

Post City Linz – Biodiversität im CO2 neutralen Quartier (Green.diversity.Linz)

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 32/2025

Wien, 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:

Martina Majcen, Tobias Weiss (AEE-INTEC)

Susanne Formanek, Isabelle Haymerle, Stefanie Kotrba (GRÜNSTATTGRAU Forschungs-
und Innovations-GmbH)

Andreas Boden, Lukas Boß (Studio Boden)

Stefan Nussmüller, David Wernig, Mario Stefan (Nussmüller Architekten ZT GmbH)

Harald Engelke, Andreas Frey, Peter Doppler, Alexej Putrih (Österreichische Post AG)

Wien, 2025. Stand: Juli 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	8
2	Abstract	10
3	Ausgangslage	12
	3.1. Transformation einer innerstädtischen Infrastrukturbrache	12
	3.2. Projektziele	13
	3.3. Aktueller Stand der Technik / Stand des Wissens	15
	3.3.1. Biodiversität im Quartier	15
	3.3.2. Regenwassermanagement	16
	3.3.3. Urbane Hitzeinseln und Mikroklima.....	20
	3.3.4. Lebenszyklusorientierte Freiraummanagementkonzepte	22
	3.3.5. Konzeption eines Plus-Energie-Quartiers unter Berücksichtigung der lokalen Energiesituation und der Stakeholder-Anforderungen.	24
	3.4. Ergebnisse aus anderen Projekten.....	25
4	Projekthalt	28
	4.1. Organisation des Projektes und prinzipielle Herangehensweise:	28
	4.2. Sondierung des Areals	29
	4.3. Biodiversität im Quartier:	29
	4.4. Begrünung und Freiraummanagement:	30
	4.5. Aufzeigen eines ganzheitlichen, CO ₂ neutralen Energiekonzepts.....	32
	4.6. Umsetzungskonzept.....	33
5	Ergebnisse	35
	5.1. Sondierung des Areals und Analyse der Vorentwurfsplanung	35
	5.1.1. Der Ort	35
	5.1.2. Der Bestand	36
	5.1.3. Wettbewerbsergebnis.....	37
	5.1.4. Analyse der geplanten Freiraumplanung und Bauwerksbegrünung.....	43
	Grünflächenanteil	48
	Hardscape	49
	Softscape.....	50
	5.1.5. Bestandsaufnahme der geplanten technischen Infrastrukturen	51
	Heizen	51
	Lüftung.....	51
	Elektro	52
	5.1.6. Klimatische Bedingungen und Energiebedarf aus der Vorentwurfsplanung	52
	5.2. Auflistung möglicher Realisierungsfelder	63

5.3. Biodiversität im Quartier	64
5.3.1. Sondierung des Habitatpotentials des Projektstandortes.....	64
5.3.2. Handlungsempfehlungen aus den Expertenworkshops Biodiversität mit besonderem Bezug auf das Sondierungsgebiet.....	66
5.3.3. Aufzeigen der Potentiale für Artenvielfalt.....	72
5.3.4. Gestaltung und Detailplanung, Interessensabgleich.....	76
5.4. Begrünung und Freiraummanagementkonzept	79
5.4.1. Sondierung Einbeziehen von Regenwassermanagement:	79
5.4.2. Anwendung des Schwammstadt-Prinzips in den Post City Gardens.....	87
5.4.3. Die Elemente der Schwammstadt in den Post City Gardens im Detail	89
5.4.4. Sondierung Reduktion urbaner Hitzeinseln/Mikroklima.....	102
5.4.5. Sondierung von Indikatoren für Monitoring von Freiraumkonzepten.....	103
5.4.6. Lebenszyklusorientiertes Freiraummanagementkonzept.....	105
5.5. Aufzeigen eines ganzheitlichen, CO ₂ - neutralen Quartiersenergiekonzepts	110
5.5.1. Photovoltaik.....	111
5.5.2. Lebenszykluskostenanalyse zur Fassaden-PV.....	119
5.5.3. Wärme aus Abwasser	125
5.5.4. Adiabate Kühlung	130
5.5.5. Geothermie und Anergienetz	133
5.5.6. Quartiersenergiebilanz und daraus resultierende CO ₂ Emissionen.....	140
5.5.7. Potential zur CO ₂ - neutralen Quartiersenergieversorgung	141
5.6. Potential der Kombination: Synergien und naturbasierte Lösungen	142
5.7. Umsetzungskonzept.....	144
5.8. Einpassung in das Programm „Stadt der Zukunft“ und Beitrag zu den Programmzielen....	145
6 Schlussfolgerungen	146
7 Ausblick und Empfehlungen	148
8 Verzeichnisse.....	150
9 Anhang.....	159
9.1. Greenpass – Pre Certification (separates PDF)	159
9.2. Biodiversitätskonzept angelehnt an Animal-Aided Design, AAD® (separates PDF)	159
9.3. Umsetzungskonzept (separates PDF)	159
9.4. Data Management Plan (DMP) – Opt out.....	159

1 Kurzfassung

Ausgangssituation und Motivation zur Durchführung des F&E-Projekts

Das ehemalige Postverteilerzentrum neben dem Linzer Bahnhof erfährt aktuell eine grundlegende Transformation von praktisch vollständig versiegelter Infrastrukturbrache hin zu einem **gemischt genutzten Quartier mit ca. 150.000m² Bruttogeschoßfläche**. Ein innovativer Nutzungsmix aus Büro, Gewerbe, Hotel, Infrastruktur und Wohnen in **11 großvolumigen Häusern und Frei- und Grünräumen auf mehreren Ebenen**, der in den nächsten Jahren in mehreren Phasen errichtet wird, verwandelt das ehemals geschlossene Areal zukünftig in einen durchlässigen, verbindenden Baustein im Stadtgefüge. Diese „Post City Gardens“ bieten durch ihre zentrale Lage hervorragende Voraussetzungen für die Entwicklung eines von Grund auf **innovativen, energie- und ressourcenschonenden Quartiers**. Um diese Chance über das in der regulären Planung gewohnte Maß hinaus zu ergreifen, wurde das gegenständliche Sondierungsprojekt von Seiten der Post AG zusammen mit dem Planungsteam und Spezialisten aus Begrünung, Biodiversität und Energie initiiert.

Projekt-Inhalte und Zielsetzungen

Der Schwerpunkt des Projektes lag darauf, ein **Bündel von Maßnahmen** als Teil eines systematischen und aufeinander abgestimmten Vorgehens zu entwickeln. Die Hauptthemen waren **biodiversitätsfördernde Gebäudehüllen und tierfreundliche Freiräume**, eine **CO₂ neutrale Energieversorgung und innovatives Energiemanagement** im Quartier sowie **Regenwassermanagement** am Prinzip der „Schwammstadt“. Dabei lag der Fokus neben der Prüfung der möglichen Einzelmaßnahmen insbesondere auch auf der **Integrierbarkeit der Themen** Biodiversität, Stadtklima, Regenwassermanagement und CO₂-neutrale Energieversorgung in der baulichen Realisierung und der **ökologischen und ökonomischen Auswirkungen** dieser Maßnahmen.

Methodische Vorgehensweise

Nach der detaillierten Analyse des Ist-Zustandes und des vorliegenden Vorentwurfs-Planstandes wurden zuerst fachspezifisch eine Vielfalt an möglichen Maßnahmen für die Themenfelder Biodiversität, tierfreundliche Gestaltung, Bauwerksbegrünung, erneuerbare Energieproduktion, Energieeinsparung und -management, Regenwassermanagement und Freiraumgestaltung untersucht und bewertet und anschließend in **interdisziplinären Planungstreffen in ein aufeinander abgestimmtes und an die spezifische Architektur angepasstes Umsetzungskonzept** gegossen. Inputs von Fachexpert:innen, energetische Simulationen und der Einsatz von ökologische Bewertungstools und Lebenszykluskostenanalysen unterstützten dabei die Entscheidungsprozesse.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In der Sondierung konnten zahlreiche Ergebnisse erarbeitet werden, die einerseits in die laufende Planung einfließen, andererseits aber multiplizierbare, allgemein gültige Erkenntnisse für die Entwicklung von zukunftsfähigen, resilienten energie- und ressourcenschonenden Quartieren darstellen. Von der vorteilhaften **Schichtung von Begrünung, Biodiversitätsmaßnahmen und solarer**

Energieproduktion an Hochhausfassaden über effiziente, an das lokale **Mikroklima optimierende Stadt begrünungstechnologien** bis hin zu detaillierten Analysen des **Regenwassernutzungspotentials** wurden zahlreiche Maßnahmen erarbeitet und in das Umsetzungskonzept übernommen. Bezüglich des Energiemanagements konnte durch die Entwicklung eines **kreislauforientierten lokalen Energiekonzeptes unter Einsatz von Geothermie, Photovoltaik und Wärmerückgewinnung aus Grauwasser** der jährlich zu erwartende CO₂-Ausstoß im Vergleich zu einem Fernwärme- und Fernkältekonzept rechnerisch um fast 90% gesenkt werden. Das vorliegende Projekt zeigte auch, dass der fachliche Austausch von Begrünungs-, Biodiversitäts-, Regenwasser- und Energieexpert:innen mit den Architekt:innen in einem frühen Planungsstadium solcher Quartiere unbedingt zu empfehlen ist und damit ökologisch, ökonomisch und architektonisch ansprechenden Gesamtlösungen ohne langwierige und kostspielige Umplanungen durch nicht aufeinander abgestimmte Einzelmaßnahmen erreicht werden können. In der Energieplanung solcher Gesamtquartiere besteht eine große Herausforderung im **Spannungsfeld zwischen normgerechter Auslegung der Heiz- und Kühlanlagen und dem tatsächlichen Bedarf in der Nutzungsphase**, der während der Planung noch nicht genau bekannt und bei normgerechter Berechnung tendenziell überschätzt wird, was zu ökologisch und ökonomisch nachteiligen Lösungen führen kann.

Ausblick

Die in der Sondierung gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die laufenden Planungen und die Umsetzung und stellen allgemein gültige Erkenntnisse für die Transformation von innerstädtischen Industrie- und Gewerbeflächen in Richtung resilianter energie- und ressourcenschonender Quartiere dar. Die frühzeitige Betrachtung der lokalen ökologischen Gegebenheiten (Mikroklima, Flora, Fauna, Wassersituation), Analyse der lokalen Energiegewinnungspotentiale und eine kreislauforientierte Energieplanung müssen **künftig einen integralen Bestandteil von Quartiersplanungsprozessen** darstellen, um den aktuellen Klimazielen gerecht zu werden.

2 Abstract

Initial situation and motivation for the implementation of the R&D project

The former postal distribution center next to the Linz train station is currently undergoing a fundamental transformation from a virtually completely sealed infrastructural wasteland to **a mixed-use quarter with approximately 150,000m² of gross floor area**. An innovative mix of office, commercial, hotel, infrastructure and residential uses in **11 large-volume buildings and open and green spaces on several levels**, which will be built in several phases over the next few years, will transform the formerly closed area into an open, connecting building block in the urban fabric in the future. Thanks to their central location, these "Post City Gardens" offer excellent conditions for the development of a neighborhood that is **innovative from the ground up and conserves energy and resources**. In order to seize this opportunity beyond what is usual in regular planning, the present exploratory project was initiated by Post AG together with the planning team and specialists in greening, biodiversity and energy.

Project content and objectives

The project focused on developing a **bundle of measures** as part of a systematic and coordinated approach. The main topics were **biodiversity-promoting building envelopes and animal-friendly open spaces, a CO₂-neutral energy supply and innovative energy management** in the neighborhood, and **rainwater management** based on the principle of the "**sponge city**". In addition to examining the possible individual measures, the focus was particularly on the **integrability of the topics** of biodiversity, urban climate, rainwater management and CO₂ neutral energy supply in the constructional realization and the **ecological and economic effects** of these measures.

Methodical approach

After a detailed analysis of the current state and the existing preliminary design plan, a variety of possible measures for the topics of biodiversity, building greening, renewable energy production, energy conservation and management, stormwater management and open space design were first examined and evaluated on a subject-specific basis and then cast into a coordinated implementation concept adapted to the specific architecture in interdisciplinary planning meetings. Inputs from subject matter experts, energy simulations, and the use of ecological assessment tools and life cycle cost analysis supported the decision-making processes.

Results and conclusions

The exploratory phase produced numerous results that, on the one hand, can be incorporated into the ongoing planning, and on the other hand, represent multipliable, generally applicable findings for the development of sustainable, resilient neighborhoods that conserve energy and resources. From the **beneficial layering of greening, biodiversity measures and solar energy production on high-rise facades**, to efficient **urban greening technologies that optimize to the local microclimate**, to detailed analyses of **rainwater harvesting potential**, numerous measures were investigated and incorporated into the implementation concept. With regard to energy management, the

development of a **cycle-oriented local energy concept using geothermal energy, photovoltaics and heat recovery from gray water** reduced the annual CO₂ emissions by almost 90% in comparison to a district heating and cooling concept. The present project also showed that the professional exchange between greening, biodiversity, rainwater and energy experts and architects at an early planning stage of such quarters is absolutely recommended and thus ecologically, economically and architecturally appealing overall solutions can be achieved without lengthy and costly re-planning due to non-coordinated individual measures. In the energy planning of such overall quarters, there is a great challenge in the **conflict between the standard-compliant design of the heating and cooling systems and the actual demand in the utilization phase**, which is not yet precisely known during the planning stage and tends to be overestimated in the case of standard-compliant calculation, which can lead to ecologically and economically disadvantageous solutions.

Outlook

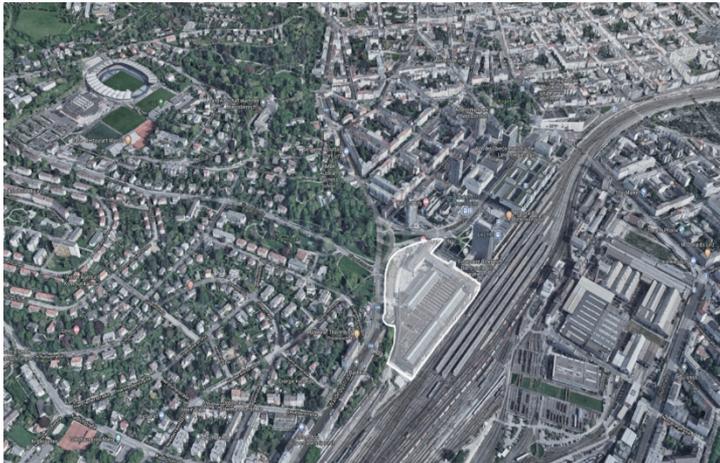
The findings obtained in the exploratory study form the basis for ongoing planning and implementation and represent generally valid insights for the transformation of inner-city industrial and commercial sites toward resilient energy- and resource-efficient neighborhoods. The early consideration of local ecological conditions (microclimate, flora, fauna, water situation), analysis of local energy generation potentials and cycle-oriented energy planning **must be an integral part of neighborhood planning processes in the future** in order to meet current climate goals.

3 Ausgangslage

3.1. Transformation einer innerstädtischen Infrastrukturbrache

Seit dem Auszug des Postverteilerzentrums im Jahr 2014 hat das Areal neben dem Hauptbahnhof in Linz seine angestammte Funktion verloren und wird derzeit einer Quartiersentwicklung von über 150.000m² Bruttogeschoßfläche zugeführt. Die zentrale Lage und die exzellente Anbindung an den öffentlichen Verkehr – Bahn, Straßenbahn, Bus – bietet dabei hervorragende Chancen für die Entwicklung eines innovativen, energie- und ressourcenschonenden Quartieres. Zudem sorgt der erst im Jahr 2004 neu errichtete Hauptbahnhof mit BahnhofCenter (Geschäfte, Gastronomie) und Bahnhofspark für eine hohe Frequenz am Standort.

Abbildung 1: Areal der Post City Linz. Grafik: Nussmüller Architekten



Die Ausgangslage zeigt ein praktisch vollständig versiegeltes, abgeschlossenes Areal mit rd. 4,0 ha Grundstücksfläche und dem nicht mehr benötigten Postverteilerzentrum.

Im Zuge der geplanten Umwidmung wurde von der Österreichischen Post AG 2019 ein zweistufiger EU-weit offener Generalplaner:innen-Wettbewerb ausgelobt¹, den ein Team aus Graz um Nussmüller Architekten ZT GmbH und Studio Boden Landschaftsarchitektur mit folgendem Entwurf für sich entscheiden konnte: Ein Stadtteil mit **innovativem Nutzungsmix** aus Büro, Gewerbe, Hotel, Infrastruktur und Wohnen in 11 großvolumigen Häusern auf acht Sockelzonen und Frei- und Grünräumen auf mehreren Ebenen, der in den nächsten Jahren in mehreren Phasen errichtet wird, verwandelt das ehemals geschlossene Areal zukünftig in einen durchlässigen, verbindenden Baustein im Stadtgefüge. Um seinem Quartiersnamen „**Post City Gardens**“ gerecht zu werden, sollen rund 6.000m² des öffentlichen Raums mit Grünflächen und Parks sowie zudem rund 13.000 m² begrünte Dachflächen bzw. Dachterrassen geschaffen werden.

¹ <https://www.architekturwettbewerb.at/competition/id/2396>, [Stand: 25.07.2023]

Abbildung 2: Visualisierung der neuen Post City Gardens aus dem Architekturwettbewerb.
Grafik: Nussmüller Architekten



Bereits in der Wettbewerbsphase wurden neben Bodenuntersuchungen auch Windsimulationen durchgeführt und ein eigenes Grünraum- und Energiekonzept erstellt. Darüber hinaus ließ das Konzept aber auch verschiedene Möglichkeiten zu, die angedachten Grünflächen weiter zu optimieren und den Weg Richtung Plus Energie Quartier mit CO₂ neutraler Energieversorgung und innovativem Energiemanagement zu optimieren. Weiters war es möglich, basierend auf diesen planerischen Vorgaben, integrative Konzepte mit Nature Based Solutions (NBS) mit größtmöglicher Wirkung und Akzeptanz in der „Post City Linz“ zu entwickeln. Diese Chancen wurden mit der Initiierung des vorliegenden Projektes genutzt.

3.2. Projektziele

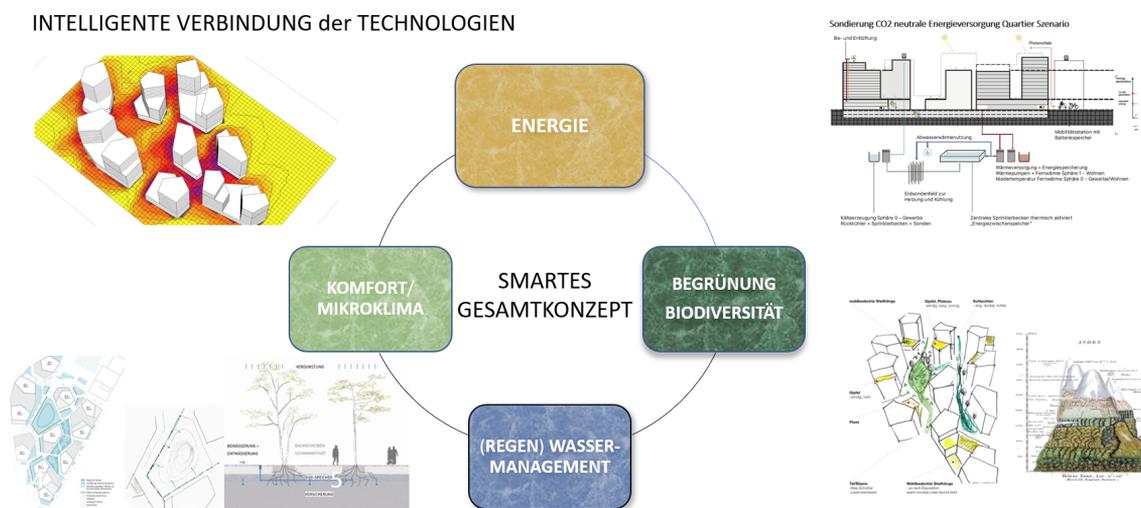
Ziel war es einerseits an diesem Beispiel-Quartier zu sondieren, wie durch Biodiversitätsförderung im Quartier, Schwammstadt Konzepte, Regenwassermanagement, Maßnahmen gegen urbane Hitzeinseln sowie der Implementierung eines lebenszyklusorientierten Freiraumkonzepts, die Lebensqualität in den Gebäuden sowie an den öffentlichen Plätzen und Straßen umfassend, nachhaltig und kosteneffizient erhöht und die Resilienz gegen Wetterextreme verbessert werden können.

Der zweite wesentlichen Baustein der Sondierung war die Konzeption einer **nachhaltigen, sicheren und leistbaren Quartiersenergieversorgung**, die sich möglichst stark an das **Konzept des Plus-Energie-Quartiers annähert**. Bei diesem Konzept soll im Quartier durch die Nutzung von lokalen Energiequellen, Synergien bezüglich Mischnutzungen und Flexibilitäten bilanziell über das Jahr mehr Energie (Strom und Wärme) produziert werden als die NutzerInnen verbrauchen. Im Rahmen des

Projektes wurden die Möglichkeiten untersucht, dieses Konzept auf die sehr dichte Post-City Linz zu übertragen. Dabei bietet die Betrachtung des **Gesamtquartieres anstelle von Einzelgebäuden** die Chance auf höhere Gesamtenergieeffizienz und Eigenverbräuche von lokal erzeugter erneuerbarer Energie, wenn man sich durch intelligente Steuertechnologien der Energieflexibilitätsoptionen bedient, die sich durch die Synergien zwischen verschiedenen Nutzungen ergeben. Dabei wurde die Energieversorgung aber nicht als isolierter Baustein betrachtet, sondern mit den Begrünungs-, Biodiversitäts- und Freiraumgestaltungsmaßnahmen in Beziehung gesetzt und damit die gegenseitigen Wechselwirkungen in Bezug auf Energieverbrauch und Architektur mitbetrachtet.

Der innovative Ansatz bestand darin, ein **Bündel von Maßnahmen** als Teil eines systematischen und aufeinander abgestimmten Vorgehens zu entwickeln: **biodiversitätsfördernde Gebäudehüllen und Freiräume** angelehnt an Animal-Aided design®, eine **CO₂ neutrale Energieversorgung** und **innovatives Energiemanagement** im Quartier sowie **Regenwassermanagement** am Prinzip der „Schwammstadt“. Neben der Prüfung der möglichen Einzelmaßnahmen wurde dabei auch die **Integrierbarkeit der Themen** Biodiversität, Stadtklima, Regenwassermanagement und CO₂ neutrale Energieversorgung in der baulichen Realisierung eines solchen Quartieres in den Mittelpunkt gestellt und die Wechselwirkungen, Synergiepotentiale und **ökologischen und ökonomischen Auswirkungen** dieser Maßnahmen untersucht.

Abbildung 3 Verbindung der Einzelmaßnahmen zu einem smarten Gesamtkonzept für innerstädtische Quartiersentwicklungen als Projektschwerpunkt. Grafik: Projektkonsortium



Nachfolgend werden die Hauptziele des Projektes nochmals aufgelistet:

- Förderung von Biodiversität im innerstädtischen Quartier
- Höhere Lebensqualität: Thermischer Komfort durch Reduktion urbaner Hitzeinseln, bessere Luft, qualitativ hochwertige Frei- und Grünräume
- Energieeffiziente Freiraum-, Gebäude- und Fassadenlösungen
- Reduktion klimabezogener Risiken & Kosten

- Untersuchung von Performance-Indikatoren zur Maßnahmenbewertung im Grün- und Freiraum
- Effizientes Regenwassermanagement unter Berücksichtigung von Starkregenereignissen
- Qualitatives, nachhaltiges Quartiersenergiemanagementkonzept auf dem Weg zum Plus Energie Quartier unter maximaler Nutzung der lokalen erneuerbaren Energieproduktion
- Erarbeitung eines Integrativen Begrünungs-, Freiraum- und Energiemanagementkonzepts
- Erstellung eines Umsetzungskonzeptes, Übertragbarkeit der Ergebnisse als Grundlage für die Umsetzung

3.3. Aktueller Stand der Technik / Stand des Wissens

3.3.1. Biodiversität im Quartier

Während die Klimaschutz und Klimawandelanpassung mittlerweile breitflächig Einzug in Architektur und Städtebau gefunden haben und durch gesetzliche Regelungen unterstützt werden, hat das Thema **Biodiversität im urbanen Raum erst in den vergangenen Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen**. Durch das Problem der zunehmenden Flächenversiegelung und Nachverdichtung, die Anlage von „sauberen“ Rasen- und Grünflächen, die Fällung alter Baumbestände und Bereinigung von Brachflächen für Neubauprojekte werden Lebensräume für Tiere und Pflanzen immer weiter eingeschränkt. Steigende Verkehrsbelastung, erhöhter Nutzungsdruck durch den Menschen und Lärm- und Lichtverschmutzung tragen ebenso dazu bei, Nist- bzw. Nahrungshabitate zunehmend zu bedrohen. Vor allem durch entsprechend gestaltete grüne Infrastrukturen in den Städten wie z.B. Dach- oder Fassadenbegrünung können wertvolle Lebensräume für Tiere und Pflanzen geschaffen werden.

Im Rahmen des **EU Green Deals**² hat die Europäische Kommission die **Biodiversitäts-Strategie für 2030** eingeführt, welche die Verbesserung der grünen Infrastruktur in der Stadt fördert, der Verringerung der Artenvielfalt entgegenwirkt und Thematiken wie die Bodenversiegelung berücksichtigt. Im Wortlaut der Verordnung „sollten Maßnahmen zur Schaffung von biologisch vielfältigen und zugänglichen städtischen Wäldern, Parks und Gärten, Stadtbauernhöfen, begrünten Dächern und Mauern, Alleen, städtischen Wiesen und Hecken gehören. Diese Pläne sollten auch dazu beitragen, die Verbindungen zwischen Grünflächen zu verbessern, den Einsatz von Pestiziden zu unterbinden sowie das übermäßige Mähen städtischer Grünflächen und andere Praktiken, die die biologische Vielfalt schädigen, zu begrenzen“³ (Abschnitt 2.2.8). Nicht zuletzt ist auch in der **EU-Taxonomie**⁴, die sämtliche Finanzierungsströme im Sinne ihres Beitrages zu Nachhaltigkeitszielen klassifiziert, die die Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme als eines der sechs

² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [Stand: 26.07.2023]

³ *EU Biodiversitätsstrategie für 2030* (2020), online unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380> [Stand 26.7.2023]

⁴ Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (2020), online unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852&qid=1690373232355> [Stand 26.7.2023]

Umweltziele definiert. Im Ergänzungsdokument, das die technischen Bewertungskriterien für die Vermeidung wesentlicher Beeinträchtigungen des Biodiversitätszieles in der Bau- und Immobilienwirtschaft festlegt, wurden bisher allerdings nur Festlegungen für den Neubau getroffen, der nicht auf ökologisch wertvollen Flächen mit hoher biologischer Vielfalt errichtet werden darf, wenn die Investition als taxonomiekonform klassifizierbar sein soll⁵. Festlegungen, wie ein wesentlicher Beitrag der Bauwirtschaft zum Umweltziel Biodiversität aussieht, fehlen bislang.

In Österreich konkret, werden in der 2014 veröffentlichten **Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+**⁶ fünf Handlungsfelder und zwölf Ziele nach Schwerpunkten definiert, welche die relevanten Stakeholder wie u.a. Bund, Länder und Gemeinden unterstützen sollen, die Biodiversität nachhaltig zu erhalten und zu fördern. Zu den Handlungsfeldern der Strategie zählen unter anderem die Erkennung und Anerkennung der Biodiversität, die Reduktion der Belastungen sowie die Erhaltung und auch die Entwicklung von Biodiversität.

Zur Förderung der Biodiversität In der urbanen Freiraumgestaltung werden Methoden wie z.B. **Animal-Aided Design® (AAD)**⁷ vom Studio Animal-Aided Design in Berlin eingesetzt, welche die Bedürfnisse von Tieren bereits in der Planungsphase einer Stadtentwicklung integrieren. Hierbei geht es darum, gezielt das Vorkommen von Tieren in der urbanen Umgebung zu ermöglichen und zu fördern. Die Habitatmöglichkeiten des Standortes werden dabei zunächst geprüft und anhand der ausgewählten Zielarten entsprechende räumliche Konzepte und Maßnahmen entwickelt.

Die zunehmende Aufmerksamkeit auf urbane Biodiversität spiegelt sich auch in laufenden und abgeschlossenen Projekten zur Entwicklung von Biodiversitätsstrategien in Städten wie Paris⁸, Hamburg⁹ oder in der Schweiz¹⁰, aber auch in Berlin und München. In Wien wurde unter anderem das Interreg-Projekt „City Nature“¹¹ in Kooperation mit Bratislava von 2012 bis 2023 durchgeführt. Mit URBIO¹² besteht auch ein internationales Netzwerk zum Thema Urban Biodiversity and Design, das regelmäßig Konferenzen abhält.

3.3.2. Regenwassermanagement

Das Flächenwachstum der Städte über das letzte Jahrhundert in Kombination mit einem hohen Versiegelungsgrad und der Behandlung von Regen- und Abwasser durch technische Lösungen führt zur Unterbindung natürlicher Systeme und Kreisläufe und in weiterer Folge schnell zur Überlastung der öffentlichen Infrastruktur. Die Unterbindung des natürlichen Wasserkreislaufs durch die direkte

⁵ Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates (2021), online unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32021R2139&qid=1690373155671> [Stand 26.7.2023]

⁶ *Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+*, online unter https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/biol_vielfalt/biodiversitaets_strategie_oe2020.html [Stand: 26.07.2023]

⁷ Weisser (2015)

⁸ Jorzik (2020)

⁹ *Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt* (2012)

¹⁰ Obrist u. a. (2012)

¹¹ <https://www.city-nature.eu/city-nature-urbane-biodiversitaet-foerdern>, [Stand: 26.07.2023]

¹² <https://www.urbionetwork.com> [Stand: 26.07.2023]

Einleitung der Niederschlagswässer in den Kanal verursacht zudem Schwankungen bzw. Senkungen des Grundwasserspiegels. Mit der Zunahme der Starkregenereignisse im Zuge des Klimawandels gewinnt die Verzögerung der Abflussspitzen zusätzlich an Bedeutung, da dadurch Überflutungsereignisse vermindert werden und die konsekutiven Schäden verhindert oder klein gehalten werden können.

Regenwassermanagement beschreibt im Allgemeinen die Führung von Niederschlagswässern in einem Kreislaufsystem anhand verschiedener Maßnahmen. Prinzipiell lassen sich diese Maßnahmen den Kategorien Retention, Speicherung und Nutzung, Versickerung oder Verdunstung zuordnen. Primäres Ziel ist die Verwertung auf Eigengrund, damit öffentliche Kanäle und Anlagen entlastet werden. Der Begriff der „Verwertung“ deutet bereits darauf hin, dass Regenwasser hierbei als Ressource verstanden wird, und nicht als Abwasser (vgl. ¹³).

Ein urbanes Regenwassermanagement verfolgt das Ziel, die stadtinternen Wasser-Kreisläufe wiederherzustellen, zu stabilisieren und an die Systeme der umgebenden Kulturlandschaft anzugleichen (vgl. ¹⁴). Dafür muss der Versiegelungsgrad stark reduziert werden, um stattdessen über sickerfähige und vegetationsbedeckte Böden eine kontinuierliche Wasseraufnahme bzw. Verdunstung zu ermöglichen¹⁵. Für die gewünschte Performanz der Systeme und Leistungsfähigkeit der Maßnahmen, müssen diese möglichst zusammenhängend, vernetzt und großflächig geplant werden. Offen und punktuell gesetzte Maßnahmen haben nur wenig bis keine positiven Auswirkungen. Die folgende Auflistung verdeutlicht nochmals die Vielschichtigkeit der Auswirkungen.

Auswirkungen von urbanem Regenwassermanagement:

- Reaktivierung des natürlichen Wasserkreislaufs, natürliche Wasserbilanz
- Wasserversorgung von Boden und Pflanzen
- Milderung von Extremwetterereignissen (Dürre, Hochwasser), Katastrophenschutz (Mitigation, Adaption)
- Stabilisierung des Grundwasserspiegels
- Natürliche Reinigung des Wassers bei Versickerung
- Steigerung der Biodiversität durch Feuchtbiotope (Lebensraum für Flora und Fauna)
- klimatische Verbesserungen (Mikroklima, Stadtklima, Innenraumklima bei gebäudeorientierten Maßnahmen, positive Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen)
- Verbesserung der Luftqualität (Staubbindung, Befeuchtung)
- Potential zur Gestaltung und qualitativen Aufwertung öffentlicher, sowie privater Freiräume
- Nutzungsüberlagerung der Sicker- und Retentionsflächen, Multifunktionalität
- Nutzung von Niederschlagswässern als Ressource, Trinkwassereinsparung
- Entlastung öffentlicher Kanäle und Anlagen

¹³ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung (2013)

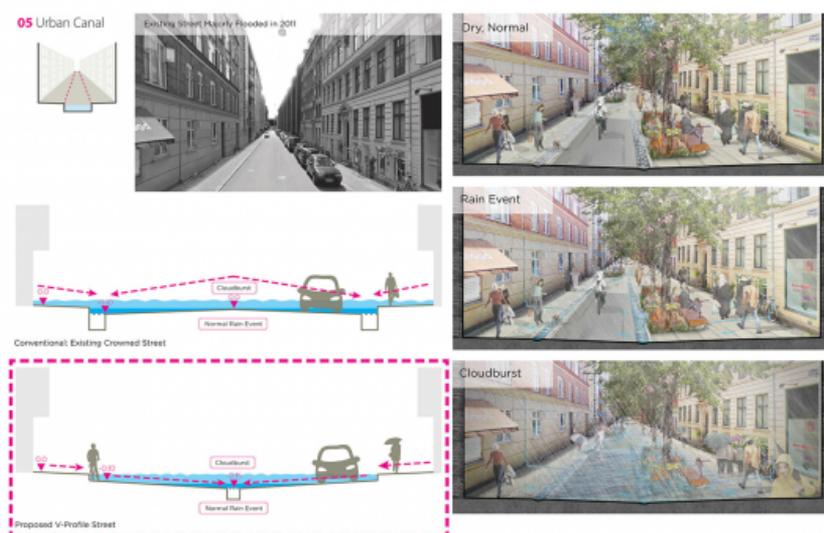
¹⁴ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung (2013)

¹⁵ Pfanner (2020), S. 30

Adaption an Flutereignisse (Klimawandelanpassung)

Obwohl durch professionelles Regenwassermanagement Flutereignisse deutlich gemildert werden können, kann eine vollständige Vermeidung von Wetterauswirkungen nicht erreicht werden. Deshalb ist neben der Milderung der Ursachen auch die Anpassung an die Auswirkungen von Extremwetterereignissen notwendig. Hierfür können dieselben Strategien herangezogen werden. Zusätzlich gibt es spezielle Maßnahmen, wie zum Beispiel die Änderung des Straßenprofils (zum V-Profil) und die damit verbundene oberirdische Leitung von Regenwasser (s. Abb. 4)

Abbildung 4: Beispiel für Anpassungsmaßnahmen an Flutereignisse. Aus: Copenhagen Cloudburst Masterplan. Grafik: Ramboll Studio Dreiseitl. Online unter <https://networknature.eu/embedded-case-study/18017> [8.8.2023]



Eine andere Möglichkeit ist die Einrichtung von großflächigeren Vertiefungen in Parks oder (Spiel-) Plätzen, die bei Überflutungsereignissen gezielt Wasser aufnehmen können, ohne dass Gebäude oder Infrastruktur zu Schaden kommen (urban flooding area).

Wie sich aus der Betrachtung verschiedener Best-Practice-Beispiele zeigt, erfolgt zunächst eine multiskalare Analyse – von der Stadtregion bis hin zu einzelnen Straßen. Informationen über die Topografie und den natürlichen Verlauf des Wassers werden gesammelt, Gefahren erkannt und Risikogebiete identifiziert. Aus den Erkenntnissen lassen sich Leitlinien entwickeln, die in der Planung und in Projekten des Stadtumbaus in Form von gezielten Maßnahmen angewendet werden. Die Städte müssen für die Zukunft robust, resilient und nachhaltig geplant werden. Ein entsprechend dimensioniertes Managementkonzept für Niederschläge erleichtert nicht nur den Umgang mit Extremwetterereignissen, sondern bietet darüber hinaus großes Potential für die Gestaltung und qualitative Aufwertung des öffentlichen Raums.

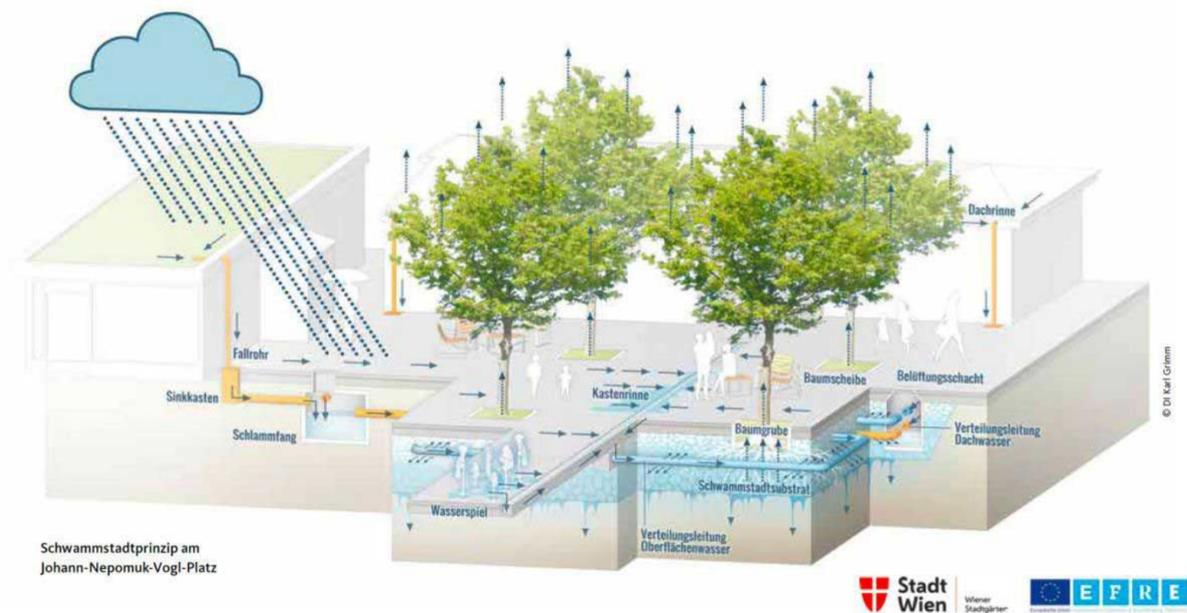
Das Schwammstadt-Prinzip

Ein Regenwassermanagementkonzept, das sich aktuell in der Stadtplanung etabliert, ist das Schwammstadt Prinzip. Es versucht, möglichst große Anteile des in den Städten anfallenden Regenwassers - sinnbildlich wie ein Schwamm- aufzunehmen, lokal zu speichern und zu versickern, verdunsten oder zu nutzen, anstatt es in die Kanalisation abzuleiten. „Schwammstädte“ bedürfen einer großmaßstäblichen, kontextbezogenen Betrachtung und systematischen Planung. Mit der SpongeCity Initiative in China (Start 2013) taucht der Begriff „Schwammstadt“ zum ersten Mal auf. Unter staatlicher Führung soll auf kommunaler Ebene zu Risikominimierung, Vorsorge, Sicherung und Einsparung von Trinkwasser, Anreicherung und Stabilisierung des Grundwassers aufgeklärt und Maßnahmen umgesetzt werden. Die entwickelte Strategie sieht vor, dass bis 2030 80% der Stadtoberfläche 70% der anfallenden Niederschläge aufnehmen. 2015 begannen 16 Städte mit der Umsetzung des Konzepts, kurz darauf folgen weitere 14 Städte (Vgl. ¹⁶).

Die speichernden Elemente der Schwammstadt, die idealerweise ein zusammenhängendes Netzwerk bilden, können verschiedenster Art sein z.B. sickerfähige Beläge, Dachbegrünungen, Sickermulden oder Baumpflanzungen. Dabei sind die einzelnen Schwammstadtmaßnahmen nie monofunktional, sondern bedienen als Systemleistungen immer verschiedene Felder. Beispielsweise sind die Leistungen einer begrünten Versickerungsmulde das Sammeln, Reinigen, Zwischenspeichern, Versickern, Verdunsten, Kühlen. Wenn die Funktion der Wasserspeicherung mit Bepflanzungen kombiniert wird, ergibt sich der zusätzliche Vorteil, dass das über die Pflanzen natürlich verdunstende Wasser zur Kühlung der Luft beiträgt. Ein besonders wirksames Element ist der Einsatz des Schwammstadt- Prinzips bei Baumpflanzungen. Hier wird ein spezielles Substrat verwendet (Grober Schotter vermischt mit Kompost) welches zum einen als stabiles, verdichtbares Fundament für Straßenbeläge dient, andererseits bleiben aber auch nach der Verdichtung ausreichend Hohlräume zwischen den Steinen übrig, um den Wurzeln der Bäume ausreichend Platz zu bieten. In diese Hohlräume kann das Regenwasser eingeleitet und unterirdisch zwischengespeichert werden, wodurch für die Bäume eine verbesserte Wasserversorgung und gleichzeitig ein verzögerter Wasserabfluss bei Starkregenereignissen stattfindet. Einige Projekte mit Baumpflanzungen nach Schwammstadt-Prinzip wurden in den letzten Jahren in Österreich realisiert. Die Umsetzung erfolgte zum Beispiel in Form von straßenbegleitenden Baumreihen (Quartier am Seebogen, Aspern, geplant durch 3zu0 Landschaftsarchitektur) oder auf Plätzen (Johann-Nepomuk-Vogl-Platz Wien, Karl Grimm Landschaftsarchitekten, Vorplatz Hotel Lend Graz, geplant durch studio boden).

¹⁶ Yin u. a. (2022)

Abbildung 5: Darstellung des Schwammstadt-Prinzips am Johann-Nepomuk-Vogl-Platz in Wien.
 Grafik: Karl Grimm, online unter <https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/schwammstadt.html>
 [8.8.2023]



Ähnliche Konzepte sind länderspezifisch durch andere Begriffe geprägt: „In den USA sind Stormwater Best Management Practices (BMPs) und Low Impact Development (LID) gängiger, Water Sensitive Urban Design (WSUD) kommen zur Anwendung in Australien, in Neuseeland Low Impact Urban Design and Development (LIUDD), in Singapur befasst man sich mit ABC Water Programme (Active, Beautiful, Clean) und aus China stammt das Sponge-City-Konzept (vgl. ¹⁷). Im deutschsprachigen Raum ist Regenwassermanagement der generelle Überbegriff, aber auch die englischen Begriffe finden ihre Wege in deutschsprachige Strategien wie Sustainable Urban Drainage System (SUDS) oder auch das zuletzt genannte Konzept der Sponge City (mit der deutschen Übersetzung „Schwammstadt“) [...]“¹⁸

3.3.3. Urbane Hitzeinseln und Mikroklima

Nach einer Prognose der Vereinten Nationen werden bis zum Jahr 2050 rund zwei Drittel aller Menschen in Städten leben. Diese Urbanisierung geht nicht nur mit der Erweiterung der Stadtgrenzen, sondern auch einer Verdichtung im urbanen Raum einher. Urbane Hitzeinseln (Urban Heat Islands, UHI) sind ein negativer klimatischer Effekt, der im Wesentlichen den Temperaturunterschied zwischen der Stadt und ihrem Umland beschreibt. Die Auswirkungen von Urbanen Hitzeinseln reichen von thermischem Unbehagen bis hin zu bedeutenden Gesundheitsrisiken und haben eine breite Palette von Konsequenzen für die städtische Bevölkerung,

¹⁷ Liao u. a. (2017), S. 204

¹⁸ Pfanner (2020), S. 33

die Umwelt und die Energiebilanz. Die Schwerpunkte in der aktuellen Forschung zu urbanen Hitzeinseln können in die folgenden Themenbereiche zusammengefasst werden:

- Ursachenanalyse: städtische Morphologie, Vegetation, Luftströmungen etc.
- Klimawandel und die Entwicklung von UHI
- Gesundheitsauswirkungen von UHI^{19,20}
- Strategien zur Minderung der Auswirkungen von UHI²¹
- Mess- und Modellierungstechniken incl. satellitengestützte Techniken und KI^{22,23}
- Städtische Planung und Politik^{24,25}

Eine aktuelle Studie von Hou et.al. identifiziert den Anteil urbanen Grünraums als wesentlichsten Einflussfaktor für die Entwicklung von urbanen Hitzeinseln, gefolgt von der Albedo der urbanen Oberflächen²⁶. Die zwei weiteren untersuchten Haupteinflussfaktoren waren die städtische Morphologie und das menschliche Aktivitätslevel. Wong et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der Grünflächenanteil den wichtigsten Parameter in der Entwicklung von UHI darstellt²⁷.

Die Temperaturveränderungen in urbanen Gebieten haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Behaglichkeit in den Innenräumen. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, den direkten Zusammenhang zwischen Innenräumen und den mikroklimatischen Bedingungen im Außenraum zu erkennen und diese nachhaltig einzubeziehen. Diese Wechselwirkungen werden besonders durch den erhöhten Kühlenergiebedarf in Städten ersichtlich. Der Kühlenergiebedarf in urbanen Gebieten ist um 13% höher als in ruralen Gebieten²⁸. Neben den steigenden Tagestemperaturen liegt die Ursache dafür vor allem auch in der Erhöhung der Minimaltemperaturen in der Nacht²⁹. Durch die fehlende Möglichkeit der Nachtkühlung werden vermehrt technische Kühlgeräte eingesetzt, was im Gegenzug wieder zu steigender lokaler Überhitzung durch die von den Kühlgeräten in den Stadtraum abgegebene Wärme beiträgt.

Da auch die Stadt Linz immer öfter von Hitzewellen erfasst wird, ist es besonders notwendig sich den oben genannten Herausforderungen zu stellen. Steigenden Temperaturen untertags sowie Tropennächte führen zu gesundheitlichen Belastungen der Bevölkerung und somit einer abnehmenden Lebensqualität. Gleichzeitig nimmt auch die Bevölkerungszahl im begrenzten städtischen Raum stetig zu und führt zu einer wachsenden Verdichtung der Stadt. Im Rahmen der 2020 gestarteten Stadtklimaanalyse bemüht sich die Stadt Linz Hitzeinseln abzubauen, die städtische Belüftung zu optimieren, die Lufthygiene und den thermischen Komfort in die Stadtplanung zu

¹⁹ Baccini u. a. (2008)

²⁰ Heaviside u. a. (2017)

²¹ Moriyama (2020)

²² Chun/Guldmann (2014)

²³ Hou u. a. (2023)

²⁴ <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/greenergieausweis-at.php>, [Stand: 29.12.2022]

²⁵ Kropp (2019)

²⁶ Hou u. a. (2023)

²⁷ Wong u. a. (2011)

²⁸ Santamouris (2014), S. 100–113

²⁹ Magli u. a. (2015), S. 91–99

integrieren und Frischluft- oder Kaltluftentstehungsgebiete zu erhalten und zu fördern. Dieser stadtklimatische Schwerpunkt weist auf die Wichtigkeit der städtischen Anpassungsstrategien für den Klimawandel hin und wurde in Form des Konzeptpapiers **„Zukunft Linz – der klimagerechte Weg von Linz zur Anpassung an den Klimawandel“** veröffentlicht³⁰.

3.3.4. Lebenszyklusorientierte Freiraummanagementkonzepte

Während Lebenszyklusanalysen im Hinblick auf ökologische Effekte (Ökobilanz, auch Life Cycle Assessment, LCA) und die Ermittlung von Lebenszyklus- und Folgekosten (Life Cycle Costing, LCC) für Bauteile und Gebäude immer mehr Einzug in den Planungsalltag finden, ist eine solche Betrachtung für den Freiraum noch nicht üblich. Im Gegensatz zu „toten“ Bauteilen, für die sowohl die gängigen Herstellungsprozesse mit ihrem Rohstoffeinsatz, die damit verbundenen CO₂- und Schadstoffemissionen als auch Lebensdauern mittlerweile immer besser dokumentiert sind, handelt es sich bei Begrünungen um dynamisches, lebendiges „Baumaterial“, dessen Entwicklung sehr von Standortbedingungen, Witterung und Pflege abhängig ist und nicht präzise vorausgesagt werden kann. Damit sind sowohl die ökologischen Effekte als auch die Lebenszykluskosten wesentlich schwerer in valide Zahlen zu fassen, die in Berechnungstools verwendet werden können.

Beim Freiraum handelt es sich zudem um ein sehr heterogenes Feld, das unterschiedlichste Elemente wie Bäume, Bepflanzungen, Dach- und Fassadenbegrünungen, Wasserabfluss- und Speicherelemente, Biodiversitätsmaßnahmen aber auch Wege, Platzgestaltungen und befahrbare Straßen mit ihren Oberflächenmaterialien mit einbezieht. Das impliziert, dass sich auch kein Fachgebiet zur Gänze zuständig fühlt, was ganzheitliche Weiterentwicklungen auf dem Gebiet erschwert. Die zahlreichen positiven Effekte eines erfolgreichen Freiraummanagementkonzept für Umwelt, Menschen und Tiere wie erhöhte Lebensqualität der NutzerInnen durch multifunktionale Flächen, verbesserte Luftqualität und Vermeidung von Überhitzung, Steigerung der überlebenswichtigen Biodiversität, optimiertes Regenwassermanagement und CO₂-Bindung in organischer Masse können aber nur in einem interdisziplinär aufeinander abgestimmten Gesamtkonzept voll ausgeschöpft werden.

Die Nachfrage nach Ökobilanzierungen und Kostentools für Frei- und Grünräume ist insbesondere bei Kommunen hoch, die mit solchen Berechnungen gute Argumente für großflächigere Stadtraumgestaltungen gegenüber der Bevölkerung und Kostenträgern sammeln. Die Berechnungsergebnisse verschiedener Planungsvarianten bieten dabei eine gute Diskussionsgrundlage für Partizipationsprozesse. Andererseits wird der Ansatz der lebenszyklusorientierten Freiraummanagementkonzepte auch von Quartiersentwicklern und ambitionierten Bauherren verfolgt. Spätestens seit mit der der EU-Taxonomie Verordnung auch die ökologischen Auswirkungen von Investitionen im Hinblick auf Klimaschutz, Klimawandelanpassung, Schutz von Wasserressourcen, Kreislaufwirtschaft, Vermeidung von Umweltverschmutzung und

³⁰ Online unter: https://www.linz.at/media/umwelt/Anpassungskonzept_Zukunft_Linz_2023.pdf [10.8.2023]

Biodiversitätsförderung (vgl.³¹) kategorisiert werden, spielt die Mitbetrachtung des Freiraumes eine nicht mehr zu vernachlässigende Rolle in der Bau- und Immobilienwirtschaft.

Der zunehmende Wunsch, dem Freiraum einen objektiv messbaren, quantifizierbaren Wert zuzuordnen, der sich idealerweise auch noch monetär abbilden lässt, widerspiegelt sich auch in der aktuellen Forschung. Beispiele dafür sind die kürzlich abgeschlossene österreichische Studie GREEnvaluation³² oder die Arbeit von Vandermeulen et.al aus England³³, die ein Modell für den ökonomischen Wert von grüner Infrastruktur als Argumentationsbaustein für die Stadtplanung entwickelt hat. Auch im asiatischen Raum findet das Thema Beachtung. Sun et. al. publizierten beispielsweise einen Vorschlag für KPIs (Key Performance Indicators) für Schwammstadtkonzepte³⁴.

Technisch werden für die Berechnung der ökologischen Wirkungen von Begrünung, Freiraumgestaltung und Wassermanagement zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt: Zum einen werden Tools eingesetzt, die auf Basis von Flächenkennwerten arbeiten. Hier werden die entsprechenden Flächen (Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünungen, Anzahl der Bäume, befestigte Flächen, versiegelte Flächen) der aktuellen Planung erfasst und mit Hilfe von aus der Literatur und Erfahrungswerten generierten Kennwerten pro Flächeneinheit bzw. Baumgröße berechnet. Typische Kennwerte sind CO₂- und Schadstoffaufnahme, Versiegelungsgrad, Beitrag zur Überflutungssicherheit, Biodiversitätsparameter, aber auch Investitions- und Unterhaltskosten. Beispiele sind auf Quartiersebene das **GreenScenario Tool (Ramboll group)**³⁵ oder der deutlich großmaßstäbliche **GI Val Calculator toolkit**³⁶. Die zweite, datentechnisch wesentlich aufwendigere Variante ist die Bewertung von urbanen Grün- und Freiraumgestaltungsvarianten auf Basis von Mikroklimasimulationen, die meist mittels ENVI-Met Software (oder darauf aufgebauten Lösungen) erstellt werden. Nachgeschaltet werden dann den Simulationsergebnissen Werte zugeordnet. In diese Kategorie fällt die bekannte **greenpass- Methodik**³⁷, die in der vorliegenden Studie ebenfalls zum Einsatz kommt und in Kap. 4 genauer beschrieben wird. Eine Kombination beider Methoden ist ebenfalls möglich.

Um die Lebenszykluskosten des Freiraummanagementkonzepts möglichst gering zu halten, sollten bereits in der Planung neben den Herstellungskosten die Pflege- und Wartungskosten, Instandsetzungskosten sowie Kosten für Erneuerung und Abbruch mitbedacht werden. Auf diese Weise können die Gesamtkosten erheblich reduziert werden. Um die Umsetzung solcher Konzepte weiter zu vereinheitlichen, wurde nun die europaweit erste Norm für Vertikalbegrünung, die ÖNORM L 1136, veröffentlicht. Durch die ÖNORM L 1136 werden im Besonderen die Bauweise, Instandhaltung, Wartung und Pflege von Vertikalbegrünungen im Außenraum sowie die Anwendung von Baustoffen und Pflanzen weitestgehend definiert.

³¹ Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (Text von Bedeutung für den EWR) (2020)

³² Kogler u. a. (2023)

³³ Vandermeulen u. a. (2011)

³⁴ Sun u. a. (2020)

³⁵ <https://www.ramboll.com/greenscenario>, [Stand: 16.08.2023]

³⁶ <https://www.merseyforest.org.uk/services/gi-val/>, [Stand: 16.08.2023]

³⁷ <https://greenpass.io/de/>, [Stand: 16.08.2023]

3.3.5. Konzeption eines Plus-Energie-Quartiers unter Berücksichtigung der lokalen Energiesituation und der Stakeholder-Anforderungen.

Eine der vielen Herausforderungen am Weg zur Dekarbonisierung ist die Entwicklung von nachhaltigen (also möglichst erneuerbaren), sicheren und leistbaren Energieversorgungsstrategien für Neubauquartiere. Mit der Betrachtung ganzer Quartiere anstelle von Einzelgebäuden kann die Gesamtenergieeffizienz sowie die Eigenverbrauchsnutzung erhöht werden, indem Synergien zwischen Gebäudeeinheiten intelligent genutzt und Technologien in Infrastrukturen integriert werden. Ein Plus-Energie-Quartier zeichnet sich durch einen hohen Versorgungsgrad von Wärme, Kälte und Strom aus lokal verfügbaren erneuerbaren Energiequellen aus. Im Quartier soll durch die Nutzung von lokalen Energiequellen, Synergien bezüglich Mischnutzungen und Flexibilitäten bilanziell über das Jahr mehr Energie (Strom und Wärme) produziert werden als die NutzerInnen verbrauchen. Im Rahmen des Projektes wurden Möglichkeiten und Definitionen untersucht, dieses Konzept auf die sehr dichte Post-City Linz zu übertragen.

Neben diesen Faktoren finden auch neue Ansätze zur Umsetzung eines erfolgreichen Quartiersenergiekonzepts immer häufiger Anwendung. Dazu zählt die Integration begrünter Fassaden. Gebäudebegrünung kann einen wichtigen Beitrag zur energieeffizienten und nachhaltigen Gebäudeplanung leisten. Bei Neubauten mit aktuellem Dämmstandard steht dabei vor allem die Gebäudekühlung über die Verschattung und Verdunstung im Vordergrund³⁸, aber auch der Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünungen zur Verhinderung der Überhitzung im Außenraum ist relevant. Es wird zunehmend erkannt, dass Gebäude als eine Einheit gemeinsam mit seiner Umgebung zu betrachten sind. Eine gesamtheitliche Betrachtung, die sowohl den Innenraum wie auch den Außenraum eines Quartiers miteinschließt, ist derzeit nicht umfassend gegeben. Derzeitige Bilanzierungs- und Bewertungssysteme, die zur Reduzierung des Ressourcen- und Energieverbrauches von Gebäuden und Quartieren herangezogen werden, beziehen sich auf das gebaute Objekt/Quartier bzw. auf den m² bebaute Fläche. Energetische und ökologische Kennwerte wie CO₂, Primärenergie, etc. werden nur auf dieser Basis dargestellt. Durch diese Darstellung kommt es zu einer Verzerrung des tatsächlichen Energie- und Ressourcenverbrauches von Gebäuden und Quartieren, da nur ein Teil des Verbrauches erfasst werden kann. Die Schweiz hat diese Problematik bereits erkannt und wählt in ihrem Modell der 2000-W Gesellschaft³⁹ als Bezugsgröße den einzelnen Nutzer. Die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen erfolgt dabei personenbezogen in den Bereichen Ernährung, Wohnen, Mobilität, Infrastruktur und allgemeiner Konsum. Auf diese Weise ist es möglich, die benötigte Energie für ein Quartier ganzheitlich aufzuzeigen und in weiterer Folge das angedachte Energiemanagement zu optimieren.

Energieverbrauch, Energieeinsparung und Energieversorgung mit dem Ziel eines Plus Energie Quartiers erfordern eine enge interdisziplinärer Zusammenarbeit, um zu optimalen, ganzheitlichen Lösungen zu kommen. Diesen Ansatz verfolgt das vorliegende Projekt bei dem auch Synergien zwischen den Themen Begrünung, Biodiversität und Energieversorgung sondiert wurden.

³⁸ Pfoser u. a. (2013), S. 146–147

³⁹ <https://www.local-energy.swiss/programme/netto-null-2000-watt/was-ist-die-2000-watt-gesellschaft.html>, [Stand: 18.08.2023]

3.4. Ergebnisse aus anderen Projekten

Im FFG Projekt „**Biotope City is Smart**“ wurde am Beispiel des Coca-Cola Areal in Wien ein Verständnis von Architektur und Stadtplanung gefördert, welches den Veränderungen der Umweltbedingungen aufgrund des Klimawandels und der zunehmenden Verstädterung gerecht wird. Dabei diente das Konzept der dichten Stadt als Naturraum als neue Rahmenbedingung für Architektur und Städtebau. Die positiven Auswirkungen durch Flora & Fauna in der Stadt wie u.a. Energieeinsparung durch natürliche Kühlung wurden einbezogen. Die lebendige organische Welt wird zum wichtigen Element der Gestaltung – wie heute Stein, Stahl, Holz und Beton. Die Umsetzung wurde im Projekt „**Biotope City Bauleitung**“ begleitet.

Auf dem Weg zum Plusenergiequartier gibt es bereits einige Beispiele in Österreich. Exemplarisch wurden in den Projekten „**+ERS Plusenergieverbund Reininghaus Süd**“⁴⁰ oder in den **Leitprojekten "Stadtumbau Lehen"** und „**Aspern Plus**“ wirtschaftlich umsetzbare, technisch und organisatorisch innovative Lösungen für Plusenergieverbundkonzepte der Zukunft demonstriert. Durch die Erweiterung der energetischen Systemgrenzen vom Einzelgebäude zum multifunktionalen Gebäudeverband eröffnen sich neue Möglichkeiten der Energieeffizienzsteigerung für den Gebäudesektor. Auf Grund unterschiedlicher Nutzungs- und Lastprofile von multifunktionalen Gebäudeverbänden ergeben sich zahlreiche energetische Synergieeffekte, die hohe Energieeinsparpotentiale, bei geringen Investitionskosten, generieren können.

Tabelle 1: Auswahl relevanter Vorprojekte

Förderstelle	No.	Titel	Relevante Ergebnisse
FFG	827192	Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus	Es wurden mehrere Varianten von Gebäudekonzepten hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Kennzahlen einer umfassenden vergleichenden Analyse unterzogen.
FFG	833695	LEKOECON: Kombiniertes ökonomisch-ökologisches Gebäudelebenszyklusmodell	Ziel war es, ein einfach anzuwendendes Werkzeug zur Ermittlung der lebenszyklischen Ressourcenverbräuche für den Einsatz in der Gebäudeplanung zu schaffen.
FFG		+ERS Plusenergieverbund Reininghaus Süd, Subprojekt 3 des Leitprojektes ECR Energy City Graz - Reininghaus	Realisierungsprojekt einer Siedlung, die durch ein innovatives Maßnahmenbündel eine positive Energiebilanz aufweist.

⁴⁰ Partoll u. a. (2016); Staller u. a. (2016)

Förderstelle	No.	Titel	Relevante Ergebnisse
FFG	858177	Biotope City is Smart	Umsetzung einer Biotope-City als innovativer Prozess zur Lösung von Zukunftsherausforderungen am Beispiel des Coca-Cola Areal Wien
FFG	861727	Biotope City Bauanleitung	Wissenschaftliche Begleitung der Realisierung der Biotope City. Design von Pflanztrögen sowie Entwicklung von Pflanzsubstraten im Sinne des Urban Mining.
KEF	KR15SC7 F13040	Greening Aspang	Optimierung eines Wohnquartiers am Beispiel der Aspangstraße. Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Begrünungen und Wärmedämmung auf den Energiehaushalt von Gebäuden und das Mikro- sowie Stadtklima.
FFG	864141	IEA EBC Annex 75 Kosteneffiziente Strategien in der Gebäudesanierung auf Stadtteilebene	Ziel des Annex ist die Entwicklung von Strategien für die Sanierung von Gebäudeclustern und Quartieren sowie Strategien für den Einsatz Erneuerbarer Energien im Hinblick auf die Optimierung von Kosten, Ressourcen, CO2-Emissionen.
FFG	880799	GEL S/E/P II - Spatial Energy Planning for Energy Transition (laufend)	Erstellung eines umfassenden Monitorings von räumlicher Energieplanung, um Prozesse und die Entwicklung von Ansätzen für die Transformation des Gebäudebestands in Richtung Dekarbonisierung zu fördern.
FFG	879131	Key technologies of adaptive building skins for nearly zero energy high- rise buildings (laufend)	TechAdZero untersucht das energetische Potential und optimale Technologiekonfigurationen für intelligente, adaptive Fassaden von nZEB Hochhäusern, die als Nicht-Wohngebäude genutzt werden.
FFG	879456	GreenDeal4Real	Verbesserung des thermischen Komforts durch kosteneffiziente Grünstrukturen in gemischt genutzten Gebieten (NEUBAU). Mikroklimatische Simulationen und Analyse der Effekte von Begrünungen, Entwicklung eines Leitfadens übertragbar auf andere Städte zum Thema klimawandel-angepasstes Bauen im Neubau
FFG	877622	QUEEN Gudrun	Demonstrationssanierung Block Gudrunstraße II. Ressourcenschonender Nachverdichtung eines Gründerzeitgebäudes unter Einsatz innovativer technischer Lösungen inkl. Begrünungsmöglichkeiten und Grauwassernutzung,
FFG	87945	Vitality District (laufend)	Photovoltaik-Planung bereits in der Entwurfsphase von Gebäudeverbänden und Quartieren, abgestimmt mit

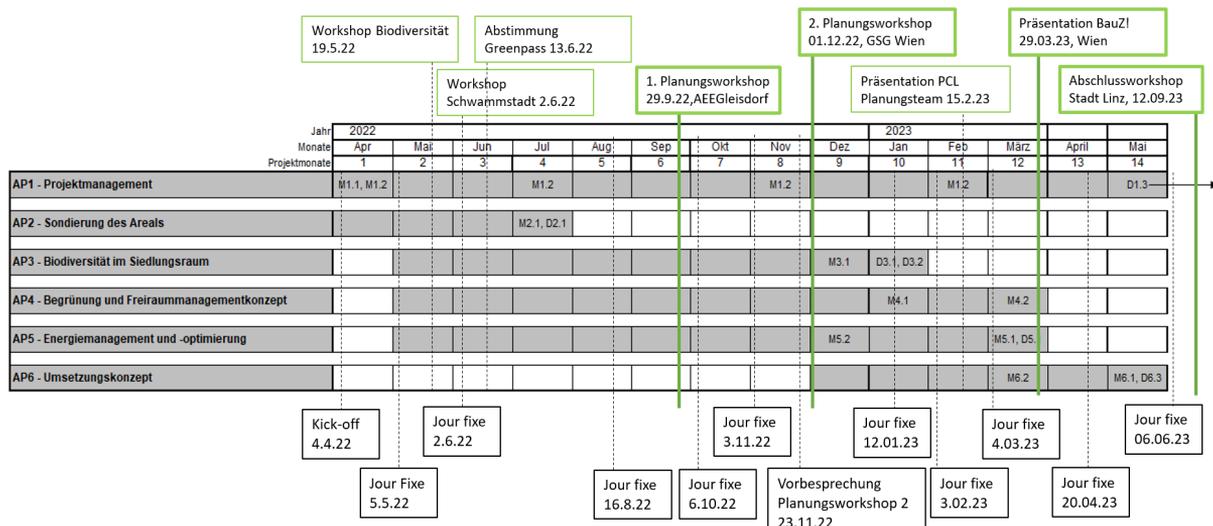
Förder stelle	No.	Titel	Relevante Ergebnisse
			Verbrauchsprofilen, Gebäudetopologie, und Lösungen für Energy-Communities Speicher und Begrünung auszulegen
FFG	838163	GrünStadtKlima	Anstreben eines Innovations- und Umsatzschubes im Bereich der Bauwerksbegrünung und des versickerungsfähigen Wegebbaus
FFG	864974	LiLa4Green	Living Lab Ansatz, um Nature Based Solutions (NBS) in zwei Wiener Bestandsgebieten mit größtmöglicher sozialer Wirkung und Akzeptanz umzusetzen
FFG	889481	lieBeKlima	liegenschafts- und systemübergreifenden Begrünungs- und Energiekonzept für das Quartier "Am Kempelenpark" anzustoßen, neuartige, identitätsstiftenden Partizipationsprozessen bei den Bauträger*innen mit Qualitätssicherungsprozess

4 Projekinhalt

4.1. Organisation des Projektes und prinzipielle Herangehensweise

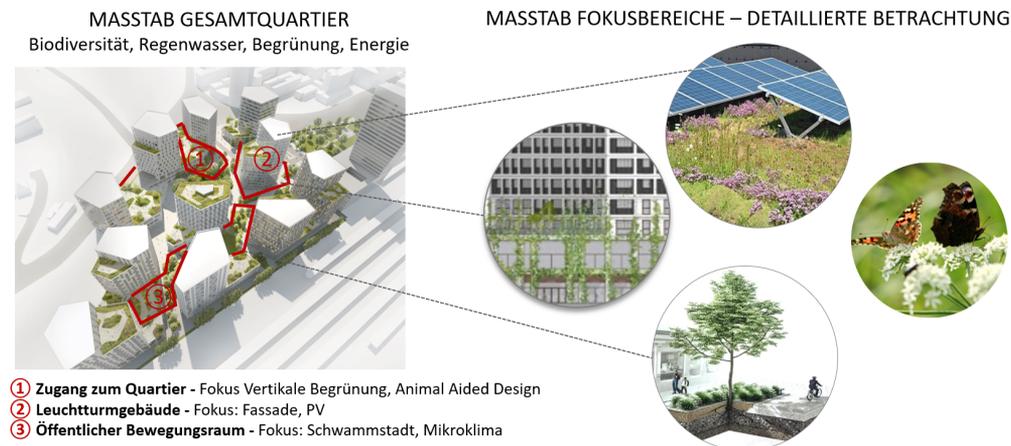
Die Arbeitspakete und abgehaltenen Workshops und Meetings sind Abbildung 6 zu entnehmen. Zu Beginn erfolgte eine Sondierungsphase mit Erhebung von Bestandsdaten sowie Wissensaufbau durch die einzelnen Expert:innen-Workshops. Im Ersten Planungsworkshop stellen dann alle beteiligten PartnerInnen ihre fachspezifischen Ideen für das Quartier, Synergien und Ausschlusskriterien wurden diskutiert und es wurden gemeinsame Richtlinien für die konkrete Planungsumsetzung festgelegt. Im 2. Planungsworkshop schließlich wurden die konkretisierten Planungsvorschläge nochmals gemeinsam evaluiert und die Maßnahmen identifiziert, die in das Umsetzungskonzept übernommen werden sollten. Parallel dazu erfolgte ein intensiver Austausch mit dem Planungsteam des Realprojektes.

