

# GreenTech-Renovation

Energetische Sanierung von gläsernen Gebäuden  
von architektonischem Wert

S. Tillner, A. Willinger, S. Stockhammer,  
T. Zelger, J. Leibold, E. Paráda, D. Bell,  
P. Bauer, L. Zeilbauer,  
S. Formanek, K. Mauss,

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**74/2023**

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

Silja Tillner, Alfred Willinger, Sophie Stockhammer, Mahshid Rezaei (Architekten Tillner & Willinger ZT GmbH)

Thomas Zelger, Jens Leibold, Daniel Bell, Edit Paráda (FH Technikum Wien)

Peter Bauer, Lukas Zeilbauer, Dario Schmid (Technische Universität Wien)

Bernhard Lipp, Hildegund Figl, Rudolf Binting, Veronika Huemer-Kals, Andreas Galosi-Kaulich, Tudor Dobra (IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie)

Susanne Formanek, Katharina Mauss (GrünStattGrau)

Andreas Vass (Hubmann Vass Architekten)

Franz Graf (EPFL, Laboratorium für Techniken und Denkmalpflege moderner Architektur)

Daniel Podmirsek, Rainhard Rutkowski (vertical farm institute)

Wien, 2023

# GreenTech-Renovation

Energetische Sanierung von gläsernen Gebäuden von architektonischem Wert

Arch. Prof.in Mag. Arch. Silja Tillner, Arch. Dipl.-Ing. Alfred Willinger,  
Dipl.-Ing.in Sophie Stockhammer, BSc, Mahshid Rezaei, MSc  
Architekten Tillner & Willinger ZT GmbH

Dipl.-Ing. Thomas Zelger, Jens Leibold, MSc, Mag. Daniel Bell, Edit Paráda, BSc  
FH Technikum Wien

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Peter Bauer, Dipl.-Ing. Lukas Zeilbauer, Dario Schmid, BSc  
Technische Universität Wien

Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Lipp, Mag. Hildegund Figl, Mag. (FH) Rudolf Binting,  
Mag. Veronika Huemer-Kals, Andreas Galosi-Kaulich, MSc, Dipl.-Ing. Tudor Dobra  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

Dipl.-Ing.in Susanne Formanek, Katharina Mauss, BSc  
GrünStattGrau

Sub-Auftragnehmer:innen:

Architekt Mag. arch. Andreas Vass  
Hubmann Vass Architekten

Architekt Prof. Franz Graf  
EPFL, Laboratorium für Techniken und Denkmalpflege moderner Architektur

Dr. techn. Mag. arch. Daniel Podmirseg, Rainhard Rutkowski  
vertical farm institute

Wien, Dezember 2022

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)





## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). 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 BMK publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM  
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Kurzfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Abstract.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Ausgangslage .....</b>	<b>11</b>
3.1. Innovationsgehalt	11
3.1.1. Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben	11
3.1.2. Ziele	20
3.2. Stand der Technik/Stand des Wissens	21
3.2.1. Der Stand der Technik in der Sanierung von Bestandsgebäuden	21
3.2.2. Der Stand der Technik in der energetischen Sanierung von Bestandsbauten	23
3.2.3. Der Stand der Technik in der Begrünung von Glasbauten	24
3.2.4. Der Stand der Technik in der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen	27
<b>4. Projektinhalt.....</b>	<b>30</b>
4.1. Vorgangsweise	30
4.2. Methoden und verwendete Daten	31
4.2.1. Potentialanalyse und Zieldefinition (AP2)	31
4.2.2. Sondierung Architektur (AP3)	45
4.2.3. Sondierung Energiekonzept (AP4)	54
4.2.4. Synergien (Fokus: Sondierung Bauwerksbegrünung) (AP5)	108
4.2.5. Ökologische, ökonomische und soziale Evaluierung der Maßnahmen (AP6)	114
4.2.6. Conclusio und Übertragbarkeit (AP7)	128
<b>5. Ergebnisse .....</b>	<b>129</b>
<b>6. Schlussfolgerungen .....</b>	<b>134</b>
<b>7. Ausblick und Empfehlungen .....</b>	<b>137</b>
<b>8. Verzeichnisse .....</b>	<b>142</b>
<b>9. Anhang.....</b>	<b>150</b>

# 1. Kurzfassung

Der Schwerpunkt des Projekts *GreenTech-Renovation* ist, innovative Lösungen zur energetischen Sanierung von architektonisch wertvollen Bauten mit hohem Glasanteil zu finden. Dafür soll ein zukunftsweisendes bauphysikalisches Konzept entwickelt werden, das den Einsatz alternativer Energieformen beinhaltet. Ein intelligentes Nutzungskonzept könnte mit ökologischem und sozialem Engagement die energetischen Sanierungskonzepte verstärken und deren Nachhaltigkeit garantieren. Die „10 R“ der Kreislaufwirtschaft dienen dabei als Leitlinie.

## a. Motivation und Forschungsfragen

- Wie können architektonisch wertvolle Gebäude mit hohem Glasanteil energetisch saniert werden?
- Wie kann der Energieverbrauch bei Bestandsbauten mit hohem Glasanteil reduziert werden?
- Wie können erneuerbare Energiequellen bei Bestandsbauten erschlossen und eingesetzt werden?

## b. Ausgangssituation/Status Quo

Die Klimapolitik sieht einen dringenden Bedarf an energetischer Sanierung von Bestandsbauten. Eine besondere Herausforderung stellen Bauten mit architektonischem Wert, die bereits unter Denkmalschutz stehen oder denkmalwürdig sind, dar. Sie sind Teil unseres kulturellen Erbes und verdienen deshalb, unabhängig von ihrem Schutzstatus, besondere Aufmerksamkeit bei der Sanierung. Als Demonstrationsprojekt für diese Forschungsarbeit soll die Schule am Kinkplatz von Helmut Richter dienen, da bei diesem Gebäude sehr viele Themen zur sinnvollen energetischen Sanierung exemplarisch bearbeitet werden können. Gebäude mit hohem Glasanteil haben ganzjährig einen höheren Energieverbrauch und sind selten an erneuerbare Energiequellen angeschlossen. Sie haben daher einen überdurchschnittlichen Anteil an CO<sub>2</sub>-Emission und Energieverbrauch.

## c. Projektinhalte und Zielsetzungen

Schwerpunkt der Forschung ist, innovative Lösungen zur energetischen, ökologischen und sozialen Revitalisierung von architektonisch wertvollen Bauten mit hohem Glasanteil zu finden. Es sollen Querverbindungen zu aktuell laufenden Initiativen auf europäischer Ebene hergestellt werden, da das gegenständliche Sondierungsprojekt diesbezügliche Kriterien auf mehreren Ebenen trefflich erfüllt. Die Themen CO<sub>2</sub>-Einsparung, Kreislaufwirtschaft, Sanierung eines herausragenden, anspruchsvollen Gebäudes, angepasstes Nutzungskonzept, Innovation, Einsatz erneuerbarer Energie, Bauwerksbegrünung, Nutzer:inneneinbindung werden alle in dem Projekt „Green-Tech-Renovation“ behandelt. Das Ziel ist die Entwicklung von verschiedenen Lösungskonzepten zur Erfüllung der gestellten Aufgabe und deren Bewertung. Die Konzepte sollen ein breites Spektrum abdecken und innovative Ansätze verfolgen. Die Übertragbarkeit der Strategien und Lösungen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen soll deren Reichweite und Wirkung erhöhen.

## d. Methodische Vorgehensweise

Aufbauend auf der ausführlichen Analyse wurden die Maßnahmen für das Demonstrationsobjekt stetig weiterentwickelt. Dabei wurden Nutzungskonzepte in fünf Szenarien berücksichtigt. Das Energiekonzept mit der Verwendung erneuerbarer Energiequellen wurde in enger Abstimmung zwischen den

Energieexpert:innen, Bauphysiker:innen und Architekt:innen entwickelt, um sichtbare Maßnahmen an den geeigneten Stellen und mit den entsprechenden Methoden vorzusehen.

Die Einbindung von Expert:innen und Forschungseinrichtungen aus den Bereichen der erneuerbaren Energie, Glastechnologie, PV und Gebäudeforschung ermöglichte den internationalen Austausch und die Kenntnisse zu vergleichbaren Projekten in Europa, dort untersuchten und State-of-the-Science-Lösungen, sowie in Entwicklung befindlicher, neuer Technologien, die in der energetischen Sanierung gläserner Bauten zur Anwendung kommen könnten. Die Berücksichtigung von synergetischen Maßnahmen wie der Gebäudebegrünung ermöglicht eine weitere CO<sub>2</sub>-Reduktion, eine kostenneutrale Komforterrhöhung und die Unterstützung der Energieproduktion.

#### **e. Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Die inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit hat von Anfang an gezeigt, dass in der Gegenwart und Zukunft bei den anspruchsvollen Aufgaben im Zusammenhang mit der energetischen Gebäudesanierung nicht mehr linear, sondern zirkulär geplant werden muss. In der zirkulären Arbeitsweise erfolgt zuerst die ausführliche Analyse des Gebäudebestands; die Ziele für die Sanierung werden flexibel den Erkenntnissen angepasst, um den Aufwand, Materialeinsatz, Energieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu minimieren, den Einsatz erneuerbarer Energie zu maximieren und die Integrität des Gebäudebestands dabei bestmöglich zu bewahren. Das Ergebnis ist ein Konzept das unter Zusammenwirken aller Maßnahmen, d.h. der thermischen Sanierung, dem Einsatz erneuerbarer Energiequellen (PV und BIPV, Erdsonden) die CO<sub>2</sub>-Neutralität und das bilanzielle Plus in der Stromproduktion ein architektonisch wertvolles Gebäude mit ehemals hohem Energiebedarf und Komfortdefiziten zu einem Leuchtturmprojekt mit guter Nutzbarkeit und angenehmen Raumklima macht. Das Resümee ist daher, dass diese Planungsweise Standard werden muss, um die Energiewende und die Erhöhung der Sanierungsrate von derzeit 1,5% auf mindestens 3% zu bewältigen. Die derzeit hohen Kosten für Energie, Material und Löhne sowie der Fachkräftemangel bestärken Sanierungsmethoden, die erhöhten Aufwand in der Analyse- und Konzeptphase betreiben und dadurch reduzierte bauliche Maßnahmen gezielt und effektiv einsetzen.

#### **f. Ausblick**

Die zum Zeitpunkt des Antrags getroffene Annahme, dass die energetische Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil ein dringend zu behandelndes Thema sein wird, hat sich durch die enorm gestiegenen Energiekosten noch mehr bewahrheitet. In Kombination mit den in der EU gesetzten Zielen zur CO<sub>2</sub>-Neutralität und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft wird die Vorgangsweise, den gebauten Bestand auch bei schwierigen Ausgangslagen für Sanierung und Nachnutzung zu bewahren, eindeutig bestätigt. Die Einbindung internationaler Expert:innen und Forschungseinrichtungen hat gezeigt, dass das Thema von *GreenTech-Renovation* auch international aktuell ist, und es vorbildhafter, übertragbarer Lösungen bedarf. Replizierbare Lösungen, z.B. in Modulbauweise, werden zunehmend gefragt und es bedarf dafür geeigneter Bausteine. Die gestiegenen Material- und Energiekosten werden die generelle Anwendung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft beschleunigen. Daher können die in *GreenTech-Renovation* entwickelten, einzelnen, übertragbaren Maßnahmen auf unterschiedliche Fälle angewandt werden. Das dafür erforderliche internationale Netzwerk zur Dissemination und Replikation war bereits im Team vorhanden, wurde im Zuge der Forschungsarbeit konsolidiert und erweitert sowie aktuell und in Zukunft weiter ausgebaut.

## 2. Abstract

The focus of the *GreenTech-Renovation* project is to find innovative solutions for the energetic refurbishment of architecturally valuable buildings with a high proportion of glass. To achieve this, a forward-looking building physics concept is to be developed that includes the use of alternative forms of energy. An intelligent usage concept could strengthen the energetic renovation concepts with ecological and social commitment and guarantee their sustainability. The “10 Rs” of the circular economy serve as a guideline.

### a. Motivation and Research Questions

- How can architecturally valuable buildings with a high proportion of glass be energetically renovated?
- How can the energy consumption of existing buildings with a high proportion of glass be reduced?
- How can renewable energy sources be developed and used in existing buildings?

### b. Initial Situation/Status Quo

Climate policy sees an urgent need for the energy-efficient refurbishment of existing buildings. Buildings with architectural value that are already under monument protection or worthy of being listed pose a particular challenge. They are part of our cultural heritage and therefore deserve special attention during renovation, regardless of their protection status. Helmut Richter’s School on Kinkplatz is to serve as a demonstration project for this research work, as many issues relating to sensible, energy-saving renovation can be exemplary addressed through this structure. Buildings with a high proportion of glass consume more energy all year round and are rarely connected to renewable energy sources. They thus have an above-average share of CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption.

### c. Project Content and Objectives

The focus of the research is on finding innovative solutions for the energetic, ecological and social revitalization of architecturally valuable buildings with a high proportion of glass. Cross-links to current initiatives at the European level were to be established, since the exploratory project in question fulfills the relevant criteria on several levels. In the *GreenTech-Renovation* project, the topics of CO<sub>2</sub> reduction, circular economy, the renovation of an outstanding, sophisticated building, adapted usage concept, innovation, the use of renewable energy, building greening and user integration are all dealt with. The goal was to develop different solution concepts for the fulfillment of the posed task and to evaluate them. The concepts are to cover a broad spectrum and pursue innovative approaches. The transferability of the strategies and solutions for reducing energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions are to increase their reach and impact.

### d. Methodical Approach

Based on the detailed analysis, the measures for the demonstration object were continuously developed. Utilization concepts in five scenarios were taken into consideration. The energy concept with the use of renewable energy sources was developed in close cooperation between the energy experts, building physicists and architects to provide visible measures in the appropriate places and with the corresponding methods.

The involvement of experts and research institutions from the fields of renewable energy, glass technology, photovoltaics and building research enabled international exchange and knowledge of comparable projects in Europe, of state-of-the-science solutions and those being researched or under development there, as well as new technologies that could be applied in the energetic refurbishment of glass buildings. Considering synergetic measures such as building greening makes a further CO<sub>2</sub> reduction, a cost-neutral increase in comfort and the support of energy production possible.

#### **e. Results and Conclusions**

From the outset, interdisciplinary and transdisciplinary cooperation has shown that in the present and in the future, when it comes to the demanding tasks associated with energy-efficient building refurbishment, planning must no longer be linear, but circular. In the circular working method, the building stock is first analyzed in detail; the refurbishment goals are flexibly adapted to the findings to minimize the effort, material usage, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions, to maximize the use of renewable energy and to preserve the integrity of the building stock as best as possible. The result is a concept that, with the interaction of all measures, i.e., thermal renovation, the use of renewable energy sources (PV and BIPV, geothermal probes), CO<sub>2</sub> neutrality and a positive balance in electricity production, makes an architecturally valuable building with formerly high energy requirements and comfort deficits into a lighthouse project with good usability and a pleasant indoor climate. The conclusion, therefore, is that this planning method must become standard in order to cope with the energy transition and the increase in the renovation rate from the current 1.5% to at least 3%. The currently high costs for energy, material and wages, as well as the shortage of skilled workers, encourage renovation methods that require more effort in the analysis and concept phase and thus use reduced construction measures in a targeted and effective manner.

#### **f. Outlook**

The assumption made at the time of the application that the energetic refurbishment of buildings with a high proportion of glass will be an issue that needs to be urgently addressed has become even more true due to the enormous rise in energy costs. In combination with the goals set in the EU for CO<sub>2</sub> neutrality and the principles of the circular economy, the procedure of preserving the built stock, even in difficult starting situations for renovation and subsequent use, is clearly confirmed. The involvement of international experts and research institutions has shown that the topic of *GreenTech-Renovation* is also relevant worldwide and that exemplary, transferrable solutions are needed. Replicable solutions, e.g., in modular design, are increasingly in demand and suitable building blocks are necessary. Increased material and energy costs will accelerate the mainstreaming of circular economy principles. Therefore, the individual, transferrable measures developed in *GreenTech-Renovation* can be applied to different cases. The international network for dissemination and replication required for this was already available in the team, was consolidated and extended during the research work and is currently being and will be further expanded in the future.

# 3. Ausgangslage

## 3.1. Innovationsgehalt

### 3.1.1. Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben

#### Innovationsbedarf Sanierung

Die Klimapolitik sieht einen dringenden Bedarf an energetischer Sanierung von Bestandsbauten. Bei der Sanierung von öffentlichen und privaten Bestandsbauten für Büro, Gewerbe, Bildung und somit allen Nutzungen außer Wohnen steht oft eine Umnutzung an. Es werden aus Vorsicht viele Maßnahmen geplant, die nicht für alle Nutzungen erforderlich sind. Zum Beispiel wird das Ziel verfolgt, das ganze Jahr Standardtemperaturen von 23 °C zu gewährleisten, um eine optimale und flexible Verwertbarkeit sicherzustellen. Dies führt zu mehr Baumaßnahmen und damit gesteigertem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, höheren Errichtungskosten und letztlich zu höheren Mieten.

Eine besondere Herausforderung stellen Bauten mit denkmalpflegerischem Wert dar. Sie sind Teil unseres kulturellen Erbes und verdienen deshalb unabhängig von ihrem Schutzstatus besondere Aufmerksamkeit bei der Sanierung. Die Verbesserung ihrer Energieeffizienz stellt in dem Zusammenhang eine besondere Herausforderung dar, weil bei Respektierung ihrer Integrität viele übliche effizienzsteigernde Maßnahmen nicht anwendbar sind. Die Sanierung historischer Bauten bis zum Beginn der Moderne nach dem 1. Weltkrieg wurde bereits ausgiebig dokumentiert, sodass sowohl Expert:innen, Denkmalpfleger:innen als auch die Industrie über ein breites Wissen verfügen. Bei Bauten ab 1920 besteht jedoch noch weniger Wissen zur energetischen Sanierung unter Berücksichtigung des Charakters und der Integrität des Bauwerks. Großer Nachholbedarf besteht insbesondere bei Bauten aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, da erst wenige dieser Ära unter Schutz gestellt und eine noch geringere Anzahl bereits energetisch saniert wurden.

Der vermehrte Einsatz von bewehrtem Beton, Stahl und Glas als Baumaterialien und eine größere Transparenz mit entsprechend höherem Glasanteil stellen andere Herausforderungen als bei klassisch errichteten Bauten dar. Insbesondere die energetische Sanierung von Gebäuden der Nachkriegsmoderne ist noch zu wenig erforscht, da über diese auch weniger denkmalpflegerisches Wissen besteht. Die Herausforderung liegt in der Entwicklung wirksamer Konzepte unter Zusammenwirkung von denkmalpflegerischen und bautechnischen Themen. Auch viele Bauten des letzten Viertels des 20. Jahrhunderts wurden im Geist der internationalen Moderne errichtet und sind durch ihren hohen baukünstlerischen, architektonischen Wert in der Fachwelt bekannt, stehen jedoch aus Zeitgründen noch nicht unter Denkmalschutz. Sie sind daher bei der Sanierung mit dem gleichen Respekt wie Baudenkmäler zu behandeln.

Die energetische Sanierung von Bestandsbauten stellt einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Energie- und Klimaziele im Gebäudesektor und somit zur Reduktion der Treibhausgasemissionen dar. Es gilt, den Energieverbrauch durch die Steigerung der Effizienz zu senken. Übliche Maßnahmen, wie eine Dämmung der Gebäudehülle, Dichtung oder Austausch ineffizienter Fenster sowie der Einsatz



hocheffizienter anlagentechnischer Systeme für Heizung, Kühlung und Beleuchtungstechnik, sind bei Bestandsbauten aus technischen und wirtschaftlichen Grenzen oft nicht in vollem Umfang umsetzbar. Es gilt daher, alle Sanierungen, Kosten und Nutzen der einzelnen Maßnahmen abzuwägen. Bei architektonisch wertvollen Bauten verringert sich das Spektrum der anwendbaren Sanierungsmaßnahmen, und es erhöhen sich deren Kosten, da auf weniger in der Masse verfügbare Materialien und Methoden zurückgegriffen werden kann und deren Einsatz mit größter Sorgfalt geplant werden muss. Die energetische Verbesserung muss architektonische und baukulturelle Qualitätsansprüche erfüllen. *„Gerade bei erhaltenswerter Architektur, die noch nicht unter Denkmalschutz steht, kann es besonders schwierig sein, die energetischen Einsparpotentiale zu aktivieren und dabei gleichzeitig die hohen architektonischen Qualitäten zu erhalten oder sogar zu stärken. Nur im sensiblen Umgang mit dem Alten können Werte für die Zukunft entstehen. Die energetische Sanierung bietet sich als Auslöser einer ganzheitlichen und individuellen Bestandssicherung an.“<sup>1</sup>*

### **Innovationsbedarf energetischer Sanierung**

Es gilt zu untersuchen, wie eine energetische Sanierung erfolgen kann, ohne diese Gebäude in ihrem Erscheinungsbild zu sehr zu verändern, sodass der architektonische und denkmalpflegerische Wert nicht verloren geht. Positive Referenzbeispiele für Sanierungen dieser Ära sind vor allem bei Wohnbauten zu finden. Im Bereich der „Nichtwohngebäude“ gibt es in ganz Europa zu wenige gelungene Beispiele von Sanierungen von wertvollem Kulturerbe des 20. Jahrhunderts, aber viele, bei denen die baukünstlerische Qualität durch die Sanierung vermindert wurde. Die Gründe dafür sind vielfältig, vor allem fehlen ausreichend dokumentierte Referenzprojekte, um einen Wissenstransfer zu gewährleisten. Die architektonische Haltung der Moderne führte bei Gebäuden für öffentliche Nutzung, wie z.B. Bildungseinrichtungen oder auch Bürobauten, und bei Industrie- und Gewerbebauten, zur Sichtbarkeit des Bauskeletts und der Versorgungsleitungen sowie einem hohen Glasanteil, der aufgrund der Glasqualität der Errichtungszeit zu hohen Energieverlusten führt. Die anspruchsvolle Aufgabenstellung erfordert hohes interdisziplinäres Expert:innenwissen und eine gut koordinierte, integrierte Herangehensweise unter der Leitung von erfahrenen Architekt:innen. Sowohl das Know-how in der Planung als auch die qualitätsvolle Umsetzung erfordern ein entsprechendes Baubudget. Um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und den Energieverbrauch zu senken, müssen neue Wege beschritten und ein ganzheitlicher Ansatz gefunden werden. Dazu ist ein interdisziplinär besetztes Team mit Know-how in neuen technischen Entwicklungen erforderlich. Dieses Team kann transdisziplinär unterschiedliche Konzepte entwickeln, die einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen. Da dies im normalen Planungs- und Bauablauf unmöglich ist, bietet dieses Sondierungsprojekt dem speziell für diese Aufgabenstellung zusammengestellten Expert:innenteam die Chance, wegweisende Sanierungsstrategien für die Zukunft zu entwickeln.

### **Innovationsbedarf Begrünung**

Das größte Potential für die Bauwerksbegrünung in Städten besteht im Immobilienbestand. Vom gesamten Baubestand (ca. 2 Mio. Wohngebäude in Österreich) wurden 25% in den Jahren 1961 bis 1980 errichtet. Neben dem dadurch bedingten aktuellen Sanierungsbedarf ist auch der hohe Energiebedarf des Bausektors ausschlaggebend für ein großes Anwendungspotential für Begrünungen am Gebäude. Bewährte Anwendungsfelder und neue innovative Begrünungsmöglichkeiten müssen

---

<sup>1</sup> [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-energetischen-sanieren-gestalten.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-energetischen-sanieren-gestalten.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (abgerufen am 25.10.2022, 16:22)

daher laufend evaluiert und neu gedacht werden. Nachdem Bauwerksbegrünungen eine Wirkung auf die Gebäudeperformance haben, und ungedämmte Gebäudehüllen besser von den Verschattungs- und Dämmleistungen von Fassadenbegrünungen profitieren, eignen sich alte Gebäude sehr gut für Sanierungen mit Bauwerksbegrünungen. Die Auswirkungen der Begrünung (rein in Bezug auf die energetische Gebäudeoptimierung) sind bei gedämmten Fassaden gering. Bei ungedämmten Bestandsgebäuden erzielt Gebäudebegrünung hingegen größere Auswirkungen.

Die Vorteile von Gebäudebegrünung, vor allem für den urbanen Raum, sind in der Fachbranche bereits weitgehend bekannt und erforscht. Jedoch hat das Wissen über ihre Wirkmächtigkeit weder die Bevölkerung noch andere Fachbereiche ausreichend erreicht.

Es gilt die Vorteile durch Begrünungen bei einem Bestandsgebäude mit vielen Glasflächen zu nutzen:

- Ein Bestandteil des Gesamtwärmeverlustes sind die Transmissionswärmeverluste (siehe ÖNORM B 8110-6). Der Einfluss eines Dach- bzw. Fassadenbegrünungssystems auf die Transmissionswärmeverluste und in finaler Folge auf den Heizwärmebedarf, der im Energieausweis abgebildet wird, kann, wie bereits unter der ÖNORM EN ISO 6946 beschrieben, bei der U-Wert-Berechnung Berücksichtigung finden. Bauwerksbegrünungen können so nachweislich zur Gebäudeoptimierung eingesetzt werden.
- Neben der Beeinflussung der Gesamtwärmeverluste können sich gebäudeintegrierte Begrünungssysteme auch positiv auf die Gesamtwärmegewinne auswirken. Solare Wärmegewinne stellen einen Bestandteil dieser Gesamtwärmegewinne dar.

Bei Wohngebäuden ergeben sich die solaren Wärmegewinne aus den transparenten Bauteilflächen abhängig von deren Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  und dem Verschattungsfaktor  $F_s$  sowie einem weiteren Abminderungsfaktor  $F_g$ . Für den Kühlfall werden die transparenten und opaken Bauteilflächen berücksichtigt. Abhängig sind die Gesamtwärmegewinne unter anderem vom Verschattungsfaktor  $F_s$ , dem Gesamtenergiedurchlassgrad mit äußeren Abschlüssen  $g_{tot}$  (berücksichtigt Raffstoren, Jalousien etc.) sowie von der Orientierung und Neigung (ausgedrückt durch den Faktor  $ZON$ ) der transparenten Flächen und vom Absorptionsgrad (durch Faktor  $f_{op}$ ) der opaken Bauteilflächen. Diese könnten bei Gebäuden mit hohem Glasanteil Verwendung finden.

