

Verbesserung des thermischen Komforts durch kosteneffiziente Grünstrukturen in gemischt genutzten Gebieten (GreenDeal4Real)

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 65/2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

Dr. Tanja Tötzer, Martin Schneider MSc, DI Romana Berg, Theresa Fink MSc, Mag. Martin Jung, DI Paul Kinner, Ing. Thomas Natiesta MSc (AIT Austrian Institute of Technology GmbH)

DI (FH) Dr. Bosko Bozic (6B47 Real Estate Investors AG)

DI Doris Enzersdorfer, Ing. Werner Sellinger (grünplan gmbh)

MMag. Raoul Bukor, Mag. Verena Holzgethan, Felipe Ochoa MSc., Ylenia Trentini MSc. (Lindle+Bukor)

Valentin Gebhardt, BSc. MA (MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung)

Andreas Lichtblau (90deGreen GmbH)

DI Susanne Formanek (GRÜNSTATTAU)

Wien, 2025. Stand: Dezember 2023

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMIMI publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	9
2	Abstract	11
3	Ausgangslage	13
3.1	Vermeidung sommerlicher Überhitzung durch grüne Lösungen	13
3.2	Fassadenbegrünung.....	15
3.3	Dachbegrünung.....	16
3.4	ÖNORMen für Bauwerksbegrünungen	17
3.5	Produktive Stadt	19
3.6	Planungsprozesse für eine grüne Stadtentwicklung.....	19
3.7	Klimamodelle und Simulation des Mikroklimas.....	20
3.8	Test Case Bauprojekt Lavaterstrasse	20
4	Projekthalt	22
4.1	Geplante Vorgehensweise	22
4.2	Daten & Methoden: Grundbetrachtungen für eine effiziente Implementierung von Stadtbegrünungstechnologien	22
4.2.1	Mikroklimasimulationen.....	23
4.2.2	Begleitendes Planungslabor	24
4.3	Vorzeitiges Ende.....	25
5	Ergebnisse	26
5.1	Ergebnisse: Grundbetrachtungen für eine effiziente Implementierung von Stadtbegrünungstechnologien	26
5.1.1	Identifizierte Hitzepole des Baufelds.....	26
5.1.2	Entwicklung von Optimierungsvarianten	29
5.1.3	Simulationen der Optimierungsvarianten 1 und 2	34
5.1.4	Konkretisierung der Fassadenbegrünungsvarianten und Abgleich mit Brandschutzrichtlinien	40
5.1.5	Simulationen der Optimierungsvarianten A und D	43
5.1.6	Ökonomische Betrachtung (Lebenszykluskosten).....	46
5.2	Ergebnisse: Mikroklimasimulationen der Gegenwart und Zukunft.....	48
5.2.1	Meteorologische Eingangsdaten	48
5.2.2	Vergleich mit bisherigen Simulationsergebnissen.....	49
5.2.3	Zeitlich punktuelle Betrachtung der Fassadentemperatur außen	49
5.2.4	Zeitlicher Verlauf der Fassadentemperatur außen & innen.....	50
5.2.5	Identifikation von Problemfeldern in Simulationen	52
5.3	Ergebnisse: Begleitendes Planungslabor	56
5.3.1	Umfrageergebnisse.....	56

5.3.2	Anforderungs- und Kriterienkatalog.....	56
5.3.3	Factsheet für klimawandelangepasste Planung von gewerblich bzw. Industriell genutzten Mischgebieten	64
6	Schlussfolgerungen	67
7	Ausblick und Empfehlungen	72
8	Verzeichnisse.....	74
9	Anhang.....	80

1 Kurzfassung

Begrünungsmaßnahmen sind ein effektiver und nachhaltiger Weg, um urbane Räume natürlich zu kühlen und somit Energieeinsparungen in Gebäuden sowie niedrigere CO₂-Emissionen zu erzielen. Mit dem wachsenden Bewusstsein für die positiven Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen (Bodenschutz, Reduktion des urbanen Hitzeinseleffekts, Regenwassermanagement, Stärkung der Biodiversität), insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel, ist ein zunehmendes Interesse an diesen Themen vor allem in den stark betroffenen Städten und auch bei Akteur:innen aus der Immobilienbranche zu beobachten. Es besteht dringender Bedarf an empirischen Studien darüber, wie sich die positiven Effekte messen, quantifizieren, optimieren und optimal in die Planung integrieren lassen. GreenDeal4Real setzte hier an, indem es unterschiedliche Maßnahmen der Begrünung anhand eines konkreten Bauprojekts in Wien Donaustadt wissenschaftlich begleitete, dokumentierte und evaluierte sowie prüfte, in welchen Planungsphasen Informationen zur optimalen Begrünung und Mikroklimaverbesserung relevant sind.

In GreenDeal4Real lag der Fokus insbesondere auf der Verbesserung des thermischen Komforts im Projektgebiet. Es wurde ein Bauprojekt vom Immobilienprojektentwickler 6B47 als Studienobjekt herangezogen, das im 22. Wiener Gemeindebezirk mit gemischt genutzter Bebauung (Gewerbe- und Büroflächen sowie etwa 800 Wohneinheiten) entwickelt wurde. Anhand dieses Projektes wurden Effekte verschiedener Grünstrukturen in einer realen Umgebung simuliert. Die Besonderheit am Studienobjekt war die übergeordnete Nutzung als „Gewerbliches Mischgebiet“, die im Fachkonzept Produktive Stadt festgelegt wurde. In GreenDeal4Real wurden speziell Lösungen entwickelt, die für die Stadt Wien und Immobilienentwickler praktische und gleichzeitig wissenschaftlich fundierte Hilfestellungen bieten, wie bereits bei der Planung auf die mikroklimatischen Effekte bestmöglich Rücksicht genommen und negative Auswirkungen der zusätzlichen Versiegelung durch Begrünung optimal ausgeglichen werden können.

Das Forschungsprojekt widmete sich nicht nur technologischen Innovationen mit innovativen Fassadenbegrünungsmethoden, sondern auch Innovationsfragen, die den Ablauf, die Organisation und die Rahmenbedingungen (z.B. städtebaulicher Vertrag) adressieren. Damit wurde ein systemischer, integrativer Ansatz verfolgt, was sich auch in der Zusammensetzung des Konsortiums bestehend aus Bauträger, Landschaftsplaner, Landschaftsarchitekten und Kulturtechnikern, Innovationslabor, Forschungseinrichtung, Begrünungsfirma widerspiegelte.

Übergeordnetes Ziel des Projekts GreenDeal4Real war die Simulation und Demonstration von innovativen Begrünungslösungen im gemischten Wohn- und Gewerbegebiet Aspernstraße/Lavaterstraße. Im Detail wurden folgende (Teil-)Ziele verfolgt:

- Evaluierung ausgewählter Begrünungsvarianten unter gegenwärtigen und zukünftigen Klimabedingungen
- Einbindung von Begrünungsoptionen in den frühen Planungsprozess
- Miteinbeziehen der relevanten Akteur:innen
- Entwicklung von übertragbaren Empfehlungen

Aus methodischer Sicht wurden zunächst Grundbetrachtungen für eine effiziente Implementierung von Stadtbegrünungstechnologien angestellt. Mit Hilfe von mikroklimatischen Simulationsmodellen (Ladybug-Tools & ENVI-Met) wurde der aktuelle Planungsstand analysiert und bewertet und darauf aufbauend in der Folge verschiedene Begrünungsvarianten getestet. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Ausbaustufen von Fassadenbegrünungen evaluiert und ein ausgewählter Planungsentwurf unter zukünftigen Klimabedingungen simuliert. Parallel diente ein Planungslabor dazu, gegenwärtige Anforderungen und übertragbare Empfehlungen für klimawandelangepasste Planung von gewerblich bzw. industriell genutzten (Misch-) Gebieten zu erarbeiten. Im Rahmen von Interviews mit relevanten Stakeholdern der Stadt Wien wurden rechtliche Gegebenheiten analysiert und ein Anforderungs- und Kriterienkatalog für Dach- und Fassadenbegrünungen entwickelt.

Die Projektergebnisse umfassen u.a. die Lokalisierung von Hitzequellen am Entwicklungsgebiet, einen Bericht zu Begrünungsvarianten und ihren Effekten, eine ökonomische Bewertung der identifizierten Begrünungsvarianten, einen Bericht über die Ergebnisse der Mikroklimaanalysen (Begrünungsszenarien, gegenwärtige und zukünftige Klimazustände), den Anforderungs- und Kriterienkatalog für Dach- und Fassadenbegrünung, ein Factsheet zur Implementierung von Begrünung in frühen Planungsstadien von Immobilienentwicklungsprojekten, zahlreiche Fachvorträge und Präsentationen, sowie zwei wissenschaftliche Publikationen (Schneider et al. 2023, Tötzer et al. 2023).

Bereits ab der Planung in einem Bauprojekt dabei zu sein, führt zu wesentlichen neuen Erkenntnissen (z.B. Brandschutz), bietet die Möglichkeit noch organisatorisch (Schnittstellen), planungs- und bautechnisch einzugreifen, praxisrelevante Entscheidungen auf Forschungsergebnissen wie z.B. Klimasimulationen zu treffen und zudem positive Wirkungen auf die Wirtschaftlichkeit (Kosten) von grüner Infrastruktur zu nutzen. Es birgt allerdings auch das Risiko, dass sich – wie im gegenständlichen Fall – Bewilligungen und Baubeginn verzögern, da Hindernisse bei einem Pionierprojekt schwer beeinflussbar sind. Aufgrund wechselnder und dynamischer Rahmenbedingungen seitens der Behörden wurde eine Projektverlängerung im Juli 2022 beantragt und genehmigt. Während zu dieser Zeit die berechtigte Hoffnung bestand, das Projekt mit der beantragten Verzögerung durchführen zu können, wurde es jedoch Mitte Mai 2023 zur Gewissheit, dass für den lange entwickelten Entwurf keine Genehmigung erteilt wird. Damit wurde das Projekt mit 30. September 2023 vorzeitig beendet. Der Fokus des Projekts bleibt damit auf die frühe Planungsphase beschränkt. Implementierung und Monitoring konnten nicht mehr durchgeführt werden. Nichtsdestotrotz konnten wichtige Projektergebnisse erreicht und Erkenntnisse bei den Projektbeteiligten gewonnen werden. Das Projekt leistet einen entscheidenden Beitrag, dass Begrünungsmaßnahmen bereits in frühen Planungsphasen stärker mitgedacht werden und somit eine effektivere Implementierung begünstigt wird.

2 Abstract

Greening measures are effective and sustainable possibilities to cool urban areas, achieve energy savings and consequently reduce CO₂ emissions. Together with a public awareness of positive effects of greening measures with regards to climate change (e.g., soil protection, reduction of urban heat island effect, rainwater management), rising interests from affected cities, authorities and players of the real estate market can be observed. To transfer green solutions into reality, empirical studies, and scientific research about quantification of positive effects and optimization of planning processes are required. The project GreenDeal4Real aimed to contribute knowledge with scientific support, documentation, and evaluation of a specific real estate project in Vienna to implement greening measures in early planning stages of real estate development. It further investigated which information is required in the individual planning stages to optimize greening and improve local microclimate.

The real estate development company 6B47 was planning a mixed used building complex with commercial, and office spaces together with 800 residential appartements in the 22nd district of Vienna. GreenDeal4Real focused on the improvement of thermal comfort in the area by exploring effects of different greening measures in microclimate simulations. The specificity of the building project was the superordinate usage as “commercial mixed-use area”, determined in the technical conception “productive city” of Vienna. The consortium of the project GreenDeal4Real aims to develop solutions, providing practical and scientifically sound supporting information, guidelines and data for public authorities and real estate developers to consider microclimatic effects of building projects already in early planning stages. All stakeholders are expected to join forces to minimize negative impacts of additional soil sealing by increasing the share and well thought-through positioning of vegetation in the development area.

The research project is not only focusing on technical innovations and novel façade greening methods, but especially on innovations addressing the process, organization, and policy frameworks (e.g., urban development contracts). The systemic and integrative approach is reflected in the composition of the consortium with real estate developers, landscape planners, landscape architects, innovation lab, greening company, and research institution.

The overarching objective of the research project was the simulation and demonstration of innovative greening solutions in the mixed use residential and commercial area Aspernstraße/Lavaterstraße. In detail, the following goals were pursued:

- Evaluation of selected greening measures under present and future climate conditions
- Integration of greening options in the early planning process
- Integration of all relevant players and stakeholders
- Development of transferable recommendations

From a methodological point of view, basic considerations of efficient implementation of urban greening possibilities were evaluated in the first phase. The initial planning state and several greening options were simulated with state-of-the-art microclimate models (Ladybug-Tools & ENVI-Met). Based on the results, different extension levels of façade and roof greening were assessed and one

selected planning concept under future climate conditions simulated and evaluated. In parallel, a planning lab developed current and transferable requirements and recommendations for climate adapted planning of commercial and residential mixed-used areas. In expert interviews with local administrative authorities of the city of Vienna, legal circumstances and potential policy changes were analyzed. The results were documented and summarized in a catalogue of requirements and criteria for roof and façade greenings.

Project deliverables and results includes status quo analysis and mapping of hot spots in the development area, a report of greening options and their effects, economical assessment of identified greening options, a report of microclimate analyses (greening scenarios, present and future climate conditions), a catalogue of requirements and criteria for roof and façade greening, a factsheet how to implement greening measures in early planning stages of real estate development projects, numerous specialist presentations and two scientific publications (Schneider et al. 2023, Tötzer et al. 2023).

Supporting a real estate development project through a scientific project already from early planning stages leads to essential new findings and insights. It provides the possibility to intervene in core aspects of the building construction and build decisions on scientifically sound results (e.g., microclimate simulations). However, as a pioneer project, it entails the risk of delays in issuing the final building permit and start of construction. Due to changing framework conditions from authorities, a project extension was proposed and approved in July 2022. During this time, the justified hope to carry out the research project with the suggested delays existed. Nevertheless, it was decided and communicated in May 2023, that the presented draft does not receive the required permit and authorization. Following the consequences, the research project GreenDeal4Real was prematurely terminated by September 30th, 2023. The results are therefore focused on the planning phase. All aspects and planned activities related to implementation and monitoring were not executed anymore. Nevertheless, the project led to important results and new findings for each project partner. Based on these, greening measures can be integrated, supported and fostered already in early planning station of real estate development projects.

3 Ausgangslage

Die mit dem Klimawandel verbundenen Auswirkungen wie Hitzestress, extreme Wetterereignisse und ihre Folgen (z.B. Starkregen, Überschwemmungen und Dürren, schwere Stürme, Zerstörung natürlicher Ökosysteme) werden sich in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich noch verschärfen (IPCC, 2018). Die Klimaeffekte wirken auf Städte besonders stark, aufgrund der historisch gewachsenen Stadtstrukturen mit dichter Bebauung, hoher Versiegelung sowie einer im Allgemeinen ungenügenden Vegetationsdecke. Gleichzeitig ist der Zuzug in Städte und der Bebauungsdruck weiterhin hoch. So wird die Mehrheit der Weltbevölkerung, die in Städten mit hohem Energieverbrauch lebt, als Hauptverursacher von CO₂-Emissionen angesehen (World Bank, 2010). Die hohen Werte des anthropogenen Wärmestroms haben zusätzlich zu den städtischen Strukturen (Versiegelung, Speichermasse, Oberflächenrauigkeit, reduzierte Durchlüftung, geringe Albedowerte etc.) erhebliche Auswirkungen auf die Außenluft- und Oberflächentemperatur, die daraus resultierende städtische Überhitzung und die Entwicklung des Phänomens der urbanen Hitzeinseln (Murray & Heggie, 2016). Erhöhte Außenlufttemperaturen führen wiederum zu einem steigenden Energieverbrauch von Gebäuden für die Kühlung. Der umfangreiche Einsatz von Klimaanlage erzeugt noch mehr Abwärme im Straßen- und Freiraum. Vor diesem Hintergrund ist die Verabschiedung fundierter Stadtplanungsstrategien zur nachhaltigen Stadterneuerung eine Notwendigkeit.

Die Stadt Wien setzt sich deshalb in der Smart City Wien Rahmenstrategie zum Ziel, im Jahr 2050 „voll im grünen Bereich“ zu sein (Homeier, Pangerl, Tollmann, Daskalow, & Mückstein, 2019). Dies fußt u.a. auf dem urban Heat Islands - Strategieplan der Stadt Wien (Brandenburg, et al., 2015) und beinhaltet vielfältige Grünflächen und Parks in allen Grätzeln, intakte Naturräume und saubere Gewässer, die Platz für Erholung und Bewegung bieten und zusammen mit begrünten Straßenräumen und Gebäuden für ein angenehmes Stadtklima sorgen.

3.1 Vermeidung sommerlicher Überhitzung durch grüne Lösungen

Eine vielversprechende Strategie zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung ist die Renaturierung städtischer Gebiete durch den Einsatz so genannter naturbasierter Lösungen (Nature-based solutions (NBS), die u.a. den natürlichen Kühleffekt fördern (Cohen-Shacham, Walters, Janzen, & Maginnis, 2016). Der hohe Versiegelungsgrad in Städten bringt viele Probleme mit sich, weshalb die Entsiegelung und Speicherung von Regenwasser direkt dort, wo es ansonsten als Oberflächenabfluss entsteht, ein wichtiges Ziel darstellt. Nicht nur die Speicherung des Regenwassers, sondern auch dessen Verbrauch birgt ein hohes Kühlungspotential für den unmittelbaren Lebensraum (Natur im Garten, 2020). In der GRÜNSTATTGRAU Fachinformation: Positive Wirkungen von Gebäudebegrünung (2021) sind die Wirkungen von Bauwerksbegrünung mit den wissenschaftlichen Quellen dargelegt. Im FFG geförderten Projekt "Wirkungen der grünen Stadt" wurden viele Parameter recherchiert und gegenübergestellt. Dabei wurde festgestellt, dass Bäume mit hoher Kronendichte vor allem in Kombination mit hellen Bodenmaterialien eine deutliche Temperaturreduktion bewirken. Durch die Anordnung von Bäumen in Gebäudenähe wurde über alle Studien hinweg eine Reduktion des Energieverbrauchs festgestellt (BMfVIT, 2018). Takács, et al. (2016) kamen zu dem Schluss, dass die unter dem Baumkronendach gemessene Lufttemperatur im Vergleich zur Lufttemperatur an voll exponierten Stellen in der Stadt um 0,6 Grad Celsius geringer ist. Zusätzlich haben Baumkronen das Potential, bis zu 90%

der einfallenden kurzwelligen Strahlung zu blockieren, was zu einer deutlich kühleren und kühler erlebten Umgebung führt.

Als weiterer positiver Effekt sorgt Begrünung für eine bessere Lebensqualität und dadurch gesündere und zufriedenerer Bewohner:innen (Spitzer, 2017): Die Verringerung der Luft- und Oberflächentemperatur führt zur Reduktion von kreislaufbedingten Krankheits- und Todesfällen allgemein und während Hitzewellen durch Verhinderung bzw. Verringerung von UHI-Effekten. Die Verbesserung der Luftqualität (indirekter positiver Gesundheitseinfluss) führt unter anderem zur Reduktion von Atemwegserkrankungen. Der positive Einfluss der Begrünungsmaßnahmen trägt zur Reduktion von Stress, Depression und Angstgefühlen bei und führt zu einer Verbesserung der mentalen Gesundheit durch Steigerung des Wohlfühlens unter anderem durch Lärmreduktion und der positiven Veränderung der Geräuschkulisse (Vögel, Laubrascheln).

Die Entsiegelung in hoch verdichteten Gebieten mit starkem Nutzungsdruck braucht praktikable Lösungen. Eine dieser Möglichkeiten ist es die gesamte Stadt als Schwamm zu denken und die Flächen mit suffizienten Planungsverhalten "maßhaltend" zu nutzen. So hat sich auch im FFG geförderten Projekt "Qualitätssicherung der liegenschaftsübergreifenden Begrünung für urbane Klimaresilienz im Quartier Am Kempelenpark" (lieBeKlima, 2023) herausgestellt, dass die integrale Planung – eine Kombination aus Wassermanagement, Begrünung und Energie – viele Synergien schafft. Beispielsweise wurde durch Berechnungen gezeigt, dass die Verwendung von gereinigtem Grauwasser als Gießwasser einer Liegenschaft für die Begrünung des gesamten Quartiers genutzt werden kann und dabei wertvolles Trinkwasser gespart wird. Gleichzeitig kann durch die Sammlung von Grauwasser dieses zur Wärmeenergienutzung verwendet werden und in ein lokales Niedrigenergienetz eingespeist und so die Effizienz der Anlage gesteigert werden (BMK, 2023). Dies hat auch das von der FFG geförderte Projekt Vorprojekt "Queen Gudrun" an einem vorhandenen Bestandsgebäude in Wien demonstriert.

Auch das Forum Qualitätspflaster geht in seiner Richtlinie für Hydroaktive Pflaster- und Plattenflächen (Forum Qualitätspflaster, 2021) für Straßenzüge mit erhöhtem Entsiegelungsgrad von einer gesteigerten Baumvitalität aus. Hierbei werden die Vorzüge von Pflasterungen zu einem besseren Austausch der Bodenluft und einem tragfähigen Untergrund trotz Regenwasserspeicherung vorgestellt. Dies zeigt auch die technische Umsetzbarkeit solcher Maßnahmen.

Eine weitere Möglichkeit Regenwasser zu speichern, stellt die Dachbegrünung dar. Bereits in der aktuell gültigen Fassung der ÖNORM L1131 (2010) wird die Speicherung von Regenwasser abhängig von der Substratdicke angegeben. Mit zunehmender Aufbaustärke kann mehr Wasser gespeichert werden und gleichzeitig wird den Pflanzen mehr Lebensraum zur Verfügung gestellt. Dies beeinflusst auch die Biodiversität von Flora und Fauna. Die ÖNORM L1131 wird gerade unter Mitwirkung des Verbands für Bauwerksbegrünung überarbeitet und es sollen in Zukunft weitere Formen der Dachbegrünung zur Regenwasserspeicherung etabliert werden, die Produkte hierzu sind bereits auf dem Markt und die ersten Bauprojekte entstehen.

Die Fassadenbegrünung stellt einen weiteren Baustein von grünen Lösungen zur Reduktion von sommerlicher Überhitzung dar. Hierzu wurde 2021 von Austrian Standards International (ASI) die ÖNORM L 1136 Vertikalbegrünung im Außenraum - Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle herausgegeben, welche das Begrünungsziel definiert, die Fassadenbegrünungen kategorisiert und ihre technische Umsetzung als auch die Pflege erstmals europaweit normiert.

Bereits mehrere Studien haben sich mit den positiven Auswirkungen von Bauwerksbegrünungen (Dach- und Fassadenbegrünung) auseinandergesetzt. Durch die Beschattung und Evapotranspirationsleistung senken sie die Oberflächentemperaturen der Gebäudehülle, kühlen den umgebenden Außenraum und verbessern somit indirekt den thermischen Komfort in Innenräumen (Bevilacqua, Mazzeo, Bruno, & Arcuri, 2016). Hoelscher et al. (2016) berichteten über den Nutzen einer grünen Fassade in einer in Berlin durchgeführten Studie. Sie stellten eine signifikante Reduktion der Oberflächentemperaturen von Außenwänden durch Fassadenbegrünung im Vergleich zu konventionellen Wänden fest. Der maximale Unterschied der Oberflächentemperaturen zwischen einer grünen und einer konventionellen, unbegrünten Wand betrug etwa 15,5° C.

Das von der FFG geförderte Projekt "GREENERGIEAUSWEIS" (GRÜNSTATTGRAU, 2022) zeigt die Möglichkeiten zur Integration von Begrünung in den Energieausweis auf. Dazu wurde im Rahmen des Projektes im Vorfeld die nationale und internationale Ausgangssituation erörtert sowie die Akzeptanz relevanter Stakeholder:innen in diesem Bereich abgefragt. Auf Basis dieser Ergebnisse erfolgte die Identifikation möglicher Anpassungen von Berechnungsmodellen, um eine Abbildung von Gebäudebegrünungsmaßnahmen im Energieausweis zu ermöglichen.

Obwohl es bereits zahlreiche Studien und Untersuchungen und somit Belege für die Temperaturregulierung durch städtische grüne Infrastruktur auch anhand konkret ausgeführter Objekte gibt, bestehen nach wie vor Unkenntnis oder Zweifel, wie diese Lösungen im spezifischen realen Kontext richtig angewendet werden können, da es immer standortspezifische Besonderheiten gibt und daher individuelle Lösungen braucht. Ebenso besteht oft Unsicherheit bezüglich der optimalen Effektivität, wenn zwischen zwei oder mehreren Alternativen gewählt werden kann, die technisch und architektonisch gleichermaßen durchführbar erscheinen. Zudem ändern sich die Anforderungen und Bedingungen durch den stattfindenden Klimawandel.

Die Beschäftigung mit dem Thema gewinnt am Markt eine immer größere Bedeutung, da die Branche laut dem 2023 erschienenen Green Market Report Austria ein 16% Marktwachstum aufweist. Der umfassende Bericht beschreibt detailliert die österreichischen Marktentwicklungen der letzten Jahre in der Bauwerksbegrünung und gibt einen detaillierten Ein- und Ausblick zu diesem wichtigen Infrastrukturthema für zukünftig lebenswerte Städte und Siedlungsgebiete. Der Report ist ein zentrales Informationsmedium zur Darstellung der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Wirkungen und Potentiale der Bauwerksbegrünung und richtet sich an politische Entscheidungsträger:innen auf allen Ebenen, Stadtverwaltungen, Städteplaner:innen, Architekt:innen, Garten- und Landschaftsplaner:innen, Ausführende Gewerke, sowie Investor:innen und Entscheidungsträger:innen in der Bau- und Immobilienwirtschaft.

3.2 Fassadenbegrünung

Bei Fassadenbegrünungen können, in Abhängigkeit von der Nutzung, den bautechnischen Gegebenheiten, den Anforderungen von den Pflanzen und der Bauweise, verschiedene Systeme zum Einsatz kommen. Die ÖNORM L1136 unterscheidet folgende 5 Kategorien:

- **Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Selbstklimmern (Kategorie I):** Die oberirdischen Teile der Kletterpflanzen bedecken die Fassade und können sich durch ihre Eigenschaften ohne Rankhilfe festhalten. Sie wurzeln in am Boden zur Verfügung gestellten Wurzelraum,

am besten mit Anschluss an das Erdreich. Diese Variante ist besonders kostengünstig, allerdings müssen viele Erfordernisse erfüllt sein, um dieses System zum Erfolg zu bringen.

- **Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen (Kategorie II):** Auch diese Pflanzen wurzeln in am Boden zur Verfügung gestellten Wurzelraum. Durch ihre Wuchseigenschaften brauchen sie allerdings Rankhilfen, um die Fassade zu beschatten. Das Ranksystem muss auf die Pflanzeigenschaften abgestimmt sein.
- **Troggebundene Vertikalbegrünung (Kategorie III):** Diese Pflanzen haben keinen Erdanschluss sondern wachsen aus einem Trog – wie einem großen Blumentopf. Je nach Wahl der Pflanze können auch diese mit oder ohne Rankhilfe die Fassade erklimmen. Der Trog ist ein Einzelelement und bildet keine hinterlüftete Fassade.
- **Wandgebundene Vertikalbegrünung mit teilflächigen Vegetationsträger (Kategorie IV):** Nicht nur die oberirdischen Teile der Pflanze befinden sich an der Fassade, sondern auch ihr Wurzelraum. Der Vegetationsträger bildet somit eine hinterlüftete Fassade. In der Regel sind 50% der Ansichtsfläche, mindestens jedoch 40% der zu begrünenden Fassade mit dem Vegetationsträger bedeckt.
- **Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträger (Kategorie V):** Hierbei befindet sich der Wurzelraum der Pflanze vollflächig über den gesamten zu begründenden Fassadenanteil und stellt eine hinterlüftete Fassade dar. Zwar ist dieses System kostenintensiv, bewirkt aber auch den stärksten Beschattungseffekt auf die Fassade und erzielt am schnellsten den erwünschten Begrünungseffekt.

Vertikalbegrünungen sind gewerkübergreifende, bauliche Maßnahmen. Zur deren Herstellung und Erhaltung sind u.a. folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Begrünungsziel und Wirkung auf die Umwelt und Gebäude,
- Ansprüche der Pflanzen an den Standort (physiologisch, klimatisch, Konkurrenzverhalten, usw.),
- Klimatische und witterungsbedingte Faktoren,
- Bauwerksspezifische Faktoren, bauphysikalische und statische Auswirkungen,
- Brandschutz,
- Vermeidung der Benutzung der Rankhilfen und Vegetationsträger als Aufstiegshilfe,
- Materialspezifische Verformungen (Dehnen, Quellen, Schwinden),
- Ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung,
- Erforderliche Pflegearbeiten.

3.3 Dachbegrünung

Abhängig von ihrer technischen Ausführung bieten Dachbegrünungen wichtige gestalterische, ökologische und mikroklimatische Effekte. Die Begrünungsarten und Ausbildungsformen sind in der ÖNORM L1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken, Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung normativ geregelt.

Im Gegensatz zu rein baulichen Dachflächen (Blech-, Folienabdeckung o.ä.) und Kiesdächern schaffen Gründächer ein erhöhtes Retentions- und Speichervolumen für Niederschlagswasser. Auch unregelmäßig auftretende Regenereignisse können so bis zu einem gewissen Grad abgepuffert und erst nach Sättigung des Substrats in den Kanal geleitet werden. Je höher das Substratvolumen, desto höher ist dabei auch die Retentionswirkung. Das gespeicherte Wasser steht den Pflanzen zur Verfügung, haftet an der Pflanzenoberfläche (Interzeption) und verdunstet in weiterer Folge direkt oder indirekt über die Blattmasse (Transpiration) als auch über die Substratoberfläche (Evaporation). Mikroklimatische und gebäudebezogene Kühlungseffekte entstehen sowohl durch Beschattung als auch durch Verdunstung (adiabate Kühlung). Überschüssiges Wasser wird von der Dachfläche abgeleitet und kann im Rahmen eines kaskadierten Regenwassermanagements über tieferliegende Dachflächen sowie in der Erdgeschoßzone weiteren Pflanzen zur Verfügung gestellt, oder versickert werden. Eine Ableitung in den Regenwasserkanal bzw. die Einbringung in ein Mischkanalsystem wird durch baubehördliche Auflagen immer seltener zugelassen.