Abbildung 6: Projektablauf



Die Herausforderung des sehr großen Quartieres, für das im Projektzeitraum keine detaillierte Planung über das gesamte Projektgebiet erarbeitet werden konnte, wurde durch eine zweistufige, skalierte Bearbeitung gelöst, die sich als sehr produktiv erwies. Einerseits wurden die Themen auf konzeptioneller Ebene im Gesamtquartier untersucht und andererseits in einzelnen repräsentativen „Fokusbereichen“ bestimmte Aspekte detaillierter ausgearbeitet. Bei den Themen Regenwassermanagement und erneuerbare Energieerzeugung sowie grundlegenden Festlegungen zur Biodiversitätsförderung stellte sich rasch heraus, dass eine quartiersübergreifende Betrachtung, zum Teil auch unter Einbeziehung des unmittelbaren Quartiersumfeldes, für eine sinnvolle Konzeptionierung unbedingt erforderlich ist. In den einzelnen Fokusbereichen wurden dann architektonische, bautechnische und landschaftsplanerische Fragestellungen zur Umsetzung der Maßnahmen konkret behandelt und in Entwürfen für Teilbereiche zu Gesamtlösungen ausformuliert.

Abbildung 7: Maßstabsebenen der Konzepterstellung. Grafik: Projektkonsortium.



4.2. Sondierung des Areals

Als Ausgangsbasis für die Sondierung von Maßnahmen wurden die örtlichen Gegebenheiten auf Basis Bestand, Wettbewerbsergebnis und Vorentwurf erhoben. Es wurden sowohl die vorliegenden Pläne als auch alle beschreibenden Unterlagen und erstellten Gutachten analysiert. Zusätzlich wurden Luftbilder (Google Maps) für die Bestandanalyse herangezogen. Die darüber hinaus erhobenen Klimadaten stammen von Geosphere Austria⁴¹, die Sonnenstunden aus climate.data.org⁴². Die Solarstrahlungsanalysen wurden mittels der in einem Forschungsprojekt entwickelten frei zugänglichen Software PVSites erstellt. Zum Abschluss der Sondierung wurde im Konsortium gemeinsam die über die aktuelle Planung hinausgehenden Realisierungsfelder identifiziert und konzeptuell dargestellt.

4.3. Biodiversität im Quartier

In Zusammenarbeit mit einem externen Experten (**Thomas Hauck – Animal-Aided Design, AAD®**) als Drittleister wurden zuerst die wesentlichen Grundlagen für urbane Biodiversitätsförderung in einem Workshopformat erarbeitet. Die Sondierung des **Habitatpotentials** des Projektstandortes erforderte etwas Kreativität, da eine detaillierte AAD® Kartierung der Bestandstierwelt in der Umgebung im Projektzeitraum nicht möglich war. Deshalb wurde versucht, auf diverse bestehende Informationsquellen zurückzugreifen. Die letzte verfügbare Biotopkartierung stammte aus dem Jahr 1983. Die Texte der dem Projekt vorangegangenen Umweltverträglichkeitsuntersuchung wurden ebenfalls analysiert und Gespräche mit lokalen Expert:innen geführt, um mögliche Zieltierarten zu identifizieren. Danach wurden die entsprechenden Bereiche im Planungsgebiet identifiziert, wo und in welcher Form Biodiversitätsmaßnahmen umgesetzt werden können. Auch die **möglichen Einschränkungen** für die Besiedlung mit Tieren, die Berücksichtigung der Werte, Ängste und

⁴¹ <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/klimamittel-1971-2000>, [Stand: 21.08.2023]

⁴² <https://de.climate-data.org/europa/oesterreich/oberoesterreich/linz-133/#climate-table>, [Stand: 21.08.2023]

Nutzungsansprüche der Stakeholder flossen in die Betrachtungen ein. Die Rahmenbedingungen wurden im gesamten Konsortium in einem Planungsmeeting festgelegt und anschließend die ausgewählten Maßnahmen und technische Lösungen unter Berücksichtigung der Gestaltung planlich ausgearbeitet. Dabei wurden auch die Lebenszykluskostenfaktoren – z.B. für Nisthilfen – recherchiert und in die Überlegungen mit einbezogen. So entstand ein **Gesamtkonzept für Nisthilfen, Nistbäume und Fassadenbegrünungen**, die auch als Nahrungsquelle dienen für die Raumeinheiten Fassaden, Dächer und Freiräume. Neben Habitaten für Vögel und Insekten wurde auch bei der Pflanzenauswahl für die Bauwerksbegrünung und die Freiräume auf hohe Biodiversität Wert gelegt.

4.4. Begrünung und Freiraummanagement

Im Rahmen des Projektes Green.diversity.Linz wurden verschiedene Möglichkeiten und Potentiale zum **Umgang mit Niederschlagswasser** in neuen und dichten Stadtquartieren sondiert. Zu Beginn wurden kontext- und ortsbezogene Analysen durchgeführt. Bodengutachten (Bodenaufbau, Grundwasser), Eigenschaften und im Speziellen die Sickerfähigkeit des bestehenden Bodens, das quartiersbezogene Entwässerungskonzept der Firma Rosinak & Partner ZT GmbH, Hochwasserrisiko- und Gefahrenkarten, die Kartierung des durchschnittlichen Niederschlages, und die Bestimmung der Bewuchstypen nach ÖNORM L 1112 (Einteilung quartiersbezogen und baufeldbezogen) und deren Bewässerungsbedarf bildeten die Grundlage dieser Analyse. Für den Bemessungsniederschlag der Post City Gardens wurden die hydrografischen Daten des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (ehyd.gv.at) für den Gitterpunkt 2524 (Ottensheim) verwendet. Die Notentwässerung der Gebäude ist gemäß ÖNORM B 2501 anhand eines 100-jährlichen Regenereignisses dimensioniert, die Entwässerung der Freiflächen orientiert sich gemäß ÖNORM EN 752 an einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren.

Detaillierte Recherchen über mögliche technische Elemente einer **Schwammstadt** und deren Vernetzung miteinander unter Einbeziehung von aktuellen Forschungsergebnissen und innovativen Praxisbeispielen wie Cloudburst Management Plan Copenhagen oder Amsterdam Rainproof wurden durchgeführt und die aktuelle Planung daraufhin geprüft und optimiert.

Neben den Maßnahmen zur Retention, lag das Hauptziel darin, **auch die Speicherung und Nutzung von Regenwasser** im Konzept zu integrieren. Dazu wurde im ersten Schritt die anfallende Niederschlagsmenge aus Wetterdaten ermittelt, die sammelbare Menge am Grundstück unter Berücksichtigung von Abschlagsfaktoren berechnet und anschließend dem künstlichen Bewässerungsbedarf gegenübergestellt. Speichermöglichkeiten für Regenwasser zur Bewässerung wurden detailliert räumlich auf ihre Integrierbarkeit in den architektonischen Entwurf untersucht. Die darüber hinaus vorhandene sammelbare Regenwassermenge, die für andere Zwecke im Quartier genutzt werden könnte wurde berechnet.

Die Identifikation **urbaner Hitzeinseln** erfolgte über die Solarstrahlungsanalysen hinaus mit greenpass® als Drittleister in Form einer Pre-Certification inklusive ENVI-met Mikroklimasimulation zur Identifizierung von Hitzeinseln und thermischem Abluftstrom aus dem Gesamtquartier. Im anschließenden gemeinsamen Workshop mit den Expert:innen von greenpass® wurden die Verbesserungspotentiale erarbeitet, die weiter in die Handlungsempfehlungen eingingen. Die geplante Begrünung wurde nochmals in Richtung Mikroklimaverbesserungspotential

überprüft und angepasst. Mittels greenpass® wurden auch die Auswirkungen von Pflanzen und Bauwerksbegrünung auf die Umgebung bzw. das Mikroklima bewertet.

Ein Bestandsplan der (wenigen) vorhandenen Bäume wurde erstellt und die geplanten Baumarten auf ihre Eignung für das Standortklima untersucht. Für jede Himmelsrichtung wurde eine Auswahl an Fassadenbegrünungspflanzen unter Berücksichtigung ihrer biodiversitätsfördernden Funktionen (Nahrungsquelle, Habitat) erstellt. Für die Sondierung der Indikatoren für Biodiversität wurde in das AP 4 – Task 4.3. lebenszyklusorientiertes Freiraummanagement integriert, wobei vor allem der Biotopflächenfaktor als Indikator verwendet wurde.

Im Projekt kamen für die **Sondierung von Indikatoren für das Monitoring** von Freiraumkonzepten Berechnung der ökologischen Wirkungen von Begrünung, Freiraumgestaltung und Wassermanagement zwei unterschiedliche Tools zur Anwendung: das auf Flächekennwerten basierende **GreenScenario Tool (Ramboll group)**⁴³ sowie die bereits erwähnte **simulationsgestützte greenpass®-Methode**. Mittels GreenScenario werden die entsprechenden Flächen (Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünungen, Anzahl der Bäume, befestigte Flächen, versiegelte Flächen) der Planung erfasst und mit Hilfe von aus der Literatur und Erfahrungswerten generierten Kennwerten pro Flächeneinheit bzw. Baumgröße berechnet. Die Ergebnisse werden in die vier Gruppen Auswirkungen des Regenwassermanagements, Wirkungen der Grünen Infrastruktur, Versiegelung und Albedo sowie Kosten und Benefits eingeteilt. Typische Kennwerte sind CO₂- und Schadstoffaufnahme, Versiegelungsgrad, Beitrag zur Überflutungssicherheit, Biodiversitätsparameter, aber auch Investitions- und Unterhaltskosten. Mit diesem Tool wurden verschiedene Planungsszenarien (Bestand, nur Dachbegrünung, Dach- und Fassadenbegrünungen) untersucht und auch der Einfluss des Baumwachstums auf die Performance-Indikatoren analysiert.

Die greenpass® Prüfmethode begutachtet Baukörper, Oberflächenmaterialien und Vegetation anhand von 6 Herausforderungen im urbanen Raum. Diese sind unter anderem Klima, Wasser, und Biodiversität. Die durchgeführte greenpass® Pre-Certification basiert auf numerischen Schlüsselindikatoren, die sich aus 5 Key Performance Scores (TLS - Thermischer Abluftstrom, TLC - Thermischer Komfort, TSS - Thermische Speicherfähigkeit, ROS - Abflussbeiwert und CO₂-Speicherung) und 7 Key Performance Indicators (PET - Thermische Performanz, RAD - Strahlung, ALB - Albedo, EVA - Evapotranspiration, SAF - Beschattungsfaktor, LA - Blattfläche und WI - Wind) zusammensetzen. Als Schlüsselindikatoren zur Bewertung der Biodiversität zählen die Grünfläche, Blattfläche und der Shannon Index. Anhand von Bonus-Indikatoren wie z.B. Nistplätze, Förderung von bedrohten Tier- und Pflanzenarten oder gewissen Habitatstrukturen können bei Vorhandensein zusätzliche Punkte in der Gesamtbewertung erzielt werden. Für die Bewertung der Wassersituation werden Indikatoren wie der Versiegelungsgrad, Abflussbeiwert sowie der Wasserbedarf der grünen Infrastrukturen und die Speicherung herangezogen. Die greenpass® Pre-Certification wurde auf Basis des Vorentwurfs erarbeitet und beinhaltet im Vergleich zu den GreenScenario Variantenberechnungen noch keine Fassadenbegrünung sowie geringere Aufbauhöhen der Dachbegrünungen. Die Ergebnisse zeigen also nicht die endgültige Auswirkung aller geplanten

⁴³ <https://www.ramboll.com/greenscenario>, [Stand: 16.08.2023]

Maßnahmen, aber geben einen Überblick, in welche Richtung das Projekt die Umgebung thermisch bzw. klimatisch beeinflusst.

Als zentraler Indikator wurde das **CO₂-Bindungspotential** der gesamten geplanten Begrünung errechnet, dafür wurde sowohl greenpass® als auch das GreenScenario Tool eingesetzt. Da die errechneten CO₂-Werte weit auseinanderlagen, wurde weitere Recherchen für diesen Punkt angeschlossen und eine Errechnung der CO₂-Bindung aller geplanten Bäume mittels iTree Tool (von USDA Forest Service) durchgeführt, um sich einer Validierung der Werte anzunähern. Dabei wurde auch klar, dass eine zeitliche Definition des Punktes in der Wachstumskurve der Bäume und der Begrünung für eine in Zukunft hoffentlich normierte Berechnung von CO₂-Bindungspotentialen in Neubauquartieren (mit überwiegend Neupflanzungen) erforderlich ist. Begleitende Lebenszykluskostenbetrachtungen wurden gezielt für bestimmte Fragestellungen (z.B. Fassadenbegrünungslösungen) eingesetzt.

4.5. Aufzeigen eines ganzheitlichen, CO₂-neutralen Energiekonzepts

Der **Nutzenergiebedarf im Quartier** wurde bereits planungsbegleitend durch Abschätzung des Energiebedarfs mittels Benchmarkings der Einzelgebäude anhand der geplanten Flächen und Raumnutzungen gemäß OIB RL6/ SIA 2024 errechnet und teilweise durch Gebäudesimulationen ergänzt. Bei den geplanten Nutzungen wurden Belegung, Auslastung, Temperaturprofile, Komfortkriterien, Nutzung von Geräten und Einrichtungen etc. der unterschiedlichen Gebäudeteile im Detail festgelegt. Basierend auf diesen Festlegungen wurde ein Energieverbrauchsprofil übers Jahr erstellt (Wärme, Kälte, Strom), das neben den saisonal bedingten Schwankungen auch die unterschiedliche Nutzung im Wochenprofil (Montag bis Mittwochnachmittag kein Restaurantbetrieb) berücksichtigt. Nutzungsgrade der Wärme- und Kälteerzeuger sowie die Speicher- und Verteilverluste für den thermische Energiebedarf für Raumkühlung, Raumwärme und Warmwasser waren in dieser Berechnung für den Vorentwurf noch nicht berücksichtigt.

Auf Basis der so definierten Energiebedarfe wurden anschließend wurden die unterschiedlichen naturbasierten Lösungen zur Energieversorgung Schritt für Schritt analysiert und auf ihre Anwendbarkeit im Projekt getestet. Für die Anwendung von **Photovoltaik** wurden detaillierte Solarstrahlungsanalysen mittels PV-Sites Software angefertigt und damit auch die Zonierung für die Kombination mit Begrünungsmaßnahmen physikalisch fundiert erstellt. Danach wurden mit demselben Tool die Erträge durch unterschiedliche PV-Belegungen und Modultypen am Beispiel eines der Hochhäuser berechnet. Gemeinsam mit den Architekt:innen und dem Konsortium wurde auf dieser Basis ein Entwurf für die PV-Belegung erstellt und in PV-Sites simuliert. Die daraus resultierenden Erträge wurden anschließend auf das gesamte Quartier hochgerechnet und dem errechneten Strombedarf gegenübergestellt. Lebenszykluskostenanalysen mit einer breiten Palette unterschiedlichen Annahmen in Econ-Calc V.3.1. schlossen die Betrachtungen ab. Das Potential der Kombination von Begrünung und PV wurde recherchiert. Simulationen zur Berechnung der möglichen Energieeinsparung durch Begrünung von transparenten Fassaden mittels der Gebäudesimulationssoftware IDA-ICE ergänzten die Untersuchungen zum **Potential der Kombination von Energieversorgung und Begrünung**.

Als zweite wichtige Option für naturbasierte Energieversorgung wurde das Potential für eine maximale Nutzung des Erdspeichers mittels **Geothermie und Wärmepumpen** untersucht. Für die Annahme der langfristig möglichen Sondenleistung wurden die Daten aus dem bereits vorliegenden TRT (Thermal Response Test mittels Probebohrung) verwendet und durch eine Langzeitsimulation anhand eines skalierten Modells mittels IDA-ICE Software weiter validiert. So konnte eine überschlägige Berechnung der möglichen Sondenleistung erstellt und dem Wärme- und Kältebedarf gegenübergestellt werden. Die Ergebnisse wurden mit externen Expert:innen im Bereich Niedertemperatur-Quartiersenergieversorgung diskutiert und insbesondere der Ansatz der Norm-Heiz- und Kühllasten mit den gemessenen Werten aus einer ähnlichen Quartierssituation (Viertel 2, Wien) verglichen, woraus sich wertvolle **Schlüsse für die Dimensionierung der Energieversorgungsanlagen** ergaben. Für die sommerliche Regeneration wurde im Projekt auch das Potenzial für Abwärme aus in die Fertigbetonteile integrierten Fassadenkollektoren beispielhaft in IDA-ICE simuliert, da hierfür aber noch etablierte technische Lösungen mit validen Berechnungsgrundlagen fehlen und eine Anwendung bei dem hohen Verglasungsanteil unwirtschaftlich erscheint wurden diese Zahlen nicht in den Bericht integriert. Literaturrecherchen über die Nutzung von Asphaltkollektoren für die Regeneration ergänzten die Untersuchungen.

Das Thema **thermische Grauwassernutzung** wurde mit einem innovativen Entwickler solcher Systeme (Fa. Strebelwerk GmbH) erörtert und im Fall der Grauwassernutzung auch für die Wohngebäude berechnet. Das Potential für die thermische Abwassernutzung aus dem Kanal wurde gemeinsam mit der Oberösterreichischen rabmer Gruppe, einem Spezialisten in Abwasserwärmenutzung, sondiert. Schließlich wurde das Thema adiabate Kühlung mit/ohne Regenwasser mit dem Anbieter Merlin Technology GmbH erörtert.

Sankey- Diagramme mit den Energieverbrauchsströmen im Quartier mit zwei unterschiedlichen Versorgungsszenarien wurden erstellt und schließlich die CO₂-Bilanz dieser Szenarien errechnet. Dafür wurde für die Fernwärme und -kälte eine CO₂-Emission von 236g/kWh FW (lt. Aktualisierter Umwelterklärung für den Bereich Energieerzeugung GJ 2020 der Linz AG) und für elektrischen Strom die CO₂-Emission lt. OIB RL06, österreichischer Strom-Mix mit 276 g/kWh herangezogen. So konnten die möglichen CO₂-Einsparungen durch die untersuchten Technologien quantifiziert und ein **Weg zur CO₂-neutralen Quartiersenergieversorgung aufgezeigt** werden.

4.6. Umsetzungskonzept

Bereits während der Sondierungsphase wurden die vorliegenden Ergebnisse dem gesamten Planungsteam der Post City präsentiert und Umsetzungen bzw. weitere Forschungsbedarfe diskutiert, wodurch eine enge Verschränkung zwischen Forschung und Realprojekt unterstützt wurde. Die untersuchten Maßnahmen wurden abschließend nochmals im gesamten Konsortium auf ihre Anwendbarkeit und ihren Nutzen sowie potenzielle Hemmnisse technischer oder rechtlicher Natur in den Post City Gardens erörtert. Das Ergebnis wurde mit Unterstützung einer externen Grafikerin in ein kompaktes Dokument zusammengeführt, das sowohl Maßnahmen auf Gesamtquartierebene als auch detailliert ausformulierte Umsetzungsempfehlungen, zum Beispiel für die Gebäudebegrünung und Biodiversitätsmaßnahmen, beinhaltet. Die Empfehlungen wurden sowohl textlich beschrieben als auch in den Post City Gardens in Form eines 3d-Schnittes verortet.

Das Dokument bietet einen umfassenden, übersichtlichen Maßnahmenkatalog für künftige ökologisch ambitionierte Quartiersentwicklungen.

5 Ergebnisse

5.1. Sondierung des Areal und Analyse der Vorentwurfsplanung

5.1.1. Der Ort

Das ehemalige Postverteilzentrum der Österreichischen Post AG am Hauptbahnhof in Linz hat seit dem Auszug im Jahr 2014 seine angestammte Funktion verloren und wird einer Quartiersentwicklung über 150.000 m² BGF zugeführt. Dabei wird das Ziel verfolgt, einen multifunktionalen Stadtteil mit Büros, Wohnungen, Geschäften, Restaurants und anderen Nutzungen zu schaffen. In mehreren Phasen soll in den nächsten Jahren die neue Post City Gardens entstehen.

Abbildung 8: Situierung im Stadtgefüge. Grafik: Nussmüller Architekten.



Das Areal ist zentral gelegen und zugleich von Infrastrukturbauten abgeschnitten. Es befindet sich an einer urbanen Schnittkante zwischen stark heterogenen Stadtkörpern. Entlang der westlichen Grundgrenze befindet sich mit der Waldeggstrasse ein stark befahrender Zubringer, der durch das Autobahn Projekt A26 in den nächsten Jahren zur Gänze neugestaltet wird. Entlang der östlichen Grundgrenze befindet sich der Gleiskörper des Linzer Hauptbahnhofs und dessen Bahnsteige im Nahbereich zum Projektgebiet. Mit dem Ausbau der Westbahn ist auch in diesem Bereich eine Umstrukturierung zu erwarten.

Die Anknüpfungspunkte an den bestehenden Stadtraum sind mit dem Hauptzugang im Norden im Verlauf des Bahnhofsvorplatzes und dem Anknüpfungspunkt Waldeggstrasse, gelegen ca. 10,5 m über dem Niveau des Bahnhofsvorplatzes begrenzt. Ein Verflechten und Verweben, aber auch ein Schaffen von neuen Bezügen bildet den Anspruch an die Entwicklung des neuen Stadtteils.

5.1.2. Der Bestand

Der derzeitige Bestand des ehemaligen Postverteilzentrums nimmt nahezu das gesamte Grundstücksareal ein. Auf der Seite zum Bahnkörper befindet sich eine Hochgarage mit knapp 450 PKW-Stellplätzen der ÖBB. Die Freifläche ist versiegelt und dient als Verkehrsfläche für die Flotte der Post.

Abbildung 9: Das Bestandsgebäude. Grafik: Nussmüller Architekten.

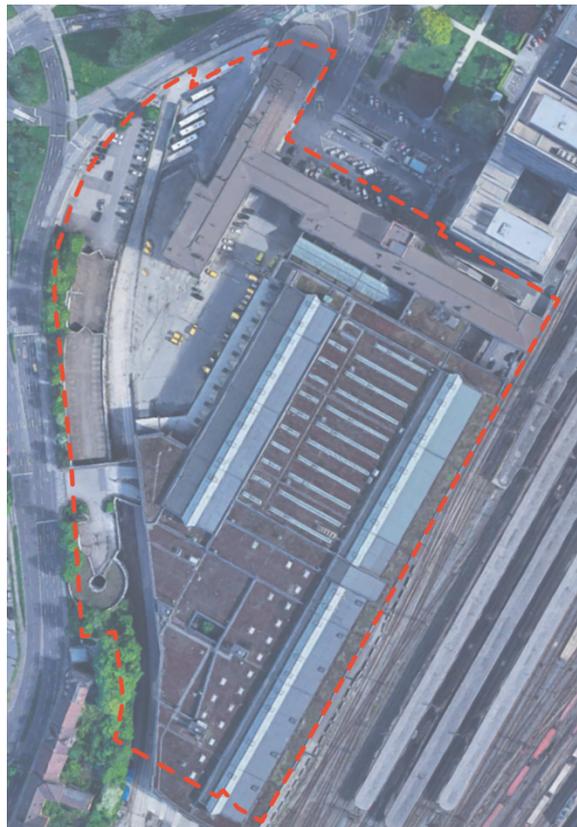
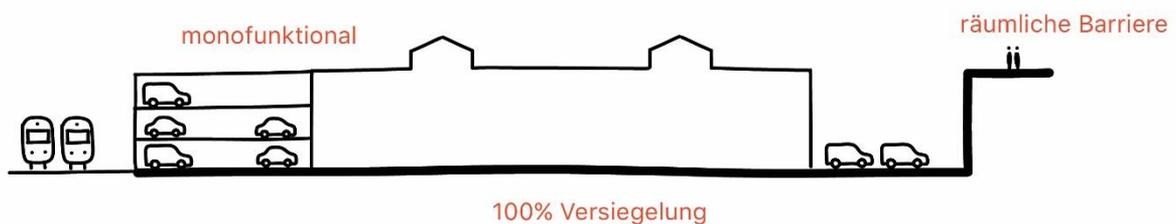


Abbildung 10: Schematischer Schnitt. Grafik: Nussmüller Architekten.



Aus der rein funktionalen, gewerblichen Nutzung des Areals ergibt sich ein Versiegelungsgrad von 100%. Die wenigen Freiflächen dienen als Abstellfläche für den motorisierten Verkehr, während zusätzlich eine Hochgarage dem motorisierten Individualverkehr dient. Die 10m höher gelegene Waldeggstrasse bildet eine räumliche Barriere zum Grundstück. Die monofunktionale Nutzung des Areals verstärkt diesen Effekt, da keine Durchwegung und Verbindung stattfinden kann.

5.1.3. Wettbewerbsergebnis

Schnittstelle & Barrieren

Das Gebiet um den Linzer Bahnhof befindet sich an einer Schnittkante von unterschiedlichen städtischen Entwicklungen. Die vorgefundene urbane Struktur besteht aus heterogenen Stadtteilen, sowie Infrastrukturbauten, die sich in Transformation befinden. Eine ausführliche Volumenstudie im Zuge des Wettbewerbs hat diese städtebauliche Körnung untersucht. Die vorgeschlagene polygonale Baukörperstruktur erzeugt ein stabiles Maß an Eigenständigkeit und ein hohes Maß an Durchlässigkeit zu den angrenzenden Stadtteilen.

Abbildung 11: Strukturplan, Wettbewerbsstand. Grafik: Nussmüller Architekten.

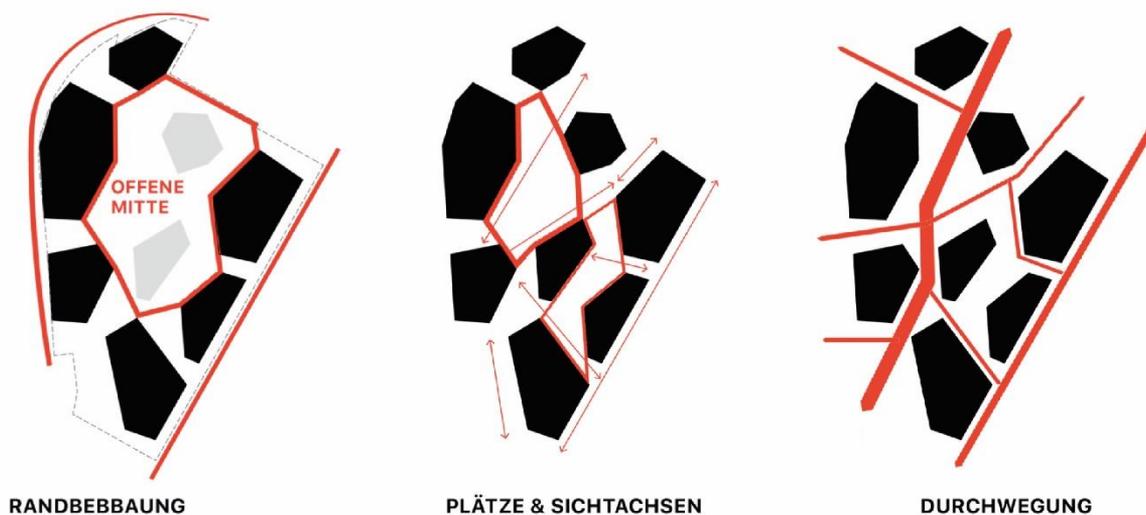


Städtebauliche Haltung & Körnung

Der Entwurf reagiert auf den speziellen Ort und dessen besonderen Rahmenbedingungen und erzeugt ein eigenständiges Stadtquartier der Post City Gardens. Vor allem ist die städtebauliche Körnung ein wesentlicher Faktor, die zwischen den heterogenen Stadtteilen vermittelt. Drei wesentliche Phänomene lassen sich aus der städtebaulichen Beschäftigung mit dem Quartier ableiten:

- Baukörper: Zuschnitt und Körnung
- Erreichbarkeit, Durchlässigkeit und Durchwegung
- Aufenthaltsqualität im Inneren

Abbildung 12: Konzeptgrafiken zum Wettbewerb. Grafik: Nussmüller Architekten.



Beinahe das gesamte Quartier soll – autofrei – eine hohe Aufenthaltsqualität entwickeln. Der vielfältige Nutzungsmix unterstreicht den Anspruch eines vollwertigen, resilienten städtischen Quartiers.

Neue Durchlässigkeit

Die bisherige Stadtstruktur wurde aufgebrochen, es fehlte vor allem an offenen Wegen. Somit wird der begrenzten Lage des Areals ein Maximum an Durchlässigkeit gegenübergestellt und das Quartier mit der Umgebung verwebt. Sowohl Wegeverbindungen als auch Sichtverbindungen werden ausgebaut und verstärkt. Die Einführung der grünen Mitte verstärkt den Effekt der Durchlässigkeit und Offenheit. Die Adressbildung ist von hier aus deutlich begreifbar.

Erschließung und Erreichbarkeit

Die Erschließung, die Erreichbarkeit und die Adressbildung haben einen besonderen Stellenwert in der Entwicklung der Post-City Linz. Im Zuge der Grundlagenermittlung und des Vorentwurfs wurden sämtliche Anknüpfungspunkte in mehreren Varianten erarbeitet und auf die unterschiedlichen Anforderungen von Bauherrin, der Stadt Linz, der Asfinag, der ÖBB und der Real-Treuhand hin abgestimmt. Besondere Fokuspunkte bleiben die Zufahrtssituation entlang des Bahnhofsvorplatzes, die

Ein- und Ausfahrten und der damit einhergehenden Logistik der Tiefgarage, die Anlieferung der Gebäude, die über Aufstellflächen im Freiraum organisiert werden soll, die Unterbringung der ÖBB-Stellplätze und die Organisation der Fernbus-Stellplätze.

Die Vorgabe des autofreien Quartiers wird für den Individualverkehr erfüllt. Die Anlieferung der Häuser erfolgt von außerhalb des Quartiers entlang der ostseitigen Bahntrasse bis zur Umkehrschleife im Sockel der Häuser 10 und 11. Von hier aus wird des Weiteren das Haus 4 mit einem Umkehrpunkt erreicht. Das innenliegende Haus 8 wird über den Zwischenraum von Haus 7 und Haus 9 erreicht. Haus 2 und 3 können über die Zufahrt Waldeggstrasse und den Busterminal erreicht werden, als auch über die Ladezone im Erdgeschoß von Haus 2.

Abbildung 13: Verkehrskonzept. Grafik: Nussmüller Architekten.



Das Haus als Berg

Der Zuschnitt der Gebäude und die vertikale Zonierung ergeben eine polygonale Geometrie, die sich in ihrer Höhenentwicklung verjüngt. Es entsteht daraus ein vertikales Erlebnis, analog zu einem Erlebnis am Berg. Dazu wurde die Geometrie der Gebäude um eine weitere Ebene, die der Horizonte, erweitert. Die Freiraumqualität wurde einer vertikalen Differenzierung gemäß dem Humboldt'schen Vegetationsprinzip erweitert, welches eine eigene Flora für unterschiedliche Höhenzonen definiert.

Abbildung 14: das Humboldt'sche Vegetationsprinzip

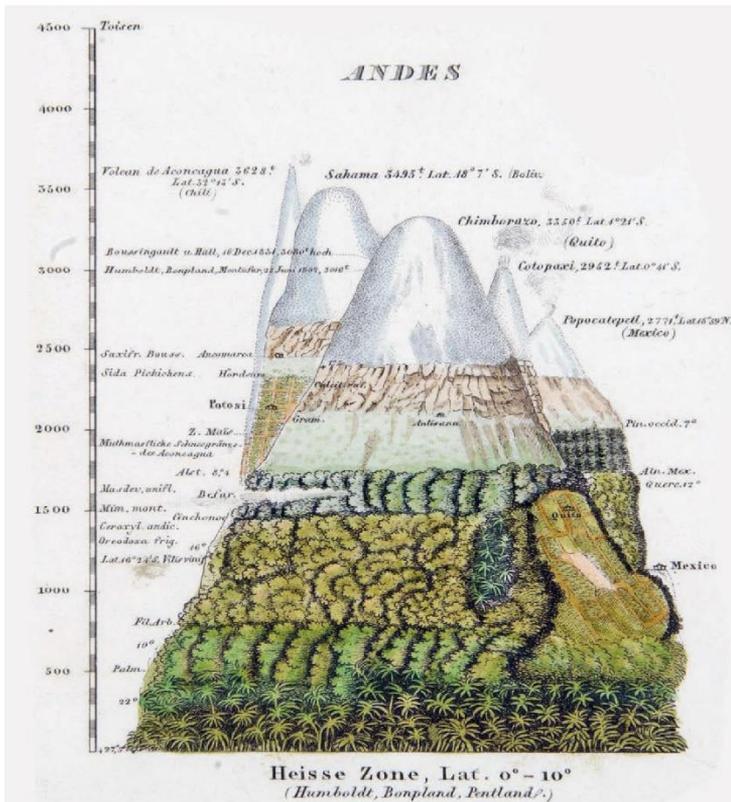
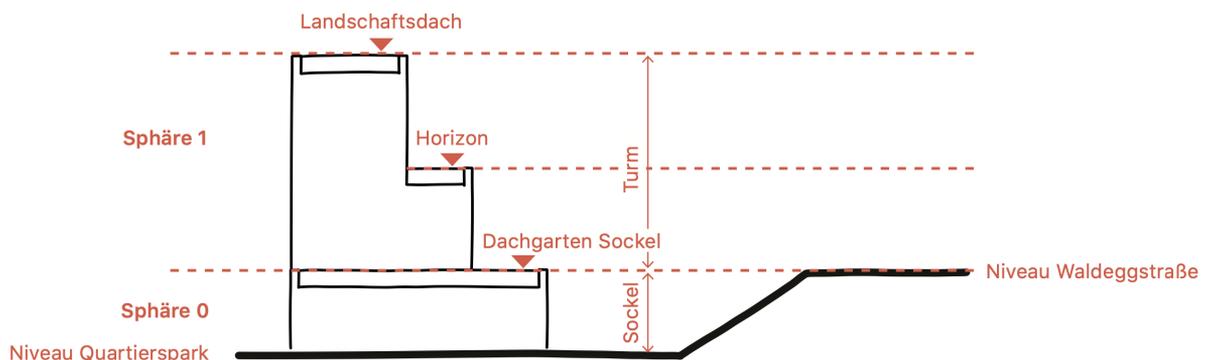


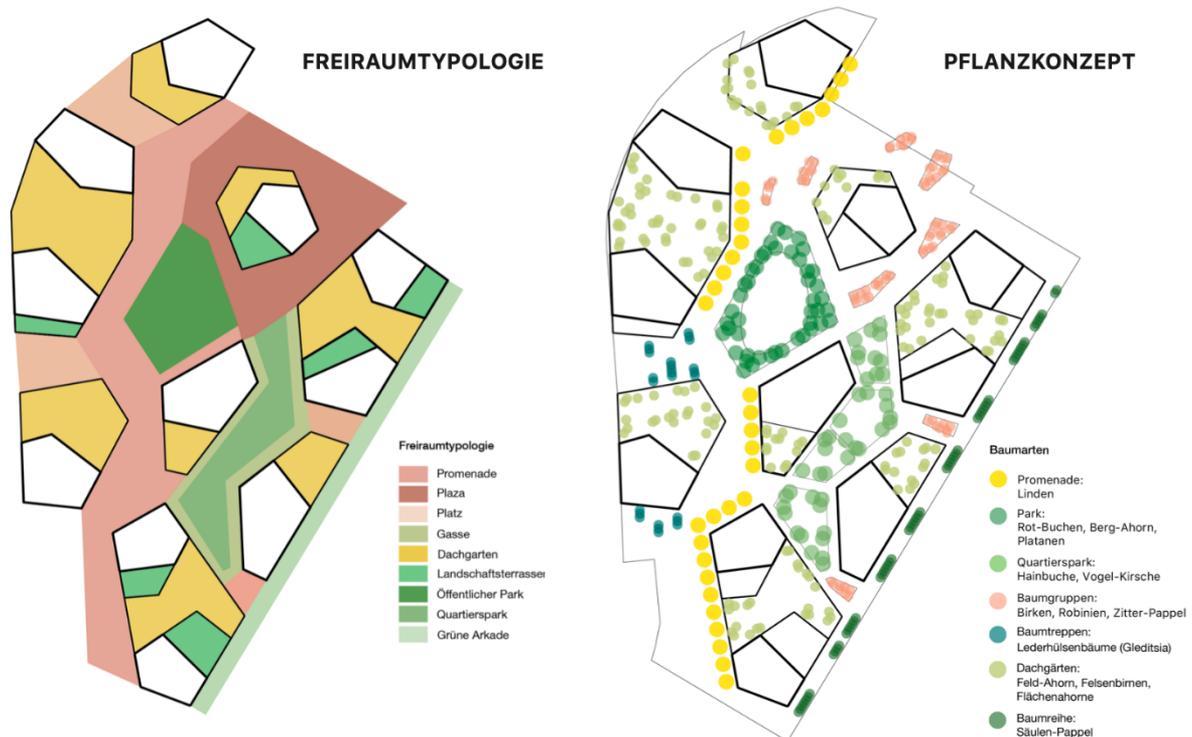
Abbildung 15: Vertikale Zonierung: Grafik: Nussmüller Architekten.



Aufenthaltsqualität und Freiraumqualität

Die Freiräume wurden entsprechend der Nutzung und ihres Grades an Öffentlichkeit programmiert und differenziert. Promenade, Plaza, Plätze und Wege bilden als „Lebensadern“ eine vielfältige Durchwegung durch das neue Quartier. Ein durchgängiges Pflanzkonzept differenziert die Bereiche. Großkronige Leitbäume führen entlang der Promenade durch das Areal. Der öffentliche Park und die grüne Passage bekommen unterschiedliche Aufenthaltsqualitäten. Wesentlich erscheint uns eine gleichbleibend hohe Qualität auf begrenzten Raum sowohl im Erdgeschoß als auch in den Dachflächen über dem Sockel zu erzeugen.

Abbildung 16: Freiraum- & Pflanzkonzept. Grafik: Studio Boden.



Nutzungsverteilung

Die Nutzungen lassen sich in drei Bereiche gliedern

Urban Business Hub:

- Innovationsfördernde flexible und skalierbare Office-Bereiche
- Betriebsansiedlungszone mit Office, Design Thinking Labor & Produktionsflächen
- Shared & serviced Zones

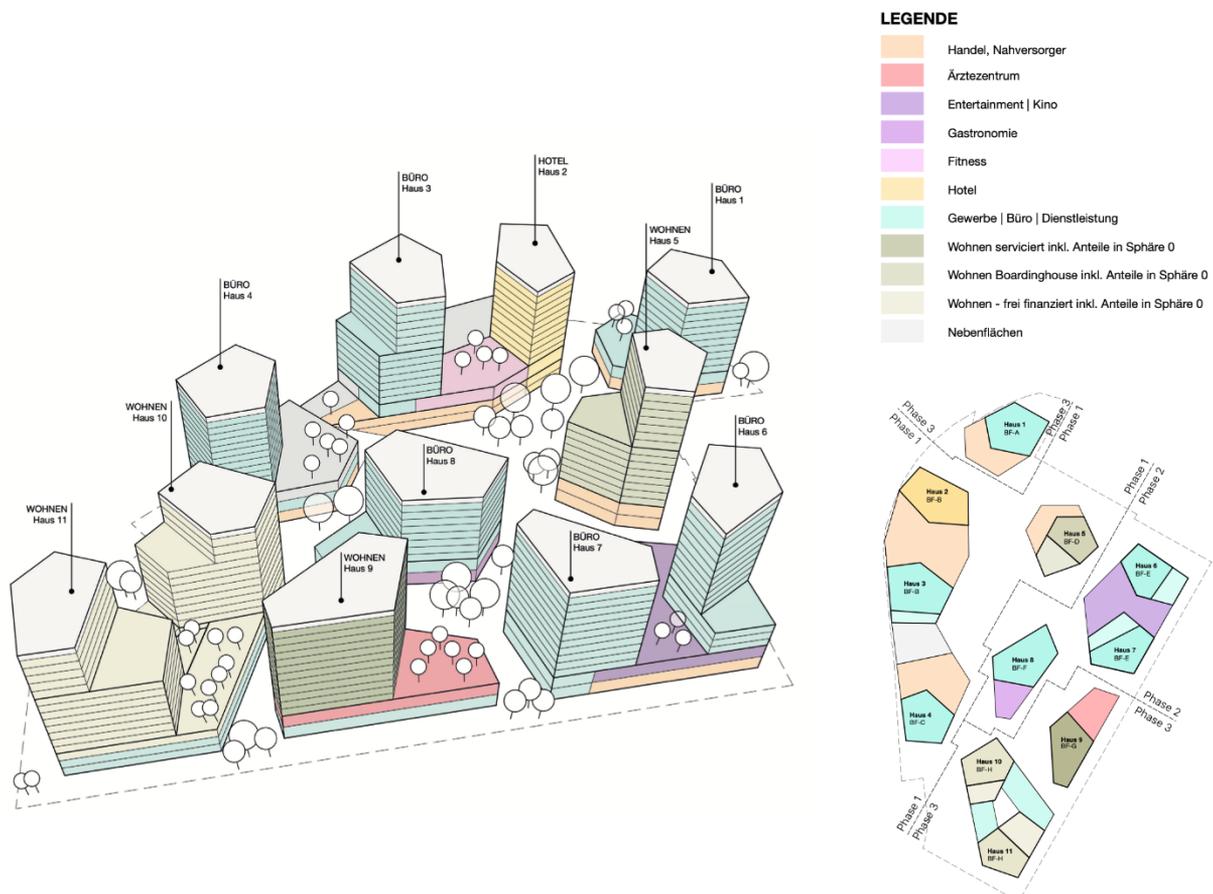
Urban Entertainment Center:

- Einkaufen / Gastronomie - Fitness & Relax
- Erlebniszonen

Urban Living:

- Hotel / Serviced Apartments
- Qualitätsvolles Wohnen
- Medizinische Versorgung / Ärztezentrum

Abbildung 17: Nutzungsverteilung. Grafik: Nussmüller.



Die Nutzung des jeweiligen Hauses sollte vertikal verteilt und sortenrein sein. Die Sockelnutzungen können aufgrund der größeren Grundrissflächen mit Handelsflächen (bei Frequenzlagen) und Urban Entertainment bespielt werden. Die Sockelzonen der Wohnhäuser sollten mit Wohnbegleitnutzungen, Atelierwohnungen und dergleichen ausgestattet werden. Im

Wettbewerbsprojekt wurden die Nutzungen so gewählt, dass Nutzungen mit erhöhter Frequenz und Zugänglichkeit an die Anknüpfungspunkte im Norden und im Westen des Areals anschließen.

5.1.4. Analyse der geplanten Freiraumplanung und Bauwerksbegrünung

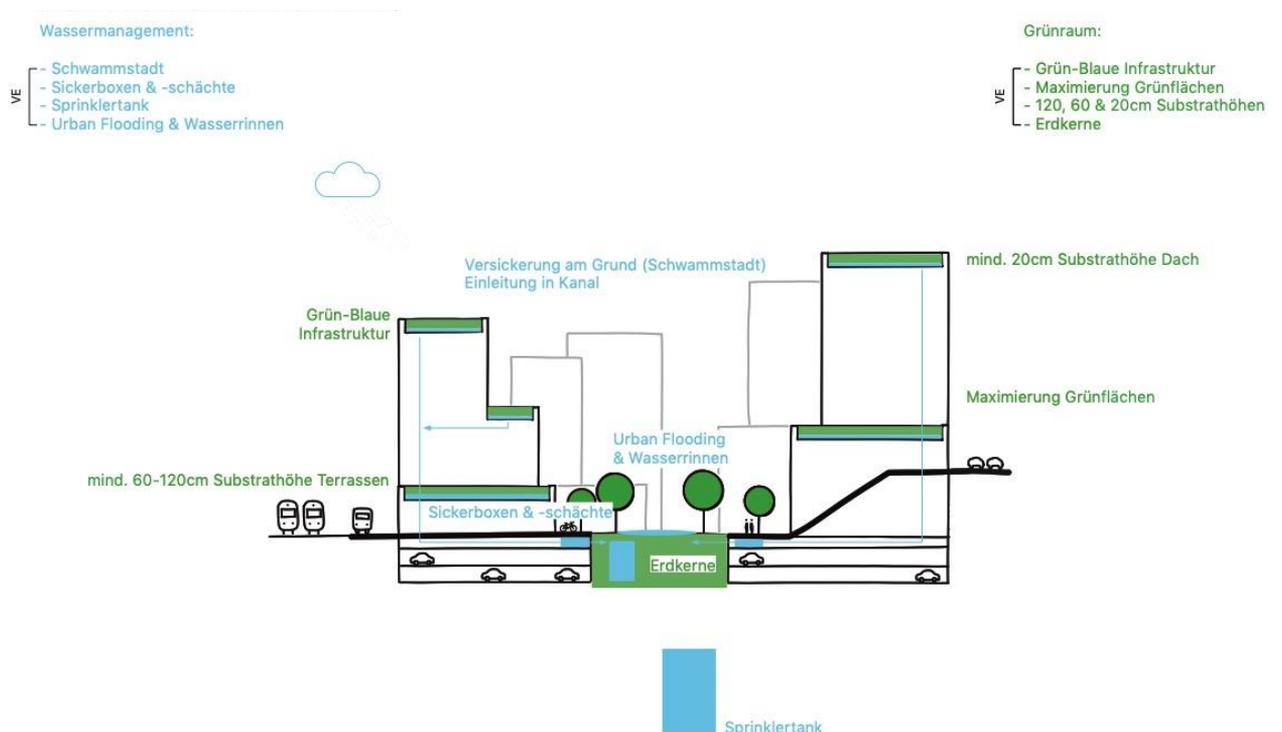
Faktoren für die Grünraumplanung in der Wettbewerbsphase und Anpassungen bis Status Quo

Vorgabe war, dass 10% der 4ha großen Grundstücksfläche nicht unterbaut werden dürfen und als „Erdkern“ (s. Abb. Abbildung 18) eine natürliche Versickerung ermöglichen. Da nahezu das gesamte Areal mit einer Tiefgarage unterbaut ist, muss auch die Erdgeschoßzone als begrüntes Flachdach betrachtet werden. Auf allen Dachebenen waren Begrünungsgrade und minimale Aufbauhöhen definiert. Fassadenbegleitende Baumreihen waren ebenfalls vorgegeben.

Der **Anteil der versiegelten Fläche** war im Wettbewerb noch viel höher und wurde im Verlauf der Vorentwurfsplanung immer weiter reduziert. Damit konnten im Rahmen eines

Regenwassermanagementkonzepts mehr Potentiale zur Retention und Versickerung von Niederschlagswasser geschaffen werden.

Abbildung 18: Geplante Maßnahmen Freiraum. Grafik: Nussmüller Architekten/Studio Boden.



Regenwassermanagementkonzept

Für die Einleitung von Niederschlagswasser in den öffentlichen Kanal besteht am Bauplatz eine Einleitbeschränkung. Dies entspricht dem Stand der Technik, der eine weitestgehende Behandlung der anfallenden Niederschläge auf Eigengrund vorsieht, sofern dies möglich und zulässig ist.

Aufgrund der versiegelten Oberflächen im Quartier und der Unterbauung durch die Tiefgarage, ist die natürliche Versickerung nur über die beiden Erdkerne unter den Parkanlagen (Öffentlicher Park, Quartierspark) möglich, weil nur dort eine direkte Verbindung zum gewachsenen Boden besteht.

Das Wasser von Dachflächen, Fassaden (Schlagregen) und befestigten Freiflächen, wird nach einer Reinigung durch Laub- und Schlammfang den Erdkernen oder den Retentionsmaßnahmen zugeführt. Wasser von regelmäßig befahrenen und dadurch stärker verschmutzten Flächen wird direkt in den Kanal eingeleitet. Die Einleitung ist gedrosselt und der Kanal teilweise als Staukanal ausgeführt.

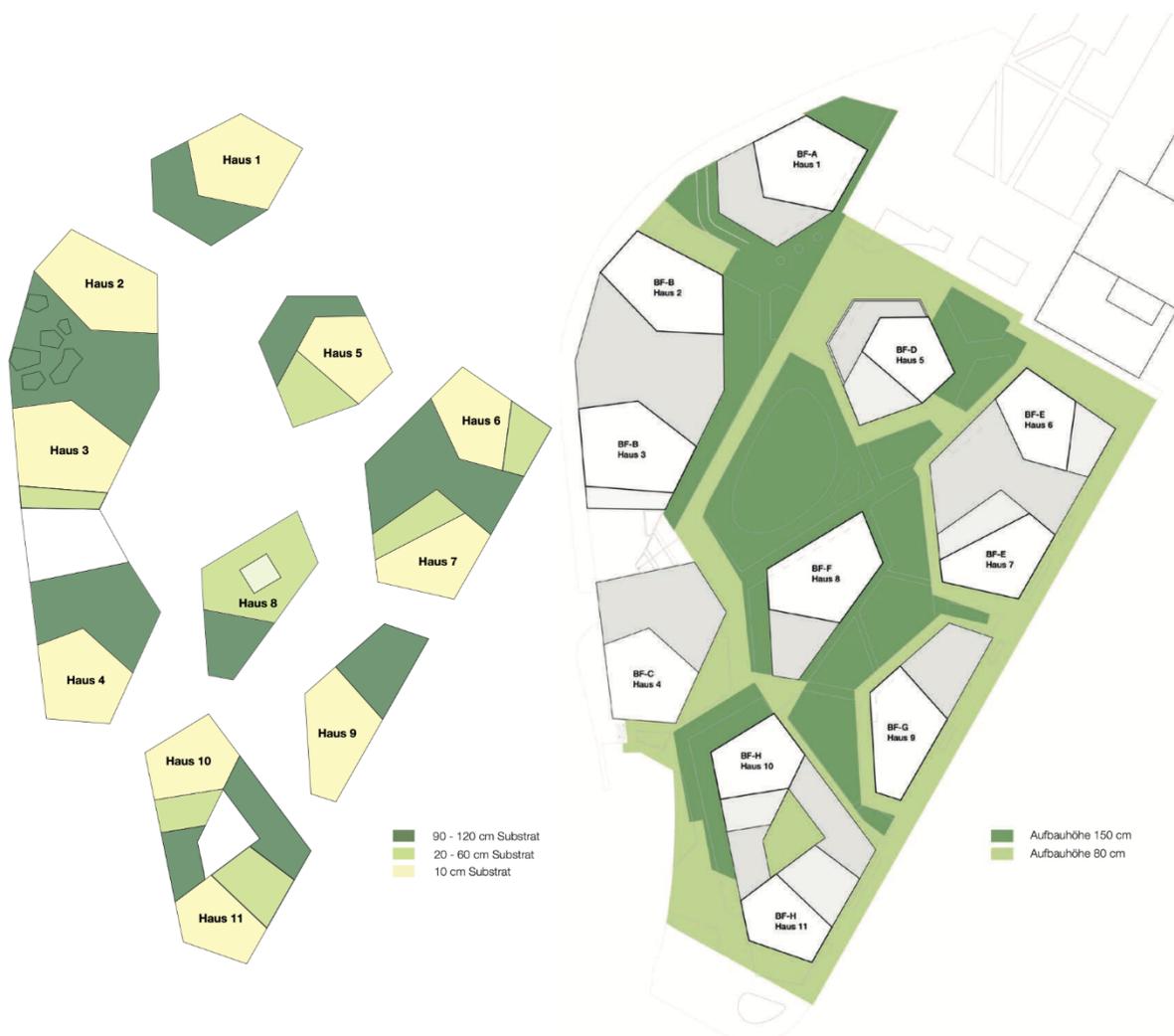
Anfallender Regen auf Grünflächen verbleibt auf der Vegetation, gelangt in den Bodenaufbau (teilweise im Schwammstadt-Prinzip) und dient der Bewässerung der Pflanzen, über die es durch Evapotranspiration wieder verdunstet und somit im Fluss eines naturnahen Wasserkreislaufs steht. Bei Starkregenereignissen oder sich anstauer Nässe in den bepflanzten Schwammstadt-Maßnahmen muss das Wasser (z.B. mittels Sohl drainage) abgeleitet werden, um Wurzelfäule zu vermeiden. Die Entleerung der Schwammstadt erfolgt durch die Topographie gedrosselt in den öffentlichen Kanal. Durch die Wasseraufnahmekapazität der Substratschichten und die zeitliche Verzögerung der Einleitung in den Kanal werden Abflussspitzen reduziert und so die Überlastung verhindert. Der öffentliche Kanal ist ein Mischwasserkanal. Deshalb erfolgt nördlich von Haus 6 (nördlicher Rand des Quartiers) die Zusammenlegung der Schwarzwasser- und Regenwasserkanäle. Ansonsten werden die Wässer im gesamten Quartier getrennt geführt, sodass eine Behandlung, Nutzung und Reduzierung der Abflussmenge über weitere potentielle Maßnahmen ermöglicht wird.

Abbildung 19: Übersicht Entwässerungskonzept Kulturtechnik Rosinak & Partner ZT GmbH und studio boden mit rajek barosch landschaftsarchitektur



Die geplante Einleitmenge für Regenwasser beträgt ca. 27,5 l/s. Zusammen mit dem Schmutzwasser von etwa 120,0 l/s ergibt sich eine Gesamteinleitmenge von 147,5 l/s. Gesammelte Dachwässer werden zunächst in die Sickerboxen auf der Tiefgaragendecke eingeleitet. Das Entwässerungskonzept ist in Abbildung 19 dargestellt: Haus 1 und 2 sind an die Sickerbox 1 (180,6 m³), Haus 5 und 6 an die Sickerbox 3 (116,6 m³) angeschlossen. Deren Überlauf gibt das Wasser an den öffentlichen Kanal weiter. Haus 8 leitet das Dachwasser in Sickerbox 2 (164,2 m³). Die Dächer der Häuser 4, 10 und 11 leiten das Wasser in die Sickerbox 4 (157,6 m³). Diese sind mit Sickerschächten in den Erdkernen verbunden. Für Haus 3, 7 und 9 besteht eine direkte Verbindung zu jeweils einem Sickerschacht in den Erdkernen.

Abbildung 20: Lageplan Aufbauhöhen – Stand Vorentwurf. Grafik: Studio Boden.



Unterschiedliche Aufbauhöhen, Herausforderung Tiefgaragendach

Mit dem Entwurfsprinzip „Haus als Berg“ werden die Gebäudekörper und dazugehörige Freiflächen abgestuft und dadurch vertikal gegliedert. Es entstand eine Schichtung von Vegetationszonen mit unterschiedlichen Aufbauhöhen. Der hohe Bodenaufbau auf der Tiefgaragendecke im Erdgeschoss ist eine statische Herausforderung. Auch die Verbindung der Baumgruben zu einem größeren System,

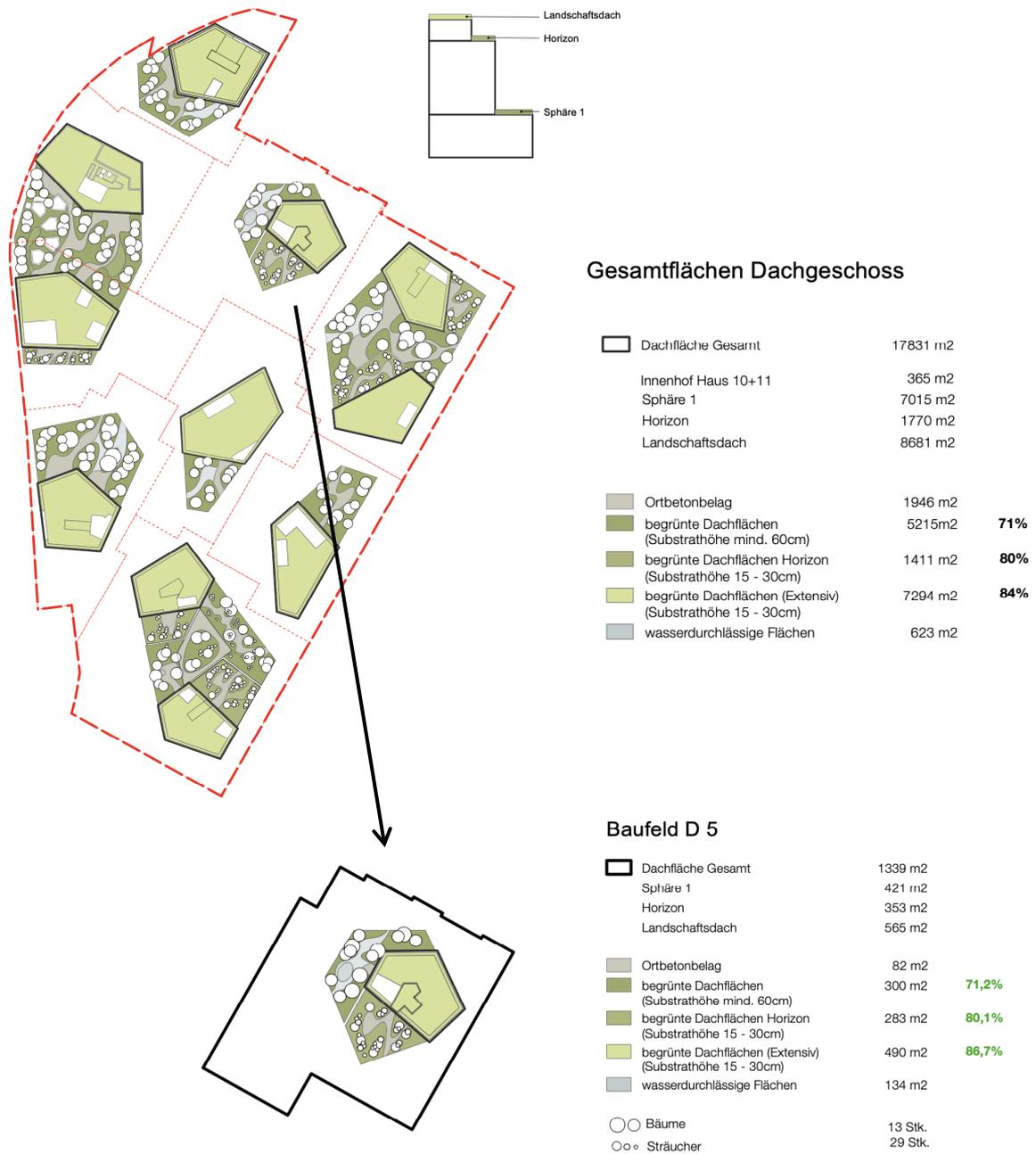
sowie zur Entwässerung, um Wurzelfäule durch stehendes Wasser zu verhindern ist schwierig, da die Trägerroste zum Lastabtrag der Häuser diese Verbindungen unterbrechen.

Abbildung 21: Schnitt: Aufbauhöhen der differenzierten Dachbegrünungen. Grafik: Studio Boden/ Nussmüller Architekten.



Über dem Erdgeschossniveau bilden die **Dachgärten** auf den jeweiligen Sockeln die erste Vegetationsschicht mit einem Grundaufbau von 90 cm Substrat. Nur im Bereich der Gehölze soll punktuell auf 120 cm erhöht werden, um die Eigenlast auf die Decke so gering als möglich zu halten. Auch die Aufbauten für die Dachgärten der Horizon-Ebene folgen diesem Prinzip: Der Grundaufbau beträgt hier 20 cm und soll punktuell auf 60 cm erhöht werden. Die Landschaftsdächer bilden die oberste Vegetationsschicht und sind mit einem Aufbau von 10 cm extensiv begrünt. Um ein zu starkes Überhitzen und Absterben der Tiere und Pflanzen im Sommer zu vermeiden, sollte der Aufbau möglichst auf 12 cm erhöht werden (Input T. Hauck).

Abbildung 22: Begrünungsgrad Dachflächen. Grafik: Studio Boden.

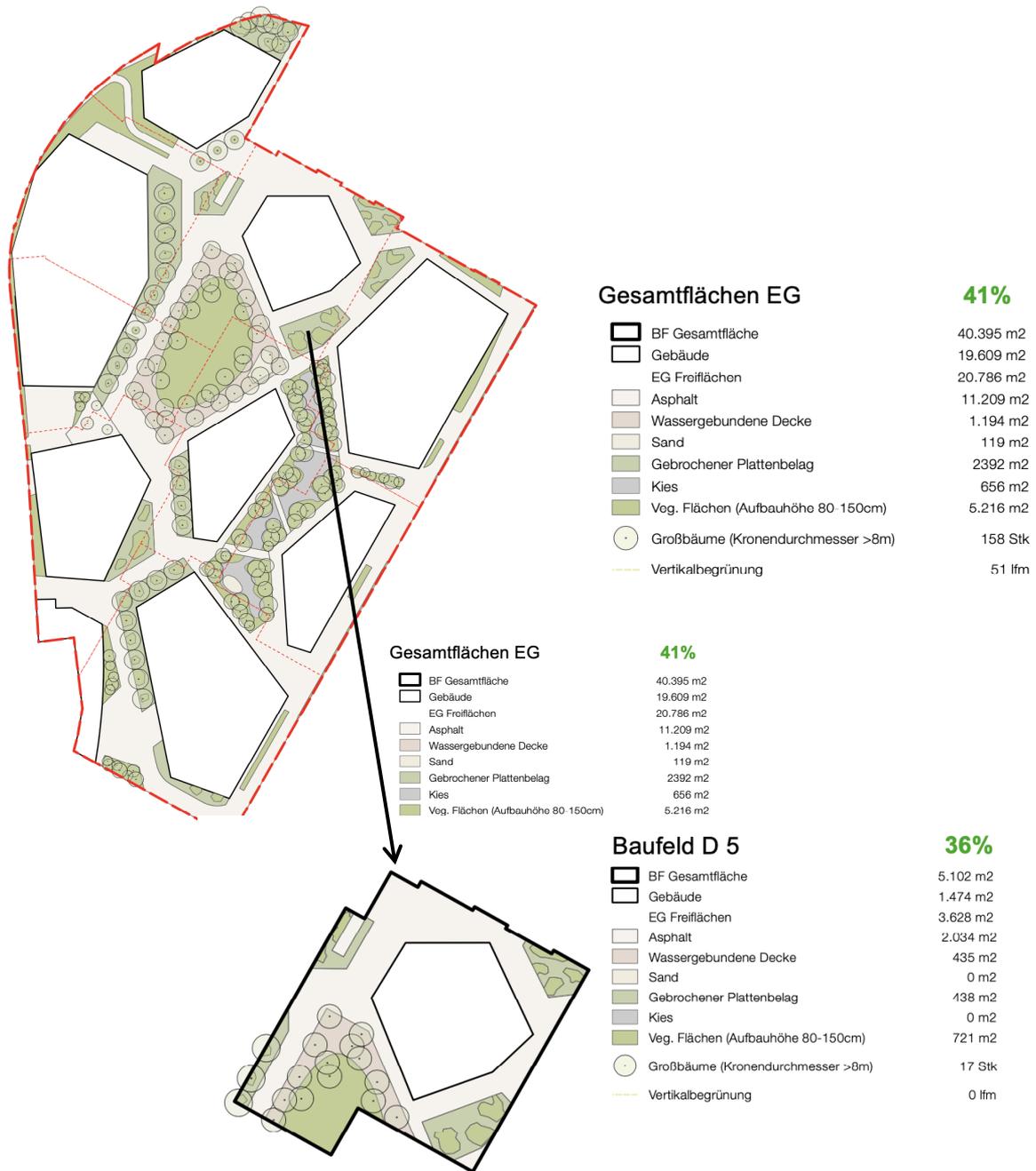


Begrünungsgrad Dachflächen (Wettbewerb) + behördliche Anpassung

Die Vorgaben aus dem Bebauungsplan sehen vor, dass auf dem Sockelgeschoss 70% begrünt sein müssen - mit mindestens 60 cm Substrat. Die Dachflächen der Horizon-Ebene und die Landschaftsdächer müssen jeweils zu 80% begrünt sein, letzteres mit mindestens 15 cm Substrat.

