aber kein Planungsbüro zur Bilanzierung der grauen Energie gefunden werden konnte. Damit fehlt den Kommunen eine Entscheidungsgrundlage. Diese fehlende Quantifizierung der Auswirkungen von Bauvorhaben auf das Klima kann dazu führen, dass energieeffiziente Neubauten als besser angesehen werden als der Erhalt und die Sanierung von Bestandsgebäuden.

Konkrete Vorgaben von Seiten der Politik können ebenfalls weiterhelfen. Wenn bspw. das Fällen von Bäumen, deren Stamm einen bestimmten Umfang überschreitet, nur noch in Ausnahmefällen erlaubt wäre, dann könnte man sich viele Diskussionen ersparen. Auch muss allen Beteiligten klargemacht werden, dass unser aktuelles Handeln hohe Kosten verursachen wird, die von nachfolgenden Generationen getragen werden müssen. Um das zu vermitteln, müssen diese Kosten quantifiziert werden, damit man sie als Argumente vorbringen kann.

- d) Wie gelingt, vor dem Hintergrund der Klimaanpassung, die Balance zwischen der Schaffung von möglichst viel vermietbarer Fläche und der Durchsetzung der notwendigen (Begrünungs-) Maßnahmen?

Meist besteht der Wunsch von Bauherr:innen darin, eine möglichst hohe bauliche Dichte zu erzeugen und damit die vermietbare Fläche zu erhöhen. Der § 34 BauGB ist ein Dichtetreiber, der rein Rendite orientierten Bauherren oft gelegen kommt. Möchten Kommunen Klimaschutz und Dichte vereinbaren, können sie in eine Entschädigungspflicht kommen, wenn sie Bebauungspläne ausweisen, die nicht das Baurecht es § 34 BauGB ausschöpfen. Der Konflikt zwischen baulicher Dichte und notwendigen Begrünungsmaßnahmen geht häufig zugunsten der baulichen Dichte aus.

A7.5 Auswertung Interview Nr. 5

1) Status Quo: Einfluss von Klimaanpassung auf Wettbewerbe im Allgemeinen

- a) Wie stark beeinflussen Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung das Wettbewerbswesen bisher? Hat sich deren Bedeutung in den letzten Jahren verändert?

Grundsätzlich haben sich die Aspekte der Klimaanpassung und des Klimaschutzes verändert, sodass es mehr ein Thema ist. Das hat aber nicht nur etwas mit dem Wettbewerbswesen zu tun, sondern auch mit den Städten und Kommunen (z. B. Stadtratsbeschlüsse, z. B. Stadt Erlangen hat den Klimanotstand ausgerufen). Daher hat sich die Bedeutung schon verändert.

- b) Wo sehen Sie die größten Hürden für eine stärkere Klimaorientierung in Wettbewerben?

Bei Wettbewerben ist man immer in der Entwurfsphase, vieles kann man mit einplanen, aber die Detailtiefe kann zu viel sein. Das lässt sich nicht alles mit den Leistungen abverlangen.

- c) Wo sehen Sie die größten Chancen und wichtigsten Stellschrauben in Bezug auf Klimaorientierung in Wettbewerben?

Das konzeptionelle Denken, das Vorhalten von Flächen. Es macht keinen Sinn große Berechnungen zu fordern, da sich das nicht darstellen lässt von der Anzahl der Teilnehmer. Zu viele Details machen keinen Sinn. Die Aufgabe muss der Tiefe der Bearbeitung entsprechen, aber es darf nicht zu detailliert werden.

Seitenweise Berechnungen o.ä. sind nicht sinnvoll. Viele Berechnungen sind z. B. auch nicht vergleichbar.

- d) Werden die Möglichkeiten für Klimaschutz und Klimaanpassung im Wettbewerbsprozess aktuell ausreichend genutzt?

Eigentlich nicht. Es muss auf einer konzeptionellen Ebene gehalten werden. Grundprinzipien sollten immer platziert werden. Also sollte das Grundkonzept einheitlich formuliert werden. Die Aspekte sind Standardbausteine, die nicht immer neu erfunden werden müssen.

- e) Inwieweit wäre ein Einbezug anderer Fachplaner:innen (Energie, TGA, Entwässerung) in die Wettbewerbsteams sinnvoll?