Extensive Dachflächen und Naturdachflächen weisen den flachsten Aufbau (ab 8 bis 25 cm) auf, bieten dementsprechend ein begrenztes Speichervolumen und sind nicht nutz- bzw. regelmäßig begeh- und bespielbar. Auf ökologischer Ebene können sie hingegen durch Bepflanzung mit ausdauernden Kräutern eine wichtige ökologische Funktion für Insekten und Vögel bieten und somit einen wertvollen Beitrag zu Erhalt und Steigerung der Biodiversität leisten.

Ein **Solargründach** ist eine Kombination aus Photovoltaik (PV) und Dachbegrünung, bei der PV-Module und Dachbegrünungsvegetation auf einem Dach angebracht werden. Dieser Ansatz verbindet die Vorteile von erneuerbaren Energien, Klimaschutz und Dachbegrünung. Bei der Planung eines Solargründachs muss die Statik des Daches geprüft werden, da Begrünung und Solarmodule zusammen schwerer sind als ein herkömmliches Dach. Eine extensive Dachbegrünung ist in der Regel für die Kombination mit Solar geeignet.

Bei intensiven Dachflächen (Mindestaufbau 25 cm) steht neben einem erhöhten Speicher- und Rückhaltevolumen eine größere Bandbreite an Pflanzen (Erhöhung der ökologischen Vielfalt) zur Verfügung, die mehr Biomasse bzw. Blattfläche (entspricht Verdunstungsfläche) bieten und durch die heterogene und rauere Struktur der Dachfläche (Sträucher bis hin zu Bäumen, ab 80 cm Schichtstärke) zudem windreduzierend wirken kann. Des Weiteren sind intensiv begrünte Dachflächen begeh-, befahr- und nutzbar und bieten daher neben den positiven ökologischen und mikroklimatischen Effekten auch wichtige soziale Funktionen.

3.4 ÖNORMen für Bauwerksbegrünungen

Nationale und internationale Standards können wesentlich zur Erreichung der Klimaziele beitragen, besonders im Baubereich. Gebäude machen ein Drittel des Gesamtenergiebedarfs aus und sind somit wichtiger Bestandteil der Klimastrategie. Mit den richtigen Strategien und gezielten baulichen Maßnahmen können Gebäude den Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken.

Im Bereich der Bauwerksbegrünung gibt es mit den ÖNORMEN für Dach- und Innenraumbegrünung bereits etablierte Standards, die bei Umsetzungsprojekten zu beachten sind und als Qualitätssicherungssteuerung gelten. Neu hinzu kam im Jahr 2021 jene für Fassadenbegrünung. Die Bauwerksbegrünungsnormen fokussieren auf

- die Verbesserung des Mikroklimas und der Aufenthaltsqualität,
- das Regenwassermanagement und die Entlastung der Kanalisation,
- die Förderung und Wahrung urbaner Biodiversität,
- den ökologischen Ausgleich von Grünflächenverlusten,
- Beschattung, Kühlung, Dämmung und Schutz des Baukörpers,
- Reduktion des Schallpegels und
- Aktivierung ungenutzter, urbaner Flächen als multifunktionale Oberflächen.

ÖNORM L1131, die seit Herbst 2010 in Kraft ist, behandelt die Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (u.a. Dächer, Tiefgaragen, Lawingalerien). Zusammenfassend berücksichtigt die Norm folgende Inhalte: die Definition von Begrünungsmaßnahmen, Rahmenbedingungen für die Dachbegrünung (z.B. das Gefälle der zu begrünenden Fläche) und Anforderungen an Bodengemische und Entwässerung, Regelungen für Pflege und Wartung, Grundsätze zur Bestimmung der Standortqualität für die Begrünung - in Hinblick auf Schichtdicken und Substrateigenschaften. Diese Norm befindet sich mit Stand 12/2023 in Überarbeitung, da es u.a. neue Anforderungen durch den Klimawandel (Trockenperioden und Starkregenereignisse) und Erfahrungen aus der Praxis gibt.

ÖNORM L1133 für Innenraumbegrünungen ist seit 2017 am Markt. Diese ÖNORM gilt für die Planung, Ausführung und Pflege von dauerhaften Begrünungen von Innenräumen für Wohnen, Arbeiten und Freizeit mit Pflanzen in mobilen oder ortsfesten Gefäßen bzw. in Flächen mit oder ohne Bodenanschluss. Diese ÖNORM dient als Grundlage für die Gestaltung von Pflanzsystemen. Die Norm beinhaltet u.a. die Themenfelder Begrünungssysteme, Beleuchtungsstärke, Helligkeitswert, Lichtintensität.

ÖNORM L1136 für Fassadenbegrünungen ist seit 1. April 2021 in Kraft. Für eine qualitätssichere Umsetzung begrünter Fassaden wurde mit der ÖNORM L1136 die europaweit erste Norm für Vertikalbegrünung veröffentlicht. Über drei Jahre erarbeitete eine Fachgruppe des Austrian Standards International (ASI) u.a. mit Experten des Verbands für Bauwerksbegrünung (VfB) die neue ÖNORM. Dabei wurden langjährige Erfahrungen aus der Praxis zusammengetragen und entsprechende Mindeststandards für Fassadenbegrünungen erstellt. Die ÖNORM L1136 definiert Bauweisen, Instandhaltung, Wartung und Pflege von Vertikalbegrünungen im Außenraum sowie die Anwendung von Baustoffen und Pflanzen. Die Norm kann auf Begrünungen von Pergolen, Trockensteinmauern, Gabionen, Lärmschutzwänden und freitragenden Konstruktionen angewendet werden. Der Anwendungsbereich schließt zudem Steilwände mit einer Neigung von 30 bis 150 Grad mit ein. Ziel der neuen ÖNORM ist die Errichtung und Erhaltung ganzjähriger, nachhaltiger Begrünung von Fassadenflächen unter Berücksichtigung von Jahreszeiten, geografischer und klimatischer Lage sowie dem Begrünungsziel.

Alle Normen sind darüber hinaus im GREENMARKETREPORT beschrieben: <https://gruenstatt-grau.at/greenmarketreport/>

Zusätzlich gibt es sechs veröffentlichte Beiblätter, die als Merkblatt vom Verband für Bauwerksbegrünung zur ÖNORM L1131 veröffentlicht wurden. Sie behandeln zusätzliche neue Informationen hinsichtlich Regenwassermanagement (2020), Biodiversität (2019), Retentionsdächer (2021), Pflege und Wartung, Absturzsicherung (2020) und Solargründächer (2019).

3.5 Produktive Stadt

Das im Forschungsvorhaben zu untersuchende Wohnbauprojekt Lavaterstraße befindet sich laut Fachkonzept Produktive Stadt, das 2017 unter Einbeziehung der von Expert:innen der Stadt Wien, Interessensvertretungen der Wirtschaft sowie externen Planungsfachleuten erstellt wurde, in der Betriebszone „Gewerbliches Mischgebiet“. Die Besonderheit einer städtebaulichen Entwicklung im gewerblichen Mischgebiet liegt darin, dass die Umsetzung eines Anteils gewerblicher Nutzung von mindestens 50 Prozent an der Gesamtkubatur des Gebäudes vorgegeben ist. Die Gewerblichen Mischgebiete sind „die Zukunftsvision der Produktiven Stadt“ (Rosenberger, Braumann, & Emrich, 2017). Es sollen Synergieeffekte zwischen unterschiedlichen Nutzungen gestärkt und die klassische Trennung von Wohnen und Produktion aufgehoben werden. Im Projektvorhaben standen daher Begrünlösungen im Vordergrund, die der gemischten Nutzung entgegenkommen und eine gute Kombination von Wohnen und Arbeiten unterstützen.

Im Sinne einer nachhaltigen Stadt der kurzen Wege, bietet es sich an, urbane Produktion und Wohnen zu integrieren und Synergieeffekte durch die Verbindung von Wohnen und Arbeiten zu nutzen, Ressourcen zu schonen und lokale Wertschöpfungskreisläufe zu stärken (Erbstößer, 2016). Weitere Win-Win Effekte sind die Nähe und die Vernetzung von Akteuren oder Infrastrukturen wie Co-Working-Spaces oder Fabrikationslabore. Sowohl der Austausch von Ideen als auch Synergien im Bereich der Ressourceneffizienz (Austausch von Energie) stellen einen weiteren Pluspunkt für die urbane Produktion dar.

3.6 Planungsprozesse für eine grüne Stadtentwicklung

Durch die Integration von Begrünlösungen in den gesamten Entwicklungs-, Planungs- und Umsetzungsprozess vom Vorentwurf zum Entwurf über die Einreichungsphase kann die Umsetzung ambitionierter Maßnahmen zuverlässiger gesteuert werden. Aus Reinwald et al. (2019), einer Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien, geht ebenfalls hervor, dass eine frühe Berücksichtigung der Gebäudebegrünung im architektonischen Entwurfsprozess sowie eine Abstimmung zwischen Architektur und Landschaftsarchitektur bereits in frühen Phasen notwendig ist, um eine effiziente und kostengünstige Begrünung zu ermöglichen. Auch das Projekt lieBeKlima hat sich mit der integralen Planung und einer möglichst frühen Einbeziehung der Begrünlungsziele in den architektonischen Planungsprozess beschäftigt. Hierzu wurde neben Liegenschaftsübergreifenden Qualitätskatalogen für einzelne Kriterien auch ein Qualitätssicherungsprozess über die einzelnen Planungs- und Umsetzungsphasen hinweg dargestellt (BMK, 2023).

Aktuelle Entwicklungen in Wien zeigen eine zunehmende Einbindung der Thematik in verschiedenen Magistratsabteilungen. Mit der Novelle der Wiener Bauordnung 2014 wurde beispielweise das Instrument der städtebaulichen Verträge geschaffen, durch die die Gemeinde zum Abschluss privatrechtlicher Vereinbarungen mit Grundstückseigentümern berechtigt ist. Die Vertragsvereinbarungen beinhalten Maßnahmen, welche die Stadt bei der Umsetzung strategischer Planungsziele unterstützt wie beispielsweise die Schaffung von gemeinnütziger Infrastruktur oder Begrünlösungen wie Parkflächen. Zusätzlich gibt es bereits Ansätze, wie z.B. beim Projekt Green.Resilient.City, in dem der Grün- und Freiflächenfaktor zur Bewertung der Freiraumqualität miteinbezogen wurde (Reinwald, et al., 2019).

Die neue Bauordnung 2023 ermöglicht bauliche Maßnahmen, die für Begrünungen förderlich sind. So dürfen Rankhilfen künftig ausnahmsweise bis zu 15 Zentimeter über Fluchtlinien ragen, Dachbegrünungen dürfen die Gebäudehöhe um bis zu 15 Zentimeter überschreiten. Im Umgang mit Regenwassermanagement gibt es Verbesserungen und auch der Entsiegelung sind neue Vorschriften gewidmet. Die Novelle sieht vor, dass künftig je fünf Stellplätzen ein großkroniger Baum zu pflanzen ist. 50 Stellplätze bedeuten also zehn Bäume, die das Mikroklima auf dem Parkplatz erheblich verbessern sollen. Neu ist auch, dass unverbaute Bereiche zu mindestens zwei Dritteln gärtnerisch zu gestalten sind und eine bodengebundene Begrünung und Bepflanzung aufweisen. Bei größeren Renovierungen kommt es zukünftig zu einer Entsiegelung von Innenhöfen durch verpflichtende gärtnerische Ausgestaltung. Die Möglichkeiten Fassadenbegrünungen im Bebauungsplan festzuschreiben, wurden ausgedehnt und die Grünrauminfrastruktur wird als Planungsziel verankert.

3.7 Klimamodelle und Simulation des Mikroklimas

Im vergangenen Jahrzehnt wurden Mikroklimasimulationen zu einem wichtigen Tool zur Bewertung potenzieller Begrünungs- und Gestaltungsmaßnahmen von Stadtplanungsprojekten (Albdour & Baranyai, 2019). Sie ermöglichen die Quantifizierung von Effekten ausgewählter Maßnahmen auf meteorologische Parameter und Aufenthaltskomfort (z.B. Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, thermische Komfortindizes).

In komplexen Mikroklimasimulationen, in denen ein numerisches Modell auf einem 3-dimensionalen Gitter berechnet wird, wird ein Zeitraum von wenigen Stunden bis Tagen mit einer räumlichen Auflösung von 1 – 10 m simuliert. Als meteorologische Eingangsdaten dienen repräsentative Werte des zu simulierenden Mikroklimas vor Ort. Zur Bewertung des thermischen Komforts an Hitzetagen, wird meist eine autochthone Wetterlage gewählt. Diese beschreibt einen wolkenlosen Tag, mit geringen Windgeschwindigkeiten (Schneider, Tötzer, Bügelmayr-Blaschek, & Berg, 2023).

Neben diesen aufwändigen Simulationen existieren auch Modelle, die nicht anstreben die Gesamtheit des lokalen Mikroklimas abzubilden, sondern sich auf ausgewählte Parameter (z.B. Strahlung) konzentrieren. Diese sind deutlich effizienter in der Rechenleistung und können somit auch längere Zeitperioden berechnen. Somit können beispielsweise die erwartete Strahlungsleistung eines typischen meteorologischen Jahres berechnet werden.

Zur Simulation des Mikroklimas wurden in GreenDeal4Real ENVI-Met und Ladybug Tools (Rhino, Grasshopper) verwendet. Diese sind im Detail in Abschnitt 4.2.1 beschrieben.

3.8 Test Case Bauprojekt Lavaterstrasse

Bei der Einreichung des Projekts entwickelte 6B47 im 22. Wiener Gemeindebezirk entlang der Lavaterstraße eine gemischt genutzte Bebauung mit Gewerbe- und Büroflächen sowie etwa 800 Wohneinheiten über 7 Baufelder nach dem Fachkonzept der Produktiven Stadt. Die ersten zwei Baufelder an der Aspernstraße wurden als Untersuchungsgebiet im Projekt herangezogen, um Effekte verschiedener Grünstrukturen in einer realen Umgebung zu simulieren und zu integrieren (Abbildung 1). Das Forschungsprojekt GreenDeal4Real lieferte Aussagen zu mikroklimatischen Aspekten in der frühen Planungsphase, sodass diese kostengünstig und effizient eingebracht werden konnten.

Abbildung 1: Links: Luftbild des Baufelds und angrenzenden Gebieten (Quelle: Google Maps);



4 Projektinhalt

4.1 Geplante Vorgehensweise

Das Projekt GreenDeal4Real strebte einen ganzheitlichen Ansatz an: neben den technologischen Innovationen mit innovativen Fassadenbegrünungsmethoden wurden auch Innovationsfragen hinsichtlich Ablauf, Organisation und stadtplanerischen Rahmenbedingungen adressiert. Im Sinne eines „Reallabors“ ging es um die Schaffung von Experimentierräumen, um die Wirkung städtischer Strategien zu prüfen und Aussagen bzw. Erfahrungen mit der Umsetzbarkeit der darin formulierten Zielsetzungen, wieder an die Stadt spielen zu können.

Die unterschiedlichen Planungsphasen sollten ebenfalls umfassend wissenschaftlich unterstützt werden. Die Begleitung des Immobilienentwicklungsprojekts startete in einer frühen Planungsphase mit einer bereits vorliegenden Entwurfsplanung, um Begrünungen nicht erst als „last minute“ oder „abgespeckte Begrünungsvariante“ einzubringen, sondern nahezu von Beginn an mitzudenken. Durch die gemeinsame Verwendung eines parametrischen Modells (Ladybug Tools) und eines zentralen Mikroklimamodells (ENVI-Met) war es möglich, die Auswirkungen von Begrünungen auf bspw. Verschattungsleistungen einerseits rasch zu testen und andererseits detaillierte Auswirkungen auf die Lufttemperatur in den ausgewählten Entwürfen zu berechnen. Zentrales Element im Projekt war der interdisziplinäre Austausch zwischen den Projektpartnern. In mehreren Feedbackloops wurden verschiedene Begrünungsvarianten diskutiert und letztendlich ausgewählte Varianten festgelegt, die mikroklimatisch bewertet wurden. Die Resultate der Mikroklimasimulationen dienten den Immobilienentwickler:innen und Landschaftsarchitekt:innen als wissenschaftlich fundierte Daten, um sich für die effektivste Lösung zu entscheiden, diese ökonomisch einzuplanen und zu argumentieren. Verschiedene innovative Begrünungssysteme (z.B. Vertikalbegrünung von 90deGreen) wurden als Demoflächen an besonders hitzeexponierten Fassaden eingeplant und mit herkömmlichen Systemen beziehungsweise unbegrünten Fassaden verglichen. Die Mikroklimasimulationen zeigten deutliche Unterschiede zwischen den Systemen.

Nach der Implementierung am Gebäude waren umfassende Monitorings (Energie- und Komfortmonitoring, mikroklimatische Performanz grüner Infrastruktur, Kostenmonitoring, sozialwissenschaftliches Monitoring) geplant. Nachdem jedoch das Projekt noch vor Baubeginn abgebrochen werden musste, konnte weder die Implementierung noch das Monitoring stattfinden.

4.2 Daten & Methoden: Grundbetrachtungen für eine effiziente Implementierung von Stadtbegrünungstechnologien

Für die Untersuchung, welche Stadtbegrünungstechnologien im vorliegenden Planungsprojekt besonders effizient implementiert werden können, wurden die Effekte verschiedener Begrünungsvarianten sowie die ökonomische Betrachtung der ausgearbeiteten Optionen identifiziert und evaluiert. Aufbauend auf identifizierten Hitzequellen und der Entwurfsplanung, die bereits zu Beginn vorlag, wurden Optimierungsvarianten skizziert. Die technische Machbarkeit wurde bereits in der Entwurfsphase mit den Architekten und Fachplanern (Statik, Bauphysik, Brandschutz, etc.) mitberücksichtigt und in

regelmäßigen Abstimmungstreffen diskutiert. Nach der Simulation der grundsätzlich möglichen Fassadenbegrünungsvarianten wurden, im Rahmen einer Arbeitsgruppe, konkrete Lösungsansätze gesucht, die hinsichtlich bauphysikalischer, mikroklimatischer und gestalterischer Wirkung optimal und budgetär gedeckt sein sollten.

4.2.1 Mikroklimasimulationen

4.2.1.1 ENVI-Met

Die Mikroklimasimulations-Software ENVI-Met ermöglicht die Simulation des urbanen Mikroklimas im (Tages-)Zeitverlauf. Gebäude, Vegetation und Oberflächen werden in einem dreidimensionalen Gitterraster modelliert, in dem die atmosphärischen Prozesse in Bodennähe sowie in den darüberliegenden vertikalen Luftschichten simuliert werden. Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Atmosphärenphysik. Das Modell beinhaltet die pflanzenphysiologischen Parameter, sodass die Verdunstungskühlung abgebildet wird (ENVI-Met, 2023). Eine Einsatzmöglichkeit ist z.B. die Evaluierung von Effekten von Begrünungsmaßnahmen. Dazu sind hochaufgelöste räumliche Input-Daten zu Gebäuden (Höhe, Geometrie), Vegetation (evt. Baumart, Höhe der Bäume, Hecken, Wiesenflächen) und Bodenbeläge (Asphalt, Beton, Gleiskörper, Versickerungsflächen) notwendig. Auswertungen der Simulation können für verschiedenste Parameter erstellt werden, z.B. für Klimafaktoren, welche für das thermische Wohlbefinden wesentlich sind, wie Windgeschwindigkeit, mittlere Strahlungstemperatur, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sowie PMV (predicted mean vote) als Index des thermischen Komforts.

Der Nachteil von ENVI-Met ist die lange Berechnungszeit (kein parallel computing für bestimmte Teile der Simulation), welche von der Domänengröße, Komplexität der Bebauungsstrukturen und den Spezifika der verwendeten Hardware abhängig ist. Daher ist die Verwendung bei der Mikroskalenmodellierung in der Regel auf kleine Bereiche und relativ einfache Geometrien beschränkt.

4.2.1.2 Rhino 3D / Grasshopper

Rhinoceros 3D von McNeel ist eine kommerzielle Nurbs-Modelling Software und ermöglicht über das Grasshopper-Plugin die Automatisierung von Aufgaben. Im Vergleich zu ENVI-Met ermöglicht Rhino 3D eine viel feinere Auflösung und mehr Details bei der Modellierung der 3D-Geometrie des Untersuchungsgebietes. Der große Vorteil ist, dass die Berechnungen wesentlich schneller durchgeführt werden. Durch die Programmierung von Prozessen ist eine effizientere Entwicklung alternativer Gestaltungsmöglichkeiten und die Bewertung der damit verbundenen Umweltauswirkungen möglich. Nachteilig ist jedoch, dass Vegetation / Bäume nur als Verschattungselemente in die Simulation integriert werden, wodurch die Verdunstungskühlung nicht abgebildet wird.

Grasshopper-Benutzer haben eine breite Palette von Plugins entwickelt - Tools, die verschiedene Modellierungsanwendungen im Zusammenhang mit der Analyse von Gebäudeentwürfen ausführen. Das Plugin zu den Ladybug Tools (LadybugTools, 2023) ist nur eines der Plugins, die das Umweltdesign und die Umweltanalyse unterstützen. Von allen verfügbaren Softwarepaketen für Umweltdesign gehören die Ladybug Tools zu den umfassendsten.

4.2.1.3 Plug-Ins Ladybug & Honeybee

Ladybug und Honeybee sind open-source Plug-ins, die innerhalb des Rhinoceros 3D Plug-in Grasshopper im Arbeitsablauf für Umweltsimulationen verwendet werden. Als Basis für die Analysen werden Referenzwetterdaten für den jeweiligen Standort herangezogen, sogenannte epw-Files. Die Ladybug-

Werkzeuge konzentrieren sich auf die Analyse und Auswertung von Wetterdaten sowie der Simulation von Sonnen- und Schattenstudien. Honeybee ermöglicht die Durchführung von Simulationen des Energiebedarfs und des Mikroklimas, im Hintergrund durch EnergyPlus, Radiance, Daysim und OpenStudio gestützt. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte können Planungsszenarien optimiert und somit die mikroklimatische Qualität des Entwurfs erhöht werden.

Im Forschungsprojekt werden beide Simulationsumgebungen (ENVI-Met & Rhino 3D/Grasshopper) angewendet, um sowohl, wenn auch eher grobmaschig, mikroklimatische Effekte aufgrund der Verdunstungswirkung der Pflanzen analysieren zu können (ENVI-Met) als auch Details zu modellieren (Rhino 3D), wie genaue Standorte von Verschattungselementen (Bäume, Balkone, Rankgerüste) und deren Auswirkungen zu simulieren, sodass die gesamte Bandbreite an möglichen Maßnahmen abgedeckt werden kann.

4.2.2 Begleitendes Planungslabor

Im Rahmen des begleitenden Planungslabors erfolgte zur Sicherstellung möglichst praxisnaher Handlungsempfehlungen ein laufender Austausch mit relevanten Stakeholder:innen. Gleichzeitig wurden die Projektergebnisse durch diverse Veranstaltungen disseminiert. Eine besondere Rolle nahm hierbei die regelmäßige, etwa alle vier Monate stattfindende, Vorstellung des Projektfortschritts in der InKA¹-Programm-Kernteamssitzung ein, wodurch Projektergebnisse einerseits direkt an die relevanten städtischen Dienststellen der Stadt Wien disseminiert wurden, andererseits bei offenen Fragestellungen das Projekt direkt unterstützt werden konnte. Durch das Netzwerk konnten auch die Überarbeitung und Ergänzung des aktualisierten Brandschutz-Beiblatts der Stadt Wien angeregt werden. Die im Rahmen des Forschungsprojektes GreenDeal4Real erarbeiteten Inputs fanden in der Folge Eingang in die aktualisierte Version der Brandschutztechnischen Anforderungen Fassadenbegrünung der Kompetenzstelle Brandschutz (KSB), Ausgabe 2023-02-23 sowie in eine Empfehlungsschreibung für die neue Bauordnung der Stadt Wien.

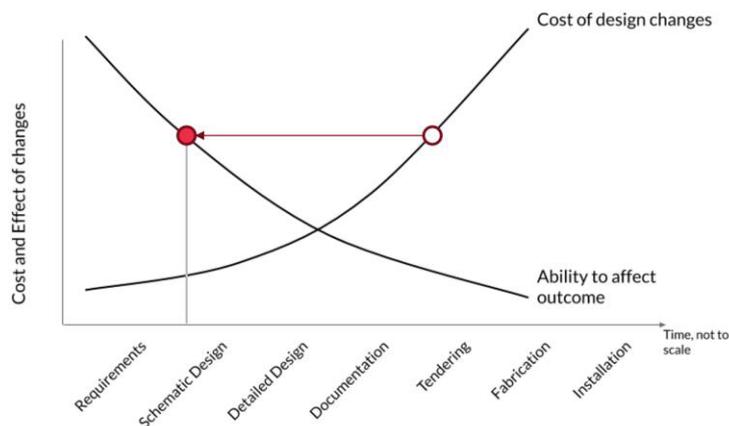
Für die Erstellung des Anforderungs- und Kriterienkatalogs wurden nach einem Desk-Research Interviews mit Dach- und Fassadenbegrünungs-Expert:innen aus verschiedenen Wiener Dienststellen geführt. Anhand der Interviews wurden die zugrundeliegenden rechtlichen Rahmenbedingungen gesammelt und verifiziert sowie Vorschläge zur Erarbeitung des rechtlichen Rahmens erarbeitet.

Ergänzend zum Austausch mit der Stadt Wien konnte in zahlreichen Diskussionen im interdisziplinären Konsortium viel Wissen und Verständnis für die Prozesse und Erfordernisse der anderen Partner aufgebaut werden. Das Konsortium bestehend aus Immobilienentwickler 6B47, den Landschaftsarchitekturbüros Lindle + Bukor und grünplan Landschaftsarchitekten, Vertikalbegrünungsspezialisten 90DeGreen, der Magistratsabteilung für Stadtentwicklung und Stadtplanung der Stadt Wien (MA18), GRÜNSTATGRAU und AIT erwies sich als ideale Kombination, um innovative, aber umsetzbare Begrünungsideen zu generieren, den Mehrwert von Grün im Freiraum und am Gebäude zu identifizieren und quantifizieren und um Projektergebnisse in die Stadtverwaltung hineinzutragen und Adaptierungsprozesse anzustoßen.

¹ Bei InKA („Infrastrukturelle Anpassung an den Klimawandel“) handelt es sich um ein stadtinternes Programm, bei dem Vertreter:innen unterschiedlicher Dienststellen der Stadt Wien interdisziplinär Grundlagen für Maßnahmen gegen den fortschreitenden Klimawandel ausarbeiten

Das Projekt setzte bewusst in einer frühen Planungsphase an, sodass eine Integration in die Architektur, eine Anpassung der Statik und eine Berücksichtigung bei den Ausschreibungen effizient und kostengünstig möglich ist (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Kostenreduktion und mehr Gestaltungsspielraum durch Einbeziehen mikroklimatischer Aspekte in einer möglichst frühen Planungsphase (Quelle: AIT)



4.3 Vorzeitiges Ende

Trotz aktiven Risikomanagements und eines stets motivierten Konsortiums konnte das Projekt schlussendlich nicht in die Umsetzungsphase geführt werden. Aufgrund wechselnder Rahmenbedingungen seitens der Behörden wurde die Baubewilligung des Bauprojekts „Two In One“ zunächst verzögert und eine Projektverlängerung im Juli 2022 mit neuem Projektende Juni 2026 beantragt. Schlussendlich wurde eine Verlängerung des Projektzeitraums bis September 2025 genehmigt. Die somit reduzierte Verlängerung stellte das Konsortium vor abermalige Neuplanungen. Es wurde geplant in einem „wissenschaftlichen Testbereich“ des Gebäudes einige Gewerke vorzuziehen, um u.a. die Begrünung vorzeitig zu errichten und ein vorzeitiges Monitoring zu ermöglichen. Die dafür erforderlichen Planungsmaßnahmen wurden aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht erteilten Baubewilligung vertagt.

Mitte Mai 2023 wurde schließlich klar, dass für den lange entwickelten Entwurf keine Baugenehmigung erteilt würde. Es wurden verschiedenste weitere Vorgehensweisen im Konsortium diskutiert wie z.B. Übertragung auf ein anderes Bauprojekt, aber 1) waren vorhandene Alternativprojekte bereits weiter im Bauprozess fortgeschritten, sodass Begrünung nur mehr marginal in den Bau integriert werden hätte können und 2) noch nicht so weit fortgeschrittene Bauprojekte das gleiche Umsetzungsrisiko gehabt und zu noch längeren Verzögerungen im Forschungsprojekt geführt hätten.

Dementsprechend wurde nach eingehender Diskussion im Projektkonsortium beschlossen, den Abbruch des Projekts zu beantragen. Dieser Antrag wurde genehmigt und ein vorzeitiges Projektende mit 30.09.2023 akzeptiert.

5 Ergebnisse

Die Projektergebnisse bieten verwertbare Informationen im Hinblick auf die Umsetzung und Wirkung von innovativen Begrünungslösungen. Dieses Thema wurde im Programm „Stadt der Zukunft“ explizit integriert und unterstützt. Neben der Optimierung der Wirkung sollten, durch die im Projekt Green-Deal4Real erforschten, simulierten, geplanten und schlussendlich leider nicht umgesetzten Systeme auch die Attraktivität für Bewohner:innen und Wirtschaft gesteigert werden.