Im Wettbewerb war der Anteil der Belagsflächen auf den Dachgärten wesentlich höher. Durch die Reduktion der Belagsflächen und Änderung von Teilflächen zu sickerfähigen Belägen, konnte der Versiegelungsgrad entsprechend den behördlichen Vorgaben erfüllt werden.

Abbildung 23: Begrünungsgrad Erdgeschossniveau. Grafik: Studio Boden.



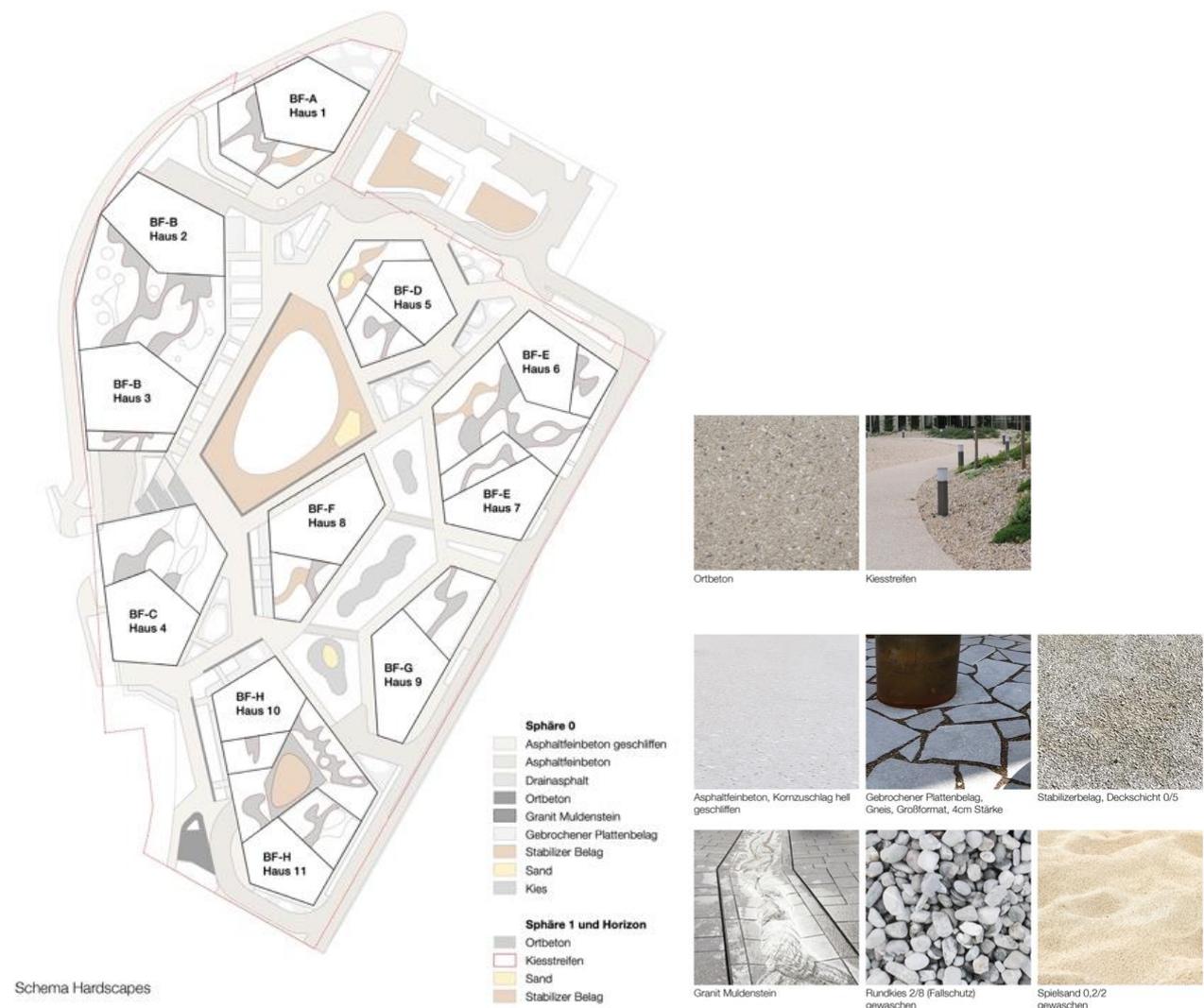
Grünflächenanteil + Baumpflanzung (Wettbewerb) + behördliche Anpassung

Der Grünflächenanteil auf Erdgeschossniveau wurde im Vergleich zum Wettbewerb erhöht. Die Vorgaben liegen laut Bebauungsplan bei mindestens 54 Bäumen mit einem

Mindestkronendurchmesser von 8 m. Das entspricht einem Baum je 750 m² Bauplatzfläche. Im aktuellen Planungsstand sind 158 Bäume vorgesehen.

Der Grünflächenanteil soll insgesamt bei 30% liegen. Für das Gesamtprojekt liegt er aktuell bei 43%, für Baufeld BF-D liegt er bei 36%.

Abbildung 24: Hardscape. Grafik: Studio Boden.



Hardscape: Materialkonzept

Ein Materialkonzept wurde im Wettbewerb noch nicht thematisiert. Für das Projekt wurden Parameter zusammengestellt, anhand dieser die Materialien für harte Oberflächen ausgewählt wurden. Im Hinblick auf ein klimafittes Quartier mit naturnahen Freiräumen, wird mit möglichst hellen Materialien gearbeitet, die einen hohen Rückstrahlwert aufweisen und dadurch weniger zur sommerlichen Überhitzung beitragen. Ebenso wichtig ist die Sickerfähigkeit der Beläge zur Wasserversorgung von Boden und Pflanzen, sowie als Retentionspotential für Niederschlag und die Offenheit für kontinuierliche Verdunstung. Darüber hinaus ist ein natürliches Erscheinungsbild

vorgesehen, ohne intensive künstliche Farben. Um das Projekt in seiner Umgebung zu verankern und CO₂ einzusparen, kommen lokale Materialien zum Einsatz.

Abbildung 25: Softscape. Grafik: Studio Boden



Schema Softscapes

Softscape: Pflanzkonzept

In der Wettbewerbsphase war das Pflanzkonzept im Wesentlichen auf die Bäume und die Vegetationsschichten auf den verschiedenen Ebenen beschränkt. Im weiteren Verlauf wurden auch für die Softscape-Bereiche Parameter aufgestellt, die die Vision des Quartiers weitertragen: Die Bepflanzung der Freiflächen erfolgt mit möglichst heimischen Arten, die sich an den Pflanzengesellschaften Oberösterreichs orientieren und die Fauna fördern, zum Beispiel als Bienennährgehölze. Das Pflanzkonzept verfolgt eine hohe Artenvielfalt in jeder Vegetationsschicht mit vielen unterschiedlichen Standorten / Standortfaktoren im Quartier.

5.1.5. Bestandsaufnahme der geplanten technischen Infrastrukturen

Die im Vorentwurf definierten technischen Infrastrukturen unterteilen sich wie folgt:

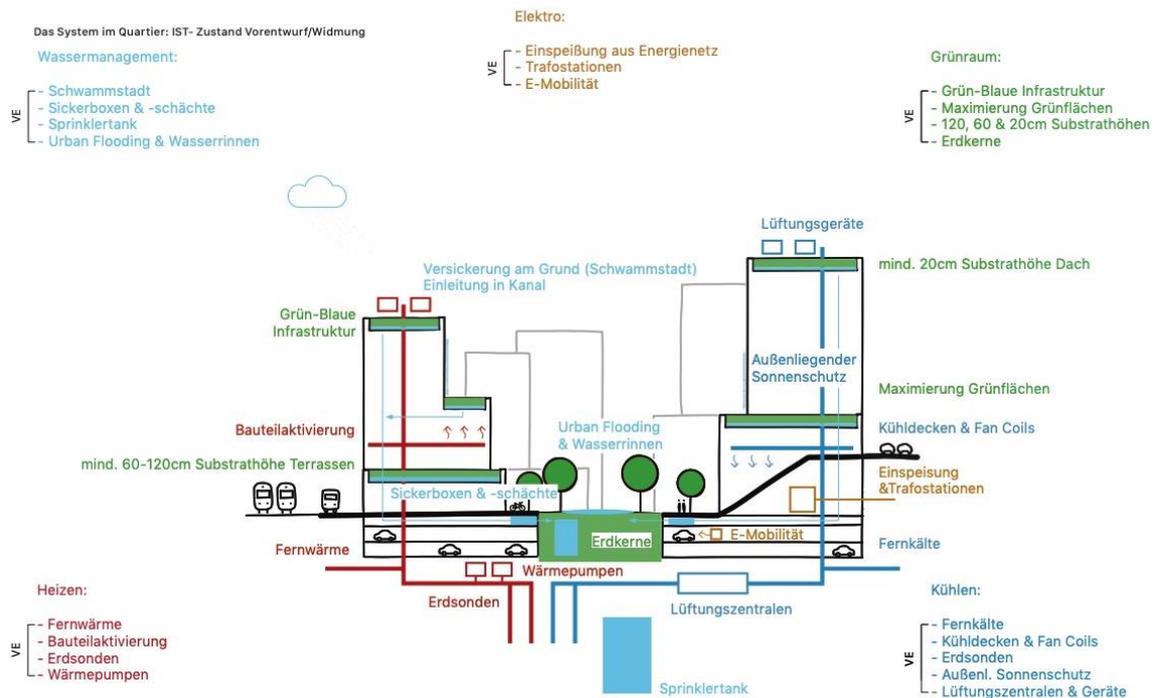
Heizen und Kühlen

Kernstück der thermischen Energieversorgung ist neben der kommunalen Versorgung mit Fernwärme bzw. Fernkälte ein Erdsondenfeld in Verbindung mit Wärmepumpen und Kältemaschinen. Die Steuerung und Versorgung wird über 2 in mehreren Bauphasen eingeplante Energiezentralen sichergestellt und durch einen Ringschluss mithilfe eines Kollektorganges im Areal verbunden. Über Subzentralen werden die jeweiligen Häuser versorgt. Die Fensterflächen werden durch einen außenliegenden Sonnenschutz vor Überhitzung geschützt.

Lüftung

Einerseits wird durch offenbare Fensterelemente eine manuelle Lüftung am gesamten Quartier sichergestellt, andererseits sorgen Lüftungsgeräte die in den Untergeschossen sowie auf den Dächern situiert sind in den jeweiligen Baufeldern für ausreichend Luftwechsel. Die Tiefgarage wird mechanisch entraucht und entlüftet.

Abbildung 26: Übersicht der technischen Infrastrukturen. Grafik: Nussmüller Architekten.



Nussmüller Architekten ZT GmbH | pci@nussmueller.at

Elektro

Durch die Einspeisung aus dem Energienetz werden die Post City Gardens mit Strom versorgt. Sechs Trafostationen in den einzelnen Bauphasen sorgen für die Stromverteilung auf dem Gelände. In der Tiefgarage sind Stellplätze für die E-Mobilität vorgesehen.

Wassermanagement

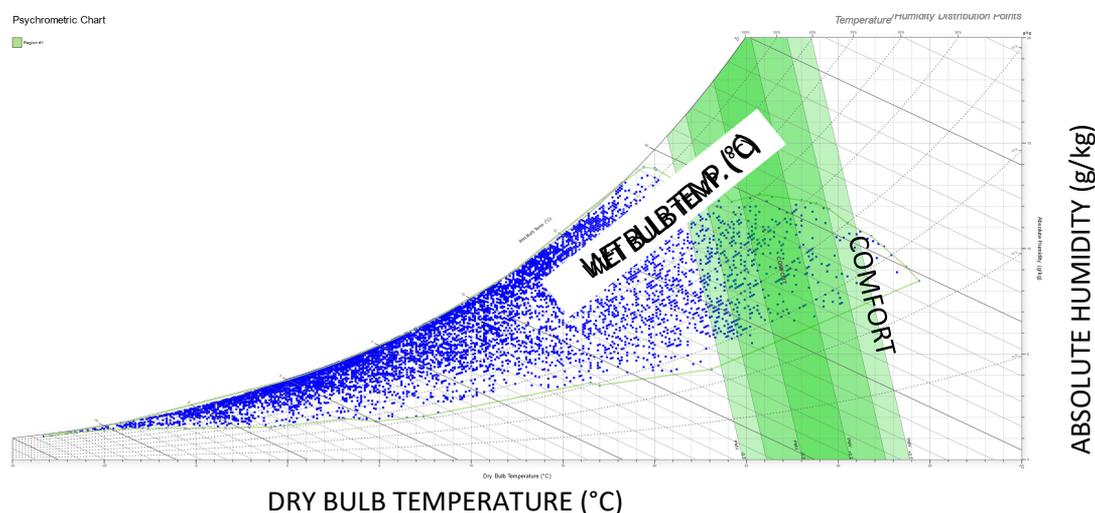
Die Bewässerung der Grünflächen erfolgt durch die Beregnung sowie zusätzlich durch Leitungswasser auf den Terrassen. Bei Starkregen sorgt das Schwammstadt-Prinzip mit Sickerkörpern und in die Landschaftsplanung integrierte Retentionsflächen für Entlastung der Erdkerne.

5.1.6. Klimatische Bedingungen und Energiebedarf aus der Vorentwurfsplanung

Randbedingung Klima Linz

Die Auswahl der gewünschten raumklimatischen Bedingungen hat einen großen Einfluss auf den Energiebedarf. Abbildung 27 zeigt die stündlichen Werte des Außenklimas in Linz zusammen mit dem Bereich des für das Projekt geplanten Raumklimas (grünes Feld). Bei Luftkonditionen, welche links des grünen Feldes liegen, muss die Luft geheizt werden, um in den Komfortbereich gebracht zu werden. Bei Luftkonditionen, welche rechts des grünen Feldes liegen, muss die Luft gekühlt werden. Bei Luftzuständen oberhalb bzw. unterhalb des grünen Bereiches, muss die Luft entfeuchtet bzw. befeuchtet werden.

Abbildung 27: Psychrometric Chart – Außen und Raumklima

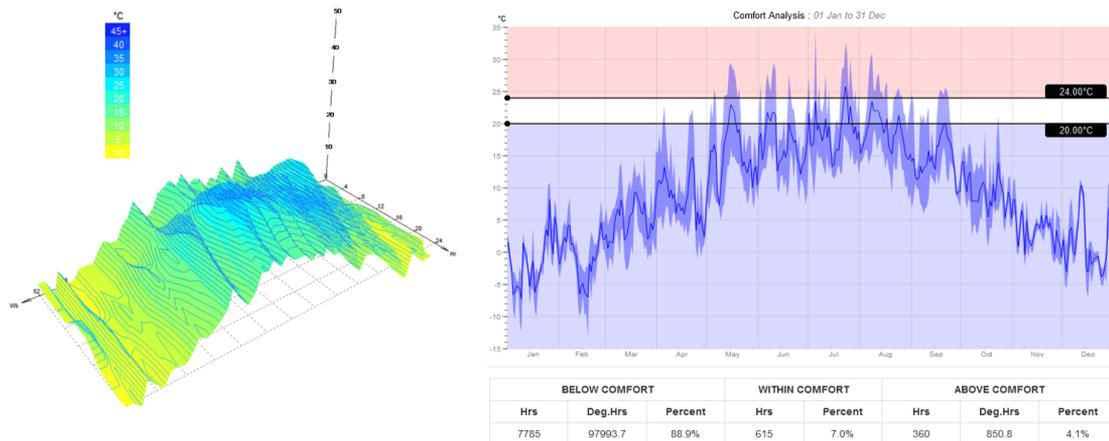


Die Anzahl der Stunden in den verschiedenen Bereichen des Diagramms ist ein Indikator der notwendigen lufttechnischen Prozesse. Allerdings – abhängig vom architektonischen Konzept und der Gebäudenutzung – erfolgt aufgrund von sensiblen und latenten Raumlasten (solarer Eintrag, Wärme und Feuchteabgaben von Personen, Geräten etc.) in den meisten Gebäuden eine Verschiebung der Notwendigkeit der Heizung und Befeuchtung zur Notwendigkeit der Kühlung und Entfeuchtung.

Eine dynamische Betrachtung bei der Auslegung der Raumkonditionierungssysteme kann zu signifikanten Verbesserungen der Gebäudeperformance führen; beispielsweise durch die Zulassung

einer Überschreitung der oberen Grenze der Raumtemperatur für eine gewisse Anzahl von Stunden im Jahr.

Abbildung 28: Jahresgang der Außenlufttemperatur – Klimadaten Linz aus Meteonorm



Betrachtet man die Linzer Klimadaten am Messpunkt Linz-Stadt der Jahre 1991 – 2020⁴⁴, so liegt die Jahresdurchschnittstemperatur in Linz bei 10.9 °C. Im Jahresverlauf ist der Juli der wärmste Monat mit einer durchschnittlichen Temperatur von 20.9 °C, der Jänner am kältesten mit durchschnittlich 0,5 Grad. Die maximale Tagestemperatur im Schnitt der letzten 30 Jahre liegt bei 25,2 Grad im Juli, die minimale Tagestemperatur im Januar bei -1,8 Grad. Die gemessenen Extremwerte bewegten sich zwischen -17,6 und +36,6 Grad. Diese Klimabedingungen ergeben im Durchschnitt 191 Heiztage (20/12) pro Jahr mit einer Gradtagszahl 20/12 von 2989.

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 840mm pro Jahr (Vergleich Wien: ca. 670mm), wobei im Juli die meisten Regentage pro Monat anfallen, die wenigsten Regentage werden im November gezählt. Im Jahresverlauf werden im Schnitt 2610 Sonnenstunden⁴⁵ verzeichnet.

Abbildung 29: Klimatablelle Linz Stadt. Grafik: AEE INTEC, Werte: Sonnenstunden: climate-data.org, alle anderen Werte: GeoSphere Austria. 30a Mittelwerte (1991-2020).

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Ø. Temperatur (°C)	0.5	2.2	6.6	11.6	15.9	19.2	20.9	20.6	15.9	10.8	5.6	1.5	10.9
Ø. Min. Temperatur (°C)	-1.8	-1.1	2.3	6.4	10.4	14.2	15.2	15	11.5	7	3	-0.7	6.8
Ø. Max. Temperatur (°C)	2.8	5.8	10.4	16.7	20.2	24.3	25.2	24.9	20.2	14	8.1	3.5	14.7
Heiztage	30.9	28.2	28.6	15.5	5	0.7	0	0.2	3.8	18.5	28.6	31	191
Gradtagszahl (°C)	602.7	502.6	400.3	180.3	48	6.4	0	1.4	35.2	213.2	424.6	574.8	2989.5
Niederschlag (mm)	56.6	48.5	65.8	51.3	88.9	89.2	105.1	95.3	69.4	58.5	54.6	56.5	839.7
Luftfeuchtigkeit(%)	88.3	87.5	85.2	79.1	78.5	80.1	81	83.3	89.7	91.1	90.4	89.5	85.3
Regentage (Tg.)*	10	9	10.1	8.1	11.2	10.8	12.3	10.1	9.3	8.9	9.3	10.9	120
Ø. Sonnenstd. (Std.)	3.6	4.9	6.4	8.9	9.8	11.1	11.1	10	7.1	5.3	3.9	3.5	7.1
Windgeschw. (m/s)	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4

* Tage mit mind. 1mm Niederschlag

⁴⁴ <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/klimamittel-1971-2000>, [Stand: 21.08.2023]

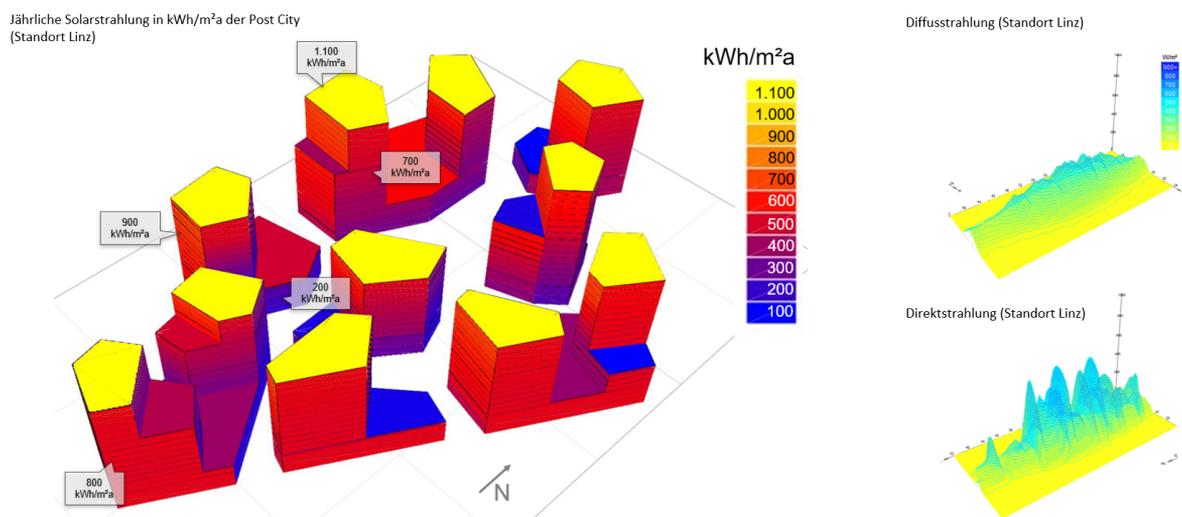
⁴⁵ <https://de.climate-data.org/europa/oesterreich/oberoesterreich/linz-133/#climate-table>, [Stand: 21.08.2023]

Solarenergie

Eine ausführliche Solarenergieanalyse wurde planungsbegleitend bereits vor Projektbeginn durchgeführt, um den solaren Energieeintrag anhand der geplanten Baukörper zu betrachten und Empfehlungen für Beschattungsmaßnahmen zu erarbeiten. An dieser Stelle wird diese Analyse kurz dargestellt. Eine ausführliche geometrische Analyse der Fassadenbestrahlung für die Ermittlung des Fassaden-PV Potentials wurde zusätzlich im Sondierungsprojekt erarbeitet – siehe Kap. 5.5.1.

Abbildung 2Abbildung 30 zeigt die einfallende Kurzwellen-Solargesamtenergie (direkte, diffuse und reflektierte Solarstrahlung), die die Gebäude erreicht. Kurzwellenstrahlung umfasst sichtbares Licht und UV-Strahlung. Die Globalstrahlung⁴⁶ – besteht in unseren Breiten aus ca. 40 % direkter und 60 % diffuser Strahlung. Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in auf den horizontalen Dächern der Post City Gardens bei 1.100 kWh/m² und Jahr.

Abbildung 30: Städtebau/Randbedingungen - Solarstrahlung auf Gebäudevolumen (oben) und Verschattung im Quartier (unten)-Jahreswerte. Grafik: Tobias Weiss.



⁴⁶ *Globalstrahlung*: die gesamte an der Erdoberfläche auf eine horizontale Empfangsfläche auftreffende Solarstrahlung. Sie setzt sich zusammen aus der Direktstrahlung und der kurzwelligen Diffusstrahlung, welche die Erdoberfläche über Streuung an Wolken, Wasser- und Staubteilchen erreicht.

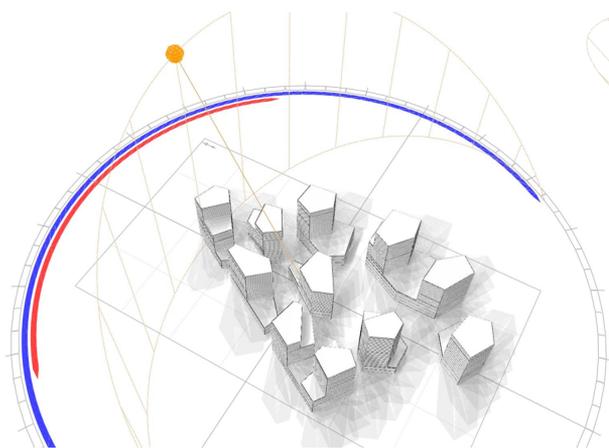


Abb.: Verschattung Quartier 21.03. (stündlicher Schattenverlauf)

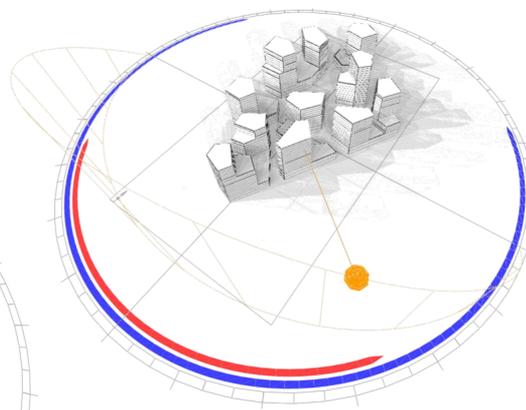
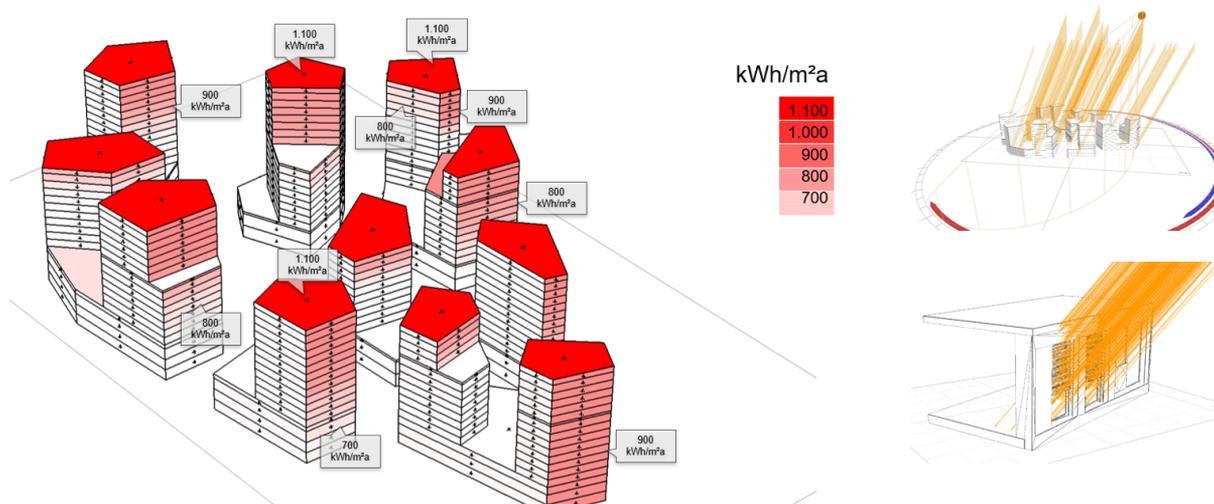


Abb.: Verschattung Quartier 21.03. (stündlicher Schattenverlauf)

Abhängig von der Orientierung und Eigenverschattung der Gebäude im Quartier weisen die einzelnen Fassadenflächen eine empfangene Solarstrahlung von $200\text{kWh/m}^2\text{a}$ bis über $900\text{kWh/m}^2\text{a}$. In Abbildung 31 sind sämtliche Flächen in abgestuft in Rot dargestellt, die einen jährliche Solarstrahlungseintrag von über $700 - \text{ca. } 1.100\text{ kWh/m}^2\text{a}$ aufweisen. Diese Flächen sind speziell für die bedarfsgerechte Dimensionierung des Sonnenschutzes, der Berechnung der Kühllast/ Kühlenergie essentiell.

Abbildung 31: Städtebau/Randbedingungen - Solarstrahlung auf Gebäudevolumen (Jahreswerte) - Flächen mit hoher ganzjährig solarer Einstrahlung

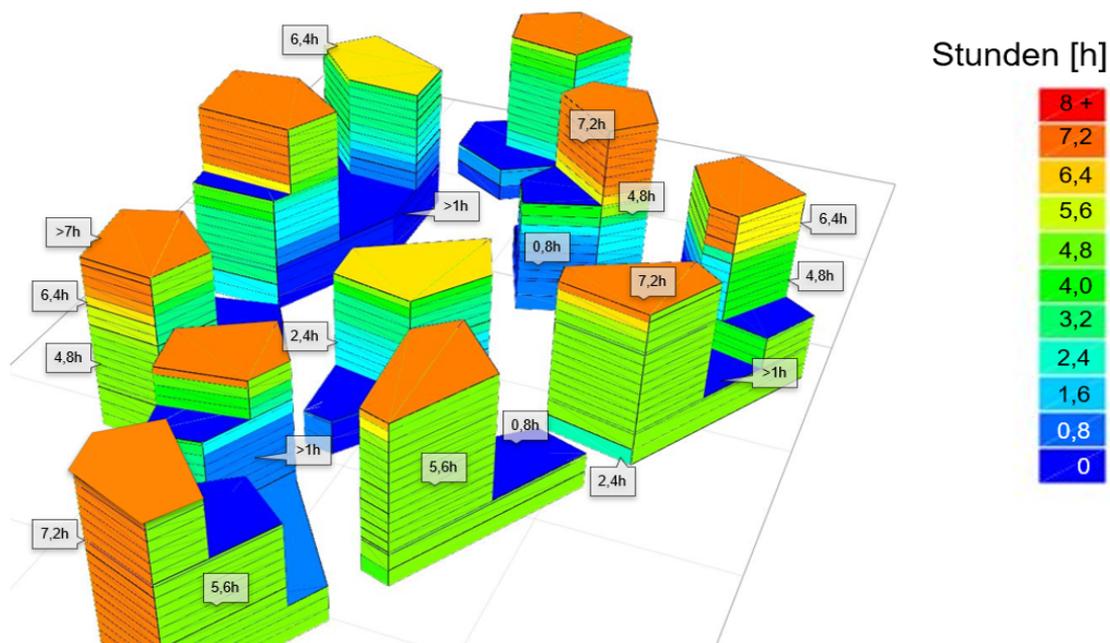


Im Rahmen der Vorentwurfsplanung wurde bereits untersucht, wo es möglich wäre, zum Zwecke der Kosteneinsparung auf außenliegenden Sonnenschutz zu verzichten. Dafür wurden nur die Bereiche als tauglich identifiziert, die durch gegenseitige Verschattung der Gebäude kaum direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind (unter 160 kWh/m^2 summiert über die Sommermonate Juni-September). Allerdings wurde auch eine generelle Empfehlung hin zu einem durchgängigen außenliegenden Sonnenschutz ausgesprochen. Falls dieser entfallen sollte, wurde als Bedingung genannt, dass jedenfalls ein innenliegender Blend-/ Sonnenschutz angebracht und auch die Kühllastberechnung überprüft werden muss. Für Wohngebäude wurde ein Entfall generell nicht empfohlen.

Tageslicht

Abbildung 32 zeigt die Anzahl der Stunden mit direktem Tageslicht am kürzesten Tag des Jahres (21. Dezember) aus der vorhandenen Tageslichtanalyse. In den kommerziell genutzten „innliegenden Sockelzonen“ des Quartiers ist der direkte Tageslichtanteil am 21. Dezember unter einer Stunde. In den darüber liegenden unteren Geschoßen im inneren des Quartiers sind 2-5h Tageslicht möglich, in den oberen und unverschatteten Büro und Wohngeschoßen sind bis zu über 7h möglich. Diese Werte wurden zur weiteren Berechnung des Kunstlichtbedarfes im Realprojekt herangezogen.

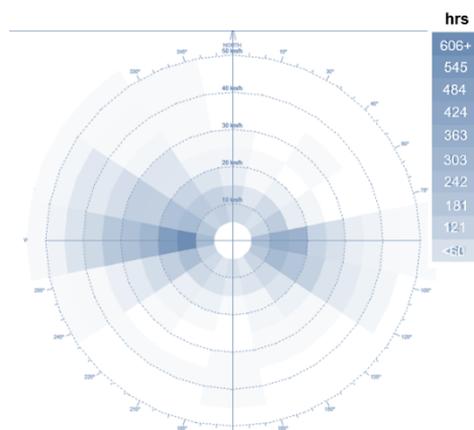
Abbildung 32: Städtebau/Randbedingungen: Anzahl der Stunden direkter Sonneneinstrahlung am 21. Dezember.



Wind

Wie bereits erwähnt lag zu Projektbeginn bereits eine Analyse der lokalen Windverhältnisse und des Windströmungsverhaltens anhand der geplanten Baukörper mit folgenden Ergebnissen vor:

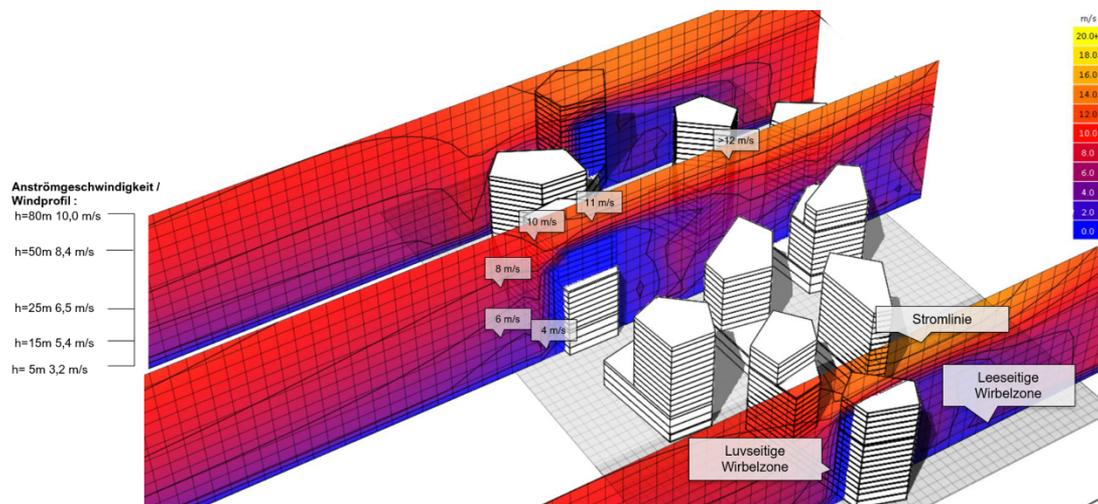
Abbildung 33: Windrose Stadt Linz



Der Hauptwindrichtungssektor in der Stadt Linz setzt sich aus den Windrichtungen W und WSW zusammen. Ein sekundärer Hauptwindrichtungssektor ist mit OSO und O zu verzeichnen. Im primären Hauptwindrichtungssektor herrschen häufig Windgeschwindigkeiten mit einem Wert < 3 m/s (10,8 km/h). Aus Abbildung 29 ist die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in Linz-Stadt mit 1,4m/s übers Jahr abzulesen. Geschwindigkeiten ab 5 m/s, kommen bis auf wenige Ausnahmen nur mehr bei den Hauptwindrichtungen vor. Damit spielt Wind auch bei den mikroklimatischen Bedingungen nur eine untergeordnete Rolle.

Abbildungen 34 und 35 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigen die Ergebnisse der Untersuchung des städtebaulichen Entwurfs. Dargestellt wird die „Air Flow Rate“ (Windvektoren) in 50m, 25m und 2m Höhe bei einer Anströmgeschwindigkeit von 5 m/s bei 10m Höhe aus der in Linz vorherrschenden Hauptwindrichtung Westen mittels des „Exponentialansatzes der Höhenabhängigkeit“ der Windgeschwindigkeit und daraus resultierende Windgeschwindigkeitsprofilen⁴⁷.

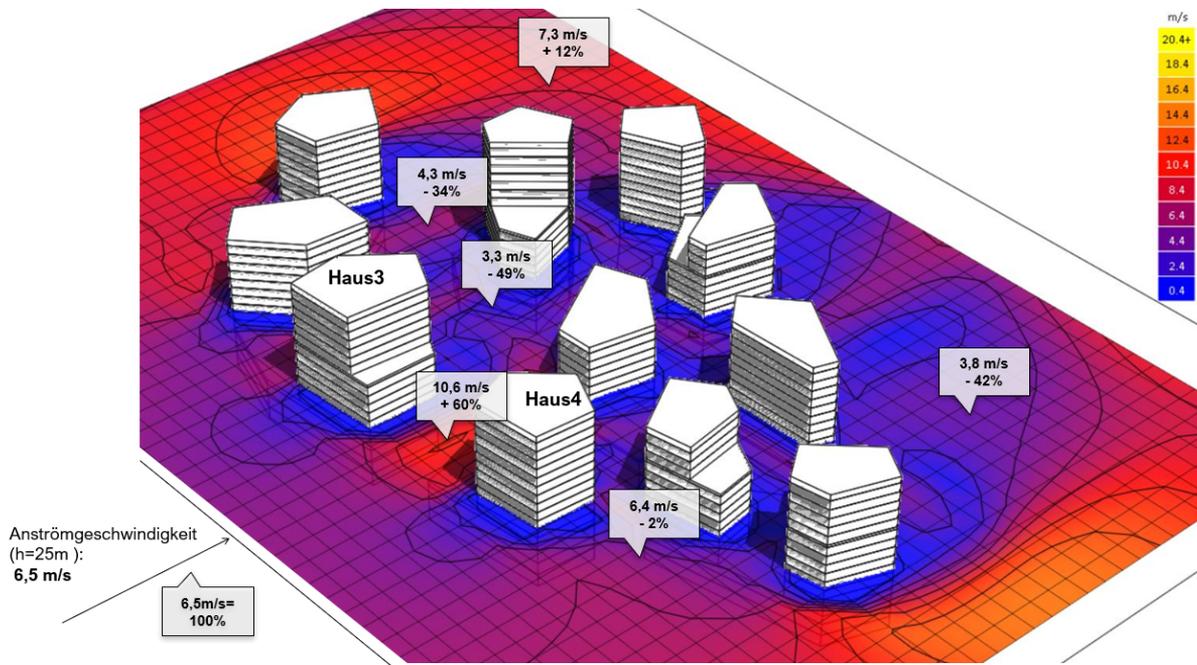
Abbildung 34: Darstellung der Windströmung bei einer Anströmgeschwindigkeit von 5 m/s (h=10m) aus der Hauptwindrichtung Westen.



Trotz der in Linz niedrigen Windgeschwindigkeiten treten in der Post City typische Verstärkungen für Hochhäuser („Düsen effekt“) vor allem zwischen Haus 3 und Haus 4 auf. Durch die Stellung der Gebäude entstehen lokale Verdichtungen im Stromlinienbild, und die über das Dach hinweggeführte oder die Gebäudeecken umströmende Luft kann in diesem Bereich in 25m Höhe bis zu + 60% (Abbildung 35) beschleunigt werden.

⁴⁷ <https://enbau-online.ch/bauphysik/4-3-ursachen-des-natuerlichen-luftaustausches/>

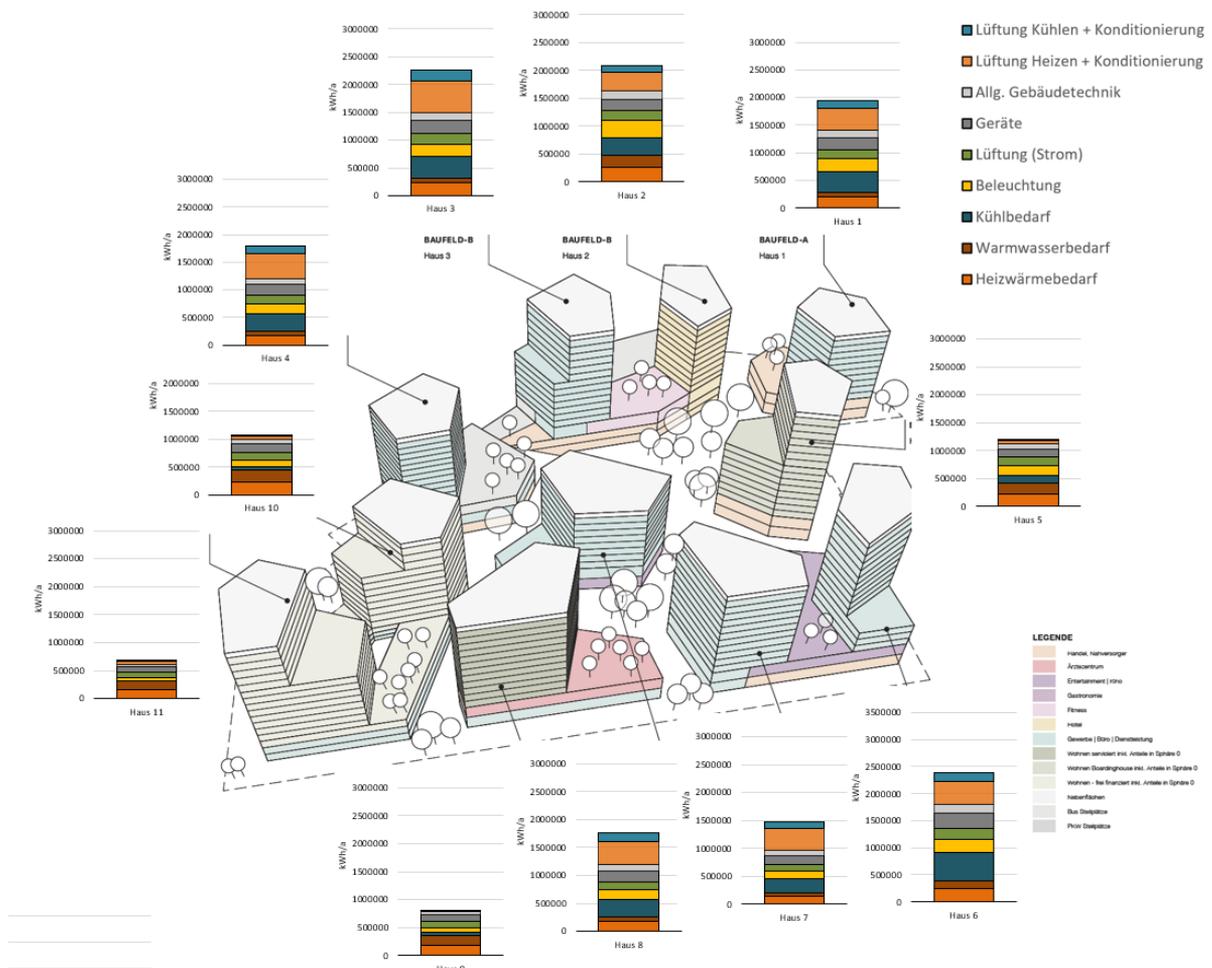
Abbildung 35: Darstellung der Windströmung bei einer Anströmgeschwindigkeit von 6,5 m/s (h=25m) aus der Hauptwindrichtung Westen und Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Baukörperstellung (Vektordarstellung).



Energiebedarf Quartier

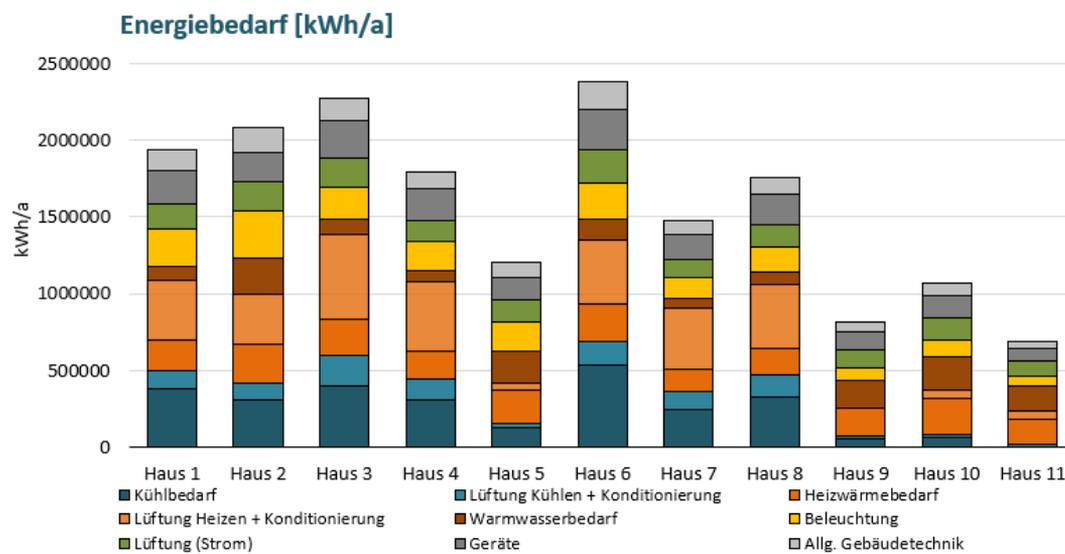
Der Nutzenergiebedarf im Quartier wurde bereits planungsbegleitend durch Abschätzung des Energiebedarfs mittels Benchmarkings der Einzelgebäude anhand der geplanten Flächen und Raumnutzungen gemäß OIB RL6/ SIA 2024 errechnet und teilweise durch Gebäudesimulationen ergänzt. Bei den geplanten Nutzungen wurden Belegung, Auslastung, Temperaturprofile, Komfortkriterien, Nutzung von Geräten und Einrichtungen, Nutzungsdauern, E-Mobilität etc. der unterschiedlichen Gebäudeteile im Detail simuliert und festgelegt. Basierend auf diesen Festlegungen wurde ein Energieverbrauchsprofil übers Jahr erstellt (Wärme, Kälte, Strom), das neben den saisonal bedingten Schwankungen auch die unterschiedliche Nutzung im Wochenprofil (Montag bis Mittwochnachmittag kein Restaurantbetrieb) im Detail berücksichtigt. Nutzungsgrade der Wärme- und Kälteerzeuger sowie die Speicher- und Verteilverluste für den thermische Energiebedarf für Raumkühlung, Raumwärme und Warmwasser waren in dieser Berechnung für den Vorentwurf noch nicht berücksichtigt.

Abbildung 36: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m²a



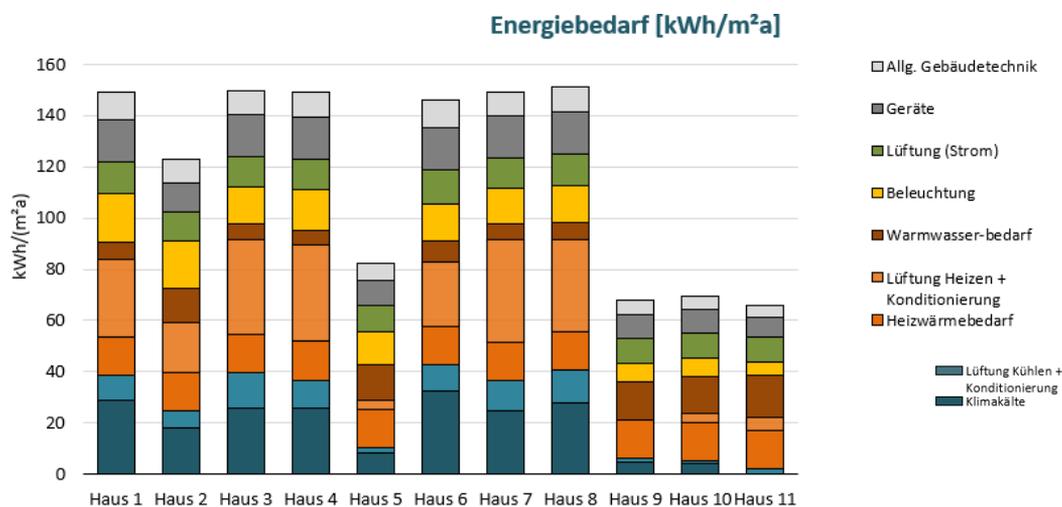
Auf Basis der Jahreswerte wurde anschließend eine stündliche Auflösung erarbeitet, um die zeitlichen Verteilungen und damit die Energieflexibilitätspotentiale optimal nutzen zu können. Die Verteilung des Bedarfs auf die Jahresstunden erfolgte wo möglich vorhanden auf Basis der dynamischen Gebäudesimulation oder anhand von hinterlegten Profilen, gemäß Merkblatt SIA 2024 und in Abhängigkeit von den Klimadaten (Globalstrahlung und Außentemperatur).

Abbildung 37: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/a

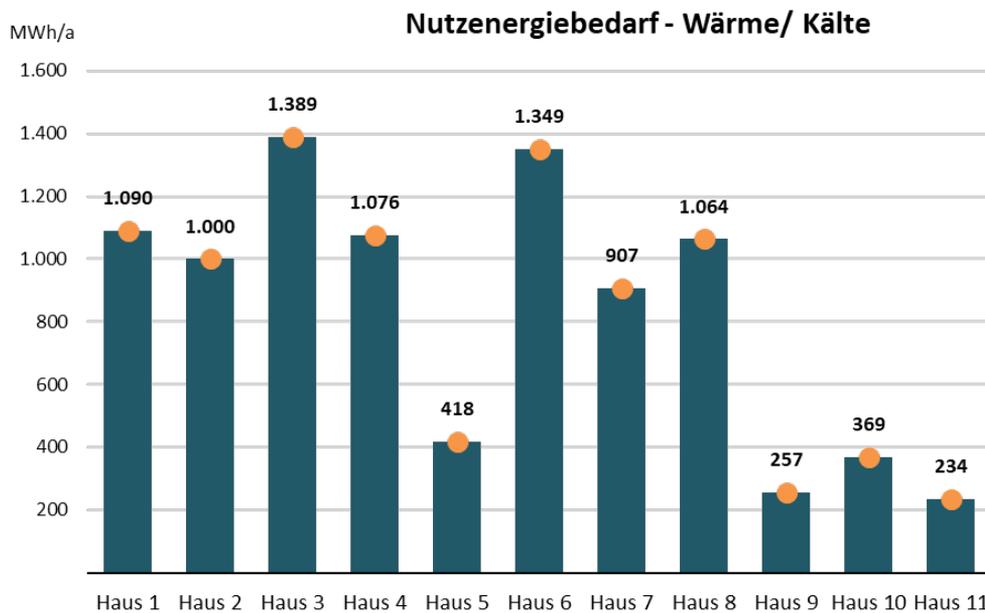


Für die untersuchten Gebäude wurde der Energiebedarf auch pro konditionierter Bruttogeschossfläche ermittelt. Dadurch treten die nutzungsbedingten Unterschiede im Energiebedarf deutlich zutage (Vgl. Abbildung 38). Verglichen mit Nutzungen wie Wohngebäuden (Häuser 5,9,10,11) haben die Gebäude mit vorwiegend Büro- und kommerzieller Nutzung als auch Gebäude mit hohem Verglasungsanteilen in den Fassaden einen hohen spezifischen Energiebedarf. Dieser ergibt sich zum einen aus den geforderten hohen Luftvolumenströmen und zum anderen aufgrund der hohen Anforderungen an Temperatur, Behaglichkeit und relativen Feuchte und Strombedarf für Beleuchtung und Geräte.

Abbildung 38: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m²a



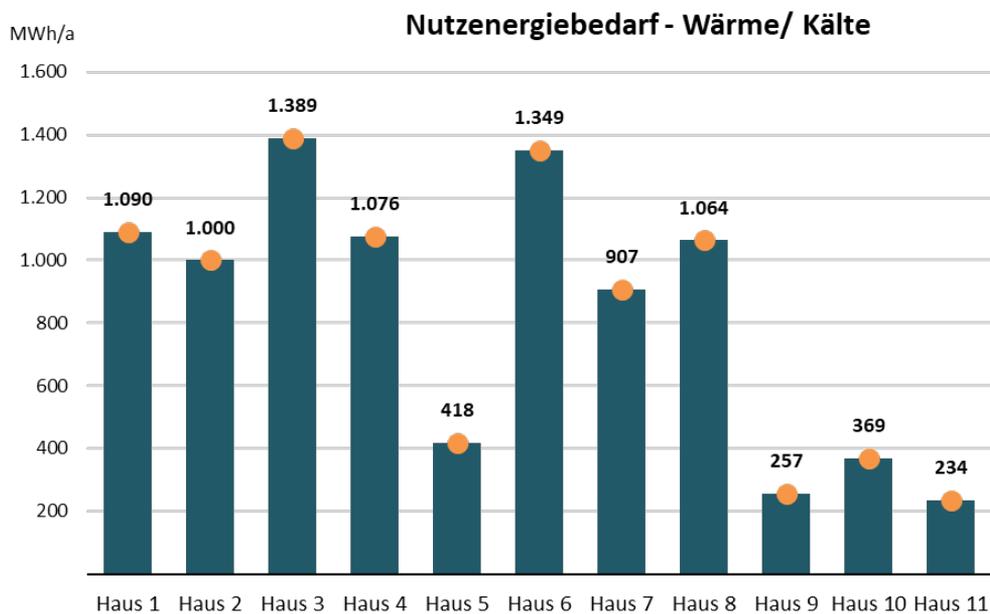
Die Aufteilung des Nutzenergiebedarfes auf Wärme und Kälte bzw. Strom ist aus

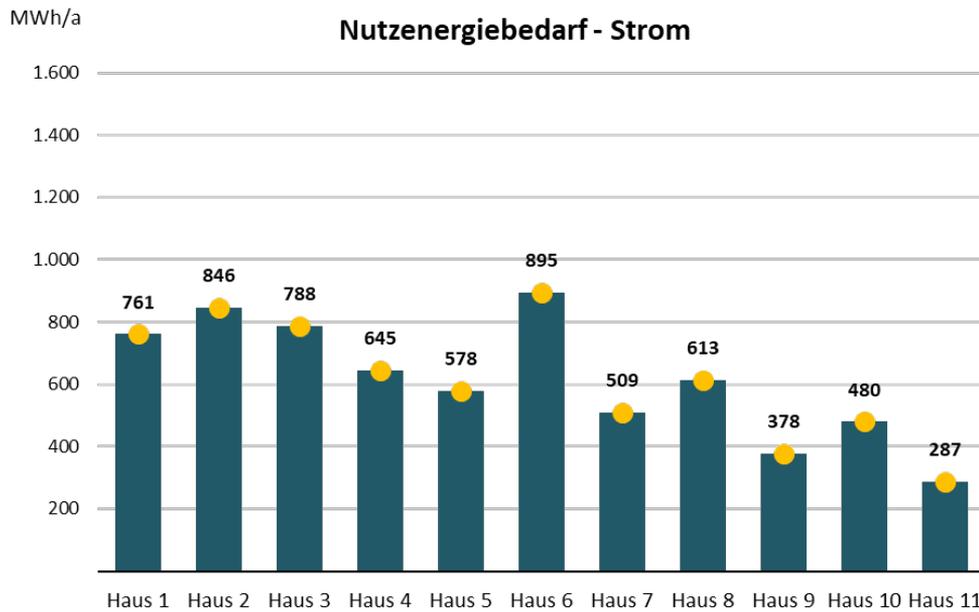


zu

entnehmen. Hier zeigt sich, dass sich der deutlich höhere Energiebedarf für die Nicht-Wohngebäude vor allem im Bereich Wärme/Kälte niederschlägt.

Abbildung 39: Nutzenergiebedarf Wärme/Kälte bzw. Strom pro Haus in MWh/a. Grafik: AEE INTEC.





Im Laufe der weiteren Entwurfs Planung wurden diese Berechnungen vor allem im Bereich Lüftung noch weiter verfeinert und Gleichzeitigkeiten detaillierter berücksichtigt. Dadurch konnten die ursprünglich ermittelten (normgerechten) Heizleistungsbedarfe und Kühlbedarfe noch etwas reduziert werden. Mit Abschluss des Entwurfes lagen dann folgende Werte vor, die als Ausgangslage für die weiteren energetischen Betrachtungen im Sondierungsprojekt herangezogen wurden:

Tabelle 2: Nutzenergiebedarf der Post City Gardens. Stand Vorentwurfsplanung.

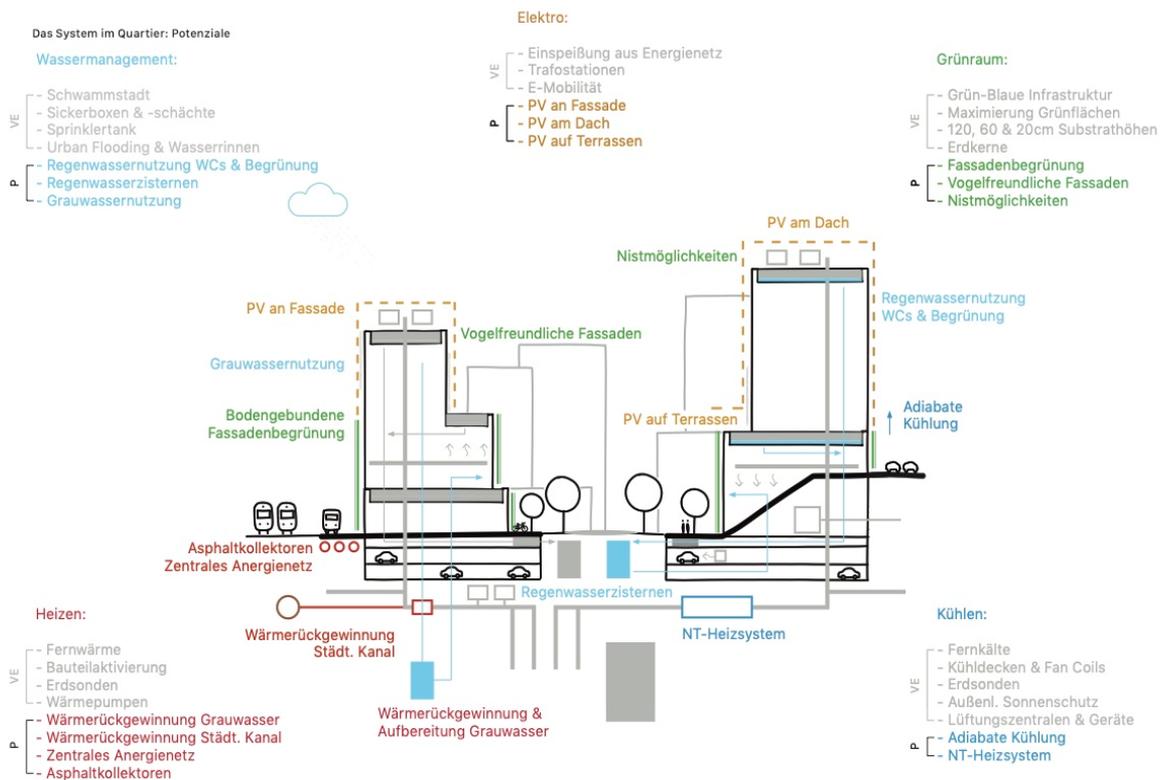
Wärmebedarf jährlich	8.300	MWh/a	Davon 4.400 MWh für den Lüftungsbetrieb und 3.900 MWh für statische Heizflächen und Warmwasserbereitung.
Kältebedarf jährlich	3.600	MWh/a	2.200 MWh sollten über Fan Coils und 1.400 MWh über Kühldecken oder ähnliche statische Kühlmöglichkeiten abgeführt werden.
Heizleistungsbedarf	8,7	MW	
Kälteleistungsbedarf	8,3	MW	
Strombedarf jährlich	6.780	MWh/a	

Die Energieversorgung war als duales System mit Fernwärme/Fernkälte unterstützt durch ein Erdsondenfeld im Quartier geplant.

5.2. Auflistung möglicher Realisierungsfelder

Abbildung 40 gibt einen Überblick, welche Realisierungsfelder nach abgeschlossener Status-Quo Analyse der – insbesondere bei Architektur und Freiraum - bereits ambitionierten Vorentwurfsplanung bereits berücksichtigt waren (ausgegraut) und welche Aspekte im Rahmen des Sondierungsprojektes zusätzlich untersucht wurden. Die höchsten Optimierungspotentiale wurden in den Bereichen Biodiversitätsförderung, Fassadenbegrünung, Regenwassernutzung, PV, optimierte Geothermienutzung mit Anergienetz und Abwasserwärmenutzung sowie adiabater Kühlung identifiziert.

Abbildung 40: Potentiale im Quartier



5.3. Biodiversität im Quartier

5.3.1. Sondierung des Habitatpotentials des Projektstandortes

Ausgangssituation

Im Sondierungsprojekt wurde rasch klar, dass die einjährige Projektlaufzeit für eine detaillierte Kartierung des Bestands an Fauna und Flora am Areal und in der Umgebung nicht ausreichend ist, daher wurden Recherchen über vorangegangene Kartierungen im Areal und Gespräche mit lokalen Expert:innen geführt, um passende Zielarten zu identifizieren.

Knoll Consult hatte im Rahmen der städtebaulichen Analyse bereits eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchgeführt. Der unmittelbare Bestand des Gebietes wurde dabei nicht im Detail studiert. Da das Areal derzeit stark versiegelt ist und durch stark befahrene Straßen umgeben ist, ist davon auszugehen, dass mehr fliegende Arten vorhanden sind. Im weiteren Verlauf wurde daher eine Untersuchung seitens einer Fachkraft empfohlen sowie die Einbindung der ASFINAG in Bezug auf den Straßenausbau der Umgebung. Zudem wurden in unmittelbarer Umgebung zum Bahnhof kaum Kartierungsarbeiten durchgeführt. Die einzige richtige Kartierung ist die Biotop-Kartierung aus dem Jahr 1983. Es wurden in diesem Gebiet viele **Ruderalflächen und Parkanlagen mit altem Baubestand** festgestellt.

Ergebnisse der Expert:innen-Gespräche mit den lokalen Spezialist:innen/Behörden

In Bezug auf bidiversitätsfördernde Strukturen und Planungselemente haben die lokalen Kontaktstellen verschiedene Anmerkungen und Wünsche geäußert. **Ruderalflächen** sowie Halbtrockenrasen sollten angelegt werden. Weiters werden **sandige Flächen** empfohlen (Sandbad für Spatzen oder Bruthöhlen für Wildbienen). Diese sollten mit magerem Substrat gemischt werden, um eine gewisse Bindigkeit und Wasserdurchlässigkeit herzustellen und um ein schnelles Trocknen zu ermöglichen. Bei Grünflächen wird empfohlen, diese nicht zu sehr zu zerschneiden, da für eine Population größere **zusammenhängende Lebensräume** notwendig sind.

Für das Vorhandensein von **Libellen** werden flache Gewässer, die austrocknen können und wenig Bewuchs vorweisen bevorzugt, da Libellen sehr wärmebedürftig sind. **Wildbienen** hingegen bevorzugen offene Bodenstellen, die sonnig und trocken sind und eine Tiefe von zumindest 40cm aufweisen müssen. Nicht beschattete Totholzpflocke (z.B. aus Eiche) die zwischen 50cm und 200cm hoch aufgestellt sind, werden von **Käfern** besiedelt. Dabei sollte die Rinde teilweise am Stamm erhalten bleiben, um die Eiablage der Tiere zu ermöglichen. Morsche Baumstämme bzw. Baumhöhlen aus Apfel oder Weide sind besonders für Juchenkäfer, Rosenkäfer und Vögel geeignet.

Schmetterlinge, Raupen, Sandlaufkäfer legen ihre Eier besonders gerne in lückig gepflanzte Futterpflanzen am Wegrand. Zusätzlich zum Insektennahrungsangebot für **Vögel** muss auch auf ausreichend Futterstellen für Vögel im Winter geachtet werden. Um **Fledermäuse** im Quartier zu fördern, sollten zusätzliche Fledermausquartiere für die vorhandenen Bestände in den angrenzenden Parks geschaffen und vernetzt werden. Dasselbe gilt auch für Vogelnistkästen. Bei der Wahl des **Saatguts soll auf eine lokale, autochthone Provenienz** geachtet werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Bestellung von qualitativem Saatgut mit einer **Vorlaufzeit von bis zu 2 Jahren** gerechnet werden muss (Sammelerlaubnis einholen, Blüherfolge der Samenpflanzen sind nicht jedes Jahr gleich).