Teilnehmer/ Entwurfsverfasser: Zur Beratung sind Fachplaner:innen öfter mit dabei. Das beschränkt sich aber auf bestimmte Aspekte. Vieles lässt sich im Vorentwurfsstand auch nur bedingt nachweisen. Zudem sind die Beratenden dann oft nicht zufrieden, da ihre Themen nicht ausreichend detailliert betrachtet werden (nur konzeptionelle Inhalte, keine Details). Fachplaner:innen können von den Entwurfsverfassern immer mit einbezogen werden, das ist kein Problem. Sollte das jedoch verpflichtend werden, dann erhöht es die Kosten.

2) Anwendung der Kriterien zur Klimaanpassung im Modellprojekt

- a) Wie ist man mit den Kriterien in der Auslobung umgegangen? Konnten die Punkte gut integriert werden? Welches Feedback gab es von der Jury?

Nicht alle Kriterien aus dem Kriterienkatalog waren vom Maßstab her für das Projekt anwendbar. Es wurden daher nur diejenigen Kriterien berücksichtigt, die gut in das Projekt integrierbar waren. Von der Jury wurde das Thema mitdiskutiert und dabei positiv bewertet.

- b) Wie unterscheiden sich die Wettbewerbsergebnisse von denen einer herkömmlichen Aufgabenstellung? Wurde das Thema Klimaanpassung von den WB-Teilnehmenden

ausreichend gewürdigt?

Das ist schwierig zu beantworten, ein gewisser Einfluss war bestimmt vorhanden. Der Siegerentwurf hat die Aspekte zu großen Teilen berücksichtigt.

- c) Haben andere Themen unter der starken Gewichtung der Klimaanpassung gelitten oder konnte das Thema sowohl in gestalterische, funktionale als auch ökonomische Aspekte integriert werden?

Nein, bei diesem Projekt nicht. Es lässt sich integrieren. Die Ökonomie ist immer eine Auftraggeberentscheidung. Momentan kann man es sich fast nicht leisten die Klimaanpassung nicht mit zu berücksichtigen.

In den Entwürfen waren keine außergewöhnlich teuren Konzepte enthalten.

3) Integration von Klimaanpassung in den Planungsprozess

- a) Woher beziehen Sie im Allgemeinen Informationen/Fachwissen zum Thema *Klimaanpassung* für die Auslobung, die Wettbewerbsphase und den Planungsprozess?

Durch die Einbindung von Fachplaner:innen in anderen Verfahren konnten schon viele Erkenntnisse gewonnen werden, die weiterhin angewandt werden.

Als Planer:in informiert man sich im Zuge von Wettbewerben eigenständig über aktuelle Entwicklungen.

- b) In welchem Planungsstadium (Grundlagenermittlung, Erstellung der Auslobung, Genehmigungs-, Planungsphase) müssten Informationen zur Klimaanpassung bereitgestellt werden? Wer sind die relevanten Ansprechpartner*innen (Bauherren, betreuende Büros, Planungsbüros)?

Es kommt sehr auf die Aufgabenstellung/ Detailtiefe an. Am besten so früh wie möglich, um festzulegen wo man hinmöchte.

Der Bauherr muss Vorgaben machen, was sie möchten und dies auch früh äußern. Das muss vom Bauherren kommen. Meist und diese möglichst früh äußern.

- c) In welchem Planungsstadium muss man das Thema Kosten (Investitions- und Betriebskosten) behandeln? Achten Vertreter:innen von Bauherren auf geringe Betriebskosten? Wie „heilbar“ sind kostentechnisch schlechte Entwürfe?

Dafür ist v.a. die Bauherrenseite verantwortlich. Was auffällt ist, dass Kosten für Unterhalt von Gebäuden (Instandhaltung, Energie) an Wichtigkeit gewinnen.

Nicht alle Entwürfe sind heilbar. Es muss eine gewisse Grundhaltung im Entwurf vorhanden sein, damit man negative Aspekte noch verbessern kann.

- d) Wie gelingt, vor dem Hintergrund der Klimaanpassung, die Balance zwischen der Schaffung von möglichst viel vermietbarer Fläche und der Durchsetzung der notwendigen (Begrünungs-) Maßnahmen?

Eigentlich widerspricht sich das nicht. Es funktioniert allerdings nur, wenn ausreichend Freiflächen vorhanden sind.