5.1 Ergebnisse: Grundbetrachtungen für eine effiziente Implementierung von Stadtbegrünungstechnologien

5.1.1 Identifizierte Hitzepole des Baufelds

Die im Planungsprojekt vorgesehene Freiraumgestaltung der beiden Baufelder umfasste im Erdgeschoß neben Erschließungs-, Spiel- und gewerblichen Nutzflächen eine intensive Durchgrünung mittels Staudenflächen und Baumpflanzungen sowie begrünte Freiräume auf den Sockelbauwerken. Letztere waren durch einen Mix aus befestigten Flächen, extensiven und intensiven Gründachflächen, Baumpflanzungen mit erhöhtem Substrataufbau und berankten Pergolen charakterisiert. Im Baufeld 2 war zudem eine Dachterrasse vorgesehen, die ebenfalls mit extensiven und intensiven Gründächern sowie bepflanzten Pergolen gestaltet war. Diese bereits vorliegende Planung wurde als „Entwurfsvariante“ seitens AIT modelliert und simuliert und diente in weiterer Folge als Basis für Optimierungsmaßnahmen im Rahmen des Forschungsprojekts.

Das 3D-Modell des Projektgebiets (2 Baufelder) wurde in Rhino aufgebaut (Abbildung 3, Abbildung 4) und in ENVI-Met (Abbildung 5, Abbildung 6) überführt. Durch den gewählten Prozess der Überführung konnte eine konsistente Modellierung und Übereinstimmung der beiden Modellumgebungen gewährleistet werden. Der manuelle Modellaufbau in ENVI-Met barg das Risiko, dass Standorte von Bäumen/Sträuchern etc. nicht genau eingehalten werden könnten. Dennoch herrschte durch die Auflösung von 2x2m eine gewisse Diskrepanz zum Rhino-Modell, die als Limitation der Software-Umgebung in Kauf genommen werden musste. Für die weiteren Simulationen wurde der 11.06.2011 als repräsentativer Hitzetag aus dem Typical Meteorological Year (TMY) der EnergyPlus Weather files (Climate.OneBuilding.Org, 2023) ausgewählt.

Abbildung 3: Rhino-Simulationsmodell Status Quo

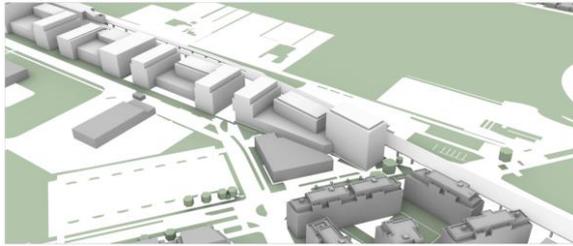


Abbildung 4: Rhino-Simulationsmodell Entwurf

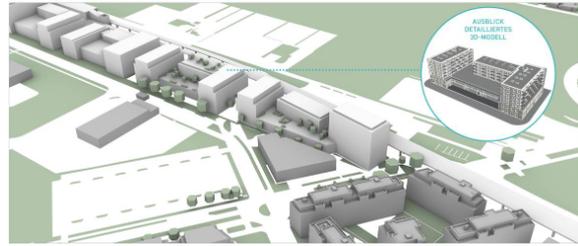


Abbildung 5: ENVI-Met-Simulationsmodell Status Quo

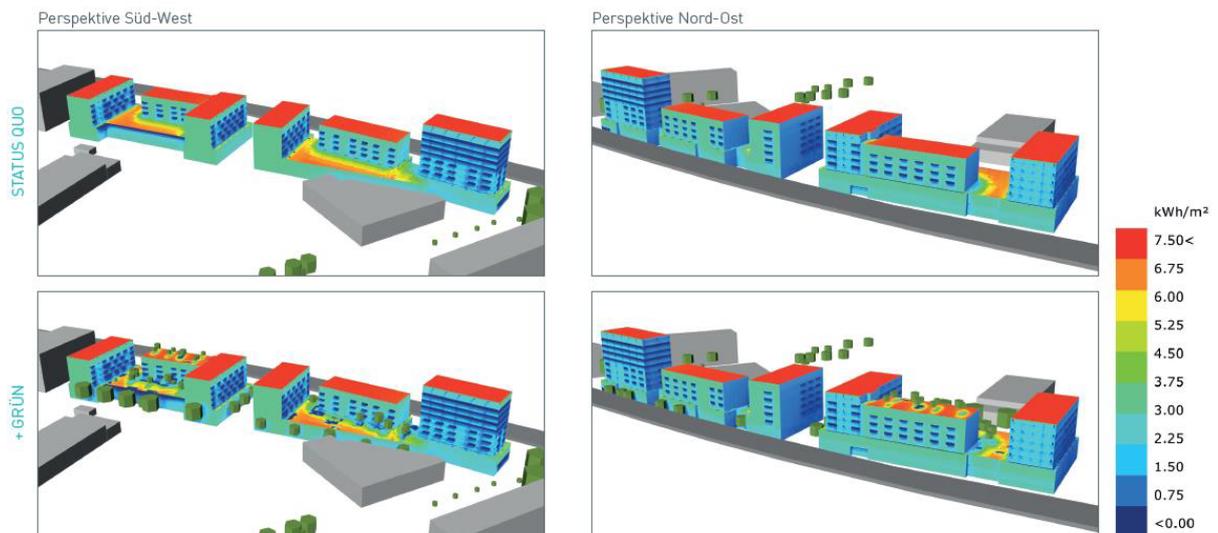


Abbildung 6: ENVI-Met-Simulationsmodell Entwurf



5.1.1.1 Solare Einstrahlung und Sonnenstunden

Abbildung 7: Solare Einstrahlung am 11.6., 24-Stunden Durchschnitt



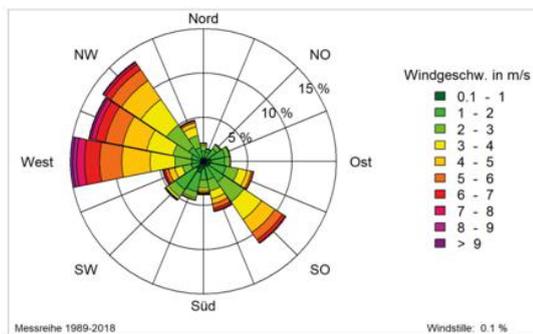
Aufgrund der Fokussierung auf die als Freiraum genutzte Dachterrasse, wo thermischer Komfort zur Steigerung der Aufenthaltsqualität gewährleistet werden soll und hohe Solarstrahlung am Nachmittag vorherrscht, wurde der Fokus der Begrünungsvarianten auf die Dachterrassen und Westfassaden

gelegt. Die Simulationen zeigten weiters eine hohe solare Einstrahlung auf den Dächern, was ebenfalls in den Verbesserungsmaßnahmen diskutiert (z.B. Nullgraddach für Wasserrückhalt) und berücksichtigt wurde. Im Gegensatz dazu wurde an südseitigen Fassaden festgestellt, dass durch die geplanten Balkone bereits eine gute Verschattung gewährleistet wird (Abbildung 7).

5.1.1.2 Wind

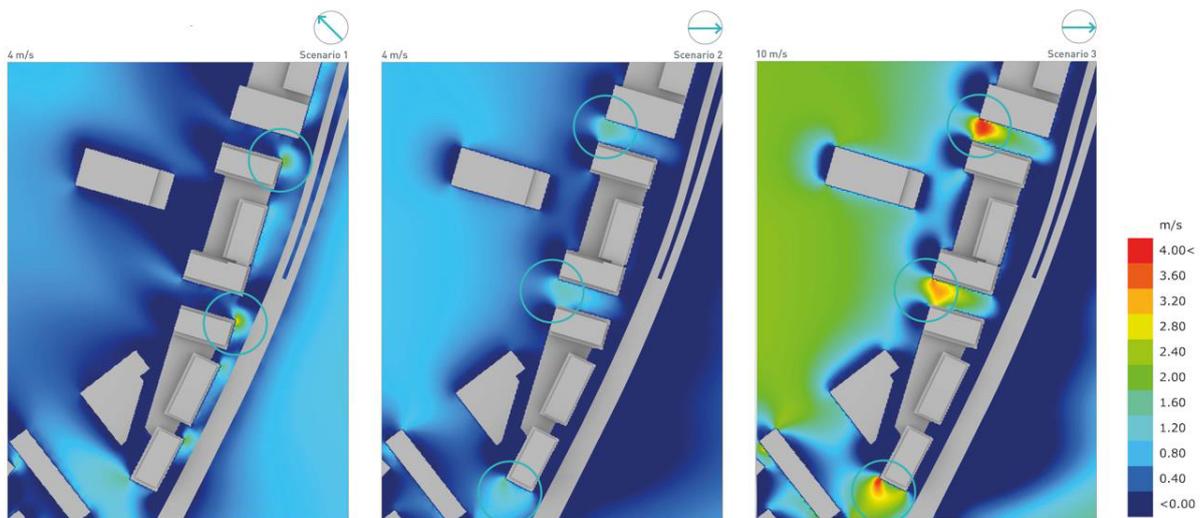
Für die Simulation des Windkomforts wurde ein 3D Simulationsmodell für die Lavaterstraße und die Gebäude in der Umgebung (z.B. U-Bahnstation) erarbeitet. Basierend auf der Auswertung der Winddaten (siehe Abbildung 8) für diesen Standort wurden Analysen aus den Hauptwindrichtungen (Süd-Ost, West) durchgeführt.

Abbildung 8: Windrichtungen, Häufigkeit & Geschwindigkeit für Wien Innere Stadt (Quelle: Weatherpark)



Die Rahmenbedingungen für die Auswertungen sind die Windrichtung und Windgeschwindigkeit (auf 10 m Höhe), welche für dieses Projekt mit der häufigsten Windgeschwindigkeit (4 m/s) und im Fall von Starkwind (10 m/s) simuliert wurden. Das Analyse-Mesh für die CFD-Simulationen wurde über das Grasshopper Plug-In Butterfly erstellt und die CFD-Simulationen in der open-source Software OpenFoam durchgeführt. Das Analyse-Mesh wurde in einer Auflösung von 2 m entwickelt und in der unmittelbaren Umgebung der Gebäude verfeinert, um für die relevanten Aufenthaltsbereiche valide Ergebnisse zu erzielen.

Abbildung 9: Windströmungssimulationen (Windgeschwindigkeit 4m/s links und Mitte, 10m/s rechts)



Die Simulationsläufe wurden ohne Vegetation durchgeführt und zeigen in den Ergebnissen erhöhte Windgeschwindigkeiten zwischen den Gebäuden (Abbildung 9, markiert mit türkisen Kreisen). Diese treten verstärkt bei der West-Wind Simulation und vorrangig bei dem Starkwind Szenario auf. Maßnahmen zur Reduktion der Windgeschwindigkeit und Verbesserung des thermischen Komforts, können Vegetation oder weitere Freiraumelemente bilden.

5.1.2 Entwicklung von Optimierungsvarianten

5.1.2.1 Fassadenbegrünung

Die ersten Hotspot-Analysen auf Basis des zugrundeliegenden Bauprojekts zeigten im Hinblick auf die Fassaden, dass die nach Süden und nach Westen orientierten stärker vom Hitzeeintrag betroffen sind als die nach Osten orientierten, was durch die kumulierende Hitze im Tagesverlauf nachvollziehbar ist. Der Fokus der Arbeitsgruppe Fassadenbegrünung lag daher von Beginn an auf der Untersuchung von unterschiedlichen Begrünungsmethoden auf den Süd- und Westfassaden.

Die im April 2021 erschienene ÖNORM L 1136 zur Vertikalbegrünung unterscheidet fünf Kategorien der Vertikalbegrünung, von denen im Hinblick auf die im GreenDeal4Real angestrebten bauphysikalischen und mikroklimatischen Ziele und das zugrundeliegende Bauprojekt die folgenden Kategorien als relevant identifiziert wurden:

Kategorie 2: bodengebunden Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen

Kategorie 3: troggebundene Vertikalbegrünung (Pflanzung von Kletterpflanzen in Trögen, die an der Wand montiert sind)

Kategorie 5: wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern (Fassadensysteme mit Pflanzen, die in einem vertikal montierten Substrat, Geflecht o.ä. wurzeln, auch Living Wall genannt)

Auf dem nördlich situierten Bauplatz 2 ist die bodengebundene Vertikalbegrünung zudem im Erdgeschoß nicht möglich, da die Situierung des Baukörpers direkt an der Grundgrenze keinen Pflanzstreifen im Westen, Süden und Norden erlaubt, entlang der östlichen Grundgrenze schließt die Notwendigkeit der Erschließung einen solchen ebenfalls aus.

Als prinzipiell mögliche Anwendungen wurden daher folgende Kategorien auf den folgenden Fassaden ins Auge gefasst und zum Vergleich in 2 Kombinationen (Variante 1: Abbildung 10, Variante 2: Abbildung 11) simuliert:

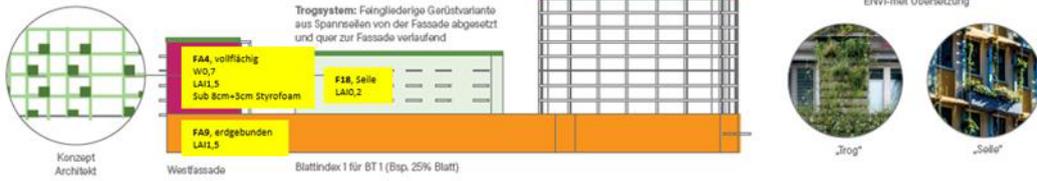
- 1) Bauteil 1, Westfassaden
 - Bodengebundene Vertikalbegrünung (Var.1) und wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern (Var. 2) auf Sockelbauwerk
 - Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern auf nördlichem Baukörper (Stirnseite)
 - Troggebundene Vertikalbegrünung in unterschiedlichen Dichten auf mittlerem Baukörper über Sockeldach
- 2) Bauteil 1, Südfassade
 - Troggebundene Vertikalbegrünung in unterschiedlichen Dichten auf südlichem Baukörper (Var. 1)
 - Kombination aus wandgebundener Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern auf Sockel des südlichen Baukörpers mit troggebundener Vertikalbegrünung in oberen Geschoßen des südl. und nördl. Baukörpers (Var. 2)
- 3) Bauteil 1, Ostfassaden
 - Troggebundene Vertikalbegrünung in unterschiedlichen Dichten auf südlichem Baukörper
- 4) Bauteil 2, Westfassaden
 - Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern (Var. 1) und bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen (Var. 2) auf nördlichem und südlichem Baukörper (Stirnseiten)
 - Troggebundene Vertikalbegrünung (Var. 1) und wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern (Var. 2) auf mittlerem Baukörper über Sockeldach

Abbildung 10: Skizze Fassadenbegrünungen Variante 1

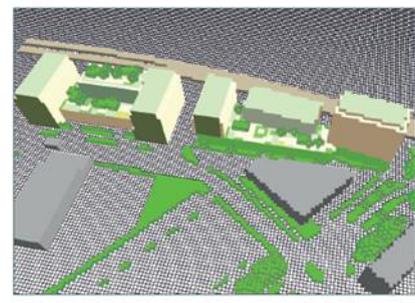
VARIANTE 1

ERGÄNZTER LANDSCHAFTSENTWURF + EXTENSIVE BEGRÜNUNG AUF ALLEN DÄCHERN

BAUTEIL 1



- Erdgebundene Fassadenbegrünung
- Trogsystem / Kletterpflanzen
- Fassadengebundene Begrünung (vollflächig)



BAUTEIL 2

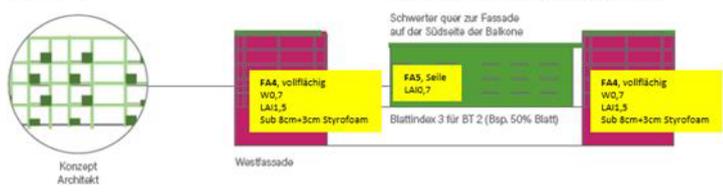
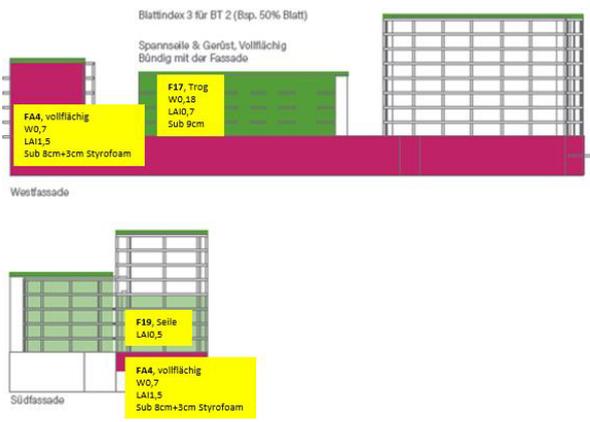


Abbildung 11: Skizze Fassadenbegrünungen Variante 2

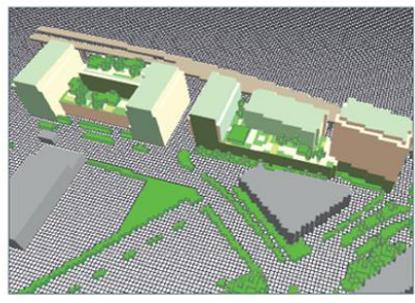
VARIANTE 2

OPTIMIERTER LANDSCHAFTSENTWURF + EXTENSIVE BEGRÜNUNG AUF ALLEN DÄCHERN, + STRÄUCHER, BÜSCHE

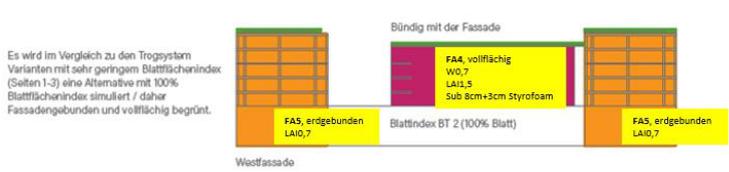
BAUTEIL 1



- Erdgebundene Fassadenbegrünung
- Trogsystem / Kletterpflanzen
- Fassadengebundene Begrünung (vollflächig)



BAUTEIL 2



5.1.2.2 Dachbegrünung, Retention und Wassermanagement

Aus der Simulation der "Entwurfsprojekts" war ersichtlich, dass die Wirkung von intensiven gegenüber jenen von extensiven Gründachflächen signifikant höher war. Des weiteren zeigte die Simulation von Gehölzen (Sträuchern und Bäumen) einen höheren Kühlungseffekt als jener von Stauden und Gräsern. Aus diesem Grund wurde für die optimierte Varianten der Anteil an intensiven Gründachaufbauten und der Anteil an Gehölzen und beschattenden Elementen (Pergolen) auf den Sockeldachflächen und der Dachterrasse im OG6 erhöht.

Die bislang als Kiesdächer vorgesehenen und mit Photovoltaikpanelen ausgerüsteten Dachflächen wurden zur Erhöhung der Kühlwirkung und der Regenwasserretention zunächst zu extensiven Dachflächen transformiert. PV-Anlagen bringen auf Gründächern eine 4-5% höhere Leistung gegenüber PV-Anlagen auf Bitumendächern. Der Grund dafür ist die adiabatische Kühlung von Gründächern (TU Darmstadt, 2023). Als weitere Optimierungsmaßnahme mit Innovationsgehalt wurde zudem die partielle Umsetzung von Retentionsdächern diskutiert, untersucht und die Dachflächen des Baufeld 2 als potentiell geeignet identifiziert. Die drei infrage kommenden Systeme (extensives Gründach, Retentionsdach mit Mäanderplatten und Gefälleentwässerung, sowie Nullgraddach mit Drosselentwässerung) sollten nebeneinander umgesetzt werden und hinsichtlich bauphysikalischer, mikroklimatischer und wasserspeichernder Wirkung verglichen werden.

Dafür wurden die Photovoltaik-Paneele in Kombination mit extensiver Dachbegrünung auf dem südlichen Baukörper konzentriert. Die Dachflächen des nördlichen Baukörpers sollten zur Hälfte als Retentionsdach (mit Gefälleentwässerung) und zur Hälfte als Nullgraddach vorgesehen werden. Die weitere Speicherung von anfallendem Regenwasser in unterirdischen Zisternen wurde als sinnvoll und wünschenswert diskutiert, jedoch noch nicht planerisch konkretisiert.

Die Bodenuntersuchungen zeigten, dass eine hohe Versickerungsleistung zu erwarten ist und eine natürliche Wasserspeicherung bei Baumgruben im Freiraum nur durch wasserspeichernde Substrate oder extra aufbereitete Staubereiche stattfinden kann. Durch die Speicherung des Wassers am Dach in den Dachsubstraten sowie in den extra dafür geschaffenen Wasserretentionsboxen am Drosseldach würde die Notwendigkeit einer Zisterne verringert. Außerdem weisen das Drosseldach und das Retentionsdach auch einen Speicher für verzögertem Abfluss auf, der bei Regenereignissen die Spitzen im Kanalsystem abmildert. Im permanenten Speicher (Substrate und Teil des Drosseldachs) könnte das Wasser dort gespeichert werden, wo es später von den Pflanzen gebraucht wird, ohne der Notwendigkeit einer Filter- bzw. Bewässerungsanlage.

Abbildung 12: Verteilung von befestigten Flächen, intensiven und extensiven Grünflächen mit differenzierter Bepflanzung im Baufeld 2 im Entwurf



Abbildung 13: Verteilung von befestigten Flächen, intensiven und extensiven Grünflächen mit differenzierter Bepflanzung im Baufeld 2 in der optimierten Variante



Mit der Vergrößerung der intensiven Dachflächen im 2. und 6.OG sowie den Aufbauten am südlichen und nördlichen Baukörper wird die Retention am Dach gegenüber Kiesdächern stark erhöht. Die Auswirkungen auf die Retention sind umfangreich. Insgesamt (inkl. temporären Speicher) könnten bei Niederschlagsereignissen ca. 75m³ Wasser am Dach zurückgehalten werden. Folgende Tabelle fasst die Retentionswirkung zusammen und sollte bei der Dimensionierung der Entwässerungsanlage berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Retentionswirkung der Dachflächen

Bezeichnung	Art der Begrünung	Dachgröße [m ²]	Wasserspeichervermögen gesamt [L/m ²]	Wasserspeichervermögen temporär [L/m ²]	Abflussbeiwert aufgrund Substrathöhe
Extensivdach mit Solarpanelen	Extensiv	550,-	45,-	-	0,5
Nullgrad-Dach als Retentionsdach mit Drossel	Extensiv	270,-	115,-	Abhängig von Anstauhöhe bis max. 72	0,3
Retentionsdach mit Mäanderplatten	Extensiv	270,-	70,-	14,5	0,3

Die Dachterrassen wurden ebenso in 2 Varianten wie folgt optimiert:

Variante 1: Dachterrassen gleich wie in Entwurfsplanung, extensiv begrünte Dächer anstatt Kiesdächer (Abbildung 12).

Variante 2: optimierte Begrünung der Dachterrassen (intensiv begrünte Flächen anstatt extensiv begrünten Flächen, Sträucher anstatt Stauden, etc.), Erweiterung der Pergola, zusätzliche Bäume, extensiv begrünte Dächer anstatt Kiesdächer (Abbildung 13).

5.1.3 Simulationen der Optimierungsvarianten 1 und 2

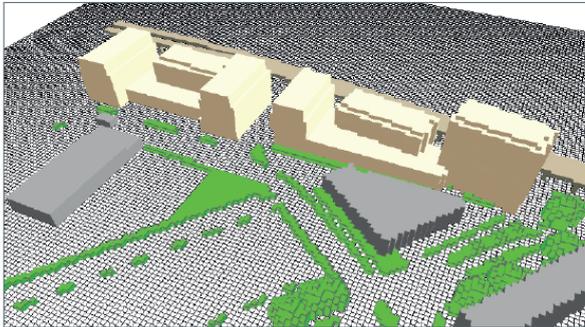
Die in den Arbeitsgruppen Fassaden- und Dachbegrünung erarbeiteten Optimierungsvarianten 1 und 2 wurden mit den Mikroklimasimulationsmodellen umgesetzt (Abbildung 14) und evaluiert.

Die Begrünungsvarianten zeigen in der Simulation der Fassadentemperaturen durchwegs Kühlleistungen (Abbildung 15), hier absteigend dargestellt nach ihrer mikroklimatischen Wirkung:

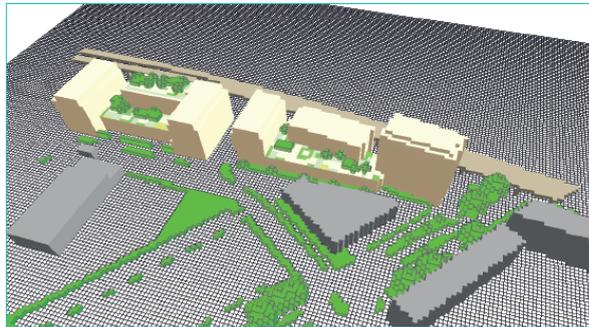
- Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern
- Troggebundene Vertikalbegrünung (mit Substrat)
- Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen

Abbildung 14: ENVI-Met Modelle der Status Quo und Entwurfsvariante im Vergleich zu den Optimierungsvarianten 1 und 2

Status Quo



Entwurf

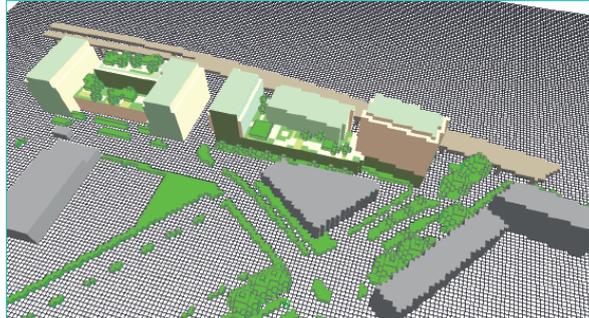


Variante 1



Entwurf Dachterrassen
+ ext. begrünte Dächer
+ Fassaden Var. 1

Variante 2



Optimierter Entwurf Dachterrassen
+ ext. begrünte Dächer, + mehr Straßenbäume, + ext. Flächen --> int. Flächen,
+ Erweiterung Pergola, + Bäume auf DT, + Fassaden Var.2

Die Kühlleistung von Begrünungen ist bei hohen Lufttemperaturen am stärksten. Bei wandgebundener Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern und einem Leaf-Area-Index von 1.5, liegt sie im 24-h Durchschnitt bei $-5,6^{\circ}\text{C}$ (Abbildung 16), um 15 Uhr können sogar $-9,0^{\circ}\text{C}$ (Abbildung 17) im Vergleich zur Variante ohne Fassadenbegrünung erzielt werden. Die Dachbegrünung zeigt lokal ebenso entsprechende Reduktionen der Oberflächentemperatur (Abbildung 18).

Abbildung 15: Fassadentemperaturen absolut, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.



Abbildung 16: Fassadentemperaturen – Differenz, 24h - Durchschnitt, 11.6.

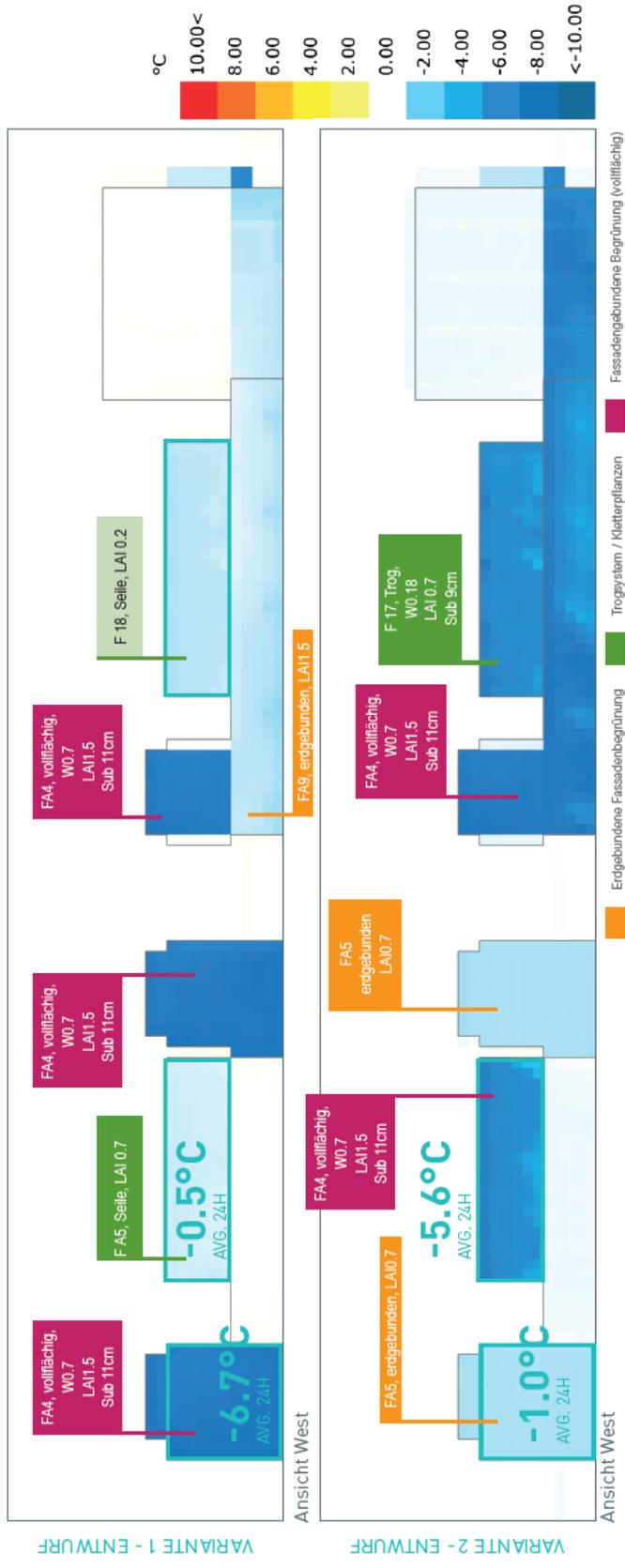


Abbildung 17: Fassadentemperaturen Differenz, 15 Uhr, 11.6.