Die Pflege der **Grünräume sollte unbedingt quartiersübergreifend** organisiert werden und dabei ein Kreislaufsystem aus eigenem Kompost und Humus in der Anlage, etc. geschaffen werden. Die Mahd (das Mähen der Grünflächen) soll gestaffelt stattfinden, um den Insekten Lebensraum zu gewährleisten. Das Mähgut sollte immer abtransportiert werden, um die Trockenstandorte nicht zu überdüngen. **Da ein naturnahes Pflegemanagement für die Augen der Anwohner:innen ungewohnt sein kann und** manchmal auf Ablehnung stößt, ist es ratsam mit Schautafeln über die Vorteile der naturnahen Gestaltung (offene Stellen, Magerstandorte) und Pflege zu informieren. Nicht nur die Schnittmaßnahmen, auch die Nistkästen-Pflege sollte fachgerecht ausgeführt werden.

Um **Insekten und Vögeln ein möglichst großes und durchgehendes Nahrungsangebot** zu bieten, soll bei der Wahl der Pflanzenarten auf eine möglichst große Vielfalt an einheimischen Pflanzenfamilien geachtet werden. Gut geeignet sind z.B. Rauhblattgewächse (Bsp. Natternkopf), Korbblütler (Bsp. Distel), oder auch Fabiaceae (Bsp. Hornklee). Zudem sollten lokale Saatgutspezialist:innen engagiert werden und autochtones, lokales Saatgut mit hohem Entwicklungsalter auf allen Ebenen zum Einsatz kommen. Zu den heimischen Sträuchern die für Vögel wertvolle Früchte ausbilden zählen z.B. Eberesche, Hollunder, Wildrose oder auch der Efeu.

Während der Bauphase muss unbedingt auf die Brutzeiten der Vögel, die im noch bestehenden Grüngürtel um das Post Areal angesiedelt sind, geachtet werden. Baumfällungen dürfen nicht während der Brutzeit stattfinden.

5.3.2. Handlungsempfehlungen aus den Expert:innen-Workshops Biodiversität mit besonderem Bezug auf das Sondierungsgebiet

Stadtbewohnende Tiere müssen von Anfang an in die Gebäude-, Stadt-, Landschafts- und Freiraumplanung integriert werden. Dazu gibt es diverse Ansätze, die die Bedürfnisse von Tieren bereits in der Planungsphase berücksichtigen. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr.-Ing. Thomas E. Hauck hat gemeinsam mit dem gesamten Projektkonsortium in interaktiven Workshops zum Thema Biodiversität die Wichtigkeit und Vorteile der Biodiversitätsförderung im besiedelten Raum sowie deren konkrete Umsetzung im Detail besprochen. Gegliedert nach 5 auf das Sondierungsgebiet angepasste Themen wurden die Bereiche **artenschutzrechtliche Grundlagen, Vernetzung, Freiräume, Fassaden- und Dachbegrünungen** näher betrachtet.

Artenschutzrechtliche Grundlagen

Übergreifend für alle Raumeinheiten wurden im ersten Schritt allgemeine Maßnahmen festgelegt, die grundlegende Maßnahmen zum Tierschutz in urbanen Gebieten darstellen.

- **Tierfreundliche Lichtverwendung:** Lichtquellen sollten durch Bewegungsmelder gesteuert werden und nicht permanent leuchten, sondern nur bei Bedarf eingeschaltet werden. Der Lichtstrahl sollte wenn möglich vertikal nach unten und nicht horizontal leuchten, um unnötiges Streulicht zu verhindern. (s. auch Abschnitt Gebäudefassaden).
- **Tierfreundliche Schächte oder Gewässer** mit Ausstiegsmöglichkeiten: Schächte sollten stets vor Absturz geschützt werden, beispielsweise mit Gittern. Gewässer oder andere Wasserstellen sollten mit Ausstiegshilfen ausgestattet sein, um hereinfliegenden Tieren das Verlassen zu ermöglichen.
- **Vogelfreundliche Glasverwendung:** Problematisch sind vor allem Glasbereiche mit Spiegelung von Natur oder Durchsichtsmöglichkeit, z.B. Ecken von Glasgeländern. Vogelsicheres Glas soll in den Eckbereichen durch Integration sichtbarer Markierungen ergänzt werden. Die Markierungen müssen engmaschig am Glas aufgebracht werden, sodass keine Durchfliegbarkeit vorgetäuscht wird (s. auch Abschnitt Gebäudefassaden).

Bestand und Vernetzung

Im Rahmen des Workshops wurde erörtert, inwiefern das Sondierungsgebiet bereits einen Mehrwert für die Biodiversität liefert. Aus ökologischer Sicht ist das Areal derzeit stark versiegelt und von einer stark befahrenen Straße im Westen sowie dem Bahnhofsviertel im Osten umrandet. Das locker besiedelte Wohngebiet in der Umgebung, der **Froschberg** im Westen, bietet derzeit im Stadtgebiet durch seine grünen Elemente wichtige Habitate für Flora und Fauna. Die direkte Verbindung des Lebensraums am Froschberg und dem zu entwickelnden Teil der Post City Linz wird derzeit jedoch von der stark befahrenen Waldeggstraße getrennt. Mittels Gestaltungselementen und Freiraumplanung soll eine Vernetzung der beiden Gebiete geschaffen werden, um die Lebensräume bereits ansässiger Arten zu erweitern und die Erhaltung der Biodiversität zu fördern und

unterstützen. Dafür sollten die Strukturen, wie z.B. bestimmte Baumarten, in den bereits von Arten besiedelten Gebieten untersucht und weitergeführt werden. Dies erleichtert eine Überwindung der Barrieren wie z.B. Gleisanlagen oder einer mehrspurigen Straße.

Abbildung 41: Ausschnitt aus dem Workshop-Canvas zum Thema Bestand und Vernetzung



Neben den zu überwindenden Hürden zu umliegenden Arealen und Habitatstandorten gibt es auch Barrieren, die es im Sondierungsgebiet selbst zu überwinden bzw. vermeiden gilt. Zu den Barrieren im Gebiet zählen beispielsweise starke Lichtemissionen im und aus dem Umfeld, die den Populationsaustausch beeinträchtigen können. Die Beleuchtung des Allgemeinraumes soll Fledermaus- bzw. Insektenfreundlich gestaltet werden, indem nur punktuell beleuchtet wird und auf horizontale Abstrahlung verzichtet wird. Zudem eignen sich hierbei Bewegungssensor-gesteuerte Beleuchtungen oder die Berücksichtigung von insektenfreundlichen Lichtspektren: d.h. Blaulicht vermeiden, kein Mondlicht simulieren. Für kriechende und laufende Arten muss stets darauf geachtet werden, dass unüberwindbare, durchgehende Geländesprünge sowie Schächte ohne Abdeckung verhindert werden. Bei Verwendung von Wasserbecken muss ein Ausstieg stets gegeben sein.

Freiräume im Quartier

Freiräume können durch den Einsatz von verschiedenen Gestaltungselementen wertvolle Habitate darstellen. Zu den wichtigen Elementen zählen zum Beispiel:

- **Vegetationsstrukturen:** Bäume, Wiesen, Stauden, Sträucher, etc. für eine abwechslungsreiche Vegetation; Biomasse soll sich z.B unter Sträuchern anreichern dürfen
- **Substrate:** Variation der Substrate von feucht bis hin zu trocken; Sand zum Baden für Vögel oder Nisten für Wildbienenarten
- Retentions- und Versickerungsflächen für Regenwasser, Wasserstellen: als Trinkquelle sowie Ansammlung und Speicherung von Regenwasser
- **Totholz:** liegend & stehend im dichten Vegetationsbestand einbauen
- **Nisthilfen, Nisttürme, etc.:** Anbringung an diversen Orten und Höhen

Breite und tiefe **Sandfugen** können als Nisthabitat für Wildbienenarten dienen (2/3 der Wildbienen nisten im Boden), während **Sandbäder** für Haussperlinge interessant sind. Temporäre sonnige **Flachwasser- und Verlandungsbereiche** werden von Vögeln als Badeorte und Trinkstellen genutzt und **Trockenmauern** bieten viele Rückzugsorte für verschiedenen Tierarten. Zudem fördern Elemente wie **struktureiche Wiesen und Staudenpflanzungen** mit Trink- und Badestellen, blüten-, fruchte- und insektenreiche Gehölze, wechselfeuchte Retentions-/ Verdunstungsflächen mit artenreicher Vegetation, **Strauchgruppen** mit unterschiedlicher Zugänglichkeit für Menschen und Tieren (Sträucher-Clumps) und Parkrasen die Artenvielfalt und ermöglichen die Nahrungssuche. Zur Pflege wurde wie von den lokalen Expert:innen eine **Staffelmahd** empfohlen, da viele Pflanzen 2-jährig sind und insbesondere die Insekten in Stängeln und Köpfchen überwintern. Diesbezüglich könnte jedes Jahr eine Seite gemäht werden, oder 3x1m Beete abwechselnd gemäht werden.

Bei der Pflege muss stets darauf geachtet werden, dass ökologische **Pflegekonzepte** für die Freiräume erstellt werden, in denen die jeweiligen Handlungsanweisungen klar definiert sind. Dazu kann beispielsweise ein Pflege-Handbuch in die Gebäudedokumentation aufgenommen werden. Zudem sollen biodiversitätsfördernde Maßnahmen an stark befahrenen Straßen vermieden werden bzw. die Vegetationsstrukturen entlang der Straßen (Bäume, Sträucher, etc.) von Anfang an in die Planung einbezogen werden.

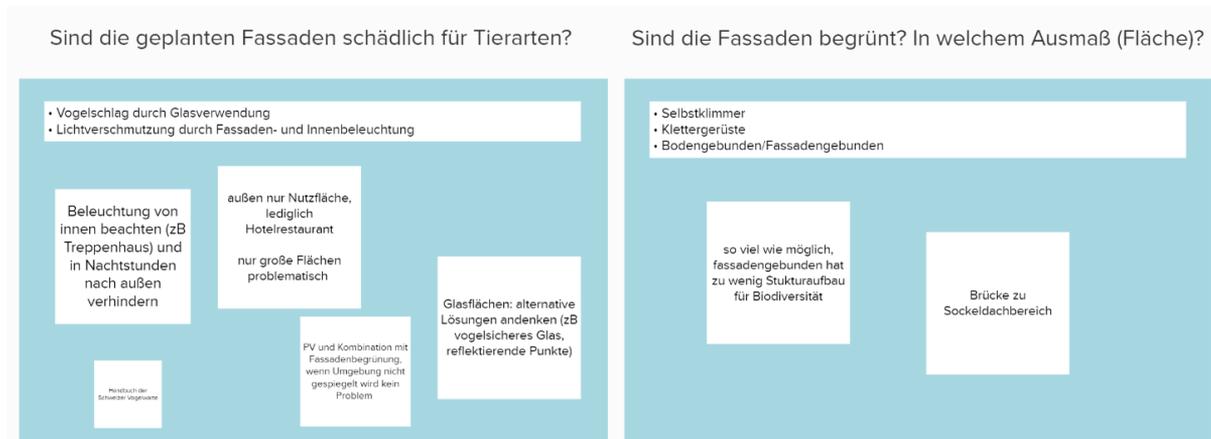
Nutzungskonflikte zwischen Menschen und Flora/Fauna können mittels eines **Nutzungsdruckplans** einbezogen und durchdacht werden. Dabei sollten speziell intensiv genutzte Bereiche in den Fokus rücken, um beispielsweise den Konflikt von Bodenbrütern und Katzen oder auch Kindern im Wohngebiet entgegenzuwirken.

Gebäudefassaden

- **Fassadenbegrünungen**

Fassadenbegrünungen sollten zur Förderung der Biodiversität im größtmöglichen Maße umgesetzt werden. Dabei sind all jene Begrünungen, die viele Strukturelemente aufweisen, von besonderer Bedeutung, wie z.B. boden- oder troggebundene Fassadenbegrünungen. Zudem können Fassadenbegrünungen wertvolle Brücken zu höher gelegenen Habitaten schaffen. Speziell wurde auf Fassadenbegrünungen mit blüten-, fruchte- und insektenreichen Kletterpflanzen verwiesen. Die Früchte des Efeus dienen als Futterquelle für viele Arten und helfen somit die Artenvielfalt zu erhöhen. Bei der Planung und speziell der Materialwahl der Fassaden in Kombination mit Begrünung sind in Bezug auf die Biodiversität einige wichtige Dinge zu beachten. Dazu zählen beispielsweise der Vogelschlag durch Glasverwendung sowie die Lichtverschmutzung durch Fassaden- und Innenraumbeleuchtung (wie bspw. Stiegenaufgänge).

Abbildung 42: Ausschnitt aus dem Workshop-Canvas zum Thema Gebäudefassaden und Biodiversität



- **Glasflächen und Vogelschlag**

Glasflächen reflektieren die Umgebung und verwirren dadurch fliegende Arten. Dies führt dazu, dass diese oftmals durch Aufprall an der Glasfassade (Vogelschlag) sterben. Zudem bieten verglaste Ecken von Gebäuden eine Gefahr, da Vögel die Glasscheibe nicht von der Umgebung unterscheiden können. Deshalb sollten alternative Lösungen angedacht werden wie z.B. vogelsicheres Glas oder reflektierende Punkte an der Glasfassade, deren Abstand nicht größer als ein Vogelkörper sein soll (da sonst die Durchfliegbarkeit vorgetäuscht wird). Sollten PV- Elemente in Kombination mit Fassadenbegrünung verwendet werden, stellen diese nur ein Problem dar, wenn sie die Umgebung spiegeln.

- **Lichtverschmutzung**

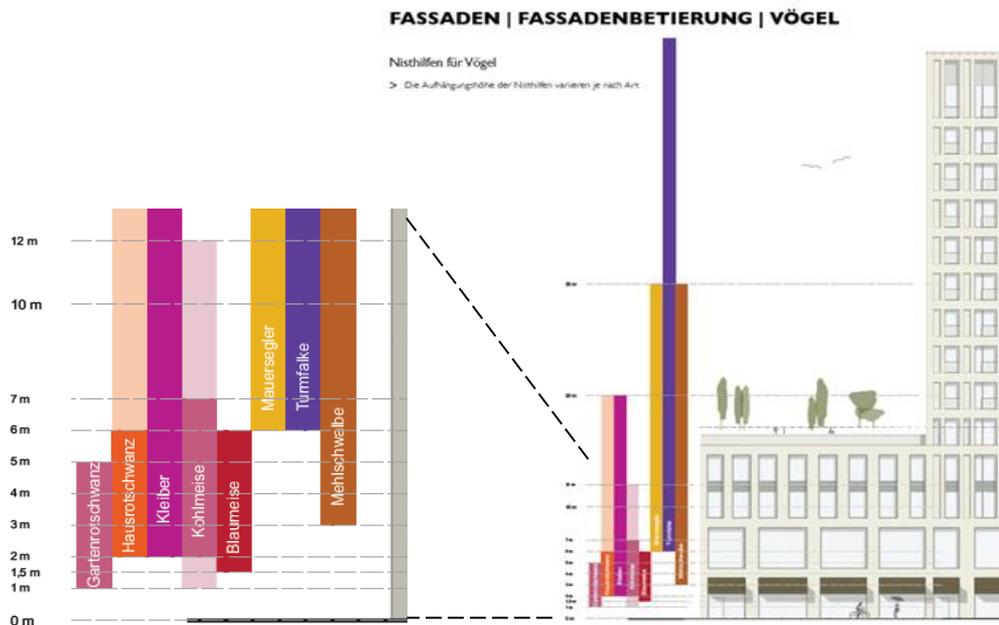
Viele fliegende, nachtaktive Arten orientieren sich am Mondlicht. Daher sollte nachts eine Lichtverschmutzung verhindert werden. Dazu zählen z.B. die Beleuchtung im Inneren eines Treppenhauses. Zudem kann darauf geachtet werden, dass in den Nachtstunden nur Nutzflächen, welche eine Beleuchtung benötigen, beleuchtet werden.

- **Nisthilfen**

Um vermehrt Habitate für Tiere zu schaffen, sollten zudem Bruthöhlen, Nisthilfen und Quartiere im Bereich an und auch hinter Fassaden geschaffen werden. Diese müssen entsprechend der Bedürfnisse der ausgewählten Tierarten angepasst werden und sind in diversen Designs, Anbringungsvarianten und Materialien verfügbar. Bei der Materialwahl muss beachtet werden, dass sich Nistkästen mit UV-Strahlung stark überhitzen können. Nistkästen können bereits in der Planung mitentwickelt und vorgefertigt werden und in die Wärmedämmung eingebaut werden.

Je nach Tierart werden zudem unterschiedliche **Höhen für die Nisthilfen** empfohlen. Diese sind in Abbildung 43 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die meisten adressierten Vogelarten mit Nisthilfen in einer Höhe bis max. 20m Höhe gut auskommen, nur für Turmfalken (blauer Balken) sind Nisthilfen in den oberen Geschossen der geplanten Gebäude sinnvoll.

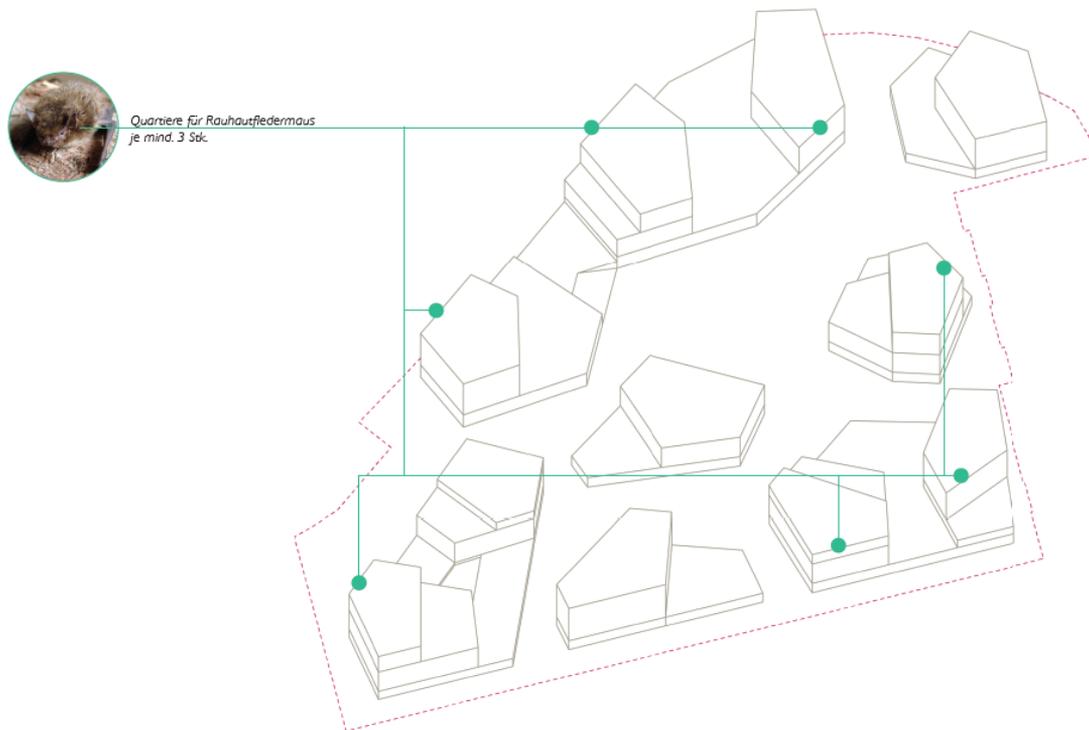
Abbildung 43: Anbringungshöhe für Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Thomas Hauck, Animal-Aided Design®.



Die **Anforderungen der Vögel an Nisthilfen** variieren je nach Art, aber es gibt folgende grundlegende Unterscheidungen: Nischenbrüter oder Höhlenbrüter und Einzel- oder Koloniebrüter. In Mitteleuropa werden in der Regel **ost- und südost-orientierte Quartiere am häufigsten** genutzt. Unter ausreichend breiten Dachüberständen können jedoch auch Westfassaden als Ausrichtung für Quartiere genutzt werden. Einige Vogelarten brüten in **Kolonien**, in diesem Fall sollten mehrere Nistkästen in unmittelbarer Nähe zueinander angebracht werden. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass Mindestabstände eingehalten werden. Andere Vögel brüten **allein** und dulden keine brütenden Artgenossen in der Nähe. Für Nisthilfen sind nur Positionen geeignet, an denen sie vor Störungen durch Menschen oder auch vor Vegetation geschützt sind.

Fledermausquartiere sollten in allen Himmelsrichtungen platziert werden, da viele Arten je nach Außentemperatur ihr Quartier wechseln und auf diese Weise die Temperatur regulieren. Die Quartiere sollten jedoch stets trocken, warm und vor Zugluft geschützt sein. Weil manche Menschen Angst vor Fledermäusen haben, sollte auf einen ausreichenden Abstand zwischen den Quartieren und den Gebäudenutzern geachtet werden.

Abbildung 44: Anordnungsvorschlag der Quartiere für Fledermäuse im Areal. Grafik: Thomas Hauck, Studio Animal-Aided Design®

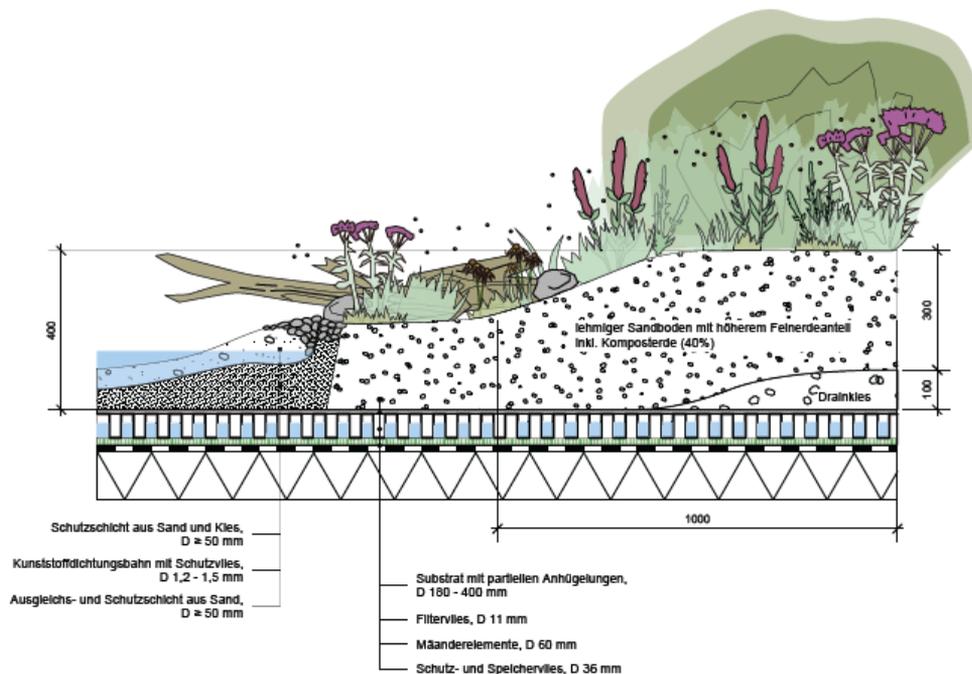


Dachbegrünungen

Die Planung sowie Integration von biodiversitätsfördernden Elementen auf den Dächern ist im Sondierungsprojekt Post City Linz bereits sehr etabliert und fortgeschritten. Da der Nutzungskonflikt auf den Sockeldächern (und höher) sehr gering ist, weisen dort vorhandenen Dachflächen ein hohes Potential für Biodiversitätsförderung auf. Um die **Biodiversität auf den Dächern** weiter zu unterstützen, sollten **struktureiche Gründächer** (Trockenrasendach und Präriedach) sowie intensive Grünterrassen zum Einsatz kommen. Weiters wurde der vermehrte Einsatz von **Biodiversitätselementen** wie Totholz, Sandstellen, Steine, Wasserstellen und Anhögelungen und Höhenmodellierungen empfohlen.

Anhögelungen dienen als Vegetationstragschicht für höhere Stauden und Kleingehölze, um die Strukturvielfalt und die Biomasse auf den Dächern zu erhöhen. Sonnenexponierte Anhögelungen aus lehmhaltigem Sandboden dienen als Nisthabitat für zahlreiche Wildbienenarten (Mindesthöhe 50cm). Bei der **Kombination von Photovoltaik und Gründächern** kann beispielsweise die Ost-West-Ausrichtung (Schmetterlingsaufstellung) gewählt werden. Hier kann sich die abwechslungsreichere Begrünung zwischen den Reihen gut entwickeln und ist gut zugänglich für Kontrolle, Pflege und Unterhalt.

Abbildung 45: Schematischer Schnitt Biodiversitätselemente am Dach: Anhögelung mit Wasserstelle. Grafik: Thomas Hauck, Studio Animal-Aided Design®



5.3.3. Aufzeigen der Potentiale für Artenvielfalt

Pflanzen

Bei der Wahl der Pflanzenarten für die Fassaden im Quartier ist **vor allem die Exponierung der Fassaden ausschlaggebend**. Die Himmelsrichtung bzw. das Schattenspiel beeinflussen dabei die Eignung mancher Arten für konkrete Standorte.

An **schattigen bzw. halbschattigen Standorten** (Norden/Osten/Westen) werden für das Areal die Arten *Hedera helix* (Efeu), *Hydrangea petiolaris* (Kletterhortensie) sowie *Aristolochia macrophylla* oder *Aristolochia tomentosa* (Pfeifenwinde oder Osterluzei) empfohlen. Letztere können unter optimalen Bedingungen bis zu 12-15m hoch werden. Für **halbschattige Standorte** eignen sich am Standort unter anderem *Clematis viticella* (Italienische Clematis) und *Lonicera* (Geißblatt). Das Geißblatt ist in verschiedenen Arten verfügbar. Vor allem *Lonicera caprifolium* (Echtes Geißblatt) und *Lonicera periclymenum* (Duftgeißblatt) sind beliebt, da die Blüten beider Geißblattarten als Nahrungsquelle für Nachtfalter und andere Schmetterlinge, Wildbienen und Hummeln dienen und deren Beeren Nahrung für Vögel sind. An Fassaden mit Südausrichtung spricht **sonnigen Standorten** können die *Actinidia chinensis* (Kiwi), *Jasminum nudiflorum* (Winterjasmin), *Vitis vinifera* (Weinrebe) oder *Wisteria floribunda* (Glyzinie) eingesetzt werden. Die Weinreben bieten durch ihre Beeren wiederum eine Nahrungsquelle für Vögel (z.B. Stare), während bei der Glyzinie auf die Starkwüchsigkeit geachtet werden sollte (Achtung vor *Wisteria sinensis*). Alle angeführten Pflanzenarten können in deren Blütezeit durch unterschiedliche Farben das optische Bild der Umgebung positiv beeinflussen.

Für die Pflanzenwahl auf den **Gründächern sollten Trockenrasenvegetationen** bevorzugt verwendet werden. Da diese mageren Standorte sehr selten und gefährdet sind, ist es wichtig, solche Lebensräume für spezialisierte Arten zu schaffen. Trockenrasenvegetationen fördern die Anwesenheit von Wildbienen und anderen Insekten. Für eine optimale Substratstruktur ist eine Kalkschüttung notwendig. Zu den empfohlenen Pflanzenarten zählen u.a. *Knautia arvensis* (Knautie), *Dipsacus fullonum* (= *D. sylvestris*) (Karde), *Tanacetum vulgare* (Rainfarn), *Centaurea jacea* (Wiesen-Flockenblume), *Centaurea nigra* (Schwarze Flockenblume), *Carduus nutans* (Nickende Distel), *Oenothera biennis* (Nachtkerze), *Echium vulgare* (Gewöhnlicher Natternkopf), *Reseda lutea* (Wilde Resede), *Cichorium intybus* (Wegwarte), *Artemisia vulgaris* (Beifuß), *Borago officinalis* (Borretsch), *Solidago virgaurea* L. ssp. *virgaurea* (Gemeine Goldrute), *Stachys byzantina* (Woll-Ziest), *Lotus corniculatus* (Hornklee) und *Securigera varia* (Bunte Kronwicke).

Tiere

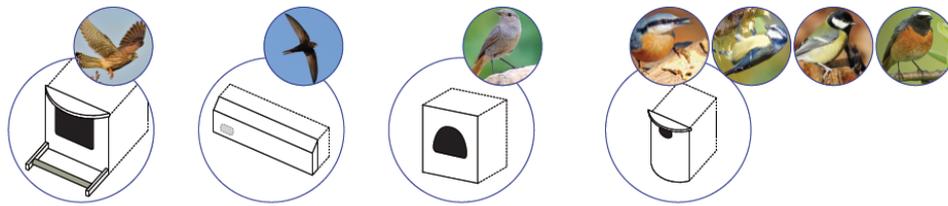
Für das Areal der Post in Linz wurden einige **Vogelarten** für die Besiedlung und besondere Beachtung im Quartier ausgewählt. Diese sind in der Tabelle in Abbildung 46 zusammengefasst. Zudem wird je Zielart auch auf die bevorzugte Aufhängungshöhe der Nisthilfe, Fassadenausrichtung, Fluglochgröße, und Brutraummindestgröße hingewiesen. Weiters sind zu jeder Art wichtige Hinweise in den Anmerkungen vermerkt. Die passenden Nisthilfen zeigt Abbildung 47. Neben Vögeln ist im Quartier auch Potential für die Ansiedlung von **Fledermäusen** (z.B. *Rauhhaufledermaus*) und natürlich Insekten wie **Wildbienen** vorhanden. **Insekten** dienen als Nahrungsquelle für die Vögel und Bestäuber für die Pflanzen sowie „Reinigungstrupp“ für abgestorbene Pflanzenteile und andere organische Reste. Damit bilden sie einen unentbehrlichen Anteil eines intakten Ökosystems.

Abbildung 46: Liste der ausgewählten Ziel-Vogelarten und ihrer Anforderungen für die Post City Gardens Linz.

Art, wiss. Name	Art, deutscher Name	Anwesenheitszeit	Aufhängungshöhe	Brutraummindestmaße B x H x T (cm)	Fluglochgröße FL (mm)	Mindestabstand (m)	Fassade	Mit Fassadenbegrünung	Produkt-Empfehlungen	Anmerkungen
<i>Apus apus</i>	Mauerschwärmer	Mai bis August	6-30 m	BR 28x11x17	FL Ø 50 oder quer oval 40x60	0,3	O; S; N und W bei Schutz durch Dachüberstand	--	Mauerschwärmer-VDV-Einbaustein Typ 1A, SCHWEGLER Vogel- u. Naturschutzprodukte Material: Holzbohlen Abmaße: 8,34 x H 13,5 x T 15 cm (+ 1,7 cm für Einfliegflap) Gewicht: ca. 2,7 kg	Hohlräume mit horizontalem Boden Freier An- und Abflug Anliegen Gebäuden, die aus übriger Bebauung herausragen in Dachhöhe Nisthilfen für mehrere Paare in Kolonien Nicht in parallelen Reihen
<i>Falco tinnunculus</i>	Turnfalk	ganzjährig	mind. 6 m	BR mind. 60x35x25, Terrasse vorne 15	FL durchgehender Schlitz-Höhe 15 cm	10	O; SO; S	--	Mehrfachsystem „Einbaustein“ Vorderwand Turmfalke, SCHWEGLER Vogel- u. Naturschutzprodukte GmbH FL: B 16 x H 21 cm Material: Holzbohlen Abmaße: 8,45 x H 41,5 x T 41,5 cm Gewicht: ca. 30 kg	Halbhöhlen Freier An- und Abflug Nistkästen an hohen Gebäuden, die aus übriger Bebauung herausragen An oberem Gebäudeschluss Ca. 5 cm hohe Schicht Substrat aus Holzschitzeln, Stigemehl oder Zweigen einbringen
<i>Delichon urbicum</i>	Mehlschwalbe	April bis Oktober	3-30 m	BR mind. 15x15x15	FL oben 40x20	0,1	nicht von Bedeutung	--	SCHWEGLER Mehlschwalbenest Nr. 9A oder 9B oder Mehlschwalben-Einzelnest Nr. 13	Freier An- und Abflug Überdachung mind. 40cm Bevorzugt im oberen Gebäudebereich Kotbrett im Abstand von 40 cm unter den Nestern
<i>Cyanistes coeruleus</i>	Blaumeise	ganzjährig	1,5-6 m	BR 14x25x14	FL Ø 26-28 mm	10	O; SO; S	X		Höhlen Anflug gern in direkter Nähe von Bäumen und Sträuchern oder Fassadenbegrünung Nicht in Kolonien
<i>Parus major</i>	Kohlmeise	ganzjährig	(1) 2-7 (12) m	BR 14x25x14	FL Ø 32-34	15	O; SO; S bei Beschattung	X	Niststein Typ 24, SCHWEGLER Vogel- u. Naturschutzprodukte GmbH FL: Ø 27-28 mm (je nach Vogelhöhle) Material: Holzbohlen Abmaße: 10,25 x T 18 cm Gewicht: ca. 7,3 kg	Höhlen Anflug gern in direkter Nähe von Bäumen und Sträuchern oder Fassadenbegrünung Nicht in Kolonien
<i>Sitta europaea</i>	Kleiber	(ganzjährig)	2-20 m	BR ca. Ø 25xH30	FL Ø 32-34	20	O; SO; S bei Beschattung	X		Höhlen Bevorzugt höher gelegene Nisthöhlen und Großraumhöhlen Bevorzugt im oberen Bereich von Bäumen
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Gartenschwarzschwanz	Mitte April bis Ende September	1-5 m	BR ca. 14x25x14	FL oval 30x45, oder durchgehender Schlitz-Höhe 50	15	O; SO; S bei Beschattung	X		Halbhöhlen und Nischen, Höhlen in direkter Nähe von Bäumen und Sträuchern oder Fassadenbegrünung Besetzen des Nistkastens durch andere Arten kann vermieden werden, wenn Nisthilfe erst ab Mitte-April angebracht wird
<i>Phoenicurus ochtorus</i>	Haustrottschwanz	März bis Oktober	2-6 (20) m	BR 14x16x14	FL durchgehender Schlitz-Höhe 50	10	O; SO; S bei Beschattung	X	Nist- und Einbaustein Typ 26, SCHWEGLER Vogel- u. Naturschutzprodukte GmbH FL: 110 x 80 mm Material: Holzbohlen Abmaße: 18 x H 19 x T 18 cm Gewicht: ca. 5,7 kg	Halbhöhlen und Nischen, Höhlen Freier An- und Abflug oder in direkter Nähe von Bäumen und Sträuchern oder Fassadenbegrünung Nicht in Kolonien Nistplatzkennzeichnung durch z.B. Hauspfering



Abbildung 47: Darstellung diverser Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Studio Animal-Aided Design®



7.1 // FASSADEN // FASSADENBETRIERUNG

QUARTIERE FÜR VÖGEL

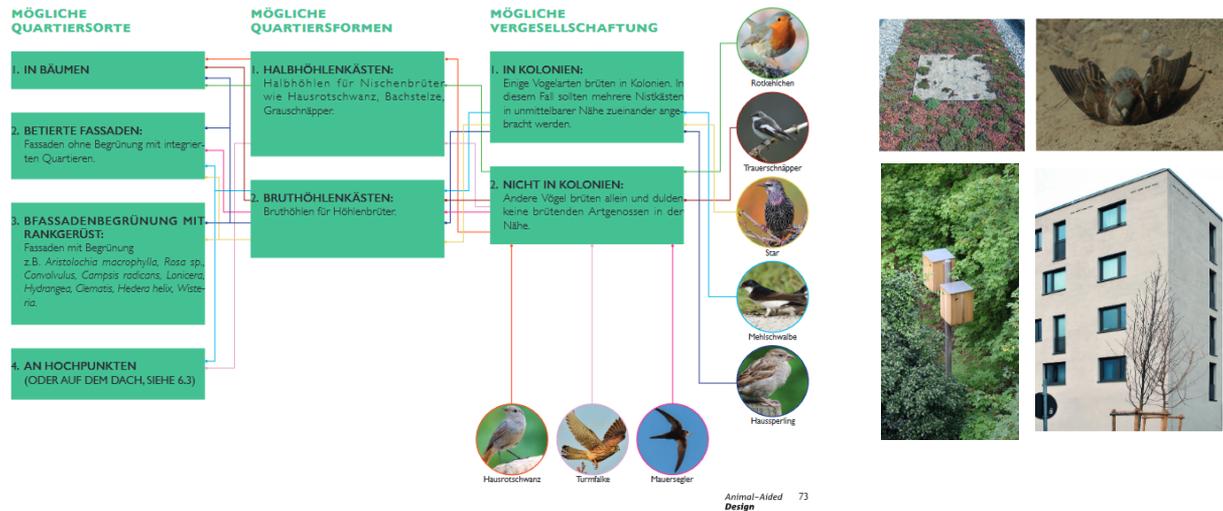
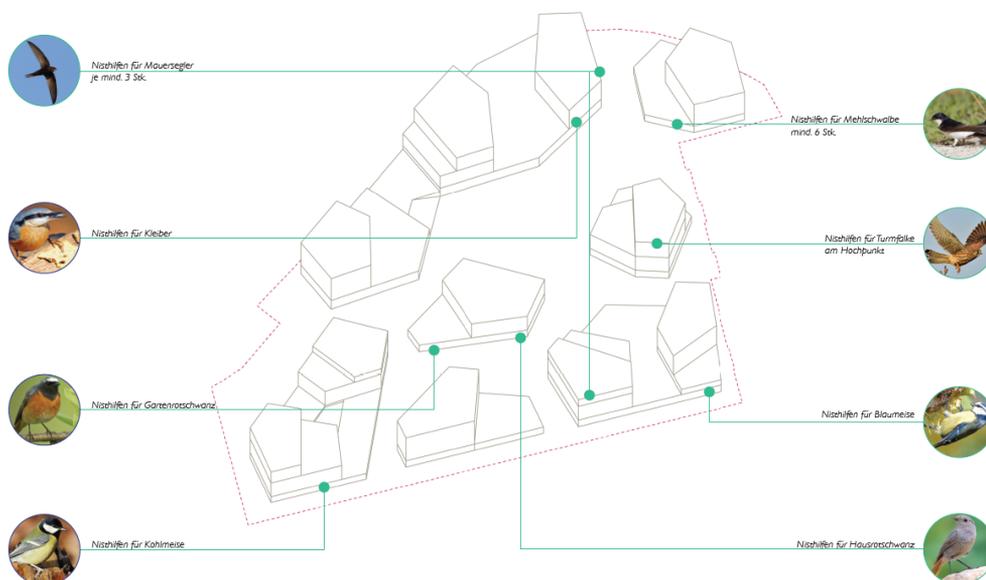


Abbildung 48: Darstellung der Anbringensorte für Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Studio Animal-Aided Design®



5.3.4. Gestaltung und Detailplanung, Interessensabgleich

Die aus der Sondierung gewonnen Erkenntnisse wurden anschließend in Zusammenhang mit der konkreten Planung der Post City gestellt: Die vorgesehenen landschaftlichen Dachbegrünungen auf unterschiedlichen Ebenen und die insgesamt hohe Diversität an Freiräumen, schafft auch aus gestalterischer Sicht einen passenden Rahmen, um biodiversitätsfördernde Elemente auf eine selbstverständliche Art zu integrieren. Totholzelemente, Nisthilfen, Sandlinsen, Wasserflächen usw. erscheinen dadurch nicht wie aufoktroierte Fremdkörper, sondern als logische Fortsetzung des Entwurfskonzepts. Nach Vorgabe der Artenerhebung werden nun, wie oben angeführt, zielartenbezogene Maßnahmen getroffen, um neue Lebensräume zu schaffen und diese mit den umgebenden Grünräumen zu vernetzen. Die Maßnahmen können in Form von naturnahen Elementen (z.B. Totholz liegend oder stehend) und Aufbauten (z.B. lehmhaltige Böden) umgesetzt werden oder es handelt sich um teils artenspezifische Produkte, die den Anforderungen und Gewohnheiten einer Tierart entsprechend, beispielsweise das Brüten in Kolonien (Nistbaum mit mehreren Nestern) ermöglichen oder für Einzelbrüter versteckte Rückzugsorte bieten. Die Elemente sind in die Grünstrukturen eingebunden und ergänzen das natürliche Angebot in Sträuchern und Bäumen.

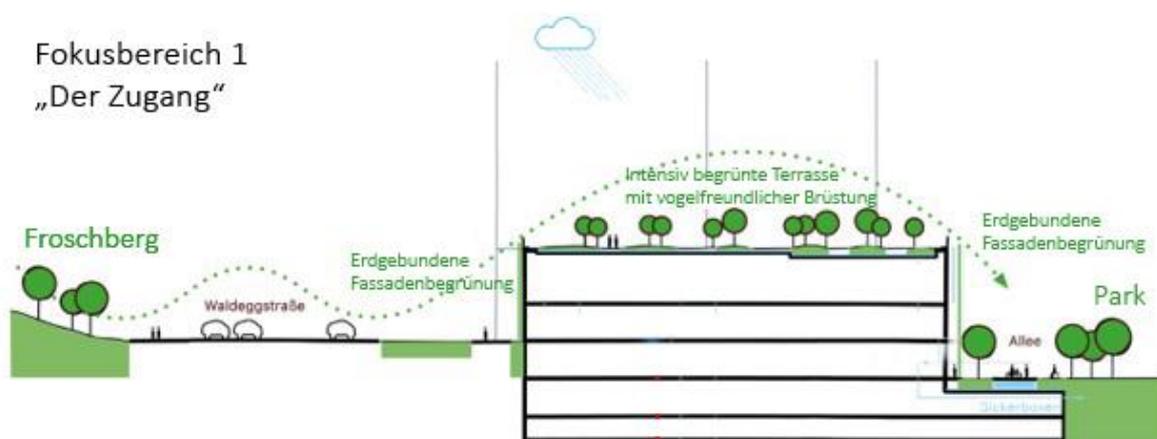
Einige der Maßnahmen waren bereits im bestehenden Plan der Landschaftsarchitekten enthalten. Im Rahmen des Sondierungsprojektes wurden diese Maßnahmen entsprechend den neuen Erkenntnissen auf die Zieltierarten hin geschärft und intensiviert. Abbildung 49 zeigt dies am Beispiel der geplanten Dachgärten.

Abbildung 49: Integration von Biodiversitätsmaßnahmen in die Planung der Dachgärten.



Entsprechend den Erkenntnissen aus dem Biodiversitätsworkshop wurde darauf geachtet, dass die Gestaltung von Freiraum und Begrünung die Funktion eines **Trittsteinbiotops** übernimmt, dass bestehende und neue Habitate miteinander vernetzt. Im Fokusbereich 1 wurde im Detail auf die Vernetzung des Quartiers-Grünraumes mit dem nahen „Froschberg“ eingegangen, dem Quartier als Haupteinzugsgebiet für Fauna dient. Nisthilfen in der Fassadenbegrünung und am intensiv begrünten Dach, in dessen Gestaltung sich auch Totholzelemente, Wasserstellen, Lehmsubstrate für Wildbienen und „Staubbäder“ für Vögel wiederfinden, bilden zusammen mit einer vogelfreundlichen Brüstung und quartiersseitiger Fassadenbegrünung eine attraktive Brücke für eine Vielzahl an Tierarten bis in den Quartierspark.

Abbildung 50: Habitatvernetzung im Fokusbereich 1. Grafik: Projektteam.



Gemeinsam mit dem Team der Post-AG, den Architekt:innen und Landschaftsplaner:innen wurde intensiv über die Art und Anbringung der Nisthilfen an Gebäuden diskutiert, da die **verschiedenen Interessen** wie einfache Erreichbarkeit und Pflege, Erscheinungsbild, Kosten, ev. unerwünschte Zieltierarten und Nutzungskonflikte abgeglichen werden mussten. Folgende Lösung wurde von allen Parteien als sinnvoll erachtet:

Fassadenintegrierte Nisthilfen (s. Abbildung 47, Bild rechts unten) sind in Bereichen sinnvoll, die gut erreichbar und damit leicht zu reinigen sind, wie das Blindgeschoss um das oberste Landschafts- und Technikdach. Hier können Quartiere für Turmfalken und Fledermäuse integriert werden. Der Nutzungsdruck durch Menschen ist hier niedrig.

- **Integration von Nisthilfen in die Brüstungen** der Dachgärten über dem Sockelgeschoß für andere Vogelarten, da sie sich hier in richtiger Höhe für die Zieltierarten sowie in der Nähe der Nahrungsquellen befinden. Zur Minimierung von Vogelschlag wurde hier auf die Ausführung als Glasbrüstungen verzichtet und stattdessen eine massive Variante vorgeschlagen. Die Hilfen stören hier nicht am Fassadenbild und können leicht gereinigt werden.
- **Frei stehende „Nistbäume“** im Freiraum und auf den Dachgärten, die bei längerfristig fehlender Betierung auch leicht wieder abgebaut werden können.

- Die Anbringung von Nisthilfen kann auch problemlos und kostengünstig am **Rankgerüst** der vorgesehenen **Fassadenbegrünung** erfolgen. Hier kann überlegt werden, ob die Anbringung erst nach Vollbewuchs erfolgt, um den Vogelschlag an Fassadenverglasungen gering zu halten.

Nach Errichtung und Inbetriebnahme aller Gebäude, muss im Quartier - vor allem tagsüber – von einer hohen Anzahl an Personen ausgegangen werden. Derzeit sind auch alle Dachgärten (mit Ausnahme der Landschaftsdächer auf der obersten Dachebene), zumindest über die darauf angelegten Belagsflächen zugänglich. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass von den Belagsflächen ausgehend, auch die bepflanzten Bereiche betreten werden. Vor diesem Hintergrund könnte als Maßnahme zur Förderung der Biodiversität die **Zugänglichkeit** einzelner Dachgärten **eingeschränkt** (nach Bereichen oder bestimmter Zeitspanne im Jahr) oder sogar gänzlich unterbunden werden. Dadurch könnten ungestörte Habitate auch auf den Dachebenen entstehen.

Die Planung im Sondierungsprojekt mit Blick auf das Gesamtquartier und auf Fokusbereiche, zeigte die **vielschichtigen Potentiale einer Fassadenbegrünung**. Neben der Regenwasserbewirtschaftung, mikroklimatischen Vorteilen und der Vernetzung von Grünräumen bzw. Erweiterung von Lebensraum für Tiere, ist die Steigerung der Biodiversität ein weiteres Potential. Nicht nur, weil das Begrünungskonzept um einen weiteren Pflanzentyp (Kletterpflanze) ergänzt wird, sondern weil der Flächenmix aus schattigen, halbverschatteten und sonnigen Bereichen, der sich aus der Besonnungssimulation im Jahresverlauf ergeben hat, eine Bepflanzung mit unterschiedlichen Arten erfordert, die mit den jeweiligen Standortbedingungen gut zurecht kommen. Die vorgeschlagene Pflanzenauswahl für die erdgebundene Fassadenbegrünung der Post City Gardens zeigt Abbildung 51.

Abbildung 51: Entwurf und Pflanzenauswahl für eine erdgebundene Fassadenbegrünung der Post City Gardens.



Standort Wuchshöhe	Schatten	Halbschatten	Sonne		
12 - 20 m	 Efeu <i>Hedera helix</i>	 Schlingknöterich <i>Fallopia baldschuanica</i>	 Wilder Wein <i>Parthenocissus quinquefolia</i>	 Chin. Baumwürger <i>Celastrus orbiculatus</i>	 Glyzinie <i>Wisteria floribunda</i>
8 - 10 m	 Pfeifenwinde <i>Aristolochia macrophylla</i>	 Italienische Waldrebe <i>Clematis viticella</i>	 Kiwi <i>Actinidia chinensis</i>	 Weinrebe <i>Vitis vinifera</i>	
3 - 4 m	 Akebie <i>Akebia quinata</i>	 Geißblatt <i>Lonicera heckeri</i>	 Echtes Geißblatt <i>Lonicera caprifolium</i>	 Alpen-Waldrebe <i>Clematis alpina</i>	 Orient-Waldrebe <i>Clematis orientalis</i>

5.4. Begrünung und Freiraummanagementkonzept

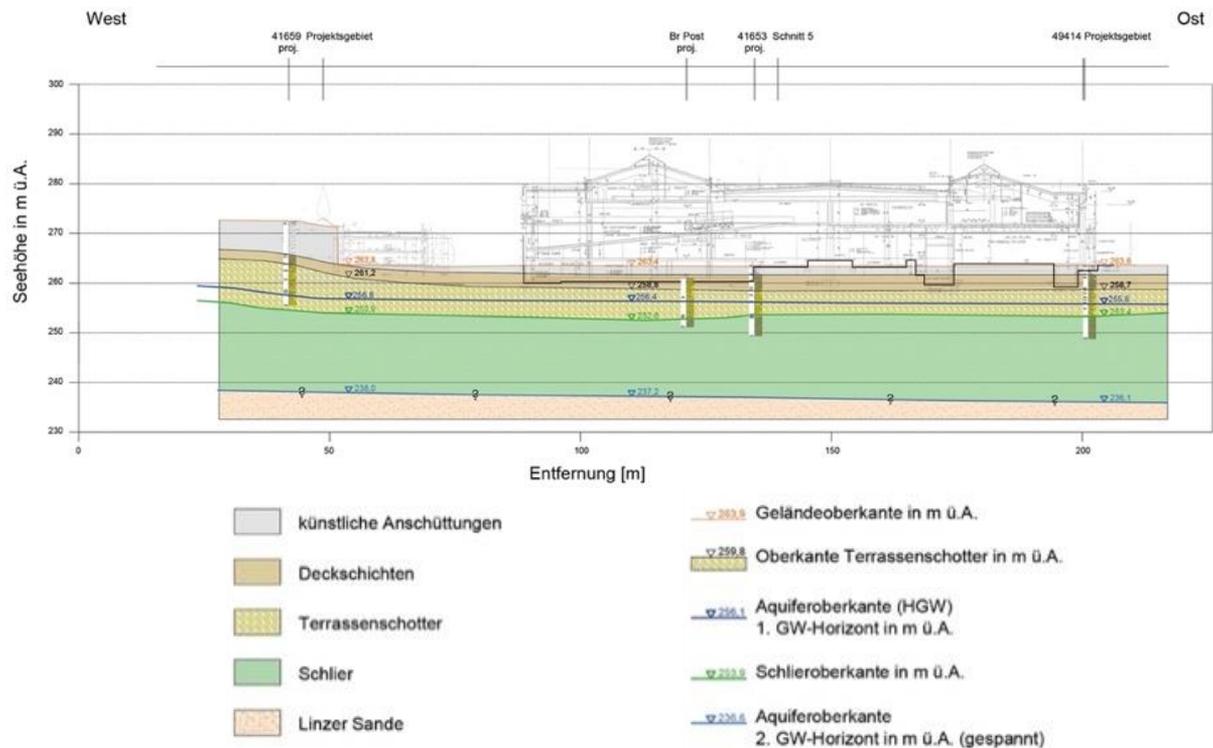
5.4.1. Sondierung Einbeziehen von Regenwassermanagement

Unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten (z.B. Grundwasserspiegel) und gesetzter Parameter durch die interdisziplinäre Planung (z.B. Städtebau, Statik, Bauvorschriften), wurde aus den Erkenntnissen der Sondierung ein quartiersbezogenes Regenwassermanagementkonzept entwickelt. Die größten Potentiale entstanden dabei durch die Denkweise über Baufeldgrenzen hinweg, mit der Planung dezentraler und quartiersübergreifender Maßnahmen.

Grundwassersituation

Der Geländeschnitt in Abbildung 52 zeigt schematisch den schichtweisen Bodenaufbau im Projektgebiet. Auf der praktisch wasserundurchlässigen Schlierschicht, die grün dargestellt ist, fließt das Grundwasser mit einer Mächtigkeit zwischen 2 und 5 Meter.

Abbildung 52: Geländeschnitte aus dem geologischen Gutachten (von GUT GmbH) zum Wettbewerb der Post City Gardens (OK Grundwasser gespant ca. 236,6 m ü. A., OK Schlier ca. 253,9 m ü. A., OK Grundwasser ca. 256,1 m ü. A.)



Hochwasserrisiko

Das Überflutungsrisiko im Projektgebiet durch über die Ufer tretende Gewässer ist lt. eHORA (Natural Hazard Overview and Risk Assessment Austria) Abfrage als gering einzustufen. Das 300-jährige Hochwasser endet am Perimeter.

Risiko durch Hangwasser

Ein völlig anderes Bild zeigt allerdings die Hangwasserhinweiskarte Oberösterreich. Insbesondere der Bahnhofsvorplatz ist durch über die vom westlichen Froschbergareal über Straßen herabfließenden Wässer bei Starkregen gefährdet. Hier bleibt abzuwarten inwieweit sich die Situation durch die neuen Straßenbauprojekte an der Waldeggstraße, die die Barriere für diesen Abflussweg bildet, verändern wird.

Abbildung 53: Niedriges Überflutungsrisiko am Areal durch über die Ufer tretende Gewässer.



Abbildung 54: Ausschnitt aus der Hangwasserhinweiskarte Oberösterreich: Hohes Risiko im Bereich Bahnhofsvorplatz.



Niederschlag im Jahresverlauf, Bewässerungsbedarf und verwertbare Niederschlagsüberschüsse

Die Ermittlung der monatlichen Niederschläge und die Gegenüberstellung der Niederschlagsmengen mit dem monatlichen Bewässerungsbedarf der Grünflächen des Quartiers zeigen, dass der direkte Regen auf die Fläche mancher Bewuchstypen nicht ausreicht, um den Wasserbedarf vollständig zu decken. Das betrifft v.a. Staudenbeete, Sträucher sowie intensive Begrünung der Dachgärten „Sockel“ und „Horizon“.

Laut Wetteraufzeichnungen liegt der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 886 mm/m². Damit fallen auf die Gesamtfläche der Post City Gardens mit etwa 39.000 m² pro Jahr 34.554 m³ Niederschlag. Der April ist mit 60,5 mm Niederschlag ein auffällig regenarmer Monat in Linz. Zudem ist der April nach ÖNORM L 1112 der erste Monat mit höchstem Bewässerungsbedarf, was in Folge zur größten Differenz zwischen Regenspende und Bedarf führt.

Das Beispiel der Strauchflächen veranschaulicht die Vorgehensweise für die Wasserbedarfsrechnung aller Bewuchstypen. Die Gesamtfläche eines Bewuchstyps wird aus den Plänen ermittelt. Anhand der Wetterdaten wird die flächenbezogene Niederschlagsmenge auf die betrachteten Flächen errechnet. Für die tatsächlich sammelbare Regenmenge wurden über alle Bewuchstypen vereinfacht 75% der Niederschlagsmengen angesetzt, da ein Teil des Wassers von Pflanzen aufgenommen oder im Erdreich gebunden wird und wieder verdunstet bzw. durch Evapotranspiration an die Außenluft abgegeben wird. Der spezifische Wasserbedarf von 20 l/m² für Strauchflächen und die entsprechende Anzahl an Bewässerungsdurchgängen pro Monat ergeben den Gesamtwasserbedarf des Bewuchstyps. Darüber hinaus werden aus den Standortbedingungen der Flächen Zu- und Abschlagsfaktoren definiert: Ausschlaggebend sind beispielsweise Beschattung und Besonnung, Überdeckung durch Gebäude oder Bauteile, Eigenschaften und Aufbau des Bodens, Nähe oder Kombination mit anderen Bewuchstypen, die den Bedarf tendenziell steigern oder senken. Am Beispiel der Strauchflächen sorgt der Bodenaufbau mit hoher Speicherkapazität für einen geringeren Wasserbedarf. Ein Zuschlagsfaktor ist die Überschildung durch Bäume, wodurch weniger Regen bei den Sträuchern ankommt. Nur wenige Bereiche der Strauchflächen sind einer starken Besonnung ausgesetzt. Die Verschattung durch Bäume und Gebäude lässt Wasser langsamer verdunsten und der Boden trocknet nicht so schnell aus. In Summe gleichen sich die Faktoren im Fall der Strauchflächen in etwa aus, weshalb der Faktor bei 1,00 bleibt. Bei anderen Flächen, beispielsweise den Rasenflächen führen die Zu- und Abschlagsfaktoren dazu, dass kein künstlicher Bewässerungsbedarf resultiert.

Tabelle 3: Beispielhaft der Wasserbedarf für Strauchflächen (Gesamtquartier)

Ort: GreenDiversity Linz											
Art der Fläche in Abhängigkeit von der Bepflanzung (Bewuchstyp) gemäß A1											
Menge / Einheit: 933 m2											
Wasserbedarf / Einheit: 20 l/m2											
Natürlichen Niederschlag abziehen: ja											
										Strauchfläche	
Natürlicher Niederschlag				Flächenbezogene Wassermenge aus Niederschlag	Bewässerungsdurchgänge gem. Tabelle A.1	Flächenbezogener Wasserbedarf pro Durchgang	Wasserbedarf ohne Berücksichtigung des natürlichen Niederschlags	Wasserbedarf unter Berücksichtigung des natürlichen Niederschlags	Zu- und Abschlagsfaktoren	Wasserbedarf unter Berücksichtigung und Zu- und Abschlagsfaktoren	Wasserbedarf unter Berücksichtigung des natürlichen Niederschlags und Zu- und Abschlagsfaktoren
Spalte	A			AA	B	B,B	C	D		E	F
Einheit	mm bzw. l/m2			Liter	Anzahl	Liter	Liter	75%		1,00	75%
	ZAMG (1981-2010)	climate-data.org (1991-2021)	Durchschnitt			Spalte B * Liter pro Durchgang	Spalte C - Spalte AA			Spalte C * Zu- und Abschlagsfaktor	Spalte E - Spalte AA
Jänner	62	65	63,5	59.246	1	18.660	18.660	0	Bodenraub Quertierspark	18.660	0
Februar	54	55	54,5	50.849	1	18.660	18.660	0	Überschirmung Blüme	18.660	0
März	76	74	75	69.975	2	18.660	37.320	0	Verschattung	37.320	0
April	59	62	60,5	56.447	3	18.660	55.980	13.645	Besonnung	55.980	13.645
Mai	77	92	84,5	78.839	4	18.660	74.640	15.511		74.640	15.511
Juni	90	92	91	84.903	4	18.660	74.640	10.963		74.640	10.963
Juli	107	98	102,5	95.633	4	18.660	74.640	2.916		74.640	2.916
August	96	89	92,5	86.303	4	18.660	74.640	9.913		74.640	9.913
September	68	79	73,5	68.576	3	18.660	55.980	4.548		55.980	4.548
Oktober	58	65	61,5	57.380	3	18.660	55.980	12.945		55.980	12.945
November	62	62	62	57.846	2	18.660	37.320	0		37.320	0
Dezember	66	64	65	60.645	1	18.660	18.660	0		18.660	0
Jahressumme	875	897	886	826.638	32		597.120	70.442		597.120	70.442

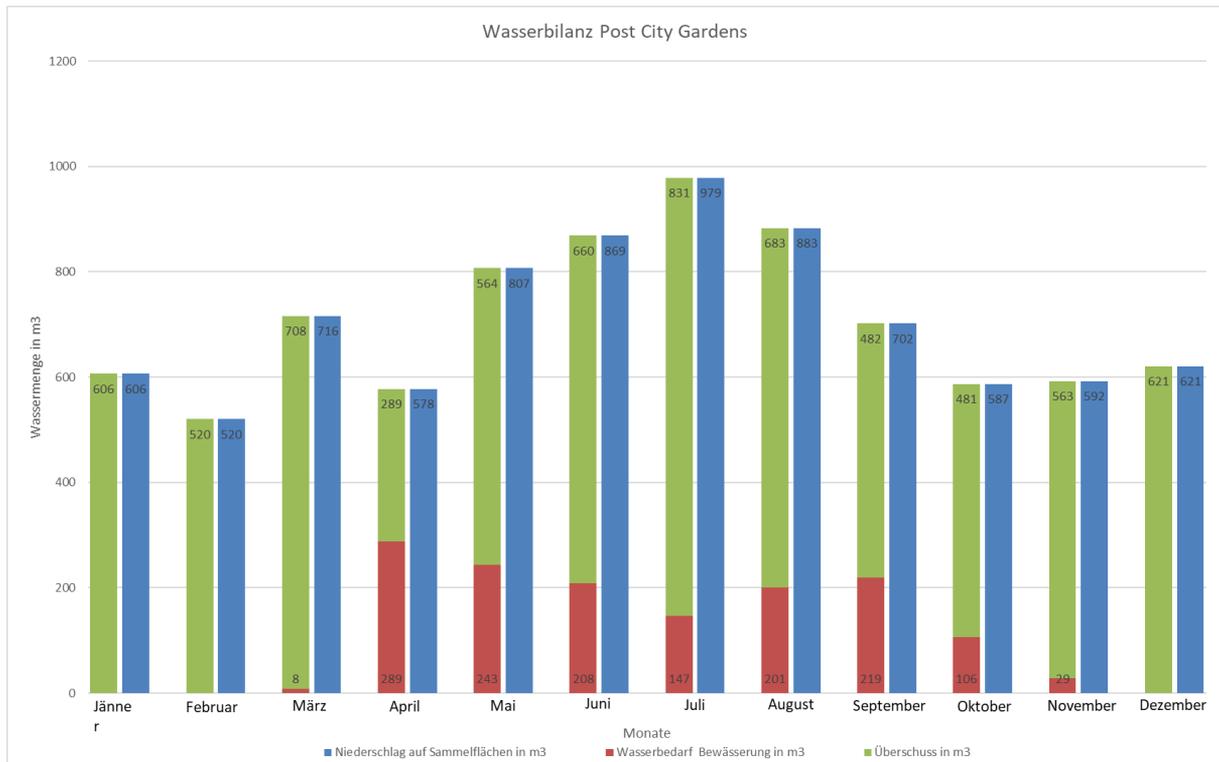
Mit dieser Methodik wurden nun der Wasserbedarf aller Grünflächen des Gesamtquartieres berechnet und dem natürlichen Niederschlag gegenübergestellt.

Tabelle 4: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für das Gesamtquartier

Ort: GreenDiversity Linz										
Gesamtfläche Perimeter: 39.000 m2										
Grünfläche Perimeter: 16.462 m2										
Sammelfl. Speich./Nutzung (versieg. Fl. EG & Dachgärten, Landschaftsdächer zu 50%): 12.732 m2										
Restflächen Perimeter (nicht verwertbar): 9.807 m2										
Gesamtniederschlag: 34.554.000 Liter										
Niederschlagsmenge auf Grünflächen: 14.585.332 Liter										
Niederschlagsmenge auf Sammelflächen zur Speicherung/Nutzung: 11.280.109 Liter										
Wasserbedarf bei Berücksichtigung des nat. Niederschlags und Zu- und Abschlagsfaktoren: 1.449.851 Liter										
Niederschlagsüberschuss: 7.010.231 Liter										
Niederschlagsüberschuss: 7.010 m3										
GESAMT QUARTIER	Natürlicher Niederschlag			Niederschlag auf Sammelfläche zur Speicherung/Nutzung	Reduzierung Niederschlag	Wasserbedarf bei Berücksichtigung Niederschlag und Faktoren	Niederschlagsüberschuss	Niederschlagsüberschuss		
	A	B	C	B - C						
Einheit	mm bzw. l/m2			Liter	75%	Liter	Liter		m3	
	ZAMG (1981-2010)	climate-data.org (1991-2021)	Durchschnitt							
Jahressumme	875	897	886	11.280.109	8.460.082	1.449.851	7.010.231	7.010		
Jänner	62	65	63,5	808.450	606.338	0	606.338	606		
Februar	54	55	54,5	693.867	520.400	0	520.400	520		
März	76	74	75	954.863	716.147	7.935	708.212	708		
April	59	62	60,5	770.256	577.692	288.684	289.008	289		
Mai	77	92	84,5	1.075.812	806.859	243.090	563.769	564		
Juni	90	92	91	1.158.567	868.925	208.495	660.430	660		
Juli	107	98	102,5	1.304.979	978.734	147.289	831.445	831		
August	96	89	92,5	1.177.664	883.248	200.512	682.736	683		
September	68	79	73,5	935.765	701.824	219.495	482.329	482		
Oktober	58	65	61,5	782.987	587.240	105.785	481.456	481		
November	62	62	62	789.353	592.015	28.566	563.449	563		
Dezember	66	64	65	827.548	620.661	0	620.661	621		

Grundsätzlich übersteigt die theoretisch sammelbare Menge an Regenwasser den Bewässerungsbedarf für Pflanzen in Linz bei weitem (s. Abbildung 55). Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 60l/Person/Tag würde der Jahresüberschuss von über 7.000 Kubikmetern Wasser beispielsweise für die WC-Spülungen für 320 Bewohner ausreichen.

Abbildung 55: Wasserbilanz aus sammelbarem Niederschlag auf Sammelflächen und Bewässerungsbedarf bzw. Wasserüberschuss



Nach einer Überprüfung des Entwurfes stellte sich jedoch heraus, dass der Platzbedarf für die Speicherung der gesamten überschüssigen Regenwassermengen in einem dermaßen dichten, von einer Tiefgarage unterbauten Quartier, im Nachhinein nicht mehr zu integrieren ist. Für zukünftige Quartiersplanungen sollte jedoch - als Maßnahme zur Ressourcenschonung Trinkwasser - von Anfang an die Speicherung und Nutzung von Regenwasser in den Planungen zumindest mitbedacht werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu empfehlen, den Raumbedarf für eine doppelte Leitungsführung für Trink- und Nutzwasser von Beginn an mit einzuplanen.