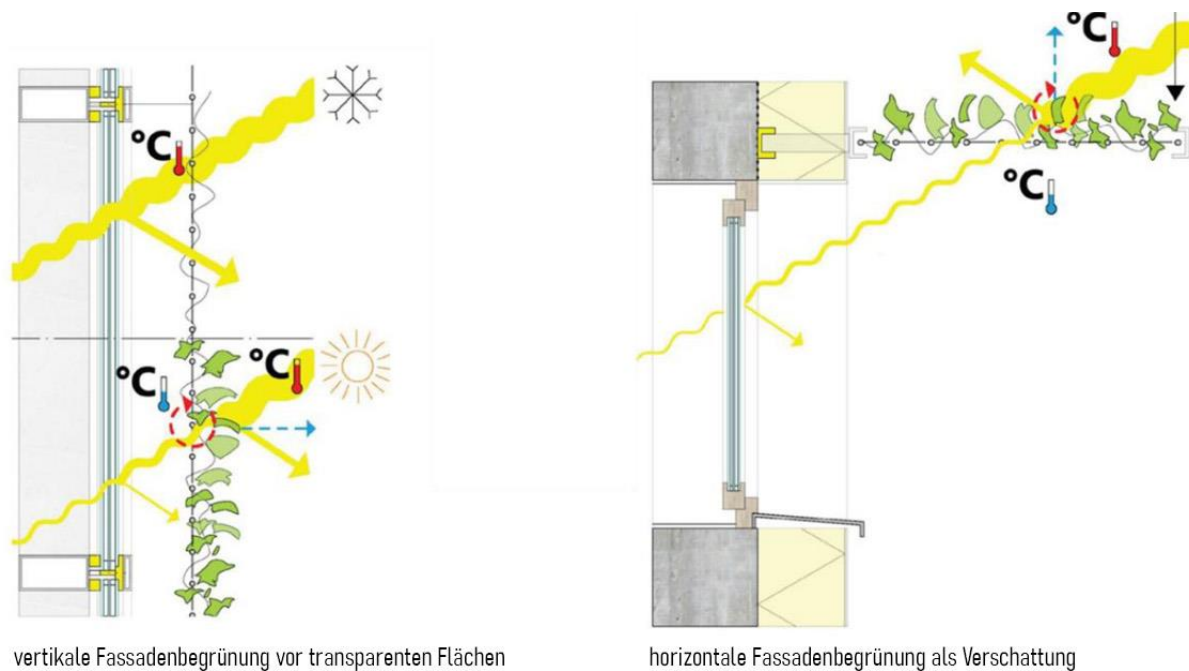


Abbildung 1: Einfluss von vertikalen und horizontalen Fassadenbegrünungen auf die solaren Wärme Gewinne (Quelle: Pfoser N., 2013)

- Für den Verschattungsfaktor  $F_s$  könnten horizontale Begrünungselemente z.B. in Form eines Vordaches bzw. auch vertikale Begrünungselemente berücksichtigt werden. Das heißt, innovative Lösungen zur energetischen Sanierung von architektonisch wertvollen Bauten mit hohem Glasanteil können auch dazu führen, die Gebäudehülle zu verbessern und der sommerlichen Überwärmung durch Begrünung entgegenzusteuern bei gleichzeitiger Reduzierung des Energieverbrauchs und Bindung von  $\text{CO}_2$ .<sup>2</sup>
- Der urbane Wärmeinsel-Effekt (UHI) ist mit einer hohen Gebäudedichte und städtischen Strukturen mit niedrigem Albedo-Koeffizienten verbunden, was dazu führt, dass die Gebäude mehr Sonnenstrahlung absorbieren.<sup>3</sup> Zudem wirken Baumaterialien wie zum Beispiel Glas als Wärmespeicher und strahlen nach Sonnenuntergang Wärme in die Umgebung ab, wodurch sie im Sommer wie eine Heizung wirken. Die reflektierte Strahlung (Albedo) reduziert den Strahlungseintrag, der zum sensiblen und latenten Wärmefluss in das Gebäude beiträgt. Die Albedo ist abhängig von der Art und Beschaffenheit der bestrahlten Fläche sowie vom Spektralbereich der eintreffenden Strahlung. Verschiedene Oberflächen haben eine unterschiedliche Rückstrahlung. Je heller die Oberfläche, desto größer der Anteil der reflektierten Strahlung, und umso höher ist die Albedo. Je höher die Albedo, desto geringer ist die von der Oberfläche aufgenommene Strahlungsenergie und damit die Erwärmung angrenzender Luftschichten. Eine Erhöhung der Albedo senkt also lokale Temperaturen. Begrünte Dächer und Fassaden besitzen das Potential, die Überwärmung städtischer Gebiete zu reduzieren. Pflanzen haben eine unterschiedliche Oberflächengeometrie.<sup>4</sup> Durch erhöhte

<sup>2</sup> C. Kresser, E. Schriefl, H. Schöberl, I. Mühlbauer, S. Formanek, B. Scharf, G. Frühwirth, 2021, Integration von Begrünung in den österreichischen Energieausweis URL: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz\\_pdf/schriftenreihe-2021-43-GREENergieausweis.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2021-43-GREENergieausweis.pdf) (abgerufen am 28.10.2022)

<sup>3</sup> Guiseppa, E., D'Orazio, 2013, Assessment of the effectiveness of cool and green roofs for the mitigation of the Heat Island effect and for the improvement of thermal comfort in Nearly Zero Energy Building, <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.966050>, 134-143 (abgerufen am 28.10.2022)

<sup>4</sup> [https://www.researchgate.net/publication/322538902\\_Gebaudebegrueung\\_und\\_Klimawandel\\_-\\_Anpassung\\_an\\_die\\_Folgen\\_des\\_Klimawandels\\_durch\\_klimawandeltaugliche\\_Begrueung](https://www.researchgate.net/publication/322538902_Gebaudebegrueung_und_Klimawandel_-_Anpassung_an_die_Folgen_des_Klimawandels_durch_klimawandeltaugliche_Begrueung), (abgerufen am 28.10.2022)

Rückstrahlung (Albedo), das Abdecken von Dächern und Wänden mit höherer Albedo und verdunstungsdurchlässigen Oberflächen können die städtischen Temperaturen erheblich sinken. Letzteres kann aufgrund der höheren Albedo und Evapotranspiration bei Pflanzen zu stärkeren Temperaturabfällen führen und als sehr effektiver Kühler im heißen Sommer wirken. Auf Gebäudeebene kommt es dabei zu einer Verringerung des durch ein Gebäude absorbierten Anteils der eingestrahlten Energie. Bei Betrachtung einer mikroklimatischen Studie ist die Menge an Vegetation, die auf einem Gebäude platziert ist, und ihre Position (Dächer, Wände oder beides) ein dominanter Faktor. Die Verschattungswirkung der Vegetation verhindert das Aufheizen des unterliegenden Baumaterials des Daches bzw. der Fassade. Zusätzlich kann die Umgebungstemperatur des begrünten Daches oder der begrünten Fassade durch Verdunstungskühlung von Vegetation und Substrat gesenkt werden. Begrünte Dächer und Fassaden können die Albedo stark variieren, von 13% bis 21%. Die Albedos variieren je nach Farbe und Feuchtigkeit des Substrats, Vitalität und Höhe der Pflanzen. Die Albedo-Werte liegen bei Standardbedachungen bei 7% für Polymerbitumenmembranen, 24% für Metallblechdächer und 38% für Kiesdächer. Obwohl unbegrünte Dachflächen wie Kies eine deutlich höhere Albedo aufweisen können, führen sie aufgrund ihrer Unfähigkeit zur Evapotranspiration zu höheren Oberflächen- und oberflächennahen Temperaturen als begrünte Dächer. Die Reflexion der Globalstrahlung (Albedo) und die Umwandlung in sensible, latente Wärmeströme beeinflusst natürlich sowohl den Wärmestrom aus dem Boden als auch jenen ins Gebäude.<sup>5</sup>

- Der Kühleffekt steht in Korrelation zur Evapotranspiration der Pflanzen in Abhängigkeit der Wasserverfügbarkeit und dem Bedeckungsgrad. Nicht fachgemäße Bepflanzung und Lücken im Bestand müssen durch sorgfältige Planung, Umsetzung und Pflege der Begrünung vermieden werden.<sup>6</sup>
- Die verwendeten Pflanzenarten und die Artenzusammensetzung beeinflussen die Kühl- und Dämmwirkung ebenfalls. In Abhängigkeit der pflanzenspezifischen Eigenschaften wie beispielsweise Transpirationsrate, Blattgröße und Albedo unterscheidet sich die erzielte Wirkung.<sup>7</sup> Durch die vegetationspezifische saisonale Variabilität zeigen sich außerdem Unterschiede im Jahresgang<sup>8</sup>. Der tatsächliche Temperatureffekt ist auf Stadtebene auch vom prozentualen Anteil begrünter Dächer, dem Verhältnis von Dachfläche zu anderer (vor allem versiegelter) Fläche und der Stadtstruktur (Gebäudehöhe und -geometrie, Bebauungsdichte etc.) abhängig.<sup>9</sup> Die positive Wirkung nimmt vor allem mit zunehmender Gebäudehöhe stark ab und ist bei Hochhäusern nur noch wenig vorhanden.<sup>10</sup> Vor allem bei extensiver Begrünung von Schräg- oder Steildächern mit höherem Neigungswinkel gewinnt zudem die Ausrichtung des Gebäudes durch den unterschiedlichen Strahlungseinfall im Tagesverlauf an Einfluss. Der Kühlungseffekt der Fassadenbegrünung ist auch in schmalen Straßen größer als bei breiteren Straßen, in denen die Lufttemperatur zunehmend von der horizontalen, versiegelten Straßenfläche beeinflusst wird.
- Zudem erfüllen Bauwerksbegrünungen noch zahlreiche andere Funktionen wie u.a. Verbesserung von lokalem Regenwasserrückhalt (Retentionsleistung = Verdunstungskapazität

<sup>5</sup> Scharf, B., 2012, World Green Roof Congress, 19-20 September 2012, Copenhagen

<sup>6</sup> ÖNORM L1131:2010: Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken

<sup>7</sup> Blanusa et al. 2013, Cameron et al. 2014, Kolokotsa et al. 2013

<sup>8</sup> Bevilacqua et al. 2015

<sup>9</sup> Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decrease in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43 (2008) 480- 493

<sup>10</sup> Ng et al. 2012 und Chen et al. 2009

= Kühlkapazität) und Reduktion der Niederschlagabflussspitzen. Begrünung hält Städte im Sommer kühl und reduziert den Urban-Heat-Island- Effekt (UHI), sie hilft bei der Bewältigung von Starkregenereignissen, verbessert die Luftqualität und verringert die Lärmbelastung. Grüne Infrastruktur bietet bei näherer Betrachtung durchaus interessante Return-of-Invest-Zeiträume (Einsparungen bei Heiz- und Kühlkosten, Ressourcenschonung, Verlängerung der Gebäudelebensdauer) und viele Vorteile für die Gesellschaft an sich. Sie hilft, durch CO<sub>2</sub>-Einsparungen Klimaschutzziele zu erfüllen (Freizeitmobilität), bringt die Stadtbewohner:innen wieder näher an die Natur sowie zueinander und verbessert die mentale wie physische Gesundheit jeder einzelnen Person. Eine bessere Lebensqualität sorgt für gesündere und glücklichere Bewohner:innen. Deren höhere Produktivität am Arbeitsplatz und verringerte Krankheitstage stellen einen Win-Win-Effekt für die Arbeitgeber:innen und das Sozialsystem dar.<sup>11</sup>

- Ein entsprechendes Nutzungskonzept, beispielsweise als Co-Working-Space von NGOs mit ökologischem und sozialem Engagement, verstärkt das Sanierungskonzept und garantiert dessen Nachhaltigkeit. Pflanzen werden zur raumklimatischen Verbesserung im Inneren und zur Kühlung von außen genutzt. Gründächer, begrünte Fassaden und Bepflanzung der Terrassen, Grün- und Freiflächen zur Wasserretention und Wasserverdunstung kommen außen, Vertical Farming hingegen u.a. im Turnsaal zum Einsatz, da dort hohe Räume vorherrschen.

### **Innovationsbedarf Energie**

Die Integration von erneuerbaren Energien ist derzeit bei Sanierungen unüblich, daher besteht in dem Bereich der Energieerzeugung großer Innovationsbedarf. Dem wird durch die Sondierung des Einsatzes von alternativen Energiequellen, Smart Materials (Algen), Flächenheiz- und Kühlsystemen, Erdkanalsystemen sowie durch das Aufzeigen neuer in Entwicklung befindlicher Gesamtlösungen und Produkte (PV multifunktional, Erdwärmennutzung) Rechnung getragen. Die systematische und wissenschaftlich gesicherte Abstimmung zwischen passiven Maßnahmen in der thermischen Hülle und aktiven, energetisch lokal gedeckten Verfahren ist für den Fall stark verglasteter Gebäude nicht vorhanden, allerdings erforderlich für eine konsistente und wirtschaftlich vertretbare Revitalisierung in klimaneutrale Gebäude.

### **Innovationsbedarf Nutzer:innen**

Die heterogenen Bedürfnisse der Nutzer:innen innovativer Gebäudekonzepte mit unterschiedlichem Nutzungshintergrund stützen sich aktuell nur bedingt auf die umfassende Analyse subjektiver Bedürfnisse und Anforderungen. Um sicherzustellen, dass die abgeleiteten Maßnahmen und Sanierungsziele den diversen Anforderungen der zu identifizierenden Zielgruppen tatsächlich entsprechen, werden im vorliegenden Projekt zwei sozialwissenschaftliche Begleitprozesse implementiert. Anhand qualitativer Leitfadeninterviews werden ausgewählte bisherige Nutzer:innen auf Erfahrungswerte, potentielle subjektive Probleme im jeweiligen Nutzungskontext und Änderungswünsche sowie potentielle zukünftige Nutzer:innen in Hinblick auf Erwartungen, Forderungen und Bedürfnisse befragt. Im Rahmen der strukturierten Analyse der gesammelten

---

<sup>11</sup> Enzi, V. et al., 2021, Green Market Report: Bauwerksbegrünung in Österreich, Zahlen, Daten, Märkte, 109 ff.

qualitativen Daten lassen sich konkrete Anforderungen aus subjektiver Nutzer:innensicht definieren und als Basis für spätere Monitoringprozesse operationalisieren.

### Ausgangslage

Als Demonstrationsprojekt für diese Forschungsarbeit dient die Schule am Kinkplatz von Helmut Richter, da bei diesem Gebäude exemplarisch sehr viele Themen zur sinnvollen energetischen Sanierung bearbeitet werden können.

### Demonstrationsprojekt

Ehemalige Schule am Kinkplatz, 1140 Wien



Abbildung 3: Schule am Kinkplatz bei Nacht, Foto: Mischa Erben



Abbildung 2: Dreifachturnhalle, Foto: Mischa Erben

Eckdaten	
Standort	Kinkplatz 21, 1140 Wien, Österreich
AuftraggeberIn	Stadt Wien, MA 56
Architekt	Helmut Richter
Fertigstellung	November 1994
Grundstücksfläche	10.500 m <sup>2</sup>
Bebaute Fläche	4.500 m <sup>2</sup>
Nutzfläche	13.000 m <sup>2</sup>
Südgeneigte Dachflächen (Pausen- und Turnhalle)	2.000 m <sup>2</sup>

Tabelle 1: Kurzinformationen zur Schule am Kinkplatz





Abbildung 4: Pausenhalle, Foto: Manfred Seidl

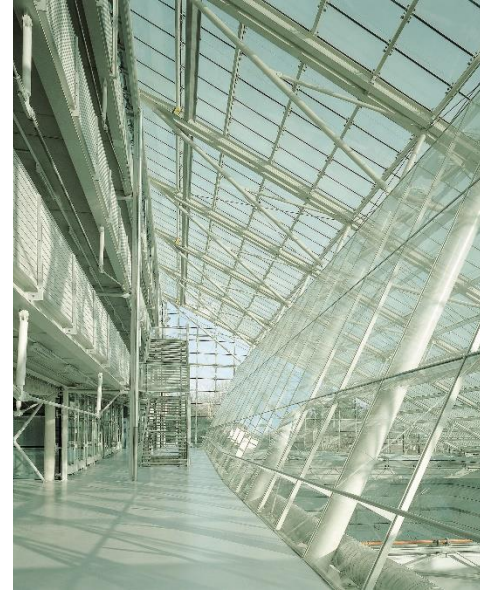


Abbildung 5: zentraler Verbindungsgang, Foto: Manfred Seidl, Mischa Erben

Der hohe Glasanteil bei den Fassaden und dem Dach der Schule am Kinkplatz führte zu bauphysikalischen Problemen, insbesondere in der Aula und der Turnhalle unter dem Glasdach. Die Überhitzung im Sommer und die Abkühlung im Winter bedingten einen außergewöhnlich hohen Energieverbrauch (Tatsächlicher Verbrauch aus dem Jahr 2016: Heizung: 1.836.432 kWh (141 kWh/m<sup>2</sup>a), Strom: 190.383 kWh (14,5 kWh/m<sup>2</sup>a)).

Vorhandene bauliche Möglichkeiten, wie eine Querlüftung, wurden nicht richtig oder gar nicht genutzt, sodass es neben den hohen Energiekosten auch zu hohen Behaglichkeitsdefiziten kam. Der Klimawandel führt im Vergleich zur Errichtung im Jahr 1994 zu immer heißer werdenden Sommern sowie höheren Temperaturen im Frühling und Herbst und geringerer nächtlicher Abkühlung. Die klimatischen Auswirkungen in Kombination mit groben Anwendungsfehlern der anspruchsvollen Architektur, Bauphysik und Haustechnik verursachten einen hohen Erhaltungsaufwand und letztlich den Auszug der Doppelhauptschule 2018.

Der Energieverbrauch war, u.a. durch Anwendungsfehler sehr hoch:

- 2016: Gasbrenner Heizung: 1.836.432 kWh; Strom: 190.383 kWh
- 2017: Gasbrenner Heizung: 1.316.690 kWh; Strom: 150.573 kWh

### Lage

Die Schule liegt im 14. Wiener Gemeindebezirk in einem Wohngebiet zwischen den Steinhofgründen und dem Friedhof Baumgarten. Derzeit leben auf einer Fläche von rund 34 km<sup>2</sup> zirka 93.600 Einwohner:innen im viertgrößten Bezirk Wiens. Im Bezirksteil Baumgarten ist die öffentliche Infrastruktur nur bedingt vorhanden, durch die Schließung des Wiener Gesundheitsverbands Klinik Penzing, die derzeit auf den Steinhofgründen niedergelassen ist, wird die Frequenz der Busse reduziert. Dem Bezirk fehlt es an öffentlichen Einrichtungen und Subzentren. Durch die Übersiedlung der CEU, Central European University, in einige Pavillons des Otto-Wagner-Spitals „Am Steinhof“ auf der Baumgartner Höhe wurden neue Impulse erwartet. Lehr- und Wohnstätten für internationale

Studenten hätten dort für Belebung gesorgt und in die Umgebung ausgestrahlt. Bedauerlicherweise hat die CEU das Projekt aus ökonomischen Gründen sistiert und nun wird eine neue Nachnutzung gesucht. Da der Standort durch einen 10-minütigen Fußweg oder eine 4-minütige Radfahrt mit dem Kinkplatz verbunden ist, sollten Synergien sowohl bei den Nutzungen als auch dem Energiekonzept aktiviert werden.



Abbildung 6: Luftbild von Süden, Stadt Wien Stadtvermessung

### **Soziale Innovation**

Der 14. Bezirk soll nicht mehr nur ein reiner Wohnbezirk sein, sondern auch Subzentren mit kulturellen, sozialen und Bildungseinrichtungen anbieten. Das Schulgebäude am Kinkplatz mit den attraktiven großzügigen Hallen bietet sich dafür an, die Bezirksvorsteherin steht einer neuen Nutzung mit Öffentlichkeitscharakter und belebender Wirkung deshalb sehr positiv gegenüber.

Der Leerstand des Schulgebäudes seit fünf Jahren führte zu einem Mangel an Aktivität und dadurch auch zu Vandalismus und zunehmendem Verfall. Die Eigentümerin, die MA 56, hat, seitdem die Schule abgesiedelt wurde, nicht nur keine Anstrengungen unternommen, das Gebäude gegen Vandalismus wirksam abzusichern, sondern auch erforderliche laufende Wartungen der funktionsfähigen technischen Einrichtungen unterlassen. Daher besteht die aktuell dringende Gefahr, dass das Gebäude abgesehen vom Leerstand auch durch das „Zulassen von Zerstörung“ zunehmend verfällt.

### **Aufzählung konkreter Maßnahmen**

- Abwägung, wie Bestandsgebäude energetisch saniert und dabei die architektonisch wertvolle Substanz bewahrt werden können
- Recherche über den Einsatz von alternativen Energiequellen, Smart Materials (Algen), Flächenheiz- und Kühlsysteme, Erstellung von Klima- und Energiekonzepten
- Nachrüstung von bestehenden Glasdächern und Verglasungen mit Photovoltaik-Solardächern zur Energiegewinnung und gleichzeitig Reduktion der sommerlichen Überwärmung durch Beschattung, Recherche über Optionen der Nachrüstung oder Gläsertausch



- Einsatz von Pflanzen zur raumklimatischen Verbesserung im Inneren und zur Kühlung von außen durch Gründächer, begrünte Fassaden und Bepflanzung der Terrassen, Nutzung von Grün- und Freiflächen zur Wasserretention und Wasserverdunstung sowie von Vertical Farming u.a. im Turnsaal
- Simulation anhand eines 3D-Modells, integrale Planung
- Evaluierung der Maßnahmen nach ökologischen, ökonomischen und sozialen Gesichtspunkten

### **3.1.2. Ziele**

Die Einreichung erfolgte als Sondierung für ein Demonstrationsprojekt. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen Themen wie CO<sub>2</sub>-Einsparung, Sanierung eines herausragenden, anspruchsvollen Gebäudes, angepasstes Nutzungskonzept, Innovation, Einsatz erneuerbarer Energie, Bauwerksbegrünung und Nutzer:inneneinbindung erarbeitet werden.

Das Ziel ist die Entwicklung von verschiedenen Lösungskonzepten für die gestellte Aufgabe unter Erfüllung der Hauptbedingungen und deren Bewertung. Die Konzepte sollen ein breites Spektrum abdecken und innovative Ansätze verfolgen. Die transdisziplinäre Planung, die dank der heterogenen Qualifikation des Teams möglich ist, soll zu unorthodoxen Denkmodellen und zu neuen, unerwarteten Ergebnissen führen. Dies hat besondere Bedeutung, da die klassischen nach Disziplinen getrennten Planungsweisen bei dieser komplexen Aufgabenstellung bisher zu keinem Ergebnis geführt haben.

Die Darstellung als Leuchtturmprojekt für energetische und ökologische Sanierung soll modernen Bauten, welche eine ähnliche Problematik wie die Fallstudie selbst aufweisen (Dichtigkeit und Konstruktion der Glasfassade, sommerliche Überwärmung etc.) als Wegweiser dienen.

### **Ergebnisse**

Die Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen und den einzelnen Phasen des Sondierungsprojekts sollen strukturiert und nachvollziehbar aufbereitet werden. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse als Bericht mit klaren Empfehlungen zusammengefasst. Dadurch können schon Erkenntnisse aus der Analysephase bereits nachvollziehbar und verwertbar gemacht werden. Die Entwicklung der Varianten und deren Evaluierung und Bewertung werden in den Bericht zur Handlungsempfehlung integriert, sodass die Entscheidungsfindung bei der Bewertung nachvollziehbar ist. Die Handlungsempfehlung wird in thematische Teilbereiche strukturiert, um sie für Folgeprojekte besser verwertbar zu machen. Die angewandten Methoden werden für Folgeprojekte aufbereitet, um die inter- und transdisziplinäre Arbeitsweise nachvollziehbar zu machen.

## **3.2. Stand der Technik/Stand des Wissens**

### **3.2.1. Der Stand der Technik in der Sanierung von Bestandsgebäuden**

#### **Ausgangssituation allgemein**

Aktuell wird pro Jahr nur 1,5% der Altbauten saniert – obwohl in der EU 36% der Treibhausgasemissionen vom Gebäudesektor verursacht werden.<sup>12</sup> Es ist in der Wissenschaft unbestritten, dass eine Erhöhung der Sanierungsrate einen positiven Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten würde. Die Ökonomin Daniela Kletzan-Slamanig vom WIFO hält eine Verdreifachung für machbar und empfiehlt die Lösung zweier Krisen, der Corona- und der Klimakrise, zu verbinden und ein Wiederaufbauprogramm mit ökologischem Schwerpunkt nach dem Vorbild des “Green New Deal“ in den USA zu verfolgen, bei dem eine Sanierungsoffensive eine wesentliche Rolle spielt.”<sup>13</sup>

#### **Ausgangssituation Sondierungsprojekt**

Im Fall des leerstehenden Gebäudes wurden seit dem Auszug der Hauptschulen 2018 keine konkreten Sanierungsmaßnahmen gesetzt, sondern vier verschiedene Gutachten beauftragt, die aber größtenteils keine Lösungsansätze beinhalten und keine klare Empfehlung für eine Sanierungsstrategie abgeben. Die Gutachter waren teilweise Ziviltechniker für Bauingenieurwesen, teilweise Baumeister mit unterschiedlichem Fachwissen. Die Gutachten stimmen in wesentlichen Punkten überein, indem sie keine schwerwiegenden Mängel finden konnten und auch die Intaktheit der gesamten Konstruktion, sowohl der Stahlkonstruktion als auch der Stahlbetonbauteile, bestätigten. Abgesehen von den üblichen Baumängeln, die nach 27 Jahren intensiver Nutzung auftreten, wurden im Bereich der Bauphysik die bekannten Beschwerden über sommerliche Überwärmung im Zusammenhang mit den Glasflächen sowie über die Akustik festgehalten. Generell wurden in all den Jahren des Schulbetriebs keine zusammenhängend geplanten Sanierungs- oder Verbesserungsmaßnahmen vorgenommen.

#### **Ziele zur Sanierung allgemein**

Es muss also einerseits die Zahl der Sanierungen erhöht und andererseits der Beitrag jeder einzelnen Sanierung zur Senkung der Treibhausgase optimiert werden, sodass nicht nur die Energiekennzahl als Referenzwert zählt, sondern auch die LCA (Life Cycle Assessment) und LCC (Life-cycle costing), die Verwendung von Baumaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen und die Effizienz der eingesetzten Mittel bewertet wird. Das würde auch bedeuten, dass alle baulichen Maßnahmen aus Sicht der CO<sub>2</sub>-Reduktion auf ihre Effektivität bewertet werden, d.h. eine Reduktion auf das Wesentliche durch minimierten Abbruch als positiver Beitrag gewertet würde, da graue Energie gespart würde. Diese holistische Herangehensweise wird derzeit bei den gängigen Fördermodellen nicht bewertet. Die einzigen Bauten, bei denen dies im Rahmen der Sanierung berücksichtigt wird, sind Baudenkmäler, da dort jeder bauliche Eingriff beim Bundesdenkmalamt (BDA) gut begründet werden muss, bei der Materialauswahl auf den Bestand Rücksicht zu nehmen ist und daher Materialien wie PVC in den Kunststofffenstern und Styropor im WDVS erst gar nicht in Frage kommen. Auch nutzungstechnisch wird bei Baudenkmalern viel mehr auf eine adäquate, den baulichen Verhältnissen angepasste Nutzung geachtet. Aus diesen Gründen könnten die bei Sanierungen von Baudenkmalern angewandten Strategien für zukünftige energetische Sanierungen Vorbildwirkung entwickeln.

---

<sup>12</sup> Europäische Kommission, Im Blickpunkt – Energieeffizienz von Gebäuden, URL: [https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17\\_de](https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_de) (abgerufen am 21.11.2022, 13:40)

<sup>13</sup> Zoidl Franziska, So wird das nichts: Sanierungsrate im Gebäudebestand zu niedrig, Der Standard, 22.11.2021

## **Normen und Regelwerke**

Es müssen abgesehen von der Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes die gängigen Normen und die OIB-Richtlinie 6 (OIB-RL 6) befolgt werden.

Da der Gebäudebestand den Großteil des Energiesparpotentials in sich birgt, ist dessen energetische Sanierung von allergrößter Bedeutung, wenn die Klimaziele erreicht werden sollen. Derzeit fehlen noch immer Investitionsanreize für Eigentümer:innen von fremdvermieteten Gebäuden. Einsparungen nach der Sanierung oder der Integration von erneuerbaren Energiequellen kommen den Mieter:innen zugute und stellen daher für viele Eigentümer:innen keine wirtschaftliche Begründung dar. Während sich bei Neubauten Zertifizierungen und Bewertungsstandards, wie der klimaaktiv Gebäudestandard, durchgesetzt haben und von Großmieter:innen bei Büroflächen bereits erwartet werden, ist dies bei Sanierungen noch nicht üblich. Oft werden nur Einzelmaßnahmen gesetzt, wie ein Heizkesseltausch oder die Anbringung eines WDVS. Im Falle eines Leerstands versuchen die Eigentümer:innen, alle üblichen Standards zu erfüllen, um eine optimale Verwertung sicherzustellen, z.B. Normtemperaturen von 23°C, unabhängig von der Nutzung. Aus Kostengründen werden daher außenliegende Wärmedämmungen aus kostengünstigen Dämmstoffen angebracht und Holzfenster auf Kunststofffenster getauscht. Diese Maßnahmen entsprechen meist nicht lebenszyklusoptimierten Kosten, sondern sind von minimalen Investitionskosten getrieben.

## **Nutzung der Gebäude**

Ein Kapitel, das viel zu wenig beachtet wird, ist die richtige Nutzung sowohl des Gebäudes, als auch der Gebäudezonen (Himmelsrichtungen) und der Räume. Die Anwendung und das Nutzer:innenverhalten beeinflussen ökologische und soziale Faktoren, den Energieverbrauch und die Zufriedenheit im Gebäude. Selbst bei neu errichteten Bürotürmen kommt es vor, dass die nördlichen nicht von den südlichen Bürozonen getrennt werden, die Fassaden werden gleich verglast und die Haustechnikanlagen sind nicht getrennt steuerbar, obwohl die hohen Temperaturunterschiede vergleichbar mit unterschiedlichen Klimazonen sind. Die Folgen sind erhöhter Energieverbrauch und Unzufriedenheit der Büromitarbeiter:innen. Eine besondere Herausforderung stellen architektonisch wertvolle Gebäude dar, da bei diesen die üblichen Sanierungsmaßnahmen wie WDVS nicht möglich sind und daher ganzheitlicher geplant werden muss. Insofern kann die integrierte und holistische Planungsweise von diesen anspruchsvollen Gebäudetypen vorbildhaft für die Herangehensweise bei allen Sanierungen werden. Insbesondere in Kombination mit dem Einsatz erneuerbarer Energie, der Verwendung von Baumaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen und der Abfallvermeidung durch Minimierung von Abbruch, Re-Use und Up-Cycling. Hierzu gibt es Richtlinien des Umweltbundesamtes, doch diese sind nicht verpflichtend und es fehlen die Anreize. Insbesondere ist in den letzten Jahren durch den Anstieg der Baukosten ein Trend zu weniger ökologischen Bauweisen zu beobachten, z.B. die Aufhebung des Verbots von Kunststofffenstern im geförderten Wohnbau in Wien.

Eine Ausnahme in der OIB-RL 6 stellen Gebäude unter Denkmalschutz, bzw. für *„Gebäude und Gebäudeteile, die als Teil eines ausgewiesenen Umfelds oder aufgrund ihres besonderen architektonischen oder historischen Wertes offiziell geschützt sind, gelten die Anforderungen dieser Richtlinie nicht, soweit die Einhaltung dieser Anforderungen eine unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde. Das Erfordernis der Ausstellung eines Energieausweises bleibt davon unberührt.“* Lt. § 118 Abs. 4 der Wr. BO genügt bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen die Einhaltung bestimmter Wärmedurchgangskoeffizienten, der U-Werte.