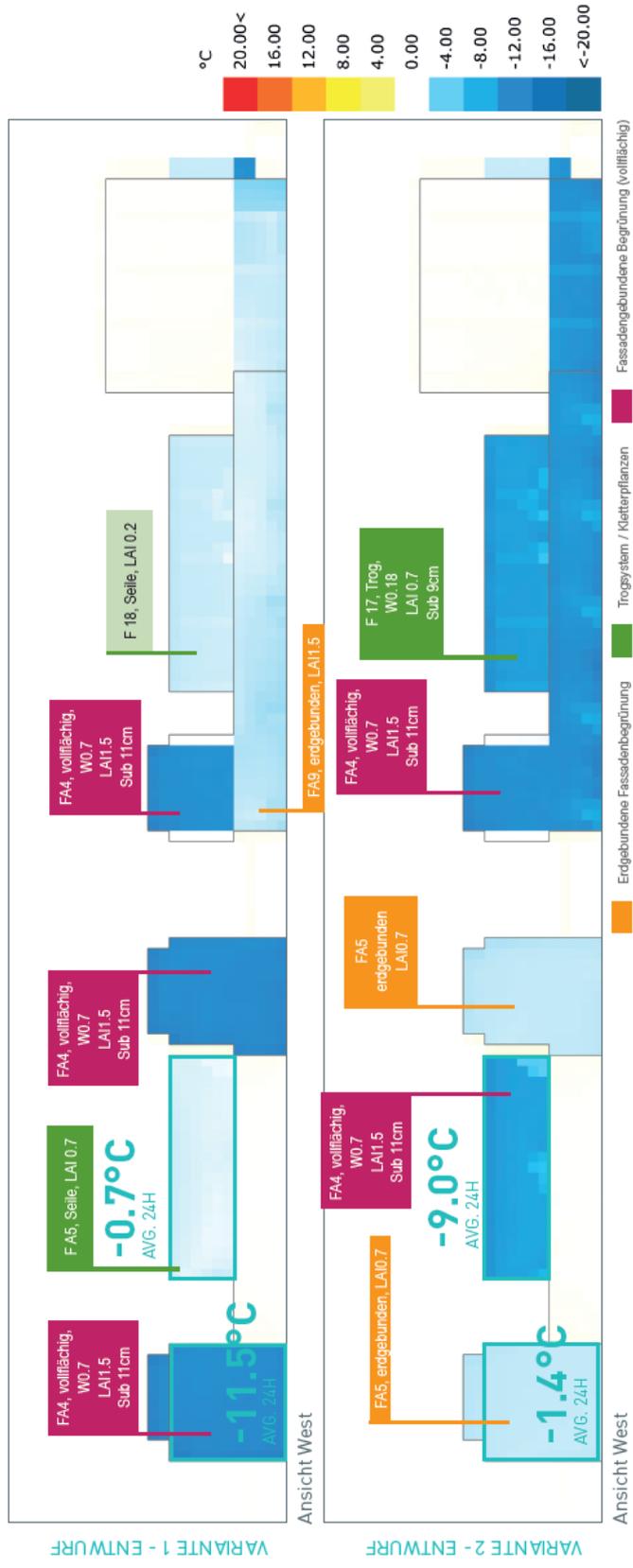
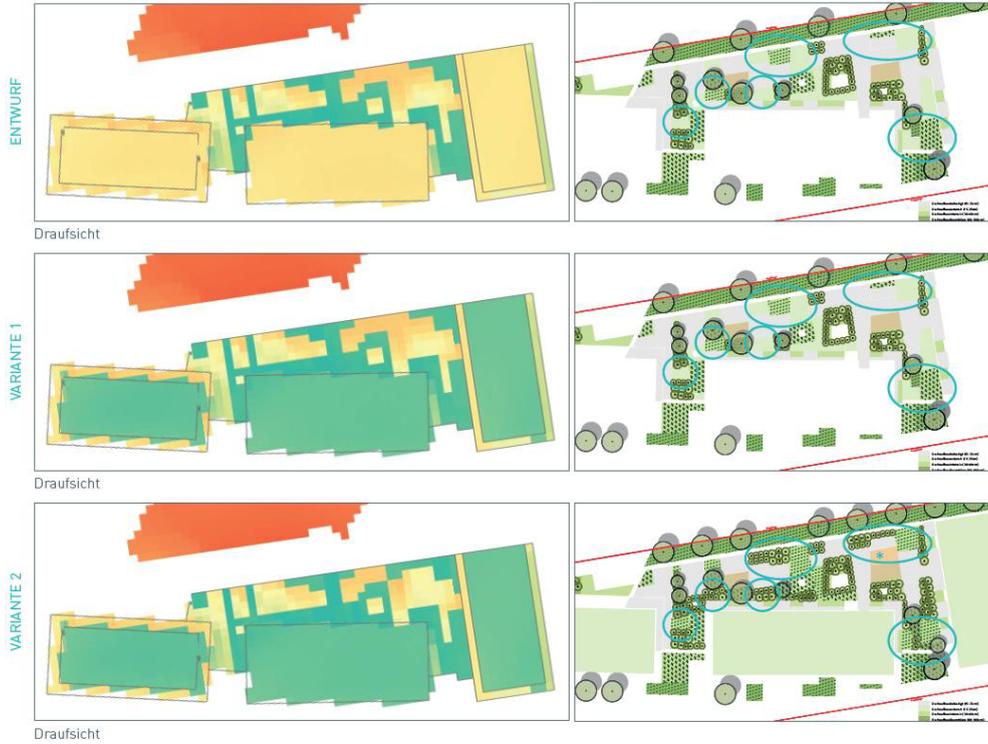
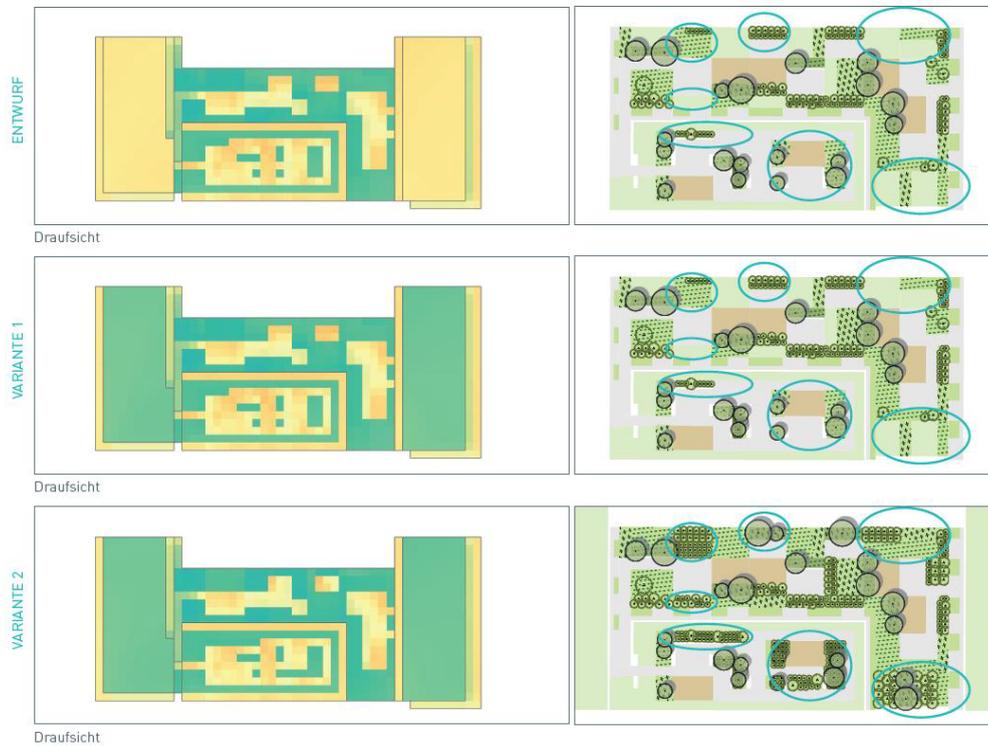


Abbildung 18: Skizze der Optimierungsvarianten 1 und 2 der Dachbegrünung für beide Bauteile (1 und 2). Darstellung der 24h gemittelten Oberflächentemperatur der Dachflächen.

BT1



BT2



5.1.4 Konkretisierung der Fassadenbegrünungsvarianten und Abgleich mit Brandschutzrichtlinien

Um konkret umsetzbare Lösungsvorschläge zu entwickeln, wurden in den weiteren Überlegungen die ökonomische und technische Umsetzbarkeit näher untersucht. Da das Thema Brandschutz einen umfassenden Stellenwert in der Projektentwicklung erreicht hat, wird darauf insbesondere eingegangen. Bei der Auswahl der Begrünungsmethoden und -flächen wurden des Weiteren die Nutzung des Gebäudes (Wohnen oder Gewerbe) sowie "weiche" Faktoren wie Gestaltung, Sichtbarkeit, Behaglichkeit und soziale Aspekte miteinbezogen.

Die Westfassaden über den Sockelbauwerken wurden in diesem Zusammenhang als prioritär gegenüber den außenliegenden Stirnseiten der nördlichen und südlichen Gebäude eingestuft, da einerseits die intensiv begrünte Dachterrasse im Zusammenhang mit den begrünten Fassaden eine sichtbare und für die Hausgemeinschaft wirkungsvolle Kombination darstellt, andererseits es einen großen Nutzen und positiven sozialen Effekt für Bewohner:innen der dahinterliegenden Wohnungen hat.

Die südlich vorgesehene, wandgebundene Begrünung musste aufgrund der architektonischen Vorgaben (durchlaufende Skelettbauweise und Fensterlochung) auf kleinere Teilflächen reduziert werden, sollte aber im Gegenzug auch an ausgewählten Teilen der Ostfassade appliziert werden, wo sie eine stärkere öffentliche Wirksamkeit entfalten kann als an den Westfassaden.

An der Westfassade wurden zunächst zwei Alternativen skizziert: eine geschoßweise an die Fassade gesetzte, troggebundene Begrünung mit Kletterpflanzen zwischen den auskragenden Balkonplatten und eine auf die Balkonplatten versetzte, troggebundene Begrünung mit vertikalen Rankseilen von Balkonplatte zu Balkonplatte.

Aufgrund der zu dem Zeitpunkt aktuellen Brandschutzbestimmungen zur geschoßübergreifenden Begrünung in der vorliegenden Bauklasse und Zweifel am technischen und organisatorischen Pflegeaufwand wurden die Überlegungen in einem gemeinsamen Workshop überarbeitet: Insbesondere die zuletzt beschriebene Variante, in der Tröge auf den Balkonen positioniert werden und die Begrünung über die Balkonplatten die verschiedenen Geschoße vertikal verbinden sollten, wurde signifikant an die gesetzlichen Anforderungen angepasst. Die Kletterpflanzen in der überarbeiteten Lösung waren nun in die intensive Dachbegrünung eingebunden und mit einem Rankgerüst kombiniert, das den erforderlichen Mindestabstand von 50cm von der Balkonvorderkante einhält. Das Resultat ist eine bodengebundene Fassadenbegrünung, deren Pflanzen nicht mehr in Privatflächen wurzeln und dementsprechend von den Allgemeinflächen aus zugänglich sind für Pflegemaßnahmen (**Variante B**, Abbildung 20). Der entstehende Grünfilter vor den Balkonen sollte den Sichtschutz und die Privatsphäre gegenüber dem davor liegenden Gemeinschaftsdachgarten bieten; umgekehrt lässt der erforderliche Abstand von der Fassade eine verminderte Wirksamkeit der Beschattungs- und Kühlungsleistung der Pflanzen erwarten.

Die **Variante A** (Abbildung 19) mit Kletterpflanzen in geschoßweisen Trögen wurde hinsichtlich der Bewässerungskreise optimiert und hinsichtlich der Bepflanzung auf größtmögliche Heterogenität und Vielfalt weiterentwickelt. Die erforderlichen Brandabschottungen sollen durch geeignete (unbrennbare) Trogausführungen bewerkstelligt werden.

Zum direkten Vergleich der verschiedenen Vertikalbegrünungstechniken (bodengebunden vs. troggebunden, Kletterpflanzen vs. Living Wall) wurde entschieden, auf Bauteil 2 eine vollflächige wandgebundene Begrünung (**Variante D**, Abbildung 22) zwischen den Balkonen zu planen und zu simulieren.

Eine brandschutztechnisch mögliche **Variante C** (Abbildung 21) mit geschoßübergreifender Vertikalbegrünung mit Kletterpflanzen wurde aus gestalterischen Gründen und mangels klimatischer / bauphysikalischer Effekte verworfen.

Abbildung 19: Variante A (Ansicht West BP1) mit troggebundener Vertikalbegrünung mit Rankhilfen ZWISCHEN den Balkonplatten



Abbildung 20: Variante B (Ansicht West BP1) mit bodengebundener Vertikalbegrünung und Rankhilfen VOR den Balkonplatten



Abbildung 21: Variante C (Ansicht West BP1) mit bodengebundener, geschoßübergreifender Vertikalbegrünung mit Rankhilfen zwischen den Fenstern - brandschutztechnisch möglich, aber geringer Wirkungsgrad und geringe Gestaltungsqualität



Abbildung 22: Variante D (Ansicht West BP1) mit wandgebundener Vertikalbegrünung und vollflächigem Vegetationsträger (Living Wall) zwischen den Balkonplatten



Aus den Überlegungen der ökonomischen und technischen Umsetzbarkeit sowie den Ergebnissen der mikroklimatischen Untersuchungen, wurden für die Fassadenbegrünungen die Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) sowie die Variante 2 der Dachbegrünung in weiteren Simulationen evaluiert.

5.1.5 Simulationen der Optimierungsvarianten A und D

Abbildung 23: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 1.

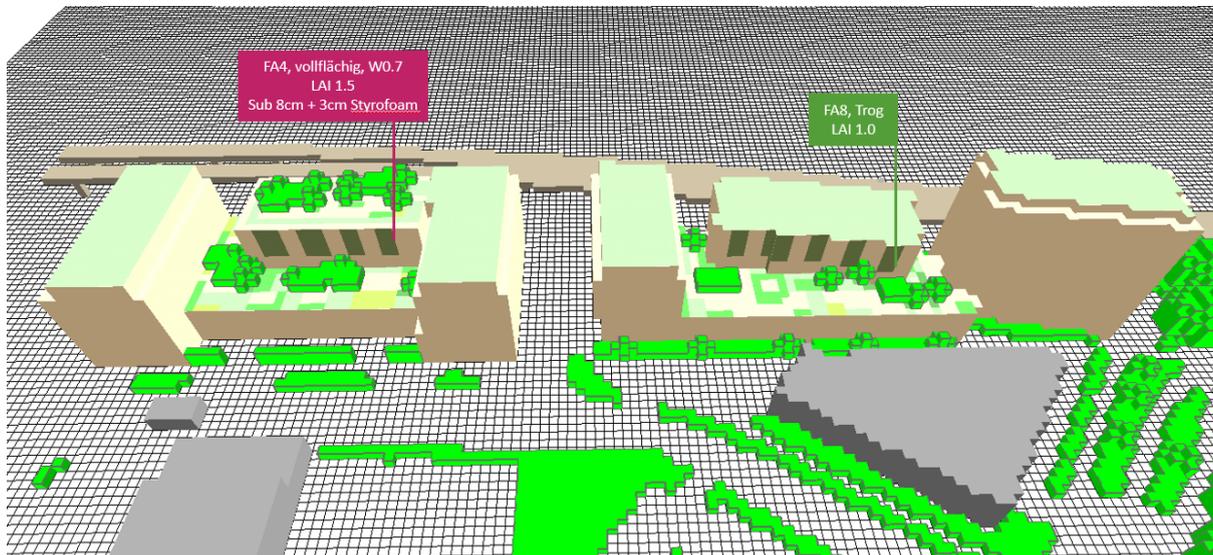


Abbildung 24: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 2 (intensiv begrünte Flächen anstatt extensiv begrünter Flächen, Sträucher anstatt Stauden, Erweiterung der Pergola, zusätzlich



Im Unterschied zu den vorhergehenden Simulationen wurde in dieser die Fassadenbegrünung nur an den vorgesehenen Flächen zwischen den Balkonen modelliert. Aufgrund der technischen Limitationen in der Modellierungssoftware mit einer Zellauflösung von 2x2m Metern können jedoch weder Fensterausparungen noch Balkone modelliert werden. Es wurden die Varianten der Dachbegrünung Variante 1 (Abbildung 23: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 1.

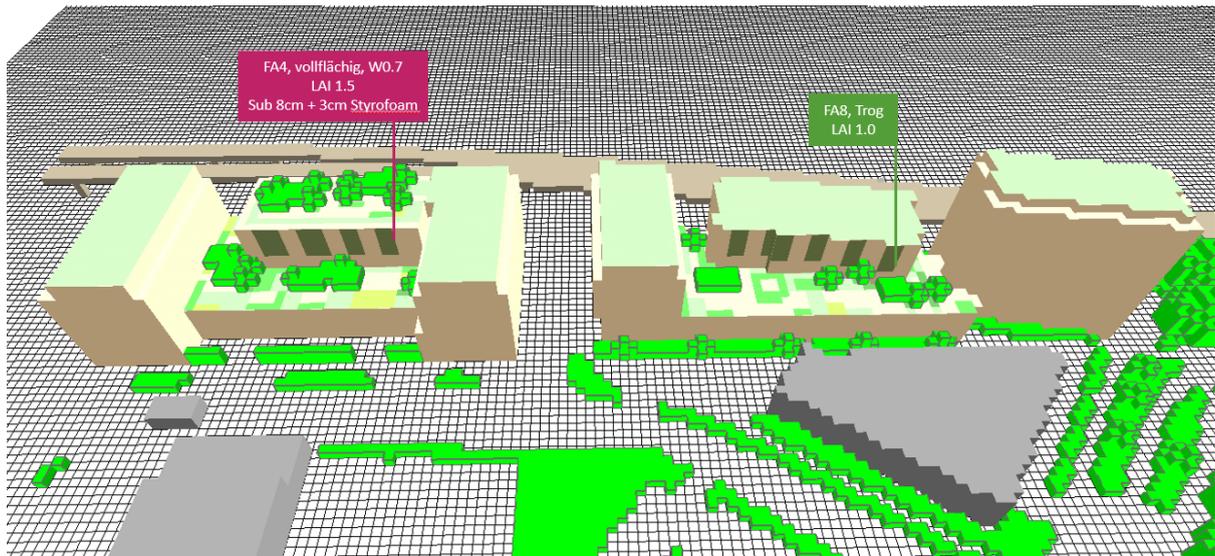


Abbildung 24: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 2 (intensiv begrünte Flächen anstatt extensiv begrünter Flächen, Sträucher anstatt Stauden, Erweiterung der Pergola, zusätzlich

) und der optimierten Dachbegrünung Variante 2 (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) modelliert.

Im direkten Vergleich der beiden Varianten können auf der Fassadenfläche keine Unterschiede festgestellt werden. Im Sockelbereich des Bauteil 1 ist jedoch die Verschattungswirkung der zusätzlichen Bäume sichtbar (Abbildung 25, Abbildung 26).

Abbildung 25: Fassadentemperaturen absolut, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.

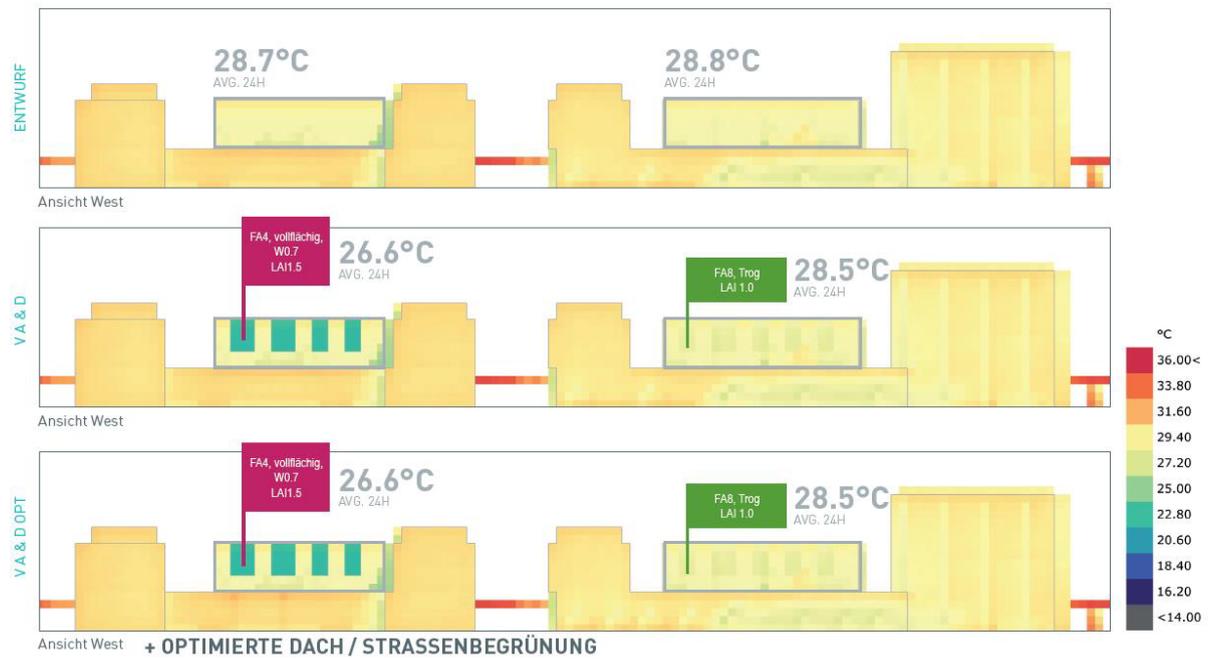


Abbildung 26: Fassadentemperaturen – Differenz, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.



5.1.6 Ökonomische Betrachtung (Lebenszykluskosten)

Vorbemerkung: Die Analyse wurde 2021 durchgeführt und beinhaltet damalige Kostenabschätzungen.

Die Lebenszykluskosten-Berechnung erfolgte in Entsprechung der ÖNORM B 1801-4:2014 - Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten.

Als Bezugszeitraum wurden 30 Jahre gewählt, da die ältesten bestehenden technischen Dach- und Fassadenbegrünungen rund 30 Jahre alt und noch immer intakt sind. Es wurden deshalb auch keine Abbruchkosten in die Kostenberechnung mitaufgenommen. Die Betrachtung umfasst die grüne und blaue Infrastruktur ab der Gebäudehülle (bzw. ab der Abdichtungsebene). Durch die Retention am Dach ist die Statik betroffen und es wäre noch abzuklären, ob die zusätzliche Last aufgenommen werden kann. Allfällige Veränderungen des statischen Systems sind somit nicht berücksichtigt. Auch die Solaranlage wurde nicht berücksichtigt, da diese am Kiesdach in gleicher Form errichtet werden würde, aber am Gründach einen höheren Wirkungsgrad aufweist. Die Bepflanzung auf den intensiv genutzten Dachterrassen im 2. und 6. OG wurde wohl in der Pflege, nicht aber bei den Errichtungskosten berücksichtigt, da die Artenwahl die Errichtungskosten stark beeinflussen kann, nicht aber die Pflegekosten. In dieser frühen Planungsphase wurde noch keine detaillierte Pflanzliste inkl. Stückzahlen erstellt.

Es wurde die Barwertmethode verwendet, um die laufenden Pflegekosten in Kosten zum Zeitpunkt der Übergabe umzurechnen und so die einzelnen Begrünungsvarianten zu vergleichen. Daher wurden auch die Barwerte für die unterschiedlichen Gründächer einzeln berechnet, um die Systeme vergleichen zu können, unabhängig von den Auflagen für die Errichtung (z.B. Nullgrad-Dach).

Nach ÖNORM B2111:2007 - Umrechnung veränderlicher Preise von Bauleistungen - ist bei Verträgen mit veränderlichen Preisen ohne fixe Stichtage eine Preisumrechnung vorzunehmen, wenn der Veränderungsprozentsatz den Schwellenwert von 2% erreicht. Bei einer Prüfung der Preissteigerung lt. Baukostenveränderung der WKO in der Arbeitskategorie Garten- und Grünflächengestaltung wurden 2010-2017 Änderungen zwischen 2,1-3,6 % angezeigt, wobei ab 2014 bei den Löhnen keine Anpassung erfolgte. Der Zeitraum wurde so gewählt, da ab 2019 auf Grund der Pandemie die Prozentsätze stark schwanken. Die jährliche Rendite wurde mit dem Bauträger abgestimmt und bei einem Mischsatz zwischen Wohnen und Gewerbe von 4 % angesetzt. Die Nutzungsdauer wurde mit 30 Jahren festgelegt.

Tabelle 2: Überblick über Lebenszykluskosten verschiedener Systeme für Wandbegrünung und Gründächer.

Bauteil	Menge [m ²]	Errichtungskosten NHK	NHK €/m ²	Pflegekosten jährlich	Pflegekosten jährlich €/m ²	Barwert
Variante A - trogebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen ZWISCHEN den Balkonplatten						
Wandgebunden Teilflächiger Vegetationsträger	157,00	€ 111 100,00	€ 707,64	€ 3 197,10	€ 20,36	€ 71 991,36
Variante B - bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen VOR den Balkonplatten						
Bodengebunden mit Rankhilfe vor Balkonen	250,00	€ 112 500,00	€ 450,00	€ 5 403,98	€ 21,62	€ 121 685,26
Variante C - bodengebundene, geschloßübergreifende Vertikalbegrünung mit Rankhilfen zwischen den Fenstern						
Bodengebunden mit Rankhilfe an der Fassade	111,00	€ 33 300,00	€ 300,00	€ 2 177,57	€ 19,62	€ 49 033,83
Variante D - wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträger (Living Wall) zwischen den Balkonplatten						
Wandgebunden mit vollflächigen Vegetationsträger	205,00	€ 164 000,00	€ 800,00	€ 4 667,27	€ 22,77	€ 105 096,09
Gründächer						
Intensiv genutzte Dachterrassen im 2. und 6. OG	1 912,00	€ 147 173,16	€ 76,97	€ 27 051,20	€ 14,15	€ 609 130,64
Extensivdachbegrünung - Solargründach	550,00	€ 33 440,00	€ 60,80	€ 3 850,00	€ 7,00	€ 86 693,12
Nullgrad-Dach - Drosseldach	270,00	€ 19 548,00	€ 72,40	€ 3 780,00	€ 14,00	€ 85 116,88
Retentionsdach	270,00	€ 17 091,00	€ 63,30	€ 3 780,00	€ 14,00	€ 85 116,88
Entwässerungsanlage nach derzeitigem Konzept - mit Kiesdächer	10 Schächte	€ 19 455,98	€ 1 945,60	€ 400,00	€ 40,00	€ 9 007,08
Entwässerungsanlage: Verringerung durch Retention am Dach	7 Schächte	€ 13 619,19	€ 1 945,60	€ 280,00	€ 40,00	€ 6 304,95

Die jährliche Rendite hat einen starken Einfluss auf den Barwert. Je höher die Rendite, desto geringer der Barwert. Die Rendite ist stark von der Marktentwicklung abhängig und kann nach oben und unten schwanken. Die angenommenen 4 % sind die Bruttomietrendite eines Investors.

Gut erkennbar ist, dass von den Fassadenbegrünungen jene mit der "Bodengebundenen Begrünung mit Rankhilfe" vom Dachgarten des 2.OG aus in Errichtung und Pflege am günstigsten wäre. Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass eine Zugänglichkeit auf die Balkone bzw. in die Dachgärten die Pflege wesentlich erleichtert und die Pflanzen direkt aus den Dachgärten der Mieter/Eigentümer wachsen, was spezielle Nutzungsrechte voraussetzt. Durch die komplexe Aufgabenstellung mit den verschiedenen Brandabschnitten und Fluchtmöglichkeiten über die einzelnen Stiegen wird außerdem empfohlen auch den Brandschutz der Fassadenbegrünung prüfen zu lassen. Zwar gibt es dank der Regelung vom Februar 2023 einige Möglichkeiten die Begrünung vom Dachgarten aus auszuführen, aber mit den Fluchtwegen sollte dies dennoch ganzheitlich betrachtet werden. Der intensiv genutzte Dachgarten ist teuer in der Errichtung und der Pflege – hat aber auch den größten Nutzen für die Bewohnerinnen und Bewohner, einem Stadtpark nicht unähnlich, und steigert auch den Wert des Gebäudes.

5.2 Ergebnisse: Mikroklimasimulationen der Gegenwart und Zukunft

5.2.1 Meteorologische Eingangsdaten

5.2.1.1 Gegenwart

Die meteorologischen Eingangsdaten für das Gegenwart-Szenario beschreiben einen heißen Sommertag eines charakteristischen Jahres in Wien. Ein charakteristisches meteorologisches Jahr (TMJ, engl. „*typical meteorological year*“) ist ein statistisches Jahr, bestehend aus 12 charakteristischen Monaten. Für jeden Monat wird ein typischer Monat eines vergangenen Zeitraums (üblicherweise 15 oder 30 Jahre) herangezogen und somit ein Datensatz für ein fiktives Jahr zusammengesetzt. Die Berechnungsmethode zur Selektion der einzelnen Monate für die Erstellung eines TMJ für einen Ort ist nicht standardisiert, sondern auf Basis verschiedener statistischer Methoden verfügbar. Die für das Projekt GreenDeal4Real verwendeten Daten wurden von der Website <https://climate.onebuilding.org/> bezogen und stammen aus dem ISD Datensatz (US NOAA's Integrated Surface Database). Der betrachtete Zeitraum reicht von 1991 bis 2019 und der ausgewählte repräsentative Hitzetag wurde anhand der Temperatur-, Feuchte- und Strahlungsdaten des 11. Juni 2011 simuliert.