In den weiteren Überlegungen wurden daher ausschließlich die nötigen Speichervolumina für die Grünflächenbewässerung mit Regenwasser betrachtet. Um mit einem dezentralen, integrierten Speichersystem auf diesen Bedarf zu reagieren, wurde in einem detaillierteren Schritt der Bewässerungsbedarf exemplarisch für die drei Baufelder D, G und H bestimmt.

Tabelle 5: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld D

Ort: GreenDiversity Linz								
Gesamtfläche BF-D:				5,038	m2			BF-D
Grünfläche BF-D:				1,415	m2			
Sammelfläche BF-D:				1,986	m2			
Gesamtniederschlag:				4.463.668	Liter	4.464		m3
Wasserbedarf bei Berücksichtigung des nat. Niederschlags und Zu- und				75.371	Liter	75		m3
BF-D	Natürlicher Niederschlag			Niederschlag auf Sammelfläche zur Speicherung/ Nutzung	Reduzierung Niederschlagsmenge	Wasserbedarf bei Berücksichtigung Niederschlag und Faktoren	Niederschlagsüberschuss	Niederschlagsüberschuss
				A	B	C	B - C	
Einheit	mm bzw. l/m2			Liter	75%	Liter	Liter	m3
	ZAMG (1981-2010)	climate-data.org (1991-2021)	Durchschnitt					
Jahressumme	875	897	886	1.759.153	1.319.365	75.371	1.243.994	1.244
Jänner	62	65	63,5	126.079	94.559	0	94.559	95
Februar	54	55	54,5	108.210	81.157	0	81.157	81
März	76	74	75	148.913	111.684	218	111.467	111
April	59	62	60,5	120.123	90.092	17.910	72.183	72
Mai	77	92	84,5	167.775	125.831	12.426	113.406	113
Juni	90	92	91	180.681	135.510	10.469	125.041	125
Juli	107	98	102,5	203.514	152.635	7.008	145.628	146
August	96	89	92,5	183.659	137.744	10.018	127.727	128
September	68	79	73,5	145.934	109.451	13.997	95.454	95
Oktober	58	65	61,5	122.108	91.581	2.545	89.036	89
November	62	62	62	123.101	92.326	783	91.543	92
Dezember	66	64	65	129.058	96.793	0	96.793	97

Tabelle 6: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld G

Ort: GreenDiversity Linz								
Gesamtfläche BF-G:				3,734	m2			BF-G
Grünfläche BF-G:				1,529	m2			
Sammelfläche BF-G:				1,080	m2			
Gesamtniederschlag:				3.308.324	Liter	3.308		m3
Wasserbedarf bei Berücksichtigung des nat. Niederschlags und Zu- und				154.075	Liter	154		m3
BF-G	Natürlicher Niederschlag			Niederschlag auf Sammelfläche zur Speicherung/ Nutzung	Reduzierung Niederschlag	Wasserbedarf bei Berücksichtigung Niederschlag und Faktoren	Niederschlagsüberschuss	Niederschlagsüberschuss
				A	B	C	B - C	
Einheit	mm bzw. l/m2			Liter	75%	Liter	Liter	m3
	ZAMG (1981-2010)	climate-data.org (1991-2021)	Durchschnitt					
Jahressumme	875	897	886	956.437	717.328	154.075	563.253	563
Jänner	62	65	63,5	68.548	51.411	0	51.411	51
Februar	54	55	54,5	58.833	44.125	0	44.125	44
März	76	74	75	80.963	60.722	855	59.867	60
April	59	62	60,5	65.310	48.982	28.762	20.220	20
Mai	77	92	84,5	91.218	68.413	27.018	41.395	41
Juni	90	92	91	98.235	73.676	22.624	51.052	51
Juli	107	98	102,5	110.649	82.987	14.850	68.137	68
August	96	89	92,5	99.854	74.890	21.610	53.280	53
September	68	79	73,5	79.343	59.507	19.974	39.533	40
Oktober	58	65	61,5	66.389	49.792	15.304	34.488	34
November	62	62	62	66.929	50.197	3.078	47.119	47
Dezember	66	64	65	70.168	52.626	0	52.626	53

Tabelle 7: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld H

Ort: GreenDiversity Linz								
Gesamtfäche BF-H:		6.164	m2				BF-H	
Grünfläche BF-H:		2.392	m2					
Sammelfäche BF-H:		1.531	m2					
Gesamtniederschlag:		5.461.304	Liter		5.461		m3	
Wasserbedarf bei Berücksichtigung des nat. Niederschlags und Zu- und		173.275	Liter		173		m3	
BF-H	Natürlicher Niederschlag			Niederschlag auf Sammelfläche zur Speicherung/ Nutzung	Reduzierung Niederschlag	Wasserbedarf bei Berücksichtigung Niederschlag und Faktoren	Niederschlagsüberschuss	Niederschlagsüberschuss
	A	B	C	B - C				
Einheit	mm bzw. l/m2			Liter	75%	Liter	Liter	m3
	ZAMG (1981-2010)	climate-data.org (1991-2021)	Durchschnitt					
Jahressumme	875	897	886	1.356.023	1.017.017	173.275	843.743	844
Jänner	62	65	63,5	97.187	72.890	0	72.890	73
Februar	54	55	54,5	83.412	62.559	0	62.559	63
März	76	74	75	114.788	86.091	503	85.588	86
April	59	62	60,5	92.595	69.446	40.556	28.891	29
Mai	77	92	84,5	129.327	96.995	28.960	68.036	68
Juni	90	92	91	139.276	104.457	24.221	80.236	80
Juli	107	98	102,5	156.876	117.657	15.838	101.820	102
August	96	89	92,5	141.571	106.178	23.128	83.051	83
September	68	79	73,5	112.492	84.369	31.079	53.290	53
Oktober	58	65	61,5	94.126	70.594	7.184	63.411	63
November	62	62	62	94.891	71.168	1.809	69.359	69
Dezember	66	64	65	99.483	74.612	0	74.612	75

Für den Maximalbedarf im April ist pro Baufeld ein Speichervolumen zwischen 17,9 m³ und 40,6 m³ notwendig. Zur Vereinfachung und Vereinheitlichung wird für jedes der acht Baufelder ein Bedarfsvolumen von 30 m³ eingeplant. Bei Baufeldern mit zwei Häusern, die auf unterschiedlichen Wegen entwässert werden (wie z.B. Haus 2 und 3 im Baufeld B) wird das Speichervolumen zu gleichen Teilen, mit 15 m³ pro Haus, aufgeteilt (s. Tabelle 6).

Zur Verortung der benötigten Speichervolumen im Projektgebiet wurden verschiedene Varianten diskutiert. Zunächst war die Platzierung im Erdkern angedacht. Die Zusammenlegung der Einzelvolumen infolgedessen zu einer großen Zisterne, widerspricht aber dem Gedanken einer dezentralen Lösung und die Entwässerung von Flächen in Richtung Bahnhofsvorplatz, die durch das bestehende Gefälle tiefer liegen als die Oberfläche des Erdkerns, hätte nicht ohne Weiteres funktioniert. Darüber hinaus wäre das klimaaktive und regenwassertechnisch wichtige Erdkernvolumen weiter verbaut worden.

Ausgehend von der bestehenden Planung wurde deshalb versucht, das notwendige Speichervolumen der Zisternen mit den vier Sickerboxen des Quartiers zu verbinden bzw. in die bereits geplanten Entwässerungswege der Häuser zu integrieren: Die Zisternen werden vor die Sickerboxen geschaltet und bei Häusern, die direkt in einen Sickerschacht im Erdkern entwässert werden, wird eine Zisterne vor den Schacht integriert. Zunächst werden anfallende Niederschläge von versiegelten, unbefahrenen Flächen auf Geländeneiveau und den Dachflächen gesammelt und in die Zisternen eingeleitet. Der Überlauf der Zisterne mündet anschließend in das Retentionsvolumen der Sickerbox oder bereits in einen Sickerschacht. Der Überlauf der Sickerbox gibt das Wasser, wie bereits beschrieben, in den Kanal oder ebenfalls in Sickerschächte in den Erdkernen weiter. Wenn die Zisternen durch vorherige Regenfälle nicht schon gefüllt sind, ergibt sich durch diese Systemergänzung ein Speichervolumen von 240 m³.

Die Sickerbox 1 (180,6 m³) und 3 (116,6 m³) werden jeweils mit 45 m³ Zisternenvolumen erweitert. An die Sickerbox 2 (164,2 m³) wird eine 30 m³-Zisterne und an Sickerbox 4 (157,6 m³) eine 60 m³-

Zisterne angeschlossen. Im zentralen Erdkern ist eine 15 m³ große Zisterne für Haus 3 nötig, unter dem Quartierspark ist für die Häuser 7 und 9 eine Zisterne mit 45 m³ zu integrieren.

Tabelle 8: Verteilung von Sickerboxen und Retentionsvolumina auf die Baufelder

Haus (Baufeld)	Bezeichnung Zisterne nach Baufeld	Volumen Zisterne	Überlauf in Sickerbox / in Sickerschacht
1 (BF-A) und 2 (BF-B)	AB	30 + 15 = 45,0 m ³	SB 1 (180,6 m ³)
5 (BF-D) und 6 (BF-E)	DE	30 + 15 = 45,0 m ³	SB 3 (116,6 m ³)
8 (BF-F)	F	30,0 m ³	SB 2 (164,2 m ³)
4 (BF-C), 10 & 11 (BF-H)	CH	30 + 30 = 60,0 m ³	SB 4 (157,6 m ³)
3 (BF-B)	B	15,0 m ³	Sickerschacht Ö-Park
7 (BF-E), 9 (BF-G)	EG	15 + 30 = 45,0 m ³	Sickerschacht Q-Park

5.4.2. Anwendung des Schwammstadt-Prinzips in den Post City Gardens

Ergebnisse aus dem Expert:innen-Workshop Schwammstadt mit Karl Grimm

Um grüne Infrastrukturen (GI) im besiedelten und versiegelten Raum langfristig zu erhalten, muss ein System geschaffen werden, das GI und Regenwassermanagement zusammen denkt. Dipl. Ing. Karl Grimm hat diese Thematik gemeinsam mit dem gesamten Projektkonsortium in einem interaktiven Workshop zum Thema Schwammstadt erläutert. Der Fokus lag auf dem Schwammstadtprinzip für Stadtbäume.

Aktuell ist ein Paradigmenwechsel in der Siedlungsentwässerung erforderlich. Während Wasser im urbanen Raum früher hauptsächlich als Problem angesehen wurde und der Fokus rein auf die Ableitung in den Kanal, den Vorfluter oder in Sickeranlagen lag, wird – und muss – Wasser nun auch als Ressource gesehen werden. Damit kann der Wasserhaushalt geschützt, das Wasser – z.B. für den Erhalt der Begrünung – genutzt werden oder im Sinne blauer Infrastruktur als Erlebnis und Kühlelement dienen. Damit die Verdunstungsprozesse zur Minderung des Hitzeinselphänomens beitragen können, müssen sie im bebauten Gebiet stattfinden. Dafür bedarf es der Zwischenspeicherung des Wassers vor Ort in Form von Dachbegrünungen, offenen Wasserflächen und Baumpflanzungen im Schwammstadtprinzip.

Das Schwammstadtprinzip für Stadtbäume bietet folgende **Vorteile**:

- Entwicklung wüchsiger und gesunder Bäume
- Mikroklimatische Verbesserungen
- Retention, Versickerung und Verdunstung von Oberflächenwasser über die Bäume
- Retentionsraum bei Starkregenereignissen
- Nutzung von Überschusswasser
- Überlagerung der Flächennutzungen – Verkleinerung der Baumscheiben

Im Rahmen des Workshops wurden auch intensiv die **Herausforderungen für das Regenwassermanagement** besprochen und Lösungsansätze identifiziert. Im Projektgebiet der Post City Linz stellen insbesondere die überbauten Tiefgaragen eine Herausforderung dar. In diesem Fall ist besonders drauf zu achten, Probleme wie z.B. Wurzelfäule oder Trägerrost, in der Tiefgaragendecke (=Dachbegrünungsaufbau) zu vermeiden. Um die Entstehung von stehenden Wässern zu vermeiden, sollte der Untergrund nach unten offen sein, damit Versickerung stattfinden kann. Zudem wird empfohlen, Sohl drainagen vorzusehen, welche Staunässe verhindern jedoch aber nur eine geringe Wassermenge abziehen. Da die Entwässerung im Projektgebiet ohnehin sichergestellt werden muss, sollte die Verwendung von gut geplanten und konzeptionierten Freiräumen über Tiefgaragen kein Problem darstellen. Es muss ebenfalls stets darauf geachtet werden, dass die Wasserverteilung des Niederschlages an der Oberfläche (Tiefgaragenaufbau) gleichmäßig stattfindet. Dies ist ähnlich zu betrachten, wie auf einem stark intensivem Gründach.

Sollten Baumpflanzungen auf Tiefgaragen geplant werden, muss sichergestellt werden, dass das System für den Lastabtrag durchwurzelbar ist. Dies ist erfahrungsgemäß nicht geeignet, da Systeme für den Lastabtrag normalerweise technisch auf Verdichtung ausgerichtet sind. Daher macht das Schwammstadtprinzip hier nur Sinn, wenn das Volumen über der befestigten Fläche für den Wurzelraum benötigt wird.

Auch im Workshop wurde die Zwischenspeicherung von Regenwasser für Bewässerungszwecke wie bereits im Vorangegangenen Kapitel erläutert - empfohlen. Als kritischer Punkt wurde dabei ist die Diskrepanz zwischen Zeitpunkt des Anfalls und des Wasserbedarfs zu berücksichtigen sowie mögliche anfallende hygienische Probleme aufgrund der Wasserspeicherung. Dies kann beispielsweise vorkommen, wenn Regenwasser in Zisternen zwischengespeichert wird. Hier ist wegen potentieller Algenbildung auf alle Fälle eine mechanische Reinigung vor dem Bewässerungssystem notwendig. Zudem sollte man stets eine mögliche Keimbelastung im Falle einer Versprühung beachten.

Um hygienischen Problemen entgegenzuwirken, eignet sich bei ausreichend verfügbarem Bodenvolumen die pflanzenverfügbare Speicherung des Regenwassers im Porenraum.

Regenwasser kann auch für Wasserspiele verwendet werden. Hier sollten jedoch die hygienischen Anforderungen beachtet werden und das Wasser kann zuvor mittels UV-Bestrahlung gereinigt werden. Die Wiederverwendung von Regenwasser als Nutz- bzw. Brauchwasser in Gebäuden ist zum momentanen Zeitpunkt aufwändig und bedarf Erklärung, Informationsaustausch und Akzeptanz seitens der Nutzer:innen.

Starkregenereignisse

Die Dimensionierung der eingesetzten Systeme ist abhängig von dem Vorhaben und Ausmaß der Versickerung bzw. Ableitung in den Kanal. Normalerweise sind herkömmliche Kanalsysteme auf Gewitterregen von 5 Minuten Dauer dimensioniert. Eine Notwasserentlastung für ein 100-jähriges Regenereignis sollte im Projekt durchaus durchdacht werden, um potenziell anfallende Wasservolumina möglichst schadlos abzuleiten. Zudem bietet im Normalfall die Umgebung bzw. der umliegende Straßenraum zusätzliche Speicherkapazitäten im Falle von Starkregenereignissen. Im Extremfall, auch wenn unerwünscht, können Tiefgaragen weiteren Retentionsraum bieten.

Auf Dachbegrünungen bieten durch Mäander die Möglichkeit einer zeitlichen Verzögerung von einigen Minuten (ca. 15-30 Minuten). Diese können jedoch aufgrund des verhältnismäßig kleinen Speichervolumens keine Entlastung der Versickerungssysteme bei Extremwetterereignissen darstellen.

An Orten, wo Notfallsysteme eingesetzt werden, ist es ratsam die technische Ausrüstung so einfach wie möglich zu gestalten, um potenzielle Steuerungsversagen zu vermeiden. In den Kanalnetzen selbst sind zusätzliche Steuerelemente sinnvoll. Grundsätzlich kann in Bezug auf das Regenwassermanagement gesagt werden, dass es am besten ist, wenn das Wasser selbst abrinnen kann.

Regenwasser im Jahresverlauf

In Österreich sind die saisonalen Unterschiede bzw. Schwankungen der Regenwasservolumina nicht so stark ausgeprägt wie an anderen Orten. Der Witterungsverlauf hält sich nicht an Durchschnittswerte und erfahrungsgemäß kann der größte Bedarf der Bewässerung nach langen Trockenperioden festgestellt werden.

Im Winter dürfen Abwässer, die durch den Winterdienst (Streusalz) belastet sind, nicht versickert werden und können mit Hilfe eines dualen Systems (Schieber) je nach Jahreszeit entweder in den Kanal abgeleitet oder nach dem Schwammstadtprinzip versickert werden.

Abbildung 56: Ausschnitt aus dem Workshop-Whiteboard



5.4.3. Die Elemente der Schwammstadt in den Post City Gardens im Detail

Im Folgenden werden die einzelnen Bausteine des Schwammstadtprinzips im Detail beschrieben und ihre Anwendung in den Post City Gardens Linz untersucht.

Abbildung 57: Überblick über die ausgewählten Schwammstadt-Maßnahmen in den Post City Gardens.

Elemente der Schwammstadt	Kategorie	Arten der Bewirtschaftung
Green Roof Blue Roof Green-Blue Roof Fassadenbegrünung	Gebäude	Retention Versickerung Verdunstung Speicherung Nutzung
Begrünte Versickerungsmulde Rain Gardens Tiefbeete / Stormwater Planters Mulden-Rigolen-Element Retentionsbecken / Teichanlagen	Außenanlagen Gebäude / Quartier	
Flächenversickerung Urban Flooding	Außenanlagen Quartier / Stadt	
Straßen Versickerung Straßen Wasserleitung / Verteilung	Straßen	
Stockholm Prinzip Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume Baum-Rigole	Bäume	
Rigole Sickerboxen Sickerschacht Zisterne	Technische Maßnahmen	
Offene Gewässer	Gewässer	

Grün-Blau Dächer (Grünes Dach, Blaues Dach)

Die Kombination von regenbewirtschaftenden Maßnahmen mit verschiedenen Arten der Dachbegrünung wird als Grün-Blau Dächer oder Retentionsdächer bezeichnet. Das Substrat mit einer zusätzlichen Retentionsschicht schafft ein Rückhaltevolumen für Niederschläge auf dem Dach. Dies dient der Verzögerung des Abflusses und/oder der Reduzierung der Abflussmenge durch langfristige Rückhaltung und Verdunstung durch die Begrünung. Die Retention von Niederschlägen erfolgt auch über das Substrat, wobei die Schichtstärke die Wassermenge beeinflusst, die gebunden und verdunstet werden kann (vgl.⁴⁸). Es gibt verschiedene Konzepte und Elemente, um die Regenbewirtschaftung auf dem Dach umzusetzen. Dazu gehört die Ergänzung der extensiven Dachbegrünung durch Retentionsschichten wie Mäandermatten oder Profilmatten mit Kammern zur Wasserretention. Mit dem Einbau von Dochtelementen wird der kapillare Aufstieg des Wassers begünstigt und somit die Verdunstungsleistung verstärkt und die Abflussmenge zusätzlich reduziert.

Bei intensiver Dachbegrünung macht die Dicke der speicherfähigen Substratschicht und die verdunstungsstärkere Bepflanzung eine weitere Retentionsschicht oftmals überflüssig. Der höhere Aufbau ermöglicht aber auch, weitere Maßnahmen auf dem Dach umzusetzen und bietet ein breiteres Gestaltungsspektrum für die Bepflanzung und die Wassersammlung.

Die Ökosystemleistungen von Grün-Blauen Dächern sind vielfältig, darunter die Verbesserung des Mikroklimas, die Schadstoffreduzierung im Abfluss und der Schutz der Dachabdichtung. Um Grün-

⁴⁸ Ströhle u. a. (2020)

Blaue Dächer in ein größeres Netzwerk einzubinden, können Dachabläufe mit Versickerungsmulden oder unterirdischen Zisternen bzw. Sickerboxen verbunden werden.

Die differenzierte Gestaltung der Dachgärten je nach Niveau im Quartier ist eine der großflächigsten Bewirtschaftungsmaßnahmen der Post City Gardens in Bezug auf Regenwasser. Bis auf die beiden Erdkerne ist das gesamte Terrain auf EG-Niveau als Aufbau über der Tiefgarage konzipiert und stellt in unversiegelten Bereichen eine intensive Dachbegrünung mit Substratschichten zwischen 90 und 150 cm dar. Dies umfasst Bäume mit dem Schwammstadt-Prinzip, Staudenunterpflanzung und bodengebundene Fassadenbegrünung. Die nächste, ebenfalls intensiv begrünte Ebene bilden die Dachgärten auf den Gebäudesockeln. Mit Substrathöhen zwischen 60 und 120 cm sind auch hier noch Kleinbäume möglich, ergänzt mit Sträuchern, Stauden und Gräser. Auf der nächsthöheren Ebene befinden sich die Dachgärten „Horizon“. Auch sie sind, mit einer Substratschicht zwischen 20 und 60 cm, intensiv begrünt. Den oberen Abschluss bildet das extensiv begrünte Landschaftsdach mit 20 cm Substrat.

Abbildung 58: Die Dachgärten Sockel mit 60 bis 120 cm Substrat erlauben noch Baumpflanzungen. Grafik: studio boden.

Dachgarten "Sockel"



Blick auf Dachgarten Sphäre 1



Lageplan Dachgarten Sphäre 1

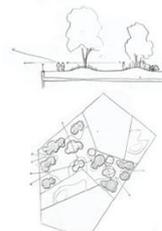


Dreizahn Ahorn - *Acer buergerianum*

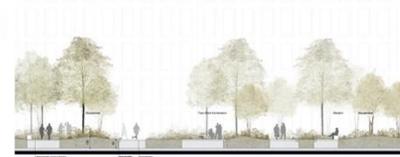
Raumelche - *Quercus pubescens*

Vogelbeere - *Sorbus aucuparia*

Felsenbirne - *Amelanchier lamarckii*



Konzeptskizze Dachgarten Sphäre 1



Schnitt Dachgarten Sphäre 1

Beschreibung

Die Bäume der Dachgärten sind robuste Baumarten, die eine niedrigere Endgröße erreichen (ca. 8 - 10m). Durch ihre natürlichen Wuchsformen (z.T. mehrstämmig, bis unten beastet) entsteht ein dicht bepflanzter Raum. Die Bäume werden ergänzt durch eine Unterpflanzung aus Stauden, Gräser, Farnen und Sträuchern.

Fassadenbegrünung

Auch Fassadenbegrünungen tragen zur Regenwasserbewirtschaftung bei. Die Berücksichtigung der Effekte ist allerdings noch nicht weit verbreitet. Zunächst findet über anhaftendes Wasser auf der Blattoberfläche eine Reduzierung der Abflussmenge statt (Interzeption). Die Retentionsleistung der reinen Bepflanzung ist aber nur gering. Stärker sind hingegen die anschließenden

Verdunstungsleistungen durch die Pflanze und das Substrat (Evapotranspiration) (vgl.⁴⁹). Fassadenbegrünung kann auch mittels in Zisternen gesammeltem Regenwasser bewässert werden. Die Kombination aus Speicherung und Nutzung bzw. Verdunstung durch Bepflanzung erzielt den größten Effekt auf die Abflussmenge und hält das Regenwasser im Fluss eines naturnahen Kreislaufs.

Auch in den Post City Gardens sollen die niederschlagsbewirtschaftenden Potentiale der Fassadenbegrünung genutzt werden. Die höchste Kosteneffizienz und der geringere Pflegeaufwand im Vergleich mit den anderen Bauweisen führten zur Entscheidung für eine bodengebundene Fassadenbegrünung mit Rankhilfe entlang des Fassadenrasters und standortangepassten Arten vorzuschlagen. Über die Erdgeschosszone bis zu den ersten beiden Geschossen über den „Dachgärten Sockel“ ergeben sich etwa 7000 m² Fassadenbegrünung, die in den Aufenthaltsbereichen der Quartiersfreiräume mikroklimatisch einen positiven Beitrag leisten. Der offene Plattenbelag entlang der Promenade unterstützt die Versickerung von Regenwasser in die Pflanzbereiche der Fassadenbegrünung und ermöglicht dadurch eine einfache Bewässerung.

Flächenversickerung durch Entsiegelung

Die Entsiegelung und damit die Möglichkeit, dass anfallende Niederschläge flächig (auf Eigengrund) versickern können, ist wahrscheinlich die einfachste Art der Regenwasserbewirtschaftung. Die Entsiegelung kann auch temporär für ungenutzte Brachflächen erfolgen, da sie den Abfluss reduziert und die Versickerung und Verdunstung fördert, was dem lokalen Mikroklima zugutekommt.

Entsiegelung erfordert nicht zwangsläufig den Umbau zu Grünflächen. Sie kann schrittweise oder teilweise umgesetzt werden, abhängig von der Flächennutzung und ihren Anforderungen. Sickerfähige Beläge, wie Sickerpflaster oder gebrochene Plattenbeläge, können befahrbare Oberflächen bieten, solange sie den Boden und das Grundwasser nicht gefährden.

Über die Entsiegelung können Schadstoffe in tiefere Bodenschichten gelangen. Ein entsprechender Aufbau mit belebter Bodenzone kann für die Reinigung und Filtration des Sickerwassers sorgen. Die Kosten für Entsiegelungsmaßnahmen variieren je nach Untergrund, Bodenaufbau, Oberflächenmaterial, Bepflanzung und Entsorgung der alten Beläge.

Da es sich bei dem Postareal aktuell um ein praktisch vollständig versiegeltes Grundstück handelt, ist die Entsiegelung ein wichtiger Bestandteil des Regenwassermanagements der Post City Gardens.

Verwendung Wasserdurchlässiger Beläge

Als Maßnahme zur Entsiegelung eignen sich wasserdurchlässige Beläge generell für nicht oder nur wenig befahrene Flächen, um den Eintrag wasserschädlicher Stoffe zu vermeiden. Die Versickerung erfolgt bei wasserdurchlässigen Baustoffen entweder über die Materialstruktur selbst (z.B. haufwerksporiger Beton) oder durch Fugen und Perforierungen (z.B. Rasengitterstein). Die Art des Belags (Material, Muster, Dichte), der Bodenaufbau und das Gefälle sind entscheidend für die Sickerleistung. Je nach anfallender Niederschlagsmenge muss im Einzelfall beurteilt werden, ob ein zusätzlicher Ablauf zum Kanal oder weiteren Maßnahmen notwendig sind.

⁴⁹ *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin* (2010)

Um der Verstopfung der Struktur durch Feinmaterial (Clogging) vorzubeugen, ist eine regelmäßige Reinigung der Flächen notwendig. Dennoch kann eine Verschließung der Poren auf Dauer nicht vollständig verhindert werden. Ein sorgfältig ausgeführter Aufbau, so stark verdichtet wie erforderlich und so durchlässig wie möglich, kann dem schnellen Eintreten des Effekts aber entgegenwirken.

Beispiele für wasserdurchlässige Beläge:

- Schotterrasen
- Kiesbelag
- Geotextilschotter
- Rindenhäcksel (Spielflächen oder unbefahrene Gartenwege)
- Holzpflaster, Holzroste
- Rasengittersteine
- Rasen- oder Splittfugenpflaster
- Porenpflaster oder Steintepiche, Drainasphalt oder Einkornbeton
- Epoxidharzgebundene Beläge (z.B. Terraway)

Zwischen der Hauptwegeachse durch das Quartier aus geschliffenem Gussasphalt und den Sockelfassaden der Gebäude flankieren Bereiche mit einem gebrochenen Plattenbelag aus Naturstein die Fußgängerpromenade. Die Fugen sind breit und entweder mit Splitt gefüllt oder begrünt und fungieren somit als wasserdurchlässige Beläge.

Begrünte Versickerungsmulden (Bioswale)

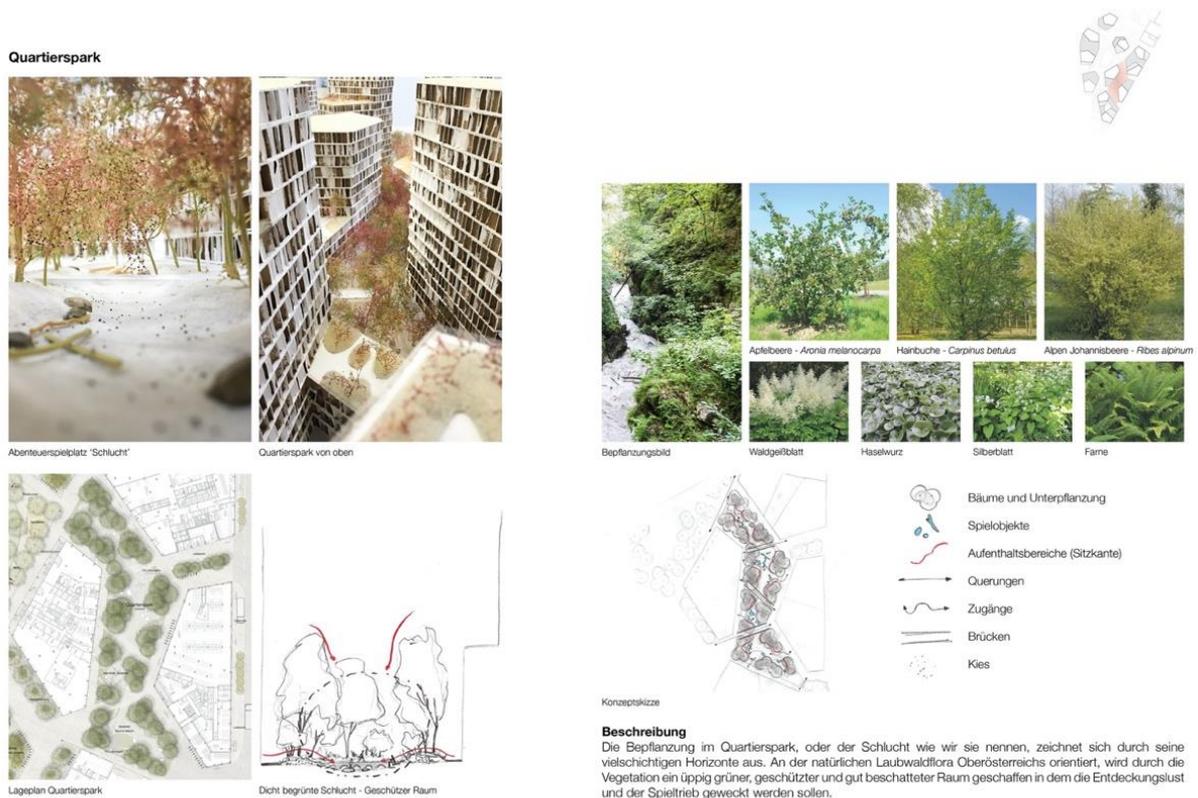
Über offene Rinnen oder unterirdische Rohre können Dach-, Hof- und Verkehrsflächen über Mulden entwässert werden. Sie sind dauerhaft mit Pflanzen begrünt, die gut mit den wechselfeuchten Standortbedingungen zurechtkommen. Diese Mulden sind normalerweise 20 bis 30 cm tief, manchmal auch tiefer, und dienen der vorübergehenden Speicherung und Versickerung von Niederschlägen. Die Sickerfähigkeit des darunterliegenden Bodens sollte gewährleisten, dass angestautes Wasser innerhalb eines Tages versickern kann. Eventuell muss lehmhaltigen Böden dazu Sand beigemischt werden. Eine 25 bis 30 cm hohe humushaltige Substratschicht (belebte Bodenzone) bildet das Muldenbett und dient der Reinigung des eingeleiteten Wassers (Aufbau nach ÖWAV Regelblatt 45).

Je nach Nutzung der Fläche und Schadstoffbelastung kann eine Vorreinigung des Wassers durch Technische Filteranlagen erforderlich sein, um eine Versickerung ohne Gefährdung des Grundwassers sicherzustellen. Die Muldenfläche sollte 10 bis 20 % der versiegelten Wassereinzugsfläche betragen (vgl. ⁵⁰), kann aber beliebig geformt sein und ist daher einfach für verschiedene gestalterische Konzepte zu adaptieren. Für die Dimensionierung und performativen Berechnung von Versickerungsmulden eignen sich softwaregesteuerte Langzeitsimulationen sehr gut (z.B. mittels STORM). Die groben Parameter sind die Größe der Sammelfläche, die Tiefe der Mulde und ihre Böschungsneigung, sowie der lokale klimatische Kontext.

⁵⁰ Sommer (2018), S. 80

Bei entsprechender Sickerfähigkeit des Bodens kommen begrünte Versickerungsmulden in der Regel ohne Überlauf ins Kanalnetz aus, dieser ist aber je nach erwartbaren Wassermengen zusätzlich möglich. Um die maximale Leistungsfähigkeit zu gewährleisten, müssen die Zuläufe sauber gehalten werden (Laub, Schmutz, Abfälle) und das Wasser gleichmäßig über die möglichst waagrecht ausgebildete Sohle der Mulde verteilt werden. Die Gestaltung der Böschung hängt vom verfügbaren Platz ab, wobei flachere Böschungen die Integration der Mulde in die Umgebung erleichtern und den Pflegeaufwand reduzieren. Ein geeignetes Böschungsverhältnis liegt zwischen 1:2,5 und 1:5. Für 20 cm tiefe Mulde ergibt sich dadurch eine 50 bis 100 cm breite Böschung.

Abbildung 59: Der Quartierspark als große, mehrteilige Versickerungsmulde. Grafik: studio boden



Für die Bepflanzung der Mulde ein breites Angebot für die Auswahl und Zusammenstellung der Vegetation, die allerdings gut mit den wechselfeuchten Bodenverhältnissen zurecht kommen sollte. Rasen und Bodendecker, die stark durchwurzelt sind, verbessern die Sickerleistung. Je nach Größe der Mulde können auch Bäume gepflanzt werden. Sie sollten aber eher im Randbereich positioniert werden, da durch die stärkere Wasserleitung entlang der Wurzeln das Wasser nicht ausreichend durch die belebte Bodenzone gereinigt wird. Eine hohe Pflanzdichte von 5 bis 8 Stauden pro m², mit teilweise immergrünen Pflanzen, verhindert längerfristig die Verschlammung der Mulde und verlangsamt den Rückgang der Sickerleistung. Die Art und Konzentration von Schadstoffen und Feinanteilen im Boden hängt von der Nutzung der Sammelfläche ab und erfordert möglicherweise nach 5 bis 10 Jahren die Erneuerung der Substratschicht, um den Erhalt der Reinigungs- und Sickerfähigkeit sicherzustellen.

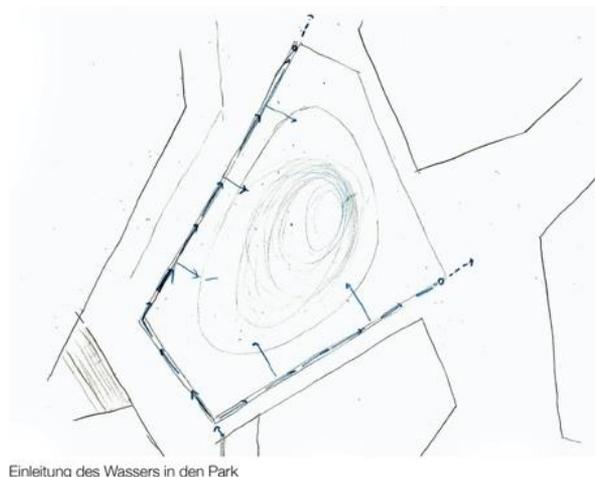
Der Quartierspark „Grüne Passage“ liegt größtenteils über einem der beiden Erdkerne, durch den anfallendes Wasser versickern kann. Zwei Unterbrechungen durch Wegeverbindungen teilen den Park in drei große Mulden, die mit anderen Nutzungen, wie Spielplätze, überlagert sind. Bei Extremwetterereignissen kann sich das Wasser dort sammeln und zeitverzögert über die durchlässigen Beläge der Spielbereiche versickern.

Urban Flooding (Parks, Spielplätze, Sportanlagen, Gärten)

Unter Urban Flooding wird das bewusste Fluten öffentlicher Anlagen bei Extremwetterereignissen mit Überschusswasser von umgebenden Flächen verstanden. Sie können extra für diesen zusätzlichen Zweck gestaltet sein und haben entsprechende Vertiefungen oder Becken. Bei Park- und Wiesenflächen reicht eine geringe Einstauhöhe, da diese Anlagen meist großflächig sind. Die gefluteten Flächen sollten mindestens halb so groß sein, wie die versiegelte Fläche, von der das Wasser gesammelt wird.

Generell sollten nur Wässer mit geringer Verschmutzung eingeleitet werden, vorzugsweise in Flächen, die eine belebte Bodenzone haben, durch die das Wasser bei der Versickerung gefiltert und gereinigt wird. Auch die Pflanzen und Bodenschichten können aber irgendwann auch schadstoffgesättigt sein und müssen dann ausgetauscht werden. Das versickerte Niederschlagswasser trägt zur Stabilisierung oder Neubildung von Grundwasser bei und verdunstet auch aus den diffusionsoffenen Böden, wodurch die öffentlichen Freiräume gekühlt werden.

Abbildung 60: Urban Flooding auf der öffentlichen Parkwiese



Die öffentliche Parkwiese der Post City Gardens ist mit einer mittigen Vertiefung von etwa 30 cm ausgebildet und kann somit über die Gesamtfläche bis zu dieser maximalen Einstauhöhe geflutet werden. Der Park liegt über einem Erdkern. Somit kann das Wasser, filtriert durch die Bodenschichten der Parkwiese, bis ins Grundwasser versickern. Die Einleitung des Wassers erfolgt über die offenen Rinnen, die entlang der Parkränder geplant sind.

Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume, Stockholm-Prinzip

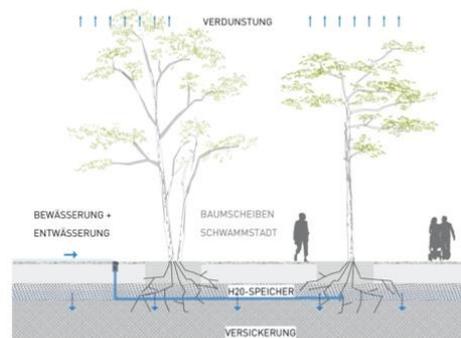
Unter dem Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume versteht man einen systematisch geplanten Bodenaufbau, der ein langfristiges Wachstum großkroniger Stadtbäume ermöglicht, einen unterirdischen Retentionsraum für Niederschläge bietet und Verkehrslasten ableiten kann und deshalb eine nutzungs offene Oberfläche schafft. Das anfallend Wasser im Retentionsvolumen, das gleichzeitig als Wurzelraum funktioniert, dient dem Baum zur Bewässerung. Niederschlagswasser kann anschließend versickern oder einer Drainage zugeführt werden, die das Wasser in weitere Schwammstadt-Maßnahmen einleiten kann. Bei dieser Maßnahme verzahnt sich die grüne Infrastruktur (Stadtbäume mit ihren positiven klimatischen und psychologischen Effekten) mit den Elementen des Regenwassermanagements.

Für den fachgerechten Aufbau wird ein Wurzelraum von etwa 25 bis 35 m³ pro Baum ausgehoben, mit Grobschlag angefüllt und verdichtet. Diese Schicht bildet die tragfähige Grundstruktur. Die Hohlräume des Grobschlags werden mit einer Feinsubstratschlämme aus mineralischen und organischen Bestandteilen angefüllt. Diese versorgt den Baum langfristig mit Nährstoffen und das durchwurzelbare Substratvolumen ist im Vergleich zu herkömmlich gepflanzten Stadtbäumen massiv erhöht. Die Grobporen des Gemenges lassen Luft und Wasser in den "Schwammkörper" (Retentionskörper) dringen, das Feinsubstrat bindet das Wasser teilweise und bewässert den Baum. Über diesem Aufbau folgen je nach Nutzung weitere Schichten, bis zum Oberflächenbelag. Verschmutztes oder belastetes Niederschlagswasser ist zunächst über die belebte Bodenzone einer Versickerungsmulde oder eines Tiefbeets zu reinigen und erst danach der Retention im Schwammstadtaufbau zuzuführen. Alternativ können auch Schächte mit technischen Filtern vorgeschaltet werden.

Abbildung 61: Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume in den Post City Gardens



- Einleitung der Oberflächenwässer im dualen System: Winterwässer in Mischkanal oder Versickerungsanlage und Sommerwässer in H₂O-Speicher unter Bäumen
- Fuß- und Radweg Versickerung in offenen Mulden je nach zur Verfügung stehendem Raum und versickerungsfähigem Untergrund
- Versickerung von Dach und Balkonwässer bei versickerungsfähigem Untergrund in Kieskörper / Kiesrinne / Starkregenereignisse in Parkfläche
- Hoher Anteil an versickerungs offenen Flächen



Die Baumreihen mit unterschiedlichen Baumarten in der Promenade der Post City Gardens werden im Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume aufgebaut. Eine besondere Herausforderung liegt im Aufbau des Systems auf einer Tiefgaragendecke, von der das Wasser nicht weiter versickern kann.

Mithilfe einer Sohl-Drainage wird überschüssiges Wasser aus dem Schwammstadtaufbau ausgeleitet, um eine Wurzelfäule zu verhindern. Die wasserführenden Flächen sind dafür mit einem Gefälle zum Erdkern ausgebildet, bauliche Erhebungen werden nach derzeitigem Stand durchbrochen, um das Wasser durchzuleiten.

Baum-Rigole

Die Baum-Rigole ist dem Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume sehr ähnlich. Der Hauptunterschied liegt im Bodenaufbau und der Art, Regenwasser zurückzuhalten. Bei der Baum-Rigole befindet sich unter dem Wurzelraum ein zum Untergrund abgedichtetes Retentionsvolumen. Überschüsse versickern durch die umgebende Kiesschüttung. Gespeichertes Wasser steht entweder dem Baum zur Verfügung und verdunstet über die Blätter (Transpiration) oder direkt aus dem Boden (Evaporation). Die Verdunstungsleistung eines gesunden Baumes kann in den Sommermonaten bis zu 670 Liter/Tag betragen (lt. Messdaten aus Malmö, Schweden bei einer adulten Linde mit 14 m Kronendurchmesser im Juli 2006).

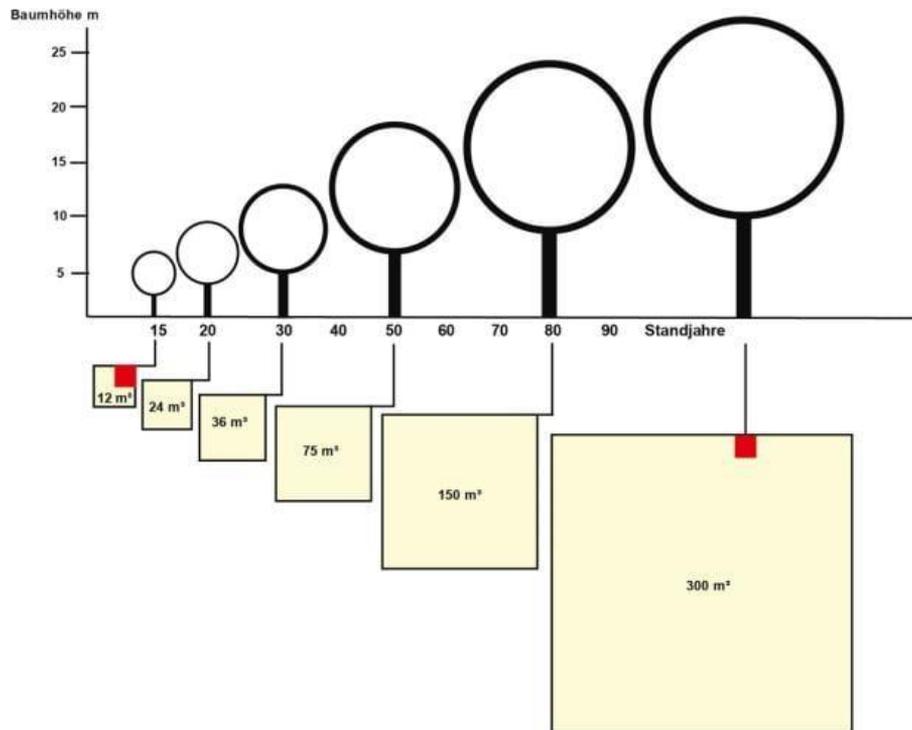
Die Wasserzufuhr erfolgt flächig über die Baumscheibe oder punktuell mit gefassten Abläufen in den Wurzelraum bzw. in den Rigolenkörper (vgl.⁵¹). Die Oberfläche der Baum-Rigolen kann unterschiedlich ausgeführt sein. Als Tiefbeet ist auch oberirdisch eine temporäre Wasseranstauung möglich. Die Sickerwege durch den Wurzelraum und die belebte Bodenzone bieten gute Reinigungsleistung, aber der verstärkte Wasserfluss entlang der Wurzeln kann Schadstoffe in tiefere Bodenschichten transportieren und das Grundwasser gefährden. Daher sind auch Baum-Rigolen generell nur für wenig belastetes Wasser geeignet. Schadstoffe wie Tausalze beeinflussen die Baumleistung und Substratsickerfähigkeit negativ. Baum-Rigolen, wie auch das Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume wirken dem urbanen Hitzeinsel-Effekt entgegen und haben positive Auswirkungen auf das lokale Mikroklima. Neben einer normalen Baumpflege müssen die Wassereinflüsse in die Baumscheibe regelmäßig kontrolliert und gereinigt werden, vor allem bei punktuellen Einläufen. Aufgrund der geringen Anzahl gebauter und publizierter Beispiele gibt es wenig Informationen zu den Kosten einer Baum-Rigole. Die Kosten teilen sich in Erdarbeiten, konstruktive Elemente (Wasserreservoir, Einfassungen, Baumscheibe, Kontrollschächte), Baum (mit Unterhalt und Pflege) und Baumsubstrat.

Manche Regelwerke definieren für einen Baum 12 m³ Wurzelraum bei einer Mindestdtiefe von 1,5 m, allerdings ist damit lediglich der Raumbedarf in den ersten Standjahren abgedeckt. Mit zunehmendem Alter und Größe des Baumes steigt auch der unterirdische Platzbedarf der Wurzeln. Das Volumen sollte bei mindestens 30 m³ liegen, um die durchschnittliche Standzeit abzudecken und eine gute Entwicklung und Leistungsfähigkeit des Baumes für diese Dauer zu gewährleisten. Aufgrund von zu klein dimensionierten Wurzelräumen beträgt die durchschnittliche Lebensdauer von Stadtbäumen oft nur ca. 20 Jahre, in denen sie infolge von Hitzestress und Trockenphasen auch nicht die gewünschte Verdunstungs- und Kühlungsleistung bringen (Abbildung 62).

⁵¹ Sommer (2018)

Abbildung 62: Baumwachstum und erforderlicher Wurzelraum, tatsächlich umgesetzter Wurzelraum (rot). Grafik:

https://image.futurezone.at/images/cfs_616w/4887177/Krone%20und%20Wurzelraum%20LWG.jpg



Wasserabfluß von Straßen (Retention, Reinigung, Versickerung)

Straßenabflüsse sind infolge der starken Nutzung durch motorisierten Verkehr entsprechend schadstoffbelastet und verschmutzt, deshalb muss eine auf den lokalen Verschmutzungsgrad angepasste Reinigung der Abflusswässer stattfinden. Eine Versickerung von Straßenabwässer kann nur bei geringer Verschmutzung erfolgen, um das Grundwasser nicht zu verunreinigen. Deshalb eignen sich straßenbegleitende Maßnahmen eher zur Retention anfallender Niederschläge, zur Reinigung durch technische Filter und belebte Bodenschichten, mit anschließender zeitverzögerter Einleitung in die Kanalisation. Bei bepflanzten Maßnahmen bedarf es einer Vegetation, die mit den spezifischen Standortbedingungen zurechtkommt.

Beispiele:

- Straßenbegleitende (Tief-)Beete oder Mulden, Grünstreifen
- Baumreihen und Alleen mit Unterpflanzung
- Gleiskörperbegrünungen für den städtischen Schienenverkehr

Straßenaktivierung für Leitung und Verteilung von Regenwasser

Ungenutztes Potential, Niederschläge zu bewirtschaften, liegt in der gezielten oberirdischen Leitung von Wasser und Anstauung bzw. Retention im Straßenraum bei entsprechendem Straßenprofil (V-Profil). Zur Veranschaulichung dienen zwei Best Practice Beispiele: Amsterdam rainproof und der Kopenhagener Cloudburst Management Plan.

Amsterdam rainproof: Nach ausführlichen Analysen über das Stadtgebiet von Amsterdam erfolgte die Einteilung in hydrologische Stadtteile (grob) und Quartiere (fein). Innerhalb der Quartiere bildet das Straßennetz die nächste Betrachtungsebene. In hierarchischer Ordnung werden den Straßen Funktionen zugeordnet: „Dispersing Streets“ bilden dabei als quartiersinterne Erschließungs- und Nebenstraßen den Start und sind für das Ableiten bzw. Ausleiten aus den Stadtblöcken zuständig. Auf der nächsthöheren Stufe stehen die „Transporting Streets“. Sie sammeln und transportieren das Wasser zu den „Retention Streets“. Als Hauptstraßen des Quartiers nehmen sie das Wasser in verschiedenen Maßnahmen der Retention auf. Wasser wird hier gedrosselt, angestaut, versickert und verdunstet. Neben den Straßenräumen stehen dafür dann auch angrenzende Plätze und Grünflächen zur Verfügung („Potential stormwater retention area“). Neben der Einleitung in Retentionsflächen oder Schwammstadt-Elemente, wird über „Overflow outlets“ Wasser in die offenen Kanäle Amsterdams abgeleitet (vgl.⁵²).

Abbildung 63: Regenaktives Straßenableitungssystem in Amsterdam. Grafik aus: Rainproof Magazine, S. 26, online unter https://www.rainproof.nl/app/uploads/2023/05/RAINPROOF-MAGAZINE-ENGELS_compressed.pdf



Ähnlich wurde auch im Rahmen des Cloudburst Management Plans in Kopenhagen vorgegangen. Eine Analyse sollte Aufschluss darüber geben, wo die Hauptverkehrswege der Stadt verlaufen und wie der natürliche Verlauf des Wassers durch die Stadt ist. Auch Risikopunkte wurden identifiziert. Daraus hat sich ebenfalls eine hierarchische Gliederung ergeben: Die „Green Streets“ machen den größten Teil des Straßennetzes aus. Ausgestattet mit Grün-Blauer Infrastruktur, sorgen sie über

⁵² Naafs, Saskja (o. J.), S. 26

Retention und Versickerung dafür, dass bereits von Beginn an so wenig wie möglich Wasser in die anschließenden „Cloudburst Roads“ weitergeleitet wird.

Die „Cloudburst Roads“ sind Straßen mit V-Profil, die Wasser oberirdisch leiten und mehr Wasser führen können als herkömmliche Straßenprofile, ohne das Flutrisiko für angrenzende Gebäude zu erhöhen (siehe Abbildung 4, Abschnitt 3.3.2 Regenwassermanagement). Bei ausreichendem Platz können an den Straßenrändern Schwammstadtmaßnahmen ergänzt werden, in die das Wasser beim Übertreten des V-Profiles eingeleitet werden kann. Ist die Kapazität dieser Kombination bei Extremwetterereignissen ausgeschöpft, gibt es unterirdisch geführte Flutwasserrohre, um Überschüsse zu fassen und abzuleiten.

Eine dritte Kategorie bilden die „Detention Streets“. Es sind Straßen mit Schwammstadtmaßnahmen zur Retention, Versickerung und Verdunstung, etwas oberhalb von Tiefpunkten in der urbanen Topographie, sodass das Wasser bereits vor dem Erreichen dieser Punkte oder Flächen abgefangen wird und die Risiken oder Gefahren auf öffentlichen Flächen somit reduziert werden.

Offene Rinnen

Offenen Rinnen bieten eine Alternative zur unterirdischen, rohrgebundenen Wasserleitung. Sie bieten ein breites Gestaltungsspektrum und ermöglichen die Integration in barrierefreie Gesamtkonzepte. Einschränkungen entstehen lediglich durch die natürliche Topographie, notwendige oder bestehende Gegengefälle oder zu lange Leitungsstrecken. Der Wartungsaufwand für offene Rinnen ist gering. Die offene Wasserführung lässt Wasser verdunsten und macht Niederschlag sichtbar und erlebbar. Durch das gestalterische Potential lässt sich die Aufenthaltsqualität öffentlicher Räume steigern und eine erhöhte Aufmerksamkeit zum Thema Regenwasser erreichen. Die Rinnen laden zum Spielen ein, was einen niederschweligen Bildungsbeitrag zum Umgang mit Regenwasser leistet.

Abbildung 64: Gestaltungselement offene Rinne. Grafik links: Offene Rinne am More London Pl, online unter <https://c0.wallpaperflare.com/preview/788/738/338/street-urban-eat-more.jpg>, Grafik rechts: Wasserspiel in der Richard-Mayr-Gasse in Salzburg, Foto: Jakob Geiseder, rajek barosch.



In den Post City Gardens werden die öffentlichen Wegeflächen in offene Rinnen entwässert, die den Rand des zentralen Parks säumen und das Wasser entlang des natürlichen Gefälles Richtung Norden

leiten. Im Normalfall entwässern die Rinnen in die unterirdischen Sickerboxen, bei Extremwetterereignissen werden Überschüsse oberflächlich in die große Mulde der Parkwiese eingeleitet. Dort kann das Wasser über den Erdkern versickern.

Technische Maßnahme Rigole (Sickerbox)

Rigolen kommen auch ohne kombinierte Komponente wie Mulden oder Baumscheiben zum Einsatz. Sie bilden ein System mit unterirdischer Retention ohne Flächenbedarf an der Geländeoberfläche. Die Abflüsse werden in den Hohlräumen des „Schwammkörpers“ zurückgehalten, anschließend versickert oder, bei undurchlässigen Böden, zeitverzögert in die Kanalisation eingeleitet. Anfallende Niederschläge gelangen unterirdisch über Rohre in den Rigolenschacht (Absetzschacht), womit eine Grobreinigung durch Sedimentationswirkung erreicht werden kann. Ansonsten findet in der Regel aber keine Vorreinigung statt, weshalb sich die Rigole ohne Vorschaltung spezieller Filter ebenfalls nur für gering verschmutzte Abflüsse eignen.

Abhängig von Sickerseigenschaften des gewachsenen Bodens, verschiebt die direkte unterirdische Einleitung die Wasserbilanz vollständig zur Versickerung. Abhängigkeiten sind durch die zu entwässernde Oberfläche, die Sickerfähigkeit des Bodens und ggfs. durch die Drosselabflussmenge gegeben. Pro Hektar versiegelter Fläche sollten 300 bis 400 m³ Rigolenkörper eingeplant werden (vgl. ⁵³). Die Kosten einer Rigole hängen stark vom Gesamtvolumen, der Einbautiefe und dem Material bzw. der Bauart und ev. nötigen Filtereinrichtungen zu Reinigung ab.

Zwischen der Tiefgaragendecke und der Geländeoberfläche bilden die 4 Sickerboxen mit einem Gesamtvolumen von 619 m³ eine der größten regenbewirtschaftenden Maßnahmen der Post City Gardens. Durch gleichmäßige Verteilung der Anlagen im Quartier entsteht eine dezentrale Lösung. Die Sickerboxen werden aus den Überläufen der vorgeschalteten Regenwasserzisternen gespeist. Die 4 Einheiten sind aus zusammenhängenden Kunststofffüllkörpern geplant, die im Gegensatz zu Kies bis 90% ihres Volumens an Wasser aufnehmen können, um bei den beengten Platzverhältnissen dennoch ein größtmögliches Retentionsvolumen zu generieren. Die Sickerboxen 1 und 3 leiten Überschüsse in den Kanal, 2 und 4 in Sickerschächte in den Erdkernen.

Technische Maßnahme Sickerschächte

Ein Sickerschacht ist ein (zylindrischer) unterirdischer Hohlraum, der meist aus Betonfertigteilen aufgebaut wird. Der Schacht dient als temporäres Retentionsvolumen, seine offene Sohle und der umgebende Kiesring lassen das Wasser in den Untergrund versickern. Mit Überläufen können mehrere Sickerschächte hintereinander-geschaltet werden, um den Wasserrückhalt zu erhöhen. Einen Überlauf in den öffentlichen Kanal gibt es in der Regel nicht. Deshalb verlagert sich die Wasserbilanz vollständig zur Versickerung.

Sickerschächte nehmen keinen Platz an der Erdoberfläche in Anspruch, was im dichten urbanen Kontext von Vorteil ist. Allerdings ist das benötigte Volumen im Erdreich zu berücksichtigen und durch die Einbautiefe ist die Errichtung aufwendiger als bei nicht so tief gelegenen Maßnahmen. Nachteilig ist, dass über den Sickerschacht allein keine Reinigung des eingeleiteten Wassers erfolgt.

⁵³ Sommer (2018), S. 82

Allerdings können Reinigungsmaßnahmen (Filter) vor der Einleitung in den Schacht platziert werden. Die Sohle sollte mindestens 1 Meter Abstand zum Grundwasserhöchststand haben.

Sickerschächte müssen regelmäßig auf ihre Funktion kontrolliert werden, da durch das Einschlämmen von Feinanteilen in die Kiesschicht die Durchlässigkeit bzw. Sickerfähigkeit reduziert wird.

Im Regenwassermanagement der Post City Gardens sind die Sickerschächte in den Erdkernen geplant und dienen als Ende einer Kette von Maßnahmen. Sie werden aus den Überläufen der Zisternen und Sickerboxen befüllt und tragen zu einem insgesamt höheren Versickerungsanteil des Quartiers bei.

Zisternen zur Regenwasserspeicherung

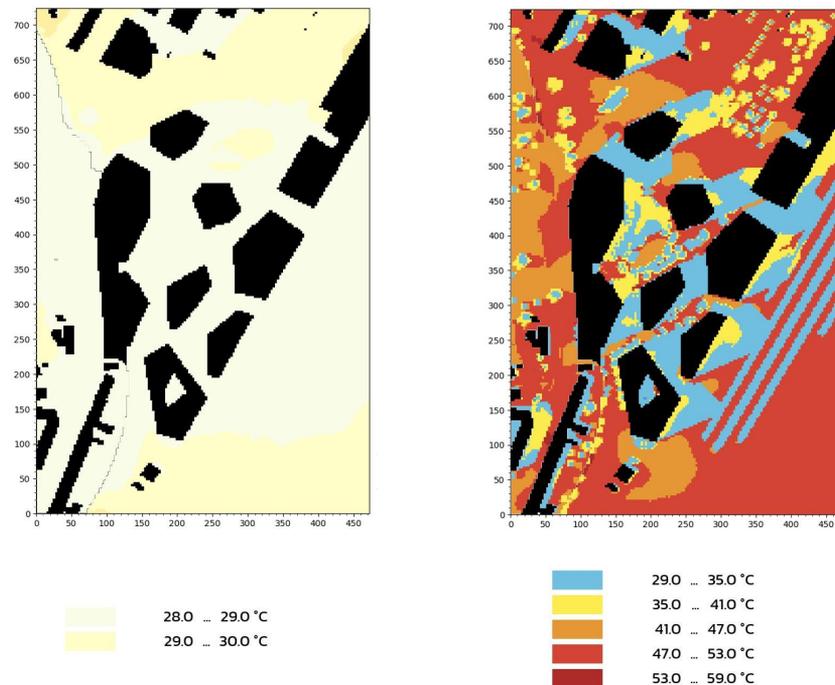
In Zisternen lassen sich Niederschläge für die weitere Nutzung sammeln: Im Privathaushalt lässt sich die Toilettenspülung und die Waschmaschine damit versorgen oder der Bewässerungsbedarf von Pflanzen decken. Die mögliche Trinkwassereinsparung liegt bei etwa 30 Liter pro Bewohner*in pro Tag. In gewerblichen Betrieben gibt es je nach Branche weitere Anwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise nutzen die Leipziger Verkehrsbetriebe gespeichertes Regenwasser im Kreislaufsystem der Waschanlagen. Das heißt, entstehende Abwässer werden durch Filter- und Reinigungsanlagen aufbereitet und wieder im Wasserspeicher eingespeist.

In den Post City Gardens lag der Fokus des Regenwassermanagements vor Beginn des Sondierungsprojektes auf der Reduzierung der Abflussmenge durch Retention und der anteiligen Versickerung in den Erdkernen. Im Projekt wurden dann Maßnahmen zur Speicherung von Regenwasser integriert und die entsprechenden Zisternen geplant. Details dazu sind dem Kapitel 5.4.1 – Sondierung Einbeziehen von Regenwassermanagement zu entnehmen.

5.4.4. Sondierung Reduktion urbaner Hitzeinseln/Mikroklima

Die bereits erwähnten Simulationen der Besonnung im Jahresverlauf zeigte nicht nur Flächenpotentiale zur Nutzung der Sonnenenergie, sondern auch die Freiräume, die aufgrund ihrer Lage und Exponiertheit schnell überhitzen. Die im Projekt durchgeführte Mikroklimasimulation mittels ENVI-met (im Rahmen des greenpass – Vorzertifikats) zeigte, dass die Bereiche zwischen den Gebäuden durch die gegenseitige Verschattung recht gut vor Überhitzung geschützt sind. Temporär entstehen aber auch dort punktuell gefühlte Temperaturen über 50 Grad Celsius, wenn die Sonne direkt zwischen den Gebäuden hindurch auf befestigte Flächen trifft. Abbildung 65 zeigt den Vergleich zwischen Lufttemperatur und gefühlter Temperatur und macht ersichtlich, dass die durch die Abstrahlung umgebender Bodenflächen und Gebäude entstehende gefühlte Temperatur im dichten urbanen Umfeld deutlich über der Lufttemperatur liegt. In den Post City Gardens wurden insbesondere die östlichen und westlichen Ränder des Quartieres durch die direkte Bestrahlung am Vormittag/ Nachmittag sowie der Bahnhofsvorplatz als Hotspots identifiziert, wo vor allem im Fußgängerbereich vermehrt Begrünung und Beschattung eingesetzt werden sollten.

Abbildung 65: Situation heißer Sommernachmittag. Lufttemperatur (links) vs. gefühlte Temperatur im Quartier. Grafik: greenpass.



Durch die Begrünung werden nicht nur die wärmespeichernden Bauteile verschattet, sondern auch die Verdunstungskühlung in den Hauptaufenthaltsbereichen gesteigert. Der offene Plattenbelag vor den Eingangsbereichen zu den Gebäuden lässt anfallende Niederschläge versickern, was zum einen die Verdunstung ermöglicht und den Kühleffekt verstärkt, und zum anderen die Kletterpflanzen an der Fassade bewässert. Durch die Post City Gardens führen so klimaoptimierte Fußgängerwege, begleitet von schattenspendender Vegetation und Wasserelementen. Die Untersuchungen zur gefühlten Temperatur in den öffentlichen Freiräumen, brachten weitere Argumente für begrünte Fassaden, die auf die Reduktion der urbanen Hitzeinsel und die Stabilisierung des lokalen Mikroklimas abzielen.

Insgesamt wird dem Vorentwurf in der greenpass® PreCertification (siehe Anhang) ein guter thermischer Komfort in Korrelation mit der Begrünung und Durchlüftung prognostiziert. Dennoch können sich vor allem im südlichen Bereich und in der Parkmitte Hotspots mit niedrigerem Komfort ergeben. Die Windanalyse zeigt insgesamt eine gute Durchlüftung auf Bodenniveau. Allerdings erzeugen die Gebäude Windschatten in Hauptwindrichtung nach Westen, sodass einerseits zwar windgeschützte Aufenthaltsbereiche entstehen, andererseits aber auch die Gefahr lokaler Hitzestaus steigt. Für weitere klimawirksame Maßnahmen muss also darauf geachtet werden, dass die Durchlüftung nicht weiter eingeschränkt wird.

5.4.5. Sondierung von Indikatoren für Monitoring von Freiraumkonzepten

Der Einsatz der zwei verschiedenen Tools zur Bewertung der Grünen und blauen Infrastrukturmaßnahmen zeigte rasch, dass die Methodiken Green Scenario und greenpass jeweils andere Schwerpunkte und damit auch Einsatzbereiche haben. Obwohl sich manche Parameter überschneiden - beispielsweise berechnen beide Tools den nicht versiegelten Flächenanteil, die

Albedo oder die CO₂ Aufnahme - gibt es deutliche Unterschiede. Die detaillierte mikroklimatische Analyse, die sowohl die thermische Wirkung des geplanten Areals auf das weitere städtische Umfeld als auch die Aufenthaltsqualitäten innerhalb des Planungsgebietes untersucht, sind nur mittels Simulationen möglich, wie sie von greenpass verwendet werden. Als Ergebnisse (Überblick Abbildung 66, Gesamte Unterlagen im Anhang) sind hier beispielsweise der Thermische Abluftstrom von + 0,034°C der Vorentwurfsplanung zu nennen, der angibt, um wie viel sich eine Luftmasse erwärmt, wenn er durch das Quartier strömt. Auch die Bewertung des thermischen Komforts oder der thermischen Speicherfähigkeit werden berechnet, was mit flächenkennwert-basierten Tools nicht möglich ist. Dem steht der relativ hohe Zeit- und Datenverarbeitungsaufwand für die Simulationen gegenüber.