Diese müssen für Boden, Wand, Decke lt. OIB-RL 6 erfüllt werden. Die Prüfung einer möglichen Innendämmung erscheint zielführend. Nach § 118 (3b) muss pro 100 m<sup>2</sup> konditionierter Brutto-Grundfläche 1 kW<sub>p</sub> über Photovoltaik (PV) erzeugt werden. Die Berechnung dazu muss vom Bauphysiker erfolgen und beigelegt werden.

### 3.2.2. Der Stand der Technik in der energetischen Sanierung von Bestandsbauten

Laut EU-Gebäuderichtlinie soll der Gebäudebestand bis 2050 klimaneutral betrieben werden. Gemäß den Plänen der österreichischen Bundesregierung und der neuen Wiener Stadtregierung sollen bis 2040 insgesamt Klimaneutralität und 100% erneuerbare Energieversorgung erreicht werden. Einzelmaßnahmen, wie z.B. der Austausch von Gaskesseln oder das Einhalten der Grenzwerte für eine umfassende Sanierung laut OIB-RL 6, reichen für die Erreichung dieser Ziele keineswegs aus.

Strategien wie Deep Renovation oder „solare Plusenergiesanierung“ streben umfassende Sanierungskonzepte an, die an die lokale Situation angepasst und qualitätsgesichert zu klimaneutralen und 100% erneuerbaren Gebäuden und Quartieren führen. Da Gebäude und Gebäudekomponenten sehr lange Austauschraten von vielen Jahrzehnten haben, müssen aktuelle Sanierungsvorhaben bereits jetzt an eine klimaneutrale und 100% erneuerbar betriebene Energieversorgung angepasst sein, um nicht bis 2040 ein zweites Mal saniert werden zu müssen. D.h. besser einmal „richtig, zukunftsfähig“ sanieren als zweimal halb. Für den zukunftsfähigen Betrieb von Bestandsgebäuden gilt eine Sanierung auf Passivhausniveau als Voraussetzung, wobei für Sonderbauten oder denkmalgeschützte Gebäude bauteilbezogen, aber auch in Hinsicht auf die Gebäudetechnik „Lockerungen“ bzw. „Adaptierungen“ durchaus üblich sind. In einer Reihe von Passivhaus-Demonstrationsprojekten mit energieeffizienter thermischer Hülle und Gebäudetechnik<sup>14</sup> wurden auch Projekte im denkmalgeschützten Bereich in hocheffizienter Bauweise umgesetzt<sup>15</sup>. In einer Reihe von Projekten wurden energetisch wie ökologisch innovative Komponenten in der Sanierung eingesetzt und erprobt, wie hochwärmedämmende Leichtbaufertigteile, darin integrierte Niedertemperaturheizsysteme oder angepasste Lüftungskomponenten. Lokale Energiegewinnung über PV, Solarthermie, Grundwasser oder Erdwärme gewinnt im urbanen Kontext erst seit kurzem breitere Bedeutung<sup>16</sup>. Wirtschaftliche Vorteile sind durch den multifunktionalen Einsatz von Einzelkomponenten wie PV-Modulen, die neben der lokalen Energiegewinnung für den Sonnenschutz, Schlagregenschutz oder als Fassaden- oder Brüstungselemente eingesetzt werden.

Bei transparenten Gebäudehüllen lassen sich durch einen Austausch von Verglasungen im Gebäudebestand Verbesserungen erzielen, die vornehmlich auf der Verwendung von modernen Wärme- und/oder Sonnenschutzbeschichtungen in Isoliergläsern beruhen. Auch der Einsatz von Dreifach-Isolierverglasungen anstatt von Zweifach-Isoliergläsern ist mittlerweile Stand der Technik. Durch PV in der Gebäudehülle kann, zusätzlich zur Reduzierung der Heiz- und Kühlenergie, ein Beitrag zur Energiegewinnung erzielt werden. Die PV-Module können als Dachelemente, in der Fassade (opak

---

<sup>14</sup> Z.B. Passivhaussanierung MS Langenzersdorf; Passivhaussanierung VS+HS Kirchdorf am Wagram; Passivhaussanierung und -aufstockung Mehrfamilienhaus Klosterneuburg Kierling

<sup>15</sup> Z.B. Passivhaussanierung mit Innendämmung Kaiserstraße 1070 Wien; EnerPhit-Sanierung Kiga+VS Velden; Passivhaussanierung Ludwigshafen; Sanierung mit Passivhauskomponenten Tevesstraße Frankfurt; Eurac Research (2020): Hiberatlas.com historic building energy retrofit atlas; Dr. Feist W. et al. (2009), Altbaumodernisierung mit Passivhaus-Komponenten, Passivhaus Institut Darmstadt; Brugger C. et al. (2011), Richtlinie Energieeffizienz am Baudenkmal, Bundesdenkmalamt; Troi A. et al., (2015), Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings, a Handbook, Birkhäuser Verlag GmbH

<sup>16</sup> <https://www.tuwien.at/tu-wien/campus/tu-university/standorte/plus-energie-buerohochhaus/chronologie> (abgerufen am 24.10.2022, 12:25)

oder transparent) oder als Brüstungen integriert werden. Vor allem bei stark verglasten Räumlichkeiten ist ein guter thermischer Komfort für die Nutzer:innen von großer Bedeutung, da Strahlungstemperaturen, Sonneneinstrahlung und Luftgeschwindigkeiten lokal stark schwanken. Auch bei innovativen Hüllkonzepten, die Wärmeschutz, Sonnenschutz und optimale Tageslichtversorgung gut miteinander verbinden, ist in diesen Fällen in bestimmten Perioden im Jahr eine optimale Behaglichkeit nur schwer erreichbar. Nur durch die Integration intelligenter Bauteilaktivierungskonzepte und eine effiziente Gebäudetechnik können auch höherwertige Nutzungen lokal sichergestellt werden. Durch die lokale Energieaufbringung z.B. über PV können die damit in Verbindung stehenden Energieaufwendungen auch in Bezug auf den Umweltaufwand vertretbar werden.

Für Gebäude mit moderatem Fensteranteil können auch bei denkmalgeschützten Fassaden Passivhauskonzepte umgesetzt werden, auch wenn diese keineswegs üblich sind und deutlich geringeren Energiebedarf aufweisen wie konventionell sanierte Häuser. Die Umsetzung des Plusenergiestandards ist im urbanen Kontext sehr anspruchsvoll (da im Vergleich zur Nutzfläche geringe Dachflächen, Verschattungssituationen etc.), wenn auch Lösungen für Neubauquartiere durchaus schon in Umsetzung sind<sup>17</sup>. Bestandsgebäude mit höheren Verglasungsanteilen stellen demgegenüber eine besondere Herausforderung dar, da für diese nur Lösungen auf Einzelkomponentenniveau umgesetzt werden, aber umfassende Gesamtenergielösungen, die neben architektonischen, bauphysikalischen oder gebäudetechnischen Aspekten auch auf Nutzung und Nutzer:innen für die Erreichung einer Plusenergieumsetzung abstellen, nicht berücksichtigt werden.

### **3.2.3. Der Stand der Technik in der Begrünung von Glasbauten**

Europa und Österreich haben die Notwendigkeit des Einsatzes eines Green Deals erkannt. Neben dem Bereich Energie sind Gebäude und Renovierungen sowie Biodiversität fixe Säulen im zukünftigen Forschungsprogramm Horizon Europe<sup>18</sup>. Auch die neue Initiative Europäisches Bauhaus<sup>19</sup> läutet eine neue Ära ein, in der die Schnittstelle von Kunst, Kultur, sozialer Inklusion, Wissenschaft und Technologie künftige Lebensweisen gestalten wird. Es bringt den Grünen Deal an unseren Lebensmittelpunkt und ist ein Aufruf, gemeinsam Vorstellungen von einer nachhaltigen, inklusiven, intellektuell und emotional ansprechenden Zukunft zu entwickeln und zu realisieren. Das Ziel ist, nachhaltige Lösungen zu entwickeln, die einen Dialog zwischen unserer gebauten Umwelt und den Ökosystemen unseres Planeten ermöglichen. Das bedeutet, regenerative, von natürlichen Zyklen inspirierte Konzepte, die Ressourceneinsparung ermöglichen und die biologische Vielfalt schützen, zu verfolgen, Vorhandenes weiterzuentwickeln und Ressourcen, die bereits verbaut wurden, zu nützen.

Im zentralen Fokus des europäischen Green Deals stehen Gebäude und Renovierung. Ziel ist die starke Erhöhung der Sanierungsrate von Gebäuden um mindestens das Doppelte oder gar Dreifache. Tatsächlich liegt die Rate EU-weit aktuell nur bei 1%. Auch im neuen österreichischen Klima- und Energieprogramm Mission 2030 findet sich das Thema Gebäude an prominenter Stelle. Die Sanierungsquote soll auf 3% gehoben und Investitionen in zukünftige Maßnahmen getätigt werden. Großflächige Glasgebäude sind seit jeher architektonische Sehenswürdigkeiten, können in der urbanen

---

<sup>17</sup> Schöfmann et al. 2020: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz\\_pdf/schriftenreihe-2020-11-zukunftsquartier.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2020-11-zukunftsquartier.pdf) (abgerufen am 27.10.2022, 17:36)

<sup>18</sup> <https://www.ffg.at/Europa/Horizon-Europe> (abgerufen am 24.10.2022, 13:36)

<sup>19</sup> [New European Bauhaus: beautiful, sustainable, together. \(europa.eu\)](https://www.europa.eu) (abgerufen am 24.10.2022, 14:20)

Stadtentwicklung jedoch Herausforderungen darstellen. Sie entsprechen zwar der Forderung nach hoher Transparenz, natürlicher Belichtung und repräsentativer Gestaltung, aber die Wirkungsweise von Glas erweist sich sowohl nach innen als auch nach außen als äußerst ungünstig. Das Raumklima wie auch das Mikroklima in der unmittelbaren Außenumgebung werden negativ beeinflusst. Die Konzentration der Sonnenstrahlungsenergie und die hohen Raumtemperaturen steigern den Energieverbrauch durch erhöhte Kühllasten im Sommer ebenso wie durch hohe Wärmeverluste im Winter. Zudem werden Glasfassaden von Vögeln nicht als Hindernis wahrgenommen, da Glasfassaden die Umgebung spiegeln, wodurch in Europa etwa 250.000 Vögel täglich durch den Aufprall gegen Glasfassaden sterben.<sup>20</sup> Die reflektiven Oberflächen haben zudem Blendwirkung und Lichtstreuung.

Die Herausforderung bei der nachträglichen Begrünung von Bestandsgebäuden mit hohem Anteil an Glasflächen und Glasfassaden liegt darin, dass die Oberfläche für den Direktbewuchs nicht geeignet ist. Selbstklimmer wie der Wilde Wein oder Efeu haben mit ihren Haftorganen zu wenig Halt an glatten Glasoberflächen. Aus statischen Gesichtspunkten ist die Verankerung von Rankhilfen für Trogbepflanzungen sowie Hängevorrichtungen meist nicht möglich. Ebenso ist die nachträgliche Installation und Integration von fassadengebundenen Systemen, wie modulare Wandsysteme oder Living Walls, auf Glasfassaden nicht tauglich.

Die nachträgliche Beschattung und Isolierung von Glasgebäuden bietet jedoch einen enormen mikroklimatischen Vorteil und stellt dadurch einen großen Benefit dar. Innovative und effektive Anwendungsmöglichkeiten von Begrünungen an Glasoberflächen sind daher notwendig. Mit diesem Thema beschäftigt sich auch das Projekt GLASGrün, das bei Gewerbegebäuden des Lebensmittelhandels mit großflächig verglasten Fassaden Vertikalbegrünungsvarianten zur nachträglichen Außenverschattung durch sommergrüne Pflanzen entwickelt und umgesetzt hat und monitort. Das Wissen daraus floss in dieses Projekt ein, da GRÜNSTATTGRAU auch ein Partner im Projekt GLASGrün ist.

Internationale Umsetzungsprojekte zeigen bereits die gebäudeoptimierende Wirkung von Begrünung vor Glasfassaden. Als Beispiel kann hier das Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin<sup>21</sup> genannt werden. Hier steht die Fassadenbegrünung in unmittelbarem Zusammenhang mit der energetischen Optimierung des Gebäudes. Im Sommer ist die Fassade mit sommergrünen Pflanzen begrünt und bietet einen aktiven Sonnenschutz, während das Sonnenlicht im Winter die Glasfassade ungehindert passieren kann. Ein zweiter Effekt ist die Erzeugung von Verdunstungskälte zur Verbesserung des Mikroklimas innerhalb des Gebäudes und im unmittelbaren Gebäudeumfeld. Anhand der Vielzahl der Kletterpflanzen und der diversen Expositionen der Fassaden, sowie weiterer Einflussfaktoren, konnte eruiert werden, welche Pflanzenarten sich am besten eignen. Weiters konnte eine signifikante Energieeinsparung durch Reduzierung der Kühllast und in weiterer Folge der Betriebskosten durch die Verschattungswirkung der Pflanzen verzeichnet werden.<sup>22</sup>

Allerdings handelt es sich hier, sowie bei den meisten anderen entsprechenden Vorzeigeprojekten, um Neubauten und es gilt auch, Leuchtturmprojekte angepasst an den Bestand zu entwickeln. Bauwerksbegrünung kann dabei im Einklang unterstützend zur energetischen Optimierung des Gebäudes führen. Die Erkenntnisse aus nationalen und internationalen Projekten, dem Stand der

---

<sup>20</sup> Glänzende Aussichten? - Informationen zum Vogelschlag - Stadt Köln ([stadt-koeln.de](http://stadt-koeln.de)), (abgerufen am 20.10.2022, 16:37)

<sup>21</sup> Institut für Physik Humboldt Universität zu Berlin - GRÜNSTATTGRAU ([gruenstattgrau.at](http://gruenstattgrau.at)), (abgerufen am 20.10.2022, 16:42)

<sup>22</sup> Schmidt, M (2014): Fassadenbegrünung zur Primärenergieeinsparung durch innovative Gebäudeverschattung und -kühlung in: 7. FBB-Symposium Fassadenbegrünung 2014 - Vortragsreihe zu Themen der Fassadenbegrünung, S.39

Wissenschaft entsprechend die innovativsten Lösungen zur energetischen Sanierung von architektonisch wertvollen Bauten mit hohem Glasanteil zu finden, aber gleichzeitig Energie zu produzieren und CO<sub>2</sub> zu absorbieren, fließen in dieses Projekt ein. So erschien es sinnvoll, die Sachlage zu prüfen und vorhandene Ressourcen zu nutzen.

Die Nutzung von Leerständen für urbane landwirtschaftliche Anbaumethoden, Vertical Farming, gilt als effiziente und produktive Nachnutzungsmöglichkeit. Während Pionierleistungen der Wiener Firma Ruthner IP schon in Vergessenheit geraten sind und gleichzeitig stetig wachsende Forschungsergebnisse zu Vertical Farming zahlreiche positive Externalitäten offenlegen, welche allen voran positive Effekte auf den stetig fortschreitenden Klimawandel beinhalten, verschwinden in Europa Ideen, Konzepte und Geschäftsmodelle in der Umsetzungslücke. Seit 2009 explodieren Plant Factories in Amerika und Japan, welche natürliche Wachstumsbedingungen vollständig ersetzen, mit wirtschaftlichem Erfolg. Jedoch besteht die Herausforderung in der Vertikalisierung der Lebensmittelproduktion darin, durch die radikale Reduktion der benötigten Anbaufläche, nicht gleichzeitig die Energieproblematik zu verschärfen. Ziel muss es daher sein, angemessene Lösungen mit Suffizienzgedanken zu finden.

Bildungsstätten und gezielte Ausbildungswege für dieses zukunftssträchtige Berufsfeld sowie die Unterstützung und Anerkennung der Politik und der Landwirtschaft fehlen, um von der Forschung in die Umsetzung zu gelangen.

Aufgrund der genannten baulichen Gegebenheiten wie dem Platzangebot, der Transparenz und dem Ziel einer Nutzung als Bildungseinrichtung eignet sich die ehemalige Schule am Kinkplatz daher für eine Sondierung der Anwendung von Vertical Farming.

### **Stand der Technik aus Nutzer:innensicht**

In Abhängigkeit vom jeweiligen Nutzungskonzept gilt es, die Anforderungen an die Gebäudeeigenschaften zielgruppenspezifisch zu erfassen, um einen möglichst hohen Nutzer:innenkomfort sowie eine möglichst hohe Akzeptanz in Bezug auf Gebäudefunktionen und energetische Konzepte zu erzielen. Diesbezüglich konnten im Rahmen von Studien zum Arbeitsplatzkomfort bereits validierte sozialwissenschaftliche Methoden zur ganzheitlichen Berücksichtigung unterschiedlicher Komfortfaktoren (Lichtverhältnisse, Raumtemperatur, Luftqualität, räumliche Bedingungen, Möblierung und Gestaltung des Büros, Akustik und Geräuschpegel, Sauberkeit im Büro etc.) umgesetzt und erste Referenzdatenbanken erstellt werden (Schakib-Ekbatan et al., 2012)<sup>23</sup>. Vor allem bei der Erfassung von Erfahrungswerten und noch wenig bekannten Problemfeldern im Umgang mit der Haustechnik und den Steuerungsmöglichkeiten bieten sich qualitative Erhebungsverfahren an (Schulze et al., 2013)<sup>24</sup>. Darüber hinaus haben Studien gezeigt, dass die individuelle Einflussnahme auf Komfortparameter (z.B. Raumtemperatur) teilweise eindeutig mit der allgemeinen Nutzer:innenzufriedenheit bzw. dem Nutzungskomfort assoziiert ist. Daher stellt die möglichst frühe Erfassung der entsprechenden Anforderungen künftiger Nutzer:innen einen hochrelevanten Aspekt nachhaltiger Gebäudeplanung dar. (Gossauer, 2008)<sup>25</sup>.

---

<sup>23</sup> Schakib-Ekbatan, K., Wagner, A., Lützkendorf, T., 2012, Bewertung von Aspekten der soziokulturellen Nachhaltigkeit im laufenden Gebäudebetrieb auf der Basis von Nutzerbefragungen: Abschlussbericht. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie

<sup>24</sup> Schulze, E., Wilbrandt, A., Dietel, K., Oesterreich, D., 2013, Sozialwissenschaftliches Monitoring des „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität“. Berliner Institut für Sozialforschung GmbH

<sup>25</sup> Gossauer, E., Wagner, A., 2008, Nutzerzufriedenheit und Komfort am Arbeitsplatz–Ergebnisse einer Feldstudie in Bürogebäuden. Bauphysik, Band 30, Nummer 6; 445–452

### 3.2.4. Der Stand der Technik in der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Die Kreislaufwirtschaft ist der zentrale Ansatz, um die gegenwärtigen nicht nachhaltigen, linearen Gesellschafts- und Wirtschaftssysteme neu zu gestalten. Dadurch werden weniger Ressourcen und Materialien eingesetzt bzw. im Kreislauf geführt und somit Treibhausgase, Umweltverschmutzung und Abfälle reduziert. Die Kreislaufwirtschaft hilft, den Klimawandel, den Verlust der biologischen Vielfalt und andere ökologische Herausforderungen zu bewältigen und dabei soziale Bedürfnisse zu befriedigen. In einer kreislauforientierten Wirtschaft werden Rohstoffe umweltverträglich gewonnen und die daraus produzierten Güter möglichst ressourcenschonend hergestellt. Gleichzeitig wird die Lebensdauer der Erzeugnisse verlängert und deren Nutzung intensiviert, um Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen und Umweltbelastungen auf ein Minimum zu reduzieren. Eine auf Langlebigkeit, weitestgehende Schadstofffreiheit, Reparierbarkeit und Aufrüstbarkeit ausgerichtete Produktgestaltung sowie dienstleistungsorientierte Geschäftsmodelle werden dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Auch bei der Umsetzung der 17 Sustainable Development Goals (SDGs) im Sinne der Agenda 2030 spielt Kreislaufwirtschaft insbesondere für die Einführung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster (SDG 12) eine wesentliche Rolle.

Laut Aktionsplan „Kreislaufwirtschaft“ der Europäischen Kommission (COM(2020)98) zählt die Branche „Bauwesen und Gebäude“ zu jenen Bereichen, in denen die meisten Ressourcen genutzt werden und für die ein hohes Kreislaufpotenzial besteht. Stoffströme im Bauwesen haben mit jeweils weit über 50 % den größten Anteil sowohl am Ressourcenverbrauch als auch am Abfallstrom in Österreich. Nur ein kleiner Teil dieser Stoffströme sind geschlossene Kreisläufe (siehe Abbildung 7).

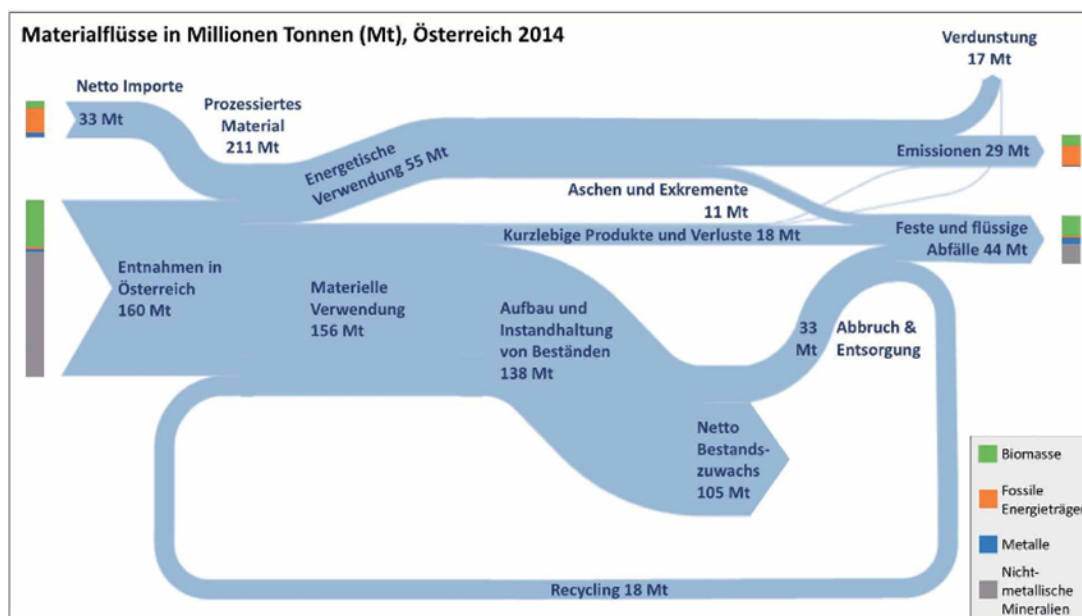


Abbildung 7: Materialflüsse in Österreich basierend auf Jacobi et al (2018)

Die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen ist auch eine Grundanforderung an Bauwerke in der Bauprodukten-Verordnung. Kreislaufwirtschaft im Bauwesen wird allerdings in der Öffentlichkeit und in der Praxis oftmals immer noch mit dem Recycling mineralischer Baurestmassen gleichgesetzt. In diesem Sinne werden in der Recyclingbaustoff-Vorordnung andere Baustoffe wie Dämmstoffe, Holz etc. lediglich als Störstoffe für die mineralischen Baurestmassen angesehen.



Im EU-Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft sind Prinzipien für die Kreislaufwirtschaft im Lebenszyklus eines Bauwerks festgelegt, welche in den folgenden Zielen der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMK, 2021) Eingang gefunden haben:

- Gebäude werden kreislaforientiert geplant, ausgeschrieben und errichtet. Der Fokus liegt dabei auf Langlebigkeit, modularer Bauweise, Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen sowie auf der Verwendung eines möglichst hohen Anteils an nachhaltigen Baustoffen und Sekundärbaustoffen.
- Die Nutzungsdauer von bestehenden Gebäuden wird durch Wartung und Sanierung verlängert. Bei der Sanierung liegt der Fokus auf hoher thermischer Qualität, Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen sowie auf der Verwendung eines möglichst hohen Anteils an nachhaltigen Baustoffen und Sekundärbaustoffen.
- Die stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen wird erhöht. Erreicht wird das durch verbesserte Trennung beim Abbruch, Entfernung von Schadstoffen, verwertungsorientierten Rückbau sowie neue Verwertungstechnologien und Geschäftsmodelle.

Damit diese Ziele erreicht werden können, wird die Umsetzung einer Vielzahl an Maßnahmen empfohlen. Im Zusammenhang mit der Schule am Kinkplatz stehen vor allem folgende Maßnahmen:

- Einführung einer österreichweiten Bewilligungspflicht für den Abbruch von Gebäuden und Erweiterung des Entscheidungsrahmens der Behörden unter Einbeziehung der ökologischen Zweckmäßigkeit (Abbruch und Neubau versus Sanierung bzw. Umnutzung)
- Bevorzugte Förderung von ressourcenschonenden und zirkulären Bauweisen
- Schaffung eines praxisorientierten Rechtsrahmens für Re-Use von Bauteilen im Zuge der Revision der EU-Bauprodukteverordnung (insbesondere bezüglich CE-Kennzeichnung, vorausgesetzt, dass grundlegende Anforderungen an Bauwerke für „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ auf EU-Ebene festgelegt werden, Haftungsrecht)

Im Projekt KreislaufBAUwirtschaft (Umweltbundesamt, 2021)<sup>26</sup> wurden mittels Interviews mit Stakeholdern der Baubranche aktuelle Hindernisse und potenzielle Hebel identifiziert. Folgende stehen mit dem vorliegenden Projekt in Verbindung (nicht-taxativ angeführt):

Aktuelle Hindernisse mit Fokus auf Sanierung und Rückbau:

- Vielfach besteht die Ansicht, dass ein Umbau/eine Sanierung teurer sind als ein Neubau.
- Das bereits vorhandene Wissen über Lebenszykluskosten wird in der Praxis noch nicht angewandt – es fehlt an langfristigen Umsetzungs-Strategien.
- Die in der Praxis übliche Bewertung der Kreislaufwirtschaft entspricht vielfach nicht den tatsächlichen Kosten, in denen auch die Transporte oder soziale Faktoren berücksichtigt werden müssten (Kostenwahrheit).
- Bei der Gebäudezertifizierung ist die Kreislauffähigkeit noch nicht ausreichend berücksichtigt.
- Es fehlt an geeigneten Indikatoren zur Beschreibung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden.
- Die gesetzlichen Rahmenbedingungen verursachen einen hohen bürokratischen Aufwand und behindern teilweise die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft.
- Bei der Betrachtung des Gebäudes als Materiallager stellt die Koordination von Angebot und Nachfrage eine Herausforderung dar.
- Der gesetzlich geforderten Dokumentation von Bauteilen zur Wiederverwendung wird nicht nachgekommen.

---

<sup>26</sup> Umweltbundesamt; 2021; REP-0757: KreislaufBAUwirtschaft Projekt-Endbericht

- Vielfach fehlt es an innovativen, energieeffizienten Technologien für einen rentablen Rückbau.
- Mangelndes Wissen über die verbauten Baustoff-Mengen und -Qualitäten sowie schwankende Absatzmärkte erschweren die Rückgewinnung von Baustoffen beim Rückbau.
- Die für ein Recycling erforderliche sortenreine Sammlung ist – v. a. bei Kunststoffen – ein Problem.
- Verbundbaustoffe erschweren die sortenreine Rückgewinnung und damit das Recycling.
- Alte Bauteile entsprechen vielfach nicht den aktuellen (z. B. energetischen) Standards, wodurch einer Wiederverwendung Grenzen gesetzt sind.
- Gewährleistung von Doppelverglasung nur 25 Jahre, keine Reparaturmöglichkeit.
- Ausbau und Zwischenlagerung von Bauteilen für deren Wiederverwendung erfordern Arbeits- und Platzressourcen.

#### Potenzielle Hebel mit Fokus auf Sanierung und Rückbau:

- Sanierungen müssen nicht allein energetisch-thermisch, sondern auch auf Funktionalität, Flexibilität, Kreislaufwirtschaft und Klimawandelfolgenmilderung ausgerichtet sein.
- Konstruktionen und Bauprodukte sollen so beschaffen sein, dass eine einfache und kostengünstige Sanierung ermöglicht wird.
- Eine ressourceneffiziente Instandhaltung basiert auf langlebigen Materialien und einer guten Instandhaltungsstrategie, gekoppelt mit der Betriebsführungsstrategie.
- Die Kostenfrage („Sanierung ist teurer als Neubau“) sollte einzelfallweise geprüft werden.
- Um die Wirtschaftlichkeit kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen zu erhöhen, sollte die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, wie beispielsweise der Einsatz von Bauteilkatalogen oder das Leasen ganzer Bauteile, forciert werden.
- Die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen wird idealerweise durch Building Information Modeling (BIM) unterstützt. Der digitale Zwilling des Gebäudes wird über den gesamten Lebenszyklus gepflegt und aktualisiert, so dass er die Grundlage für die Instandhaltung als auch für spätere Umbau- und Rückbaumaßnahmen darstellt. Die Kreislauffähigkeit sollte verstärkt Eingang in die Gebäudezertifizierung finden.
- Um die Akzeptanz zu erhöhen, muss die Frage nach der Haftung und Zertifizierung von wiederverwendeten Bauteilen geklärt werden. Zur Wiederverwendung von Bestandsmaterialien sollte es daher ein einfaches praktikables Verfahren geben, um die Gewährleistungsthematik zu entschärfen.
- Im Zuge des faktischen Errichtens eines Neubaus oder einer Sanierung sind möglichst bereits vor Ort vorhandene Ressourcen (Aushubmaterialien, im Falle eines vorhergehenden Abbruches auch verwertbare Abbruchmaterialien) zu nutzen. Dies reduziert einerseits Transporte von und zur Baustelle, andererseits können hier Kosteneinsparungen erzielt werden.
- Einsatz von Bauweisen, die eine leichte Demontierbarkeit von Gebäudebestandteilen ermöglichen (Steckverbindungen statt fixen Verbindungen, keine vollverklebten Dämmplatten etc.).
- Informationsvermittlung zur Kreislaufwirtschaft in Aus- und Weiterbildung integrieren.
- Neben politischen Rahmenbedingungen bedarf es auch eines gesellschaftlichen Wandels in der Baupraxis, der durch Wissensvermittlung und Leuchtturmprojekte vorangetrieben werden sollte.