5.2.1.2 Zukunft

Die Daten für das zukünftige Klima wurden aus dem regionalen Klimamodells (COSMO-CLM) auf Basis des Szenarios „Hadley A1B“ zusammengestellt. Das Szenario trifft die folgenden Annahmen (IPCC, 2000):

- Schnelles wirtschaftliches Wachstum
- Globales Bevölkerungsmaximum von 9 Milliarden Menschen im Jahr 2050 mit einem folgenden Rückgang
- Rasche Verbreitung neuer und effizienter Technologien

- Eine sich annähernde Welt, d.h. Unterschiede in Einkommen und Lebensstil zwischen Regionen der Welt nehmen ab und es herrschen umfangreiche soziale und kulturelle Interaktionen weltweit.
- Ausbalancierter Gewichtung der verfügbaren Energiequellen

Aus den Temperaturmaxima und -minima dieses Szenarios wurde ein spezifischer Hitzetag in der Zukunft abgeleitet. Da die Mikroklimasimulation für einen ausgewählten Tag berechnet und keine längere Periode (z.B. ein ganzer Monat) betrachtet wird, wird auf eine aufwändigere statistische Auswahl verzichtet. Um die Vergleichbarkeit mit den gegenwärtigen Berechnungen zu ermöglichen, werden die Modelldaten des regionalen Klimamodells nicht direkt als Eingangsdaten verwendet, sondern deren Temperaturdifferenzen zu dem aktuellen TMY aufgeprägt. Dabei wurde der Tagesgang der Temperatur erhalten, um einzelne Zeitpunkte miteinander vergleichen zu können. Dementsprechend wurde für einen fiktiven Tag in der Zukunft (in weiterer Folge dem Jahr 2030 zugeordnet), ein Szenario mit einer maximalen Lufttemperatur von 40°C und einer Minimumtemperatur von 27.5°C erstellt. Die spezifische Feuchte wurde konstant gehalten und die relative Feuchte entsprechend berechnet. Die Strahlungsdaten der kurzwelligen Einstrahlung wurden konstant gehalten.

5.2.2 Vergleich mit bisherigen Simulationsergebnissen

Ausgehend auf den Simulationsergebnissen des Gegenwartszenarios werden für das Zukunftsszenario folgende Vergleiche durchgeführt:

- Fassadentemperatur außen um 09:00 & 15:00
- Fassadentemperatur außen und innen im zeitlichen Verlauf. Ausgewählt werden zwei Gitterzellen, je eine in Baufeld 1 und 2, die in Variante Entwurf nicht begrünt sind und in Variante A und D die jeweilige Fassadenbegrünung aufweisen.

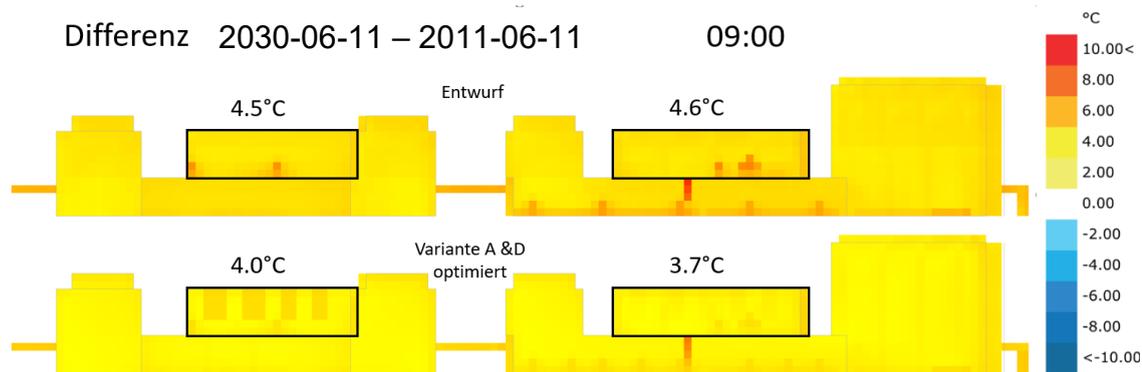
5.2.3 Zeitlich punktuelle Betrachtung der Fassadentemperatur außen

5.2.3.1 Zeitpunkt 09:00

Die mittlere äußere Fassadentemperatur unterscheidet sich in der Entwurfsvariante im Baufeld 1 um 4.6°C und im Baufeld 2 um 4.5°C (Abbildung 27). Die Maxima liegen in den durch Bäumen verschatteten Bereichen, da diese stärker von der Lufttemperatur beeinflusst werden als jene, die der kurzwelligen Strahlung vollständig ausgesetzt sind. Daher führen Unterschiede in der Lufttemperatur, wie sie zwischen dem gegenwärtigen und zukünftigen Szenario auftreten auch zu größeren Differenzen.

In der Variante A und D ist die mittlere äußere Fassadentemperatur im Zukunftsszenario im Baufeld 1 um 3.7°C und im Baufeld 2 um 4.0°C höher als in der Gegenwart. Es ist hier sichtbar, dass die Differenzen im Bereich der Fassadenbegrünungen (insbesondere der wandgebundenen Fassadenbegrünung) größer sind als in den Bereichen ohne Vegetation. Dieser Umstand kann mit den gegenwärtigen Experimenten nicht erklärt werden und tritt auch in den Sensitivitätsexperimenten nicht mehr (bzw. gegenteilig) auf.

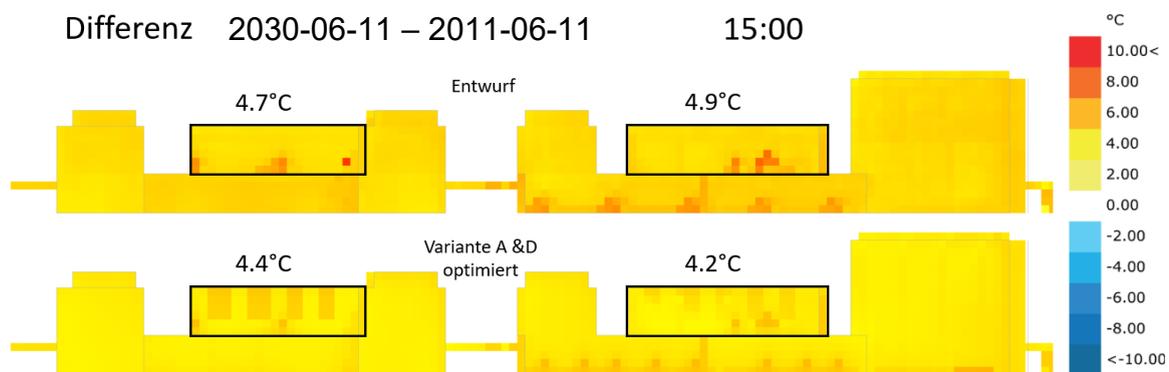
Abbildung 27: Differenz der Fassadentemperatur außen zwischen Zukunft (2030) und Gegenwart (2010) der Varianten Entwurf und Variante A und D um 09:00.



5.2.3.2 Zeitpunkt 15:00

Die Größenordnung der Unterschiede der Fassadentemperatur außen ist um 15:00 (Abbildung 28) ähnlich wie um 09:00. In der Entwurfsvariante beträgt die mittlere Temperaturdifferenz im Baufeld 1 4.9°C (Variante A und D 4.2°C) und im Baufeld 2 4.7°C (Variante A und D 4.4°C). Im Vergleich zu den Resultaten des Vormittags um 09:00 können keine zusätzlichen Erkenntnisse gewonnen werden.

Abbildung 28: Differenz der Fassadentemperatur außen zwischen Zukunft (2030) und Gegenwart (2010) der Varianten Entwurf und Variante A und D um 15:00.



5.2.4 Zeitlicher Verlauf der Fassadentemperatur außen & innen

Im Allgemeinen zeigen sich bei der Fassadentemperatur ähnliche Verhältnisse zwischen Variante Entwurf und Variante A und D in beiden Klimaszenarien. Auffällig ist in der Außentemperatur der Fassade in Baufeld 1 (troggebunden) und Baufeld 2 (wandgebunden), dass die Temperaturdifferenz zwischen Zukunft und Gegenwart in der Nacht höher ist als tagsüber (Abbildung 29). Dies liegt daran, dass tagsüber die Oberflächentemperatur stark von der kurzwelligen Strahlung beeinflusst und ist, deren Werte in beiden Szenarien ident sind. In der Nacht ist in deren Abwesenheit die Lufttemperatur ein stärkerer Einflussfaktor als untertags.

In der Betrachtung des Verlaufs der Innentemperatur für eine Gitterzelle im Baufeld 1 und Baufeld 2, ist die positive Wirkung der Fassadenbegrünung mit fortlaufender Dauer ersichtlich. Das heißt, je länger eine Hitzeperiode dauert, desto größer ist der Nutzen der Fassadenbegrünung. Graphisch ist dies

in Abbildung 30 an der Differenz zwischen dem Temperaturverlauf Entwurf und Variante A und D für die Fassadeninnentemperatur erkennbar. Darüber hinaus ist die Differenz zwischen Entwurf und Variante A und D im gegenwärtigen Szenario größer als in der Zukunft. Dies gilt auch für die Fassadentemperatur außen im Falle wandgebundener Begrünung. Es scheint, dass die Wirkung der Fassadenbegrünung auf die Fassadeninnentemperatur im zukünftigen Szenario geringer ist als in der Gegenwart. Nach der Reduktion erkannter Problemfelder in der Simulation, trat dieser Effekt im Zuge der Sensitivitätsexperimente allerdings nicht mehr auf.

Abbildung 29: Tagesverlaufdiagramm troggebundener (a) und wandgebundener (b) Fassadenbegrünung für die Außentemperatur der Fassade eines repräsentativen Hitzetags in der Zukunft (2030) und Gegenwart (2010).

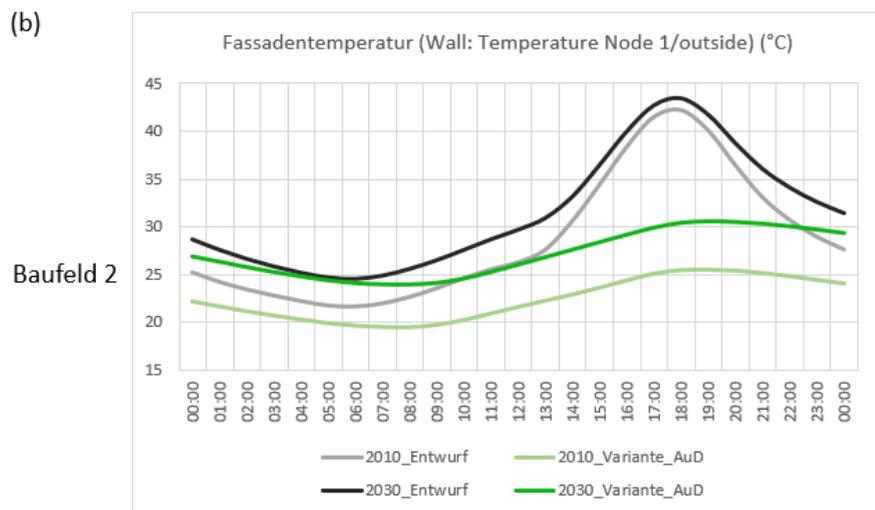
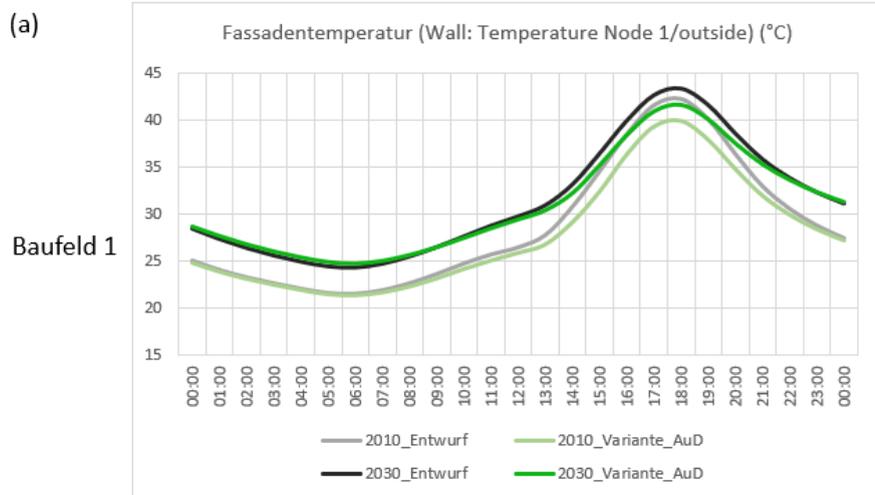
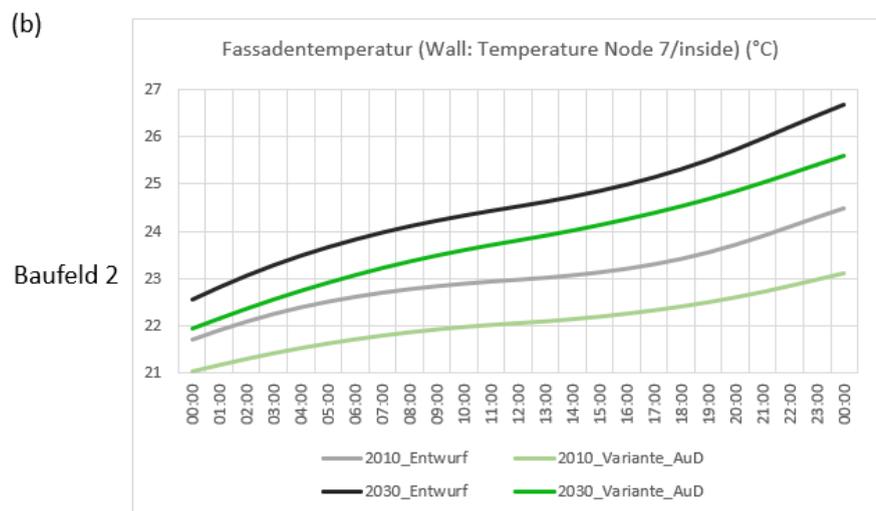
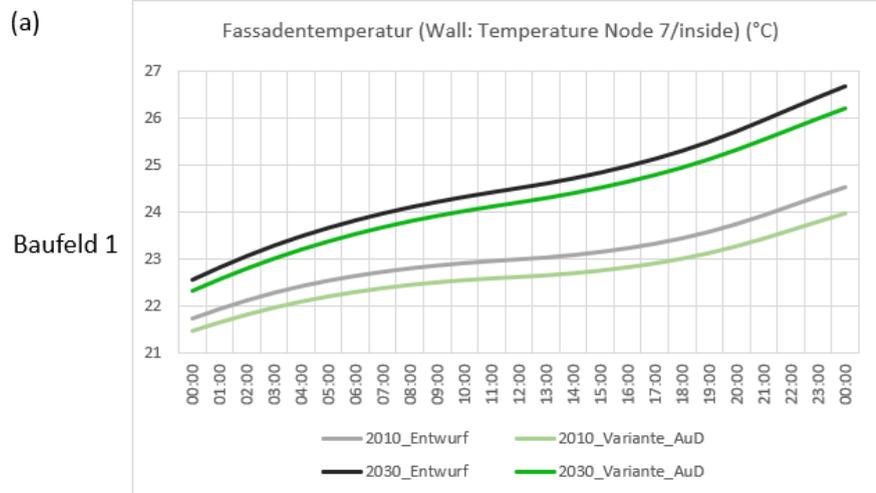


Abbildung 30: Tagesverlaufdiagramm troggebundener (a) und wandgebunder (b) Fassadenbegrünung für die Innentemperatur der Fassade eines repräsentativen Hitzetags in der Zukunft (2030) und Gegenwart (2010).



5.2.5 Identifikation von Problemfeldern in Simulationen

5.2.5.1 Wert des Leaf Area Index (LAI)

In den Simulationen der Gegenwart wurde für die wandgebundene Fassadenbegrünung ein LAI von 1.5 und für die bodengebundene Fassadenbegrünung ein LAI von 1.0 verwendet. Der LAI wird durch den Quotienten aus Blattfläche durch Grundfläche (= Fassadenfläche) berechnet. Da sich Blätter naturgemäß überlappen und in verschiedene Richtungen im Raum orientieren, stellt ein LAI von 1.0 bzw. 1.5 eine nicht ausgeprägte Begrünung mit einer Bedeckung von 25-40% dar (Abbildung 31). Während der Sommermonate kann eine ausgeprägte Fassadenbegrünung einen LAI Wert von bis zu 5.0 erreichen (Abbildung 32). Um den Effekt der verschiedenen LAI Werte zu bewerten, wurden die Abschnitte der Fassadenbegrünung mit jeweils unterschiedlichen LAI Werten simuliert (Abbildung 33). Während der LAI bei wandgebundener Begrünung kaum Einfluss hat, ist der Einfluss bei bodengebundener Begrünung entsprechend groß.

5.2.5.2 Wahl des Gebäudematerials in ENVI-Met

ENVI-Met bietet als vordefinierte Gebäudematerialien bereits Varianten mit guter, moderater und keiner Dämmung an. In den Simulationen wurde das Material mit guter Dämmung verwendet. Im Zuge der tieferen Evaluierung der Ergebnisse und Analyse der Modelleinstellungen wurde festgestellt, dass das Material auch einen Transmissionsfaktor (= Lichtdurchlässigkeit) von 0.12 aufweist. Ursprünglich wurden deren Eigenschaften durch die Annahme von Fensterflächen und Mittelung der Fenster- und Wandmaterialien über die gesamte Wandfläche berechnet.

5.2.5.3 Langwellige Strahlungsdaten in meteorologischen Input-Daten

Während in der Simulation des zukünftigen Klimaszenarios die kurzwellige Strahlung korrekt (konstant) blieb, wurde durch die Anpassung der Temperatur- und Feuchtedaten auch die langwellige Strahlung beeinflusst. Die Auswirkungen auf die Modellergebnisse sind nicht eindeutig und können mit den vorhandenen Ressourcen im gegenwärtigen Projekt nicht weiter untersucht werden. In Zukunft wird mit vereinfachten Forcing-Einstellungen gerechnet, um diese Probleme zu vermeiden. Möglicherweise stellt diese Fehlerquelle die Ursache für die in Abschnitt 5.2.3.1 beschriebenen größeren Temperaturdifferenzen zwischen Gegenwart und Zukunft im Bereich der Fassadenbegrünungen im Vergleich zu den Bereichen ohne Vegetation dar.

Abbildung 31: Schematische Darstellung verschiedener LAI Bereiche der Fassadenbegrünung (Seah Soon Teck & Hyeong-III, 2016).

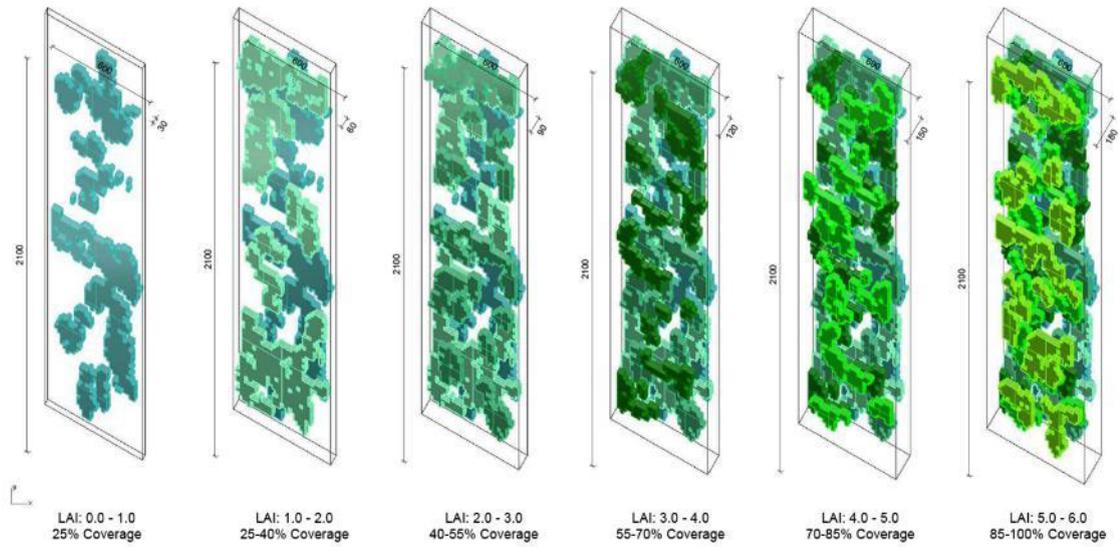


Abbildung 32: Werte des LAI im Verlauf eines Jahres (Pérez, Coma, Chàfer, & Cabeza, 2022)

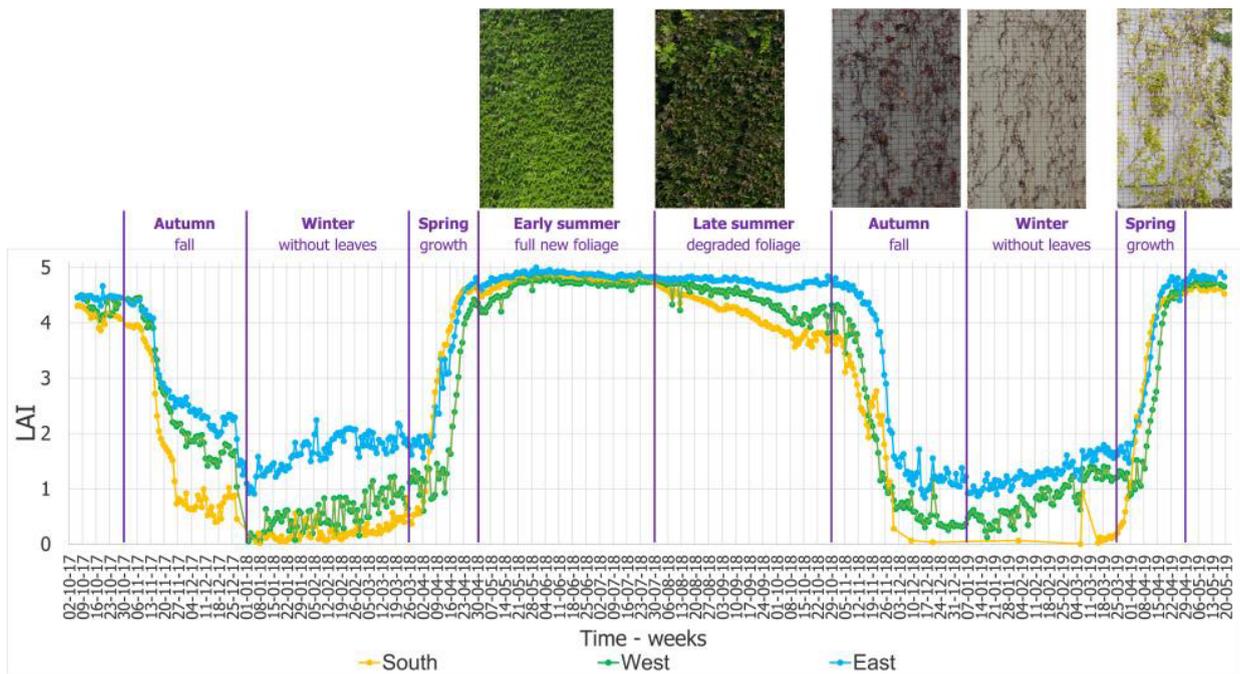
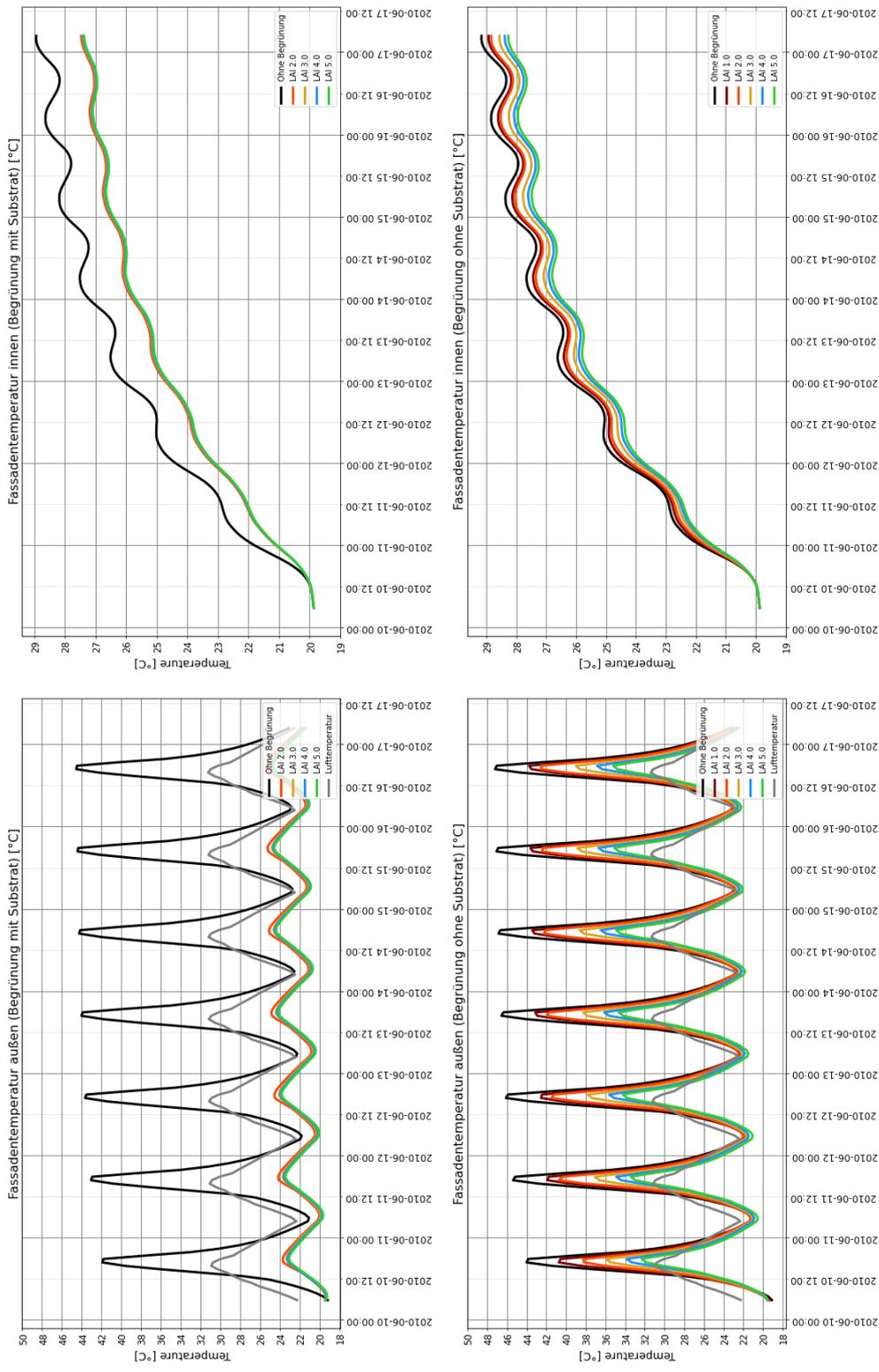


Abbildung 33: Effekt der Werte des LAI auf die Fassadenaußentemperatur (linke Spalte) und Fassadeninnentemperatur (rechte Spalte) von wandgebundener (obere Zeile) und trogebundener (untere Zeile) Fassadenbegrünung. Die Variante ohne Fassadenbegrünung ist in schwarz, die Temperaturverläufe der LAI-Werte in den gegebenen Farben und die Lufttemperatur vor der Fassade in grau dargestellt.

LAI-Abhängigkeit der Fassadentemperatur



5.3 Ergebnisse: Begleitendes Planungslabor

Im Rahmen des begleitenden Planungslabors konnte die dem Projekt innewohnende Qualität der interdisziplinären Zusammenarbeit unterstrichen werden. Durch die fachliche Breite des Konsortiums (Fachexpert:innen, Forschung, Immobilienentwicklung und Stadtverwaltung) wurden die Bedarfe und Ansprüche zur Implementierung von Begrünungsmaßnahmen intensiv diskutiert. In Kooperation mit den Vienna Business Districts wurde eine Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung durchgeführt. Weiters wurden ein Anforderungs- und Kriterienkatalog für Dach- und Fassadenbegrünung ausgearbeitet sowie ein Factsheet für klimawandelangepasste Planung von gewerblich bzw. industriell genutzten (Misch-)Gebieten.

5.3.1 Umfrageergebnisse

An der Umfrage haben zwischen 12. Mai und 16. Juni 2022 insgesamt 43 Betriebe teilgenommen. Die Ergebnisse zeigen, dass die größten Bedenken bei Betrieben, die sich aktuell gegen eine Gebäudebegrünung entschieden haben, der Pflegeaufwand bzw. die Pflegequalität und die Investitionskosten darstellen. Die relevantesten positiven Effekte werden in dem Kühlungseffekt durch Verdunstung (74%), der CO₂-Reduktion (67%) und der Reinigung der Luft (65%) gesehen (Abbildung 38).

77% der befragten Unternehmen fühlen sich zu diesem Thema noch nicht ausreichend informiert. Insbesondere Informationen zu Errichtungs- und Instandhaltungskosten und Förderungsmöglichkeiten werden als wünschenswert angesehen. Detailliertere Auswertungen der Umfrage sind im Anhang zu finden.

In einem Webinar mit 18 Betrieben wurden die Ergebnisse der Umfrage vorgestellt und zahlreiche Fragen beantwortet.

5.3.2 Anforderungs- und Kriterienkatalog

5.3.2.1 Überblick über gesetzliche Regelungen, Kriterien und Anforderungen hinsichtlich Dach- und Fassadenbegrünung in der Stadt Wien

In einem ersten Schritt wurde der gesetzliche Rahmen zur Implementierung von Begrünungsmaßnahmen untersucht und diverse Regelungen, Gesetze und Leitfäden, die insbesondere für die Stadt Wien gelten, zusammengeführt. Auf folgende gesetzliche Rahmenbedingungen ist hierbei Rücksicht zu nehmen:

A) Wiener Bauordnung (Stand November 2022)

- Durch eine Anpassung des § 5 Abs. 4 lit. k der Bauordnung für Wien ermöglicht es die Bauordnungsnovelle 2018, in den Bebauungsplänen Bestimmungen zur Begrünung von Dächern und Fassaden vorzusehen. Dabei gelten 20% der straßenseitigen Fassaden zur Begrünung als Zieleinheit;

- §63 Abs.5 gibt für Neubauten ab der Bauklasse II vor, ein Gestaltungskonzept für die gärtnerisch auszugestaltenden Flächen des Bauplatzes und die nach Bebauungsplan zu schaffende Begrünung von Dächern umzusetzen;
- §76 Abs. 10a gibt für über 500m² große Flächen vor, dass mindestens 10% ober- und unterirdische Fläche für eine Bebauung frei zu bleiben hat und nicht zu versiegeln sind;
- §79 Abs. 7 gibt vor, dass bei einer gärtnerischen Ausgestaltung je angefangenen 250m² Gartenfläche ein Baum in verschulter Qualität zu pflanzen ist;
- §83 Abs.1 legitimiert das Übertreten von Rankhilfen für Kletterpflanzen für die Begrünung von Fassaden um 15cm.