Abbildung 66: Bewertung Post City Gardens Vorentwurf mit greenpass



Die Vorteile von (Flächen)Kennwert-Tools wie GreenScenario liegen dagegen in der Möglichkeit, viele verschiedene Planungsszenarien rasch und unkompliziert ohne hohen Simulationsaufwand zu vergleichen. Die betrachteten Indikatoren fokussieren dabei deutlich auf die Effekte der eingesetzten Begrünungs- und Wassermanagementmaßnahmen, ohne Kombination mit Simulationen können aber keine quantitativen Aussagen zu Temperatureffekten der Planungsszenarien getroffen werden.

Im Projekt wurden mittels GreenScenario unterschiedliche Szenarien der Begrünung untersucht, vor allem da sich die ökologischen Wirkungen von grüner Infrastruktur im Gegensatz zur gebauten Umwelt im Laufe ihres Lebenszyklus deutlich verändern. So konnte untersucht werden, wie sich das Baumwachstum oder der zusätzliche Einsatz von Fassadenbegrünungen auf Parameter wie CO₂ Bindungskapazität, Biodiversität oder Wasserbilanz auswirken.

Projektanforderungen (Unterbauung durch Tiefgarage, notwendige Entleerung der Schwammstadt) um eine Sonderlösung, für die versierte Aussagen zu Kosten und Lebenszyklus zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich sind. Hinzu kommen starke Kostenschwankungen der Elemente und eine zu geringe und damit nicht repräsentative Datenmenge zur Bewertung. In gezielten Demoprojekten oder präzisiertem Monitoring während und nach der Umsetzung könnten eigene projektspezifische Daten erhoben werden.

Weitere Maßnahmen, die im Planungsverlauf zu treffen sind:

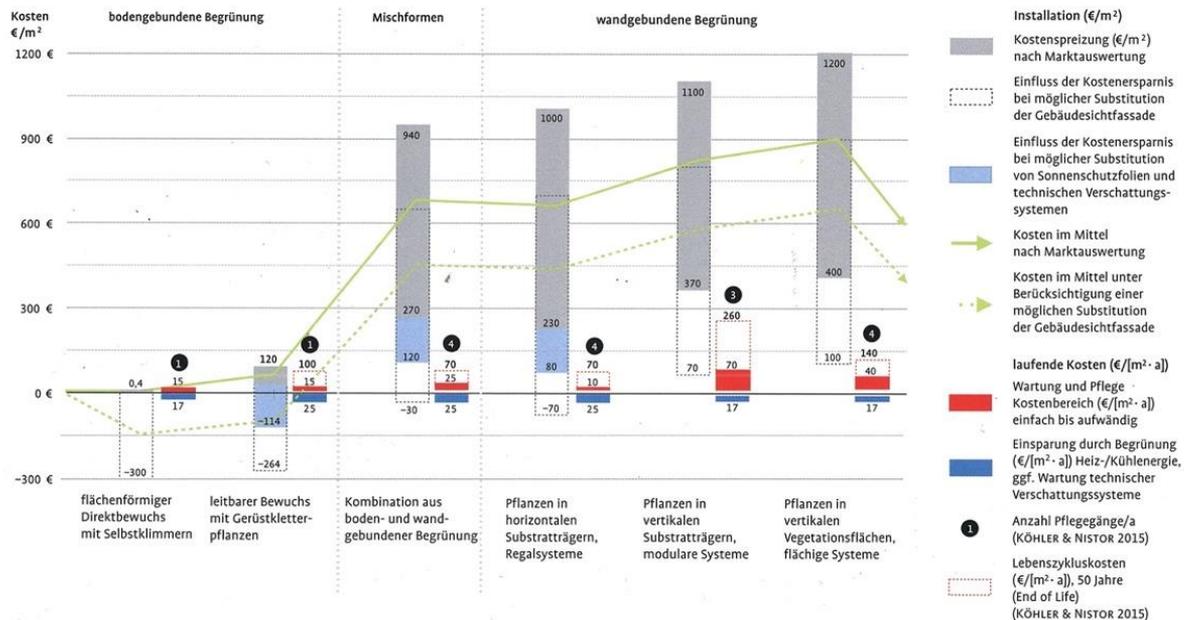
- Erfassen von neuen Daten zu Produkten und Materialien im Außenraum
- In der weiteren Planung Herstellungskosten, Pflege- und Wartungskosten, Instandsetzungskosten, Erneuerungskosten und Abbruchkosten ermitteln
- Definieren der Zuständigkeiten jeweiliger Fachgebiete

Lebenszykluskostenbetrachtung Fassadenbegrünung

In der Sondierung wurde als Informationsquelle für den Lebenszykluskostenvergleich unterschiedlicher Fassadenbegrünungen das umfangreiche Buch von Nicole Pfoser aus dem Jahr 2018 herangezogen⁵⁵. Dementsprechend ist aktuell von einem etwas höheren Preisniveau auszugehen, die Relationen zwischen den Kosten unterschiedlicher Fassadenbegrünungsformen sollten jedoch nach wie vor Gültigkeit haben. Pfoser geht in ihren Berechnungen von Investitionskosten von 36 – 120€/m² bei bodengebundener Fassadenbegrünung mit Rankhilfe aus, während eine troggebundene Fassadenbegrünung mit Kosten von 230-1000€/m² und wandgebundene Systeme mit 270-1000€ Anfangsinvestitionskosten aufschlagen. Auch die Wartungs- und Pflegekosten der letzteren Systeme sind deutlich höher. Aus diesem Grund in Zusammenschau mit dem höchsten mikroklimatischen und biodiversitätsfördernden Effekt der Begrünung in den bodennahen Fassadenbereichen wurde im Projekt die Entscheidung zu ausschließlicher Planung bodengebundener Begrünungssysteme getroffen.

⁵⁵ Pfoser (2018)

Abbildung 68: Kostenübersicht zu verschiedenen Arten der Fassadenbegrünung. Grafik aus Pfoser, 2018, S.52. Die Darstellung ist nicht frei von Rechten Dritter.



Die Gesamtfläche der Fassadenbegrünung in den Post City Gardens beträgt 7075,15 m². Angenommen werden folgende aktuelle Kosten: 150 EUR/m² Installationskosten und Kosten für Pflege, Wartung und Ersatz mit 15 EUR. Damit ergibt sich für eine angenommene Standzeit von 50 Jahren Lebenszykluskosten von 6.367.635,- EUR. Das entspricht 18,00 EUR/m²·a an Lebenszykluskosten. Nicht mit einkalkuliert sind dabei Einsparungen bei der Kühlung bzw. Heizung der Gebäude und der Wartung substituierter Anlagen durch die Begrünung, die die Kosten entsprechend senken würden. Eine detaillierte Angabe ist allerdings schwierig: Zum einen ist die Fassadenbegrünung nur in den unteren Bereichen des Quartiers geplant, wo sich durch die Setzung der Gebäude zueinander ohnehin Verschattungen ergeben. Der größte Effekt der Begrünung ist daher an den exponierten West-, Süd- und Ost-Rändern zu erwarten. Zum anderen sollen durch die Rankhilfen nur die muralen Anteile der Fassade begrünt sein, sodass das Fassadenraster erhalten bleibt. Damit bleibt die Einstrahlung durch Fensterflächen weitestgehend gleich. Genauere Einsparpotentiale müssen im Laufe der weiteren Energieplanung eruiert werden. Auch die Auswirkungen der Fassadenbegrünung auf die CO₂-Bilanz solcher Quartiere, sowohl ökologisch als auch monetär betrachtet, dürfte bei zukünftig steigendem CO₂-Preis zunehmend interessant werden.

Für die Post City Gardens ergeben sich daraus für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren überslagsmäßig folgende Kosten:

Installationskosten (einmalig): $7075,15 \text{ m}^2 \times 150,- \text{ €/m}^2 = 1.061.272,50 \text{ €}$
 Pflege, Wartung, Ersatz: $7075,15 \text{ m}^2 \times 15,- \text{ €/m}^2 = 106.127,25 \text{ €/a}$
 Pflege Auf eine Standzeit von 50 Jahren: $106.127,25 \text{ €} \times 50 \text{ Jahre} = 5.306.362,50 \text{ €}$

In Zusammenschau der niedrigen Kosten mit der Hauptbesiedelungszone durch Vögel und andere Tierarten in den unteren 20 Metern und der dort höchsten mikroklimatischen Wirksamkeit auf die

Aufenthaltsbereiche von Fußgängern ist die Entscheidung zugunsten der bodengebundenen Begrünungsform im Planungsteam einhellig gefallen.

CO₂-Bindungspotential der Post City Gardens

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels steigt die Relevanz des CO₂-Bindungspotentials neuer Quartiere, auch im Hinblick auf die künftige Berücksichtigung der Begrünung in CO₂ Emissionskostenrechnungen. Kenntnisse zu diesem Parameter erleichtern die Einschätzung und Bewertung von Klimaschutz- und Adaptionsmaßnahmen im Hinblick auf Leistungsfähigkeit und Performanz und machen Projekte vergleichbar.

Irrtümlicherweise wird oft davon gesprochen, dass Bäume CO₂ speichern. Allerdings wird im Zuge der Photosynthese CO₂ in Kohlenstoff und Sauerstoff aufgespalten. Aus dem Kohlenstoff wird die Biomasse des Baums aufgebaut, der Sauerstoff wird freigegeben. Will man den performativen Effekt der Bäume also richtig beschreiben, muss man von Kohlenstoffbindung sprechen, nicht von Kohlenstoffdioxidbindung. Im Zuge der Bewertungen ist aber oft von Interesse, wie viel CO₂ aus der Atmosphäre für das Baumwachstum umgewandelt wird. Um das zu ermitteln, muss der Kohlenstoffgehalt des Baumes mit 3,67 multipliziert werden: $CO_2 = 3,67 \cdot C$ (vgl. ⁵⁶).

Die Ergebnisse zur jährlichen „CO₂-Speicherung“ aus den Simulationen von GREENPASS (79 t/a, es wird der Zustand etwa drei Jahre nach Pflanzung betrachtet, keine Fassadenebegrünung mitgerechnet) und GreenScenario (Szenario mit großen Bäumen 45t/a, Fassadenbegrünung), sowie den eigenen Berechnungen mit dem *My Tree*-Tool von *iTree* variieren stark. Eine Erklärung ist, dass verschiedene Speicherpotentiale berücksichtigt werden. Während GREENPASS neben der Begrünung auch das CO₂-Bindungspotential des Bodens miteinbezieht, was GreenScenario nicht berücksichtigt, beschränkt sich das *My Tree*-Tool artenspezifisch rein auf die Leistung von Bäumen. Bei den Berechnungen von *iTree* wird auch der Wachstumseffekt deutlich. Während im ersten Jahr von allen geplanten Bäumen 4,7t CO₂ Äquivalent aufgenommen werden, liegt der über 20 Jahre berechnete Jahresschnitt bereits bei 10,7 t/Jahr.

⁵⁶ Klein/Schulz (2011), S. 2

Tabelle 9: Kohlenstoffbindung und CO₂-Bindung aus der Atmosphäre von 560 Bäumen der Post City Gardens (errechnet mit *iTree My Tree*)

Bereich	Baumart	Stammumfang in cm	Mittelwert in cm	Anzahl Bäume	Summe Bäume	Dieses Jahr		Dieses Jahr		Dieses Jahr		Dieses Jahr		20 Jahre		20 Jahre		20 Jahre		20 Jahre	
						Kohlenstoffbindung / Baum in kg	Kohlenstoffbindung Gesamtanzahl in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre / Baum in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre Gesamtanzahl in kg	Kohlenstoffbindung / Baum in kg	Kohlenstoffbindung Gesamtanzahl in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre / Baum in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre Gesamtanzahl in kg	Kohlenstoffbindung / Baum in kg	Kohlenstoffbindung Gesamtanzahl in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre / Baum in kg	CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre Gesamtanzahl in kg				
Ertree	<i>Betula pendula</i>	20-25 cm	22,5	63	63	2,33	146,79	8,55	538,72	131,76	8.300,88	483,56	30.464,23								
Eingänge/Plaza	<i>Acer campestre</i>	10-15 cm	12,5	37	150	0,80	29,60	2,94	108,63	37,38	1.383,06	137,18	5.075,83								
	<i>Zelkova serrata</i>			37		0,60	22,20	2,20	81,47	32,71	1.210,27	120,05	4.441,69								
	<i>Carpinus betulus</i>			38		1,49	56,62	5,47	207,80	75,53	2.870,34	277,20	10.533,41								
	<i>Alnus spæthii</i>			38		1,28	48,64	4,70	178,51	69,21	2.629,98	254,00	9.452,63								
Quartierspark	<i>Alnus cordata</i>	25-30 cm	27,5	12	70	2,66	31,92	9,76	117,15	96,80	1.161,60	355,26	4.263,07								
	<i>Fraxinus angustifolia</i>			11		2,18	23,98	8,00	88,01	82,69	909,59	303,47	3.338,20								
	<i>Acer pseudoplatanus</i>			12		2,91	34,92	10,68	128,16	109,51	1.314,12	401,90	4.822,82								
	<i>Fraxinus excelsior</i>			12		3,22	38,64	11,82	141,81	140,37	1.684,44	515,16	6.181,89								
	<i>Ulmus glabra</i>			12		2,82	33,84	10,35	124,19	132,68	1.592,16	486,94	5.843,23								
	<i>Carpinus betulus</i>			11		3,27	35,97	12,00	132,01	118,67	1.305,37	435,52	4.790,71								
Promenade	<i>Platanus acerifolia</i>	40-45 cm	42,5	8	37	2,44	19,52	8,95	71,64	82,42	659,96	302,48	2.419,85								
	<i>Sophora japonica</i>			21		6,20	130,20	22,75	477,83	206,00	4.326,00	756,02	15.876,42								
	<i>Tilia tomentosa</i>			8		2,54	20,32	9,32	74,57	82,34	658,72	302,19	2.417,50								
Bahnkante	<i>Quercus robur</i>	15 cm	15	36	36	2,54	91,44	9,32	335,58	124,85	4.494,60	458,20	16.485,18								
Öffentlicher Park	<i>Gymnocladus dioica</i>	25-30 cm	27,5	8	39	1,86	14,88	6,83	54,61	74,52	596,16	273,49	2.187,91								
	<i>Gleditsia triacanthos</i>			6		2,78	16,68	10,30	61,22	130,55	783,30	479,12	2.874,71								
	<i>Robinia pseudoacacia</i>			8		3,10	24,80	11,38	91,02	145,78	1.166,24	535,01	4.280,10								
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>			14		2,64	36,96	9,69	135,64	102,38	1.433,32	375,73	5.260,28								
	<i>Prunus avium</i>			3		2,76	8,28	10,13	30,39	113,51	30,39	416,58	1.249,75								
Dachgärten	<i>Acer buergerianum</i>	20-25 cm	22,5	27	165	2,79	75,33	10,24	276,46	115,76	3.125,52	424,84	11.470,66								
	<i>Quercus pubescens</i>			28		3,47	97,16	12,73	356,58	123,07	3.449,96	451,67	12.646,67								
	<i>Sorbus aucuparia</i>			28		2,55	72,52	9,51	266,15	144,70	4.051,60	531,05	14.869,37								
	<i>Prunus sargentii</i>			28		3,29	92,12	12,07	338,08	182,10	5.098,80	668,51	18.712,60								
	<i>Amelanchier lamarckii</i>			27		2,05	55,35	7,52	203,13	95,67	2.583,09	351,11	9.479,94								
	<i>Cornus mas</i>			27		1,32	35,64	4,84	130,80	46,52	1.256,04	170,73	4.609,67								
Summe				560	560		1.294,32		4.750,13		58.380,85		214.257,72								

1.Jahr: 4,75 t/a

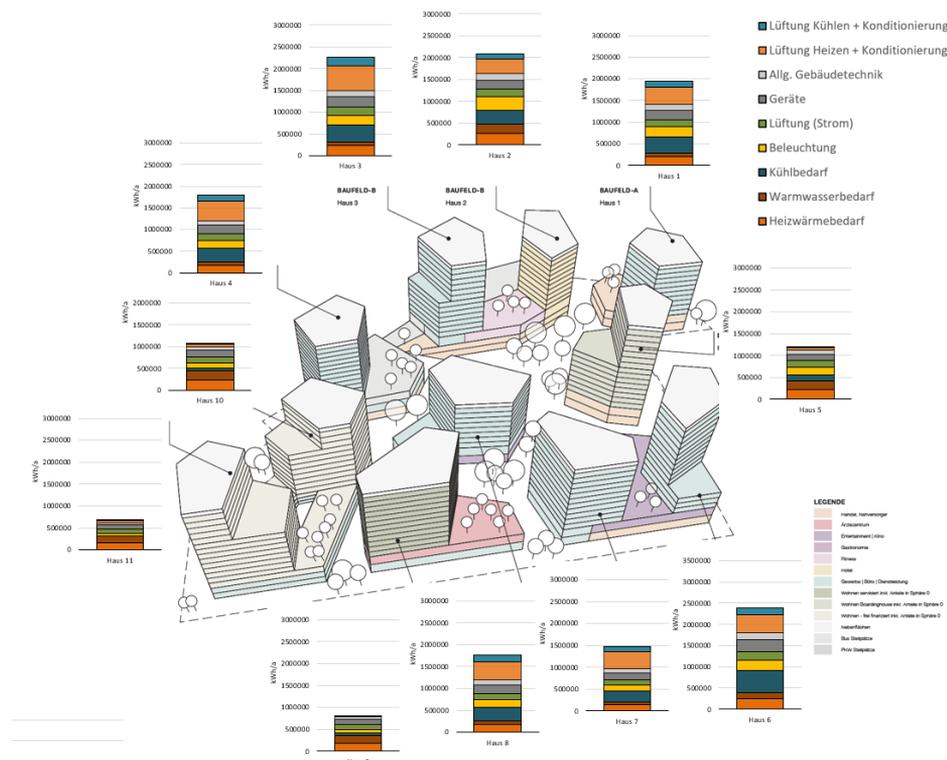
20a Schnitt: 10,7 t/a

Auffällig sind die allgemein hohen Werte der beiden Bewertungstools für die Speicherkapazitäten von Bäumen gegenüber der Kalkulation mittels *iTree*. Laut den Berechnungen von *GreenScenario* wandelt bereits ein kleiner Baum 32 kg CO₂ pro Jahr um, was in den *MyTree*- Berechnungen (Tabelle 9) nur zwei Baumarten im Durchschnitt der 20-jährigen Betrachtung schaffen, die bereits bei der Pflanzung mindestens mittelgroß sind. Der Mittelwert zur Umwandlung von CO₂ aus der Atmosphäre liegt nach den eignen Berechnungen bei knapp 20 kg pro Jahr und Baum bei variierender Baumgröße. Darüber hinaus steigt die Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter, ehe sie dann mit dem Verfall und dem Absterben des Baumes wieder abnimmt und dann sogar mehr CO₂ wieder freigesetzt wird, als umgewandelt werden kann.

Insgesamt geht aus der Sondierung hervor, dass die Datenlage im Bereich CO₂-Bindungskapazität von Grüner Infrastruktur noch deutlich verbesserungswürdig ist, bevor von allgemein akzeptierten Werten gesprochen und damit auch monetär valide international haltbare Bewertungen getroffen werden können. Während bei der Leistung von Bäumen noch eher Übereinkunft besteht, gibt es auch publizierte Berechnungen für Rasenflächen, die keinerlei positiven Effekt für die CO₂ Speicherung zeigen, da erstens die Flächen nach dem Wachstum sofort wieder gemäht werden, womit der gespeicherte Kohlenstoff wieder freigesetzt wird, und zweitens die Pflege und Düngemittelherstellung selbst deutlich mehr CO₂ Emissionen verursacht werden, als durch die Pflanzen aufgenommen werden können. Zusätzlich belasten N₂O nach Düngung das Klima⁵⁷. Zu diesen Themen sind weitere Grundlagenstudien im Kontext der urbanen Begrünung wünschenswert.

⁵⁷ Townsend-Small/Czimczik (2010)

Abbildung 69: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m²a

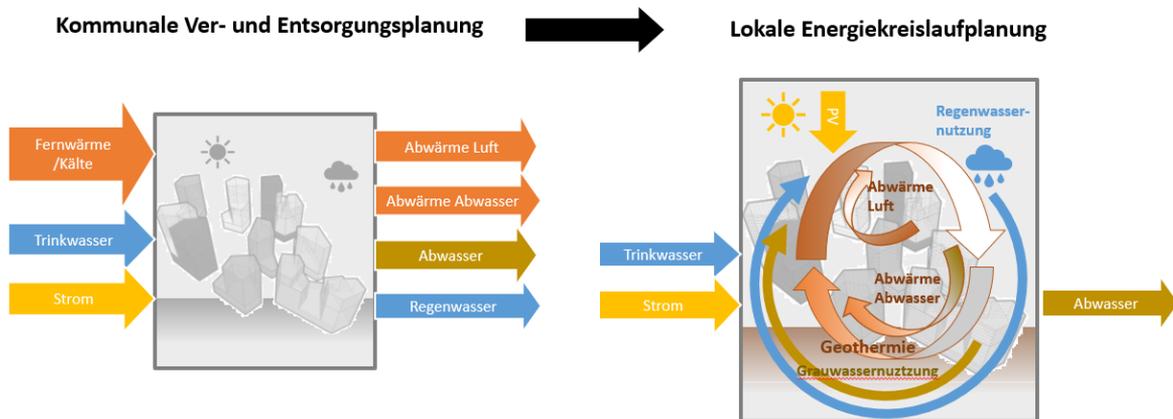


5.5. Aufzeigen eines ganzheitlichen, CO₂-neutralen Quartiersenergiekonzepts

Wie bereits in Abschnitt 5.1.6, Tabelle 2 dargestellt, wurde der gesamte Nutzenergiebedarf der Post City Gardens mit 8,3 GWh Wärme, 3,6 GWh Kälte und 6,78 GWh elektrischer Energie pro Jahr kalkuliert.

Um ein Quartier solcher Größe möglichst CO₂-neutral zu betreiben, ist es notwendig die Energieversorgung neu zu denken. Die Konzeption muss abrücken von der traditionellen Ver- und Entsorgungsplanung mit externer Energieversorgung und stattdessen den Ansatz einer kreislauforientierten Energieplanung mit maximaler Nutzung der vorhandenen erneuerbaren Energiequellen am Grundstück und Minimierung der Wärmeverluste über Gebäudehülle, Abluft und Abwasser berücksichtigen. Durch die gemeinsame Planung von Gebäuden und Anlagen, Nutzung der Ressourcen am Grundstück sowie Wärme- und Kälterückgewinnungssysteme werden im vorliegenden Konzept integrale Energiekreisläufe für Strom, Wärme und Kälte geschaffen. Die einzelnen Möglichkeiten für erneuerbare Energiegewinnung werden in Folge im Detail beschrieben.

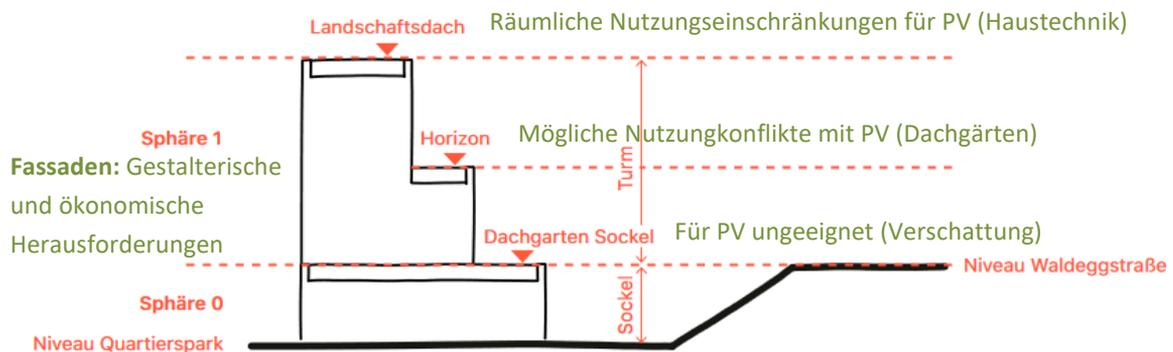
Abbildung 70: Umdenken in der Energieplanung - Energiekreisläufe im Quartier. Grafik: M.Majcen



5.5.1. Photovoltaik

Als erster Schritt zur erneuerbaren Energieversorgung wurde das Stromerzeugungspotential durch Photovoltaik an Fassaden und Dächern detailliert untersucht. Durch die Hochhausgeometrie ergaben sich dabei besondere Herausforderungen: die ideal besontenen **Dachflächen** sind im Verhältnis zur benötigten Energie sehr klein und stehen nur zu einem geringen Teil für Photovoltaik zur Verfügung, während bei der Nutzung der **Fassaden** für Photovoltaik vor allem ästhetisch-architektonische und Kostenfaktoren zu berücksichtigen sind.

Abbildung 71 Bezeichnungen der Dächer und Herausforderungen für die PV-Nutzung. Grafik: Nussmüller Architekten.



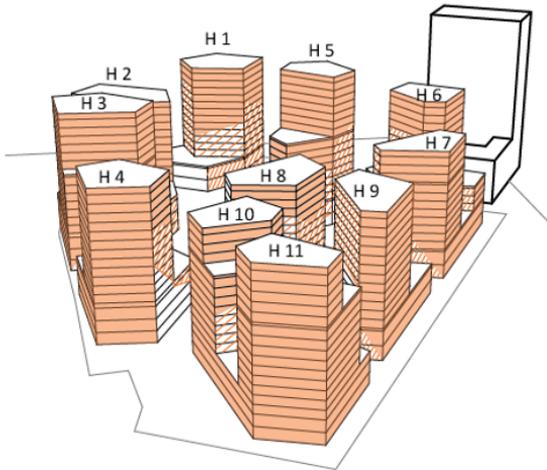
Den Ausgangspunkt bildete eine eingehende Analyse der Eignung der unterschiedlichen Dach- und Fassadenflächen für eine Nutzung der Sonnenenergie. Als Ergebnis einer Schattenstudie wurden im ersten Schritt die Dachgärten der Sockel aufgrund ihrer Verschattung für eine PV-Nutzung ausgeschlossen, während sich die Mehrzahl der Horizont-Dächer sowie alle obersten Landschaftsdächer als sehr gut geeignet herausstellten.

Im nächsten Schritt wurden alle Fassadenflächen identifiziert, die eine Solarstrahlung von mehr als 400 kWh/m² aufweisen, was unsererseits als Grenzwert für eine wirtschaftliche Belegung mit

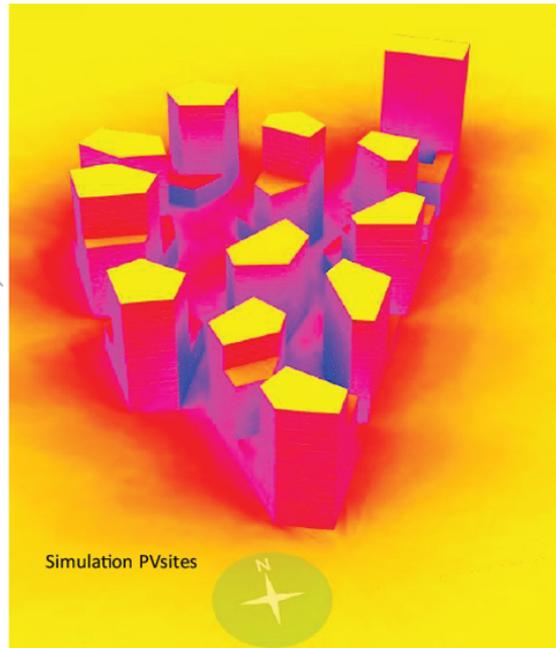
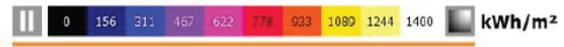
Fassaden-PV Elementen definiert wurde. Flächen mit jährlicher Solarstrahlung von mehr als 600 kWh/m² wurden als besonders gut geeignete Flächen zusätzlich ausgewiesen.

Abbildung 72: Analyse der Jährlichen Solarstrahlung auf den Fassaden als Entscheidungsgrundlage für die PV-Nutzung. Süd- und Nordansicht. Grafik: AEE-INTEC.

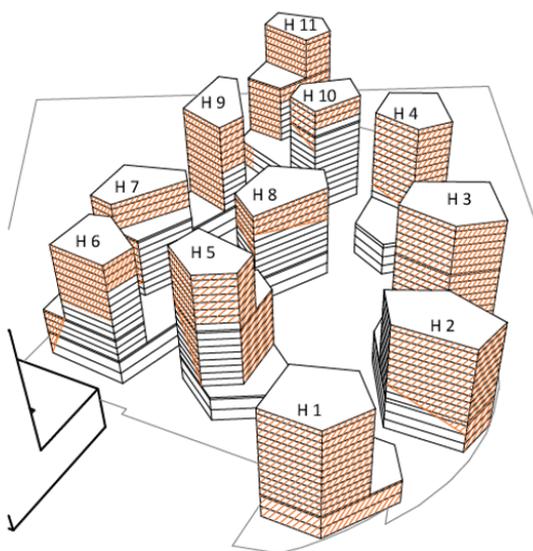
-  jährliche Solarstrahlung $\geq 600 \text{ kWh/m}^2$
-  jährliche Solarstrahlung 400-600 kWh/m²



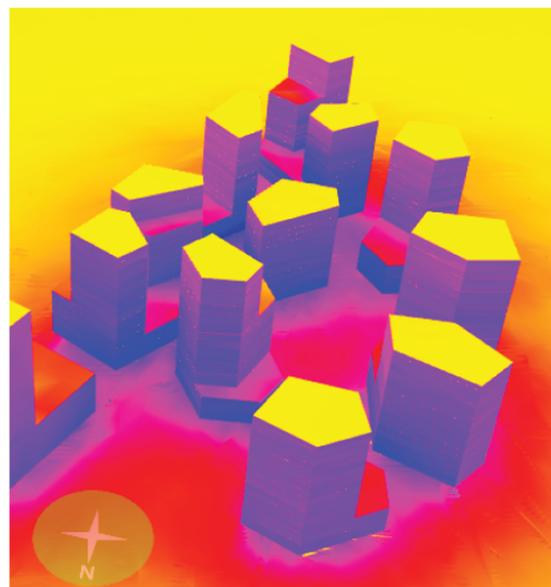
Übersicht - Perspektive von Süden



-  jährliche Solarstrahlung $\geq 600 \text{ kWh/m}^2$
-  jährliche Solarstrahlung 400-600 kWh/m²



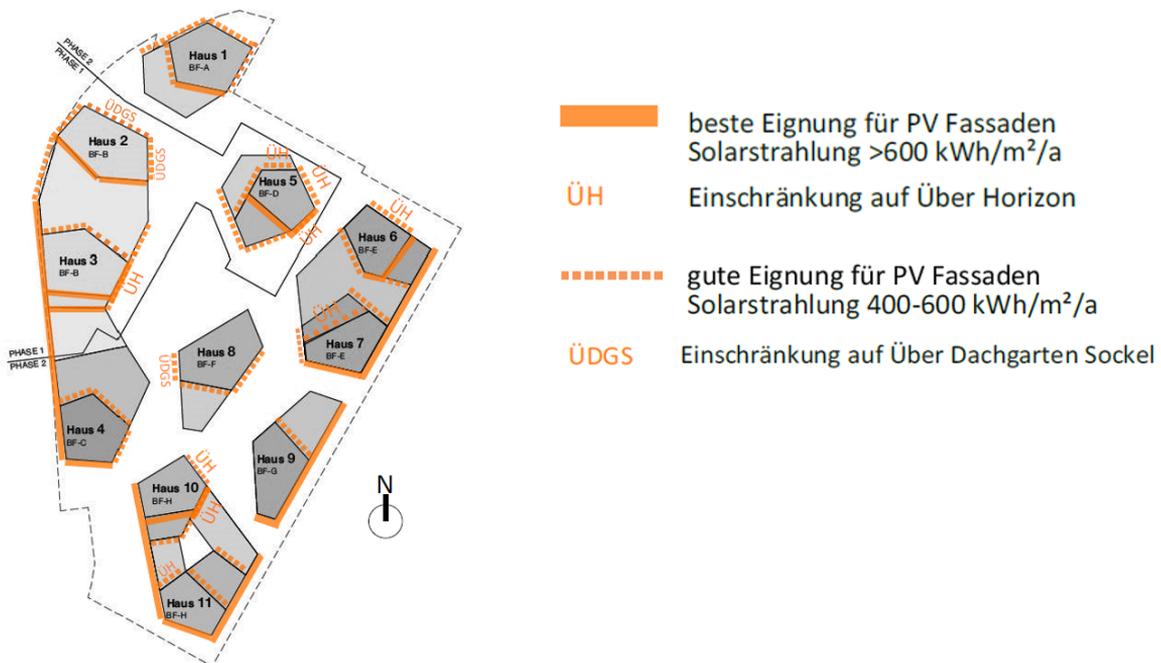
Übersicht - Perspektive von Norden



Simulation PVsites

Auf Basis dieser Untersuchungen wurde folgende Übersichtskarte für die PV-Potentiale erstellt:

Abbildung 73: Grundriss mit genauer Identifizierung der für PV geeigneten Fassaden. Grafik: AEE-INTEC.



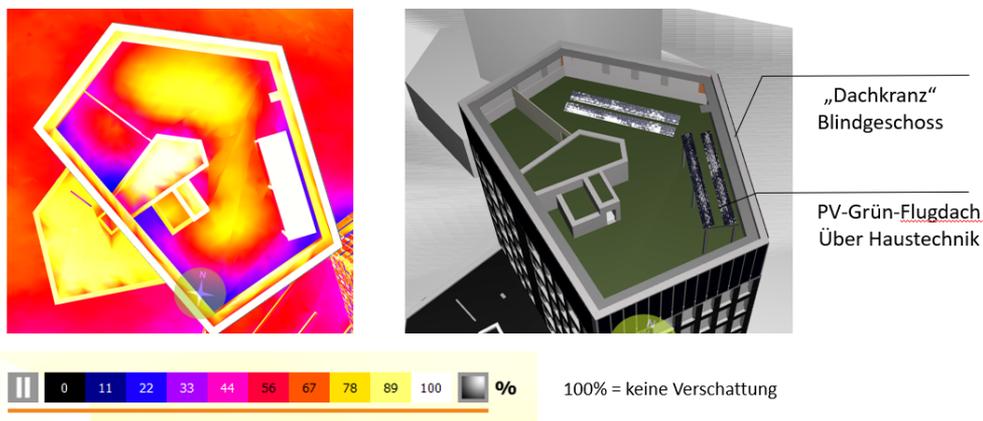
Im Rahmen der Untersuchungen bestätigte sich, dass durch die polygonale Geometrie der Baukörper generell eine sehr gute Versorgung der Fassaden mit Sonnenstrahlung gegeben ist, was die Anzahl der ungeeigneten Fassadenseiten klein hält und sich naturgemäß auch positiv auf die Belichtungssituation und solare Wärmegewinne in den Räumen auswirkt.

Nach Abschluss der Solarstrahlungsanalyse wurden **Ertragssimulationen** für verschiedene Konfigurationen an Fassaden-PV Belegung am **Beispiel von Haus 5 durchgeführt**. Für die Berechnung des Deckungsanteiles durch Eigenproduktion an Strom wurde 100% Eigennutzung und ein Strombedarf von 578,3 MWh jährlich für Haus 5 angenommen (Bedarf lt. Benchmarkwerten für die vorgesehenen Nutzungen ohne Berücksichtigung eines ev. Strombedarfs für die Wärmebereitstellung durch z.B. Wärmepumpen).

PV am Dach:

Für die mögliche PV-Nutzung des Daches kommen die Flugdächer über den haustechnischen Einrichtungen und die nicht durch den „Dachkranz“ verschatteten Dachbereiche in Frage. Die parallele Aufstellung der Module im 20 Grad Winkel ist vom Standpunkt der einfachen Pflege des darunterliegenden Gründaches und sehr guter Strahlungsausbeute am besten geeignet. Auch auf den Flugdächern über der Haustechnik aus auf Basis der Vorschriften aus dem Bebauungsplan ein Gründach zu errichten, da ansonsten der erforderliche Gründachanteil von 80% nicht erreicht werden kann.

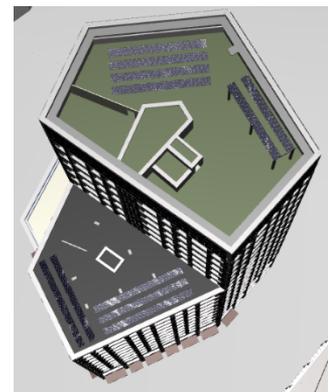
Abbildung 74: PV Belegung Landschaftsdach Haus 5 nach Schattenstudie. Grafik: AEE-INTEC.



Bezüglich der Nutzung des ideal besonnten Horizon-Daches wurden 2 Varianten berechnet. Variante 1 ist die Belegung mit herkömmlichen Dach-Modulen in 20 Grad – Reihenaufstellung, was mehr Ertrag bringt als Variante 2, jedoch in Kombination mit der intensiven Dachbegrünung eine ausreichende Aufständering und regelmäßige Pflege erfordert. Weiters wird die Nutzung des Dachgartens deutlich einschränkt.

Dächer Haus 5 Variante 1: Reihenaufstellung beide Dächer

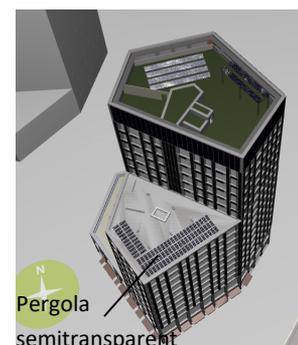
Dach	kWp	kWh/kWp	kWh/a	Deckung
Hauptdach Pergola	4,9	1009	4.872	= 0,8%
Hauptdach Ebene	11,0	893	9.854	= 1,7%
Horizon	15,5	942	14.628	= 2,5%
SUMME	31,4		34.324	= 5,9%



Die 2. Variante ist eine beispielhafte Ertragsrechnung für eine PV-Pergola, die gleichzeitig als Beschattung für den Dachgarten dient und die Nutzungsmöglichkeit des Daches damit deutlich verbessert. Mit der gewählten Variante mit 125x125mm mono-Si Modulen im Rasterabstand von 30 mm im Glasdach ergab die Simulation einen geringeren Ertrag als in Variante 1, die Ausbeute könnte aber durch entsprechend engere Positionierung der PV Zellen im Glas (aktuell ca. 45% der Glasfläche transparent) bzw. leichter Neigung der Überdachung noch verbessert werden.

Dächer Haus 5 Variante 2: Reihenaufstellung Landschaftsdach + PV Pergola am Horizontdach

Dach	kWp	kWh/kWp	kWh/a	Deckung
Hauptdach Pergola	4,9	1009	4.872	= 0,8%
Hauptdach Ebene	11,0	893	9.854	= 1,7%
Horizon PV Pergola	11,3	894	10.120	= 1,7%
SUMME	27,2		24.846	= 4,3%



Für die Ausführung von genutzten Dächern in Kombination mit PV-Überdachungen gibt es bereits fertig entwickelte technische Lösungen. Ein Planungsbeispiel für einen Bürobau zeigt die folgende Darstellung aus dem „PV-Dachgarten Planungshandbuch“, das aus dem COIN Projekt „Innovative Systemkonzepte für den Strom erzeugenden Dachgarten der Zukunft“ heraus publiziert wurde.

Abbildung 75: PV-Dachgarten Typ Bürobau, aus: "PV-Dachgarten Planungshandbuch", S.38, angegebene Bildquelle: IKI, AG Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien.



In Summe ergaben die Berechnungen aber, dass mittels reiner Dachbelegung – auch unter Einrechnung der PV-Pergola, lediglich 4,3% des Strombedarfes des Gebäudes gedeckt werden kann. Bei Hochhausgeometrien wie im vorliegenden Projekt bieten die Dächer damit nur ein sehr eingeschränktes Potential zur Deckung des Energiebedarfs und eine energetische Nutzung der Fassaden sollte jedenfalls mit in Betracht gezogen werden.

PV an der Fassade:

Für Haus 5 wurden Simulationen von unterschiedlichen Fassadenbelegungen mit Dünnschicht- und/oder monokristallinen Modulen unter Linzer Klimadaten durchgeführt wurden. Bei Variante 1 werden lediglich die Rasterfelder im „Dachkranz“ (Blindgeschoss zum Schutz und zur optischen Kaschierung der haustechnischen Anlagen am Hauptdach), sowie bereits vorgesehene Blindfelder im Fassadenraster mit monokristallinen PV-Modulen belegt. Bei Variante 2 wird das gesamte ursprünglich in Betonfertigteilen vorgesehene Fassadenraster mit Dünnschichtmodulen belegt, die in unterschiedlichen Farbausführungen berechnet wurden. Variante 3 stellt schließlich die Kombination aus Variante 2 mit einer Belegung der Dachkranzfelder mit monokristallinen Modulen dar. Die erzielbaren Erträge der einzelnen Varianten für Haus 5 können Abbildung 76 entnommen werden.

Abbildung 76: Variantenstudien PV Fassaden Haus 5 und entsprechende Erträge.

PV-Fassade VAR 1

z.B.: 3S MegaSlate II
130 x 72cm
69 Module Krone
4 Module Regelgeschoss

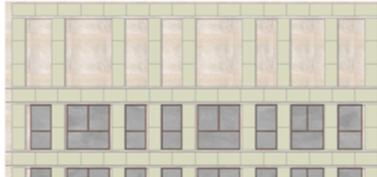
- + Schlüssige Fassadenintegration
- + Kaum Anpassung d. Fassade nötig
- Weniger Module, v.a. im Regelgeschoss



PV-Fassade VAR 2

z.B.: ISSOL
130 x 72cm
43 Module Krone
34 Module Regelgeschoss

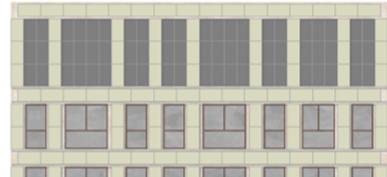
- + Wenig Anpassung d. Fassade notwendig
- farbige Elemente mit weniger Wirkungsgrad
- Übergang PV - Fassade zu Nicht-PV - Fassade



PV-Fassade VAR 3

z.B.: ISSOL
130 x 72cm
106 Module Krone (63 + 43)
34 Module Regelgeschoss

- + Höchste PV-Anzahl
- farbige Elemente mit weniger Wirkungsgrad
- Übergang PV - Fassade zu Nicht-PV - Fassade
- Anpassung Fassade & Grundriss an PV nötig



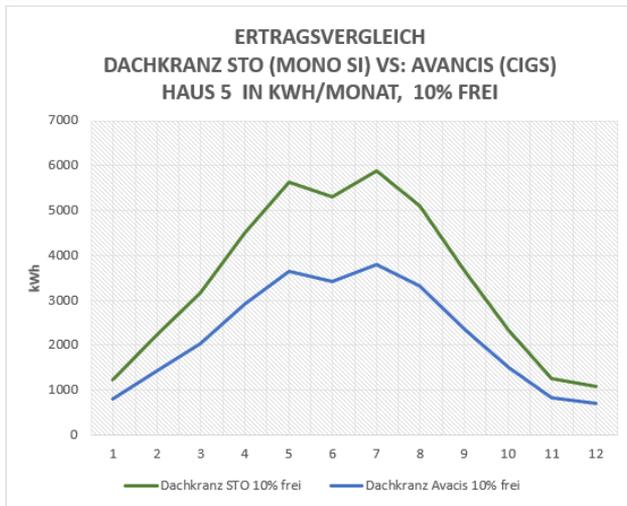
Variante	Modulart	kWh/a	kWp	Deckungsanteil *
VAR 1	MegaSlate II	55.939	107	9,7%
VAR 2	AVANCIS SKALA BLACK	126.700	259	21,9%
VAR 2	AVANCIS SKALA BRONZE	108.600	222	18,8%
VAR 2	ISSOL WHITE	85.828	175	14,5%
VAR 3	MegaSlate II + AVANCIS SKALA BRONZE	135.183	267	23,4%

Simulation Belegung alle Fassaden Hau 5 außer Sockel und Fassade Horizon NNW

* am Gesamtstrombedarf Haus 5 (ohne Heizen): 578.296 kWh/a, bei 100% Eigennutzung,

Vergleichsstudien der Erträge aus monokristallinen vs. Dünnschicht (CIGS) Modulen, ergaben unter vor-Ort Bedingungen am Beispiel Dachkranz einen Ertragsunterschied von 55%.

Abbildung 77: Ertragsvergleich einer Belegung des Dachkranzes mit monokristallinen Modulen versus Dünnschichtmodulen. Grafik: AEE-INTEC.

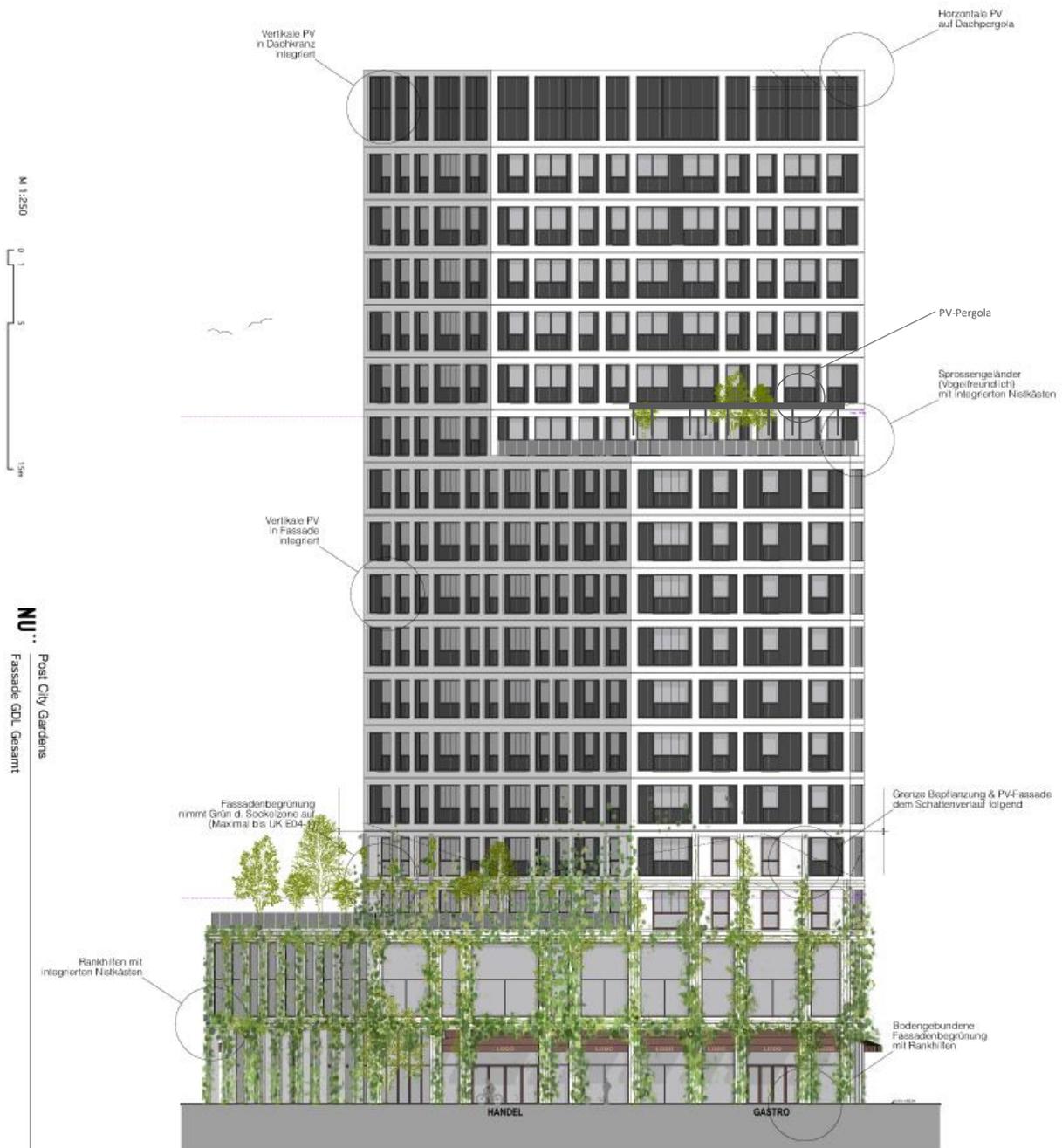


Dachkranz AVANCIS (CIGS): 26.792 kWh/a
Dachkranz STO (Mono-Si): 41.384 kWh/a

Ertragsunterschied + 55%

Auf Basis dieser Daten und auch aufgrund der niedrigeren Kosten pro kWp bei den monokristallinen Si-Modulen wurde schließlich gemeinsam mit Nussmüller Architekten ein gestalterisch ansprechender Lösungsvorschlag („Entwurfsvariante“) unter ausschließlicher Verwendung monokristalliner PV-Module erarbeitet. Dabei konnte die ursprüngliche Idee des Betonrasters als durchgehendes gestalterisches Element in den Post City Gardens erhalten werden und auch die Fassadenbegrünung wurde berücksichtigt:

Abbildung 78: „Entwurfsvariante“ PV Belegung Fassade und Dach am Beispiel Haus 5

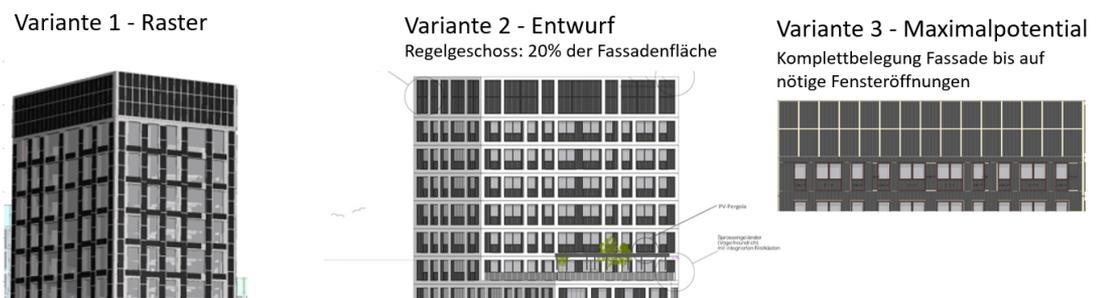


Die Entwurfsvariante besteht aus einer Kombination von Dach-Modulen als PV-Gründach auf der obersten Ebene, PV-Pergolen auf einigen der genutzten Gründächer, die gleichzeitig auch die für die Aufenthaltsqualität nötige Beschattung bereitstellen, und dem Einsatz monokristalliner Module innerhalb des Fensterrasters an der Fassade. Besonders viel Ertrag kann dabei durch die Belegung des „Dachkranzes“ (Blindgeschoss am oberen Gebäudeabschluss) gewonnen werden. Die Fassade darunter ist etwa zu 20% mit PV belegt, wobei die Module innerhalb des Betonrasters bleiben. Die mit dem Entwurf einhergehende Reduktion der transparenten Glasflächen könnte dabei einen zusätzlichen Beitrag zur Energieeinsparung bei der Kühlung leisten.

Auf Basis dieser Simulationen am Beispiel Haus 5 wurde schließlich der Ertrag auf alle für PV geeigneten Fassaden- und Dachflächen des aktuellen Planungsstandes hochgerechnet (Abbildung 79: Hochgerechneter Jahresertrag des gesamten Areals mit verschiedenen PV-Varianten Abbildung 79)

Mit der **Entwurfsvariante** kann **It. Hochrechnung in den Post City Gardens etwa 1,65 GWh pro Jahr** an elektrischer Energie erzeugt werden, was knapp einem Viertel (24,3%) des aktuell kalkulierten Strombedarfes für Lüftung, Geräte und Beleuchtung entspricht. Da die Produktion den laufenden Bedarf nie übersteigt, kann von einer 100% Eigennutzung des erzeugten Stromes ausgegangen werden. Damit ist durch den zusätzlichen Einsatz von elektrischen Speichertechnologien in dieser Konfiguration kein weiterer Mehrwert zu erwarten.

Abbildung 79: Hochgerechneter Jahresertrag des gesamten Areals mit verschiedenen PV-Varianten



Gesamter elektrischer Energiebedarf (ohne Wärmeerzeugung): 6.779.686 kWh/a

	Variante 1	Variante 2 - Entwurf	Variante 3 - Max
kWp Dächer	252 kWp	252 kWp	252 kWp
kWp Fassaden	4.051 kWp	2.549 kWp	5.103 kWp
kWh/a Dach + Fassade	2.459.397 kWh/a	1.646.911 kWh/a	2.792.901
% Deckung des Strombedarfes	36,3%	24,3%	41,2%
Stromkosteneinsparung/a (30Ct/kWh)	€ 738.000	€494.000	€ 837.000

Die Ergebnisse der Entwurfsvariante sind ähnlich des errechneten Jahresertrages von 1,66 GWh aus einer projektinternen Vorstudie. Allerdings weist die Ertragsverteilung der Studien deutliche Unterschiede auf. Während in der Vorstudie für die Dächer eine Belegung mit 822 kWp angenommen wurde, liegen hier die realen Möglichkeiten mit hochgerechnet ca. 250 kWp durch die oben beschriebenen Einschränkungen der Flächenverfügbarkeit deutlich geringer. Dafür ist der mögliche Ertrag aus den Fassaden in unserer Studie deutlich höher (2549 kWp vs. 1380 kWp bei Vorstudie), obwohl sich übereinstimmend auch bei uns eine 20% Belegung der Regelfassaden als realistisch erwiesen hat. Dies ist einerseits auf die neu eingeführten „Dachkränze“ mit hoher PV Ausbeute zurückzuführen, andererseits ist davon auszugehen, dass sich durch die detaillierten Strahlungsanalysen doch mehr Fassadenflächen für PV Nutzung als geeignet erwiesen haben als in der Vorstudie zur Berechnung herangezogen wurden.

5.5.2. Lebenszykluskostenanalyse zur Fassaden-PV

Um die Fassaden-PV Lösung wirtschaftlich darzustellen, wurde eine Lebenszykluskostenanalyse durchgeführt, bei der die Verwendung der Sto Ventec PV Inlays der Ventec Putzfassade gegenübergestellt wurde. Die Berechnungen wurden in mehreren Varianten mit unterschiedlichen Strompreisannahmen sowie unterschiedlichen Kosten für PV-Paneele und Lebensdauern für die Putzfassade erstellt. Weiters wurde die Wirtschaftlichkeit mit und ohne Förderung für die PV-Anlage errechnet. In einer weiteren Runde wurden dann auch noch CO2 Folgekosten mit einbezogen. Grundsätzlich ist zu den Ergebnissen zu sagen, dass der größte Hebel für die Wirtschaftlichkeit nicht die Investitionskosten für die PV-Anlage sind sondern die Stromkosten, die innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraumes die Investitionskosten für die Fassaden PV um ein Vielfaches übersteigen. Bei einer sehr konservativen Annahme von 35 Ct Stromkosten/kWh belaufen sich die „verbrauchsgebundenen Zahlungen“ – also die Stromkosten für Haushaltsstrom des Quartieres im Betrachtungszeitraum auf 61 Mio. Euro, während durch die PV-Fassade 14,6 Mio. Euro davon eingespart werden. Diese Summe übersteigt die Kosten für die Fassaden-PV Anlage, auch wenn Verkabelung und Wechselrichter mit hineingenommen und ein kompletter Ersatz der Paneele nach 25 Jahren und der Wechselrichter alle 15 Jahre mitkalkuliert wird. Da davon auszugehen ist, dass Paneele in 25 Jahren noch deutlich mehr Strom produzieren und dabei billiger werden als heute, wird die Wirtschaftlichkeit in Wahrheit noch besser sein als vorberechnet. Der einzige fragliche Punkt ist, ob die Strompreise auch deutlich fallen werden, was wieder einen negativen Effekt auf die Wirtschaftlichkeit hätte. Das ist aus aktueller Sicht nicht seriös vorauszusagen.