# 4. Projektinhalt

## 4.1. Vorgangsweise

Das durchgeführte Projekt war in 7 Arbeitspakete (AP) unterteilt:

**AP 1 Projektmanagement:** In diesem Arbeitspaket wurden Termine und Leistungspakete koordiniert und auf den Projektfortschritt gemäß Arbeitspaket geachtet. Die Zielerreichung wurde laufend evaluiert und gegebenenfalls gesteuert. Die aufgrund der Covid-19 Pandemie entstandenen Hindernisse, z.B. die Unmöglichkeit, geplante Präsenztermine und Workshops abzuhalten, wurden durch alternative Lösungen, z.B. Videokonferenzen oder Einzeltermine, überwunden.

**AP 2 Potentialanalyse und Zieldefinition:** In diesem Arbeitspaket wurden im Rahmen einer Bestandsaufnahme die vorhandenen Unterlagen zum Demonstrationsgebäude konsolidiert und analysiert. Anschließend wurden die einzelnen Potentiale des Gebäudes aufgeschlüsselt und so eine Leistungsspezifikation zur Bestands-, Anforderungs-, Potenzialerhebung sowie zur Zieldefinition erstellt.

**AP 3 Sondierung Architektur:** Ziel des Arbeitspaketes war es, nach einer ausführlichen Analyse der Architektur sowie des Tragwerks des Gebäudes eine Mustersprache zu erstellen, die weiter verwertbare Daten für Folgeprojekte liefern kann. Hierfür wurde auch die Analyse von internationalen Referenzprojekten herangezogen.

**AP 4 Sondierung Energie:** Ziel dieses Arbeitspakets ist eine ganzheitliche Optimierung des Nutzungs- und Energiekonzepts, welches ein Nullemissionsgebäude mit angepasster Nutzung ermöglicht.

**AP 5 Synergien (Fokus: Sondierung Bauwerksbegrünung):** Aus diesem Arbeitspaket resultieren unterschiedliche Begrünungsmöglichkeiten indoor und outdoor in Synergie mit energetischen Maßnahmen.

**AP 6 Ökologische, ökonomische und soziologische Evaluierung der Maßnahmen:** Ziel des Arbeitspakets ist die Identifizierung der innovativsten ökosozialen Lösungen, welche auch dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit über den Lebenszyklus gerecht werden.

**AP 7 Conclusio und Übertragbarkeit:** In diesem Arbeitspaket wurden die Teilkonzepte zusammengeführt und eine Empfehlung für die Methode bei Folgeprojekten ausgesprochen.

## 4.2. Methoden und verwendete Daten

### 4.2.1. Potentialanalyse und Zieldefinition (AP2)

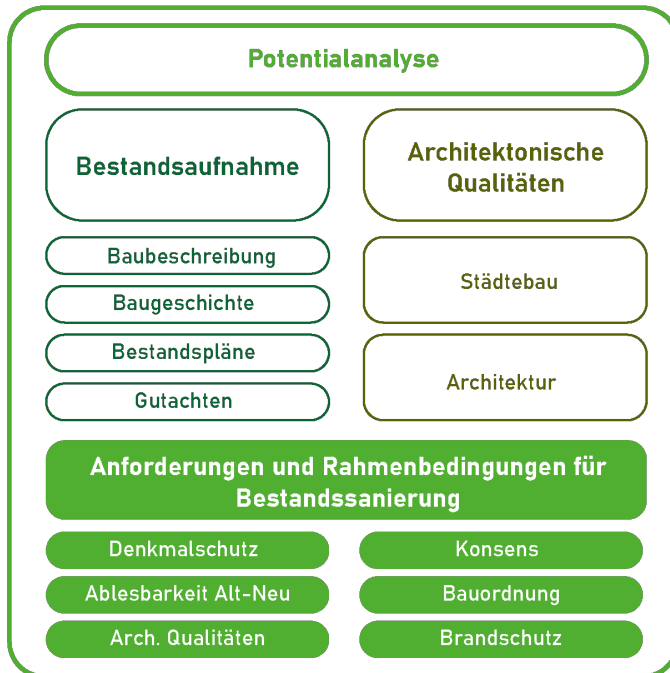


Abbildung 8: Darstellung Arbeitspaket 2 Potentialanalyse

Ziel dieses Arbeitspaketes war eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Demonstrationsprojekt Schule am Kinkplatz und dessen Potentialen. Um diese Ziele zu erreichen, wurden folgende Methoden angewendet:

#### Bestandsaufnahme

##### 1. Architektur und Städtebau

- Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die bereits vorhandenen Unterlagen zur ehemaligen Schule am Kinkplatz evaluiert.
  - Hierfür wurde auf Literatur der Technischen Universität Wien, auf das Archiv des AZW Wien, in dem sich der gesamte Nachlass von Helmut Richter befindet, auf Dokumentationen von zahlreichen Fachveranstaltungen zur Schule Kinkplatz an der TU Wien, AZW Wien, Sounding-Board der Stadt Wien, ÖGFA, i.A. der Stadt Wien erstellte Gutachten, das Privatarchiv Architekten Tillner & Willinger (Nachlass Helmut Richter) und Internetrecherche zurückgegriffen. Auch der Bauakt des Gebäudes wurde bei der Baupolizei MA 37 eingesehen. Nachfolgend wurde auf Basis der Bestandspläne von 1996 eine Topographie aufgestellt. Diese diente als Grundlage für alle weiteren Berechnungen, Flächenangaben und Zonierungen.
  - Um die bereits erarbeitete Leistung zum Demonstrationsobjekt zu konsolidieren, wurden die bisherigen Gutachten zum Objekt (2011, 2014, 2016, 2018) studiert. Diese wurden analysiert und auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht.
- Durch DI Michael Schlinz, Experte für konstruktiven Glasbau, wurde eine Analyse der vorhandenen Glastypen am Demonstrationsobjekt durch in situ Glasmessungen durchgeführt. Anschließend wurden die Ergebnisse mit den Glas-Kennwerten in Literatur

und Bestandsplänen verglichen. Das Ergebnis ist eine Zusammenfassung zu den Verglasungstypen des Demonstrationsobjektes.

- Ein weiterer Teil der Bestandsanalyse war die Auseinandersetzung mit dem Wiener Schulbauprogramm 2000. Hierfür wurde eine Literatur- und Internetrecherche durchgeführt und zusätzlich ein Expert:innengespräch mit Dieter Henke und Marta Schreieck von Henke Schreieck Architekten im Juli 2022 geführt, da sie im gleichen Programm und Zeitraum eine Hauptschule in Wien planten.
- Zudem wurde eine Analyse des urbanen Kontextes vorgenommen. Dabei wurden folgende städtebaulich relevante Faktoren erhoben:
  - Nachbarschaft: Die Lage des Schulgebäudes im städtebaulichen Kontext wird durch die vorstädtische Lage, das direkte Umfeld mit inaktiven Nutzungen auf drei Seiten bestimmt: den Friedhof im Osten, den Fußballplatz im Westen, das Lager der Gärtnerei im Süden sowie Wohnbauten mit Vorgärten im Norden. Im weiteren Radius handelt es sich vorwiegend um ein Wohnviertel mit wenig Mischnutzungen und sozialen Treffpunkten. Da es Bedarf dafür gibt, könnte dieser im Projektgebiet erfüllt werden.
  - Infrastruktur: Die fußläufige Erschließung und die Anbindung an das ÖV-Netz wurden untersucht. Die Buslinie 47A verbindet alle 15 Minuten die Baumgartner Höhe (Otto-Wagner-Areal) mit der U4- Haltestelle "Unter St. Veit". Die U-Bahn-Station ist fußläufig in 17 Minuten erreichbar, die Straßenbahnhaltstelle der Linie 52 in 7 Minuten. Die Anbindung an die U-Bahn ist verbesserungswürdig, z.B. durch Sharing-Angebote der E-Mobilität im Stationsbereich. Die Durchwegung des Areals von Ost nach West mit einem zusätzlichen Eingang im Osten würde die Anbindung an die Busstation in der Waidhausenstraße verbessern, da derzeit der Haupteingang an der Tinterstraße liegt.
  - Öffentlicher Raum und Grünraum: Der öffentliche Raum im Gebiet besteht vorwiegend aus Straßen zur IV-Erschließung, es gibt keine fußgängerfreundlichen Aufenthaltsbereiche oder Plätze mit konsumfreien Sitzgelegenheiten. Obwohl das Gebiet sehr grün wirkt, werden die Grünräume privat genutzt, der Fußballplatz dient nur den Vereinsmitgliedern, das Otto-Wagner-Areal, ehemals ein attraktiver Flanier- und Aufenthaltsbereich, wurde ebenfalls gesperrt. Diese Defizite können durch die geplanten Freiraumangebote am Projektstandort ausgeglichen werden.
  - Bevölkerung: Penzing gehört zu den bevölkerungsmäßig stark wachsenden Bezirken Wiens. Das Durchschnittsalter war im letzten Zensus mit 42,7 Jahren etwas höher als der Wiener Durchschnitt (41 Jahre). Der Prozentsatz der Hochschulabsolventen liegt im Wiener Durchschnitt etwas unter 30% und ist im Steigen begriffen. (Von 873.100 Erwerbstätigen in Wien hatten 2020 298.000 im Erwerbsalter von 25 bis 64 einen Hochschulabschluss, das sind ca. 34%).<sup>27</sup> Für diese Bevölkerungsgruppe fehlt es an kulturellem Angebot und sozialen Treffpunkten abseits von Kindergärten, Schulen und Senioreneinrichtungen. Diese Bedürfnisse sollen im Projektgebiet gedeckt werden.

---

<sup>27</sup> <https://www.wien.gv.at/statistik/bezirke/penzing.html>, (abgerufen am 22.10.22, 11:34)

## Analyse des urbanen Kontextes

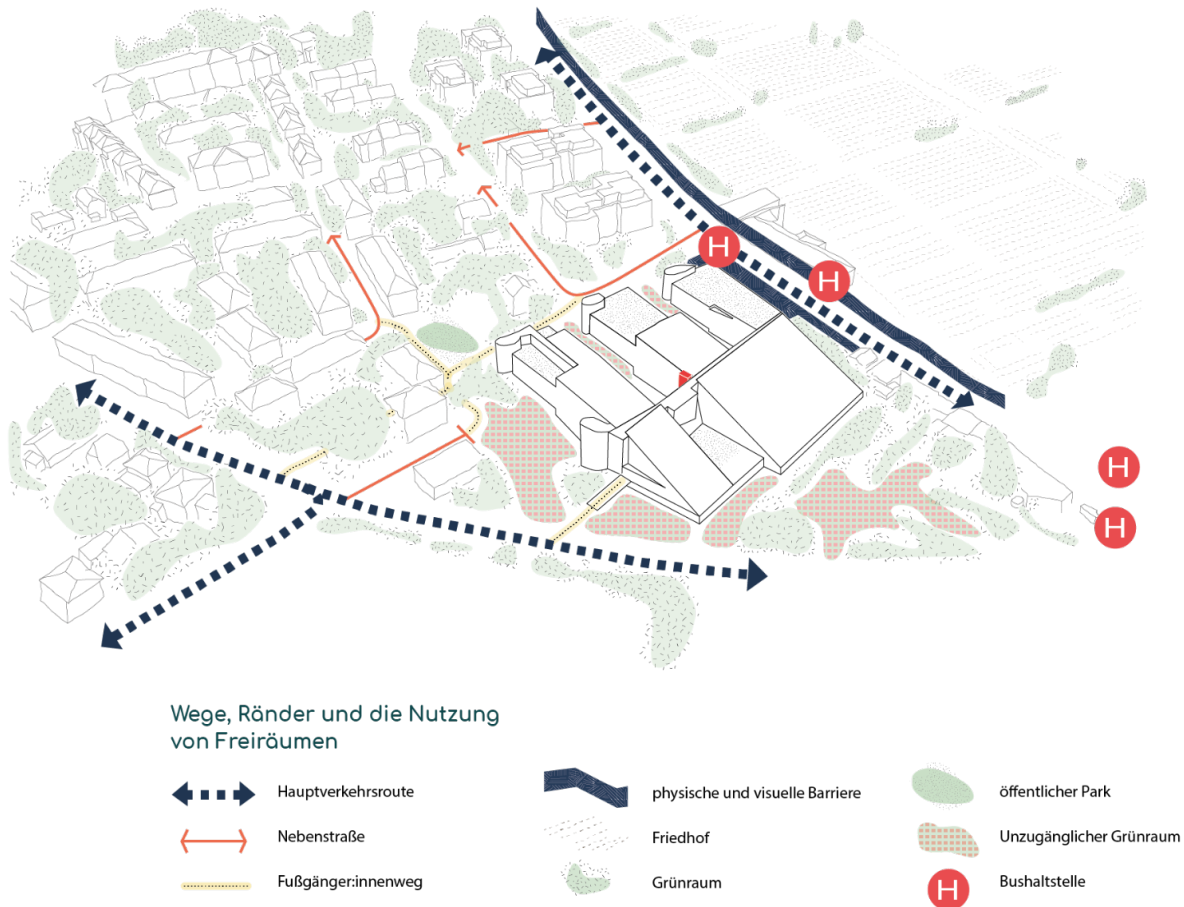


Abbildung 9: Analyse des urbanen Kontextes, 1140 Wien

### Bürger:innen

- **Diversität**  
Der Bezirk hat mehr als 90.000 Einwohner:innen. Penzing wächst stetig und wird vielfältiger.
- **Durchschnittsalter**  
Im Jahr 2020 betrug das Durchschnittsalter der Bewohner:innen des Bezirks 42,7 Jahre und lag damit oberhalb des Gesamtdurchschnittsalters der Stadt Wien (41 Jahre).
- **Hochschulbildung**  
Mehr als 30% der Einwohner des 14. Bezirks haben eine akademische Ausbildung – Tendenz steigend.
- **Dichte**  
Etwa 48% des Landkreises bestehen aus Wäldern. Penzing ist damit einer der am wenigsten verdichteten Bezirke Wiens.

## Bezirk Penzing

### ○ **Aussichten**

Der Bezirk Penzing bietet durch seine zahlreichen Hügel und Anhöhen viele Ausblicke über ganz Wien.

### ○ **Historischer Wert**

Neben den Otto-Wagner-Gründen mit 60 Pavillons beherbergt Penzing zwei von Otto Wagner entworfene Villen sowie die berühmte Kirche am Steinhof.

## 2. **Bauphysik**

Die Bestandsaufnahme konzentrierte sich neben der Energieproblematik auf die thermische Behaglichkeit und die Akustik. Dabei wurde immer auf die kritischen Zonen fokussiert.

### ○ Thermische Behaglichkeit

Die Eigentümerin ermöglichte dem Forscher:innenteam zur Durchführung von Messungen den Zugang zur Schule. Da das Gebäude nicht in Betrieb ist, ergab sich die Möglichkeit, das Gebäude in direkter Wechselwirkung mit seiner Umgebung, zumindest thermisch, messtechnisch zu beobachten. Dazu wurde ein UMIDUS Cloud-Messsystem mit batterielosen Funksensoren installiert, die die Außentemperatur und Luftfeuchte, die Innentemperaturen und Luftfeuchten in der Eingangshalle unten und die Temperaturen und Luftfeuchten im oberen Bereich der Turnhalle über ein Jahr aufgezeichnet haben.

## 3. **Energie**

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die in Punkt beschriebenen bereits vorhandenen Unterlagen zur ehemaligen Schule am Kinkplatz herangezogen.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit (D. Obergasser, Sanierung der Helmut-Richter-Schule, Glasfassaden im Fokus der Klimaneutralität, Wien 2022, betreut von der FH Technikum Wien) wurden die Auswirkungen des hohen Verglasungsanteils auf den Energiebedarf und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen untersucht. Nach der Bestandsanalyse wurde ein Maßnahmenpaket zur Sanierung entwickelt und in Sanierungskonzepte überführt. Für diese Konzepte wurden verschiedene Varianten erarbeitet. Die Varianten orientieren sich an den Mindestanforderungen der OIB-RL 6 und dem Passivhaus-Standard für Sanierungen (EnerPHit). Die Ergebnisse zeigen, dass neben der Reduzierung der Wärmeverluste die Optimierung der solaren Gewinne die wichtigsten Maßnahmen sind. Die Verbesserung der transparenten Bauteile hat großes Potential, den Energiebedarf der Schule signifikant senken zu können. Der bestehende und zukünftig steigende Energiebedarf zur Kühlung von Gebäuden mit hohen Glasanteilen bedeutet eine große Herausforderung, um in dieser Gebäudekategorie die CO<sub>2</sub>-Neutralität erreichen zu können. Der effizienteste Weg diesbezüglich wäre, die Solargewinne im Winter bestmöglichst zu nutzen und die solaren Lasten im Sommer zu minimieren. Darüber hinaus ist die zusätzliche energetische Nutzung der Sonnenstrahlung durch Photovoltaik unverzichtbar. Die maximale Nutzung von verfügbaren Dach- und geeigneten Fassadenflächen sollte angestrebt werden, um den Großteil des Strombedarfs der Schule selbst decken zu können., Neben der extensiven Nutzung von PV sollte die Nutzung von

Umweltwärme eine ökologischen Umstieg aus der fossilen Versorgung ermöglichen. Als mögliche Wärmequelle und Wärmesenke wurden für den Standort Erdsonden ermittelt und die mögliche Anzahl auf dem Areal berechnet. Durch genauere Simulation kann dann in einem nächsten Schritt festgestellt werden, wie viele wirklich nötig sind. Die zur Verfügung stehende nachhaltige Umweltenergie soll von Wärmepumpen genutzt werden, um die Gebäudekonditionierung während den Heiz- und Kühlperioden gemäß den Vorgaben sicherzustellen.

#### **4. Begrünung**

Die Bestandsaufnahme der Grün- und Freiräume am Schulgelände erfolgte anhand einer Fotodokumentation sowie der Recherche der eingangs genannten Literaturquellen. Anhand der Aufnahme und Analyse des IST-Zustandes wurde eine Analyse von potentiellen Anwendungsbereichen vorrangig am Gebäude, aber auch auf dem Gelände abgeleitet. Weiters wurden ergänzende einschlägige Fachliteratur und Forschungsergebnisse bestehender Begrünungsprojekte hinzugezogen, um die gebäudeoptimierende Wirkung der Begrünungsformen und die Umsetzbarkeit an der Schule zu überprüfen.

##### **a. IST-Zustand der Freiflächen**

###### **Topographie**

Die umliegenden Freiflächen umfassen eine Fläche von etwa 4.000 m<sup>2</sup>. Das Gelände des Grundstücks weist eine südliche Hangneigung auf. Der Architekt Helmut Richter setzte sich intensiv mit der bestehenden Topographie auseinander und als Antwort auf den Niveauunterschied wurde das Gebäude zwei- bis fünfgeschossig in den Hang geschichtet.

Bereits bei der Planung und dem Bau des Gebäudes stellten der Grundwasserspiegel und ein unter dem Bauwerk verlaufender Bach eine Hürde dar. Auf den Nachbargrundstücken und am Friedhof sind unterirdische Quellen, sodass die umliegenden Gebäude über Sumpfpumpen verfügen. Auf die Bedingungen wurde mit Sickermulden im Vorfeld reagiert. Am Bestand ist jedoch zu erkennen, dass diese Gegebenheiten bei starken Regenereignissen und hohem Grundwasser zu Wassereintritt ins Gebäude führen<sup>28</sup>.

###### **Zonierung**

Die Außenanlagen des Schulgeländes gliedern sich in die umliegenden Grünflächen, welche aus Rasenflächen mit Baumbestand, Aufenthaltsbereichen und einem Spielplatz bestehen, in Innenhöfe zwischen den Klassentrakten mit terrassiert angelegten Schulgärten, teils mit Waschbetonplattenbelag, sowie Flachdächer.

##### **b. Potentialflächen**

Folgend werden die potentiellen Flächen für die Begrünung, die in Abstimmung mit der Architektur erhoben wurden, dargestellt. Diese gliedern sich in horizontale und vertikale

---

<sup>28</sup> PASEK David 2011, DIE GLASSCHULE AM KINKPLATZ URL: <https://www.pasek.at/architekturtheorie-detail/die-glasschule-am-kinkeplatz.html> (zuletzt abgerufen am 18.10.2021)



Flächen und untergliedern sich weiter in die Zonierungen anhand des Bestandes (vgl. dazu Abbildung 14 Analyse der architektonischen Qualitäten des Projekts)

### **Horizontale Flächen**

#### ○ **Grünflächen**

- Baumbestand so weit wie möglich erhalten
- nutzer:innenorientierte, verbesserte Aufenthaltsqualitäten bereitstellen
- Maßnahmen zum Regenwassermanagement (Sickermulden, Schwammstadt etc)
- Wege mit versickerungsfähigen Oberflächenbelägen erneuern



Abbildung 10: Aufnahme Schulgebäude (c) Isabella Maboe, architektur aktuell

#### ○ **Innenhöfe**

- sichtbares Grün von den Innenräumen aus
- Bewirtschaftung des botanischen Lehrgartens und Urban Farming/Gardening auf terrassierten Gärten
- Entsiegelung jener Bereiche, die mit Waschbetonplatten belegt oder asphaltiert sind



Abbildung 11: Aufnahme Innenhof terrassiert und Fassaden Klassentrakte, Februar 2021

#### ○ **Dachterrassen**

- große Flachdächer, Terrassen und Höfe lassen sich mit vergleichsweise geringem Aufwand in grüne Oasen verwandeln, die sowohl das Gebäude dämmen als auch die Umgebung kühlen können
- Mehrfachnutzung der Flächen: Freiluftklassen in Kombination mit PV Dachgarten-Pergolen, intensiv genutzte Dachgärten
- Flächennutzung für Energieertrag mit PV-Anlagen in Kombination mit extensiver Dachbegrünung darunter

#### **Vertikale Flächen**

Für die gesamte vertikale Gebäudehülle galt die Abwägung folgender Potentiale:

- Verschattungswirkung, Kühlung der Gebäudeflächen, Innenräume und Umgebung
- Begrünung von Glas- und opaken Flächen
- teil- oder vollflächige Begrünung
- vorgestellte selbsttragende Konstruktion für Rankgerüst/Seile, begrünt mit Kletterpflanzen (boden- oder troggebunden) ohne Berührungen des Bauwerks

#### ○ **Fassade Klassentrakte**

- Kombination Fassadenbegrünung mit Photovoltaik
- Prüfung, ob Bauwerk eine am Tragwerk verankerte Rankkonstruktion oder wandgebundene Systeme statisch halten könnte
- Prüfung der Auswirkung Exposition und des Einstrahlungswinkels





Abbildung 12: Aufnahme Fassade Klassentrakt, Februar 2021

#### ○ **Glasfassade Hallen**

- Smart Materials: Algen in ETFE-Folie: Effektivität noch nicht zur Gänze erforscht, daher gäbe es die Möglichkeit zur Weiterentwicklung und Verbesserung des Systems; Potentiale: Verschattungselement, CO<sub>2</sub>-Speicherung, Gestaltungselement
- Prüfung, ob eine an Glasfassade und Trägerkonstruktion verankerte Rankkonstruktion statisch möglich wäre
- eigenständige Rankkonstruktion für Gerüstkletterpflanzen als sekundäre Bewuchsebene
- Verbesserung des Lüftungskonzeptes durch außenliegende Begrünung im Bereich der Luftansaugung bei der Dachtraufe



Abbildung 13: Aufnahme Traufe Aula und Turnhalle, (c) unbekannt

### **Analyse der architektonischen Qualitäten des Projektes**

Die Analyse der architektonischen Qualitäten des Projekts basierte auf Recherche von Beiträgen in Fachmagazinen, Publikationen, Teilnahme am Diskurs um das Demonstrationsobjekt und Expert:innengesprächen. Die wichtigsten Quellen hierbei waren:

- Architekturjournal Wettbewerbe: Adolf Loos Architekturpreis 1997. Schulbauten in Wien, Jg. 21, Heft 163/164/, 1997.
- Architekturjournal Wettbewerbe: Schule der Stadt Wien, Waidhausenstraße, Wien 14, Jg. 18, Heft 137/138, 1994.
- Architekturzentrum Wien: Stellungnahmen Petition „Für die respektvolle Erhaltung und adäquate Nutzung der Helmut.Richter-Schule am Kinkplatz in Wien/ Penzing“, 2020
- Architekturzentrum Wien: Symposium Die Schule am Kinkplatz. Eine unendliche Geschichte? 26. Jänner 2022, Wien
- CHRAMOSTA Walter M.: Helmut Richter. Bauten und Projekte, Basel 2000.
- HELLMAYR Nikolaus: Wien, Schulbau. Der Stand der Dinge, Wien 2003.
- HELSING Almaas, James MORRIS: Vienna: Objects and Rituals, Köln, London 1997.
- HERZOG, Thomas, Solar Energy in Architecture and Urban Planning, München, New York 1996.
- HOPPE Jäger, Lang, Reinhold, Scheurecker, Überlackner: Schulbau in Österreich Eine qualitative Bestandsaufnahme, BMUK, Wien 1996
- Kammer der ZiviltechnikerInnen, ArchitektInnen und IngenieurInnen: Stellungnahme der Sektion ArchitektInnen der Kammer der ZiviltechnikerInnen für Wien, Niederösterreich und

Burgenland zu MA 65 - 67116 - 2019 Petition: „Für die respektvolle Erhaltung und adäquate Nutzung der Helmut.Richter-Schule am Kinkplatz in Wien/ Penzing“, 2020

- KÜHN Christian: Nichts ist egal, in: Die Presse, 2014.
- LEEB, Franziska, Schule am Kinkplatz, 1994. Eine gläserne Offenbarung, in: architektur aktuell, No. 452, 11.2017.
- NOVOTNY Maik: Kein Gramm zu viel. Zum Tode von Helmut Richter (1941-2014): Der Meister der scharfen Kanten und intelligenten Reduktion prägte eine ganze Generation von Architekten. Ein Nachruf., in: Der Standard, 2014.
- POLLAK Sabine: Wiener Typologien, Wien 2009.
- RICHTER Helmut: Schule Kink-Platz, in: Friedrich Achleitners Blick Auf Österreichs Architektur Nach 1945, o.O. 2015.
- RICHTER Helmut, Walter M. CHRAMOSTA: Ganztags Hauptschule Kinkplatz, Wien 14. Projekte und Konzepte, Heft 3, Wien 1995.
- SLESSOR Catherine: Eco-Tech. Umweltverträgliche Architektur und Hochtechnologie, Ostfildern-Ruit 1997.
- STADTPLANUNG WIEN: Das neue Schulhaus. Schüleruniversum und Stadtpartikel, Wien 1996.
- Schule der Stadt Wien. Waidhausenstraße, Wien 14, in: Architekturjournal Wettbewerbe, 18. Jg, Heft 137/138, 1994.
- SCHEERBART Paul: Ohne einen Glaspalast ist das Leben eine Last. Schulbau mit Dreifachturnsaal in Wien, in: architektur aktuell, Heft 173/174, 1994.
- STEINER Dietmar: Waidhausenstrasse school, Vienna, in: Domus, Heft 785, 1996.
- STOCKHAMMER Sophie: Die Schule am Kinkplatz. Technische Ruine oder Denkmal? Wien, 2021
- Technische Universität Wien: Ein Buch für Helmut Richter, Wien 2007.
- WAECHTER-BÖHM Liesbeth: „Ohne einen Glaspalast ist das Leben eine Last“. Schulbau mit Dreifachturnhalle in Wien, in: architektur aktuell, Heft 173/174, 1994.
- WIKNOPF Bella: School Glaze, in: The Architectural Review, Heft 198, 1995.
- ZILLNER Christian: Ich glaub an kein Gesetz. Über die Person und die Arbeit des Architekten Helmut Richter, der Wien in absehbarer Zeit verlassen wird, in: Falter, Jg. 7, Heft 442, 1990.