Ausgewählte relevante Neuerungen durch die Bauordnungsnovelle 2023:

- Rankhilfen dürfen künftig ausnahmsweise bis zu 15 Zentimeter über Fluchtlinien ragen,
- Dachbegrünungen dürfen die Gebäudehöhe um bis zu 15 Zentimeter überschreiten,
- Bei Errichtung von je fünf Stellplätzen ist ein großkroniger Baum zu pflanzen,
- unverbaute Bereiche sind zu mindestens zwei Dritteln gärtnerisch zu gestalten und müssen eine bodengebundene Begrünung und Bepflanzung aufweisen,
- bei größeren Renovierungen kommt es zukünftig zu einer Entsiegelung von Innenhöfen durch verpflichtende gärtnerische Ausgestaltung

B) Wiener Baumschutzgesetz

Müssen für die baulichen Vorhaben Bäume gefällt werden, so kommt das Wiener Baumschutzgesetz zum Tragen, um Ersatzpflanzungen zu bestimmen. Bäume mit einem Stammumfang von mindestens 40 Zentimeter - gemessen in 1 Meter Höhe vom Beginn der Wurzelverzweigung - sind durch das Wiener Baumschutzgesetz geschützt. Sie dürfen nur mit einer Bewilligung gefällt werden.

Ausgenommen sind:

- Obstbäume
- Bäume in Kleingartenanlagen im Sinn des Wiener Kleingartengesetzes 1996
- Bäume auf Waldgebiet

Für gefällte Bäume müssen im Regelfall Ersatzbäume gepflanzt werden. Wird eine Verpflichtung zur Ersatzpflanzung oder Umpflanzung per Bescheid nicht geltend gemacht, so besteht die Möglichkeit der Zahlung einer Ausgleichsabgabe in Höhe von 1090€ als Einheitssatz (§9 Abs. 3 Wr. Baumschutzgesetz).

C) ÖNORMEN

Neben den gesetzlichen Bestimmungen auf Landesebene existieren die österreichweit anerkannten ÖNORMEN, die einzuhalten sind. Folgende ÖNORMEN sind betreffend Begrünungsmaßnahmen und Dach- und Fassadenbegrünung insbesondere zu berücksichtigen:

- ÖNORM L1131 für Dachbegrünung (2011)
- ÖNORM L1133 für Innenraumbegrünungen (2017)
- ÖNORM L1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021)

- ÖNORM L2110 für die Herstellung von Vegetationstragschichten (2016)
- ÖNORM L1112 Anforderungen an die Bewässerung von Vegetationsflächen (2022-11-15)
- ÖNORM B3691 für Dachabdichtungen (2019)

D) OIB-Richtlinien

Die OIB-Richtlinien sind von der Bundesregierung verabschiedet und dienen der Einführung leistungsorientierter bautechnischer Vorschriften. Sie legen verschiedene Anforderungen an die Planung und Umsetzung von Bauprojekten, wie zum Beispiel in Bezug auf die thermische Qualität von Bauteilen und die Energieeffizienz von Gebäuden. Die Bundesländer können die OIB-Richtlinien in ihren Bauordnungen für verbindlich erklären. Bei diesen handelt es sich um Richtlinien seitens des Österreichischen Instituts für Bautechnik. Diese dienen zur Harmonisierung von bautechnischen Vorschriften und stehen den Ländern zur optionalen verbindlichen Eingliederung in die jeweiligen Bauordnungen zur Verfügung.

Wenn die Bundesländer die OIB-Richtlinien in ihren Bauordnungen für verbindlich erklärt haben, kann ein Verstoß gegen diese verbindlichen Richtlinien rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen, wie beispielsweise Bußgelder oder die Anordnung von Baustopp durch die Baubehörde.

Besonders zu beachten im Falle von Begrünungsmaßnahmen sind:

- Die OIB-Richtlinie 2 für Brandschutz sowie
- Die OIB-Richtlinie 3 für Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Die OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz
- Die OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen

Die OIB-Richtlinien werden regelmäßig überarbeitet, um sie an den aktuellen Stand der Technik und die gesetzlichen Anforderungen anzupassen. Die neue OIB7 ist bis jetzt ein unverbindlicher Leitfaden für die Bundesländer zum Thema Nachhaltigkeit, da für die Veröffentlichung einer OIB-Richtlinie 7 sowohl eine 15a-Vereinbarung zwischen den Bundesländern als auch eine Definition von Nachhaltigkeit in all ihren Teilbereichen im Gebäudesektor auf europäischer Ebene erforderlich ist. Die Grundanforderung 7 der Bauproduktenverordnung besagt, dass ein Bauwerk derart entworfen, errichtet und abgerissen werden muss, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden (Stadler, 2022). U.a. behandelt sie die Verwendung umweltverträglicher und Sekundärbaustoffe, womit Bauwerksbegrünung auch inkludiert ist.

5.3.2.2 Leitfaden und weitere unterstützende Dokumente

In einem zweiten Schritt wurden Leitfäden und unterstützende Dokumente zu dem Themenkomplex zusammengetragen. Auf folgende Dokumente können hier verwiesen werden:

- Planungsgrundlagen zur Bebauungsbestimmung „Begrünung der Fassaden“

Das Dokument liefert die Planungsgrundlagen für die Errichtung von Dach- und Fassadenbegrünung. Auf dessen Grundlage werden derzeit in Wien Fassadenbegrünungen für die Straßenfronten von Neubauten in Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen vorgeschrieben. Federführend von der Magistratsdirektion, Kompetenzzentrum Grüne, umweltbezogene Infrastruktur, Umwelt entwickelt

wurde das Dokument gemeinsam mit allen relevanten städtischen Dienststellen entwickelt und abgestimmt.

- Leitfaden Fassadenbegrünung

Die MA 22 (Umweltschutz) hat im Jahr 2019 einen Leitfaden Fassadenbegrünung herausgegeben. Dieser stellt einen ausführlichen Überblick rund um Fassadenbegrünung dar, in dem botanische, aber auch technische Grundlagen sowie Best-Practice Beispiele dokumentiert werden. Das Dokument ist insbesondere geeignet, um einen generellen Überblick zu der Thematik zu erhalten oder um spezifische Fragestellungen nachzuschlagen.

- Leitfaden Dachbegrünung

Im Jahr 2021 hat die MA 22 auch einen Leitfaden Dachbegrünung herausgegeben. Ähnlich aufgebaut, wie der Leitfaden Fassadenbegrünung, liefert das Dokument einen ersten allgemeinen Überblick zu der Thematik und kann somit für eine grundlegende Auseinandersetzung, aber auch als Nachschlagewerk zu Rate gezogen werden.

- Solarleitfaden der Stadt Wien

Da im Zuge der Energiewende der Ausbau von PV-Anlagen forciert wird und Solargründächer auch einen positiven Effekt auf die Stromproduktion haben, ist die Kombination aus Begrünung und Errichtung von PV-Anlagen ein zukunftssträchtiges Feld. Der im Jahr 2002 von der MA 20 (Energieplanung) herausgegebene Solarleitfaden der Stadt Wien erläutert die Rahmenbedingungen für die Kombination der Errichtung von Solaranlagen mit Bauwerksbegrünung.

- Urban Heat Islands - Strategieplan Wien

Der Urban Heat Islands – Strategieplan der Stadt Wien, herausgegeben von der MA 22, erläutert die Potenziale zur Reduktion von Urban Heat Island - Effekten. Darin wird auch die Maßnahme der Begrünung und Kühlung von Gebäuden und deren Effekt auf das Mikroklima beschrieben.

- Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen

Seitens der Stadt Wien wurde ein Behördencheck für Fassadenbegrünungen erstellt. Dieser liefert einen Überblick über alle relevanten von Behörden einzuholenden Genehmigungen.

- Checkliste für Ausschreibungen von Vertikalbegrünung (2022)

Die Checkliste gibt Auftraggeber:innen eine Übersicht über Inhalte, die in einer Ausschreibung für Vertikalbegrünungen enthalten sein sollten, um eine Angebotslegung entsprechend ÖNORM L1136 zu ermöglichen (GRÜNSTATTGRAU & Verband für Bauwerksbegrünung, Checkliste für Ausschreibungen von Vertikalbegrünung, 2022).

- Grüne Wände – Tipps zur Fassadenbegrünung in Wien

Von der MA 19 wurde im Jahr 2020 ein Folder zu Fassadenbegrünungen in Wien herausgegeben, der einige Wiener Beispiele an Fassadenbegrünung sind dokumentiert sowie Informationen zu den Genehmigungsverfahren aufbereitet.

- Fassaden- & Vertikalbegrünung – Internationale und nationale Best-Practice-Beispiele

Diese Sammlung zeigt die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten von vertikaler Außenbegrünung auf und soll zukünftige Projekte in ihrer Umsetzung bestärken. Zu jedem der ausgewählten 30 Best-Practice-Projekte sind informative Details wie z.B. Baujahr, Exposition, Art der Fassade, Errichtungskosten

ten, Nutzung des Gebäudes, verwendete Pflanzen, eingesetztes Bewässerungssystem, Pflege und Instandhaltungskosten aufbereitet. Durch die detaillierte Betrachtung der einzelnen Projekte sollen Hemmschwellen abgebaut, Wissen generiert und handfeste Grundlagen für weitere Umsetzungsprojekte geliefert werden.

- [FLL Richtlinien \(Richtlinien der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.\)](#)

Bei der FLL handelt es sich um ein deutsches Wissenschaftsnetzwerk aus der Grünen Branche. Die Fachexpert:innen entwickeln im Ausschüssen Richtlinien und Empfehlungen auf Basis der rechtlichen Regelungen. Somit dienen die von der FLL- initiierten Richtlinien als qualitätssicherndes Element, das auch im österreichischen Raum Anwendung findet.

- [Beiblätter zur ÖNORM L1131](#)

GrünStattGrau hat im Namen des Verbands für Bauwerksbegrünung diverse Beiblätter zur ÖNORM L1131 zum kostenlosen Download bereitgestellt mit dem Ziel die Inhalte für die praktische Anwendung zu vermitteln.

- [VfB-Betriebsgütesiegel](#)

Der Verband für Bauwerksbegrünung und GRÜNSTATTGRAU zeichnen Betriebe der Bauwerksbegrünungs-Branche, welche eine qualitätsgesicherte und dadurch hochwertige Ausführungsarbeit leisten, mit dem Betriebsgütesiegel aus. Das Gütesiegel ist verbunden mit den Zertifizierungen nach ÖNORM L1131.

- [Austrian Green Market Report \(2021 und 2023\)](#)

Der Green Market Report Austria beschäftigt sich mit dem stetig wachsenden Marktsegment der Bauwerksbegrünung in Österreich. Im Rahmen mehrerer Marktforschungsinitiativen hat GRÜNSTATTGRAU eine umfassende Erhebung innerhalb der österreichischen Begrünungsbranche seit 2018 durchgeführt. Die Publikation beschreibt umfassend die Marktentwicklungen der letzten Jahre in der Bauwerksbegrünung und gibt einen detaillierten Ein- und Ausblick in dieses wichtige Themenfeld sowie Auskunft über Stand der Technik, Innovationen und Marktplayer.

5.3.2.3 Städtebauliche Verträge und verbindliche Grünraumkriterien

Im Rahmen der Auseinandersetzung mit der Thematik wurde auch die Möglichkeit untersucht, verbindliche Grünraumkriterien in städtebauliche Verträge zu implementieren. Diese Möglichkeit wurde auch in den Interviews, die mit Fachexpert:innen aus unterschiedlichen Magistratsabteilungen geführt wurden, diskutiert.

Städtebauliche Verträge stellen im Vergleich zu ‚klassischen‘ rechtlichen Rahmenbedingungen für Neubauprojekte eine Besonderheit dar. Hintergrund ist, dass es sich bei städtebaulichen Verträgen um zivilrechtliche Vereinbarungen handelt. Dadurch können Bauträgern im Zuge von Umwidmungen Verpflichtungen wie die (Mit-)Finanzierung bzw. Gestaltung notwendiger infrastruktureller Ausstattungen (u.a. Kinderbetreuungseinrichtungen) vorgeschrieben werden. Rechtliche Grundlage ist jedoch, dass die Anforderungen städtebaulich begründet sein müssen. Städtebauliche Verträge wurden bisher nicht als Steuerungsinstrument für das Forcieren von Begrünung eingesetzt.

Der Aspekt der städtebaulichen Begründbarkeit erschwert die Identifikation einheitlicher Kriterien. So variieren beispielsweise die jeweiligen Grünraumanforderungen projektspezifisch je nach geographischer Lage (innerstädtisch vs. Nähe zum Stadtrand). Folglich sind die jeweiligen Bedingungen in städtebaulichen Verträgen individuell auszuhandeln. Eine weitere wesentliche Herausforderung bei städtebaulichen Verträgen ist der damit einhergehende Aufwand. Sowohl die Vertragserstellungskosten als auch die -laufzeit sind aufgrund der individuell auszuhandelnden Verträge hoch und stehen somit nur bei großen Entwicklungen in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen.

Aufgrund der genannten Herausforderungen handelt es sich bei einem städtebaulichen Vertrag um ein Instrument, das nur bei großen (städtebaulichen) Entwicklungen zum Tragen kommt. Bis dato existiert kein Planungsinstrument, das in standardisierter Form auch für kleinräumigere Maßnahmen mit geringerem Aufwand angewendet werden kann.

5.3.2.4 Vorschläge zur Adaptierung des rechtlichen Rahmens sowie Governancemöglichkeiten

Neben allgemeinen Bestimmungen hinsichtlich Anforderungen und Kriterien zu Dach- und Fassadenbegrünung wurden im Rahmen der Interviews und Kooperation mit der grünen Branche auch mögliche Veränderungsbedarfe bzw. denkbare Potenzialfelder für eine Adaptierung des rechtlichen Rahmens diskutiert.

- Einhaltung von Pflege und Wartung der Begrünungsmaßnahmen

Die Gespräche haben ergeben, dass die Handhabe zur Kontrolle und Nachprüfbarkeit der Einhaltung von Pflegemaßnahmen bei Dach- und Fassadenbegrünung komplex ist. Die gegenwärtige Rechtslage sieht vor, dass Ziviltechniker:innen die (korrekte) Anlegung der Begrünungsmaßnahmen bestätigen. Eine Überprüfung seitens der Baupolizei kann aus personal- und ressourcentechnischen Gründen nur im Anlassfall geprüft werden.

Da bei Dach- und Fassadenbegrünung die Einhaltung korrekter Pflegemaßnahmen essenziell für ein gut funktionierendes Wachstum ist, kommt diesem Themenfeld eine besondere Bedeutung zu. Derzeit ist kein ausjudiziertes Beispiel bekannt, das in dem Konfliktfeld zwischen Instandhaltungspflicht eines Gebäudes und einer, nicht in der Bauordnung vorgeschriebenen, Verpflichtung zum Gießen o.ä. Position bezieht. Folglich bedarf es hier eines juristischen Präzedenzfalles, auf den sodann verwiesen werden kann. In diesem Themenkomplex sind somit u.a. noch Fragen zu klären ab wann von einer ‚falschen‘ Pflege gesprochen werden kann (z.B. durch ein jährliches Mindestwachstum der Pflanzen). Denkbar in diesem Kontext wäre eine laufende Listung von Pflegekontrollen im Bauwerksbuch gemäß §128a der Wiener Bauordnung, um eine Überprüfung der Begrünungsmaßnahmen gewährleisten zu können. Städte wie Zürich beispielsweise haben in ihrem zuständigen Department „Grün Stadt Zürich“ eine eigenständige Kontrollinstanz für Begrünungsmaßnahmen. In Österreich ist die Anwachspflege und Pflege durch die Norm L1136 mit einem integrierten Pflegekonzept geregelt.

- Adaptierung der pauschalen Festlegung von 20% straßenseitiger Fassadenbegrünung im Neubau

Auch wenn die pauschale Festlegung einer verpflichtenden 20%igen straßenseitigen Fassadenbegrünung im Neubau einen essenziellen Beitrag zur Förderung von Bauwerksbegrünung leistet und einen wesentlichen Schritt für die Begrünung in der Stadt darstellt, besteht auch hier Potenzial zur Weiterentwicklung. Beispielsweise bei straßenseitigen Fassaden, die in Richtung Norden exponiert sind, ist ein erschwertes Wachstum der Pflanzen zu erwarten und der mikroklimatische Effekt gering.

Als Weiterentwicklung der Regelung wäre perspektivisch die Einhaltung eines Grünraum- und Freiflächenfaktors (GFF) bei der Errichtung von Neubauten denkbar. Dies würde mehr Flexibilität in die Planungsprozesse bringen und die positive Wirkung auf das Mikroklima erhöhen.

- Adaptierung zu verpflichtenden Klimaanalysen

Anhand von Klimaanalysen kann untersucht werden, welche Einflüsse Bauvorhaben bzw. damit einhergehende Begrünungsmaßnahmen auf das Mikroklima haben können. Im Kontext des Klimawandels und der prognostizierten klimatischen Veränderungen, die auf die Stadt Wien zukommen werden, erscheint es relevant, über die Auswirkungen von Bauvorhaben auf das Mikroklima in Kenntnis zu sein. In Wien gibt es derzeit keine explizite Vorschrift, die verpflichtet Klimaanalysen im Rahmen von Bauprojekten vorschreibt. Eine Durchführung von Mikroklimaanalysen kann aber helfen, die Bauvorhaben so zu planen, dass die Klimaverträglichkeit bei Neubaumaßnahmen so hoch wie möglich ist. Denkbar wäre bei Neubauprojekten ab einer gewissen Größe eine solche verpflichtende Mikroklimaanalyse, um den Bedarf an Grünflächen zum Erhalt eines erträglichen Mikroklimas zu bewahren. Zusätzlich könnte ein Abflussbeiwert Grenzwert verpflichtend festgesetzt werden.

- Empfehlung für verbindliche Kriterien für die Auswahl von Pflanzenarten hinsichtlich Klimaresilienz

Bei Neupflanzungen greift die Stadt Wien auf Pflanzen zurück, die auf die klimatischen Bedingungen des spezifischen Mikroklimas in einer Stadt angepasst sind.

Für Bepflanzungen im privaten und halböffentlichen Raum wäre die Begrünung mit klimaresilienten Pflanzenarten hinsichtlich des erwartbaren Wandels des städtischen Mikroklimas ebenso empfehlenswert. Bewusstseinsbildende Maßnahmen sowie dahingehende Anmerkungen im Rahmen von Planungsfreigaben könnten angedacht werden.

- Transparente Ersatzbaumpflanzungen

Wie bereits beschrieben sind im Falle von Baumfällungen Ersatzpflanzungen vorzunehmen. Die Möglichkeit der Kompensation mittels Ausgleichszahlung in Höhe von 1.090 Euro sollte nur im Ausnahmefall erfolgen. Weiters sollte sichergestellt werden, dass die Zahlungen transparent sichtbar tatsächlich nur für Ersatzpflanzungen genutzt werden.

- Festlegung eines verbindlichen Grünflächenfaktors

Der Grünflächenfaktor ist ein Instrument, das den Anteil an Grünflächen in einem bestimmten Bereich oder bei einem bestimmten Bauprojekt festlegt. In Graz wurde beispielsweise eine Verordnung erlassen, die den Grünflächenfaktor für jedes Bauvorhaben im gesamten Stadtgebiet festlegt. Der Grünflächenfaktor wird berechnet, indem die Summe aller Vegetationsflächen mit Bodenanschluss und Wasserflächen mit Bodenanschluss mit dem Faktor der jeweiligen Naturhaushaltswirksamkeit multipliziert wird. Dies inkludiert die Bauwerksbegrünung. Der Grünflächenfaktor kann als Mindestmaß festgelegt werden und ist ein Instrument für ein nachhaltiges Management von Grün- und Freiflächen in urbanen Räumen. Dies stellt einen Anreiz für die Baumerhaltung, die Pflanzung neuer Bäume und die Anschaffung von Dachbegrünung und Fassadenbegrünung dar.

Weitere Vorschläge aus dem Positionspapier von GRÜNSTATTGRAU (die nicht konkret in den Interviews diskutiert wurden) (GRÜNSTATTGRAU, Positionspapier. Beitrag der Bauwerksbegrünung zur Konjunkturbelebung und ökologischen Transformation der österreichischen Wirtschaft in der Post-Corona Zeit, 2020):

- Bestandskataster für Bauwerksbegrünungen

zum Monitoring des Ausbaus grüner Infrastrukturen werden von einigen Vorreiterregionen (u.a. Vorarlberg) bereits etabliert.

- Die Betrachtung der Bauwerksbegrünungen als Kompensationsmaßnahme,

als Lebensdauer verlängernde Maßnahme von Gebäuden und der Effekt der CO₂ Speicherung wird noch zu wenig beachtet. Eine Lebenszykluskostenanalyse hilft zum Beispiel dabei darzustellen, dass Bauwerksbegrünung eine längere Lebensdauer als Kies- oder Foliendächer haben. Dahingehend muss die OIB-Richtlinie 7: Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen zukünftig angeglichen werden.

- Schaffung von steuerlichen Anreizen für ein dezentrales Regenwassermanagement zur Entlastung des Kanalnetzes
- Harmonisierung der Gesetzgebung im Bereich Regenwasserbewirtschaftung, Speicherung und Grundwasserschutz bezüglich innovativer Bauweisen im Bereich Grüne Infrastruktur
- Berücksichtigung der Bauwerksbegrünung im Energieausweis und Ausschüttung diesbezüglicher Förderungen im Bereich Sanierung und Neubau.
- Aufsetzen einer Förderung für die Mehrkosten der Planung bei Sanierung und Bekenntnis, dass Bauwerksbegrünung von Anfang ein integraler Bestandteil in der Planungs- und Umsetzungsphase von Neubau sowie Sanierungsprojekten sein muss
- Gesteuerter Ausbau im Bereich der multifunktionalen Nutzung von Flächenpotentialen durch die Kombination von Begrünungs- und Energietechnologien
- Aufnahme von Bauwerksbegrünung in die Liste der nützlichen Verbesserungen eines Gebäudes laut §20 des Mietrechtsgesetzes
- Aufnahme von Bauwerksbegrünungen als Maßnahme der ordentlichen Verwaltung laut § 28 und 29 des Wohnungseigentumsgesetzes
- Aufnahme von Fassadenbegrünung in die Wohnungseigentumsnovelle, als Maßnahme zur Verschattung

5.3.3 Factsheet für klimawandelangepasste Planung von gewerblich bzw. Industriell genutzten Mischgebieten

Das Forschungsprojekt GreenDeal4Real ist in der Vorentwurfsphase des Bauprojektes gestartet und hat in dieser Phase ihren Beitrag geleistet (Tabelle 3). Bereits in dieser frühen Phase kann eine Begründung nicht völlig frei designt werden, sondern muss sich nach den grundsätzlichen architektonischen Vorgaben, Bebauungs- und Planungsrichtlinien richten. Es hat sich gezeigt, dass spätestens in dieser Phase Empfehlungen hinsichtlich Mikroklima erfolgen müssen, da weitere Maßnahmen zur Optimierung in die Entwurfs- und Einreichplanung einfließen müssen.

Tabelle 3: Beitrag des Projektes GreenDeal4Real zu den Bau-Leistungsphasen. Nach Lechner, H.: LM.VM.2014 | Objektplanung, Verlag der TU Graz, 2014

Leistungsphasen (LPH)	Kurzbeschreibung	Beitrag GD4R
LPH1	Grundlagenanalyse	
LPH2	Vorentwurf	Mikroklimatische Untersuchungen
LPH3	Entwurfsplanung	Empfehlungen
LPH4	Einreichplanung	
LPH5	Ausführungsplanung	
LPH6	Ausschreibung	
LPH7	Begleitung der Bauausführung	

Bereits im Vorfeld von Baumaßnahmen, bei der Grundstücksentscheidung, werden Stadtplanungsdokumente und -strategien herangezogen und ihre Relevanz für das Bauprojekt geprüft. Daher wäre es erforderlich, dass bereits in diesen Grundlagen die klimatischen Bedingungen (Frischluftschneisen, Hot Spots, Kaltluftproduktionsflächen, etc.) berücksichtigt werden und die Auswirkungen des Klimawandels einfließen. Bei einem sogenannten „Climate Proofing of (Urban) Planning Instruments“ geht es nicht um einzelne klimaresiliente Maßnahmen, die durch Planungsinstrumente umgesetzt werden, sondern vielmehr um ein „climate mainstreaming“, d.h. die gesamtheitliche Einbettung dieser in das Planungssystem – also eine systematisch und methodisch fundierte Integration von Fragestellungen der Klimawandelanpassung in die Planung (Birkmann & Fleischhauer, 2009). Hinsichtlich Abschätzung des Klimarisikos, das auch für Bauträger relevant ist, sollte eine grobe Klimarisikoanalyse mit den gängigen Klimaszenarien durchgeführt werden. Urbane Klimamodelle und künftige Klimaszenarien können also bereits im Vorfeld von Bauprojekten eine wichtige Hilfestellung bieten und Aussagen zu klimasensiblen Gebieten und städtischen Hotspots liefern.

In der **Grundlagenanalyse** können Klimamodelle die aktuellen klimatischen Gegebenheiten abbilden. Dazu gehören Parameter wie die vorherrschende Windrichtung und -geschwindigkeit, Hitzebelastung (Anzahl der Hitzetage) und zu erwartende Klimaveränderungen am Standort. Bereits zu diesem Zeitpunkt können Klimasimulationen auch Empfehlungen zur Optimierung der Gebäude abgegeben, um noch Einfluss auf das Gebäudedesign nehmen. Klimasimulationen sollten daher für eine Prüfung eingesetzt werden, welchen Effekt die Gebäude-Ausrichtung und -Anordnung, der Versiegelungsgrad und die Materialien und Farben auf das Mikroklima haben.

Im **Vorentwurf** liefern Mikroklima-Untersuchungen eine Hilfestellung bei Grundsatz-Entscheidungen über die Art der Begrünung am Standort. Durch Analyse des Status Quos können Hot spots identifiziert werden und eine dementsprechende Empfehlung zur Optimierung der grünen Infrastruktur am Gebäude oder im Straßenraum abgegeben werden. Es können technische Fragestellungen bereits mitgedacht und mit Zuständigen der Behörden, aber auch Architekten und Statikern diskutiert werden, ob z.B. eine bodengebundene oder wandgebundene Fassadenbegrünung möglich wäre. Demgegenüber steht die Wirkung der Begrünung, die in unterschiedlicher Form (z.B. saisonale Verschattung, ganzjährige Verschattung, Außen-Oberflächentemperatur, Innen-Oberflächentemperatur, PET, Lufttemperatur, etc.) dargestellt werden kann und unbedingt im Austausch mit dem Bauträger interpretiert werden muss. Weitere Aspekte, die zu berücksichtigen sind, sind ökologische Fragestellungen (Biodiversität, Regenwasserrückhalt) sowie soziale Fragestellungen (z.B. Nutz-/Duftpflanzen, „Gemeinschafts-Naschgarten“, Bereiche für Spiel und Sport, Erholungsbereiche).

In der **Entwurfsplanung** können dann Details zur grünen Infrastruktur optimiert werden. Dazu zählt z.B. die Pflanzenvorauswahl nach Anspruch und Lebensbereich (Klima, Exposition, Boden/Substrat/Wurzelraum, Geselligkeit). Zu diesem Zeitpunkt sollten auch die Versorgungs- und Instandhaltungsanforderungen (Platzbedarf, Zugänglichkeit) geklärt werden, um eine optimale grüne Lösung zu finden, die dann auch gut zugänglich ist und gepflegt werden kann. Auch die blaue Infrastruktur muss bereits berücksichtigt werden. So ist ein gut geplantes Regenwassermanagement Voraussetzung dafür, dass eine kaskadische Entwässerungen möglich wird. Kaskadische Entwässerung bedeutet, dass Regenwasser von höheren Dachflächen offen oder geschlossen über tieferliegende Dachflächen weitergeleitet wird. Die Kaskadenentwässerung beschränkt sich aber nicht nur auf Dachflächen, sondern auf verschiedene Kombinationen von dezentralen Regenwasserbewirtschaftungselementen. Regenwasserkaskaden sind eine Verknüpfung von Speichersystemen, die ineinander übergehen. So ist z.B. ein Retentionsdach mit Drosselung welches in eine Rigole abgeleitet wird ebenfalls eine Regenentwässerungskaskade. All dies muss bereits in der Entwurfsplanung berücksichtigt werden, ebenso wie Wasserflächen, Versickerungsflächen, Retentionsflächen oder die Versickerungsfähigkeit von offenen, unversiegelten Flächen.

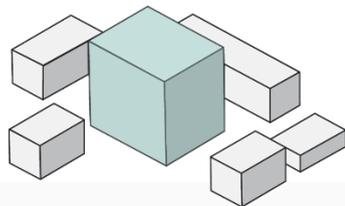
Obwohl diese Phase nicht Teil des Projektes war, so kamen wichtige Hinweise zur **Fertigstellung und Anwuchsphase** aus den Interviews. So sollte bei Fertigstellung eine Prüfung der ordnungsmäßigen Ausführung der Begrünung nicht durch Bau-Ziviltechniker erfolgen, sondern durch Fachexpert:innen aus dem Begrünungsbereich durchgeführt werden. Eine fachgerechte Ausführung erhöht ganz wesentlich die Wahrscheinlichkeit eines guten Anwuchses und eines zufriedenstellenden Ergebnisses. Ebenso sollten der Anwuchs der Pflanzen gemonitort werden. Hier kann dann auch festgestellt werden, ob die Pflanzen gut gepflegt und bewässert werden. Neben der unzureichenden Ausführung sind eine unkundige Pflege und mangelnde Bewässerung weitere Hauptfaktoren, warum eine Begrünung nicht wie geplant anwächst und seine Funktion entfaltet. Ein gutes Monitoring kann auch helfen, die Simulationen zu verifizieren und wichtige Hinweise für die Interpretation zukünftiger Simulationen zu liefern.