Ausgangsparameter für die Berechnungen:

- Betrachtungszeitraum 50 Jahre
- Erstinvestition 100% Kreditfinanzierung
- Kreditlaufzeit 20 Jahre, Zinssatz 3%
- Bezahlung der notwendigen Ersatzinvestitionen eigenfinanziert, keine zusätzlichen Kredite
- Inflation 3%

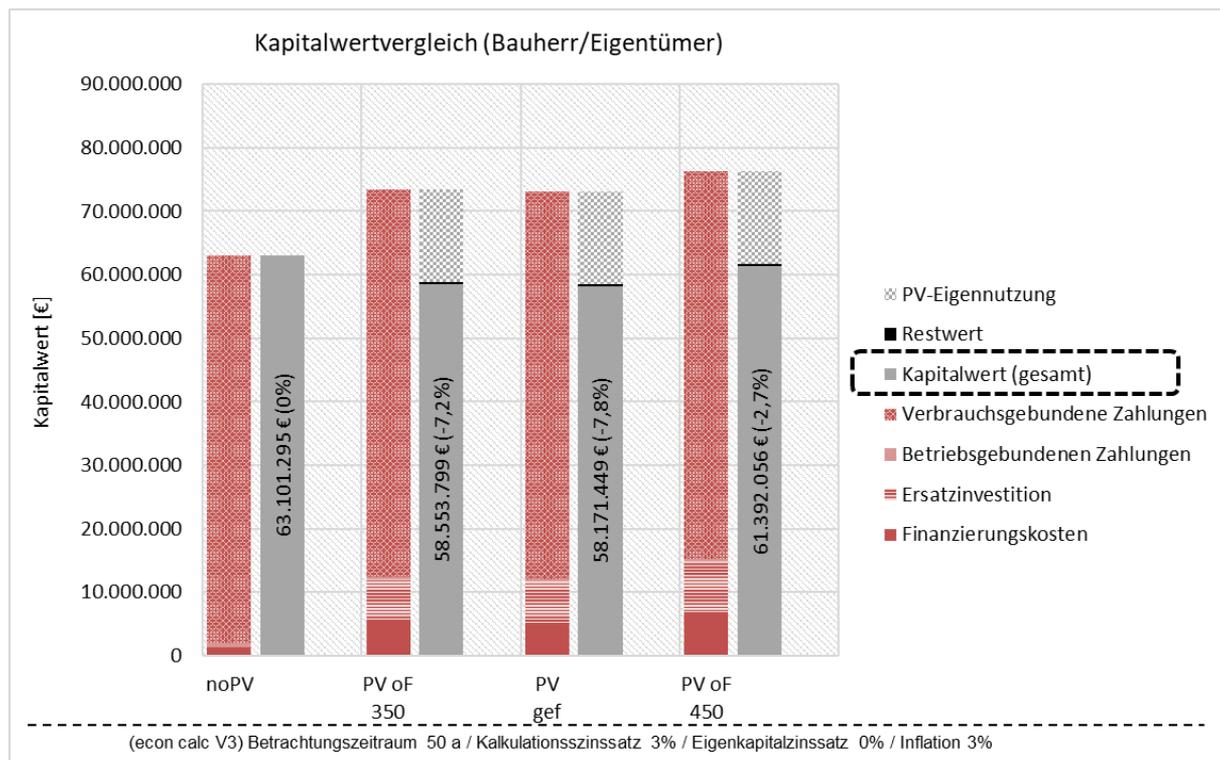
Folgende Investkosten für die Komponenten wurden im ersten Durchgang „worst case“ angesetzt:

Varianten „worst case“	No PV	PV oF 350	PV gef	PV oF 450
Putzpaneele Kosten (ohne UK + Dämmung)	100 €/m ²			
PV Paneele Kosten (ohne UK+Dämmung)	-	350€/m ²	350€/m ²	450€/m ²
Verkabelung Kosten	-	50 €/ kWp	50 €/kWp	50 €/kWp
Wechselrichter Kosten	-	220€/kWp	220€/kWp	220€/kWp
PV Förderung	-	-	150€/kWp	-

Lebensdauern/ Wartung / Instandhaltung im „worst case“

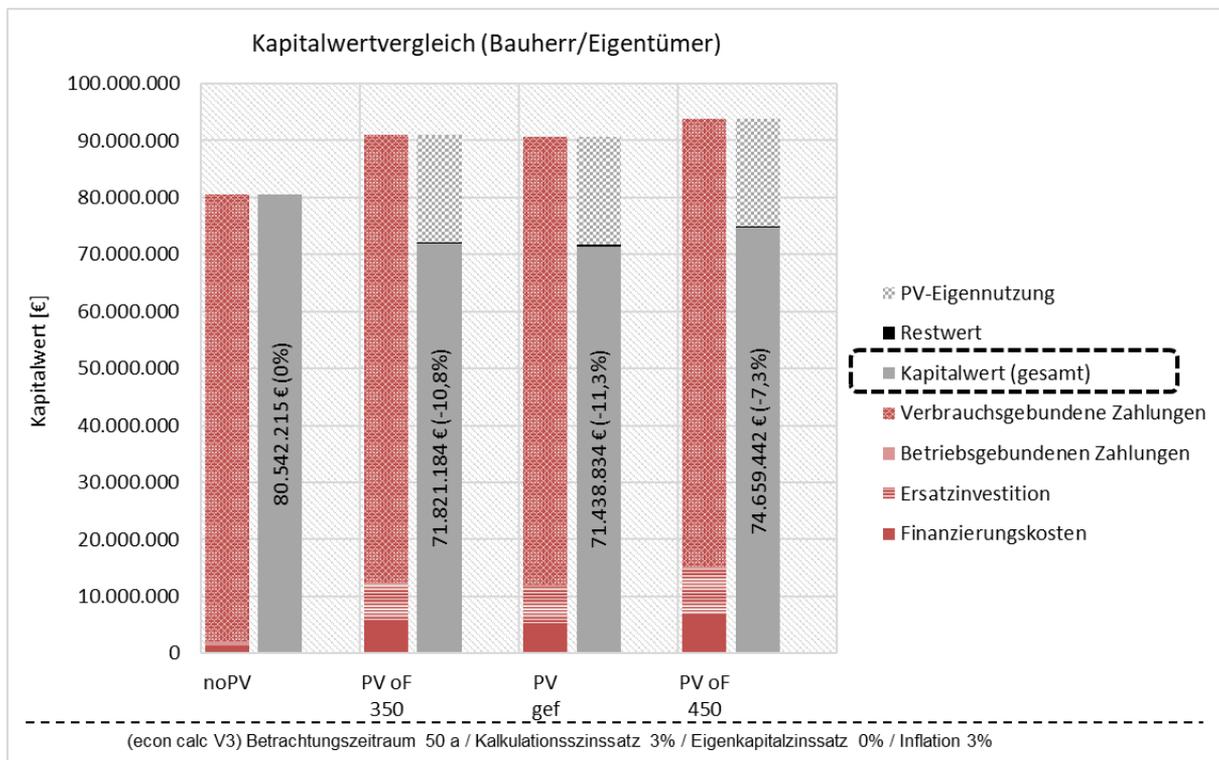
Komponenten „worst case“	Lebensdauer (a)	% Wartung/a*	* Prozentsatz der Investitionskosten, der pro Jahr als Wartungs- und Instandhaltungskosten anfällt.
Putzpaneele	30	0,5 %	
PV Paneele	30	0,1%	
Verkabelung	50	-	
Wechselrichter	20	0,5%	

Ergebnisse 1: 35 Ct/kWh Stromkosten, ohne CO₂-Folgekosten, Investkosten „worst case“



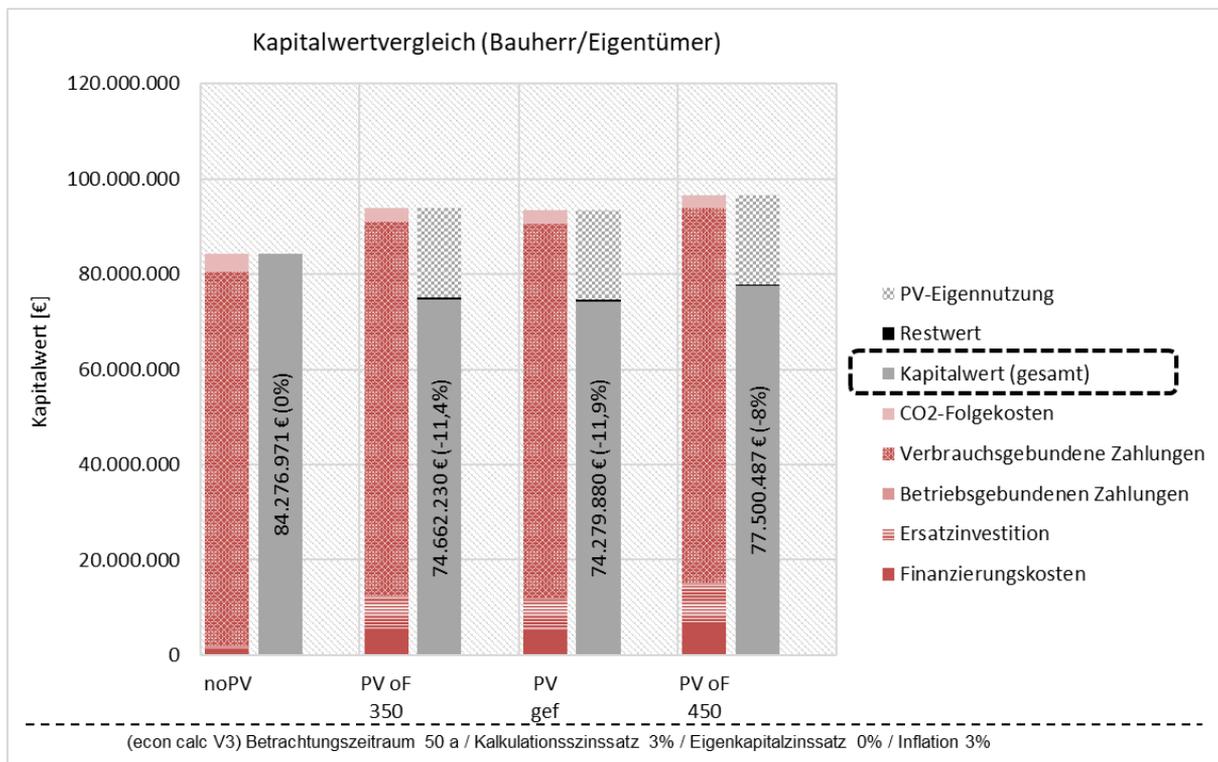
	Referenz noPV	PV oF 350	PV gef	PV oF 450
Finanzierungskosten	€ 1.385.500	€ 5.537.435	€ 5.155.085	€ 6.922.935
Ersatzinvestition		€ 6.531.479	€ 6.531.479	€ 7.916.979
Restwerte		-€ 322.468	-€ 322.468	-€ 322.468
Instandsetzungskosten				
Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 672.573	€ 371.503	€ 371.503	€ 438.760
Verbrauchsgebundenen Zahlungen	€ 61.043.222	€ 61.043.222	€ 61.043.222	€ 61.043.222
PV-Eigennutzung		-€ 14.607.372	-€ 14.607.372	-€ 14.607.372
PV-Einspeisung				
Verkaufserlösschmälerungen				
CO ₂ -Folgekosten				
Kapitalwert (gesamt)	€ 63.101.295	€ 58.553.799	€ 58.171.449	€ 61.392.056
Differenz zur Referenzvariante		-€ 4.547.496	-€ 4.929.846	-€ 1.709.239
		-7,2%	-7,8%	-2,7%

Ergebnisse 2: 45 Ct/kWh Stromkosten brutto, ohne CO₂-Folgekosten, Investkosten „worst case“



	Referenz noPV	PV oF 350	PV gef	PV oF 450
Finanzierungskosten	€ 1.385.500	€ 5.537.435	€ 5.155.085	€ 6.922.935
Ersatzinvestition		€ 6.531.479	€ 6.531.479	€ 7.916.979
Restwerte		-€ 322.468	-€ 322.468	-€ 322.468
Instandsetzungskosten				
Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 672.573	€ 371.503	€ 371.503	€ 438.760
Verbrauchsgebundenen Zahlungen	€ 78.484.142	€ 78.484.142	€ 78.484.142	€ 78.484.142
PV-Eigennutzung		-€ 18.780.907	-€ 18.780.907	-€ 18.780.907
PV-Einspeisung				
Verkaufserlöschmälerungen				
CO ₂ -Folgekosten				
Kapitalwert (gesamt)	€ 80.542.215	€ 71.821.184	€ 71.438.834	€ 74.659.442
Differenz zur Referenzvariante		-€ 8.721.031	-€ 9.103.381	-€ 5.882.774
		-10,8%	-11,3%	-7,3%

Ergebnisse 3: 45 Ct/kWh Stromkosten brutto, 50€/t*a CO₂-Folgekosten, Investkosten „worst case“



	Referenz noPV	PV oF 350	PV gef	PV oF 450
Finanzierungskosten	€ 1.385.500	€ 5.537.435	€ 5.155.085	€ 6.922.935
Ersatzinvestition		€ 6.531.479	€ 6.531.479	€ 7.916.979
Restwerte		-€ 322.468	-€ 322.468	-€ 322.468
Instandsetzungskosten				
Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 672.573	€ 371.503	€ 371.503	€ 438.760
Verbrauchsgebundenen Zahlungen	€ 78.484.142	€ 78.484.142	€ 78.484.142	€ 78.484.142
PV-Eigennutzung		-€ 18.780.907	-€ 18.780.907	-€ 18.780.907
PV-Einspeisung				
Verkaufserlösschmälerungen				
CO ₂ -Folgekosten	€ 3.734.756	€ 2.841.045	€ 2.841.045	€ 2.841.045
Kapitalwert (gesamt)	€ 84.276.971	€ 74.662.230	€ 74.279.880	€ 77.500.487
Differenz zur Referenzvariante		-€ 9.614.741	-€ 9.997.091	-€ 6.776.484
		-11,4%	-11,9%	-8,0%

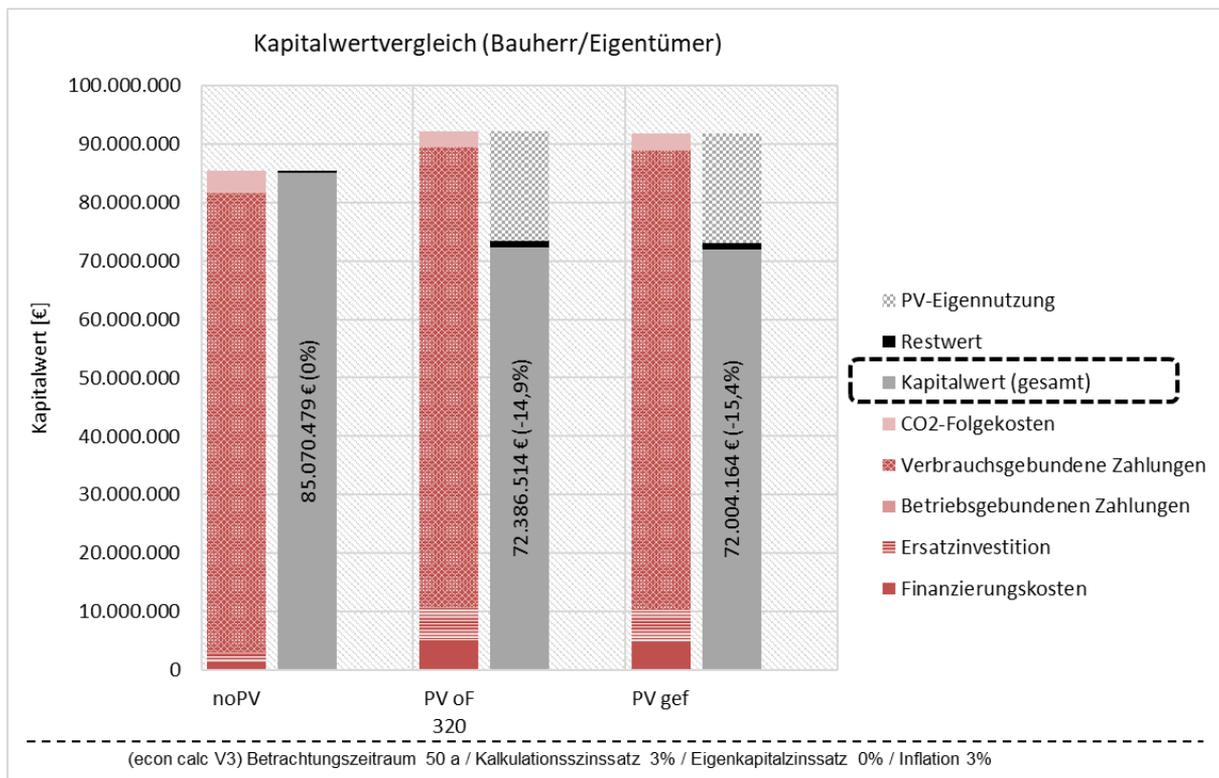
Folgende Investkosten für die Komponenten wurden im zweiten Durchgang „best case“ angesetzt:

Variante „best case“	No PV	PV oF 320	PV gef
Putzpaneele Kosten (ohne UK + Dämmung)	100 €/m ²		
PV Paneele Kosten (ohne UK+Dämmung)	-	320€/m ²	320€/m ²
Verkabelung Kosten	-	45 €/ kWp	45 €/kWp
Wechselrichter Kosten	-	200€/kWp	200€/kWp
PV Förderung	-	-	170€/kWp

Lebensdauern/ Wartung / Instandhaltung im „best case“

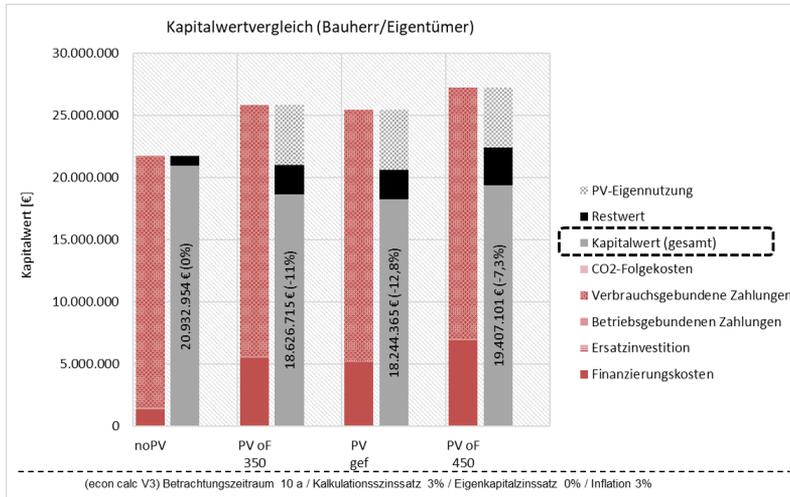
Komponenten „best case“	Lebensdauer (a)	% Wartung/a*	* Prozentsatz der Investitionskosten, der pro Jahr als Wartungs- und Instandhaltungskosten anfällt.
Putzpaneele	30	0,5 %	
PV Paneele	30	0,1%	
Verkabelung	50	-	
Wechselrichter	20	0,5%	

Ergebnisse 4: 45 Ct/kWh Stromkosten brutto, 50€/t*a CO₂-Folgekosten, Investkosten „best case“

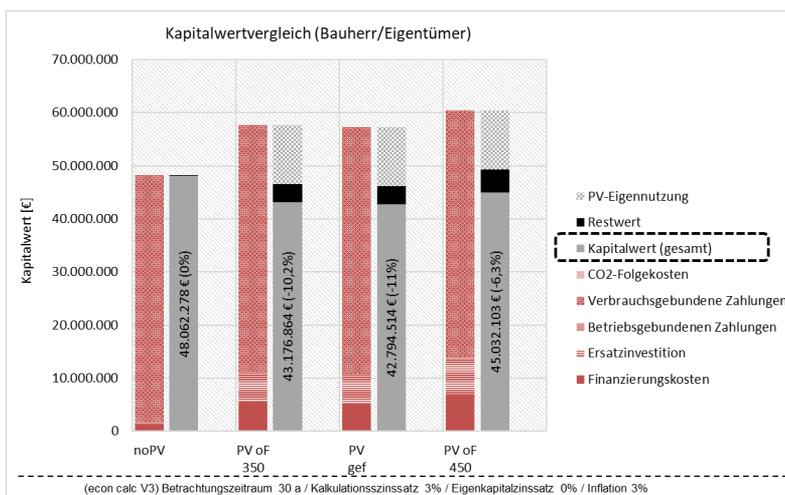


	Referenz noPV	PV oF 320	PV gef	Variante
Finanzierungskosten	€ 1.385.500	€ 5.058.064	€ 4.675.714	
Ersatzinvestition	€ 1.385.500	€ 5.453.133	€ 5.453.133	
Restwerte	-€ 255.706	-€ 1.007.916	-€ 1.007.916	
Instandsetzungskosten				
Betriebsgebundenen Zahlungen	€ 336.286	€ 338.953	€ 338.953	
Verbrauchsgebundenen Zahlungen	€ 78.484.142	€ 78.484.142	€ 78.484.142	
PV-Eigennutzung		-€ 18.780.907	-€ 18.780.907	
PV-Einspeisung				
Verkaufserlöschmälerungen				
CO ₂ -Folgekosten	€ 3.734.756	€ 2.841.045	€ 2.841.045	
Kapitalwert (gesamt)	€ 85.070.479	€ 72.386.514	€ 72.004.164	
Differenz zur Referenzvariante		-€ 12.683.964	-€ 13.066.314	-€ 85.070.479
		-14,9%	-15,4%	-100,0%

Die Investition in eine Fassaden PV Anlage ist somit auf jeden Fall wirtschaftlich darstellbar, **auch bei kürzeren Betrachtungszeiten**. Wie der folgende Vergleich des schlechtesten Szenarios mit 10 und 30 Jahren Betrachtungszeitraum zeigt (50 Jahre siehe Ergebnisse 1), werden die Ergebnisse nach der Kapitalwertmethode sogar besser, je kürzer der Betrachtungszeitraum.



Werte aus Ergebnisse 1
(siehe oben)
Betrachtungszeitraum 10 a

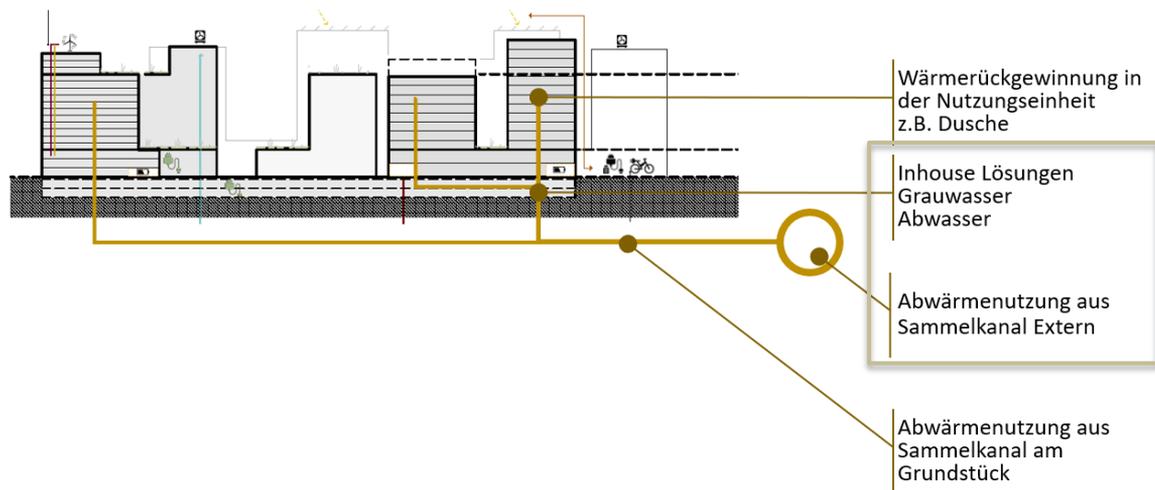


Werte aus Ergebnisse 1
(siehe oben)
Betrachtungszeitraum 30 a

5.5.3. Wärme aus Abwasser

Die Abwasserwärmerückgewinnung wird bereits offiziell von der EU (Richtlinie (EU) 2018/2001) als erneuerbare Energiequelle eingestuft. Eine thermische Nutzung von Abwässern in den Post City Gardens ist auf mehreren Ebenen möglich, vom Einbau eines Wärmetauschers in Duschwannen über inhouse-Lösungen zur Wärmerückgewinnung aus Grau- oder Abwasser, bis hin zu Wärmetauschern in Sammelkanälen am Grundstück und aus dem neu geplanten Sammelkanal entlang der Waldeggstraße. Einen Überblick über die möglichen Wärmegewinnungspunkte gibt Abbildung 80 Mögliche Angriffspunkte für Abwasser-Abwärmenutzung. Grafik: M.Majcen.

Abbildung 80 Mögliche Angriffspunkte für Abwasser-Abwärmenutzung. Grafik: M.Majcen



Von den untersuchten Möglichkeiten wurden in den Post City Gardens die Grauwassernutzung in Wohnhäusern und die Abwärmenutzung aus dem externen Sammelkanal als geeignetste mögliche Maßnahmen identifiziert.

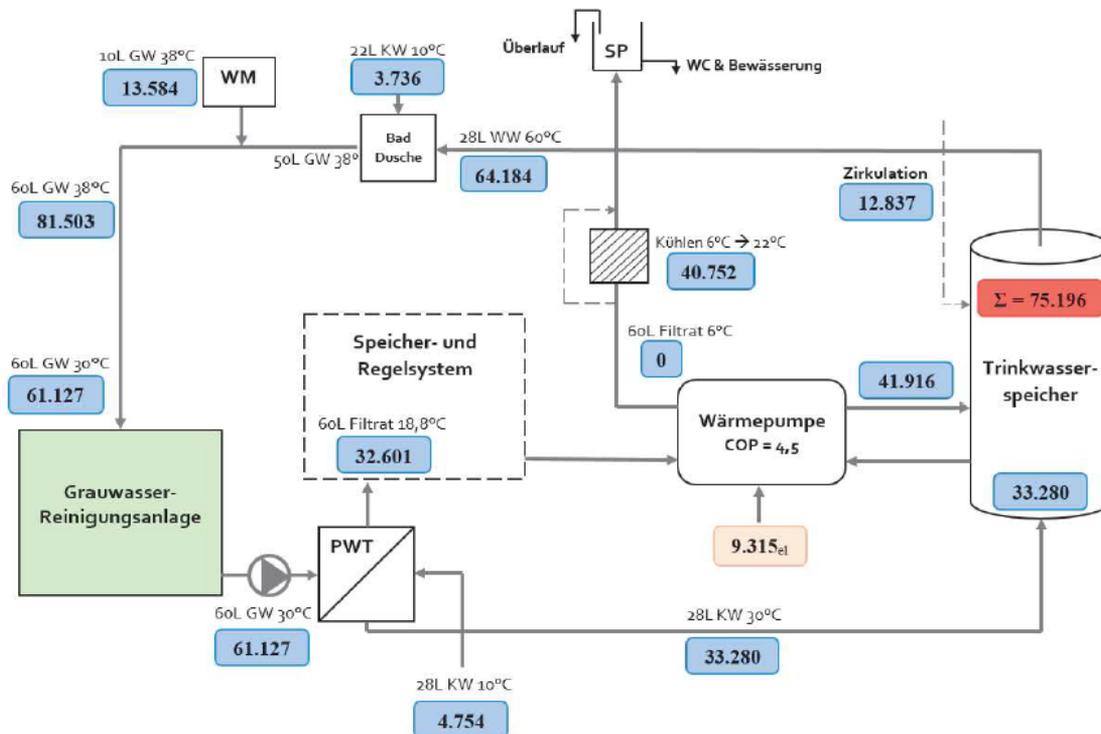
Lokale Wärmerückgewinnung in Duschen (Hotel- und Wohnnutzung)

Es werden bereits einfache, unter der Duschwanne eingebaute Wärmetauscher angeboten, über die der Kaltwasserzulauf geführt wird. Damit ist deutlich weniger Warmwasserbeimischung nötig, um die gewünschte Temperatur zu erreichen. Lt. Herstellerangaben können damit (je nach Produktbeschreibung) etwa 30%-50% der thermischen Energie beim Duschen eingespart werden. Die Amortisationszeit wird durch die geringen Investitionskosten lediglich mit 2-3 Jahren angegeben. Diese Systeme haben sich am Markt noch nicht voll etabliert, könnten aber vor allem in der Hotel- und Wohnnutzung einen Beitrag zur Wärmeeinsparung leisten.

Grauwasseraufbereitung mit Wärmerückgewinnung und Wassernutzung (Wohnen)

Eine Grauwasseraufbereitungsanlage ist in Wohnhäusern ab etwa 100 Bewohnern wirtschaftlich installierbar. Die entsprechenden Investitions- und Betriebskosten sowie Einsparungspotentiale wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Strebelwerke für die Wohnhäuser 5,9,10 und 11 errechnet. Die Grauwassermenge aus Duschen, Waschmaschinen, Geschirrspülern und Waschbecken beträgt etwa 60 Liter pro Bewohner:in und wird mit einer mittleren Temperatur von 30 Grad (Schwankungen im Tagesverlauf zwischen 20 und 40 Grad) in eine Reinigungsanlage geführt. Nach der Aufbereitung mittels mechanischer und biologischer Reinigung sowie Mikrofiltration passiert es einen Wärmetauscher, über den Kaltwasser vorgewärmt wird. Danach wird das Grauwasser, das jetzt etwa 18 Grad hat, als Wärmequelle für eine Wärmepumpe verwendet und kann schließlich mit verbleibenden 6 Grad noch zur Gebäudekühlung über Bauteilaktivierung eingesetzt werden. Das Wasser selbst wird in den Berechnungen zum Betrieb der WC-Spülungen und ev. Bewässerung noch einmal genutzt und damit Trinkwasser eingespart. Der Platzbedarf für ein solches System incl. Speichern wird mit 30-40 m² pro Wohnhaus veranschlagt.

Abbildung 81: Energieflussdiagramm des Strebelwerke Grauwasser-Verfahrens für 100 Personen. Grafik: Präsentation Fa. Strebelwerke)



Das vorliegende Schema schätzen wir in einigen Punkte etwas zu optimistisch ein, insbesondere was die durchschnittlich verfügbare Grauwassertemperatur und die nicht angegebenen Wärmeverluste beim Passieren der Aufbereitungsanlage betrifft. In die Berechnungen der Kapitalrücklaufzeit sind folgende Parameter eingegangen:

- Einsparung an Wärme auf Basis Fernwärme mit 14ct/ kWh
- Einsparung Trinkwasser mit 4 Euro/m³
- Einsparung Kälte als Einsparung Strombedarf für Kühlung mit 30ct / kWh
- Einsparung Fernwärme-Anlage für WW-Bereitung: 15.000 Euro/Haus
- Strombedarf für Wärmepumpe und Anlagenbetrieb: 30 ct/kWh
- Anlagenwartung 1x pro Jahr mit 3.600 Euro pro Haus

Nicht enthalten sind:

- Kosten für doppelte Leitungsführung für die Grauwassernutzung
- Zinsen etc.

Abbildung 82 Berechnung der Energieeinsparungen, Kosten und Kapitalrücklaufzeit für Grauwasseranlagen.

JAHRESERGEBNIS							
	Einsparungen			Einsparungen			
	Wärme kWh	Wasser m ³	Kälte kWh _{el}	Wärme €	Wasse €	Kälte€	
HAUS 5	221.029	6.242	14.618	30.944 €	25.218 €	4.355 €	
HAUS 9	196.212	5.541	12.888	27.470 €	22.386 €	3.866 €	
HAUS 10+SOCKEL	225.682	6.373	14.824	31.595 €	25.747 €	4.447 €	
HAUS 11	241.968	6.833	15.893	33.876 €	27.605 €	4.768 €	SUMME
SUMME	884.891	24.989	58.223	123.885 €	100.956 €	17.436 €	242.277 €
Zusatzbedarf							
	Zusatzbedarf		Kosten				
	Strom WP kWh _{el}	Strom Anlage kWh _{el}	Strom WP €	Strom Anlage €	Wartung 1x/a €		
HAUS 5	33.268	4.990	-9.980 €	-1.497 €	-3.600 €		
HAUS 9	29.533	4.430	-8.860 €	-1.329 €	-3.600 €		
HAUS 10+SOCKEL	33.968	5.095	-10.190 €	-1.529 €	-3.600 €		
HAUS 11	36.420	5.463	-10.926 €	-1.639 €	-3.600 €		SUMME
SUMME	133.189	19.978	-39.956 €	-5.994 €	-14.400 €		-60.350 €
SUMME JAHRESERGEBNIS							181.927 €
IINVESTITIONEN							
	Aufbereitungsanlage	Einsparung WWbereitung durch FW					
HAUS 5	330.000 €	-15.000 €					
HAUS 9	312.000 €	-15.000 €					
HAUS 10+SOCKEL	335.000 €	-15.000 €					
HAUS 11	347.000 €	-15.000 €					
SUMME	1.324.000 €	-60.000 €		SUMME INVESTITION 1.264.000 €			
Kapitalrücklauf rechnerisch 1.264.000/181.927							6,9Jahre

Da die Systemannahmen wie bereits erwähnt etwas optimistisch sind wurden die erzielbaren Wärmeeinsparungen für die Quartiersenergiebilanzen in Kap. 5.5.6 um 10% von 885 Megawattstunden auf 796 MWh reduziert.

Inhouse-Lösungen für Grauwasserwärmenutzung ohne Wassernutzung (Hotels, Wohnen)

Bei Nutzungen mit hohem Grauwasseraufkommen ist die direkte Wärmerückgewinnung aus Grauwasser innerhalb der Betriebseinheit eine sinnvolle Einsparungslösung. Typische Einsatzbereiche dafür sind Großküchen, Bäder/Wellnessbereiche oder Wäschereien, womit sich solche Anlagen in den Post City Gardens vor allem für den Hotelbetrieb Haus 2 empfehlen. Es stehen technische Lösungen mit selbstreinigenden Wärmetauschern mit oder ohne Wärmepumpen zur Verfügung deren Amortisation innerhalb von 4-6 erwartbar ist. Die nötige Grauwassermengen von mind. 10m³ täglich für eine wirtschaftliche Nutzung würden in den Wohnhäusern 5,9, 10 und 11 und im Hotel Haus 2 jedenfalls erreicht. Voraussetzung ist hier eine getrennte Sammlung von Grau- und Schwarzwasser. Aus energetischer Sicht ist bei den erwähnten Häusern eine eingehendere Prüfung der räumlichen und haustechnischen Umsetzungsmöglichkeiten einer solchen Anlage zur Wärmerückgewinnung jedenfalls empfehlenswert. In den Bürogebäuden ist die anfallende Grauwassermenge zu gering für den sinnvollen Einsatz einer inhouse Wärmerückgewinnungsanlage.

Abwassernutzung aus Sammelkanälen

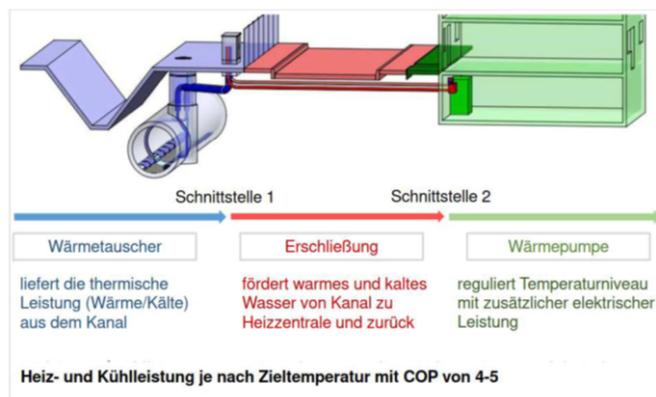
Das Prinzip der Kanal-Abwärmenutzung beruht darauf, dass über einen Wärmetauscher Kanalwärme auf ein kaltes Transportmedium (Wasser oder Sole) übertragen wird und anschließend über eine Wärmepumpe zur Raumheizung und/oder Warmwasserbereitung genutzt wird. Auch die Direktnutzung ohne Wärmepumpe ist möglich, denkbar wäre zum Beispiel eine Einspeisung als Wärmequelle ins Anergienetz, die Nutzung zur Regeneration von Erdwärmesondenfeldern im Sommer oder eine sommerliche Verwendung der Kanaltemperaturen von max. 20 Grad zur Gebäudekühlung mittels Free Cooling. Durchschnittliche Kanaltemperaturen liegen (am Beispiel Wien) bei 16 ° Celsius und schwanken zwischen min. 11 Grad im Winter und 20 Grad im Sommer.

Damit liegen sie über der mittleren ungestörten Untergrundtemperatur im Erdreich, die am Standort mittels TRT-Test mit 12,6 °C ermittelt wurde. Voraussetzungen für die Abwärmenutzung aus Sammelkanälen sind Durchflussmengen von mind. 10l/s (Tagesmittel bei Trockenwetter). Das Abwasser wird durch die Nutzung um 0,5-1,5 Grad abgekühlt und die Zustimmung des Kanalbetreibers ist erforderlich.

In Neubauprojekten ist die Mitverlegung von Wärmetauschern beim Kanalbau problemlos möglich und kann bereits ab 400 mm Kanaldurchmesser durch vorgefertigte Elemente realisiert werden. Bei bestehenden Kanälen ist dafür ein Mindestdurchmesser von 800mm erforderlich.

Abbildung 83: Systemskizze der Abwärmenutzung mit Wärmepumpe und mögliche bauliche Lösungen für Wärmetauscher in Kanalrohren. Abb nach Darstellungen von Fa. Rabmer.

Systemskizze



Built – in Lösung Neubau



Begehbare Rinnenwärmetauscher



Kanalrohr - Außenseite

Die eingehendere Untersuchung der Potentiale in den Post City Gardens in Zusammenarbeit mit der auf solche Lösungen spezialisierten Firma rabmer ergab jedoch, dass in Übereinstimmung mit dem technischen Vorentwurfskonzept die energetische Nutzung von Abwasser direkt aus dem Aufkommen aus den geplanten Objekten in der PostCity OHNE den kommunalen Sammler nicht ausreichend für eine wirtschaftliche Nutzung Heizung/Kühlung ist. Nach Benchmark-Berechnungen über die geplanten Nutzungen und Flächen werden in den Post City Gardens durch die überwiegende Büro- und Gewerbenutzung die minimal mindestens notwendigen 10l/s kontinuierlicher Trockenwetterabfluss nicht erreicht.

Der bei der Post City ist im Rahmen des Straßenbauprojektes Waldeggstraße in unmittelbarer Nähe geplante Neubau des Füchselbachkanals birgt aus unserer Sicht ebenfalls große Chancen zur erneuerbaren Energiegewinnung. Eine Vorabschätzung von rabmer ergab, dass die Kapazität des derzeitigen kommunalen Abwassersammlers Füchselbachkanal auf Grund des Einzugsgebietes über ein relativ hohes energetisches Potenzial für Heizung/Kühlung verfügt. Für die konkrete Festlegung sind jedoch entsprechende Messungen der Tagesganglinien für Temperatur, Durchfluss, Füllstand etc. notwendig. Da der derzeitige Kanal relativ weit von der Kläranlage entfernt ist, kann – ohne die Kenntnis der künftig notwendigen konkreten Messungen - von einem möglichen Potenzial für Heizung von min. 2-3 MW und einer Kühlleistung von 3-5 MW ausgegangen werden.

Im Falle des geplanten Neubaus des Hauptsammlers seitens Asfinag wären zur thermischen Energiegewinnung zwei Lösungen möglich. Wärmetauscher könnten entweder direkt im neuen Kanal mitverbaut werden oder es wird ein Bypass zum Kanal errichtet und die Wärmetauscher würden außerhalb des Kanals in direkter Nähe der Energiezentrale positioniert werden.

Als Beispiel kann dabei die Anlage des Neuen Quartiers VIO Plaza in Wien dienen, die Kanalabwärme aus dem benachbarten Wiental-Sammelkanal zur Heizung und Kühlung nutzt. Das Projekt wurde als eines von mehreren Umsetzungsprojekten im Rahmen des Vorzeigeregion Energie Leitprojekts „ThermaFLEX“ des Klima- und Energiefonds forschungsseitig von der AEE INTEC begleitet. In diesem Projekt werden 1,2 MW Heizung und bis zu 6 MW Kühlung aus dem Kanal generiert. Die Spitzenabdeckung der Heizung erfolgt mittels Fernwärme.

Die zweite Möglichkeit – die Errichtung eines Kanalbypasses mit Ausleitung Abwasser aus dem neuen Kanal, energetischer Nutzung in der Energiezentrale oder im Anergienetz und Rückleitung in Hauptsammler sehen wir aktuell aufgrund des baulichen Aufwandes und Platzbedarfs eher untergeordnet.

Die größten Herausforderungen bei der – ökologisch sinnvollen – Nutzung der Abwärme aus dem kommunalen Sammelkanal sind aber nicht technischer sondern rechtlicher und organisatorischer Natur. Da aktuell ausschließlich staatsnahe Unternehmen und die Stadt Linz beteiligt wären (Post AG, Asfinag, LINZ AG) würden wir aber jedenfalls weitere Gespräche mit den Stakeholdern über eine mögliche Realisierung und Nutzungsmodelle empfehlen. Linz soll in Zukunft ja auch zu den Klima-Pionierstädten in Österreich zählen, die vom BMK gefördert werden. Pilotumsetzungen innovativer energietechnischer Lösungen in Quartieren sind dabei ausdrücklich Bestandteil der Förderausschreibung. Über das Förderprogramm „Energie aus Abwasser“ des Klima- und Energiefonds des BMK wäre eine Potential- und Machbarkeitsstudie aktuell ebenfalls förderbar.

Zusammenfassend empfehlen wir im ersten Schritt die haustechnische Prüfung der Wärmerückgewinnung aus getrennt gesammeltem Grauwasser direkt in den Wohnhäusern und dem Hotel ohne Wasseraufbereitung und -Nutzung um die thermische Energie hier im Kreislauf zu halten anstatt im Kanal zu „entsorgen“. Eine Anlage mit Grauwasseraufbereitung und Wassernutzung für die Spülungen könnte in einem der Gebäude als Prototyp installiert werden, da sich die Entwicklung dieser Technik noch in dem Stadium einzelner Versuchsanlagen befindet, aber für die Zukunft vielversprechend erscheint. Parallel dazu sollte die Idee der thermischen Nutzung des kommunalen Sammelkanales weiterverfolgt werden.

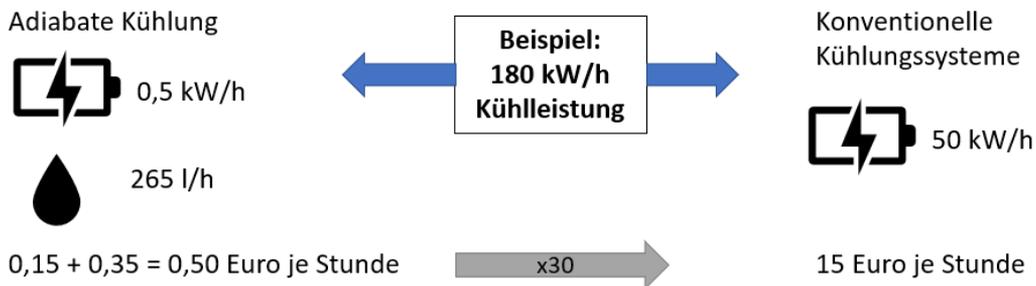
5.5.4. Adiabate Kühlung

Aktuelle Studien zum Einsatz der Verdunstungskühlleistung von Wasser für die Luftkühlung in Gebäuden lassen ein sehr hohes Energieeinsparpotential durch den Einsatz dieser Technik vermuten. Bei der Verdunstung von einem kg Wasser bei 20°C wird der Umgebung eine Energie von 2450 KJoule entzogen, das entspricht einer Kühlenergie von 0,680 kWh. Da Wasser wesentlich kostengünstiger ist als elektrische Energie, vervielfältigen sich die dadurch mögliche Einsparungen, wie das folgende idealisierte Rechnungsbeispiel verdeutlicht:

Abbildung 84: Rechnungsbeispiel Adiabate Kühlenergie

Adiabate Kühlenergie

0,68 kWh pro verdunstetem Liter Wasser



Unter realen Bedingungen ist diese Einsparung nicht linear erreichbar, da das Ausmaß der Einsetzbarkeit adiabater Kühlung von der bereits vorhandenen relativen Luftfeuchte abhängig ist und damit die Kühlleistung nicht uneingeschränkt nutzbar ist.

Ein Beispiel für den Einsatz ganzjähriger freier Kühlung über Verdunstungsprozesse ist die seit über 10 Jahren in Betrieb stehende Zentrale der Heinrich- Böll-Stiftung in Berlin. Dort wird nicht mit einer Kältemaschine gekühlt, sondern mit sogenannten „Brüstungsgeräten“ die entlang der Fensterfronten in allen Büros installiert sind. In den Geräten kühlt im Sommer Wasser mit einer Temperatur von 20 Grad Celsius über Hochleistungswärmetauscher und einen kleinen Ventilator zur Verteilung der gekühlten Luft die Räume. Lt. Angabe der Stiftung steigt damit die Raumtemperatur selbst bei Außentemperaturen über 30 Grad Celsius nicht über 25 Grad⁵⁸. Das Kühlwasser wird dabei über einen adiabatischen Rückkühler im Gebäudekeller regeneriert, wo Trinkwasser über die Rohre versprüht wird und die Verdunstungskälte das Kühlwasser wieder auf 20°C kühlt. Im Winter werden die Brüstungswärmetauscher mit 28 Grad warmem Wasser zum Heizen verwendet. Die Wärmeenergie dafür wird mittels wasserdurchströmten „Cool-racks“ gewonnen, die zwischen den Servern positioniert sind und sich dort auf ca. 30 Grad aufwärmen. Die Racks dienen umgekehrt zur Serverkühlung. Mit diesem mit dem GreenCIO Award ausgezeichneten Konzept der Schweizer Basler & Hofman AG kann der Energieverbrauch des Gebäudes sehr niedrig gehalten werden.

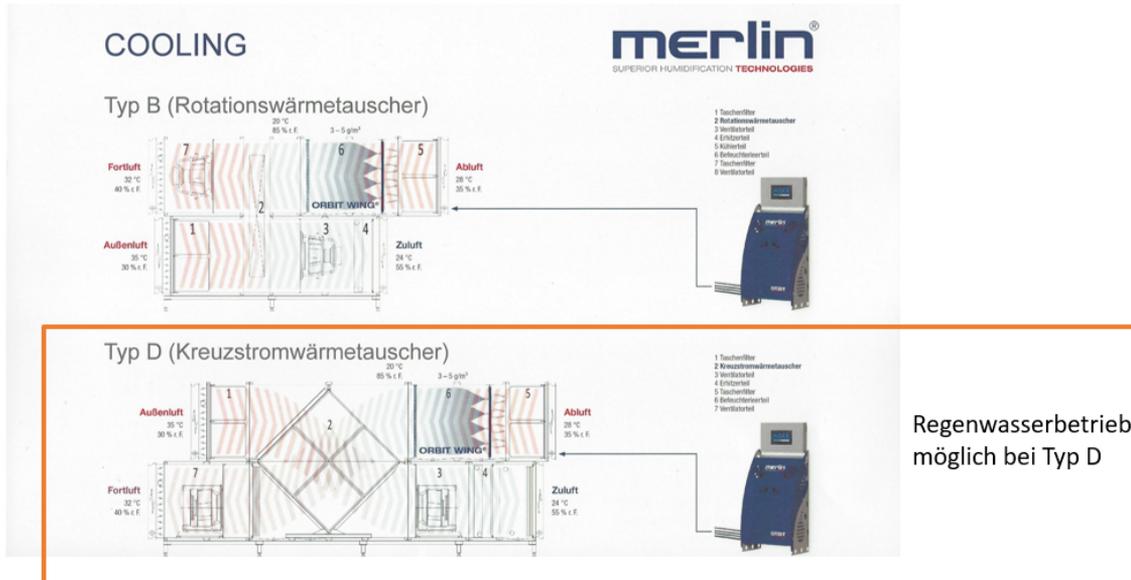
Der Einsatz der adiabaten Kühltechnik ist in den Post City Gardens besonders für die Bürogebäude interessant, da hier einerseits hohe Luftwechselraten ebenso hohen Anforderungen an den thermischen Komfort gegenüberstehen, was einen hohen Energieverbrauch für die Luftkühlung nach sich zieht. Andererseits ist eine Zuluftbefeuchtung im Winter für die Gebäude bereits vorgesehen, deren Wasserzuleitungs- und Vernebelungssystem technisch auch als Hybridlösung für die adiabate Abluftkühlung im Sommer ausgeführt werden kann.

Grundsätzlich sind zwei Systeme für den Einsatz von Wasservernebelung in der Gebäudeklimatisierung möglich. Beim ersten System wird das Wasser ausschließlich zur Abluftkühlung eingesetzt. Das verdunstende Wasser kühlt die Abluft und diese Kälte wird anschließend über einen Wärmetauscher auf die Zuluft übertragen. Bei Einsatz eines

⁵⁸ <https://www.boell.de/de/das-energiekonzept-der-heinrich-boell-stiftung>, [Stand: 08.03.2023]

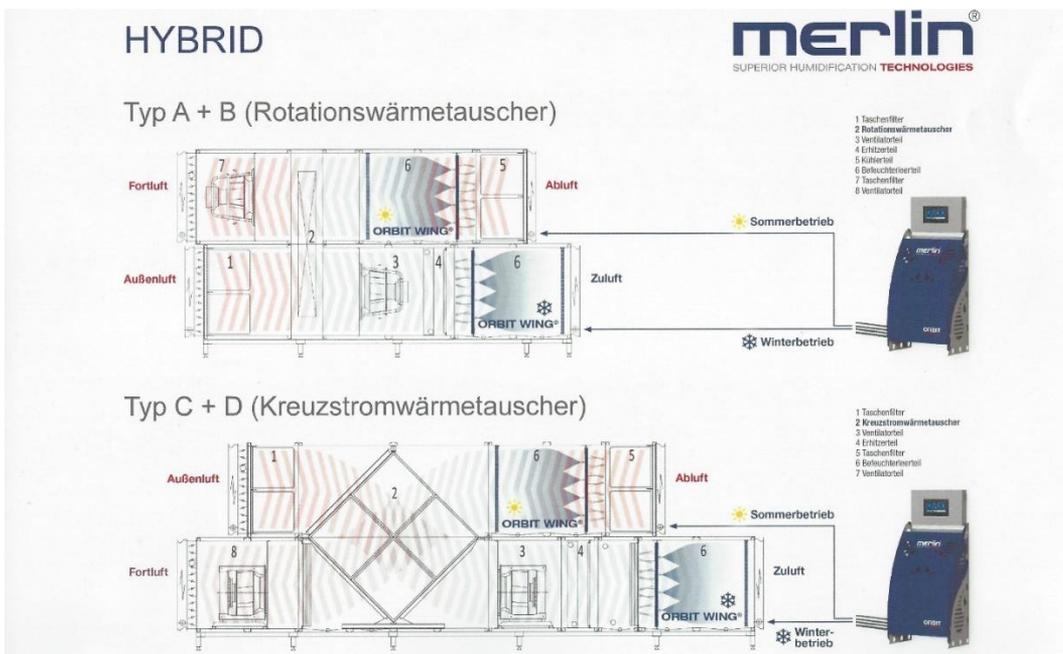
Kreuzstromwärmetauschers, bei dem kein stofflicher Austausch zwischen Zu- und Abluftstrom stattfindet, könnte eine solche Anlage auch mit Regenwasser betrieben werden (Abbildung 85).

Abbildung 85: Systemdarstellung adiabate Abluftkühlung. Grafik: merlin Technologies.



Die zweite Möglichkeit ist die Ausführung als Hybridsystem, bei dem derselbe Hochdruckzerstäuber im Winter zur Zuluftbefeuchtung und im Sommer zur adiabaten Abluftkühlung verwendet wird. Aus hygienischen Gründen muss in diesem Fall Trinkwasser verwendet werden (Abbildung 86).

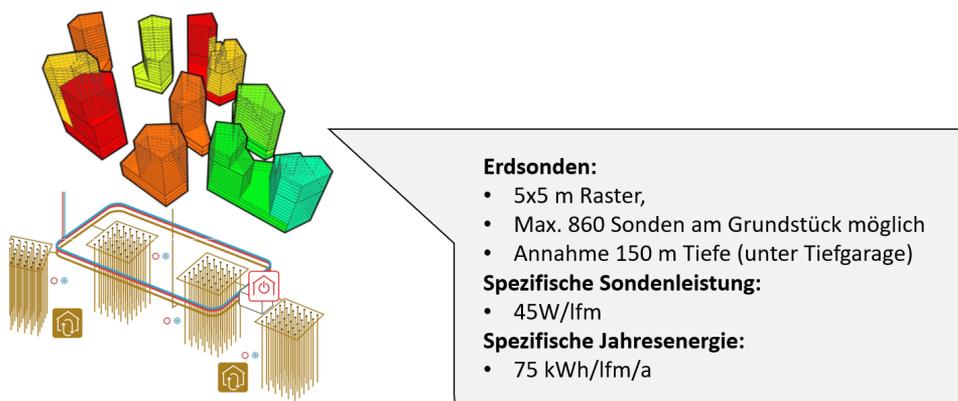
Abbildung 86: Zuluftbefeuchtung und Abluftkühlung als Hybridsystem. Grafik: merlin Technologies.



5.5.5. Geothermie und Anergienetz

Das untersuchte Quartiersenergieversorgung mittels Erdsondenfeld und Anergienetz für die Heizung als auch für die Kühlung, beruht auf der saisonalen Nutzung vom Erdspeicher des Quartiers unter der Tiefgarage bis in eine Tiefe von 150 Metern. Dabei soll im Sommer Umgebungswärme eingelagert werden und der Erdkörper wird dabei gleichzeitig zur Kühlung genutzt. Bei ausreichender Dimensionierung ist eine direkte Gebäudekühlung ohne Wärmepumpe mittels „free cooling“ möglich. Im Winter wird diese Energie wieder entnommen und zur Wärmeversorgung des Quartiers verwendet. Das Anergienetz baut auf modularen, dezentralen reversiblen Sole-Wasser Wärmepumpen, die in eigenen Haustechnikräumen unter den jeweiligen Gebäuden situiert werden und mit einem Anergienetz untereinander im Quartier verbunden werden. Die Wärme- und Kälteverteilung erfolgt dabei auf sehr niedrigem Temperaturniveau mit großen Rohrquerschnitten, sodass die Verteilverluste gering ausfallen. Der unterirdische saisonale Wärmespeicher nutzt die Trägheit des Erdreichs und kann die Sommerwärme bis in den Winter speichern. Übers Jahr muss im Areal die Wärmeproduktion aller Quellen die gleiche Größenordnung haben, wie der Wärmebedarf aller Senken (Gebäude).

Abbildung 87: Schema und Parameter für die überschlägige Berechnung des Erdsondenpotentials. Grafik: Tobias Weiss.



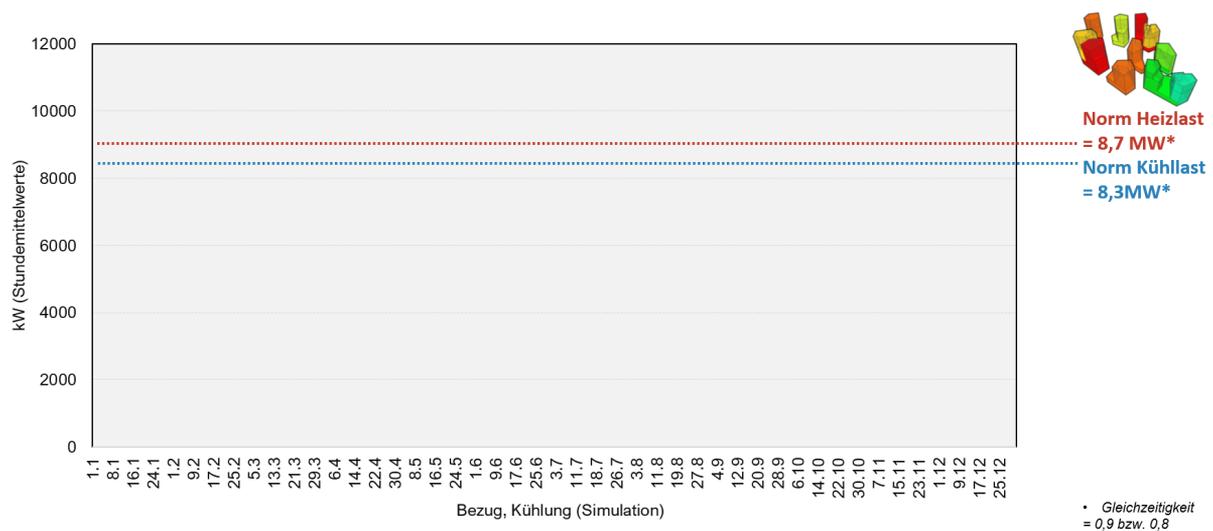
In erster Priorität versuchen die 11 Gebäude der Post City mit der eigenen Quelle (Erdsonden) unter der Tiefgarage auszukommen. Hat eines der Gebäude einen Wärme- oder Kälteüberschuss, kann dieser ins Anergienetz eingespeist werden. Wenn ein anderes Gebäude im Quartier zu diesem Zeitpunkt einen Wärme- oder Kältebedarf hat, kann es die Energie vom Gebäude direkt verwenden. Ist immer noch zu wenig Wärmeleistung vorhanden, gleicht der Erdwärmesonden-Speicher die Differenz aus. Durch Verbindung der einzelnen Bauabschnitte wäre können Defizite/Überschüsse untereinander ausgeglichen werden und die System-Resilienz verbessern. Für den ersten Bauabschnitt werden auf einer Fläche von ca. 9.250 m² 370 Erdsonden mit einer Tiefe von 150 m verlegt. Dem umliegenden Erdreich wird über Tiefensonden in der Heizperiode Wärme entzogen, welche durch Wärmepumpen auf das benötigte Temperaturniveau gehoben wird. Das notwendige Sondenfeld für die Bauphase 2 besteht aus 285 Einzelsonde, für die Bauphase 3 sind weitere rund

205 Sonden zu errichten. Die insgesamt 860 Erdsonden haben eine Länge von 150 m und sind zu einem 5x5m Sondenfeldraster zusammengeschlossen.

Mithilfe der spezifischen Benchmarks fürs Heizen und Kühlen und den Ergebnissen der Lüftungsabschätzung wurden von den Fachplaner:innen jene Energiemengen ermittelt, die den Häusern im Winter zu- bzw. im Sommer zu- bzw. abgeführt werden müssen. Das gesamte Areal wird lt. Vorentwurfsstudie von Enertec/Vasko und Partner jährlich in etwa 8.300 MWh an Wärme benötigen, davon 4.400 MWh für den Betrieb der Lüftung, 3.900 MWh zur Warmwasserbereitung und für die statischen Heizflächen. Kälteseitig sind im Sommer 3.600 MWh abzuführen, davon 2.200 MWh über Fan Coils und die Lüftungsanlagen, 1.400 MWh über Kühldecken oder ähnliche statische Kühlmöglichkeiten. Diese Abschätzungen stellen die Grundlage der weiteren Berechnungen dar.

Für die Auslegung der Heiz- und Kühllast im Quartier wurden die geltenden Normen als öffentlich anerkannte gemeinsame Grundlage für die Planung und Errichtung angenommen, um Sicherheit für alle Beteiligten zu bieten. Abbildung 88 zeigt die angenommenen Heiz- und Kühllast des Quartiers mit einer Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfaktoren von 0,8 -0,9.

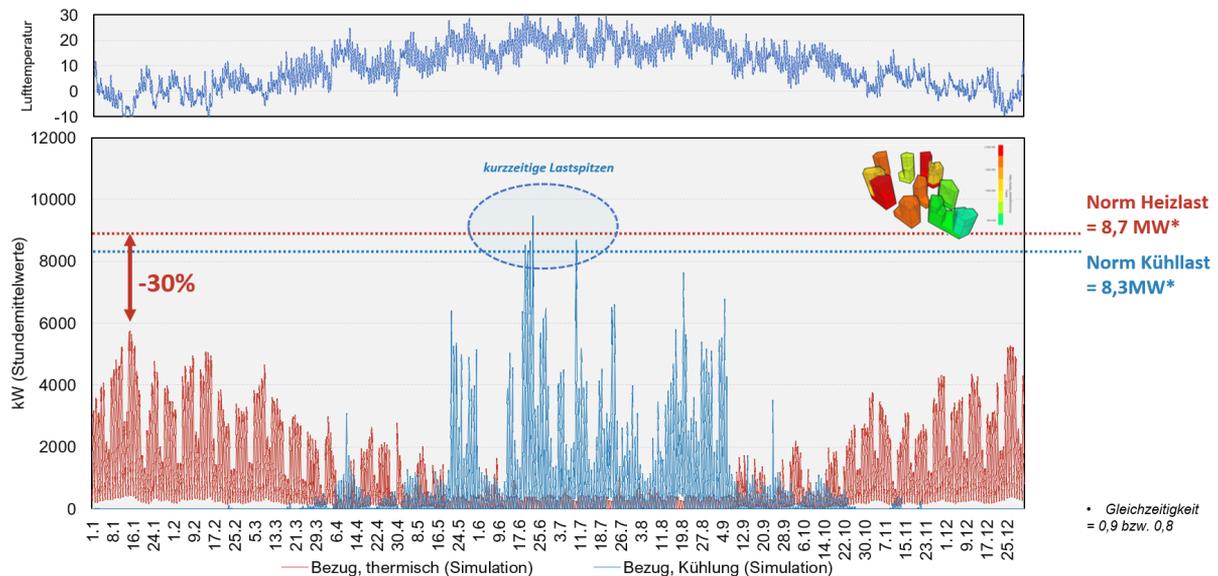
Abbildung 88: Normberechnung - Heiz- und Kühllast im Quartier



Bei den gängigen Normberechnungen werden Parameter angesetzt, die entweder einem veralteten Baustandard entsprechen oder für so ungünstige Rahmenbedingungen ausgelegt sind, die in der Realität nicht oder nur äußerst selten eintreten. Das führt in der Regel zu einer nicht unwesentlichen Überdimensionierung der Anlagentechnik. Wird die Anlagentechnik kleiner ausgelegt, als es die üblichen Berechnungen nach Norm vorsehen, so besteht die Gefahr, dass sich die Beteiligten aus dem rechtssicheren Raum bewegen. Die geltenden Normen werden in einem Streitfall vor Gericht als Basis für die Auslegung herangezogen. Entweder müssen die Auftraggeber:innen die Planer:innen aus ihrer Haftpflicht entlassen oder die Planer:innen müssen das Risiko übernehmen. Solche Risiken

werden in der Regel von keinem übernommen, was wiederum zur Auslegung nach Norm und damit zu überdimensionierten Anlagen führt⁵⁹.

Abbildung 89: Normberechnung - Heiz- und Kühlbedarf vs. Simulation. Grafik: AEE-INTEC



Die Ermittlung der in diesem Planungsstadium (Entwurf) zu erwartbaren Leistungen mittels einer dynamischen Berechnung, deren Basis spezifische Kennzahlen in Form von Erfahrungswerten bzw. Literaturwerten darstellen erfolgte in einer stundenweisen Berechnung unter Verwendung eines generierten Klimadatensatzes der Stadt Linz aus Meteonorm. Der Jahresverlauf der Außenlufttemperatur und -feuchte sind in Abbildung 89 grafisch dargestellt.

Folgende Standardvorgaben wurden entgegen der Normberechnung geändert:

- Gleichzeitigkeitsfaktoren nach realistischen Annahmen
- Reduzierte Aufheizleistung
- Interne Gewinne wurden berücksichtigt
- Wärmebrückenzuschläge wurden dem geplanten Baustandard angepasst
- Luftdichtheit wurde dem geplanten Baustandard angepasst
- Betriebszeiten wurden den realistischen Nutzungszeiten lt. SIA 2024 angepasst

Abbildung 89 zeigt im Vergleich der Norm-Heiz- und Kühllast im Verhältnis zu dynamischer Berechnung (ohne Sicherheiten), dass die Berechnungsheizleistung laut ÖNORM H 5151-1 für das Quartier mit einem sehr hohen Anteil Nicht-Wohnbau zu großen Überdimensionierungen führen kann. Daher wird für das Quartier bei einer Energieversorgung mittels Anergie-Netzes empfohlen, einen laut ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) vorgesehenen Lastausgleichsspeicher zur Verringerung der Wärmeleistung der Wärmepumpe einzusetzen oder

⁵⁹ MA20, e7 energy innovation & engineering: Heizlast optimieren. Studie: Strategien zur Vermeidung von Überdimensionierung bei Wärmepumpen, November 2020

einen Teil der laut ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) berechneten Wärmeleistung der Wärmeerzeugung, durch eine separate Spitzenlastabdeckung abzudecken.

Die Differenz zwischen Norm Heiz- und Kühllast und tatsächlichem Leistungsbedarf ist auch aus den Monitoring Ergebnissen bei dem vergleichbaren Viertel 2 in Wien in Abbildung 90 und Abbildung 91 ersichtlich (Quelle: BCE - Beyond Carbon Energy).

Abbildung 90: Vergleichswerte Norm-Heizlast mit den Monitoring-Ergebnissen Heizleistung – aus dem Betrieb von Viertel 2, Wien. Grafik: Beyond Carbon Energy

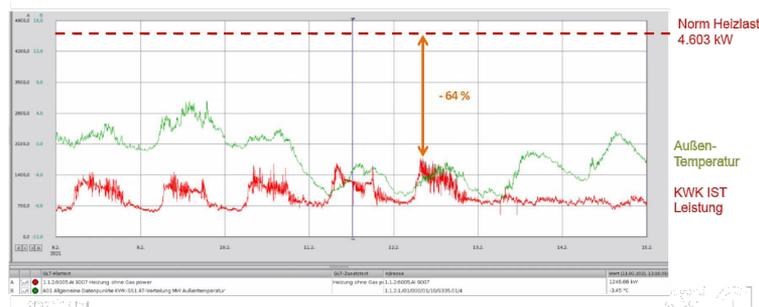
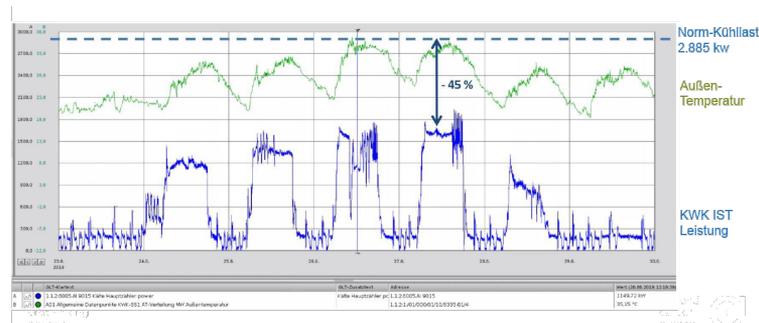


Abbildung 91: Vergleichswerte Norm-Kühllast vs. Monitoring-Ergebnisse Kühllast - aus dem Betrieb von Viertel 2, Wien. Grafik: Beyond Carbon Energy



Die Simulation zeigt ein dynamisches Bild des Wärme- bzw. auch des Kältebedarfs, der von den energieerzeugenden Anlagen gedeckt werden muss, um die Komfortbedingungen einzuhalten. Die Simulationsergebnisse in Abbildung 92 zeigen, dass die Sondenleistung der maximal 860, am Quartier möglichen Sonden bei Normauslegung nicht ausreicht, um das Quartier mit Wärme- und Kälte zu versorgen. Der Energiebedarf (bei saisonaler Regenerierung des Erdreichs) am Quartier aber ausreichend ist, wenn Spitzenleistungsanforderungen lt. Norm reduziert werden können.

Abbildung 92: Sondenfeldpotential **Auslegung lt. Norm** - Gesamter Wärme- und Kältebedarf (unabhängig von HT und NT). Grafik: AEE-INTEC.

A) Auslegung lt. Norm

- Wärmebedarf: 8,27 GWh/a
- Kältebedarf: 3,6 GWh/a
- Heizleistungsbedarf: 8,7 MW (lt. Norm)
- Kälteleistungsbedarf: 8,3 MW (lt. Norm)
- spezifische Sondenleistung: 45 W/lfm
- spezifische Jahresenergie: 75 kWh/lfm /a
- JAZ Wärmepumpe: 4,5
- Mittlere Bohrtiefe: 150m

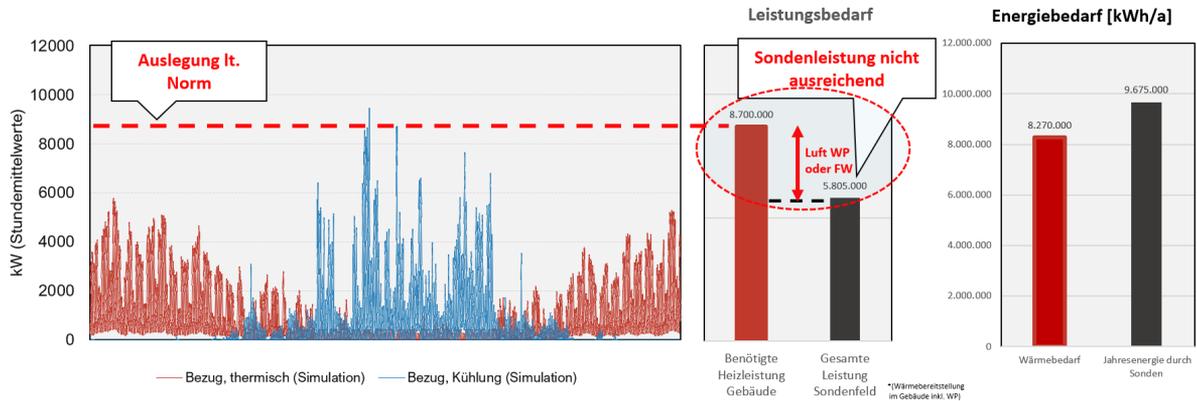
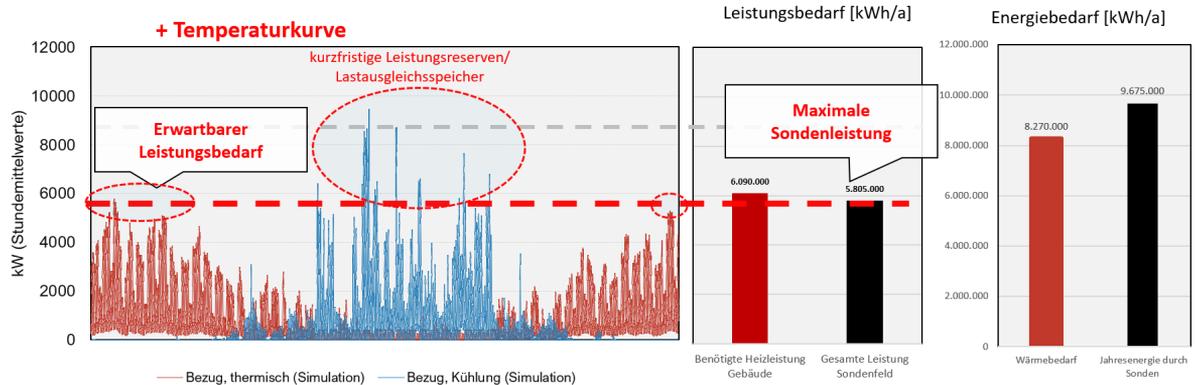


Abbildung 93: Sondenfeldpotential Auslegung nach Sondenpotential/ Erwartbarer Leistungsbedarf. Grafik: AEE-INTEC.

B) Auslegung nach Sondenpotential

- Wärmebedarf: 8,27 GWh/a
- Kältebedarf: 3,6 GWh/a
- Heizleistungsbedarf: ca. 6 MW
- Kälteleistungsbedarf: ca. 6 MW
- spezifische Sondenleistung: 45 W/lfm
- spezifische Jahresenergie: 75 kWh/lfm /a
- JAZ Wärmepumpe: 4,5
- Mittlere Bohrtiefe: 150m

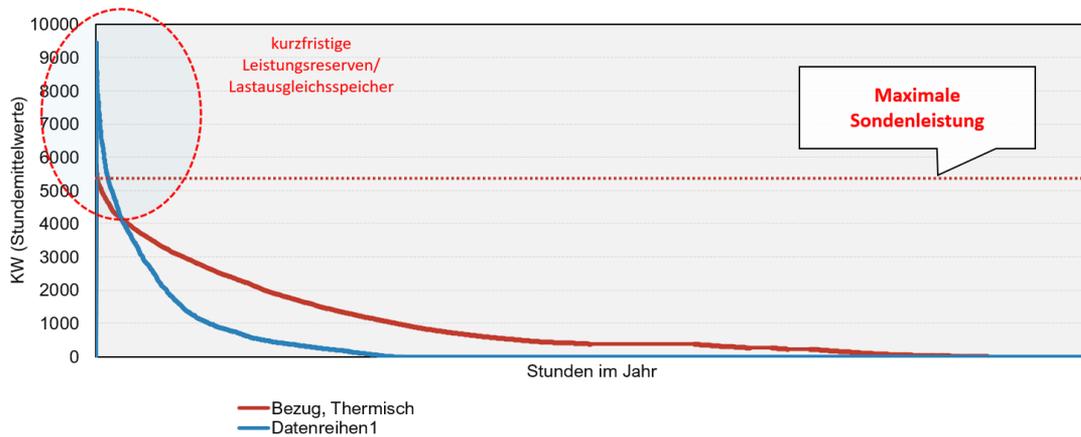


Die Simulation in Abbildung 93 zeigt das Bild des Wärme- bzw. auch des Kälteleistungsbedarfs (Auslegung lt. möglicher Sondenleistung, nicht nach Norm) der von den energieerzeugenden Anlagen gedeckt werden kann, um die Komfortbedingungen einzuhalten. Da sich die Simulation lediglich auf Annahmen aus dem Entwurfsstand des Quartiers stützt, ist es sinnvoll diesem Berechnungsergebnis noch Reserven für unerwartete Ereignisse hinzuzufügen. Wie viele Reserven auf das Ergebnis der Simulation aufgeschlagen werden ist in der weiteren Umsetzung des Projekts abzuklären.

Abbildung 94: Jahresdauerlinie Wärme und Kälte und Sondenfeldpotential. Grafik. AEE-INTEC.