Folgende architektonische Merkmale und Qualitäten sind hervorzuheben:

<b>Städtebau</b>	
<b>Topographie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Klassentrakte in abgestaffelten Höhen</li> <li>○ Gründung auf Pfählen</li> <li>○ Kubatur folgt dem Terrain               <ul style="list-style-type: none"> <li>– reagiert auf Hangwasserproblematik</li> <li>– erzeugt Leichtigkeit trotz großem Volumen</li> </ul> </li> </ul>
<b>Hang und Terrassierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ gläsernes Pultdach reagiert auf die Schräge der Hanglage</li> <li>○ überzeichnete Darstellung des Terrains</li> <li>○ Terrassierung der Innenhöfe zwischen den Fingern</li> </ul>
<b>Kubatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kubatur reagiert auf Kontext, Abtreppe zu Wohnbauten im Norden</li> <li>○ außerordentliche Plastizität der Anlage</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ libellenflügelartige Glashallen</li> <li>○ partielles Eingraben der Dreifachturnhalle zur optischen Minimierung des Volumens am Grundstück und energetischen Nutzung des Erdreichs im Süden</li> </ul>
<b>Architektur</b>	
<b>Typologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ kulturelle Bedeutung der Schule als innovative Interpretation des Schul-Bautypus der Gang-Hallenschule</li> </ul>
<b>Ablesbarkeit der Funktionen und Konstruktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ klare Ablesbarkeit der Struktur im ganzen Gebäude</li> <li>○ unverkleidete Innenstruktur</li> <li>○ sichtbare, außen geführte Erschließung und Entsorgungsfunktionen (Kamine, WC-Boxen)</li> <li>○ sichtbare Installationen</li> </ul>
<b>Raumkontinuum</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ entgrenzendes Raumkontinuum mit fließenden, transparenten Übergängen zwischen Funktionseinheiten <ul style="list-style-type: none"> <li>– Treppe als Teil der Aula</li> <li>– Gang und Treppen als Teil der Turnhalle</li> <li>– Pausenhof bildet Wirkungseinheit mit angrenzenden Innen- und Erschließungszonen</li> <li>– Einbezug von Stadtraum und Terrasse in das Schulleben</li> </ul> </li> </ul>
<b>Bauteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ kammartige Schultrakte</li> <li>○ Gegensatz zwischen Standardklassenzimmern und außergewöhnlichen, transparenten Glashallen</li> </ul>
<b>Blickbezug und Sichtachsen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aus-, Rund- und Einblicke</li> <li>○ Durchblicke</li> </ul>
<b>Erschließung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ sichtbare, außenliegende Erschließung mit freigestellten Liftgruppen und Fluchttreppen als nachvollziehbare Erklärung der Funktionen – Konnex zur High-Tech-Architektur in England (Lloyd's building) und Frankreich (Centre Pompidou)</li> <li>○ Erschließung mit hohen räumlichen Qualitäten ist gleichzeitig Aufenthaltsraum</li> </ul>
<b>Belichtung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Klassentrakte auf Hang aufgeständert, um Klassenzimmer maximal zu belichten (und Hangwasser zu vermeiden)</li> <li>○ Fensterbänder mit Schiebefenstern</li> <li>○ lichtdurchflutete, helle Atmosphäre</li> <li>○ Transparenz als Konstruktionsprinzip</li> </ul>



<b>Beschattung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Klassentrakte: außenliegender Sonnenschutz in Form von Lamellen und seilgeführten textilen Rollos</li> <li>○ Glashallen: innenliegender, textiler Sonnenschutz (Screens)</li> </ul>
<b>Belüftung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ innovatives Lüftungskonzept der Glashallen <ul style="list-style-type: none"> <li>– Luftansaugung durch Lamellen an Dachtraufe</li> <li>– Lüftungslamellen am Dachfirst, um heiße Luft entweichen zu lassen</li> <li>– Kamineffekt durch Pultdächer und innenliegenden Sonnenschutz</li> </ul> </li> <li>○ natürliche Nachtlüftung</li> </ul>
<b>Flexibilität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stahlbeton-Skelett für hohe Flexibilität in Raumeinteilung und Nutzung der Klassentrakte</li> <li>○ Großzügigkeit des Raumes der Dreifachturnhalle ermöglicht unterschiedliche Nutzungen</li> <li>○ Erschließungskonzept mit mehreren Zugängen und Treppen ermöglicht Teilung in Gebäudeabschnitte</li> </ul>
<b>Konstruktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ schlanke Primärkonstruktion</li> <li>○ leichte, filigrane Konstruktion</li> <li>○ kompromisslose Stahl-Glas-Konstruktion</li> <li>○ High-Tech-Architektur</li> </ul>
<b>Transparenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ bedingungslose Transparenz als Charakter des Schulbaus</li> <li>○ hoher Glasanteil</li> <li>○ Hülle: nahtloser Übergang von Wand zu Dach</li> </ul>
<b>Materialität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gerüst und Haut in zeitgenössische Materialien übersetzt</li> <li>○ kristallines Erscheinungsbild zur Entmaterialisierung</li> <li>○ mehrschichtiges Glas verspricht dauerhafte Erscheinung</li> <li>○ Verwendung von „kühlen“ Materialien aus der Industrie</li> <li>○ gezielter Einsatz der Materialien <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stahl</li> <li>– Beton</li> <li>– Aluminium</li> <li>– Glas</li> </ul> </li> </ul>
<b>Glas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ gläserne Hülle durch Dichtungsfugen facettiert</li> <li>○ punktgehaltene Verglasung (Innovation: erste punktgehaltene Überkopfverglasung aus Isolierglas)</li> </ul>
<b>Farben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ räumliche Polydimensionalität durch den Einsatz von Farben</li> </ul>

- Licht und Farbe als raumbildende Elemente
- Verwendung der Farbpalette von Le Corbusier
- Steuerung der Temperierung der Räume durch Strahlkraft, Brillanz und Tiefenwirkung der Farben
- Farben als Leitsystem
  - Korridorwände und Einbaumöbel: gelb
  - Kabelschächte: blau
  - Liftschacht: rot
  - konstruktive Elemente: Grau- und Silbertöne von Beton, Stahl, Aluminium

Tabelle 2: Architektonische Merkmale und Qualitäten der Schule am Kinkplatz



Abbildung 14: Architektonische Analyse, Schule am Kinkplatz

Die prägenden städtebaulichen und architektonischen Qualitäten, die unverzichtbar für das Verständnis des Gebäudes und daher zu bewahren sind, wurden erhoben und gekennzeichnet. Darauf



aufbauend konnten Bereiche, die für Maßnahmen wie Begrünung, Beschattung und Energiegewinnung durch PV zur Verfügung stehen, definiert werden.

### **Analyse und Erhebung der Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Bestandssanierung**

Die Analyse und Erhebung der Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Bestandssanierung erfolgt durch die Zusammenfassung der erworbenen Kenntnisse und Informationen. Es wurden Expert:innengespräche geführt u.a. zum Thema Brandschutz, Konsens und Denkmalschutz. Als Ergebnis wurden Rahmenbedingungen zu Denkmalschutz, architektonischen Qualitäten, Konsens und möglichen Nachnutzungen, Bauordnung und Brandschutz definiert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass keine der geplanten Maßnahmen die Gebäudeintegrität oder die Sicherheit beeinträchtigen würde und daher ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Genehmigungsfähigkeit in den behördlichen Verfahren des Bundesdenkmalamts und der Baupolizei (MA 37) auszugehen. Dies haben die behördlichen Vorbesprechungen und Expertengutachten bestätigt. Im Bundesdenkmalamt werden Richtlinien zur Integration erneuerbarer Energie aktualisiert und die Auswahl unterschiedlicher, an das Gebäude angepasster PV-Zellen hat sich vergrößert. Somit gehören die restriktiven Beurteilungen von Ansuchen zur Installation von PV-Anlagen der Vergangenheit an.

Generell kann bei einer Sanierung ohne überwiegende Nutzungsänderung der baurechtliche Konsens geltend gemacht werden. Es gilt dann die Gesetzes- und Normenlage zum Zeitpunkt der Baubewilligung. Der baurechtliche Konsens gemäß Baubewilligung 1993 durch Beibehaltung der überwiegenden Nutzung als Bildungsbau bietet die Möglichkeit, auf die damals geltende Gesetzes- und Normenlage aufzubauen. Die Intensität und Tiefe bzw. der Aufwand der gewählten Maßnahmen wird gezielt im Sinne der Kreislaufwirtschaft gewählt, ohne dabei das Gebäude zu überfordern und die weitere Lebensdauer zu riskieren, gleichzeitig aber ein zeitgemäßes Schutzziel zu gewährleisten.

#### 4.2.2. Sondierung Architektur (AP3)

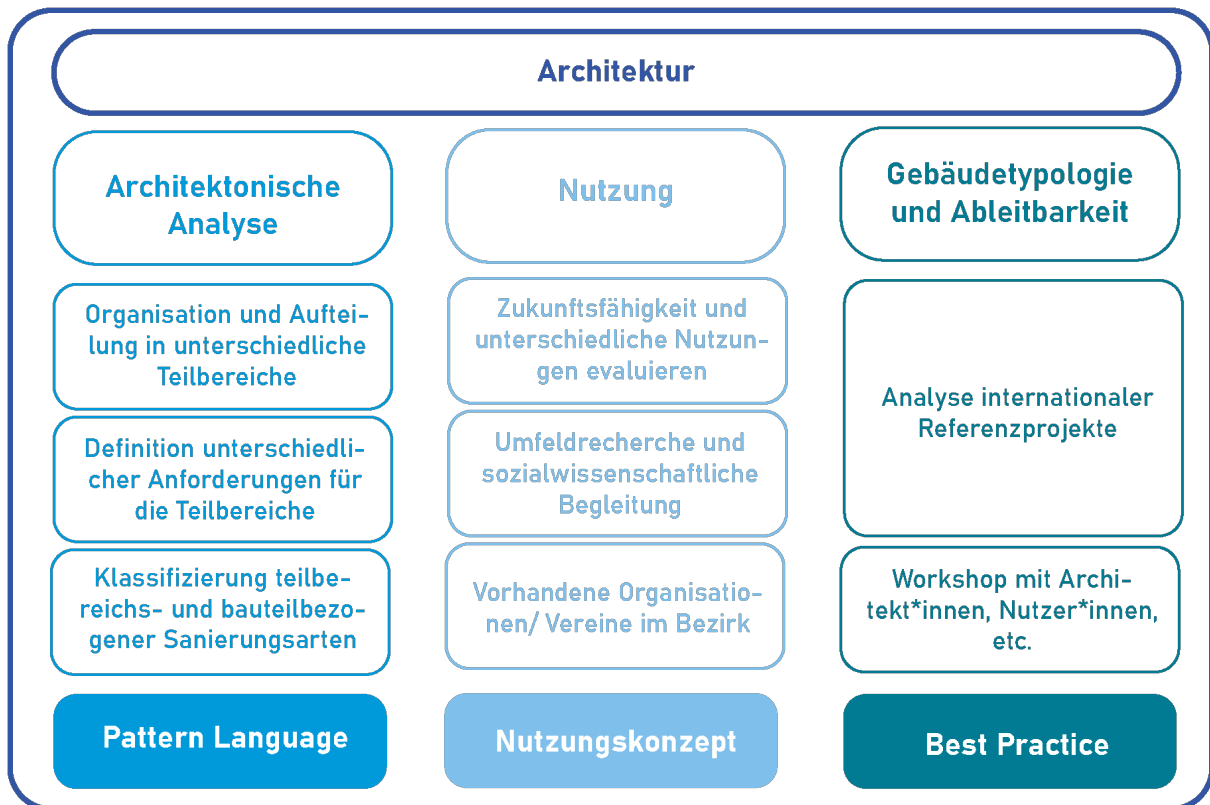


Abbildung 15: Darstellung Arbeitspaket 3 Architektur

#### Architektonische Analyse

Aufbauend auf der Bestandsaufnahme wurde das Gebäude in unterschiedliche Teilbereiche, Bauteile sowie nach Himmelsrichtungen aufgeteilt und eine Pattern Language erstellt. Die einzelnen Teilbereiche, Bauteile und Himmelsrichtungen wurden mittels Parameter (u.a. Ausrichtung, Größe, Konstruktion, Aufbau) beschrieben. Anschließend wurden die unterschiedlichen Anforderungen (u.a. Erhalt, Brandschutz) an die Teilbereiche, Bauteile und Himmelsrichtungen erarbeitet. Ergebnis ist das Heft *Architektonische Analyse der ehemaligen Schule am Kinkplatz*.

Einen Schwerpunkt der architektonischen Analyse stellte die Auseinandersetzung mit den Sanierungs- und Verbesserungsmöglichkeiten von Glasflächen dar. Hierfür wurde eine Recherche zu aktuellen Entwicklungen im Bereich Glas und Photovoltaik durch DI Michael Schlinz, Experte für konstruktiven und innovativen Glasbau durchgeführt. Einschätzung über Vor- und Nachteile von charakteristischen Eigenschaften wurden im Zusammenhang mit den erarbeiteten Voraussetzungen für das Demonstrationsobjekt Schule am Kinkplatz gesehen. Das Heft *Sanierungs- und Verbesserungsmöglichkeiten von Glasflächen* stellt eine Übersicht der bis dato diskutierten und untersuchten Möglichkeiten dar.

## Tragwerksanalyse

### **1. Modellaufbereitung und Digitalisierung**

Es wurde eine 3D-Modellierung mittels Rhinoceros 3D (Version 7) laut vorhandener Plangrundlagen erstellt. Profilangaben, Abmessungen, Dimensionen und Materialien entsprechen dem aktuellen Planstand (Okt.2021). Die statische Analyse wurde mittels Dlubal RFEM 5 (5.26.02) durchgeführt.

### **2. Statische Analyse**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Eigen-, Schnee- und Windlasten berechnet, sowie unterschiedliche Sanierungs- und Begrünungsmaßnahmen evaluiert, wie beispielsweise der Austausch der Bestandsverglasung der Glashallen auf eine Dreifach-Isolierverglasung oder ein zusätzliches Gewicht auf den Dachterrassen aufgrund von Begrünungsmaßnahmen und PV-Anlagen. Hierfür wurden die zusätzlichen Lasten auf das Tragwerk geprüft.

#### **Berechnungsfazit**

Das Tragwerk der Aula erfüllt auch bei Lasterhöhung (LF VGL+) alle nötigen Nachweise.

Das Tragwerk der Turnhalle erfüllt im derzeitigen Bestand (LF SQ) alle nötigen Nachweise. Bei Einsatz einer neuen Verglasung (LF VGL+) wird die Unterspannung bei plastischer Lastumlagerung bis zu einer Auslastung von nahezu 100% beansprucht — die Querschnitte der Zugstäbe plastifizieren beinahe vollständig. Dies bildet den Regelfall der Stahlbemessung ab.

Stellungnahme zur Lasterhöhung auf vorgespannte Hohldielendecken (kurz VSHD) in Klassentrakten durch zusätzliche Begrünungsmaßnahme am Dach:

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden unterschiedliche Begrünungsmaßnahmen evaluiert. Dazu zählt unter anderem eine Begrünung der Flachdächer der Klassentrakte. Hierfür wurden die zusätzlichen Lasten auf das Tragwerk geprüft. Eine gesamte Aufbaulast von insgesamt  $500 \text{ kg/m}^2$  auf den Hohldielendecken (Fabrikat Fa. Montavite VSHD 26,5F) erscheint uns als schlüssig. Dieses Fabrikat bzw. der Hersteller ist uns zwar nicht bekannt, vergleicht man aber die Werte mit der Fa. Oberdorfer ( $8,5 \text{ m}$  Spannweite bei VSD 5-26,5-B à  $10,8 \text{ kN/m}^2$  Zusatzbelastung), dann scheint die getroffene Annahme ebenfalls schlüssig.

Wichtig ist jedoch anzuführen, dass das Gewicht des Gefällebetons und etwaige Zusatzaufbauten für die Zusatzbelastung auch mit in Rechnung gestellt werden. Das bedeutet, dass die vollen  $500 \text{ kg/m}^2$  nur genutzt werden können, wenn dieser Gefällebeton ( $12 \text{ cm}$  Dicke lt. Plan; ca.  $300 \text{ kg/m}^2$ ) abgetragen wird.

Der Zustand der Hohldielen und auch eine punktuelle Überprüfung der Spanndrähte ist vor Ort zu überprüfen. Weiters können aus derzeitiger Sicht keine soliden statischen Aussagen betreffend der Unterzüge, die die Hohldielen tragen, getroffen werden, da nur die Geometrie und nicht deren Bewehrung bekannt ist. Hierzu müssten detaillierte Bewehrungspläne besorgt werden bzw. müssten Bauteile im notwendigen Umfang vor Ort geöffnet werden.

## Ökologische Untersuchung

Mit der vorliegenden Arbeit wurde anhand des Demonstrationsobjektes Schule am Kinkplatz der Versuch unternommen, die Gewichtsmasse des Treibhausgaspotentials (Tonnen CO<sub>2</sub>-eq.) in eine zur Speicherung dieser Masse benötigte Waldfläche umzurechnen. Dies soll einen greifbaren Maßstab schaffen.

Weiters werden die national gültigen ökologischen Bewertungssysteme des DACH-Raumes analysiert. Zum einen wird die bauliche Substanz des Schulgebäudes anhand der unterschiedlichen Datenbanken zahlenmäßig erfasst, und zum anderen werden die ermittelten ökologischen Kennwerte (Treibhausgaspotential, Versauerungspotential, Primärenergiebedarf) der jeweiligen Länder untereinander in Relation gebracht bzw. verglichen. Denn nicht nur die in den Datenbanken hinterlegten Materialkennwerte divergieren länderspezifisch voneinander, auch die jeweiligen Berechnungs- und Qualifikationsmethoden beruhen auf unterschiedlichen Ansätzen.

### CO<sub>2</sub>-Waldfläche

Die größte Herausforderung bei der Kommunikation von ökologischen Kennwerten ist, die subjektive Interpretationsfähigkeit zu berücksichtigen und diese Zahlenangaben in eine für uns Menschen greifbare Relation zu setzen. Ein plakativer Ansatz zur Abhilfe dieses Umstands ist, die Gasmenge, welche in der Einheit „Masse“ (Tonnen CO<sub>2</sub>-eq.) angegeben wird, in eine geometrisch vorstellbare Größe (Fläche in m<sup>2</sup>) zu bringen. Dazu zieht man die Speicherfähigkeit eines Waldes bzw. Baumes heran und ermittelt mittels dessen Treibhausgas-Speicherkapazität eine äquivalente Waldgröße.

Bäume entziehen der Atmosphäre zum Aufbau ihrer Biomasse das Treibhausgas CO<sub>2</sub>, lagern mittels Photosynthese Kohlenstoff (C) ein und setzen Sauerstoff (O<sub>2</sub>) wieder frei. Dieses Speicherpotential kann mit Hilfe von Schätztabelle einfach ermittelt werden. Um zum Beispiel das Speicherpotential von 1 ha Fichtenwaldfläche zu ermitteln, bedient man sich folgender Formel:

*Tonnen CO<sub>2</sub> pro Hektar = Vorratsfestmeter x Umrechnungsfaktor*

In der nachfolgenden Grafik lässt sich bei einem Bestandsalter von 50 Jahren und einem Vorrat von 337 Vfm/ha (Vorratsfestmetern pro Hektar) der CO<sub>2</sub>-Umrechnungsfaktor mit 1,2 ablesen. Das Speicherpotential dieses Fichtenwaldes beträgt demnach:

*CO<sub>2</sub>-Speicherung pro Hektar = 337 x 1,2 = 404,4 t CO<sub>2</sub>/ha*

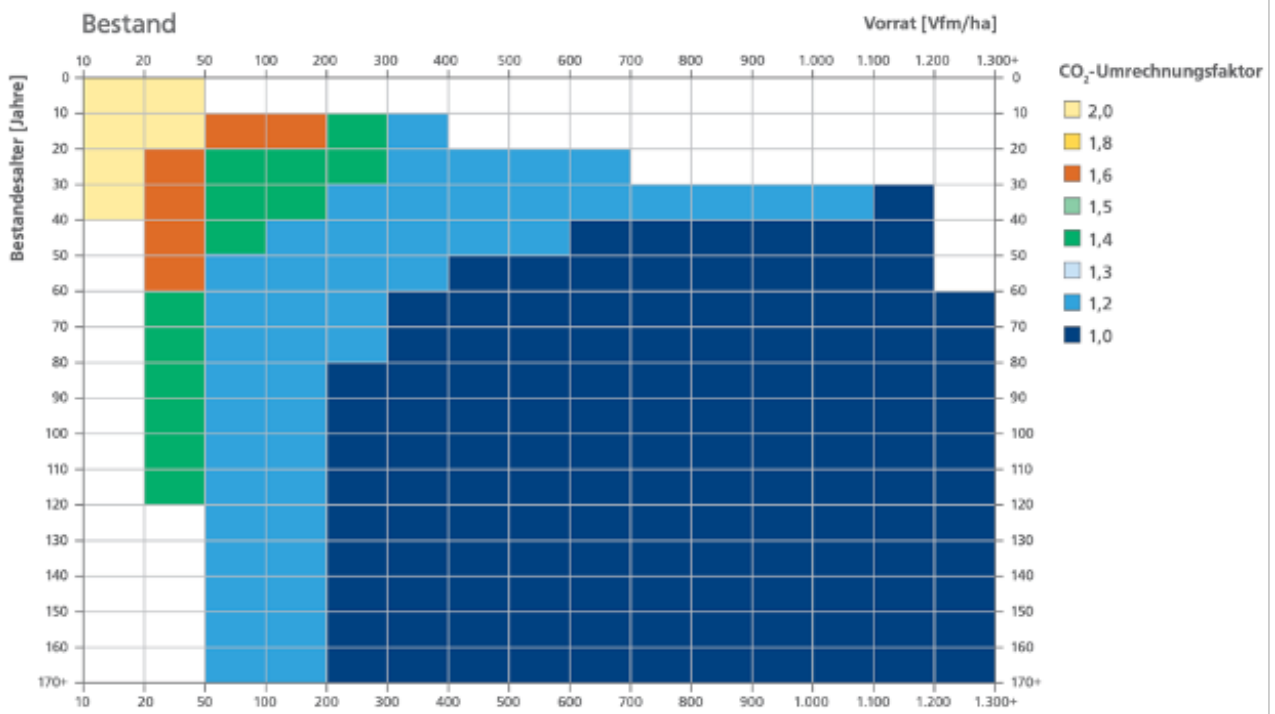


Abbildung 16: Merkblatt 27, Bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Juli 2011

Rechnet man die nach den Basisindikatoren ermittelte Gasmenge (kg CO<sub>2</sub>-eq) für das Objekt Kinkplatz um, ergeben sich nach untenstehender Grafik den Baumarten entsprechende Waldgrößen.

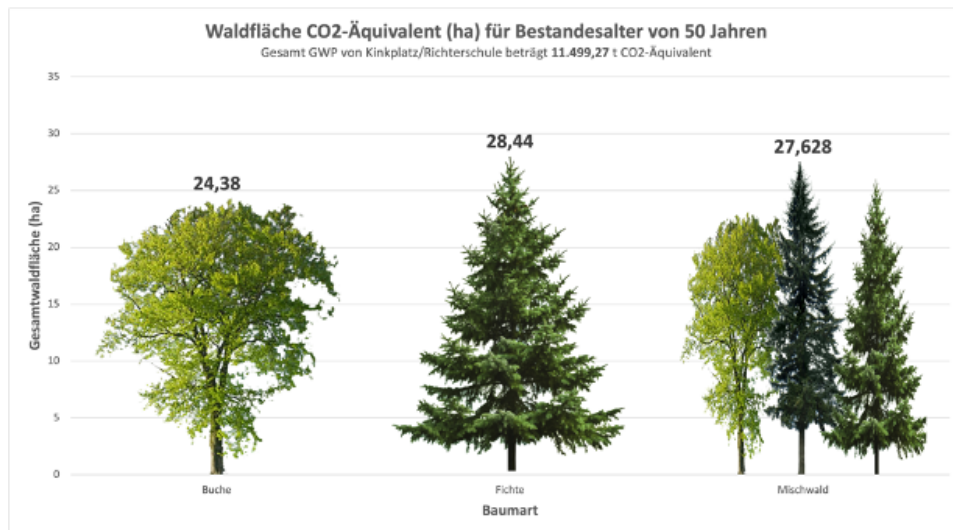


Abbildung 17: Waldfläche CO<sub>2</sub>-äquivalent (ha) für Bestandsalter von 50 Jahren

Folgende Annahmen wurden auf Basis der Kenngrößen für den durchschnittlichen österreichischen Wald (vgl. *proholz.at/Zuschnitt Nr.51*<sup>29</sup>) zur Abschätzung getroffen:

Kenngrößen für den durchschnittlichen österreichischen Wald	
Bestandsalter	50 Jahre
Vorrat	337 Vfm/ha
CO <sub>2</sub> -Umrechnungsfaktor	lt. Schätztabellen
Mischwaldzusammensetzung	13,5% Buche (10,2% Anteil in Ö) 80% Fichte (59,7% Anteil in Ö) 6,5% Kiefer (4,9% Anteil in Ö)

Tabelle 3: Kenngrößen für den durchschnittlichen österreichischen Wald

Die zur Speicherung des errechneten CO<sub>2</sub>-eq. benötigte Mischwaldfläche beträgt demnach knapp 28 ha. Das entspricht fast der 26-fachen Grundfläche der Schule selbst (KG 01214, Grundstücksnummer 155/1 & 119/2, Fläche ca. 10.600 m<sup>2</sup>, linkes Bild) bzw. in etwa 45% der Fläche des Kurparks Oberlaas (Gesamtfläche 60,9 ha, rechtes Bild).



Abbildung 19: Luftbild Schule am Kinkplatz, Google-Maps; eigene Farbanpassung



Abbildung 18: Kurpark Oberlaa, Stadt Wien; Plan Kurpark Oberlaa; eigene Farbanpassung)

Eine andere Möglichkeit der Vergleichbarkeit des GWP (11.499,27t CO<sub>2</sub>-equ.) zu einer Biomasse respektive einer Waldfläche ist die Umrechnung auf den jährlichen Holzzuwachs eines durchschnittlichen Waldes über alle Altersklassen hinweg. Laut der deutschen Bundeswaldagentur speichert ein Hektar Wald zirka 6 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Das gespeicherte Treibhausgaspotential des

<sup>29</sup> Zuschnitt Nr.51 | ProHolz, URL: <https://www.proholz.at/zuschnitt/51/der-oesterreichische-wald>, Merkblatt 27 der bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Juli 2011 (abgerufen am 27.10.2022, 10:39)

Kinkplatzes würde demnach eine Waldfläche von 1.916,5ha für die Speicherung des CO<sub>2</sub>-equ. beanspruchen. Das entspricht in etwa der Gesamtfläche der folgenden Wiener Gemeindebezirke<sup>30</sup> (1.769,4ha):

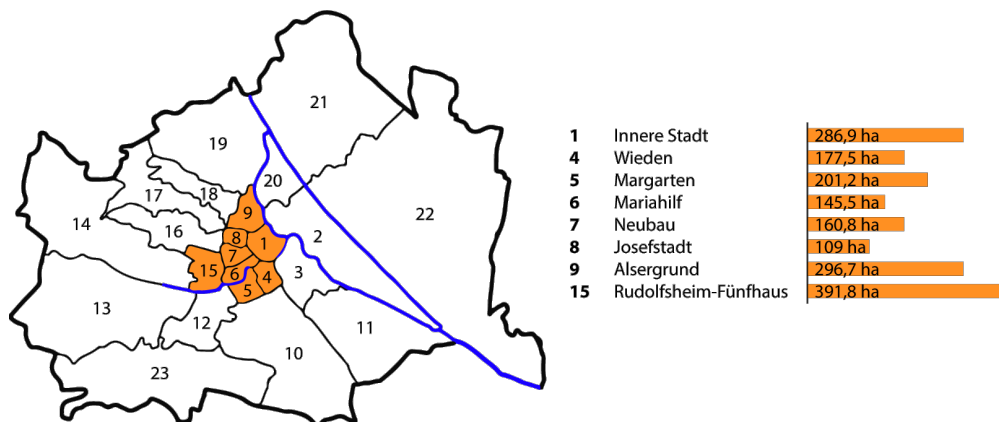


Abbildung 20: Benötigte Waldfläche im Vergleich mit Wiener Gemeindebezirken

Die Erkenntnisse zur Tragwerksanalyse wurden in zwei Berichten zusammengefasst:

- *Statische Analyse, Kinkplatz 21, 1140 Wien*
- *Ökologische Bewertung, Kinkplatz 21, 1140 Wien*

## **Nutzung**

Im Forschungsprojekt wurden dem Gebäude entsprechende adäquate Nutzungsmöglichkeiten untersucht. Die Vorgangsweise, aufbauend auf den räumlichen Qualitäten und den darin technisch machbaren, sinnvollen Maßnahmen, passende Nutzungen zu finden, stellt eine Umkehrung der üblichen Praxis dar.

Die untersuchten Nutzungsvarianten bauen alle auf dem baurechtlichen Konsens durch überwiegenden Beibehalt der Nutzung auf. Dementsprechend ist das Gebäude hier durchwegs überwiegend als Bildungsbau erhalten.