Zur weiteren Verbreitung und Dissemination wurde ein übersichtliches 1-seitiges Factsheet zur Integration von Begrünungsmaßnahmen in den verschiedenen Leistungsphasen des Bauprojekts erstellt (Abbildung 34).

Abbildung 34: Factsheet zur Integration von Begrünungsmaßnahmen in den Leistungsphasen eines Immobilienentwicklungsprojekts.

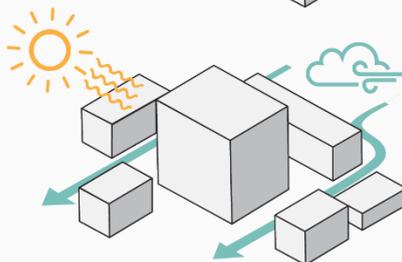
ABLAUF DER LEISTUNGSPHASEN

Leistungsphasen des Projektes GreenDeal4Real von der Grundlagenanalyse zur Objektbetreuung samt Informationen zu mikroklimatischen Untersuchungen und Überlegungen zu Begrünungssystemen



VOR GRUNDSTÜCKSKAUF

Mitberücksichtigung der klimatischen Bedingungen und der Auswirkungen des Klimawandels in den Planungsdokumenten und Standards

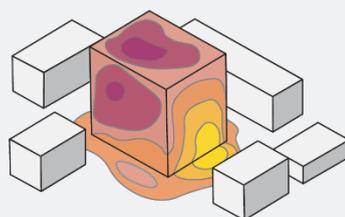


GRUNDLAGENANALYSE

Darstellung aktueller Gegebenheiten in Bezug auf vorherrschende Windrichtung und -geschwindigkeit, Hitzebelastung und zu erwartende, örtliche Klimaveränderungen

Optimierung Gebäude:

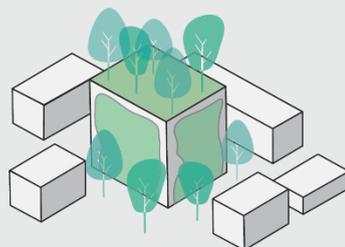
- Gebäudeausrichtung & -anordnung
- Versiegelungsgrad
- Materialien & Farben



VORENTWURF

Mikroklimatische Simulationen unterstützen bei Grundsatzzentscheidungen über Art der Begrünung:

- Optimierung grüner Infrastruktur hinsichtlich Bauwerksbegrünung und Vegetation
- Technische Fragestellungen
- Ökologische Fragestellungen
- Soziale Fragestellungen
- Wirkung und Verschattung



ENTWURFSPLANUNG

Optimierung Grüne Infrastruktur:

- Pflanzenvorauswahl nach Anspruch
- Klärung der Versorgungs- und Instandhaltungsanforderungen

Optimierung Blaue Infrastruktur:

- Regenwassermanagement mit kaskadischer Entwässerung
- Versickerungsfähigkeit der Böden
- Wasserflächen

EINREICH- UND AUSFÜHRUNGSPLANUNG

BEGLEITUNG DER BAUAUSFÜHRUNG

Korrekte, professionelle Ausführung sowie Bauabnahme durch Professionisten

ÖRTLICHE BAUAUFSICHT UND DOKUMENTATION

Übergabe von Bauträger an Immobiliengesellschaft sowie Übergabe der Pflegehinweise und Verantwortung

OBJEKTBETREUUNG

Verifikation der Simulationen mit gebauten Begrünungen sowie Monitoring, Pflege und Ausbildung im Facility Management

6 Schlussfolgerungen

Mikroklimaanalysen in frühen Planungsphasen einzusetzen, hat sich als gutes Mittel erwiesen, um die Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen zu quantifizieren und visualisieren, das Bewusstsein für die positiven Auswirkungen der Vegetation auf die Innen-, Oberflächen- und Außentemperatur sowie der Stadtentwicklung zu schärfen und eine Diskussion zwischen verschiedenen Disziplinen (Immobilienentwickler:innen, Landschaftsarchitekt:innen, Begrünungsexpert:innen, Stadtverwaltungen und Forscher:innen) zu fördern.

In den Analysen in diesem Projekt im Neubaubereich wurden Dachbegrünung und Fassadenbegrünung mit Substratschicht als die effektivsten Begrünungsmaßnahmen in Bezug auf die Kühlwirkung an der Gebäudeoberfläche identifiziert. Da solche Begrünungsmaßnahmen noch kein selbstverständlicher Bestandteil der Architektur für Neubauten sind und nicht einfach einem bestehenden Planungsentwurf hinzugefügt werden können, sondern in die Architektur und Statik eines Gebäudes integriert werden müssen, ist es entscheidend, sie in einem frühen Planungsstadium zu berücksichtigen. In dieser frühen Phase ist das Potenzial zur Beeinflussung des Gebäudeentwurfs noch hoch und die Kosten für Entwurfsänderungen relativ gering. Es ist ebenso wichtig zu betonen, dass Mikroklimaanalysen keine Entscheidung für eine Variante vorwegnehmen können. Sie können Anstoß für einen Diskussions- und Analyseprozess sein, wichtige Informationen beitragen und Hinweise geben, was aus mikroklimatischer Sicht gute Lösungen sind. Aufgrund der Komplexität und vielfältigen Anforderungen (ökologisch, sozial, ökonomisch, etc.), sowie den vorhandenen und zukünftigen Erfordernissen (Beispiel EU Taxonomie oder OIB7) müssen stets vielfältige Aspekte und Perspektiven aller Expertisen betrachtet und berücksichtigt werden.

Neben einer soliden Wissensbasis über die positiven Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen auf das Mikroklima ist ein begrünungsfördernder Planungsrahmen nach zumindest dem Stand der Technik (ÖNORMEN) für die Umsetzung von Begrünung in Bauprojekten unerlässlich. Durch Einhalten der qualitätsfördernden Kriterien wie Begrünungsziel und Wirkung auf die Umwelt und Gebäude, Ansprüche der Pflanzen an den Standort (physiologisch, klimatisch, Konkurrenzverhalten, usw.), klimatische und witterungsbedingte Faktoren, bauwerksspezifische Faktoren, bauphysikalische und statische Auswirkungen, Brandschutz, Vermeidung der Benutzung der Rankhilfen und Vegetationsträger als Aufstiegshilfe, materialspezifische Verformungen (Dehnen, Quellen, Schwinden), ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung, und erforderliche Pflegearbeiten können Wertverlust und in Aussicht gestellte Wirkungsfaktoren auf das Mikroklima erhalten werden. Dies ist insbesondere bei Brandschutz sehr wichtig, und daher in Normen mittels Pflegekonzepten definiert.

Die Immobilienentwicklung ist ein stark regulierter Markt, der auf lokalen Planungsstandards und -verfahren basiert. Aus wirtschaftlicher Sicht ist er mit hohen Anfangsinvestitionen verbunden, die das Potenzial für angemessene finanzielle Erträge haben. Da naturbasierte Lösungen in ihren verschiedenen Formen bei Betrachtung der Errichtungskosten nicht per se kostenneutral sind (Lebenszykluskosten und Umweltkosten finden hier noch keine Berücksichtigung und würden ggf. zu einem anderen Ergebnis führen), müssen sie unterstützt und von Behörden und Vorschriften gefordert werden, um in großem Umfang zum Tragen zu kommen. Dabei müssen nicht nur die anfängliche Errichtung, sondern auch die Verantwortung für die Pflege, die Kosten und die Kontrollmaßnahmen berücksichtigt

werden. Während der Bauträger für die ordnungsgemäße Durchführung von Begrünungsmaßnahmen verantwortlich gemacht werden kann, kann die Vegetation ihre positiven mikroklimatischen Wirkungen nur dann voll entfalten, wenn sie richtig eingesetzt, gepflegt und erhalten wird. Vorgaben zur Pflege wie sie die Norm beschreibt und eine nachträgliche Beurteilung von Zustand und Wachstum der Pflanzen könnten dazu beitragen, die Qualität und tatsächliche Wirksamkeit von Begrünungsmaßnahmen langfristig zu verbessern.

Im Projekt GreenDeal4Real wurde exemplarisch demonstriert, dass klimagerechte Planung in Immobilienprojekten schon in frühen Stadien des Planungsprozesses integriert werden sollte. Die gewonnenen Erkenntnisse sind für alle im Konsortium repräsentierten Akteur:innen relevant (Immobilienentwickler:innen, Landschaftsarchitekt:innen, Forscher:innen und Vertreter:innen städtischer Behörden) und können weiter genutzt und bearbeitet werden.

Aus Sicht des **Bauträgers** ist es zwingend erforderlich die klimawandelangepasste Planung spätestens in der Grundlagenanalyse zu berücksichtigen, wenn nicht schon beim Grundstücksankauf durch entsprechende Vorgaben der Stadt. Die Kosten-/Nutzerkenntnis lässt sich nur durch eine wissenschaftliche Auseinandersetzung über alle Phasen eines Projektes konkret beantworten. Neben den theoretischen Untersuchungen darf der Faktor Mensch (Nutzer:innen) nicht außer Acht gelassen werden. Hierbei ist das subjektive Empfinden (Insekten, Ausblick, Wohlbehagen, ...) neben dem Klimaschutz ebenso von großer Bedeutung, um langfristig zufriedene Kund:innen zu haben. Die Chancen für die Stadt und für das jeweilige Gebäude hier auf natürlichem Weg klimaregulierend einzuwirken sind da und müssen als Bauträger und städtebaulicher Gestalter ernst genommen werden. 6B47 als Bauträger des Projekts nimmt viele Erkenntnisse mit, um sich bei zukünftigen Projekten mit diesem so wichtigen Thema auch budgetär so frühzeitig im Projekt auseinanderzusetzen, sodass eine Umsetzung in entsprechendem Ausmaß möglich ist.

Für die **Landschaftsplanungs- und architekturbüros und Firmen in der Begrünungsbranche** ist es wichtig zu betonen, dass nachhaltige und klimagerechte Planung einen hohen Komplexitätsgrad aufweist und daher so früh wie möglich in den Entwicklungsprozess integriert werden muss: *Bereits zu Projektbeginn* von Neu- oder Umbauvorhaben sollten klare, nachvollziehbare und nach Möglichkeit messbare *Klima- und Nachhaltigkeitsziele* definiert werden, welche im Zuge der Planung als Leitfaden und Entscheidungsgrundlage für konkrete Maßnahmen herangezogen werden können. Die verschiedenen *Zertifizierungen* am Immobilienmarkt und die EU Taxonomie können dabei helfen, da sie über die gesetzlichen Grundlagen hinaus ein Qualitätslabel für die Verwertung bieten und dementsprechende Initiative fördern.

Architektur-, Freiraum- und technische Fachplanungen sollten in weiterer Folge bereits im *Vorentwurf* interdisziplinär und in Abstimmung mit der Immobilienentwicklung an einem gemeinsamen Konzept arbeiten, in dem sowohl die Nutzung und Verwertung des Projekts, die Gestaltung als auch der Themenkomplex der Nachhaltigkeit in ihren Eckpunkten berücksichtigt werden. Ideale Grundlage dafür wäre zudem ein *Bebauungsplan*, in dem bereits auf kommunaler Ebene neben der Gebäudevolumen und Gebäudeposition auch die grüne und blaue Infrastruktur mitberücksichtigt werden – im Sinne von nicht zu unterbauenden Bereichen, potentiellen Bauwerksbegrünungen, Abflussbeiwerte für Bauplätze, Grünflächenfaktor etc.

Da die grundsätzlichen Wirkungen von Begrünungsmaßnahmen, Regenwassermanagementsystemen, baukonstruktiven und bauphysikalischen Zusammenhängen etc. unter Fachplaner:innen bekannt sein

sollten, können bereits *in dieser frühen Planungsphase die Potentiale* für Baumpflanzungen und Vegetationsflächen, für Fassaden- und Dachbegrünungen, für Retentions- und Versickerungsflächen etc. geprüft und im Sinne ihrer Wirksamkeit bewertet werden. Das Planungsteam dafür sollte in dieser Konzeptionsphase zumindest aus den Fachbereichen Architektur, Landschaftsarchitektur, Bauphysik, Tragwerks- und Haustechnikplanung sowie Kulturtechnik (Versickerungsplanung), bestehen, Fachleute aus dem Nachhaltigkeits- und Energiemanagement können je nach Dimension sinnvolle Ergänzungen darstellen. Wichtig ist es die Synergien zwischen den einzelnen Themenbereichen zu nutzen, z.B. haben Photovoltaikanlagen auf einem Gründach einen höheren Wirkungsgrad als auf Kiesdächern und gleichzeitig kann Regenwasser am Dach gespeichert werden, was zu einer Reduzierung der Versickerungsanlagen in der Erdgeschoßzone führt.

Die Lebenszykluskostenberechnung kann in der Planung helfen, da sie eine ganzheitliche Sichtweise über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes ermöglicht und alle relevanten Kosten berücksichtigt. Dies umfasst die Kosten aller Lebenszyklusabschnitte, einschließlich Planung, Entwicklung, Beschaffung, Fertigung, Vertrieb, Nutzung, Instandhaltung, Betriebskosten und Entsorgungskosten. Hierzu kommt der Vorteil von Bauwerksbegrünung die Gebäudehüllen zu schützen. Damit ist auch der Wertzuwachs der Gebäude durch die Begrünung sichtbar. Derzeit liegt er bei 8% durch grüne Bauteile. Mit der Lebenszykluskostenberechnung ist die Wirtschaftlichkeit langfristig zu beurteilen, was insbesondere bei großen Investitionen, wie dem Bau von Gebäuden, von Bedeutung ist

Zusätzlich spielt die EU Taxonomie in der Baubranche und Immobilienwirtschaft eine wichtige Rolle. Sie bezieht sich auf die Klassifizierung von wirtschaftlichen Aktivitäten, die den Übergang zu einer grünen und nachhaltigen europäischen Wirtschaft unterstützen sollen. Mit ihren sechs Umweltziele, darunter auch der Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und Ökosysteme definiert sie Kriterien für wirtschaftliche Aktivitäten, die zur Erreichung dieser Umweltziele beitragen. Das Solargründach fördert Biodiversität, womit es in der EU Taxonomie als Investitionen in nachhaltige Aktivitäten gilt und Unternehmen dabei hilft, klimafreundlicher zu werden. Dies ist relevant, da die EU Taxonomie ein wichtiger Bestandteil des nachhaltigen Finanzrahmens der EU ist und die Ziele des European Green Deal unterstützt.

Eine wichtige Stütze in der Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen und der Entscheidungsfindung bieten *Simulationen*, wie sie im Zuge des Forschungsprojekts bereits zur Analyse der Ausgangslage (Ort und Gebäudevolumen) für die zu erwartenden klimatischen Effekte durchgeführt wurden. Dadurch zeigen sich schon in einem frühen Planungsstadium Hitzeinseln, die durch die Lage und Position der Gebäude am Grundstück entstehen. Kombiniert mit einer Kosten-Nutzen-Analyse lassen sich so von Beginn der Planung an jene Maßnahmen (z.B. Begrünungsmaßnahmen oder Beschattung) identifizieren, welche die optimale Wirksamkeit im Verhältnisdreieck Kosten / Technik (insb. Mikroklima und Ökologie) / Gestaltung aufweisen.

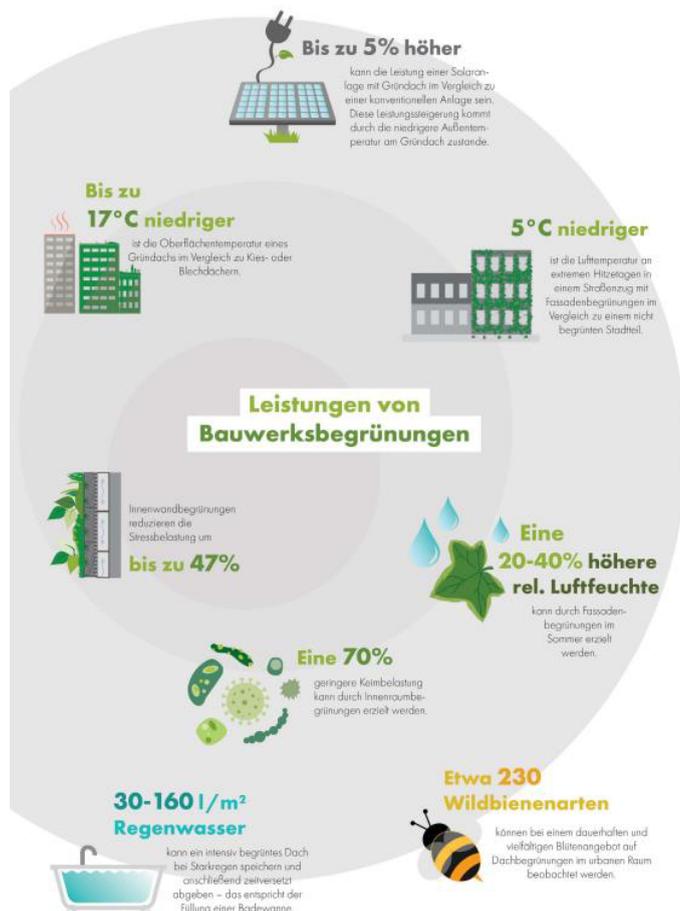
Als begleitendes Tool während des Planungsprozesses – insb. im Entwurf, aber auch noch in der Detailplanung – bieten *wiederkehrende Simulationen* zudem die Möglichkeit, die geplanten Maßnahmen (Aufbau- und Konstruktionsdetails, Pflanzenstandort, Auswahl von Pflanzenarten etc.) kontinuierlich zu kontrollieren und zu optimieren. Da Simulationen jedoch nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein können, wäre eine Feedback-Schleife (mittels Monitoring der realisierten Maßnahmen) für die *Verifizierung* und Schärfung der getroffenen Annahmen dringend notwendig – zu dieser ist es im gegenständlichen Projekt aufgrund des Projektabbruchs leider nicht mehr gekommen. Auch die

Tatsache, dass Pflanzen lebendige Systeme sind, deren Entwicklung sich nicht vollständig vorhersagen und kontrollieren lässt, macht sowohl die Simulation wie auch die realisierbaren Effekte inhomogen und unscharf.

Die Nutzung von "Schwarmintelligenz" durch Messung und Kategorisierung möglichst vieler Realisierungen von Bauwerksbegrünungen etc. könnte ein gutes Modell bieten, um Erfahrungen und Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Begrünungsmaßnahmen auf breiter Ebene auszutauschen.

Aus Perspektive der **Stadt Wien** ist das übergeordnete Anliegen eine möglichst effiziente Umsetzung der vorgesetzten Ziele und Vorgaben. Aufgrund der positiven mikroklimatischen und städtebaulichen Effekte, die mit den Begrünungsmaßnahmen einhergehen, ist es ein Anliegen der Stadt Wien diese so weit wie möglich zu fördern und auch über die gesetzlichen Vorgaben hinaus zu unterstützen. Der rege Austausch im Rahmen des Forschungsprojekts mit Immobilienentwicklern, Landschaftsarchitekturbüros und Forschungsinstitutionen hat aufzeigen können, wo es in der Praxis bisweilen Herausforderungen und Unklarheiten seitens der Umsetzer:innen gibt. Dieses Wissen, das gegenseitige Aufzeigen der jeweiligen Perspektiven, ermöglicht einen konstruktiven Dialog zur Optimierung von Vorgaben. Der Hinweis, dass es mehr Bewusstseinsbildung benötigt wird, wird Anbetracht der Komplexität der Materie mit anderen Formen der Kommunikation zu begegnen sein. GRÜNSTATTTGRAU reagiert darauf mit Grafiken, die in kurzen Botschaften darstellen, was Vorteile der Bauwerksbegrünung bieten.

Abbildung 35: Leistungen von Bauwerksbegrünungen (Quelle: GRÜNSTATTTGRAU)



Aus Sicht der **Forschungseinrichtung** sind mikroklimatische Analysen sinnvoll, um zu zeigen, welche die effektivsten Begrünungsmaßnahmen wären. Sie können quantifizieren, wieviel verschiedene Begrünungssysteme an unterschiedlichen Fassaden bewirken. Allgemeine Aussagen können hier eine erste Orientierung liefern, allerdings nicht die individuellen Gegebenheiten jedes Standorts berücksichtigen. Zahlreiche Charakteristika der jeweiligen Gebäude (z.B. Exposition, Anteil der Fensterflächen, Dämmung, Verschattung durch nebenstehende Gebäude & Bäume) beeinflussen die Wirksamkeit von Begrünungsmaßnahmen. Daher liefern Mikroklimasimulationen bereits in einem frühen Planungsstadium wichtige Informationen über sinnvolle Begrünungssysteme. Des Weiteren sollte die Zielsetzung einer Begrünungsmaßnahme klar definiert sein, da deren Vielfalt verschiedene positive Effekte aufweist.

Beim Projekt GreenDeal4Real lag der Fokus auf dem individuellen Bauprojekt. Das weitere städtische Umfeld wurde nicht mitbetrachtet, da zum Analysezeitpunkt der erste Entwurf des Bauprojektes bereits vorlag und eine andere Bauhöhe oder Ausrichtung des Gebäudes nicht mehr zur Diskussion stand. Es empfiehlt sich jedoch bei Bauprojekten ab einer zu bestimmenden Größe auch die gesamtstädtische Einbettung zu betrachten und dann bereits in einer frühen Entscheidungsphase Empfehlungen abzugeben. Bauprojekte auf der grünen Wiese beeinflussen das Mikroklima der Umgebung maßgeblich. Mit einem ausgeklügelten Konzept aus Bauwerksbegrünung, Regenwassermanagement und klimafitten Freiräumen in Kombination mit energieeffizienter Architektur können die negativen Auswirkungen des Bauprojekts stark reduziert werden. Der Aspekt der CO₂ Senke wird in der Zukunft bei Planungsprozessen mehr Einfluss bekommen, wodurch Maßnahmen wie Anwendung von CO₂ bindenden Stoffen auch in der Bauwerksbegrünung an Gewicht gewinnen wird.

Die im Zuge des Projekts durchgeführten Mikroklimasimulationen lieferten wichtige Erkenntnisse über Fallstricke in der Durchführung für geplante Bau- und Stadtentwicklungsprojekte. Diese wurden entsprechend dokumentiert und aufbereitet und als wissenschaftlicher Artikel im Journal of Urban Planning and Development publiziert (Schneider, M., Tötzer, T., Bügelmayer-Blaschek, M., and Berg, R. 2023. „Pitfalls and Potentials of Microclimate Simulations in Urban Planning“). Für die Konferenz „REAL CORP 2023, 28th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society“ mit dem Fokus auf „Nature-based Solutions for Sustainable Resilient Smart Green and Blue Cities“ wurde ein Reviewed Paper unter dem Titel „Making green real – how to promote greenery in real estate development“ präsentiert. Dieses wurde vom gesamten Projektkonsortium verfasst und beinhaltet wesentliche Erkenntnisse aus dem Projekt GreenDeal4Real. Neben diesen wissenschaftlichen Disseminationen wurde das Projekt auch vor Fachpublikum mehrfach vorgestellt, präsentiert und die Erkenntnisse im Zuge der Überarbeitung der Brandschutzverordnung oder neuen Bauordnung eingebracht.

7 Ausblick und Empfehlungen

Bereits ab der Planung in einem Bauprojekt dabei zu sein, führt zu wesentlichen neuen Erkenntnissen (z.B. Brandschutz), bietet die Möglichkeit noch bau- und vegetationstechnisch einzugreifen und ermöglicht es, dass praxisrelevante Entscheidungen auf Forschungsergebnissen wie z.B. Klimasimulationen basieren. Es birgt allerdings auch das Risiko, dass sich Bewilligungen und Baubeginn verzögern, da Hindernisse bei einem Pionierprojekt schwer beeinflussbar sind. Der Fokus dieses Projekts blieb damit auf die Planungsphase beschränkt.

Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt zeigen, dass bereits bestehende Strategien, Leitfäden und rechtliche Rahmenbedingungen, um grüne Infrastruktur in der Immobilienentwicklung zu fordern und zu fördern, zwar existieren, aber noch Spielraum für Verbesserungen haben. Insbesondere das Bewusstsein und Wissen über qualitative und quantitative Wirkungen und Potentiale von grüner Infrastruktur, und deren Verbreiterung als Open Access Wissen kann gesteigert werden. Es wird damit die Verbreitung von Wissen gefördert, erleichtert den Austausch von Informationen und trägt auch dazu bei, die Wissenschaft transparenter und zugänglicher zu machen, was die Zusammenarbeit und Innovation fördert. Als Bestandteil des nachhaltigen Finanzrahmens der EU unterstützt dieser Ansatz die Ziele des European Green Deal, womit das Projekt einen wesentlichen Beitrag zu deren Zielen geleistet hat.

Gerade die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Forscher:innen, Immobilienentwickler:innen, Landschaftsarchitekt:innen und Vertreter:innen städtischer Behörden ermöglichte ein besseres kollektives Verständnis von Chancen, Hürden und mikroklimatischen Effekten von Grünräumen. Aus Sicht des Projektkonsortiums kann dieser integrative und interdisziplinäre Ansatz bereits am Beginn von Immobilienentwicklungsprojekten auch in Zukunft gestärkt und forciert werden, um das Thema Begrünung und ihre Vorteile nachhaltig in der Baubranche zu integrieren.

Das Forschungsprojekt ermöglichte den Nachweis der Wirkung von Begrünungsmaßnahmen für den Außen- und Innenraum auf Basis realistischer Planungsszenarien und Gegebenheiten. Dabei konnten verschiedene Parameter berücksichtigt werden, z.B. Gebäudeorientierung, Sonnenexposition, Windbeeinflussung, Gebäudematerialien, architektonisches Design, Umfang und Arten der Begrünung, Blattflächenindex, Brandschutzbestimmungen etc. Die simulierten Steigerungen des thermischen Komforts und Reduktion der Fassadentemperaturen überzeugten die Immobilienentwickler:innen zusätzliche Begrünungsmaßnahmen zu planen.

Forschungsprojekte wie GreenDeal4Real können somit wichtige Impulse für einen Wandel der Denkweise in der Immobilienbranche zu verstärktem Einsatz von Vegetation in Entwicklungsprojekten liefern. Insbesondere in Hinblick auf neue (rechtliche) Rahmenbedingungen wie die EU-Taxonomie, die neu beschlossene EU-Gebäuderichtlinie, die erstmalig die grün/blau Infrastruktur beinhaltet, werden diese bereits kurzfristig relevanter. Leuchtturmprojekte sind somit ein wichtiger Bestandteil der Innovationslandschaft, um Anstöße zu weiteren effektiven Maßnahmen zu geben. Diese Art von Projekten sollte weiterhin gefördert werden, um neue Aspekte und erwiesene Erkenntnisse rascher in Normen, Verordnungen und Richtlinien abbilden zu können.

Dadurch kann Stück für Stück ein begrünungsfördernder Planungsrahmen geschaffen werden, der einerseits naturbasierte Lösungen fördert und andererseits einen flexiblen Rahmen für Immobilienentwickler und Architekten bietet, um effektive und effiziente Lösungen zu entwickeln, die in den architektonischen Entwurf eingebettet sind. Obwohl strenge Vorgaben wie die obligatorische Fassadenbegrünung von 20 % für die Überwachung und Umsetzung erforderlich sind, helfen Flexibilität bei der konkreten Gestaltung, um die effektivste individuelle Lösung zu finden. Ergebnisse wie diese fließen auch in den internationalen Austausch ein, nicht nur bei Veranstaltungen, wie u.a. den Weltkongress der Bauwerksbegrünung, sondern auch in internationale Austauschgruppen, wie die von GRÜNSTATTGRAU etablierte U-Green Arbeitsgruppe. Damit wird die Vorreiterrolle von Österreich in dem Bereich der Planung und Umsetzung von Bauwerksbegrünungen gestärkt und weiterer Forschungsbedarf und Forschungsprojekte können aufgesetzt werden.

Neben dem rechtlichen Rahmen wäre die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes und der Betriebskosten für Heizung und Kühlung sowie des Wertzuwachses eine wichtige Motivation für Immobilienentwickler:innen und zukünftige Käufer:innen, mehr Grün zu realisieren. Unsere Studien haben gezeigt, dass wandgebundene Fassadenbegrünung zu den größten Verbesserungen der Wandoberflächentemperaturen sowohl außen als auch innen führen. Darüber hinaus sind auch die Vegetationstypen aller Begrünungsarten (Bäume, Sträucher, Gründächer, Fassadenbegrünung, etc.) für eine klimaresistente Begrünung von Bedeutung. In Anbetracht der prognostizierten Veränderungen bei Temperatur und Wasserverfügbarkeit könnten Pflanzen, die heute eine hohe Kühlleistung aufweisen, unter den künftigen Klimabedingungen ohne umfangreiche Pflege und Bewässerung nicht überleben. Hierfür kann künftig der vermehrte Einsatz von Grauwassernutzungsanlagen eine wertvolle Ressource darstellen und den Einsatz von Trinkwasser substituieren. Damit ist die Anpassung der Pflanzenwelt einhergehend, da nicht alle Pflanzen Grauwasser gut vertragen und die langsame Evaporation zum Überleben der Pflanze bei Wassermangel der Strategie zur Kühlung der Stadt gegenübersteht.

Dennoch ist es auch im Hinblick auf die derzeitigen Strategien zur Förderung der biologischen Vielfalt wichtig, die Begrünung nicht auf eine kleine Anzahl von „Hochleistungspflanzen“ zu beschränken. Dieses Zusammenspiel und die Wechselwirkungen von grüner und blauer Infrastruktur können noch zusätzlicher Forschungsleistungen und Empfehlungen nach sich ziehen.