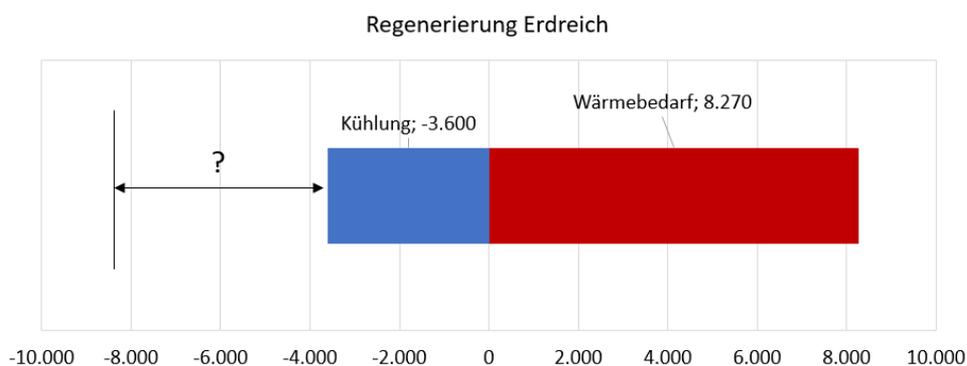
B) Auslegung nach Sondenpotential

- Wärmebedarf : 8,27 GWh/a
- Kältebedarf: 3,6 GWh/a
- Heizleistungsbedarf: ca. 6 MW
- Kälteleistungsbedarf: ca. 6 MW
- JAZ Wärmepumpe: 4,5
- spezifische Sondenleistung: 45 W/lfm
- spezifische Jahresenergie: 75 kWh/lfm /a
- Mittlere Bohrtiefe: 150m



Wie in Abbildung 94 ersichtlich ist, bezieht sich die Dimensionierung der Wärme- und Kälteerzeugung auf den Auslegungsfall und nicht auf das Teillastverhalten. Die Erfahrung aus gemessenen Anlagen der Beyond Carbon Energy in Stadtquartieren hat gezeigt, dass Heizungsanlagen den größten Teil der Betriebszeit, eine Heizleistung von unter 20-25% der Nominalleistung aufweisen. Daher wird empfohlen bei diesen Konzepten modulierende Wärmepumpen je Gebäude (Baurecht, spätere Teilbarkeit der Gebäude) einzusetzen, da diese dennoch meist unter Teillast betrieben werden. Die Wärmepumpenanlage kann auf die 20-25% der Nominalleistung ausgelegt werden und für die restlichen Betriebszeit (Spitzenlasten) eine oder mehrere Back-up Systeme (Luftwärmepumpen) oder Lastausgleichsspeicher zum Einsatz kommen. Ein solches **kaskadisches Splitting** auf mehrere Wärmepumpen wirkt sich positiv auf den Betrieb der einzelnen Anlagen aus, da diese vermehrt in ihrem optimalen Betriebsmodus laufen können und Redundanzen im Betrieb vorhanden sind (Ausfallssicherheiten). Andererseits sind Platzreserven vorzuhalten, um weitere Anlagen nachrüsten zu können. Das hydraulische Netz und die Abgabeflächen sollte aber für die notwendige Wärmeleistung lt. ÖNORM ausgerichtet sein, um im Ernstfall nur noch eine zusätzliche Spitzenlast Wärme- oder Kältequelle, die schnell nachinstalliert werden kann nachzurüsten.

Abbildung 95: Erdsondenpotential - Wärme- Kältebilanz / Regenerierungsbedarf in Megawattstunden. Grafik: AEE-INTEC.



Eine Regeneration der Erdsonden ist dann erforderlich, wenn die Erdsonden den Ausgleich der im Winter entnommenen Wärme nicht durch die Umgebung im Erdreich oder durch einen gegenläufigen Kühlbetrieb im Sommer bewältigen können. Es besteht die Herausforderung, dass der Wärmeentzug aus der Erde sowie der Wärmeeintrag in die Erdsonden annähernd ausgeglichen sein sollte, um langfristig kein zusätzliches System für Heizen oder Kühlen einsetzen zu müssen. Wenn der ganze Wärme- und Kältebedarf des Quartiers über das Erdsondenfeld versorgt wird, kommt es zu einer unausgeglichenen Wärme- und Kältebilanz des Erdreichs. Aufgrund der hohen Wärmeentzugsdichte erfolgt eine übermäßige Abkühlung des Erdreichs, siehe Abbildung 95. Als zusätzliche Wärmequellen zur Regenerierung des Areals können Solarkollektoren, die Abwärme aus den Gebäuden, gewerblichen Nutzungen in den unteren Geschoßen, Kanalwärme oder auch gut besonnte Wärmeabsorber in Straßen und Fassaden im Quartier zum Einsatz kommen. Die notwendigen Regenerationsflächen mit sind aber rechtzeitig in der weiteren Planung zu berücksichtigen.

Folgende zusätzliche Technologien zur Wärmebereitstellung zur Regenerierung im Sommer können verwendet werden:

- Solarthermische Anlagen (Absorber, Flachkollektoren, PVT-Systeme). Abschätzung: wenn rein diese Energiegewinnungsform zur Regeneration verwendet wird, wären ca. 9340m² Flachkollektoren wären im Gesamtquartier notwendig.
- Asphaltsolarkollektoren. Liefern je nach Konstruktionsart und Überdeckungstiefe von 120-385 kWh/m²/a⁶⁰. Damit sind pro GWh benötigter Regenerationswärme zwischen 2.600 und 8.300 m² Fläche erforderlich.
- Abwasserwärme (In-House, Kanal)
- Luftwärmetauscher

Aus den Berechnungen und der Interpretation der Energiebilanzen der beiden Testgebiete können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der minimierende Faktor eines auf Geothermiespeicher basierenden Energienetzes in den Post City Gardens ist die Leistung der Erdsonden. Auch wenn im Erdreich genug Wärme gespeichert ist, kann über die Erdsonden die Wärme nur in beschränktem Ausmaß transportiert werden.
- Das Erdsonden Potential für Versorgung des Gesamtquartiers nach Abschätzung am Grundstück knapp vorhanden, wenn (1) max. Heiz- und Kühlleistungen nicht nach Norm ausgelegt werden und (2) kurzfristige Leistungsreserven eingeplant werden. In weiterer Folge sind in den nächsten Planungsphasen folgende Punkte zu klären:
 - Wie kann das Risiko minimiert werden, wenn nicht nach Norm gearbeitet wird?
 - Wer übernimmt die Haftung? Vertraglich vereinbartes Ziel mit Contractor könnten z.B. die Komfortanforderungen und nicht die Berechnung nach Norm sein.
 - Wie sind kurzfristige Leistungsreserven für Spitzenlasten oder Lastausgleichsspeicher zu dimensionieren?
 - Sind die Sondenfelder mit 15m Tiefe limitiert oder sind auch Bohrtiefen bis 200m im Quartier möglich?

⁶⁰ Kriesi u. a. (2019)

- Eine zusätzliche Regeneration des Erdreichs im Sommer ist notwendig. Es ist abzuklären, wie die Regeneration erfolgen soll.

5.5.6. Quartiersenergiebilanz und daraus resultierende CO₂-Emissionen

In Abbildung 96 sind im Sankey-Diagramm mit mengenproportional breiten Pfeilen die Energieflüssen bei einer Versorgung des Quartiers mit Fernwärme, Fernkälte und Netzstrom dargestellt um eine Vergleichbarkeit mit der Variante Versorgung über das Erdsondenfeld in Abbildung 97 herzustellen.

Abbildung 96: Energiebilanz bei 100% Fernwärme/Fenkälte. Sankey Diagramm. Grafik: AEE-INTEC.

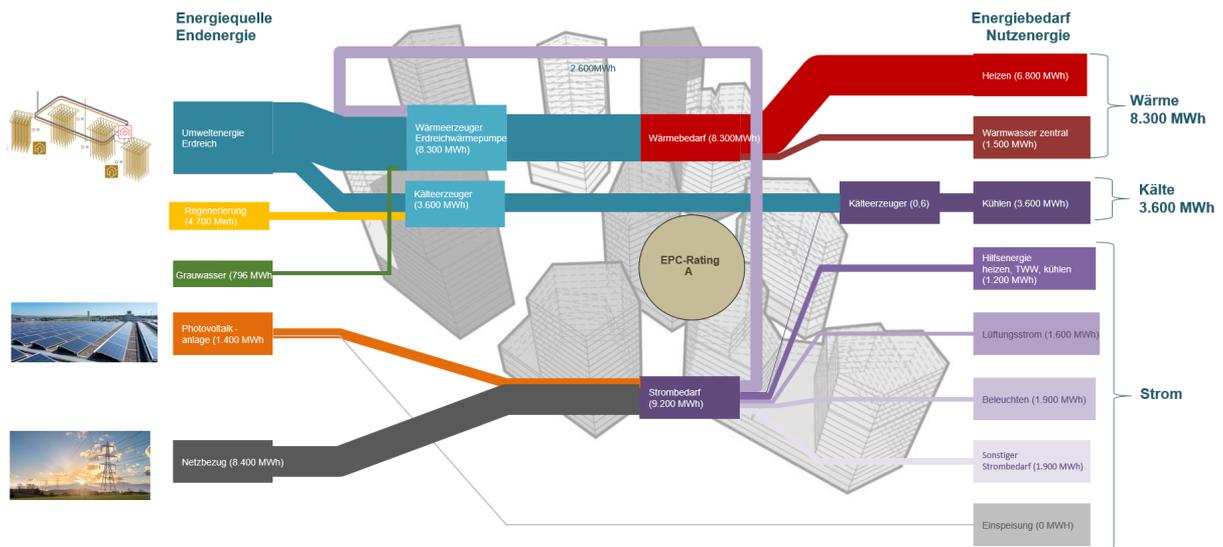
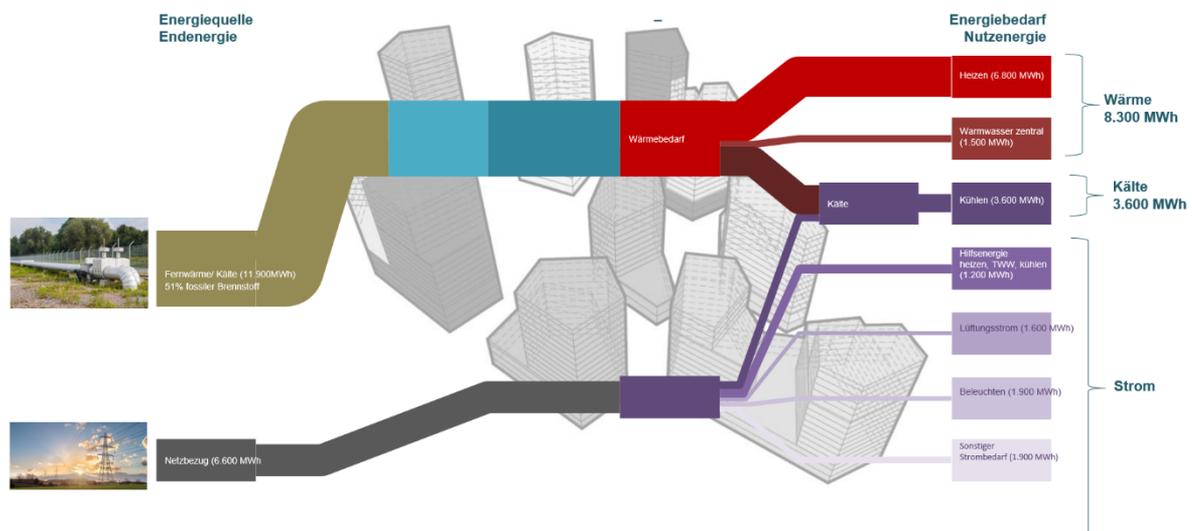


Abbildung 97: Energiebilanz bei Versorgung mit Erdsonden/ Anergie /Photovoltaik und Wärmerückgewinnung Abwasser– Sankey Diagramm. Grafik: AEE-INTEC.



In der Erdsonden Variante wird Warmwasser, Heizenergie und Kühlenergie für das Gebäude über das Erdsondenfeld/ Anergienetz bereitgestellt. Durch den Einsatz von einem Luftwärmetauscher kann auch die Außenluft als Energiequelle genutzt werden. Der für den Betrieb der Wärmepumpen

notwendige Strom stammt aus dem Netzstrom und Photovoltaikanlagen. Die einzelnen Energieflüsse sind im Sankey Diagramm in Abbildung 97 dargestellt. Genutzt werden:

- Saisonaler Erdspeicher
- Regenerierung des Sondenfelds mittels Solarthermie (PVT, Absorberschläuche)
- Grauwasser- Abwärmenutzung
- Wärmepumpen, Spitzenlastglättung durch Energiespeicher oder Luftwärmepumpen
- Modulare, lokale Niedertemperaturnetze (Anergienetze)
- PV zur Stromerzeugung vor Ort

5.5.7. Potential zur CO₂- neutralen Quartiersenergieversorgung

Durch die Nutzung der vor Ort vorhandenen erneuerbaren Energiequellen, dem Erdsondenfeld, den Energieverbund über das Anergienetz und einer Wärme- und Kälteversorgung durch das Zusammenspiel von Geothermie, Abwärmenutzung und Photovoltaik können die CO₂ Emissionen des Quartiers von 2.800t (reine Fernwärme- Fernkälteversorgung des Quartiers; CO₂=236g/kWh FW) auf 717t CO₂ (Wärme und Kälteversorgung mittels Erdsonden; JAZ 4,5; Strom lt. OIB CO₂=276g/kWh) auf bis zu 294t CO₂ reduziert werden, was einer Reduktion um fast 90% im Vergleich zur reinen Fernwärme-/Kälteversorgung entspricht. Laut den Ergebnissen für das CO₂-Bindungspotential der Quartiersbegrünung in Abschnitt 5.4.6 können 40 – 90 Tonnen pro Jahr davon auch wieder im Grünraum gebunden werden. Die restliche CO₂-Menge resultiert aus den CO₂-Emissionen des elektrischen Stroms, der dem Quartier von außen zugeführt werden muss. Für die Berechnung wurde dafür der aktuelle österreichische Strommix lt. OIB herangezogen. Wenn dieser vollständig dekarbonisiert ist, wird auch eine vollständig CO₂-neutrale Quartiersenergieversorgung möglich.

Abbildung 98: Resultierende CO₂-Emissionen aus der Wärme und Kälteversorgung mit unterschiedlichen Quellen. Grafik: AEE-INTEC.

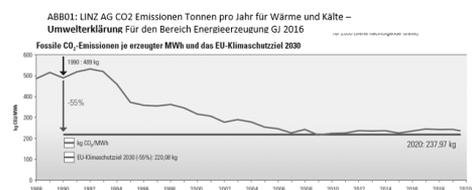
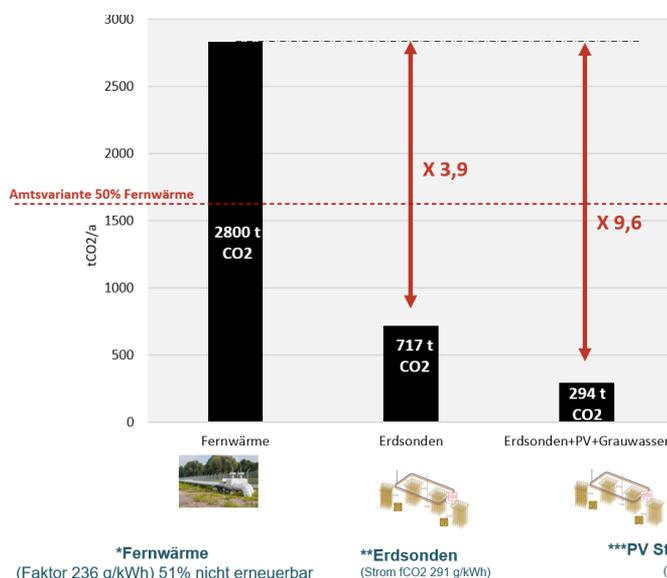


ABB02: OIB RLO6

Energieträger	ff _{CO2} [g]	ff _{CO2} [g]	ff _{CO2} [g]	ff _{CO2} [g/kWh]
1 Kohle	1,46	1,46	0,00	337
2 Heizöl	1,23	1,23	0,01	311
3 Erdgas	1,17	1,16	0,00	236
4 Biomasse	1,08	0,06	1,02	4
5 Strom-Mix Österreich (inkl. Netto-Importe)	1,91	1,32	0,59	276
6 Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	1,60	0,28	1,32	51
7 Fernwärme aus Heizwerk (nicht erneuerbar)	1,52	1,38	0,14	291
8 Fernwärme aus hocheffizienter KWK ⁽¹⁾ (Defaultwert)	0,94	0,19	0,75	28
9 Fernwärme aus hocheffizienter KWK ⁽¹⁾ (Bestwert)	≥ 0,30	gemäß Eintragswert ⁽²⁾	≥ 20	
10 Abwärme (Defaultwert)	1,00	1,00	0,00	20
11 Abwärme (Bestwert)	≥ 0,30	gemäß Eintragswert ⁽²⁾	≥ 20	

(1) ... Als hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung (KW) werden all jene angesehen, die der Richtlinie 2004/80/EG entsprechen.
 (2) ... Für den Fall, dass ein Eintragswert gemäß EN 15316-4-5 durchgeführt wird, dürfen keine kleineren Werte als für industrielle Abwärme verwendet werden. Die Randbedingungen zum Berechnungsverfahren sind im Dokument „Erläuternde Bemerkungen“ festgehalten.

5.6. Potential der Kombination: Synergien und naturbasierte Lösungen

Das entwickelte Energiekonzept nutzt auf mehreren Ebenen Synergien mit den natürlichen und durch die Begrünung geschaffenen Umweltbedingungen vor Ort. Durch die Nutzung des Erdreiches unter dem Areal als saisonalen Energiespeicher kann die Wärme- und Kälteversorgung im Quartier im Idealfall unabhängig von (zum Teil mit fossilen Energieträgern erzeugter) Fernwärme erfolgen. Die zur Regeneration im Sommer einsetzbaren Asphaltkollektoren würden zusätzlich die versiegelten Flächen kühlen und sich damit auch positiv auf das Mikroklima und die Aufenthaltsqualität auswirken. In einer experimentellen Studie mit Luftkollektoren in Asphalt stellten Garcia und Partl eine Reduktion der Oberflächentemperatur um 10% fest⁶¹. Es ist zu erwarten, dass diese Reduktion bei Verwendung eines Wasser- oder Solebasierten Kollektorsystems noch höher liegt. Im Winter könnte das System auch für die Eisfreihaltung der Flächen eingesetzt werden.

Auf den Dächern wird die Kombination aus Begrünung und PV-Modulen genutzt. Durch die Begrünung wird die Temperatur unter den PV-Kollektoren gesenkt, was laut einer Versuchsanordnung der ZinCo GmbH eine Leistungssteigerung der PV um 4% bewirkt⁶². Die Bewässerung der Dachbegrünung steigert den Kühleffekt durch Verdunstung zusätzlich. Auch Nicole Pfoser beschreibt in Ihrem ausführlichen Forschungsbericht zu Gebäude, Begrünung und Energie die positiven Effekte der Kombination PV und Dachbegrünung⁶³. Neben der erwähnten Wirkungsgradsteigerung von 4% im Vergleich zu einer Anlage auf Bitumendach kann das Substrat der Begrünung auch gleichzeitig als Auflast für aufgeständerte PV-Systeme verwendet werden. Dadurch können zusätzliche Betonplatten eingespart und Punktlasten vermieden werden. Ein weiterer Synergieeffekt von Solar Gründächern ergibt sich mit der Förderung der Biodiversität. Unter den aufgeständerten Paneelen entstehen unterschiedlich feuchte und besonnte/beschattete Bereiche, die die Vielfalt der Habitate für Insekten und Pflanzen erhöhen.

In den Fassaden ist die für das Projekt gewählte Anordnung von Begrünung in den unteren Bereichen und PV- Anlagen in den oberen Stockwerken ebenso positiv für die Leistung der PV-Paneele, da zumindest in den angrenzenden Stockwerken keine heiße Luft von den begrünten Fassadenteilen aufsteigt. Im Rahmen des Sondierungsprojektes wurden auch Simulationen zur Berechnung möglicher Energieeinsparungen durch Fassadenbegrünung durchgeführt. Dafür wurde eine troggebundene Fassadenbegrünung vor einer Glasfassade modelliert (Abbildung 99). Die vollständigen Daten sind der Masterarbeit von Tin Lok Wong zu entnehmen⁶⁴.

Die Berechnungen ergaben mögliche Energieeinsparungen von 21% (Süd-Orientierung) bzw. 23% (West-Orientierung) bei der Verwendung sommergrüner Pflanzen (Riehe „Seasonal“ in Abbildung 100). In die Bilanzen gingen die benötigte Kühlenergie, Heizenergie und die Energie für Beleuchtung, also auch der vermehrte künstliche Lichtbedarf bei Verschattung durch die Bepflanzung ein. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die – im Inneren den Post City Gardens doch sehr hohe - Eigenverschattung durch Nachbargebäude nicht berücksichtigt ist.

⁶¹ Garcia/Partl (2014)

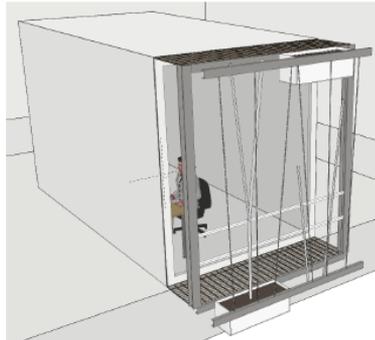
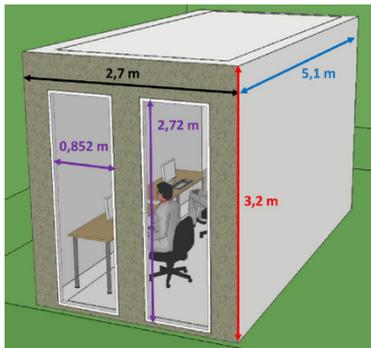
⁶² <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/zinco-gmbh/Dachbegruenung-erhoeht-Ertraege-der-Photovoltaik/boxid/413805>, [Stand: 28.09.2023]

⁶³ Pfoser u. a. (2013), S. 122–125

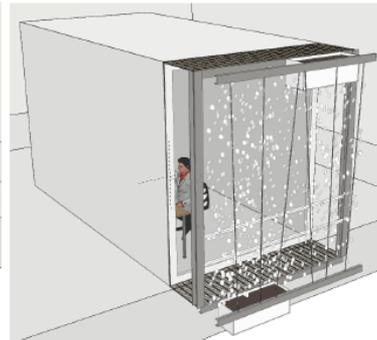
⁶⁴ Wong (2022)

Außerdem hat sich die rein bodengebundene Begrünung innerhalb des Konsortiums als die wirtschaftlichste Lösung etabliert, womit Einsparungen in höheren Stockwerken durch Begrünung nicht möglich sind. Die positiven Energieeinsparungseffekte durch Begrünung könnten aber insbesondere in den verglasten Erdgeschossen am östlichen und westlichen Quartiersrand genutzt werden.

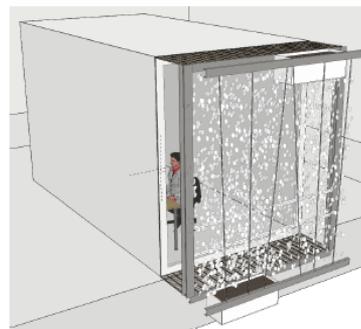
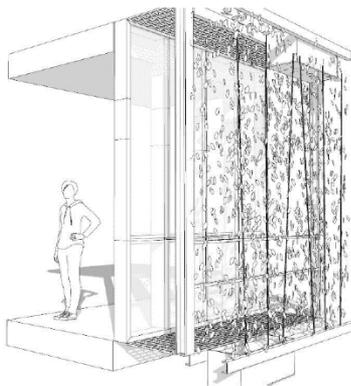
Abbildung 99: 3d Modellraum der Grünfassade für die IDA-ICE Simulation und untersuchte Varianten der Fassadenbegrünung. Grafik: Tin Lok Wong, AEE-INTEC.



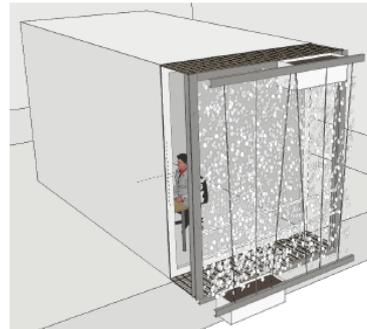
a) Variant 1 – No greening



b) Variant 2 – Low green index

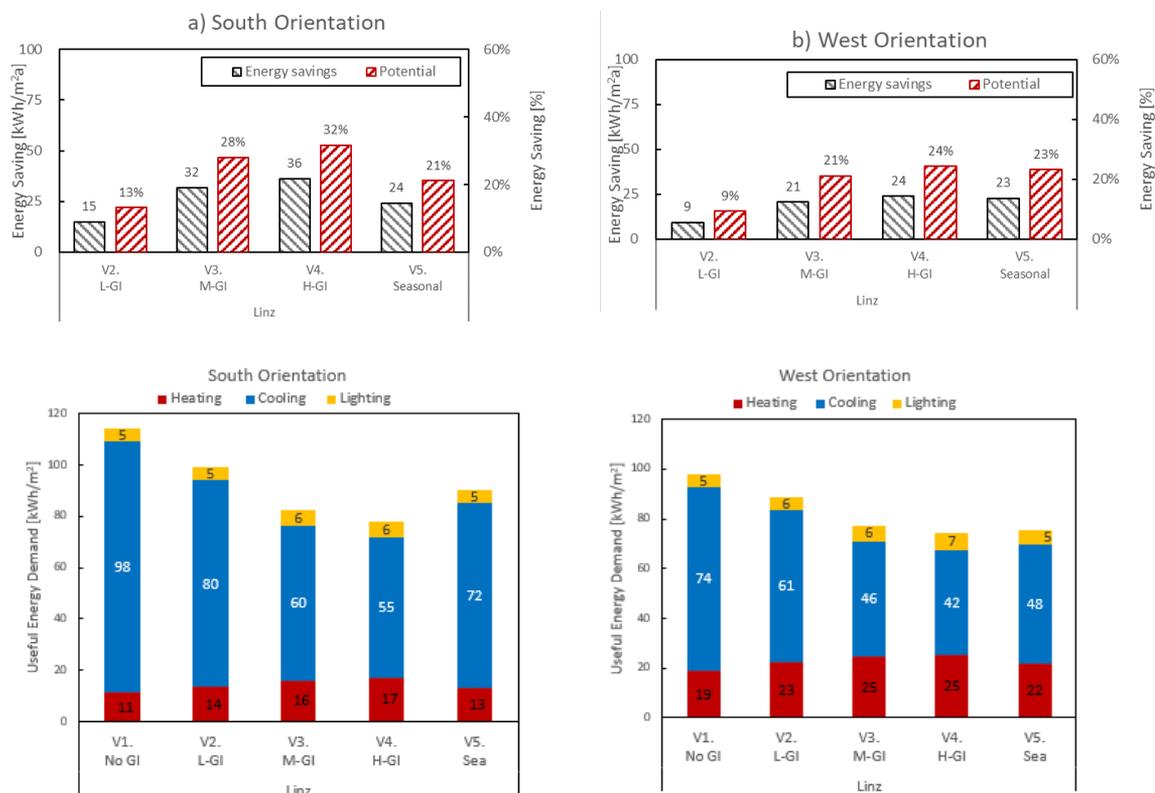


c) Variant 3 – Middle green index



d) Variant 4 – Index green index

Abbildung 100: Mögliche Energieeinsparung durch unterschiedlich dichte Begrünung mittels der Modellfassade in Süd- bzw. Westorientierung. Oben: Gesamteinsparung. Unten: Aufschlüsselung der einzelnen Bedarfe. Quelle: Masterarbeit Tin Lok Wong, AEE-INTEC.



Nicht zuletzt ist an dieser Stelle noch einmal auf die bereits in den vorherigen Kapiteln erwähnten engen Zusammenhänge zwischen Begrünung, Regenwassermanagement und Mikroklima hinzuweisen. Die Verdunstung von Wasser – entweder direkt oder über die Evapotranspiration von Pflanzen – ist die wichtigste natürliche Kühlquelle im urbanen Raum. Daher sollte zur Vorbeugung urbaner Überhitzung das Regenwasser jedenfalls so gut wie möglich im Quartier gehalten werden. Je intensiver dann noch Beschattung und Befeuchtung durch grüne Infrastruktur im Stadtraum implementiert wird, desto höher ist die Aufenthaltsqualität und Klimawandelanpassungsfähigkeit der Quartiere.

5.7. Umsetzungskonzept

Das im Anhang beiliegende interdisziplinär erarbeitete Umsetzungskonzept enthält einen umfassenden Maßnahmenkatalog für alle vier Handlungsfelder Biodiversität, Begrünung und Freiraummanagement, Regenwassermanagement und CO₂-neutrale Energieversorgung in den Post City Gardens. Dieses umfassende Konzept bildet die Basis für die laufenden Planungen und die Umsetzung und zeigt multiplizierbare Lösungen für die Transformation von innerstädtischen Industrie- und Gewerbeflächen in resiliente energie- und ressourcenschonende Quartiere. Das Konzept kann, wie die Ausführungen im vorliegenden Bericht, als übertragbare Referenz für die Vorbereitung, Wettbewerbsauslobung und Planung neuer Quartiersentwicklungen herangezogen werden. Auch wenn in zukünftigen Quartieren nicht immer ein so umfassendes Maßnahmenpaket

möglich sein wird, kann jeder einzelne umgesetzte Punkt einen Schritt in Richtung klimafitte, biodiverse Stadt der Zukunft darstellen.

5.8. Einpassung in das Programm „Stadt der Zukunft“ und Beitrag zu den Programmzielen

Das Vorliegende Projekt adressiert zwei der drei zentralen Themenfelder des Programms: Plus-Energie-Quartiere und Innovative Begrünungstechnologien. Die Möglichkeiten für eine nachhaltige, CO₂-neutrale Energieversorgung eines ganzen urbanen Quartieres wurden umfassend und fachübergreifend sondiert und aufgezeigt. Bezüglich der innovativen Begrünungstechnologien wurden neben der theoretischen Auseinandersetzung die konkreten Maßnahmen zur Einbindung des EU-weit wichtigen Themas Biodiversitätsförderung in das Projekt Post City Gardens erarbeitet. Mittels intensiver Auseinandersetzung mit den Einzelelementen des Schwammstadtprinzips und ihrer Verschränkung mit dem Grünraum konnte die Projektplanung auch in diesem Punkt noch einen Schritt nachhaltiger gestaltet werden. Insgesamt führte die Durchführung des Projektes zu einem wesentlichen Know-How Gewinn im gesamten Planungsteam, der sich durch den intensiven Austausch quer über alle untersuchten Nachhaltigkeitsthemen zog. Dieses Wissen kann in Folgeprojekten bereits aktuell genutzt werden. Ganz im Sinne des umsetzungsorientierten Programms ist mit dem Projekt schon in der Sondierung ein Brückenschlag zwischen Forschung und Praxis gelungen, wobei die intensive Auseinandersetzung der Planungsbeteiligten mit Nachhaltigkeitsthemen in dieser Form ohne die zusätzliche Finanzierung über das Sondierungsprojekt nicht möglich gewesen wäre.

6 Schlussfolgerungen

In der Sondierung konnten zahlreiche Ergebnisse erarbeitet werden, die einerseits in die laufende Planung einfließen, andererseits aber multiplizierbare, allgemein gültige Erkenntnisse für die Entwicklung von zukunftsfähigen, resilienten energie- und ressourcenschonenden Quartieren darstellen. Von der vorteilhaften Schichtung von Begrünung, Biodiversitätsmaßnahmen und solarer Energieproduktion an Hochhausfassaden über effiziente, an das lokale Mikroklima optimierende Stadtbegrünungstechnologien bis hin zu detaillierten Analysen des Regenwassernutzungspotentials wurden zahlreiche Maßnahmen untersucht und in das Umsetzungskonzept übernommen.

Dabei zeigte sich auch, dass der **Zeitraumen zwischen Vorentwurf und Entwurf** sich sehr gut für eine detaillierte Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeitsthemen in der Quartiersentwicklung eignet. Während grundsätzliche Richtungen, zum Beispiel die Integration von Gebäudebegrünung, bereits vor Beginn der Planungen getroffen festgelegt werden, können konkrete Berechnungen und standortangepasste Umsetzungsempfehlungen erst erarbeitet werden, wenn bereits wichtige Einflussparameter wie Gebäude- und Freiraumgeometrien, Flächenkennwerte und Nutzungen im Vorentwurf geplant wurden. Beim Thema Biodiversitätsförderung ist allerdings eine wesentlich längere Vorlaufzeit erforderlich, da fundierte Tier- und Pflanzenkartierungen für eine fachlich korrekte Erhebung der Zieltierarten mindestens ein Jahr Beobachtungszeitraum erfordern.

Bezüglich des Energiemanagements konnte durch die Entwicklung eines **kreislauforientierten lokalen Energiekonzeptes** unter Einsatz von Geothermie, Photovoltaik und Wärmerückgewinnung aus Grauwasser der jährlich zu erwartende CO₂-Ausstoß im Vergleich zu einem Fernwärme- und Fernkältekonzept rechnerisch um fast 90% gesenkt werden. Eine wesentliche Erkenntnis war die doch beachtliche **Differenz zwischen normgerechter Auslegung der Heiz- und Kühlanlagen und den tatsächlich zu erwartenden Heiz- und Kühllasten in der Nutzungsphase**. Besonders bei quartiersübergreifender Betrachtung, in der Energieflexibilitätsoptionen durch Anergienetze genutzt werden, scheinen laut ersten Monitoring-Ergebnissen eines gebauten Quartieres tatsächlicher Bedarf und Normauslegung weit auseinanderzuliegen, was zur Planung ökologisch und ökonomisch nachteiliger, überdimensionierten Anlagen führt oder sogar rein erneuerbare Energieversorgungssysteme von vornherein ausschließt. In diesem Bereich ist jedenfalls weiterer Forschungsbedarf im Sinne von umfassendem Energieverbrauchsmonitoring gebauter Beispiele gegeben.

Das vorliegende Projekt zeigte auch, dass **der fachliche Austausch** von Begrünungs-, Biodiversitäts-, Regenwasser- und Energieexpert:innen mit den Architekt:innen in einem frühen Planungsstadium solcher Quartiere unbedingt zu empfehlen ist und damit ökologisch, ökonomisch und architektonisch ansprechenden Gesamtlösungen ohne langwierige und kostspielige Umplanungen durch nicht aufeinander abgestimmte Einzelmaßnahmen erreicht werden können.

Als Learning aus dem Projekt ging auch hervor, dass zumindest bei drei der vier bearbeiteten Themenfelder wirklich nachhaltige, naturbasierte Lösungen nur möglich sind, wenn sie **über die Bauplatzgrenzen hinweg** gedacht und geplant werden. Sowohl ernstgenommene Biodiversität als auch Regenwassermanagement und erneuerbare Energieversorgung lassen sich nur vernetzt und

großräumig konzipiert sinnvoll umsetzen. Für aktuelle Quartiersentwicklungen, bei denen in der Umsetzung meistens mehrere Eigentümer Einzelgrundstücke bebauen, bedeutet das durch das aktuell sehr bauplatzbezogene Baurecht einen hohen Aufwand in der Errichtung von zusätzlichen Verträgen. Als Beispiel sei auch die im Projekt untersuchte Nutzung des in Grundstücksnähe verlaufenden Sammelkanals für die Energieversorgung genannt. Diese Lösung wäre technisch ohne Probleme umzusetzen, die rechtlichen und organisatorischen Aufwände und das Verlassen routinierter Planungsprozesse schrecken jedoch von der Umsetzung solcher Maßnahmen ab. Gerade in der Wärme- und Kälteversorgung könnten in Zukunft durch großräumigere Vernetzung von Quellen und Verbrauchern, zum Beispiel durch ein urbanes Anergienetz. So können multiple erneuerbare Energiequellen und ungenutzte Wärme- und Kältepotentiale erschlossen und Synergieeffekte effizient genutzt werden.

Die Forschungsergebnisse wurden auch dem gesamten Planungsteam der Post City Gardens vorgestellt und in Form eines Abschlussworkshops den zuständigen örtlichen Behörden (Magistrat Linz, Abteilung Planung, Technik und Umwelt) präsentiert und gemeinsam diskutiert. Die erarbeiteten Maßnahmen wurden schrittweise in die fortschreitende Planung eingebracht. Durch einen Vortrag und Veröffentlichung im Tagungsbandbeitrag am BauZ! Kongress 2023 konnten die Ergebnisse auch einem breiteren Fachpublikum präsentiert werden, was auf großes Interesse stieß und zum Erfahrungsaustausch mit anderen ähnlich großen Stadtentwicklungsprojekten führte. Für zwei weitere Kongresse 2024 wurden Abstracts eingereicht.

7 Ausblick und Empfehlungen

Viele der erarbeiteten Maßnahmen konnten durch die enge Zusammenarbeit mit den Bauherren bereits in den Entwurf der Post City übernommen werden. Aktuell pausiert die weitere Planung des Projektes jedoch aufgrund eines geplanten Eigentümerwechsels. Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen wird anschließend den neuen Eigentümern übergeben und die weitere Umsetzung – auch im Hinblick auf Demonstrationsprojekte - diskutiert. Die Größe des Projektes birgt zahlreiche Potentiale für Folgeprojekte zur intensiveren Bearbeitung von Detailpunkten und Demonstrationsvorhaben, sie ist aber auch gerade für Demonstrationsvorhaben ein Risikofaktor, da die geforderte Umsetzung innerhalb der Projektlaufzeit bei einem Projekt dieser Größe zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht absehbar ist. Eine Auswahl der im Projektkonsortium erhobenen weiteren Forschungspotentiale zeigt Tabelle 10.

Der von allen Partnern als sehr positiv bewertete Know-How Zuwachs im Projektkonsortium bezüglich nachhaltiger Quartiersentwicklung wird bereits aktuell in andere städtebauliche Projekte der beteiligten Planer:innen eingebracht.

Tabelle 10: Potentiale für weitere Projekte in den Post City Gardens.

	Thema	Projektart
	Detentions-Gründach - Wasserrückhalt statt Retentionsbecken – Pflege	<i>Demonstration</i>
	Reinigungsleistung und versickerungsoffenen Böden -> Gegensatz zu Washout	<i>Demonstration</i>
	Neue biobasierte Aufbaumaterialien – neue Materialien, genadelte Platten und Co, NAWAROS als Trägersubstanz	<i>Forschung</i>
	Anwendung der Phyto-City - Die Pflanzenstadt (Phyto for Future)	<i>Demonstration</i>
	Wärmewiderstand, Wasserdurchlässigkeit und Wasserrückhaltevermögen von Gründachschichten aus recycelten und künstlichen Zuschlagstoffen	<i>Demonstration</i>
	Potential zum Anbau von Nutzpflanzen auf Gründächern im Sinne urbaner Landwirtschaft	<i>Forschung/ Demonstration</i>
	Nutzung von Ersatzbaustoffen in der städtischen grünen Infrastruktur	
	Monitoring der Kosten für Pflege und Wartung der Grünen Infrastruktur, Datensammlung, Erarbeitung von Finanzierungsmodellen	<i>Demonstration</i>
	Untersuchung der Biodiversitätseffekte (Monitoring der Besiedelung) von verschiedenen Fassadenbegrünungen. Systematischer Vergleich von Begrünungstypen auf die Tier- und Pflanzenwelt.	<i>Demonstration</i>
	Biotopentwicklung (Flora und Fauna) in urbanen Neubauquartieren – hier besteht die Chance auf umfassendes Monitoring vom Bestand über die Bauphase bis zur Nutzungsphase.	<i>Demonstration</i>
	Untersuchung von Vogelschlag und dem Zusammenhang mit der Gebäudebegrünungsart, Verhältnis Glas /Begrünung.	<i>Demonstration</i>
	Aktivierung von Löschwasserbecken als Energiespeicher im Quartiersverbund	<i>Demonstration</i>

Thema	Projektart
Systematisches Monitoring Quartiersenergieverbrauch in der Nutzungsphase zur Schaffung von Referenzwerten für die Rekalibrierung von Normlasten in Quartiersenergieverbänden	<i>Demonstration</i>
Abwasserwärmenutzung des kommunalen Sammelkanals	<i>Demonstration</i>
Grauwasseraufbereitungsanlage und Grauwasserwärmenutzung in den Wohnbauten	<i>Demonstration</i>
Einsatz von Asphaltkollektoren zur Regeneration von Erdsondenfeldern	<i>Demonstration</i>
Überprüfung und Weiterentwicklung von Mikroklimasimulationsmodellen anhand der systematischen Erfassung von Realdaten im gebauten Zustand.	<i>Forschung/ Demonstration</i>
Entwicklung von niederschweligen Simulationstools für Schwammstadtmaßnahmen und ihr Verhalten im Regel- und Starkregenfall.	<i>Forschung</i>
Aufbau und Betrieb einer Plattform für digitalen Zwillinge von Stadtquartieren über den gesamten Projektlebenszyklus	<i>Forschung</i>

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Areal der Post City Linz. Grafik: Nussmüller Architekten.....	12
Abbildung 2: Visualisierung der neuen Post City Gardens aus dem Architekturwettbewerb. Grafik: Nussmüller Architekten.....	13
Abbildung 3 Verbindung der Einzelmaßnahmen zu einem smarten Gesamtkonzept für innerstädtische Quartiersentwicklungen als Projektschwerpunkt. Grafik: Projektkonsortium	14
Abbildung 4: Beispiel für Anpassungsmaßnahmen an Flutereignisse. Aus: Copenhagen Cloudburst Masterplan. Grafik: Ramboll Studio Dreiseitl. Online unter https://networknature.eu/embedded-case-study/18017 [8.8.2023]	18
Abbildung 5: Darstellung des Schwammstadt-Prinzips am Johann-Nepomuk-Vogl-Platz in Wien. Grafik: Karl Grimm, online unter https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/schwammstadt.html [8.8.2023]	20
Abbildung 6: Projektablauf.....	28
Abbildung 7: Maßstabsebenen der Konzepterstellung. Grafik: Projektkonsortium.....	29
Abbildung 8: Situierung im Stadtgefüge. Grafik: Nussmüller Architekten.....	35
Abbildung 9: Das Bestandsgebäude. Grafik: Nussmüller Architekten.....	36
Abbildung 10: Schematischer Schnitt. Grafik: Nussmüller Architekten.....	36
Abbildung 11: Strukturplan, Wettbewerbsstand. Grafik: Nussmüller Architekten.	37
Abbildung 12: Konzeptgrafiken zum Wettbewerb. Grafik: Nussmüller Architekten.....	38
Abbildung 13: Verkehrskonzept. Grafik: Nussmüller Architekten.	39
Abbildung 14: das Humboldt'sche Vegetationsprinzip	40
Abbildung 15: Vertikale Zonierung: Grafik: Nussmüller Architekten.....	40
Abbildung 16: Freiraum- & Pflanzenkonzept. Grafik: Studio Boden.....	41
Abbildung 17: Nutzungsverteilung. Grafik: Nussmüller.....	42
Abbildung 18: Geplante Maßnahmen Freiraum. Grafik: Nussmüller Architekten/Studio Boden.	43

Abbildung 19: Übersicht Entwässerungskonzept Kulturtechnik Rosinak & Partner ZT GmbH und studio boden mit rajek barosch landschaftsarchitektur	44
Abbildung 20: Lageplan Aufbauhöhen – Stand Vorentwurf. Grafik: Studio Boden.	45
Abbildung 21: Schnitt: Aufbauhöhen der differenzierten Dachbegrünungen. Grafik: Studio Boden/ Nussmüller Architekten.....	46
Abbildung 22: Begrünungsgrad Dachflächen. Grafik: Studio Boden.....	47
Abbildung 23: Begrünungsgrad Erdgeschossniveau. Grafik: Studio Boden.	48
Abbildung 24: Hardscape. Grafik: Studio Boden.	49
Abbildung 25: Softscape. Grafik: Studio Boden	50
Abbildung 26: Übersicht der technischen Infrastrukturen. Grafik: Nussmüller Architekten.....	51
Abbildung 27: Psychrometric Chart – Außen und Raumklima	52
Abbildung 28: Jahresgang der Außenlufttemperatur – Klimadaten Linz aus Meteonorm	53
Abbildung 29: Klimatablelle Linz Stadt. Grafik: AEE INTEC, Werte: Sonnenstunden: climate-data.org, alle anderen Werte: GeoSphere Austria. 30a Mittelwerte (1991-2020).	53
Abbildung 30: Städtebau/Randbedingungen - Solarstrahlung auf Gebäudevolumen (oben) und Verschattung im Quartier (unten)-Jahreswerte. Grafik: Tobias Weiss.	54
Abbildung 31: Städtebau/Randbedingungen - Solarstrahlung auf Gebäudevolumen (Jahreswerte) - Flächen mit hoher ganzjährig solarer Einstrahlung.....	55
Abbildung 32: Städtebau/Randbedingungen: Anzahl der Stunden direkter Sonneneinstrahlung am 21.Dezember.	56
Abbildung 33: Windrose Stadt Linz	56
Abbildung 34: Darstellung der Windströmung bei einer Anströmgeschwindigkeit von 5 m/s (h=10m) aus der Hauptwindrichtung Westen.	57
Abbildung 35: Darstellung der Windströmung bei einer Anströmgeschwindigkeit von 6,5 m/s (h=25m) aus der Hauptwindrichtung Westen und Veränderung der Windgeschwindigkeit durch die Baukörperstellung (Vektordarstellung).....	58
Abbildung 36: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m ² a	59
Abbildung 37: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/a.....	60
Abbildung 38: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m ² a	60

Abbildung 39: Nutzenergiebedarf Wärme/Kälte bzw. Strom pro Haus in MWh/a. Grafik: AEE INTEC.	61
Abbildung 40: Potentiale im Quartier	64
Abbildung 41: Ausschnitt aus dem Workshop-Canvas zum Thema Bestand und Vernetzung	67
Abbildung 42: Ausschnitt aus dem Workshop-Canvas zum Thema Gebäudefassaden und Biodiversität	69
Abbildung 43: Anbringungshöhe für Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Thomas Hauck, Animal-Aided Design®	70
Abbildung 44: Anordnungsvorschlag der Quartiere für Fledermäuse im Areal. Grafik: Thomas Hauck, Studio Animal-Aided Design®	71
Abbildung 45: Schematischer Schnitt Biodiversitätselemente am Dach: Anhügelung mit Wasserstelle. Grafik: Thomas Hauck, Studio Animal-Aided Design®	72
Abbildung 46: Liste der ausgewählten Ziel-Vogelarten und ihrer Anforderungen für die Post City Gardens Linz.	74
Abbildung 47: Darstellung diverser Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Studio Animal-Aided Design® ..	75
Abbildung 48: Darstellung der Anbringungsorte für Nisthilfen je nach Zielart. Grafik: Studio Animal-Aided Design®	75
Abbildung 49: Integration von Biodiversitätsmaßnahmen in die Planung der Dachgärten.	76
Abbildung 50: Habitatvernetzung im Fokusbereich 1. Grafik: Projektteam.	77
Abbildung 51: Entwurf und Pflanzenauswahl für eine erdgebundene Fassadenbegrünung der Post City Gardens.	78
Abbildung 52: Geländeschnitte aus dem geologischen Gutachten (von GUT GmbH) zum Wettbewerb der Post City Gardens (OK Grundwasser gespannt ca. 236,6 m ü. A., OK Schlier ca. 253,9 m ü. A., OK Grundwasser ca. 256,1 m ü. A.)	80
Abbildung 53: Niedriges Überflutungsrisiko am Areal durch über die Ufer tretende Gewässer.....	81
Abbildung 54: Ausschnitt aus der Hangwasserhinweiskarte Oberösterreich: Hohes Risiko im Bereich Bahnhofsvorplatz.	81
Abbildung 55: Wasserbilanz aus sammelbarem Niederschlag auf Sammelflächen und Bewässerungsbedarf bzw. Wasserüberschuss.....	84
Abbildung 56: Ausschnitt aus dem Workshop-Whiteboard.....	89

Abbildung 57: Überblick über die ausgewählten Schwammstadt-Maßnahmen in den Post City Gardens.	90
Abbildung 58: Die Dachgärten Sockel mit 60 bis 120 cm Substrat erlauben noch Baumpflanzungen. Grafik: studio boden.....	91
Abbildung 59: Der Quartierspark als große, mehrteilige Versickerungsmulde. Grafik: studio boden .	94
Abbildung 60: Urban Flooding auf der öffentlichen Parkwiese	95
Abbildung 61: Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume in den Post City Gardens	96
Abbildung 62: Baumwachstum und erforderlicher Wurzelraum, tatsächlich umgesetzter Wurzelraum (rot). Grafik: https://image.futurezone.at/images/cfs_616w/4887177/Krone%20und%20Wurzelraum%20LWG.jpg	98
Abbildung 63: Regenaktives Straßenableitungssystem in Amsterdam. Grafik aus: Rainproof Magazine, S. 26, online unter https://www.rainproof.nl/app/uploads/2023/05/RAINPROOF-MAGAZINE-ENGELS_compressed.pdf	99
Abbildung 64: Gestaltungselement offene Rinne. Grafik links: Offene Rinne am More London Pl, online unter https://c0.wallpaperflare.com/preview/788/738/338/street-urban-eat-more.jpg , Grafik rechts: Wasserspiel in der Richard-Mayr-Gasse in Salzburg, Foto: Jakob Geiseder, rajek barosch....	100
Abbildung 65: Situation heißer Sommernachmittag. Lufttemperatur (links) vs. gefühlte Temperatur im Quartier. Grafik: greenpass.	103
Abbildung 66: Bewertung Post City Gardens Vorentwurf mit greenpass.....	104
Abbildung 67: Experimentelle Untersuchung verschiedener Begrünungsszenarien und der Wachstumseinflusses der Bäume auf die Leistungsparameter der einzelnen Planungsszenarien mittels GreenScenario (Ramboll group). Grafik: Ramboll, M.Majcen.....	105
Abbildung 68: Kostenübersicht zu verschiedenen Arten der Fassadenbegrünung. Grafik aus Pfoser, 2018, S.52. Die Darstellung ist nicht frei von Rechten Dritter.	107
Abbildung 69: Nutzenergiebedarf Quartier aufgeteilt in Einzelhäuser kWh/m ² a	110
Abbildung 70: Umdenken in der Energieplanung - Energiekreisläufe im Quartier. Grafik: M.Majcen	111
Abbildung 71 Bezeichnungen der Dächer und Herausforderungen für die PV-Nutzung. Grafik: Nussmüller Architekten.....	111
Abbildung 72: Analyse der Jährlichen Solarstrahlung auf den Fassaden als Entscheidungsgrundlage für die PV-Nutzung. Süd- und Nordansicht. Grafik: AEE-INTEC.	112

Abbildung 73: Grundriss mit genauer Identifizierung der für PV geeigneten Fassaden. Grafik: AEE-INTEC.	113
Abbildung 74: PV Belegung Landschaftsdach Haus 5 nach Schattenstudie. Grafik: AEE-INTEC.	114
Abbildung 75: PV-Dachgarten Typ Bürobau, aus: "PV-Dachgarten Planungshandbuch", S.38, angegebene Bildquelle: IKI, AG Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien.....	115
Abbildung 76: Variantenstudien PV Fassaden Haus 5 und entsprechende Erträge.	116
Abbildung 77: Ertragsvergleich einer Belegung des Dachkranzes mit monokristallinen Modulen versus Dünnschichtmodulen. Grafik: AEE-INTEC.....	116
Abbildung 78: „Entwurfsvariante“ PV Belegung Fassade und Dach am Beispiel Haus 5.....	117
Abbildung 79: Hochgerechneter Jahresertrag des gesamten Areals mit verschiedenen PV-Varianten	118
Abbildung 80 Mögliche Angriffspunkte für Abwasser-Abwärmenutzung. Grafik: M.Majcen	126
Abbildung 81: Energieflussdiagramm des Strebelwerke Grauwasser-Verfahrens für 100 Personen. Grafik: Präsentation Fa. Strebelwerke)	127
Abbildung 82 Berechnung der Energieeinsparungen, Kosten und Kapitalrücklaufzeit für Grauwasseranlagen.	128
Abbildung 83: Systemskizze der Abwärmenutzung mit Wärmepumpe und mögliche bauliche Lösungen für Wärmetauscher in Kanalrohren. Abb nach Darstellungen von Fa. Rabmer.	129
Abbildung 84: Rechnungsbeispiel Adiabate Kühlenergie.....	131
Abbildung 85: Systemdarstellung adiabate Abluftkühlung. Grafik: merlin Technologies.	132
Abbildung 86: Zuluftbefeuchtung und Abluftkühlung als Hybridsystem. Grafik: merlin Technologies.	132
Abbildung 87: Schema und Parameter für die überschlägige Berechnung des Erdsondenpotentials. Grafik: Tobias Weiss.	133
Abbildung 88: Normberechnung - Heiz- und Kühllast im Quartier	134
Abbildung 89: Normberechnung - Heiz-und Kühlbedarf vs. Simulation. Grafik: AEE-INTEC.....	135
Abbildung 90: Vergleichswerte Norm-Heizlast mit den Monitoring-Ergebnissen Heizleistung – aus dem Betrieb von Viertel 2, Wien. Grafik: Beyond Carbon Energy	136
Abbildung 91: Vergleichswerte Norm-Kühlleistung vs. Monitoring-Ergebnisse Kühlleistung - aus dem Betrieb von Viertel 2, Wien. Grafik: Beyond Carbon Energy)	136

Abbildung 92: Sondenfeldpotential Auslegung lt. Norm - Gesamter Wärme- und Kältebedarf (unabhängig von HT und NT). Grafik: AEE-INTEC.....	137
Abbildung 93: Sondenfeldpotential Auslegung nach Sondenpotential/ Erwartbarer Leistungsbedarf. Grafik: AEE-INTEC.....	137
Abbildung 94: Jahresdauerlinie Wärme und Kälte und Sondenfeldpotential. Grafik: AEE-INTEC.....	138
Abbildung 95: Erdsondenpotential - Wärme- Kältebilanz / Regenerierungsbedarf in Megawattstunden. Grafik: AEE-INTEC.....	138
Abbildung 96: Energiebilanz bei 100% Fernwärme/Fenkälte. Sankey Diagramm. Grafik: AEE-INTEC.	140
Abbildung 97: Energiebilanz bei Versorgung mit Erdsonden/ Anergie /Photovoltaik und Wärmerückgewinnung Abwasser– Sankey Diagramm. Grafik: AEE-INTEC.....	140
Abbildung 98: Resultierende CO ₂ -Emissionen aus der Wärme und Kälteversorgung mit unterschiedlichen Quellen. Grafik: AEE-INTEC.....	141
Abbildung 99: 3d Modellraum der Grünfassade für die IDA-ICE Simulation und untersuchte Varianten der Fassadenbegrünung. Grafik: Tin Lok Wong, AEE-INTEC.....	143
Abbildung 100: Mögliche Energieeinsparung durch unterschiedlich dichte Begrünung mittels der Modellfassade in Süd- bzw. Westorientierung. Oben: Gesamteinsparung. Unter: Aufschlüsselung der einzelnen Bedarfe. Quelle: Masterarbeit Tin Lok Wong, AEE-INTEC.....	144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahl relevanter Vorprojekte	25
Tabelle 2: Nutzenergiebedarf der Post City Gardens. Stand Vorentwurfsplanung.	63
Tabelle 3: Beispielhaft der Wasserbedarf für Strauchflächen (Gesamtquartier).....	83
Tabelle 4: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für das Gesamtquartier	83
Tabelle 5: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld D	85
Tabelle 6: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld G	85
Tabelle 7: Wasserbilanz aus Niederschlag und Bewässerungsbedarf für Baufeld H	86
Tabelle 8: Verteilung von Sickerboxen und Retentionsvolumina auf die Baufelder.....	87
Tabelle 9: Kohlenstoffbindung und CO ₂ -Bindung aus der Atmosphäre von 560 Bäumen der Post City Gardens (errechnet mit <i>iTree My Tree</i>).....	109
Tabelle 10: Potentiale für weitere Projekte in den Post City Gardens.....	148

Literaturverzeichnis

- Baccini, M./Biggeri, A./Accetta, G./Kosatsky, T./Katsouyanni, K./Analitis, A./Anderson, H. R./Bisanti, L./D'Ippoliti, D./Danova, J./Forsberg, B./Medina, S./Paldy, A./Rabczenko, D./Schindler, C./Michelozzi, P. (2008): Heat Effects on Mortality in 15 European Cities, *Epidemiology*, 09., Vol. 19 (5), S. 711–719, Online unter <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318176bfcd>.
- Chun, B./Guldmann, J.-M. (2014): Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities, *Landscape and Urban Planning*, 01.05., Vol. 125, S. 76–88, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.016>.
- Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet (Text von Bedeutung für den EWR), OJ L 442 2021, 04.06., Online unter http://data.europa.eu/eli/reg_del/2021/2139/oj/deu [Stand: 26.07.2023].
- EU Biodiversitätsstrategie für 2030 (2020): MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 Mehr Raum für die Natur in unserem Leben, 2020, Online unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380> [Stand: 26.07.2023].
- Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2012): Grüne Vielfalt - Qualität der Stadt, Strategie für die Entwicklung der Biodiversität, Online unter <https://www.hamburg.de/contentblob/3809296/91944b054c2e229293cb55341cec8d3e/dat a/broschuere-gruene-vielfalt-qualitaet-der-stadt.pdf> [Stand: 26.07.2023].
- García, A./Partl, M. N. (2014): How to transform an asphalt concrete pavement into a solar turbine, *Applied Energy*, 15.04., Vol. 119, S. 431–437, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.01.006>.
- Heavyside, C./Macintyre, H./Vardoulakis, S. (2017): The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment, *Current Environmental Health Reports*, 01.09., Vol. 4 (3), S. 296–305, Online unter <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>.
- Hou, H./Longyang, Q./Su, H./Zeng, R./Xu, T./Wang, Z.-H. (2023): Prioritizing environmental determinants of urban heat islands: A machine learning study for major cities in China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 01.08., Vol. 122, S. 103411, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103411>.
- Jorzik, O. (2020): Natur in die Stadt. Mit seinem Biodiversitätsplan geht Paris neue Wege, *ESKP-Themenspezial: Biodiversität*, S. 350 KB, 199–204, Online unter <https://doi.org/10.2312/ESKP.2020.1.8.4>.
- Klein, D./Schulz, C. (2011): Kohlenstoffspeicherung von Bäumen - Merkblatt 27 der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, 07., Online unter <https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb-27-kohlenstoffspeicherung-2.pdf> [Stand: 26.09.2023].
- Kogler, M./Kraus, F./Frühwirt, G./Pitha, U./Scharf, B./Feher-Lehrner, M./Lins, S./Seirafi, A./Seirafi, P./Jech, M. (2023): GREeNvaluation - Echtzeit Monitoring und Leistungsevaluierung, *Schriftenreihe - Berichte aus Energie- und Umweltforschung*, 01., Online unter <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/publikationen/schriftenreihe-2023-37-green-valuation.php>.
- Kriesi, R./Rohner, E./Flückiger, D./Streiff, M. (2019): Potentialabschätzung Asphaltkollektoren. Massnahme VR\$ des Massnahmenplans Verminderung der Treibhausgase, 11., Online unter

- https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/energie/pilotprojekte/studie_potenzialabschaetzung_asphaltdaemmerungen.pdf [Stand: 16.03.2023].
- Kropp, J. P. (2019): 6.13 Stadtstruktur und Klimawandel: Warum sind urbane Transformationen so schwierig zu gestalten?, in: Lozán, J. L./Breckle, S.-W./Graßl, H./Kuttler, W./Matzarakis, A. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Die Städte., 03.11., S. 280–285, Online unter <https://www.fdr.uni-hamburg.de/record/9358>.
- Liao, K.-H./Deng, S./Tan, P. Y. (2017): Blue-green infrastructure: new frontier for sustainable urban stormwater management, in: Greening cities: Forms and functions, S. 203–226.
- Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung (Hrsg.) (2013): Regenwassermanagement. Nachhaltiger Umgang mit wertvollem Regenwasser., Online unter https://www.wien.gv.at/wienatshop/Gast_bestellservice/Start.aspx?Artikel=271098.
- Magli, S./Lodi, C./Lombroso, L./Muscio, A./Teggi, S. (2015): Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 01.03., Vol. 6 (1), S. 91–99, Online unter <https://doi.org/10.1007/s40095-014-0154-9>.
- Moriyama, M. (2020): Adaption Measures for Urban Heat Islands, 01.01., Online unter <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817624-5.00007-5> [Stand: 10.08.2023].
- Naafs, Saskja (o. J.): Rainproof Magazine, Online unter https://www.rainproof.nl/app/uploads/2023/05/RAINPROOF-MAGAZINE-ENGELS_compressed.pdf [Stand: 24.09.2023].
- Obrist, M. K./Sattler, T./Home, R./Gloor, S./Bontadina, F./Nobis, M./Braaker, S./Duelli, P./Bauer, N./Bruna, P. D./Hunziker, M./Moretti, M. (2012): Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur, Merkbl. Prax.
- Partoll, M./Staller, H./Nussmüller, W./Heimrath, R./Halmdienst, C./Rainer, E./Passer, A./Kreiner, H./Oblak, H. (2016): Subprojekt 3 des Leitprojektes „ECR Energy City Graz - Reininghaus“, Nachhaltigwirtschaften, Nachhaltigwirtschaften, Vol. 11/2016.
- Pfanner, B. (2020): Urbane grüne und blaue Infrastruktur im Straßennetzwerk als Mittel zur Klimawandelanpassung : strategische Weichenstellung für eine klimasensitive Stadtplanung für den zweiten Wiener Gemeindebezirk Leopoldstadt, Thesis an der Wien, Online unter <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/1107> [Stand: 08.08.2023].
- Pfoser, N. (2018): Vertikale Begrünung: Bauweisen und Planungsgrundlagen zur Begrünung von Wänden und Fassaden mit und ohne natürlichen Boden-/Bodenwasseranschluss, in: Fachbibliothek grün, Stuttgart.
- Pfoser, N./Jenner, N./Henrich, J./Heusinger, J./Weber, S. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen, Darmstadt, S. 305.
- Santamouris, M. (2014): On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings, Energy and Buildings, 01.10., Vol. 82, S. 100–113, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.022>.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (Hrsg.) (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, 03.
- Sommer, H. (2018): Detail 0718 | PDF, Regenwasser dezentral bewirtschaften, 7/8.2018, Online unter <https://www.scribd.com/document/389144510/Detail-0718> [Stand: 19.09.2023].

- Staller, H./Rainer, E./Heimrath, R./Halmdienst, C./Grabner, M. (2016): +ERS - Plus Energy Network Reininghaus Süd: a pilot project towards an energy self-sufficient urban district, *Energy and Buildings*, Vol. 115, S. 138–147, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.049>.
- Ströhle, K./Fritthum, R./Oberbichler, C./Dyk, G./Grimm, K./Wagner, J./Haas, M./Schmidt, T./Gruchmann-Bernau, E. (2020): ÖNORM L1131 Beiblatt - Regenwasserbewirtschaftung mit Gründächern.
- Sun, J./Cheshmehzangi, A./Wang, S. (2020): Green Infrastructure Practice and a Sustainability Key Performance Indicators Framework for Neighbourhood-Level Construction of Sponge City Programme, *Journal of Environmental Protection*, 20.01., Vol. 11 (2), S. 82–109, Online unter <https://doi.org/10.4236/jep.2020.112007>.
- Townsend-Small, A./Czimczik, C. I. (2010): Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf, *Geophysical Research Letters*, Vol. 37 (2), Online unter <https://doi.org/10.1029/2009GL041675> [Stand: 27.09.2023].
- Vandermeulen, V./Verspecht, A./Vermeire, B./Van Huylenbroeck, G./Gellynck, X. (2011): The use of economic valuation to create public support for green infrastructure investments in urban areas, *Landscape and Urban Planning*, 30.11., Vol. 103 (2), S. 198–206, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.010>.
- Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (Text von Bedeutung für den EWR), OJ L 198 2020, 18.06., Online unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj/deu> [Stand: 26.07.2023].
- Weisser, T. E. H. & W. W. (2015): AAD Animal-Aided Design, Online unter <https://mediatum.ub.tum.de/1246123> [Stand: 26.07.2023].
- Wong, N. H./Jusuf, S. K./Syafii, N. I./Chen, Y./Hajadi, N./Sathyanarayanan, H./Manickavasagam, Y. V. (2011): Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption, *Solar Energy*, 01.01., Vol. 85 (1), S. 57–71, Online unter <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.11.002>.
- Wong, T. L. (2022): Advanced control strategies for adaptive facades - A comparison between the climate in Austria and China, University of Applied Sciences Upper Austria.
- Yin, D./Xu, C./Jia, H./Yang, Y./Sun, C./Wang, Q./Liu, S. (2022): Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration, *Water*, 01., Vol. 14 (10), S. 1531, Online unter <https://doi.org/10.3390/w14101531>.

9 Anhang

9.1. Greenpass – Pre Certification (separates PDF)

9.2. Biodiversitätskonzept angelehnt an Animal-Aided Design, AAD® (separates PDF)

9.3. Umsetzungskonzept (separates PDF)

9.4. Data Management Plan (DMP) – Opt out

Im Sondierungsprojekt wurden keine großen, strukturierten Datenmengen generiert. Neben den Flächen- und Nutzungsdaten sowie Plänen und Gutachten aus dem Realisierungsprojekt, die vertraulich sind, wurden als Input-Daten nur öffentlich zugängliche Klimadaten verwendet, die bei den jeweiligen Berechnungen detailliert als Quellen angegeben sind. Alle wesentlichen Ergebnisdaten sind aus punktuell durchgeführten Berechnungen sind im vorliegenden publizierbaren Endbericht veröffentlicht.