Um eine Nutzung zu definieren, die möglichst weniger Eingriffe bedarf, wurden vorab mit den Expert:innen von FH Technikum Wien klimatische Zonen im Bestand definiert. Durch die Zonierung in unterschiedliche Teilbereiche können so verschiedene Funktionen zugeordnet werden. Die Zonierung erfolgt nach klimatischen Bedingungen, Typologie der Räume, Raumabschlüssen, Funktionen und Erschließung. Folgende Zonen wurden definiert:

- Zone 1            Pausenhalle
- Zone 2            Turnhalle und Verbindungsgang
- Zone 3            Klassentrakt Erdgeschoß
- Zone 4            Klassentrakt Obergeschoß

<sup>30</sup> <https://www.wald.de/waldwissen/wie-viel-kohlendioxid-co2-speichert-der-wald-bzw-ein-baum/> (abgerufen am 27.10.2022, 10:44)  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1087579/umfrage/flaeche-von-wien-nach-bezirken/#professional>, (abgerufen am 27.10.2022, 10:44)

Anschließend wurden zukunftsweisende Nutzungsszenarien recherchiert und analysiert. Zudem wurden auch lokale Vereine und Organisationen recherchiert, wie beispielsweise im Grätzl Wien<sup>31</sup>, um den aktuellen Bedarf zu kennen.

<b>Mögliche Nutzungen</b>	
<b>Bildung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Atelier/Studio</li> <li>○ Labor</li> <li>○ VHS-Kurse</li> <li>○ AMS-Kurse</li> <li>○ Ausbildungsstätte Solarteuer:in</li> <li>○ Ausbildungsstätte Kreislaufwirtschaft</li> <li>○ Ausbildungsstätte Urban Farming</li> <li>○ Bibliothek</li> <li>○ future.lab research</li> <li>○ Universität (u.a. TU Wien, Akademie der Bildenden Künste, Die Angewandte, BOKU, FH Green Building)</li> <li>○ Care4GREEN</li> <li>○ Workshop- und Kunsträume</li> <li>○ GREEN: Cool &amp; Care</li> <li>○ Sportzentrum</li> <li>○ Bildungszentrum</li> <li>○ Volksbildungseinrichtung</li> </ul>
<b>Arbeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NGO, NPO</li> <li>○ Start-Ups</li> <li>○ Konferenzzentrum</li> <li>○ Co-Working</li> <li>○ Forschungseinrichtung</li> <li>○ Unternehmen</li> <li>○ zivilgesellschaftliche Organisationen</li> <li>○ privatwirtschaftliche Unternehmen</li> <li>○ urbanes Kompetenzzentrum</li> </ul>
<b>Öffentlich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Café, Restaurant</li> <li>○ Veranstaltung</li> <li>○ Nachbarschaftstreffpunkt</li> <li>○ Kunst und Kultur</li> <li>○ Grätzl-Forum</li> <li>○ Markthalle</li> <li>○ Auditorium</li> <li>○ Galerie</li> <li>○ Pop-Up-Ausstellungen</li> </ul>

<sup>31</sup><https://www.imgraetzl.at/penzing/raumteiler> ( abgerufen am 25.10.2022, 16:20)



Tabelle 4: Mögliche Nutzungen

Zusätzlich fand eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung durch das FH Technikum Wien statt, in der interessierte Personen an einer Online-Umfrage zur Nachnutzung der Schule am Kinkplatz teilnehmen konnten.

Anschließend wurden sowohl diese als auch vom Team konzipierte Nutzungsvorschläge in verschiedene Szenarien für die Nachnutzung der leerstehenden Schule auf die einzelnen Zonen aufgeteilt. Es entstanden insgesamt fünf Nutzungsszenarien:

- o Szenario 0 Schulnutzung
- o Szenario 1 universitäre Nutzung mit Büro bzw. büroähnlichen Nutzungen
- o Szenario 2 Volksbildungseinrichtung
- o Szenario 3 Bildungsstätte für Kreislaufwirtschaft
- o Szenario 4 Kulturzentrum

### Städtebauliche Anbindung

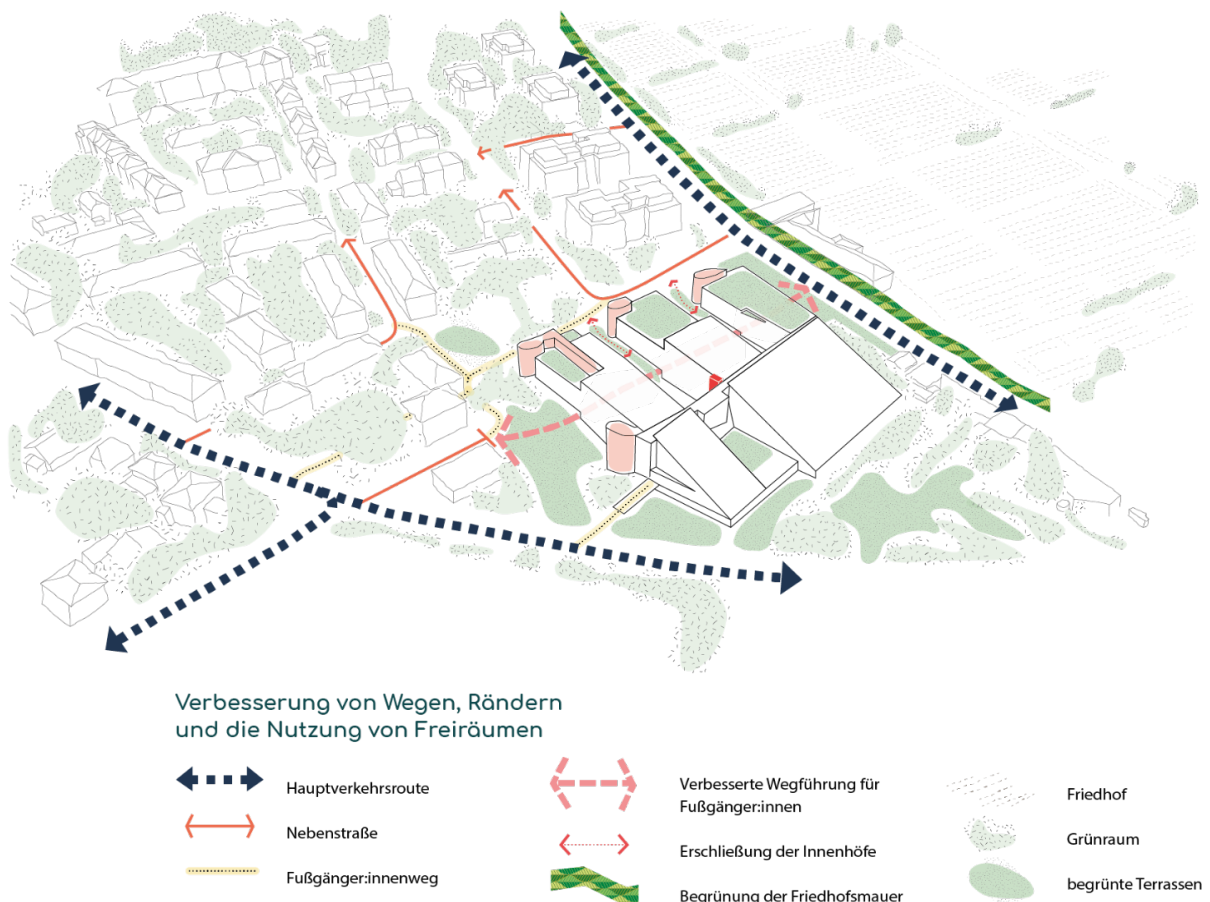


Abbildung 21: Verbesserung der Wegführung und Freiraumanbindung

## Vorgeschlagene Nutzungen

### Bürger:innen

- **interkultureller Austausch**  
Durch das Schaffen von Räumlichkeiten für kulturelle Veranstaltungen (Musik, Tanz) kann der interkulturelle Zusammenhalt der Nachbarschaft gestärkt werden.
- **Generationenübergreifende Aktivitäten**  
Es sollen Innen- und Außenräume für generationenübergreifende Aktivitäten geschaffen werden, wie gemeinsames Garteln und Lernen. So wird der Kontakt zwischen unterschiedlichen Altersgruppen gefördert.
- **stärkende Aktivitäten**  
Durch die Berücksichtigung der Bedürfnisse der Nachbarschaft entstehen Nutzungsangebote, die speziell auf den Bezirk zugeschnitten sind, zum Beispiel durch Bildungsveranstaltungen zu grünem Lebensstil für alle Haushalte oder Computerkurse für ältere Menschen.
- **gemeinschaftsorientierte Aktivitäten**  
In der Nachbarschaft sollen Räume bereitgestellt werden, in denen sich die Bürger:innentreffen und austauschen können, um das Zusammenleben zu stärken. Dazu zählen Gemeinschaftsgärten und Nachbarschaftsräume.

### Bezirk Penzing

- **grüner Bezirk**  
Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks, Bereitstellung von pädagogischer Unterstützung zu diesem Thema; Multimediaraum, Bibliothek, grünes Dach, grüne Energieerzeugung und -nutzung, grüne Arbeitsplätze, Urban Farming, Demonstrationsbeispiele für begrünte Wände, Kletterpflanzen und CO<sub>2</sub>-absorbierende Algen
- **Anhaltspunkt**  
Bezugspunkt, der über die architektonischen Werte des Stadtteils sowie seine Potentiale informiert, Treffpunkt für die Gemeinde

## Gebäudetypologien und Ableitbarkeit

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden unterschiedliche, internationale Sanierungsprojekte analysiert und verfolgt, um einen ganzheitlichen Überblick über aktuelle Projekte zu erhalten. Architekt Andreas Vass führte gemeinsam mit Professor Franz Graf, TSAM, EPFL ausführliche Interviews mit den Architekt:innen der Sanierungsprojekte und erhielt so interessante Einblicke in die Arbeiten. Zudem wurden die Gebäude, falls möglich, vor Ort besichtigt. Zu den Referenzprojekten zählen die Harvard Graduate School of Design – Gund Hall (Cambridge, USA), Industrial Hotel Berlier (Paris, Frankreich), Rietveld Academy (Amsterdam, Niederlande) und die GIBB Berufsschule (Bern, Schweiz) (vgl. dazu *Architecturally Valuable Glass Buildings 1970-2000, Comparative Analysis* im Anhang).

### 4.2.3. Sondierung Energiekonzept (AP4)

#### Methoden zur Energiesimulation und Treibhausgas-Potentialbewertung

Die PV- Simulationen wurden mit BIMSolar durchgeführt. Die BIMSolar-Software ist ein Tool, das professionellen und akademischen Nutzern die Modellierung und Bewertung von BIPV-Projekten in Bezug auf den zu erwartenden Ertrag des untersuchten Objektes ermöglicht. Dabei wurde für die Dachflächen ein Stat of the Art Halfcut 380 W<sub>p</sub>-Modul, mit einem Wirkungsgrad von 20,7% eines namhaften Herstellers, anhand des Datenblattes samt der Größe und Zelleigenschaften angelegt (Meyer Burger White 380W). Für die GIPV und Pergola- Lösungen wurde auf das individuell skalierbare Produkt insulation roof von Ertex solar mit einer Effizienz von 15,4% und einem Transparenzgrad von 20% zurückgegriffen.

Um die Sanierungsvarianten darstellen zu können, wurde das online-Werkzeug von *baubook GmbH*<sup>32</sup> verwendet. Der *baubook-Rechner für Bauteile* bietet die Möglichkeit, Wände, Decken, Böden, Dächer und Fenster mit qualitätsgeprüften Produkten und Richtwerten zu konstruieren.

Der Energieausweis wurde mit ArchiPHYSIK 19 aktualisiert und gerechnet. ArchiPHYSIK 19 hat eine Bauteilanbindung an die *baubook*. Damit können Bauteile einfach von der *baubook* übernommen werden. Außerdem kann man die ökologischen Kennzahlen und den OI3 automatisch mit dem Energieausweis mitrechnen. In der Version 20 können die Ökokennzahlen auch nach dem neuen OI-Leitfaden 5.0 gerechnet werden.

Zur Simulation der Energieflüsse von Gebäudebetrieb und Mobilitätsenergie wurde ein vereinfachtes dynamisches Verfahren verwendet, das diese Energieflüsse in einer stündlichen Bilanzierung abbildet<sup>33</sup>. Wesentliche Qualitäten dieses Verfahrens:

- Realitätsnahe und wissenschaftlich abgesicherte Methodik zur Bewertung und Nachweisführung von Plus-Energie-Quartieren als ein wesentlicher Baustein eines 2040 klimaneutralen Staats Österreich 2040.
- Dynamische Modellierung der Energieströme für alle relevanten Energieströme inkl. E-Mobilität, um Aussagen über die dynamischen Effekte eines Gebäudes oder Quartiers tätigen zu können.
- Abbildung von netzdienlichem Einsatz externer erneuerbarer Energie durch instationäre Betrachtung. Inklusion von intelligenter, energieflexibler Regelung zur Einbindung von (hochvolatilen) erneuerbaren Energiequellen (Windkraft, Sonnenkraft etc.).
- Einbindung des Speicherpotentials von Gebäudespeichermasse, Pufferspeicher, elektrischer Batterien, ecar-Batterien zur besseren Integration erneuerbarer Energien.

Für die Detailsimulationen der „Turnhalle“ wurde auf das Programmpaket Trnsys18<sup>34</sup> zugegriffen. Trnsys erlaubt dynamische Untersuchungen, in denen alle relevanten Energieflüsse und Zustandsgrößen für die Bewertung von Behaglichkeit im Detail abgebildet werden.

---

<sup>32</sup> <https://www.baubook.info/de> (abgerufen am 25.10.2022, 16:28)

<sup>33</sup> Schöffmann et al 2022; Schneider et al 2022

<sup>34</sup> [www.trnsys.de](http://www.trnsys.de) (abgerufen am 02.11.2022, 08:34)

## Systemgrenzen

Die Bewertung der energetischen und ökologischen Aspekte orientiert sich an dem für Plusenergie- und klimaneutrale Quartiere entwickelten Zukunftsquartier-Methode.<sup>35</sup>

Abbildung 22 zeigt die wesentlichen Dienstleistungen, die in den 3 Schalen PEQ Alpha, PEQ-Beta und PEQ Omega bewertet werden.

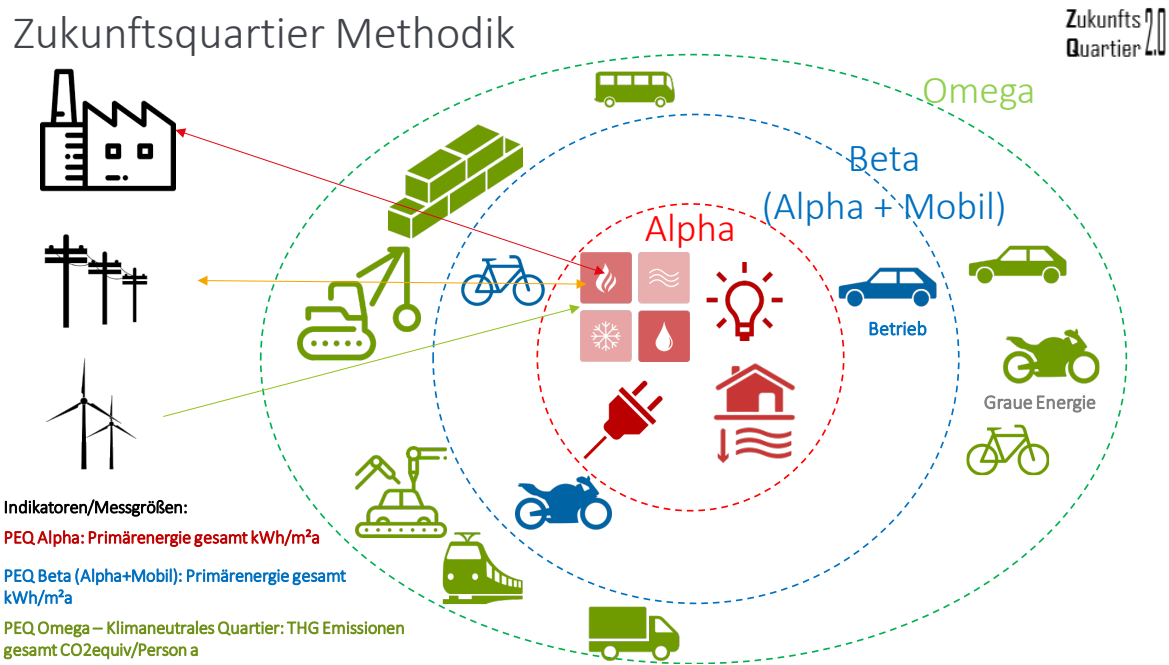


Abbildung 22: Methodik laut Zukunftsquartier

PEQ Omega wird in diesem Projekt in Bezug auf die graue Energie der Gebäudestruktur und der Mobilitätsgeräten nur in Teilen bewertet (BG1 laut IBO O13 Leitfaden, s.u.).

Die Zielwerte werden aus einem erneuerbaren und klimaneutralen Österreich 2040 abgeleitet. Neben klassischen Maßnahmen wird die Dynamik der erneuerbaren Aufbringung durch energieflexiblen (netzdienlichen) Gebäudebetrieb (inkl. e-Mobilität) miteinbezogen. Die Abbildung 23 zeigt schematisch den Zusammenhang.

<sup>35</sup> Schöfmann et al 2020, Schöfmann et al 2022; Schneider et al 2022

## Szenario: 100% Erneuerbares Österreich 2040

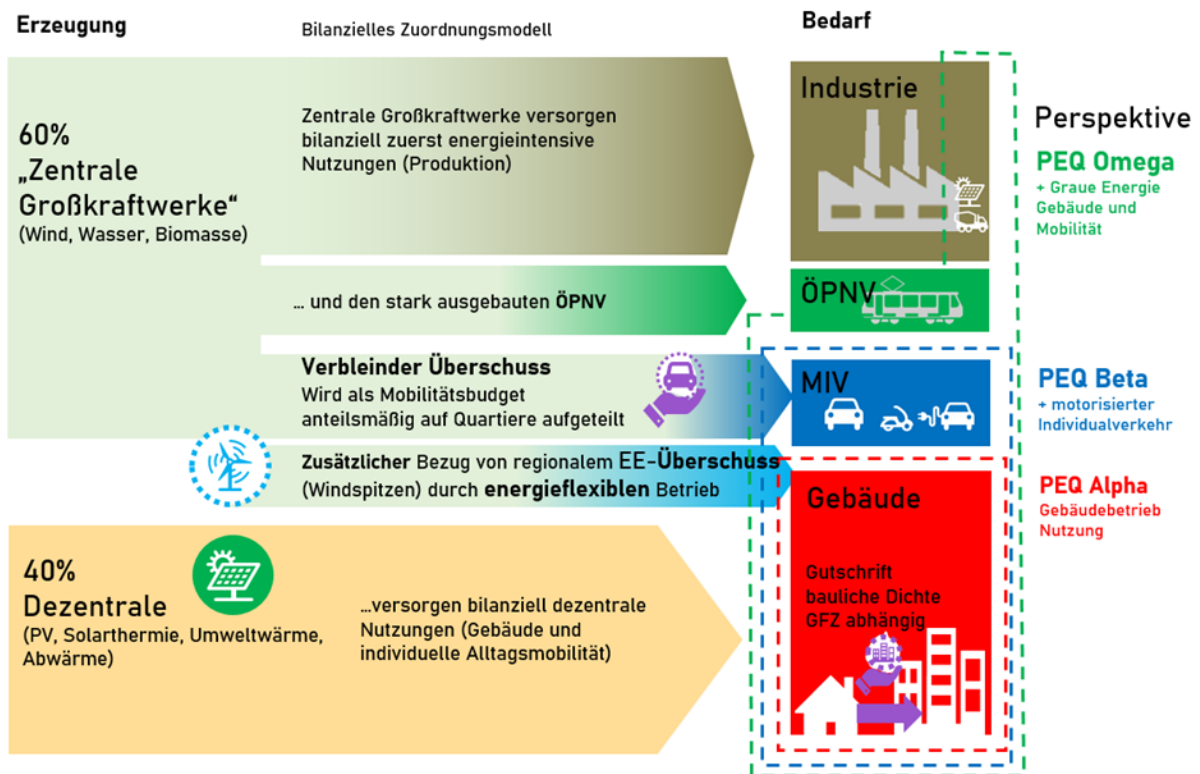


Abbildung 23: Darstellung der Randbedingungen bezüglich Allokation nationale Klimaziele zu Zielwerten in Quartieren und Gebäuden (Abbildung aus Schneider et al 2022).

### Analyse optimaler Nutzungen

Von den verschiedenen Nutzungsszenarien ist das Bildungsszenario bzw. speziell für die Turnhalle, die Vertical Farming Nutzung sehr attraktiv.

Die weitere Bildungsnutzung ermöglicht eine Sanierung mit geringerer Eingriffstiefe und hoher Effizienz über den Lebenszyklus für den Klassenteil und die Vertical-Farming-Nutzung, wenn sich ein geeigneter Betreiber findet, ebenso für die Turnhalle. Daher werden für die folgenden Untersuchungen nur diese beiden Nutzungsszenarien genauer verfolgt.

### Nutzungs- und Behaglichkeitsoptimierung

Die Nutzungs- und Behaglichkeitsanalyse konzentriert sich auf die thermische Behaglichkeit und die für die Akustik für die Bildungsnutzung. Dabei wurde immer auf die kritischen Zonen, Gänge, Aula und Turnsaal fokussiert.

#### **Akustik**

Da in den Klassenräumen keine lärmindernden Maßnahmen vorhanden sind, wurden mögliche Sanierungsmaßnahmen untersucht, welche die Akustik auf einen modernen Standard bringen würden. Gute Hörsamkeit wird durch die akustische Ausstattung entsprechend, der für die jeweilige Nutzung optimalen Nachhallzeit und durch die Sicherstellung eines möglichst geringen Geräuschpegels im Raum, erzielt. Neben der Nachhallzeit sind auch die Raumgeometrie und die Verteilung der

schallabsorbierenden und schallreflektierenden Flächen und die Diffusität für die Hörsamkeit von großer Bedeutung. Die optimale Nachhallzeit hängt außerdem vom Volumen eines Raumes und von dessen Verwendungszweck ab. Die OIB-Richtlinie 5 bzw. die ÖNORM 8115-3 geben hier unterschiedliche optimale Nachhallzeiten, mit einem Toleranzbereich, für unterschiedliche Nutzungen an. Für die folgende Analyse wurde ein Eckklassenzimmer verwendet. Die Position in der Schule ist im kleinen Lageplan angegeben. Die akustischen Maßnahmen, Akustikdecke und Leichtbau-Akustik an den Wänden sind im Plan mit verschiedenen Farben dargestellt. Die positiven Auswirkungen von Innenraumbegrünungen auf das Raumklima und die Raumakustik werden in Kapitel 4.2.4 erläutert.

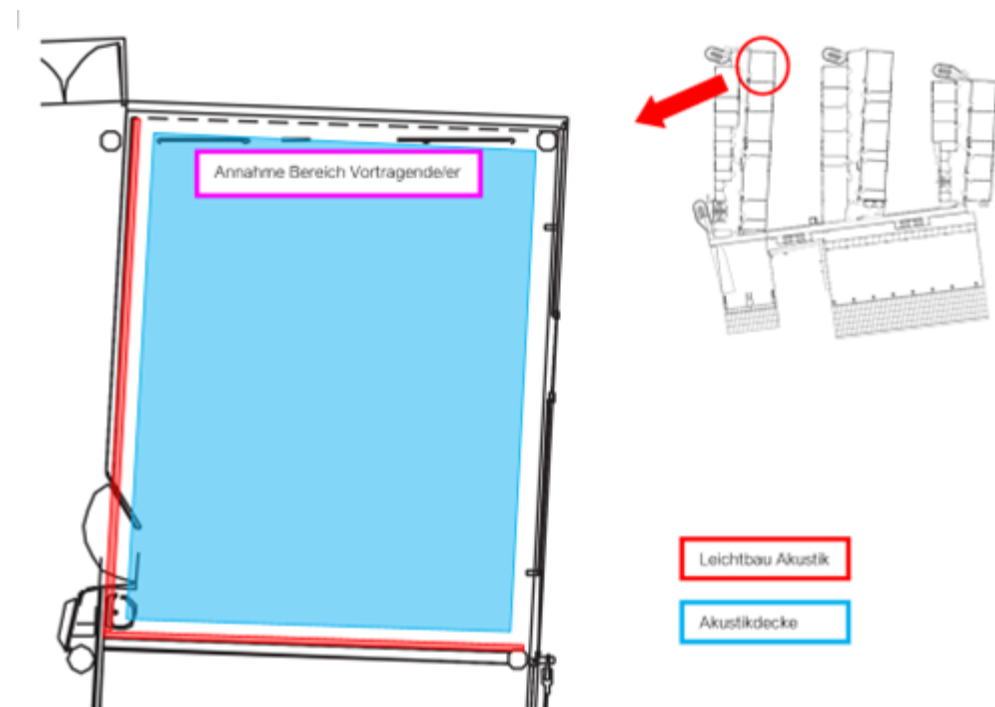


Abbildung 24: Verortung und Maßnahmen Klassenzimmer

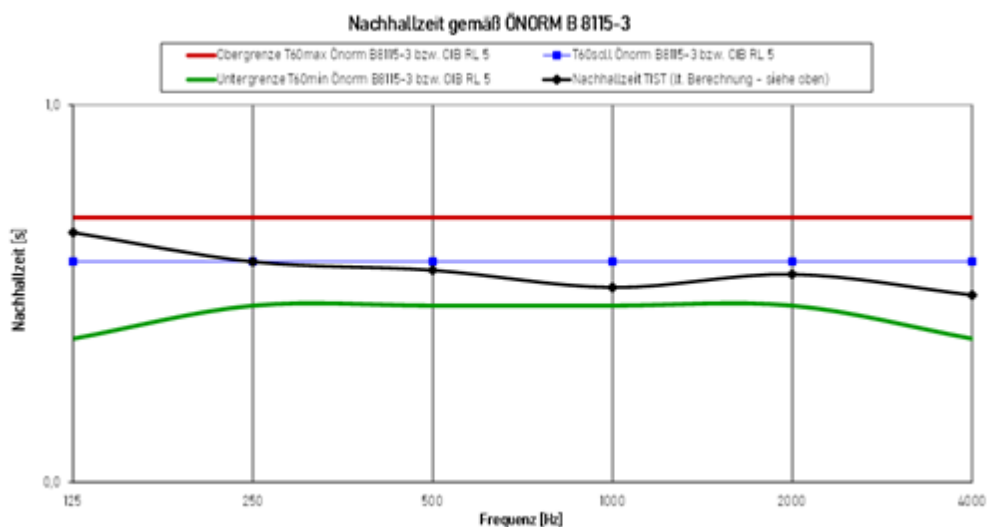


Abbildung 25: Nachhallzeit gemäß ÖNORM B 8115-3 für Klassenzimmer

Mit den oben dargestellten Maßnahmen, einer akustisch wirksamen Vorsatzschale (Akustik-Leichtbau) und einer entsprechenden Decke lassen sich in den Klassenzimmern nahezu perfekte Hörsamkeitsverhältnisse erzielen, wie durch die Berechnung der Nachhallzeit gemäß ÖNORM B 8115-

3 nachgewiesen wird. Doch dieser hohe Anteil an Absorberfläche ist nicht notwendig. Auch mit der nachfolgenden Konfiguration lässt sich ein ähnlich gutes Ergebnis erzielen:

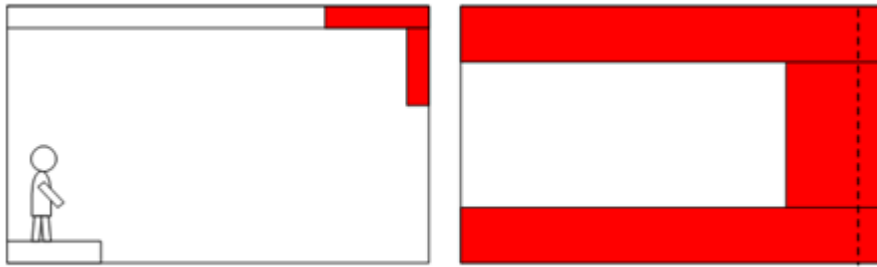


Abbildung 26: Vorsatzschale Klassenzimmer

Diese Anordnung ermöglicht, noch Flächenheiz- bzw. Kühlsysteme zu installieren, ist also ganzheitlich gesehen zu bevorzugen. Die Klassenräume bzw. Büros lassen sich raumakustisch ohne große Probleme sanieren.

Die Situation in der Turnhalle wird erheblich schwieriger, wie die nachfolgenden Darstellungen zeigen. Die komplette Glasdachfläche muss an der Unterseite vollständig mit einer mikroperforierten Folie belegt werden und zusätzlich Baffeln im Erschließungsbereich erhalten. Damit lässt sich die Akustik, wie die Berechnungen zeigen, bis auf den tiefen Frequenzbereich (125 Hz und 250 Hz) gut beherrschen.