Das parallel zur Immobilienentwicklung durchgeführte Planungslabor ermöglichte einen intensiven Austausch mit den Stakeholdern der Stadtverwaltung. Es stellte sich als wichtiges Instrument zur Identifikation von Hindernissen und Möglichkeiten heraus. Beispielsweise konnten Einschränkungen beim Brandschutz konstruktiv diskutiert und gelöst werden, sodass sinnvolle Kompromisse zwischen Sicherheit und klimaresilienter Planung erreicht werden konnten. Durch rechtliche Instrumente, Normen, Standards, städtebauliche Verträge o.ä. kann der nötige Druck erreicht werden, um klimaresiliente Maßnahmen verpflichtend in die Umsetzung bringen zu können. Neben dem Klimaschutz muss auch der Klimawandelanpassung eine Stellung in Forschungsprojekten eingeräumt werden. Forschungsprojekte wie GreenDeal4Real können dazu beitragen, dass hier von den verschiedenen Playern an einem Strang gezogen, anstatt gegeneinander gearbeitet wird. Durch die kollektive und interdisziplinäre Anstrengung ökologische, soziale und ökonomische Interessen zu vereinen kann die urbane Transformation in eine an das Klima angepasste und dem Klimaschutz gewidmete Zukunft gelingen.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Links: Luftbild des Baufelds und angrenzenden Gebieten (Quelle: Google Maps); Rechts: Visualisierung eines Entwurfs als 3D Modells am gegebenen Standort	21
Abbildung 2: Kostenreduktion und mehr Gestaltungsspielraum durch Einbeziehen mikroklimatischer Aspekte in einer möglichst frühen Planungsphase (Quelle: AIT)	25
Abbildung 3: Rhino-Simulationsmodell Status Quo	27
Abbildung 4: Rhino-Simulationsmodell Entwurf	27
Abbildung 5: ENVI-Met-Simulationsmodell Status Quo	27
Abbildung 6: ENVI-Met-Simulationsmodell Entwurf	27
Abbildung 7: Solare Einstrahlung am 11.6., 24-Stunden Durchschnitt	27
Abbildung 8: Windrichtungen, Häufigkeit & Geschwindigkeit für Wien Innere Stadt (Quelle: Weatherpark)	28
Abbildung 9: Windströmungssimulationen (Windgeschwindigkeit 4m/s links und Mitte, 10m/s rechts)	29
Abbildung 10: Skizze Fassadenbegrünungen Variante 1	31
Abbildung 11: Skizze Fassadenbegrünungen Variante 2	31
Abbildung 12: Verteilung von befestigten Flächen, intensiven und extensiven Grünflächen mit differenzierter Bepflanzung im Baufeld 2 im Entwurf	33
Abbildung 13: Verteilung von befestigten Flächen, intensiven und extensiven Grünflächen mit differenzierter Bepflanzung im Baufeld 2 in der optimierten Variante	33
Abbildung 14: ENVI-Met Modelle der Status Quo und Entwurfsvariante im Vergleich zu den Optimierungsvarianten 1 und 2	35
Abbildung 15: Fassadentemperaturen absolut, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.	36
Abbildung 16: Fassadentemperaturen – Differenz, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.	37
Abbildung 17: Fassadentemperaturen Differenz, Perspektive West, 15 Uhr, 11.6.	38
Abbildung 18: Skizze der Optimierungsvarianten 1 und 2 der Dachbegrünung für beide Bauteile (1 und 2). Darstellung der 24h gemittelten Oberflächentemperatur der Dachflächen	39
Abbildung 19: Variante A (Ansicht West BP1) mit troggebundener Vertikalbegrünung mit Rankhilfen ZWISCHEN den Balkonplatten	41
Abbildung 20: Variante B (Ansicht West BP1) mit bodengebundener Vertikalbegrünung und Rankhilfen VOR den Balkonplatten	41
Abbildung 21: Variante C (Ansicht West BP1) mit bodengebundener, geschoßübergreifender Vertikalbegrünung mit Rankhilfen zwischen den Fenstern - brandschutztechnisch möglich, aber geringer Wirkungsgrad und geringe Gestaltungsqualität	42
Abbildung 22: Variante D (Ansicht West BP1) mit wandgebundener Vertikalbegrünung und vollflächigem Vegetationsträger (Living Wall) zwischen den Balkonplatten	42

Abbildung 23: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 1.	43
Abbildung 24: ENVI-Met Simulationsmodell mit Fassadenbegrünung der Varianten A (Bauteil 1) und D (Bauteil 2) und mit Dachbegrünungsvariante 2 (intensiv begrünte Flächen anstatt extensiv begrünter Flächen, Sträucher anstatt Stauden, Erweiterung der Pergola, zusätzlich	43
Abbildung 25: Fassadentemperaturen absolut, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.	45
Abbildung 26: Fassadentemperaturen – Differenz, Perspektive West, 24h - Durchschnitt, 11.6.	45
Abbildung 27: Differenz der Fassadentemperatur außen zwischen Zukunft (2030) und Gegenwart (2010) der Varianten Entwurf und Variante A und D um 09:00.....	50
Abbildung 28: Differenz der Fassadentemperatur außen zwischen Zukunft (2030) und Gegenwart (2010) der Varianten Entwurf und Variante A und D um 15:00.....	50
Abbildung 29: Tagesverlaufdiagramm troggebundener (a) und wandgebunder (b) Fassadenbegrünung für die Außentemperatur der Fassade eines repräsentativen Hitzetags in der Zukunft (2030) und Gegenwart (2010).....	51
Abbildung 30: Tagesverlaufdiagramm troggebundener (a) und wandgebunder (b) Fassadenbegrünung für die Innentemperatur der Fassade eines repräsentativen Hitzetags in der Zukunft (2030) und Gegenwart (2010).....	52
Abbildung 31: Schematische Darstellung verschiedener LAI Bereiche der Fassadenbegrünung (Seah Soon Teck & Hyeong-Ill, 2016).	54
Abbildung 32: Werte des LAI im Verlauf eines Jahres (Pérez, Coma, Chàfer, & Cabeza, 2022)	54
Abbildung 33: Effekt der Werte des LAI auf die Fassadenaußentemperatur (linke Spalte) und Fassadeninnentemperatur (rechte Spalte) von wandgebundener (obere Zeile) und troggebundener (untere Zeile) Fassadenbegrünung. Die Variante ohne Fassadenbegrünung ist in schwarz, die Temperaturverläufe der LAI-Werte in den gegebenen Farben und die Lufttemperatur vor der Fassade in grau dargestellt.	55
Abbildung 34: Factsheet zur Integration von Begrünungsmaßnahmen in den Leistungsphasen eines Immobilienentwicklungsprojekts.....	66
Abbildung 35: Leistungen von Bauwerksbegrünungen (Quelle: GRÜNSTATTGRAU)	70
Abbildung 36: Frage 1 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	80
Abbildung 37: Frage 2 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	80
Abbildung 38: Frage 3 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	81
Abbildung 39: Frage 4 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	81
Abbildung 40: Frage 5 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	82
Abbildung 41: Frage 6 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	82

Abbildung 42: Frage 7 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	83
Abbildung 43: Frage 8 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung.....	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Retentionswirkung der Dachflächen	34
Tabelle 2: Überblick über Lebenszykluskosten verschiedener Systeme für Wandbegrünung und Gründächer.....	47
Tabelle 3: Beitrag des Projektes GreenDeal4Real zu den Bau-Leistungsphasen. Nach Lechner, H.: LM.VM.2014 I Objektplanung, Verlag der TU Graz, 2014	64

Literaturverzeichnis

- Albdour, M. S., & Baranyai, B. (2019). An overview of microclimate tools for predicting the thermal comfort, meteorological parameters and design strategies in outdoor spaces. *Pollack Periodica*, 14 (2), 109-118.
- Austrian Standards Institute (2010). Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken – Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. ÖNORM L1131, 2010-06-01, Wien.
- Austrian Standards Institute (2021). Vertikalbegrünung im Außenraum - Anforderungen an Planung, Ausführung Pflege und Kontrolle. ÖNORM L1136, 2021-04-01, Wien.
- Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., & Arcuri, N. (2016). Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy Build*, 122, 63-79. doi:10.1016/j.enbuild.2016.03.062
- Birkmann, J., & Fleischhauer, M. (2009). Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ – Konturen eines neuen Instruments. *Raumforschung und Raumordnung*, 67 (2), 114-127. doi:10.1007/BF03185700
- BMfVIT– Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2019). Wirkungen der grünen Stadt. *Berichte aus Energie- und Umweltforschung 12/2019*, Wien.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2023). Qualitätssicherung der liegenschaftsübergreifenden Begrünung für urbane Klimaresilienz im Quartier “Am Kempelenpark” - lieBeKlima. *Berichte aus Energie- und Umweltforschung 43/2023*, Wien.
- Brandenburg, C., Damyanovic, D., Reinwald, F., Alex, B., Gantner, B., & Czachs, C. (2015). *Urban Heat Islands Strategieplan Wien*. Wien: Wiener Umweltschutzabteilung - Magistratsabteilung 22.
- Climate.OneBuilding.Org*. (21. 10 2023). Von <https://climate.onebuilding.org/> abgerufen
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp. doi:http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en
- ENVI-Met*. (20. 10 2023). Von www.envi-met.com abgerufen

- Erbstößer, A.-C. (2016). *Produktion in der Stadt. Berliner Mischung 2.0*. Berlin: Technologiestiftung Berlin.
- Forum Qualitätspflaster. (2021). *Richtlinie Hydoraktive Pflaster und Plattenflächen*. Von <https://fqp.at/richtlinie-hydroaktive-pflaster-und-plattenflaechen---4umr> abgerufen
- Grasshopper*. (20. 10 2023). Von www.grasshopper3d.com abgerufen
- GRÜNSTATTGRAU. (2020). Von Positionspapier. Beitrag der Bauwerksbegrünung zur Konjunkturbelebung und ökologischen Transformation der österreichischen Wirtschaft in der Post-Corona Zeit: https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2020/05/positionspapier_bauwerksbegruenung_konjunkturbelebung_markt_2020-1.pdf abgerufen
- GRÜNSTATTGRAU. (2022). *GREENERGIEAUSWEIS*. Von <https://gruenstattgrau.at/greenergieausweis/> abgerufen
- GRÜNSTATTGRAU, & Verband für Bauwerksbegrünung. (2022). *Checkliste für Ausschreibungen von Vertikalbegrünung*. Von <https://gruenstattgrau.at/checkout/?doc=23766> abgerufen
- Hoelscher, M., Nehls, T., Jänicke, B., & Wessolek, G. (2016). Quantifying cooling effects of facade greening: shading, transpiration and insulation. *Energy Build*, 144, 283–290. doi:10.1016/j.enbuild.2015.06.047
- Homeier, I., Pangerl, E., Tollmann, J., Daskalow, K., & Mückstein, G. (2019). *Smart City Wien Rahmenstrategie 2019-2050: Die Wiener Strategie für eine nachhaltige Entwicklung*. Wien: Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung.
- IPCC. (2000). *IPCC Special Report Emission Scenarios (Summary for Policymakers)*.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*.
- LadybugTools*. (20. 10 2023). Von www.ladybug.tools abgerufen
- lieBeKlima. (2023). *Qualitätenkatalog und Textbausteine für Ausschreibungsunterlagen von Architekturwettbewerben für liegenschaftsübergreifende Begrünungsprojekte*. Von <https://gruenstattgrau.at/checkout/?doc=25855> abgerufen
- Murray, J., & Heggie, D. (2016). From urban to national heat island: The effect of anthropogenic heat output on climate change in high population industrial countries. *Earth's Future*, 4, 298-304.
- Natur im Garten Service GmbH, grünplan gmbh (2020). Klimafitte Parkplätze - Durch Entsiegelung der sommerlichen Hitze entgegensteuern. *Niederösterreichische Wohnbauforschung*, Tulln.
- Pérez, G., Coma, J., Chàfer, M., & Cabeza, L. F. (Januar 2022). Seasonal influence of leaf area index (LAI) on the energy performance of a green facade. *Building and Environment*.
- Reinwald, F., Damyanovic, D., Weichselbaumer, R., Liebl, U., & Brandenburg, C. (2019). *Green up your City, Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien*. Magistratsabteilung 50 - Wohnbauforschung und internationale Beziehungen, Wien.
- Reinwald, F., Ring, Z., Kraus, F., Kainz, A., T, T., & Damyanovic, D. (2019). Green Resilient City - A framework to integrate the Green and Open Space Factor and climate simulations into everyday planning to support a green and climate-sensitive landscape and urban development. In I. C. 323 (Hrsg.), *SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT D-A-CH CONFERENCE 2019*. Graz. doi:10.1088/1755-1315/323/1/012082
- Rosenberger, M., Braumann, A., & Emrich, H. (2017). *Fachkonzept produktive Stadt*. Wien: Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung.

- Schneider, M., Tötzer, T., Bügelmayer-Blaschek, M., & Berg, R. (2023). Pitfalls and Potentials of Microclimate Simulations in Urban Planning. *Journal of Urban Planning and Development*, 149, Issue 4. doi:<https://doi.org/10.1061/JUPDDM.UPENG-4504>
- Seah Soon Teck, A., & Hyeong-III, K. (2016).). A Study of Workflow for Simulations of Vertical Greenery Systems. *Architecture Research*, S. 142-153.
- Spitzer, M. (2017). Ins Grüne und Blaue. Natur: Geschützt, gesund und teuer! *Nervenheilkunde*, 36, 689-694.
- Stadler, R. (2022). Von Die OIB-Richtlinie 7: Inhalt und Zeitplan: <https://www.handwerkundbau.at/bauen/die-oib-richtlinie-7-inhalt-und-zeitplan-46865> abgerufen
- Takács, Á., Kiss, M., Hof, A., Tanács, E., Gulyás, Á., & Kántor, N. (2016). Microclimate modification by urban shade trees – an integrated approach to aid ecosystem service-based decision-making. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 97–109.
- Technische Universität Darmstadt (2013). Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. *Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Bau-, Stadt- und Raumforschung*, Darmstadt.
- World Bank. (2010). *Cities and climate change: An urgent agenda. Urban development series, knowledge papers no. 10*. Washington DC: The World Bank.

Abkürzungsverzeichnis

BF Baufeld

BP Bauplatz

CFD Computational Fluid Dynamics

FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

ISD Integrated Surface Database

LAI Leaf Area Index

LPH Leistungsphase

NBS Nature-based solutions

NHK Nettoherstellungskosten

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration

OIB Österreichisches Institut für Bautechnik

OG Obergeschoss

PET Physiological Equivalent Temperature

PMV Predicted Mean Vote

PV Photovoltaik

TMY Typical Meteorological Year

UHI Urban Heat Island

9 Anhang

Abbildung 36: Frage 1 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

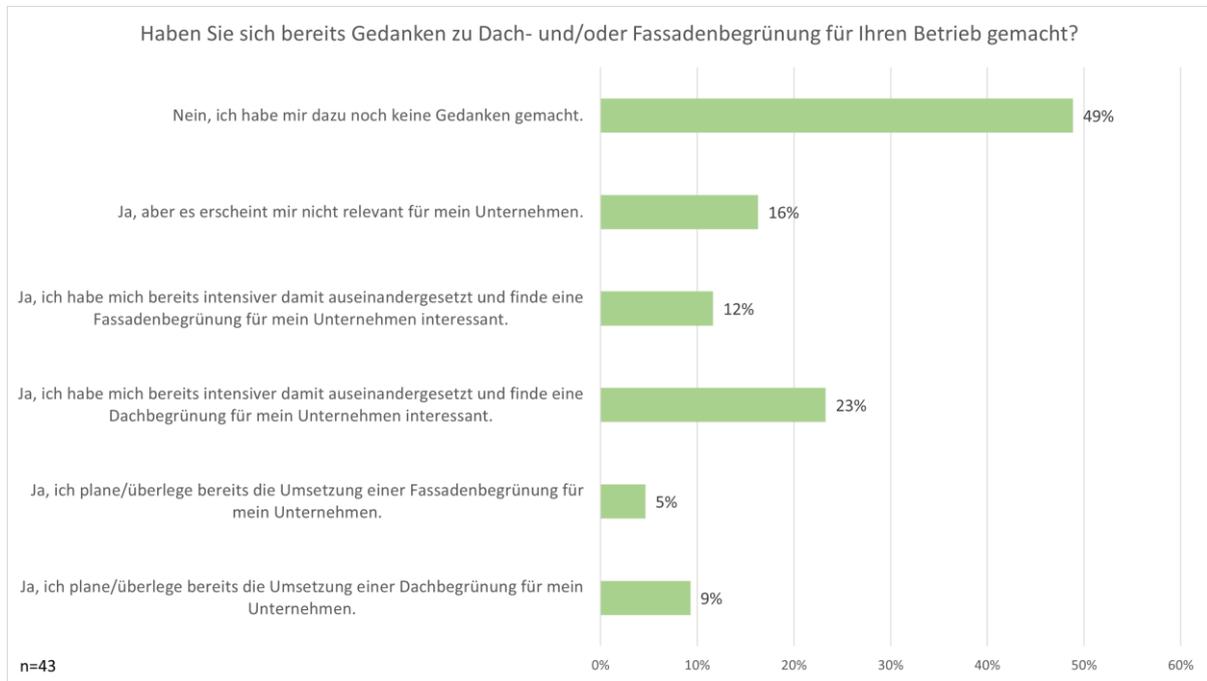


Abbildung 37: Frage 2 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung



Abbildung 38: Frage 3 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

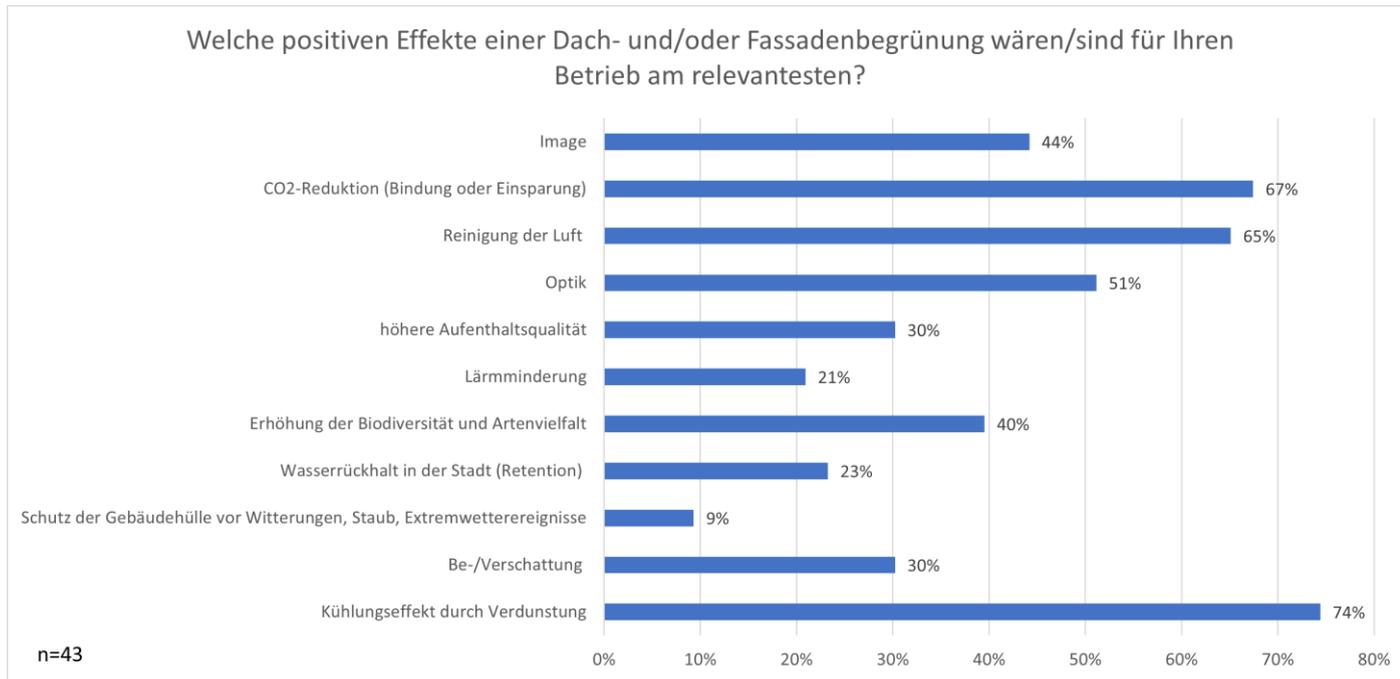


Abbildung 39: Frage 4 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

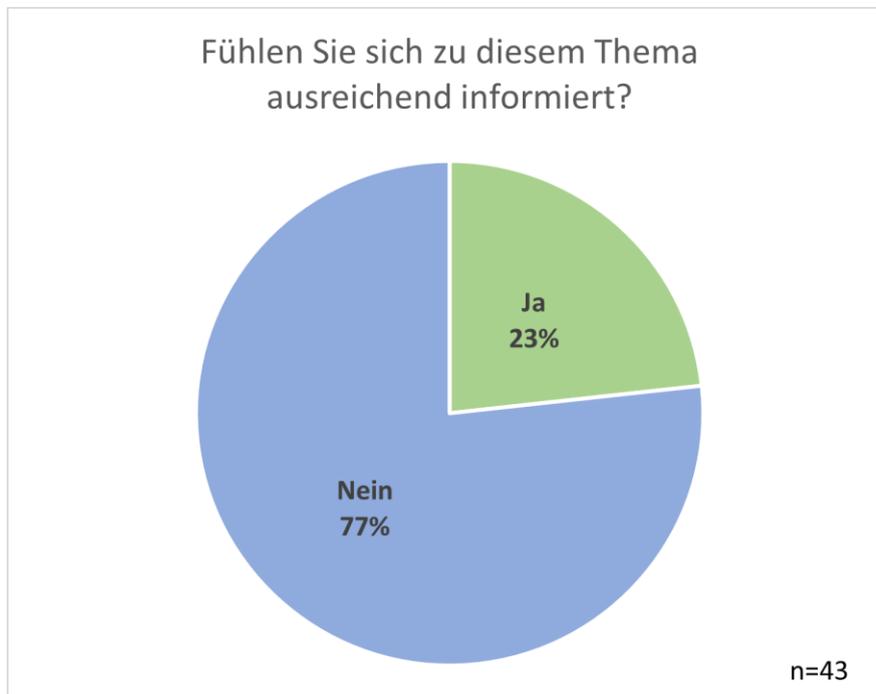


Abbildung 40: Frage 5 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

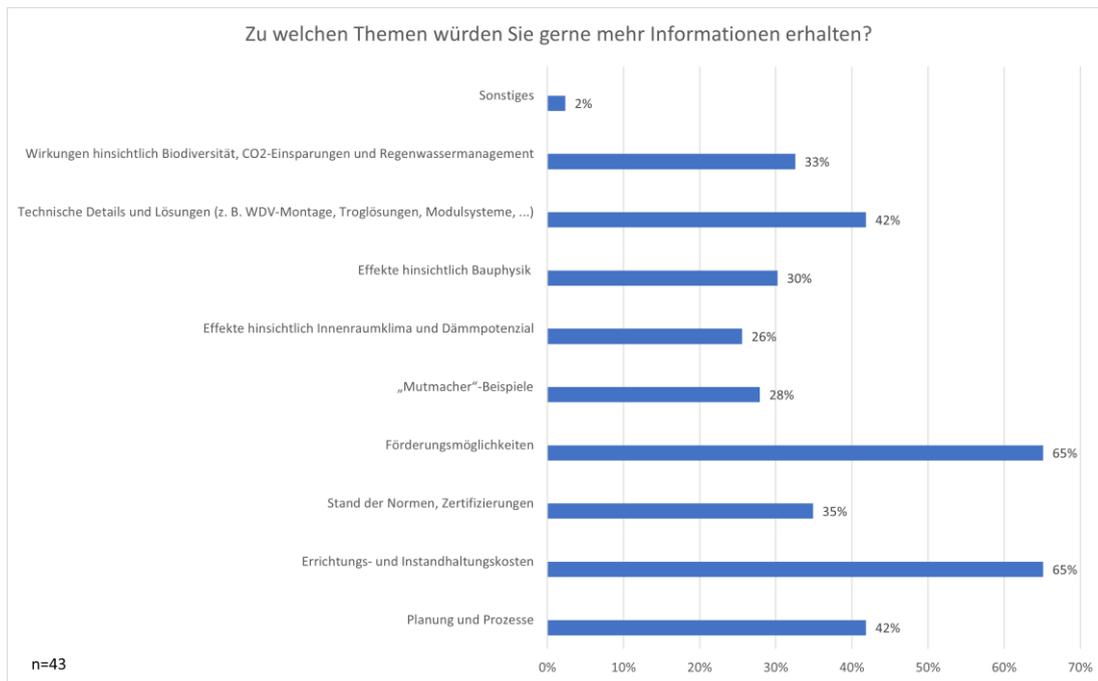


Abbildung 41: Frage 6 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

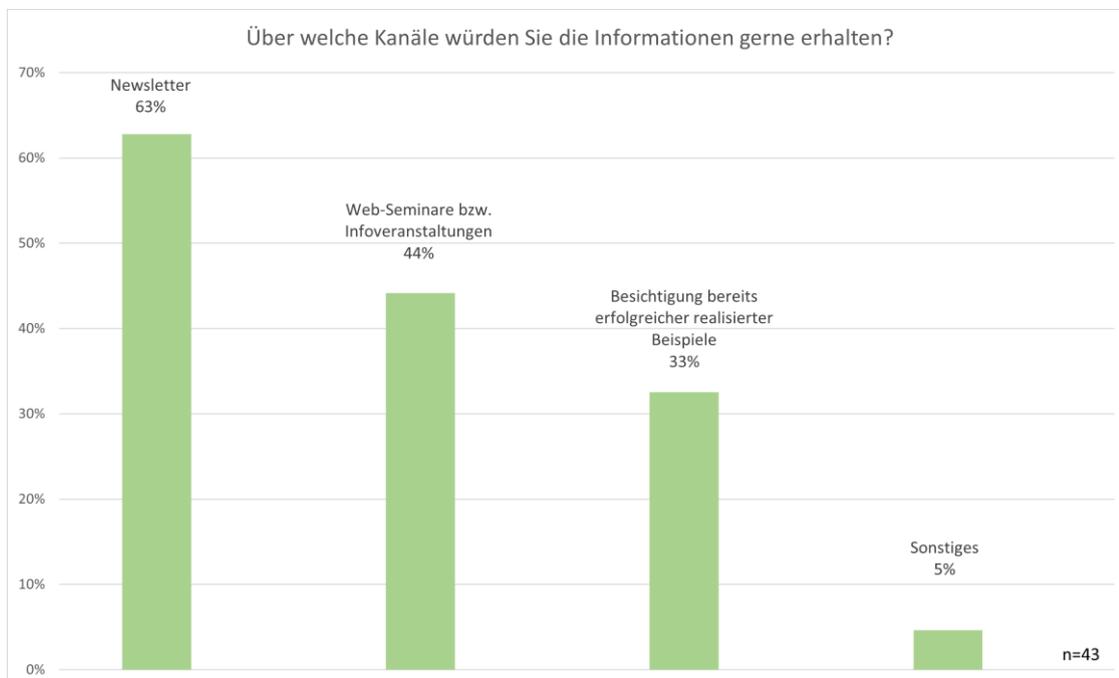


Abbildung 42: Frage 7 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

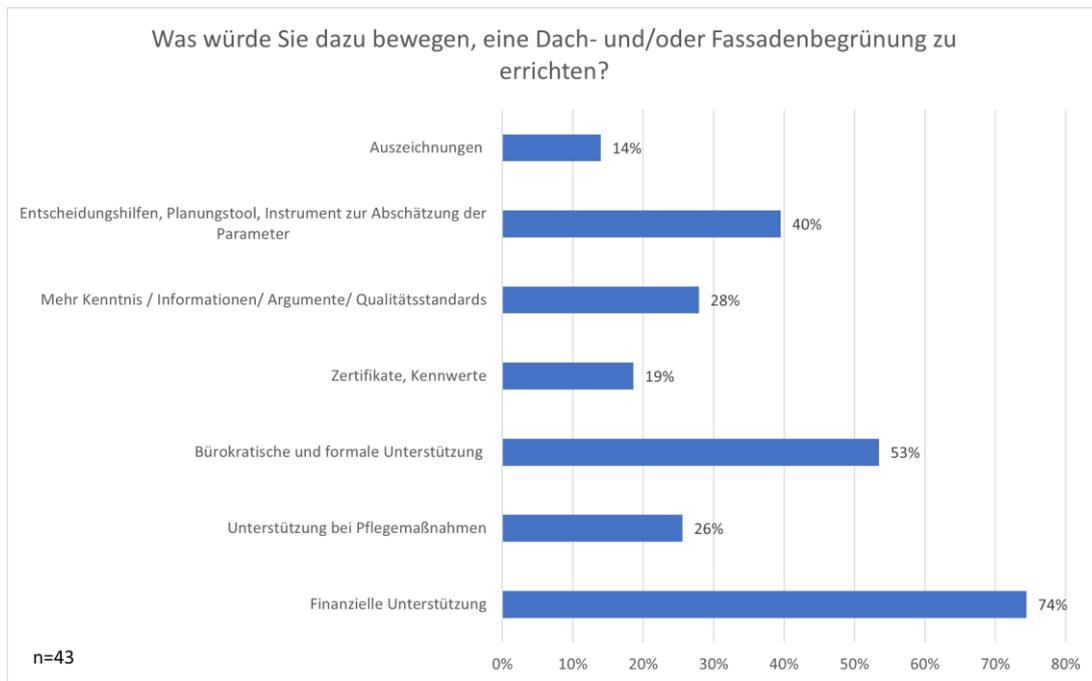


Abbildung 43: Frage 8 der Umfrage unter Betrieben innerhalb der Gebiete des Fachkonzepts Produktive Stadt hinsichtlich ihrer Einstellung zu Dach- und Fassadenbegrünung