A8 Best-Practice Sammlung

Zu Beginn des Forschungsprojekts wurde eine Best-Practice-Sammlung zusammengestellt (vgl. Abbildung 133) und den Praxispartner:innen zur Verfügung gestellt. Unter Best-Practice-Sammlung verstehen wir eine Auflistung von bereits realisierten Projekten, die sich mit der Wechselwirkung von Klimaanpassung (grau-grün-blaue Infrastrukturen) und Klimaschutz beschäftigen. Beispielsweise führt im Winter die Solarenergienutzung durch große Fensterflächen zu einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs, jedoch hat dies eine mögliche Überhitzung im Sommer zur Folge. Hier ist auf eine ausreichende baukonstruktive Verschattung oder Verschattung durch Begrünung zu achten. In Abbildung 133 sind die Projekte der Best-Practice-Sammlung verortet dargestellt. Im Zuge des Projektverlaufs wurden zudem Kriterien zu klimagerechten Bauen in einem Kriterienkatalog (2.2) zusammengestellt und mit Best-Practice-Maßnahmen verknüpft.



Abbildung 133 Verortung von Projekten, die Maßnahmen zur Klimaanpassung und Klimaschutz integrieren (Darstellung: Janina Stemler)

A9 Protokolle zu den Workshops

A9.1 Kickoff-Veranstaltung

11.02.2021, 14:00 – 17:00 Uhr (online)

Teil 1: Begrüßung und Vorstellung

- Vorstellung der Vertreter:innen der Ministerien
- Vorstellung der Forschungspartner und der Begleitforschung
 - Präsentation des Forschungsvorhabens
 - Darstellung Projektstruktur und –ablauf
 - Vorstellung der bereits erstellten Kriterien zur Beurteilung von Klimaanpassung und –schutz in Wettbewerbsauslobungen
 - Zusammenfassung des aktuellen Stands der Modellprojekte
 - Weiteres Vorgehen und Rückfragen

Teil 2: Modellprojekte

- Vorstellung des Status Quo der 10 Modellprojekte durch Vertreter:innen

A9.2 Workshop 2

10.06.2021, 09:00 - 12:00 Uhr (online)

Teil 1: Begrüßung und aktueller Stand

- Zusammenfassung des aktuellen Stands der Modellprojekte durch die Forschungspartner:innen
 - Stand der Auslobungen
 - Stand der Begleitforschung
- Fragen der Praxispartner:innen und Diskussion

Teil 2: Inputvorträge externer Referent:innen, inkl. Diskussion

- Physische Risiken aus ökonomischer Sicht / Dr. Olaf Burghoff / Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. *Literaturhinweis:* Deutschland ist 2019 glimpflich davongekommen
- Klimaanpassung, grüne & blaue Infrastruktur und kommunale Nachhaltigkeitsstrategien / Bayerische Architektenkammer, Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit
- *Hinweis von Frau Valvoda auf das ökologische Baustoffinformationssystem Wecobis:* www.wecobis.de/
- Fragen und Diskussion
- Abschließende Worte: Prof. Dr. Tanja Gschlößl, StMUV

A9.3 Workshop 3

16.11.2021, 14:00 - 17:00 Uhr (online)

Teil 1: Begrüßung und aktueller Stand

- Berichte der Praxispartner:innen zu bereits vorliegenden Wettbewerbsergebnissen
 - Hr. Bergmann, Gewobau der Stadt Schwabach GmbH
 - Fr. Eisenmann, GWG Ingolstadt GmbH
 - Hr. Kuhlwein in Vertretung für Hr. Hartl, Stadt Füssen
 - Hr. Lang, Stadtentwicklungs- und Hochbauamt Schweinfurt
 - Hr. Resch, Stadt Selb
- *Literaturhinweise von Prof. Dr. Tanja Gschlößl zum Thema Baumarten und -standorte sowie der Integration von Stadttieren und Biodiversität:*
 - Forschungsbericht „Stadtgrün 2021“ der Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
 - „Leitfaden zu Stadtbäumen in Bayern“ des Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung
 - „Werkzeugkasten Artenvielfalt“ des StMB

Teil 2: Vortrag des Teams der Begleitforschung: Aktueller Stand des Forschungsvorhabens