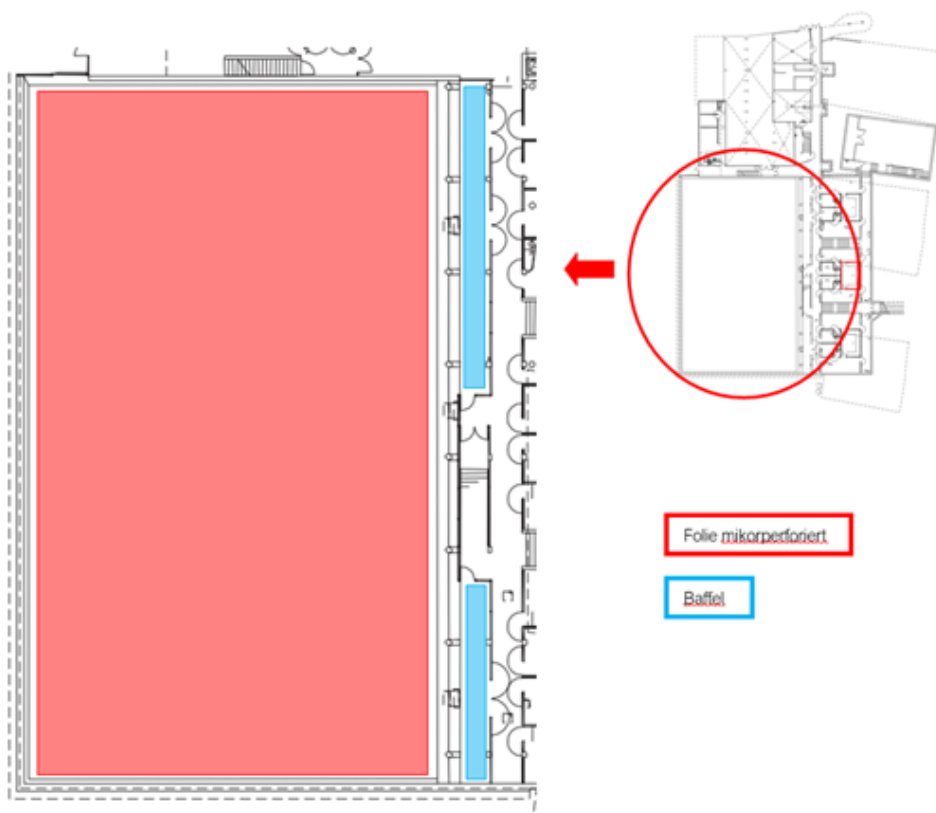


Abbildung 27: Verortung und Maßnahmen Turnhalle

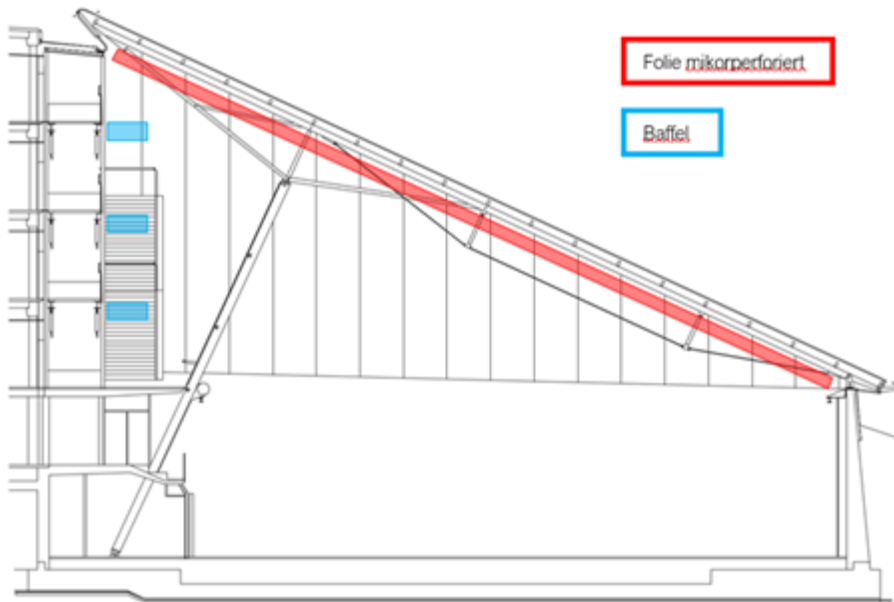


Abbildung 28: Maßnahmen in der Turnhalle (Schnitt)

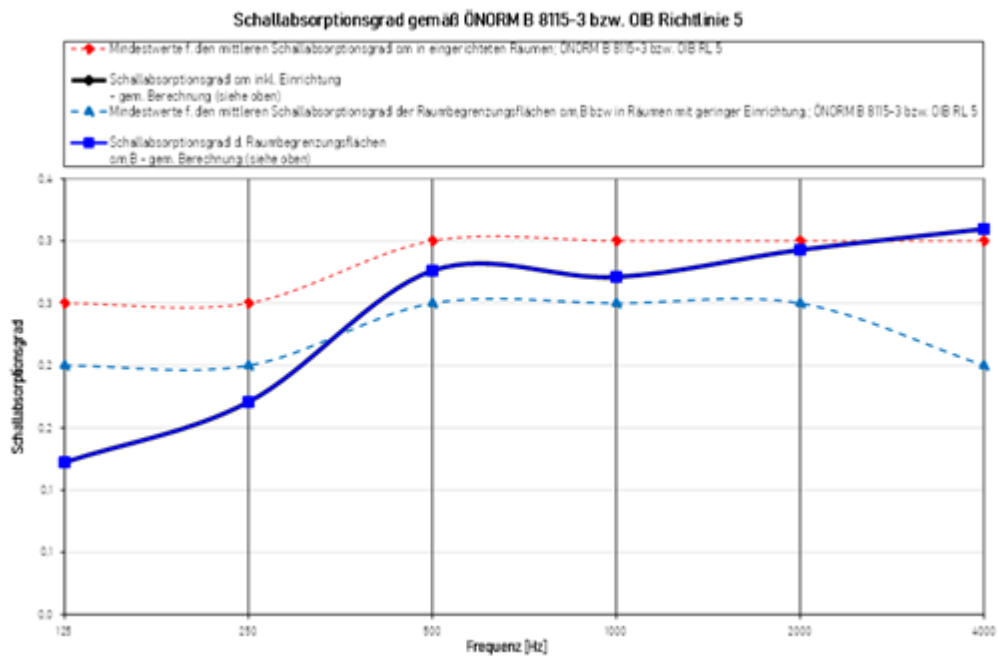


Abbildung 29: Schallabsorptionsgrad gemäß ÖNORM B 8115-3 bzw. OIB Richtlinie 5 Turnhalle

Für die tiefen Frequenzen müssen an den Seiten noch Schallabsorber angebracht werden. Die Anforderungen sind aber extrem von der wirklichen Nutzung abhängig und wurden daher hier nicht weiter vertieft.



## Thermische Behaglichkeit

Der Eigentümer ermöglichte dem Forscherteam den Zugang zur Schule für Messungen. Da das Gebäude nicht in Betrieb ist, ergab sich die Möglichkeit, das Gebäude in direkter Wechselwirkung mit seiner Umgebung, zumindest thermisch, messtechnisch zu beobachten. Dazu wurde ein UMIDUS Cloud-Messsystem mit batterielosen Funksensoren installiert, welches die Außentemperatur und Luftfeuchte, die Innentemperaturen und Luftfeuchten in der Aula unten und die Temperaturen und Luftfeuchten im oberen Bereich der Turnhalle über ein Jahr aufgezeichnet hat.

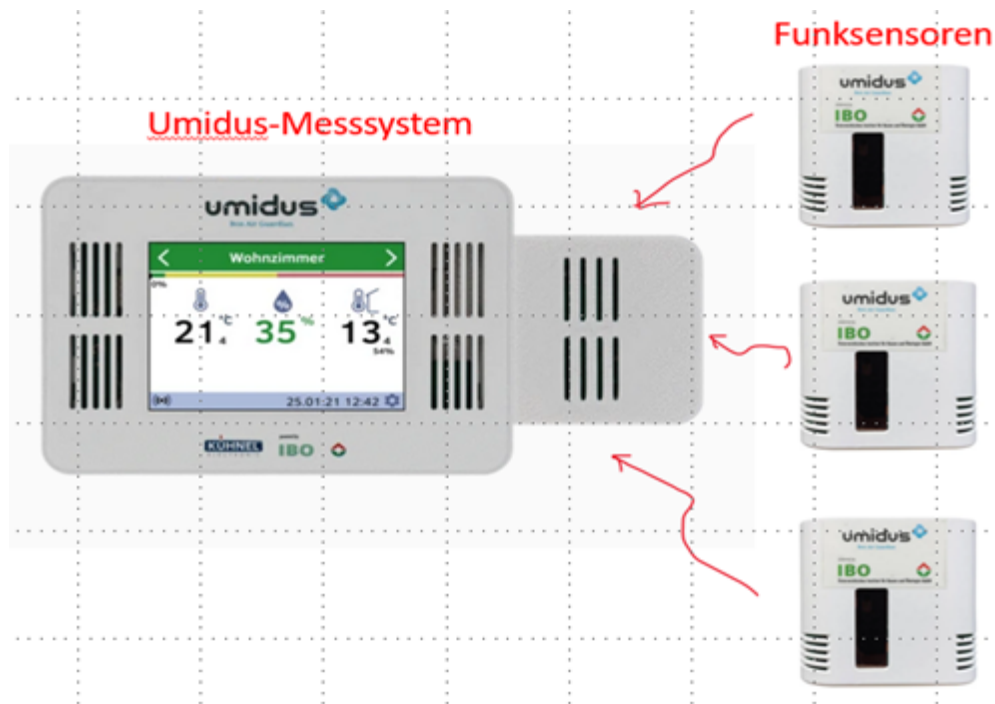


Abbildung 30: Umidus-Messsystem



Abbildung 31: Umidus-Messsystem Messergebnis

Damit lässt sich die Situation im Sommer und Winter gut beurteilen und es liefert die Grundlagen zur Optimierung und Anpassung der dynamischen Simulationsparameter für das Gebäude. Die folgende Abbildung zeigt den Jahresverlauf der Außentemperatur und der Innentemperatur in der Aula. Im Hochwinter bei - 5 °C Außentemperatur fiel die Innentemperatur auf ca. 5 °C. Diese Temperaturen waren aber sehr selten. Im Durchschnitt lag die Temperatur zwischen 1. Dezember 2022 und 1. März 2022 bei ca. 9 °C bei einem Durchschnitt der Außentemperatur von ca. 4 °C über diesen Zeitraum.

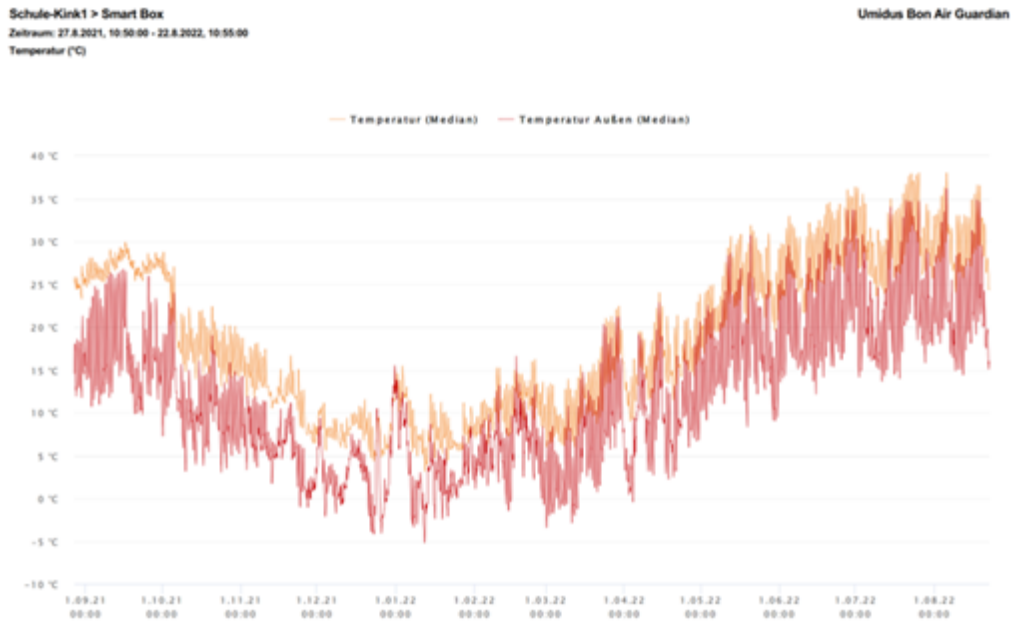


Abbildung 32: Jahresverlauf der Außentemperatur und der Innentemperatur in der Aula



Abbildung 33: Temperatur innen vs. außen während Hitzewelle 18.9.2022-25.7.2022

Im Sommer stiegen die Temperaturen in der Aula praktisch nie über 35 °C, auch in der Hitzewelle vom 18.7.2022 - 25.7.2022 nicht, wie die folgende Abbildung zeigt.

Eine Bewertung des Raumklimas im Sommer kann im adaptiven thermischen Komfortmodell der ÖNORM 16798-1 für den Sommerfall erfolgen. Dieses ergibt für die Aula folgendes Bild für alle Kategorien (I - IV).

- I: hohes Maß an Erwartungen; empfohlen für Räume, in denen sich sehr empfindliche und anfällige Personen mit besonderen Bedürfnissen aufhalten, z. B. Personen mit Behinderungen, kranke Personen, sehr kleine Kinder und ältere Personen
- II: normales Maß an Erwartungen; empfohlen für neue und renovierte Gebäude
- III: annehmbares, moderates Maß an Erwartungen; kann bei bestehenden Gebäuden angewendet werden
- IV: Werte außerhalb der oben genannten Kategorien. Diese Kategorie sollte nur für einen begrenzten Teil des Jahres angewendet werden

### alle Kategorien

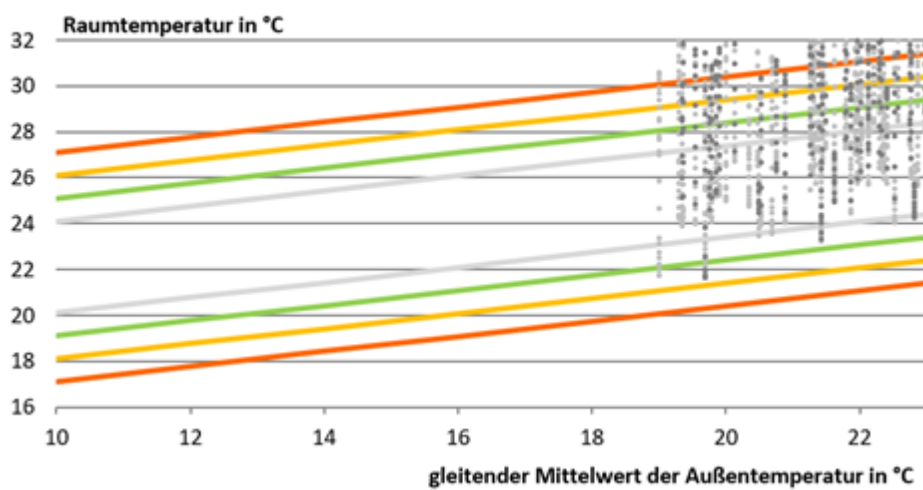
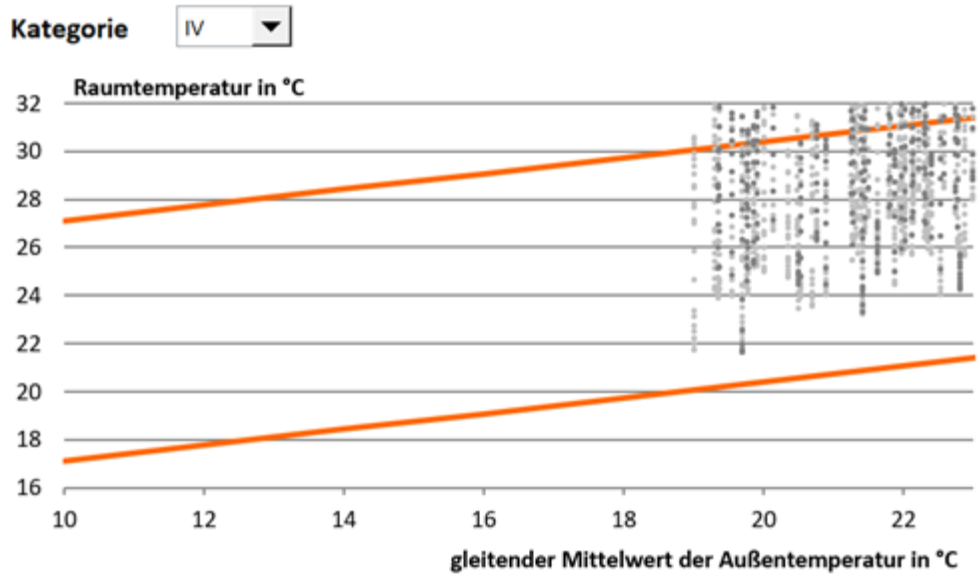


Abbildung 34: adaptives thermisches Komfortmodell der ÖNORM 16798-1

Betrachtet man nur die Kategorie IV, welche für die gegebene Situation wohl am zutreffendsten ist, ergibt sich folgendes Bild:



Überschreitung des Behaglichkeitsbereichs  
im Nutzungszeitraum

280 Stunden  
21,4 %

Abbildung 35: Komfortmodell

Deutlich anders ist die Situation an den höchsten Punkten der Galerie. Da stiegen die Temperaturen im Sommer auf 45 °C.

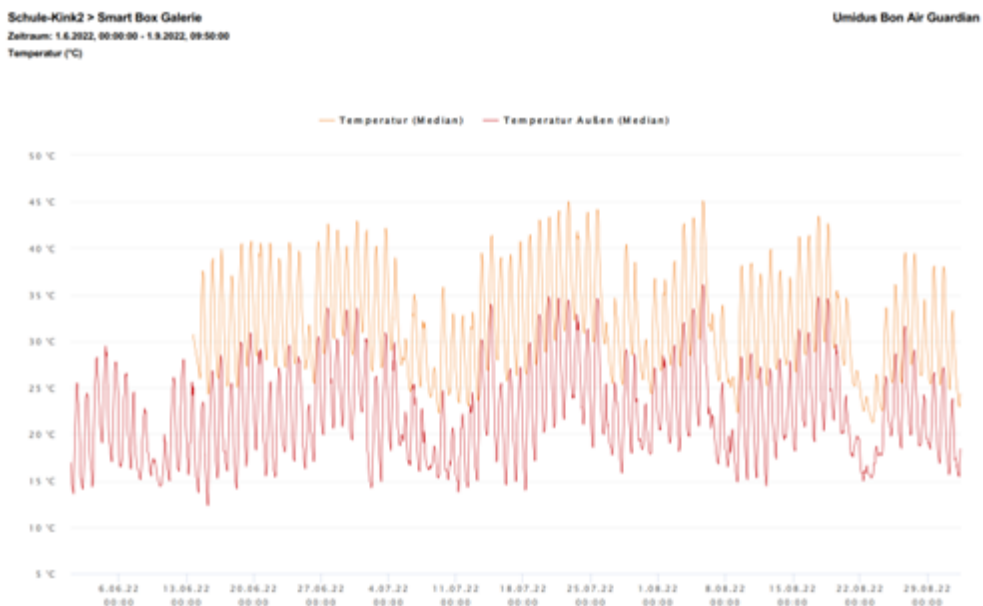


Abbildung 36: Temperaturmessung Galerie Verbindungsgang innen vs. außen 06/21-08/22

Doch dabei ist zu bedenken, dass keine Lüftung erfolgte, wie sie im Betrieb normalerweise durchgeführt wird.

Zusammenfassend kann die Behaglichkeitssituation, sowohl die akustische als auch die thermische, als effizient sanierbar bezeichnet werden, wie die dynamischen Simulationen der Sanierungsvarianten zeigen.

## Optimierung Energieerzeugung und Emissionen

### Energiekonzept

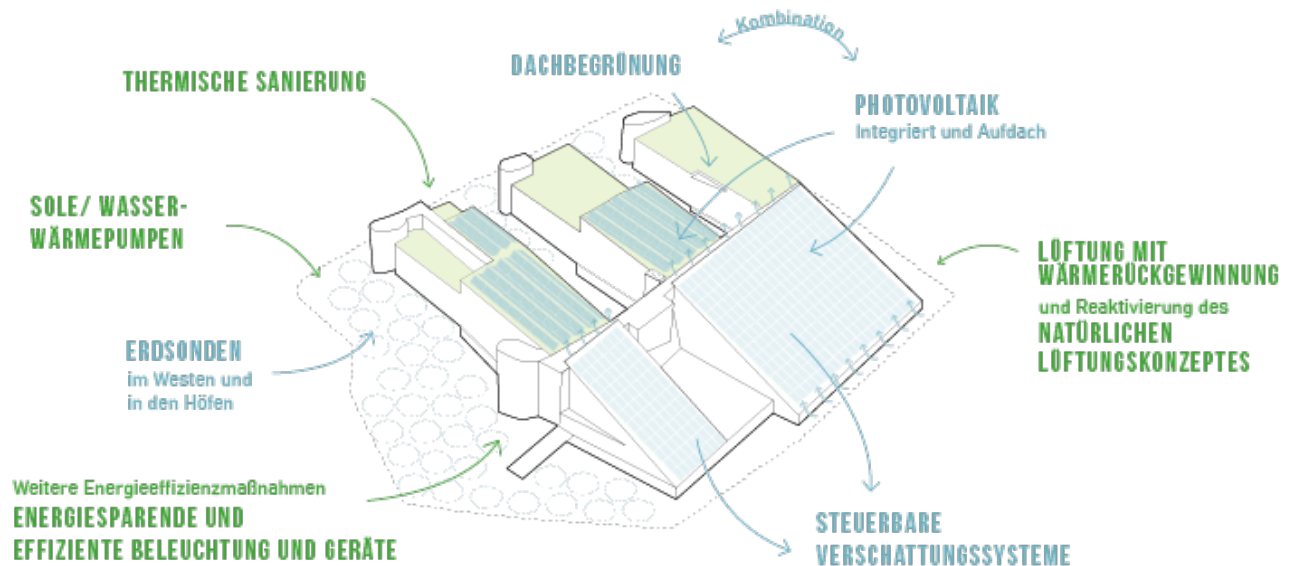


Abbildung 37: Energiekonzept für das Demonstrationsobjekt

Die thermischen und energetischen Sanierungsmaßnahmen des Gebäudes tragen dazu bei, die gesetzlichen Anforderungen und einen hohen Nutzer:innenkomfort zu erreichen. Durch die thermische Sanierung der Bauteile, wird die Energieeffizienz gesteigert, z.B. die U-Werte sowohl der transparenten als auch der opaken Bauteile verbessert. Die transparenten Bauteile stehen bei der Schule am Kinkplatz aufgrund der großen Flächen im Fokus, wobei aus Kosten- und ökologischen Gründen sorgsam abzuwägen ist, welche weiterverwendet werden können und welche zu tauschen sind, da sie keine ausreichende Qualität mehr gewährleisten können. Im letzten Fall sollen die neuen Bauteile einen guten Kompromiss aus Tageslichtdurchlässigkeit und Schutz vor sommerlicher Überwärmung bieten und im Idealfall auch PV-Zellen integrieren. Durch die thermische Sanierung können sowohl der Heiz- wie auch der Kühlbedarf reduziert werden. Die Steigerung der Effizienz der Gebäude ist eine Grundvoraussetzung, um von der bestehenden Versorgung durch Gas auf ein Heizsystem mit erneuerbaren Energiequellen umsteigen zu können.

Die Nutzung des geothermischen Potentials ist durch die umschließenden Freiflächen vorhanden, z.B. können neben den rückwärtigen und seitlichen Trakten im Norden und Westen Erdwärmesonden zum Einsatz kommen. Dabei wird dem Erdreich Wärme entzogen und mit Hilfe von Sole-Wasser-Wärmepumpen werden die Wärmegewinne zur Beheizung des Gebäudes genutzt. Um die Heizenergie weiter zu reduzieren, wird – neben der Reaktivierung des natürlichen Lüftungskonzeptes – ein zentrales Lüftungsgerät mit mindestens 80% Wärmerückgewinnung im Untergeschoss platziert.

Durch die Erdsonden besteht zusätzlich die Möglichkeit, im Sommer Wärme abzuführen und die Gebäude damit moderat zu kühlen. Dies hat den positiven Zusatznutzen, dass das Erdreich für den Winter regeneriert wird und so eine Art saisonaler Speicher betrieben wird.

Damit die Schule ihren Strombedarf bilanziell selbst decken kann, werden, wo sinnvoll, PV-Anlagen installiert. Am Dach des Schultraktes sind, wo keine anderweitige Nutzung wie z.B. Terrasse vorgesehen ist, nach Osten und Westen ausgerichtete Anlagen geplant. Im Idealfall sollten diese eine Kombination aus PV und Gründach darstellen. Bei den Klassentrakten sollen PV-Vordächer bifunktional eingesetzt werden oder alternativ die Fassadenelemente, die nicht zu sehr verschattet sind, durch PV ersetzt werden. Die Glasdächer von Aula und Turnhalle werden, da sie sowieso zu ersetzen sind, durch semitransparente PV-Module ausgetauscht. Dadurch können die nach Süden mit gutem Neigungswinkel ausgerichteten Flächen optimal genutzt werden. Optional wären Batteriespeicher eine Möglichkeit, um die Überschüsse tagsüber für den Grundlastbetrieb in der Nacht zu speichern. Um die allgemeine Energieeffizienz weiter zu steigern sowie den Allgemeinstrom zu reduzieren, sind weitere Maßnahmen wie steuerbare Verschattungselemente sowie energieeffiziente Geräte und Beleuchtungen, wo diese getauscht werden müssen, einzuplanen.

Eine von den Investitionskosten günstigere Alternative könnte eine hybride Lösung mit Wärmepumpen sein, die leistungsmäßig ca. zur Hälfte auf Erdwärme und für die restliche Aufbringung auf Außenluft setzt.

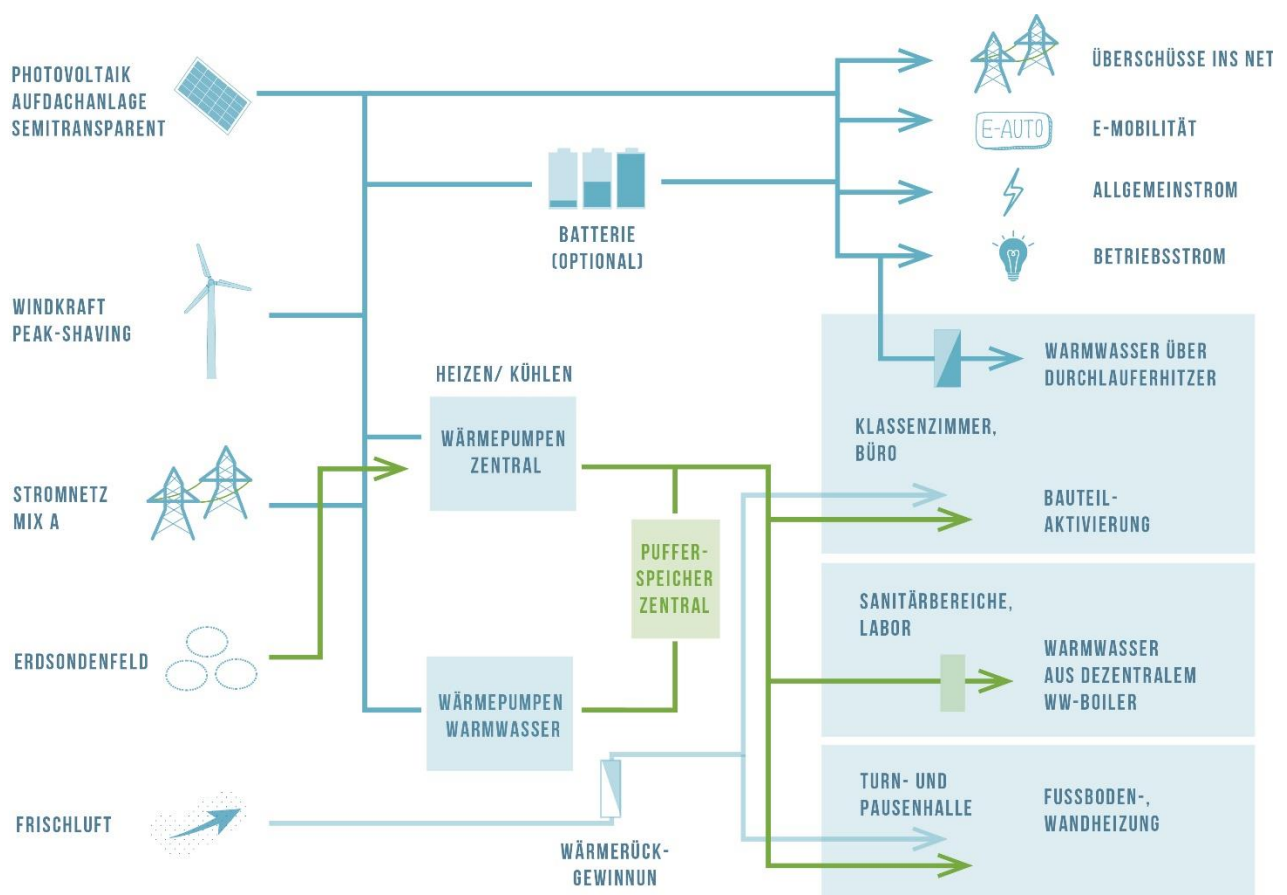


Abbildung 38: Grafische Übersicht neues klimafittes Energiekonzept

## Sanierung thermische Hülle

Ein sorgfältiger Planungsprozess mit detaillierter Betrachtung und Untersuchung des Bestandes und entsprechender Abwägung der erforderlichen bzw. sinnvollen Maßnahmen muss vor einer zukünftigen Sanierung noch erfolgen, setzt aber eine Betretbarkeit des Gebäudes voraus.