- Analyse bereits abgeschlossener Wettbewerbe durch die Begleitforschung
- Auswertung der Analyse für die Kriterien der Klimaanpassung
- Erläuterung der Szenarienbildung inklusive Vorgehens bei der Erstellung einer Lebenszykluskostenbetrachtung

Teil 3: Inputvorträge externer Referent:innen, inkl. Diskussion

- Planung von wassersensiblen Quartieren | Prof. Dr. Helmreich | TUM
- CO₂-Preis und Regulierung | Henning Ellermann | Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (DENEFF)

A9.4 Workshop 4

04.05.2022, 09:30 – 12:45 Uhr (online)

58 Teilnehmer:innen

Teil 1: Begrüßung

Teil 2: Inputvorträge externer Referent:innen, inkl. Diskussion

- Förderkriterien und –möglichkeiten | Hr. Grimmer | Bayerische Landesbodenkreditanstalt
- Animal Aided Design im nachhaltigen/klimaangepassten Bauen | Prof. Dr. Weisser | TUM Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie

Teil 3: Aktueller Stand der Modellprojekte

- Berichte der Praxispartner:innen zu bereits vorliegenden Wettbewerbsergebnissen
 - Hr. Schulz, wbg Nürnberg GmbH zum Ergebnis des Wettbewerbs
 - Fr. Eisenmann, GWG Ingolstadt GmbH zum aktuellen Stand der Planung

Teil 4: Aktueller Stand der Begleitforschung

- Ergebnisse der Untersuchung von Wettbewerben
- Vorgehen bei der Betrachtung der Schwerpunktprojekte

A9.5 Workshop 5

12.10.2022, 10:00 – 17:00 Uhr (Oskar von Miller Forum, München)

Teil 1: Begrüßung durch die Begleitforschung & Ministerien

Teil 2: Stand Begleitforschung

- Zwischenergebnisse anhand des Modellprojektes Ingolstadt

Teil 3: Aktueller Stand der Modellprojekte

- Kurzvorträge von Praxispartner:innen abgeschlossener Wettbewerbe seit dem letzten Workshop inkl. Diskussion:
 - Freising
 - Regensburg

Teil 4: Workshop mit Praxispartner:innen

- Rückblick: Erkenntnisse aus den Wettbewerben
- Moderierte Diskussion in Kleingruppen mit anschließender Diskussion in großer Runde

Teil 5: Inputvorträge externer Referent:innen + Diskussion

- Grauwassernutzung | Friederike Well | TUM
- Graue Energie | Martin Röck

Teil 6: Fazit und Ausblick durch die Praxispartner:innen

A9.6 Workshop 6

16.02.2023, 10:00 – 17:00 Uhr (Oskar von Miller Forum, München)

Teil 1: Begrüßung durch die Begleitforschung & Ministerien

Teil 2: Stand Begleitforschung

- Einleitende Diskussion
- Erstellung einer Kosten-Nutzen-Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen

Teil 3: Aktueller Stand der Modellprojekte

- Kurzvorträge von Praxispartner:innen abgeschlossener Wettbewerbe seit dem letzten Workshop inkl. Diskussion:
 - Augsburg
 - Neu-Ulm

Teil 4: Workshop mit Praxispartner:innen

- Kosten-Nutzen-Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen
- Freie Diskussion und dann Diskussion in Kleingruppen

Teil 5: Inputvorträge externer Referent:innen + Diskussion

- Bonus-Geschossfläche | Prof. Karin Schmid | Hochschule München
- Holzbau | Hr. Anders Übelhack | Züblin

Teil 6: Fazit und Ausblick durch die Praxispartner:innen

A9.7 Workshop 7

25.05.2023, 09:00 – 11:50 Uhr (online)

Teil 1: Begrüßung

Teil 2: Zwischenstand und Diskussion Handlungsempfehlungen „Klimaanpassungsmaßnahmen“

- Vorstellung des Vorgehens zur Kosten-Nutzen-Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen durch die Begleitforschung am Beispiel der Baumstandorte (Neupflanzungen)

Teil 3: Zwischenstand und Diskussion Handlungsempfehlungen „Planungswettbewerbe“

- Vorstellung des Vorgehens zur Erstellung von Handlungsempfehlungen und Textbausteinen für Planungswettbewerbe durch die Begleitforschung