Im Laufe des Projekts wurden nach der Bestandsanalyse insgesamt vier Varianten ausgearbeitet. Variante 1 ist eine Bestandserhaltung, also ohne Verbesserung der thermischen Hülle. Variante 2 ist eine Sanierungsvariante und entspricht dem aktuellen OIB-RL 6 Mindeststandard. Variante 3 ist die klimafitte Sanierungsvariante und entspricht näherungsweise dem Passivhaus-Standard, sie orientiert sich an der Definition des Plus-Energie-Quartiers laut Zukunftsquartier-Ansatz.

Die Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmungen und des Akustikmaterials sind nicht bekannt, es wurde ein Wert von 0,04 W/mK angenommen. Blechstöße und punktuelle Wärmebrücken wurden hier nicht berücksichtigt.

### 1. Bestand bzw. Variante 1

Nach der Bestandsaufnahme mit Hilfe der bestehenden Unterlagen wurden die wichtigsten Bauteile der Gebäudehülle aufgebaut und illustriert, ersichtlich in Tabelle 5. Die Aufbauten der Bauteile stammen aus dem Gutachten zur Wärmeschutzberechnung (Ribarich 2018).

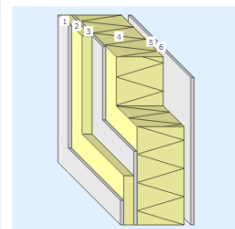
#### Transparente Bauteile:

Turnhalle, Aula: 2-Scheiben-Isolierverglasung  $U_w$ -Wert: 1,4 W/m<sup>2</sup>K

Fenster: Einfachfenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung  $U_w$ -Wert: 1,9 W/m<sup>2</sup>K

#### Außenwand – Schultrakt (vgl. AW 06 Ribarich 2018): $U$ -Wert = 0,22 W/m<sup>2</sup>K

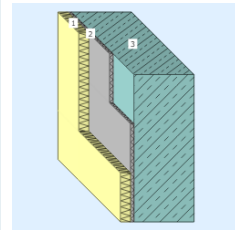
Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	$\lambda$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m <sup>2</sup>
1	Aluminiumblech		0,20	160,000	0,00	41
2	Akustikmaterial (KI Akustik-Dämmplatte TP 120 A)		3,00	0,034	0,88	2
3	Blechkassette (Stahlblech, verzinkt)		0,20	50,000	0,00	44
4	Wärmedämmung FDP (Mineralische Wärmedämmplatte (93 kg/m <sup>3</sup> ))		14,00	0,041	3,41	11
5	Hinterlüftung (Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 15 < d <= 20 mm)		2,00	1	1	0
6	GB Stahlblech (Stahlblech, verzinkt)		0,06	50,000	0,00	13
				$R_{Si} / R_{Se} =$	0,130 / 0,130	
				$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =	4,557 / 4,557	
<b>Bauteil</b>			<b>19,46</b>	<b>4,557</b>	<b>112</b>	





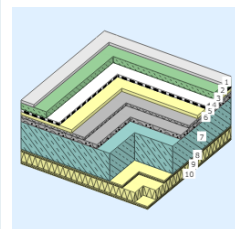
### Außenwand (erdberührt) – Schultrakt (vgl. AW 02 Ribarich 2018): U-Wert = 0,68 W/m²K

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	■	Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m³))	5,00	0,041	1,22	22
2	■	Feuchtigkeitsisolierung (StoMurisol BD 1K)	0,10	0,230	0,00	?
3	■	STB-Wand (Stahlbeton 140 kg/m³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%))	30,00	2,500	0,12	95
					$R_{Si} / R_{Se} =$	0,130 / 0,000
					$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =	1,474 / 1,474
<b>Bauteil</b>			<b>35,10</b>		<b>1,474</b>	<b>117</b>



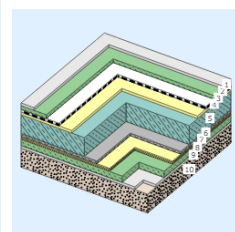
### Kellerdecke – Schultrakt (vgl. D 21.1 Ribarich 2018): U-Wert = 0,28 W/m²K

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	■	Gummi-Belag (1200 kg/m³)	0,20	0,170	0,01	12
2	■	Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m³)	6,00	1,330	0,05	11
3	■	Folie (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,50	0,500	0,01	7
4	■	TDPS (FLAPOR Trittschall-Dämmplatte EPS-T1000)	3,00	0,038	0,79	3
5	■	Folie (StoMurisol BD 1K)	0,50	0,230	0,02	?
6	■	Splitt (Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³))	4,00	0,700	0,06	1
7	■	Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%))	26,50	2,300	0,12	69
8	■	Holzwohle Platte WWPT magnesitgebunden (350 kg/m³)	0,50	0,110	0,05	0
9	■	Steinwolle MW(SW)-PT 10 (120 kg/m³)	9,00	0,040	2,25	32
10	■	Holzwohle Platte WWPT magnesitgebunden (350 kg/m³)	0,50	0,110	0,05	0
					$R_{Si} / R_{Se} =$	0,100 / 0,100
					$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =	3,591 / 3,591
<b>Bauteil</b>			<b>50,70</b>		<b>3,591</b>	<b>135</b>



### Boden (erdberührt) – Schultrakt (vgl. D 22.2 Ribarich 2018): U-Wert = 0,48 W/m²K

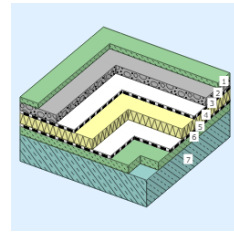
Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1	■	Gummi-Belag (1200 kg/m³)	0,20	0,170	0,01	12
2	■	Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m³)	6,00	1,330	0,05	11
3	■	Folie (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,50	0,500	0,01	7
4	■	TDPS (FLAPOR Trittschall-Dämmplatte EPS-T 650)	2,00	0,044	0,45	1
5	■	STB-Platte (Stahlbeton 140 kg/m³ Armierungsstahl (1,75 Vol.%))	30,00	2,500	0,12	95
6	■	Folie (StoMurisol BD 1K)	0,50	0,230	0,02	?
7	■	Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m³)	5,00	0,041	1,22	22
8	■	U-Beton (Normalbeton C20/25 ohne Bewehrung (2400 kg/m³))	10,00	2,000	0,05	14
9	■	Folie (EPDM Baufolie, Gummi)	0,50	4	4	1 28
10	■	Bodenmaterial - Sand und Kies (1700 kg/m³)	30,00	4	4	1 0
					$R_{Si} / R_{Se} =$	0,170 / 0,000
					$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =	2,103 / 2,103
<b>Bauteil</b>			<b>84,70</b>		<b>2,103</b>	<b>155</b>





**Dachterrasse (vgl. D 36.3 Ribarich 2018): U-Wert = 0,35 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht	d		λ	R		ΔOI3
			cm	W/mK		m <sup>2</sup> K/W	Pkt/m <sup>2</sup>	
1		Betonplatten	5,00	2,000	0,03	7		
2		Kiesbett (Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m <sup>3</sup> ))	8,00	0,700	0,11	2		
3		Rieselschutzfolie (Omega Rieselschutz)	0,05	0,220	0,00	1		
4		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m <sup>3</sup> ))	10,00	0,041	2,44	44		
5		Feuchtigkeitsisolierung (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,50	0,500	0,01	7		
6		Gefällebeton (Normalbeton C12/15 ohne Bewehrung (2400 kg/m <sup>3</sup> ))	8,00	2,000	0,04	11		
7		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m <sup>3</sup> Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	69		
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040			
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,886 / 2,886			
<b>Bauteil</b>			<b>58,05</b>		<b>2,886</b>	<b>140</b>		



**Flachdach (vgl. D 20 Ribarich 2018): U-Wert = 0,31 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht	d		λ	R		ΔOI3
			cm	W/mK		m <sup>2</sup> K/W	Pkt/m <sup>2</sup>	
1		GB Stahlblech (Stahlblech, verzinkt)	0,06	50,000	0,00	13		
2		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m <sup>3</sup> ))	12,00	0,041	2,93	53		
3		Dampfsperre (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,01	0,500	0,00	0		
4		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m <sup>3</sup> Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	69		
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040			
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		3,182 / 3,182			
<b>Bauteil</b>			<b>38,57</b>		<b>3,182</b>	<b>135</b>		

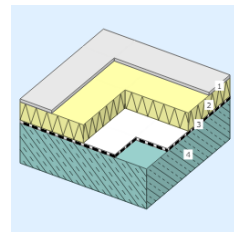


Tabelle 5: Aufbauten Bestand bzw. Variante 1

**2. Variante 2 (Sanierung nach Mindestanforderungen von OIB-RL 6)**

Bei der Sanierungsvariante nach OIB-RL 6 erfolgen Verbesserungen der U-Werten bei den Bauteilen laut Tabelle 6:

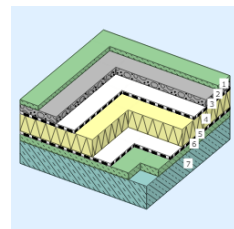
**Transparente Bauteile:**

Turnhalle, Aula: Zweifach - Isolierverglasung U<sub>g</sub>-Wert: 1,1 W/m<sup>2</sup>K, U<sub>w</sub>-Wert: 1,4 W/m<sup>2</sup>K

Fenster: Zweifach - Isolierverglasung U<sub>g</sub>-Wert: 1,1 W/m<sup>2</sup>K, U<sub>w</sub>-Wert: 1,3 W/m<sup>2</sup>K

**Dachterrasse: U-Wert = 0,18 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht	d		λ	R		ΔOI3
			cm	W/mK		m <sup>2</sup> K/W	Pkt/m <sup>2</sup>	
1		Betonplatten	5,00	2,000	0,03	5		
2		Kiesbett (Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m <sup>3</sup> ))	8,00	0,700	0,11	1		
3		Rieselschutzfolie (Omega Rieselschutz)	0,05	0,220	0,00	0		
4		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m <sup>3</sup> ))	20,00	0,041	4,88	56		
5		Feuchtigkeitsisolierung (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,50	0,500	0,01	5		
6		Gefällebeton (Normalbeton C12/15 ohne Bewehrung (2400 kg/m <sup>3</sup> ))	8,00	2,000	0,04	8		
7		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m <sup>3</sup> Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	64		
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040			
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,325 / 5,325			
<b>Bauteil</b>			<b>68,05</b>		<b>5,325</b>	<b>139</b>		



**Flachdach: U-Wert = 0,19 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	ΔOI3 Pkt/m <sup>2</sup>
1	GB Stahlblech	(Stahlblech, verzinkt)	0,06	50,000	0,00	10
2		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-WD (150 kg/m <sup>3</sup> ))	20,00	0,041	4,88	56
3		Dampfsperre (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,01	0,500	0,00	0
4		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m <sup>3</sup> Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	64
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		5,133 / 5,133	
<b>Bauteil</b>			<b>46,57</b>	<b>5,133</b>	<b>131</b>	

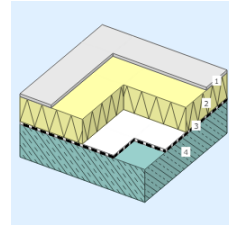


Tabelle 6: Aufbauten Variante 2 (Sanierung nach Mindestanforderungen von OIB-RL 6)

**3. Variante 3 (Klimafitte Sanierung, entspricht näherungsweise dem Passivhaus-Standard)**

Im Rahmen der Sanierungsvariante wurden die in der Tabelle 7 dargestellten Sanierungsmaßnahmen vorgenommen. Die Bauteile, an denen keine Sanierungen stattfinden, befinden sich in der Bauteilliste der Variante Bestand.

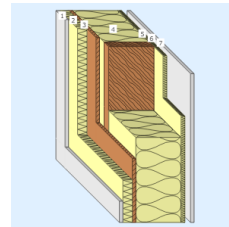
**Transparente Bauteile:**

Turnhalle, Aula: PV-integrierte Dreifachverglasung U<sub>g</sub>-Wert = 0,6 W/m<sup>2</sup>K, U<sub>w</sub>-Wert = 1,0 W/m<sup>2</sup>K

Fenster: Dreifachverglasung U<sub>g</sub>-Wert = 0,6 W/m<sup>2</sup>K, U<sub>w</sub>-Wert = 0,9 W/m<sup>2</sup>K

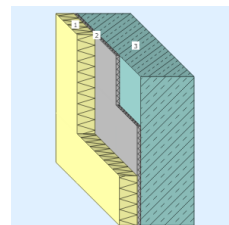
**Außenwand - Schultrakt: U-Wert = 0,14 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	ΔOI3 Pkt/m <sup>2</sup>
1		Gipskartonplatte (700 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,210	0,07	3
2		Wärmedämmung Vorsatzschale (Steinwolle MW(SW)-W (60 kg/m <sup>3</sup> ))	5,00	0,040	1,25	9
3		OSB-Platten (650 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,130	0,12	4
4		Inhomogen (Elemente vertikal) 56,5 cm (90%) Zellulose-Einblasdämmung vertikal (54 kg/m <sup>3</sup> )	24,00	0,041	5,85	7
		6 cm (10%) DD DiagonalDübelholz (unbehandelt / naturbelassen)	24,00	0,120	2,00	1
5		DWD/Holzfaserverplatte NF (Holzfaser WF-WD (180 kg/m <sup>3</sup> ))	2,00	0,051	0,39	3
6		Hinterlüftung (Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 25 < d <= 30 mm)	3,00	1	1	0
7		GB Stahlblech (Stahlblech, verzinkt)	0,06	50,000	0,00	13
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,130 / 0,130	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 1,8%) =		7,284 / 7,029	
<b>Bauteil</b>			<b>37,06</b>	<b>7,156</b>	<b>39</b>	



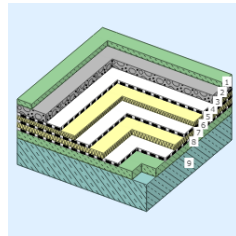
**Außenwand (erdberührt) - Schultrakt: U-Wert = 0,36 W/m<sup>2</sup>K**

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	ΔOI3 Pkt/m <sup>2</sup>
1		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-W (60 kg/m <sup>3</sup> ))	10,00	0,040	2,50	11
2		Feuchtigkeitsisolierung (StoMurisol BD 1K)	0,10	0,230	0,00	?
3		STB-Wand (Stahlbeton 140 kg/m <sup>3</sup> Armierungsstahl (1,75 Vol.%)	30,00	2,500	0,12	91
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,130 / 0,000	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,754 / 2,754	
<b>Bauteil</b>			<b>40,10</b>	<b>2,754</b>	<b>103</b>	



### Dachterrasse: U-Wert = 0,11 W/m²K

Nr.	Typ	Schicht	d	λ	R	ΔOI3
			cm	W/mK	m²K/W	Pkt/m²
1		Betonplatten	5,00	2,000	0,03	5
2		Kiesbett (Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³))	8,00	0,700	0,11	1
3		Rieselschutzfolie (Omega Rieselschutz)	0,05	0,220	0,00	0
4		Wärmedämmung (Steinwolle MW(SW)-W (60 kg/m³))	4,00	0,040	1,00	4
5		Feuchtigkeitsisolierung (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,50	0,500	0,01	5
6		Vakuüm-Dämmplatte	5,00	0,020	2,50	47
7		Dampfsperre (BACHL PE-Dampfbremssfolie Klasse E, B2, 100µm)	0,01	0,500	0,00	0
8		Gefällebeton (Normalbeton C12/15 ohne Bewehrung (2400 kg/m³))	8,00	2,000	0,04	8
9		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	64
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		3,947 / 3,947	
<b>Bauteil</b>			<b>57,06</b>	<b>3,947</b>	<b>135</b>	



**Anmerkung:** Vakuümdämmplatte ist mit einer Dicke von 6 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,008 W/mK empfohlen

### Flachdach: U-Wert = 0,11 W/m²K

Nr.	Typ	Schicht	d	λ	R	ΔOI3
			cm	W/mK	m²K/W	Pkt/m²
1		GB Stahlblech (Stahlblech, verzinkt)	0,06	50,000	0,00	10
2		Wärmedämmung (Sto-Steinwolleplatte 035 VHF Fix)	16,00	0,035	4,57	15
3		Wärmedämmung (Sto-Steinwolleplatte 035 VHF Fix)	14,00	0,035	4,00	13
4		Dampfsperre (blaugelb Folie DuoSL1050 Power Plus)	0,01	0,500	0,00	0
5		Spannbetonhohldiele (Stahlbeton 100 kg/m³ Armierungsstahl (1,25 Vol.%)	26,50	2,300	0,12	64
			$R_{Si} / R_{Se} =$		0,100 / 0,040	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 0,0%) =		8,827 / 8,827	
<b>Bauteil</b>			<b>56,57</b>	<b>8,827</b>	<b>103</b>	

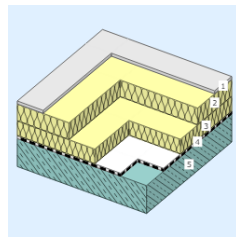


Tabelle 7: Aufbauten Variante 3 (Klimafitte Sanierung, entspricht näherungsweise dem Passivhaus-Standard)

Die U-Werte der Bauteile in W/m²K für die verschiedenen Varianten sind in der folgenden Tabelle 8 ersichtlich. Mit \* gekennzeichneten Bauteilen ist ein Wärmebrückenzuschlag von 0,11 W/m²K zu berücksichtigen. Variante 4 ergibt sich aus der Mischung aus Variante 2 und Variante 3.

	Bestand	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Außenwand - Schultrakt	0,33*	0,33*	0,14	0,22
Außenwand (erdberührt) - Schultrakt	0,68	0,68	0,36	0,36
Kellerdecke - Schultrakt	0,28	0,28	0,28	0,28
Boden (erdberührt) - Schultrakt	0,48	0,48	0,48	0,48
Dachterrasse	0,35	0,18	0,11	0,18

	Bestand	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Flachdach	0,31	0,19	0,11	0,19
Fenster (U <sub>w</sub> -Wert)	1,4	1,4	0,9	0,9
Glasdach (U <sub>w</sub> -Wert)	1,9	1,3	0,9	0,9

Tabelle 8: U-Werte der Bauteile

## Aktivierung lokaler Energieversorgung

### PV-Optionen allgemein

Grundlegend ist zu unterscheiden, ob eine PV-Anlage konventionell als eigenständige Technologie zur Energieerzeugung zum Einsatz kommt, oder neben der Stromerzeugung auch bautechnische Aufgaben (Fassaden, Fenster etc.) übernimmt. In diesem Fall ist von der gebäudeintegrierten Photovoltaik (GIPV), englisch auch BIPV (Building Integrated Photovoltaics) bezeichnet, die Rede. Nachstehend werden Konzepte zur Anwendung von PV, sowohl im klassischen Sinne, als auch in Form von BIPV präsentiert. Dadurch soll eine umfassende Übersicht der aktuellen Marktlage gegeben werden. Weiters werden einzelne Technologien hervorgehoben, welche für das Energiekonzept der Glasschule geeignet sind.

Beginnend mit Aufdach-Systemen ist allen voran die Montage über aufgeständerte Module zu erwähnen. Hierfür werden üblicherweise mono- oder polykristalline PV-Module auf einer Unterkonstruktion montiert. Diese Unterkonstruktion dient in erster Linie als Verbindung zu einem Bestandsdach und ermöglicht die Anpassung des Anstellwinkels und der Ausrichtung der PV-Anlage. Durch die Vielfalt an Dachkonstruktionen (Flachdach, Ziegeldach, Gründach etc.) ergibt sich folglich eine Vielzahl an Unterkonstruktionen, so auch die in Abbildung 39 und 40 dargestellte Aufständigung nach Süden auf einem Flachdach in Kombination mit Begrünung.



Abbildung 39: Kombination aus extensiver Dachbegrünung und PV-Anlage (Quelle: Optigrün international AG)





Abbildung 40: Solargründach Thun (C) GRÜNSTATTTGRAU



Abbildung 41: Solargründach Kindergarten Bad Vöslau (C) GRÜNSTATTTGRAU

Sinngemäß kann eine solche Konstruktion auch für herkömmliche Flachdächer, wie beispielsweise Metall-, Folien- oder Bitumeneindeckung, verwendet werden. Aus oben gezeigten Beispielen wird ebenfalls ersichtlich, dass bei einer Aufständigung nicht die gesamte Dachfläche mit PV-Modulen belegt werden kann. Dies ergibt sich daraus, dass sich zu dicht platzierte Modulreihen gegenseitig verschatten und Abstände zu den Dachrändern, Aufbauten und Aufstiegen einzuhalten sind. Unter Berücksichtigung des Sonnenstandes, besonders in den Wintermonaten, kann der optimale Reihenabstand bestimmt werden. Große Reihenabstände bieten den Vorteil der leichten Zugänglichkeit für Montage und Wartung. Außerdem können Wechselrichter bei genug Platzangebot unter den Modulen positioniert werden, wodurch DC-Leitungslängen reduziert werden. Aufständigungen eröffnen ebenfalls die Option, bifaciale PV-Module einzusetzen. Prinzipiell handelt es sich hierbei um mono- oder polykristalline Module, bei denen auch auf der Unterseite des Moduls PV-Zellen installiert sind. Somit kann die von der Dachhaut (oder im Winter von Schnee) reflektierte Sonneneinstrahlung zur Energieerzeugung genutzt werden. Hierbei ist jedoch eine Kosten-Nutzen-Abwägung empfehlenswert.

Eine zweite, tendenziell platzsparende Variante der Aufstellung ist die sogenannte Ost-West-Aufständerung. Die Entscheidung, ob eine Ost-West-Aufständerung im Vergleich zu einer Südausrichtung zu bevorzugen ist, hängt im weitesten Sinne von der Ausrichtung des Daches ab. Übliche Aufstellwinkel sind für beide Varianten 10° bis 30°, wobei 15° dem Industriestandard entspricht. Durch diesen Mindestwinkel ist ein gewisser Selbstreinigungseffekt gewährleistet und die Gefahr der Eigenverschattung minimal.

Ergänzend ist bei jeder Aufständerung darauf zu achten, dass sowohl Module als auch Unterkonstruktion den mechanischen Belastungen durch die örtlichen Wind- und Schneelasten standhalten können.

Der Aufständerung auf einem Flachdach steht die dachparallele Montage auf einem Dach mit Neigungen  $< 10^\circ$  gegenüber. Hierbei werden ebenfalls mono- oder polykristalline PV-Module auf einer Unterkonstruktion montiert, welche mit dem vorstehenden Dach verbunden wird. Wie der Name vermuten lässt, ist die Ausrichtung der Module folglich an die Ausrichtung des Daches gebunden. Von einer zusätzlichen Aufständerung wird üblicherweise abgesehen. Da Module bei dieser Montageart parallel zum Dach installiert werden, ist keine Eigenverschattung zu beachten, dementsprechend ergeben sich geringere Abstände. Diese Montageart stellt bisweilen den Standard im Bereich des Eigenheims dar.

Moderne, zumeist architektonische Lösungen der Gebäudeintegration von Photovoltaik verzichten jedoch weitestgehend auf sichtbare Unterkonstruktionen. Es kommen vermehrt BIPV-Module zum Einsatz, die oftmals nahtlos mit dem Gebäudedesign verschmelzen.

So ist es unter anderem möglich, rahmenlose PV-Module als optisch ansprechende Fassadenelemente zu verbauen. Die folgenden Abbildungen 42 bis 44 zeigen exemplarisch unterschiedliche Ausführungsvarianten solcher „Solarfassaden“.



Abbildung 42: Projekt der Umwelt Arena Schweiz (Zusammenarbeit mit René Schmid Architekten AG. Photograph: Beat Bühler)



Abbildung 43: Projekt der Umwelt Arena Schweiz (Zusammenarbeit mit René Schmid Architekten AG. Bild: Marcel Rickli)



Abbildung 44: Ed. Züblin AG, Foto Tom Phillippi

Durch diverse technische Verfahren, auf welche später näher eingegangen wird, ist es außerdem möglich, BIPV in der Farbgestaltung einzusetzen. So können unterschiedlichste Farbkonzepte realisiert werden. Allerdings ist anzumerken, dass farbige Module Wirkungsgradeinbußen im Vergleich zu „herkömmlichen“ Modulen aufweisen.

BIPV bietet allerdings den bereits angesprochenen Vorteil, dass Module Teile der Gebäudehülle ersetzen können. So können Fassadenelemente beispielsweise als Vorsatzschale oder anstatt der Dämmschicht der Gebäudehülle Verwendung finden. Selbiges gilt auch für PV-Paneele als Dacheindeckungen, die nicht wie zuvor beschrieben auf ein bestehendes Dach montiert werden, sondern an Stelle der konventionellen Dachhaut zum Einsatz kommen. Weder die Farbwahl, noch die Integration von Mustern und Bildern kennt nennenswerte Beschränkungen.

Die Färbung der einzelnen PV-Elemente kann hierbei durch folgende Techniken realisiert werden:

- Färbung des ohnehin benötigten Glases an sich
- mittels „Digi-Print“, also einer aufgedruckten Farbschicht mit anpassbarer Deckkraft
- farbige Zellen, wobei dies den größten technischen Mehraufwand bedeutet

Letztere Möglichkeit wird in Abbildung 45 veranschaulicht. Hierbei ist anzumerken, dass der „glitzernde Effekt“ durch die polykristallinen Zellen und nicht die Zellfärbung gegeben ist.



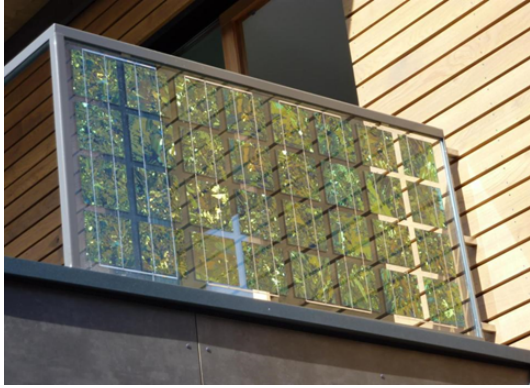


Abbildung 45: WKO Tirol (Ertex Solar)

BIPV beschränkt sich allerdings nicht nur auf die Fassade und die Dachintegration. Es können auch andere Bauteile mit Photovoltaik verwirklicht werden. So ist es möglich, Parkplätze, Balkongeländer, Markisen, Carports, Gartenlauben, Jalousien und weitere Gebäudeteile als Flächen zur Stromerzeugung zu nutzen. Selbst Kunstwerke können mittels Photovoltaik realisiert werden, wobei diese für die bautechnischen und energietechnischen Aspekte der BIPV eine untergeordnete Rolle spielen. Einige Beispiele werden in den Abbildungen 46 bis 49 dargestellt.



Abbildung 46: PV-Dachgarten (Irene Zluwa, BOKU)    Abbildung 47: Pergolen mit integrierter PV



Abbildung 49: AT-The Brain (Ertex Solar)



Abbildung 48: Solarer Parkplatz Teesdorf  
(Foto: Alexander Erber)



Eine hingegen wesentliche Rolle in der Gebäudetechnik spielen Fenster oder ganz allgemein Glasbauteile. Diese Bauteile nutzen die „Kraft“ der Sonne aus zwei Notwendigkeiten:

- natürliche Belichtung des Gebäudeinneren
- solare Gewinne im Rahmen des Heizwärmebedarfs

Innovative Ansätze beschreiben allerdings auch die Stromerzeugung als dritte Möglichkeit, Sonnenlicht zu nutzen. Dabei wird sehr schnell klar, dass ein undurchsichtiges Photovoltaikmodul, wie man es aus den Aufdach- und Fassadenanwendungen kennt, nicht zum Einsatz kommen kann. Erste Ansätze, diese Gegebenheit zu umgehen, findet man in der Abbildung 50. Bei diesem Lösungsansatz verkleinert man gewissermaßen die Fläche der Solarzellen, sodass bedarfsabhängige und lichtdurchlässige Zwischenräume entstehen.



Abbildung 50: PV-Glasdach in einem Dachgarten auf der BOKU, die unterschiedliche Intensität der Perforation veranschaulicht die Abschwächung der Kontraste im Schattenwurf bei mehr Perforation

Es ist allerdings ein deutlicher Schattenwurf durch die nach wie vor opaken Solarzellen zu erwarten, der möglicherweise unerwünscht ist. Um diesen Effekt minimieren zu können (semi-) transparente Solarzellen zum Einsatz kommen. Durch diese Technologie wird die Lichtdurchlässigkeit erhöht, was weiterführend zu zwei wesentlichen Effekten führt:

- Die natürliche Belichtung des Gebäudeinneren bleibt ohne wesentliche Einschränkungen aufrechterhalten.
- Die Effizienz der Stromerzeugung ist je nach Transparenz der PV-Zellen erheblich gemindert.

Es ist also je nach Einsatzgebiet abzuwägen, ob die Stromerzeugung oder die natürliche Belichtung im Vordergrund steht.

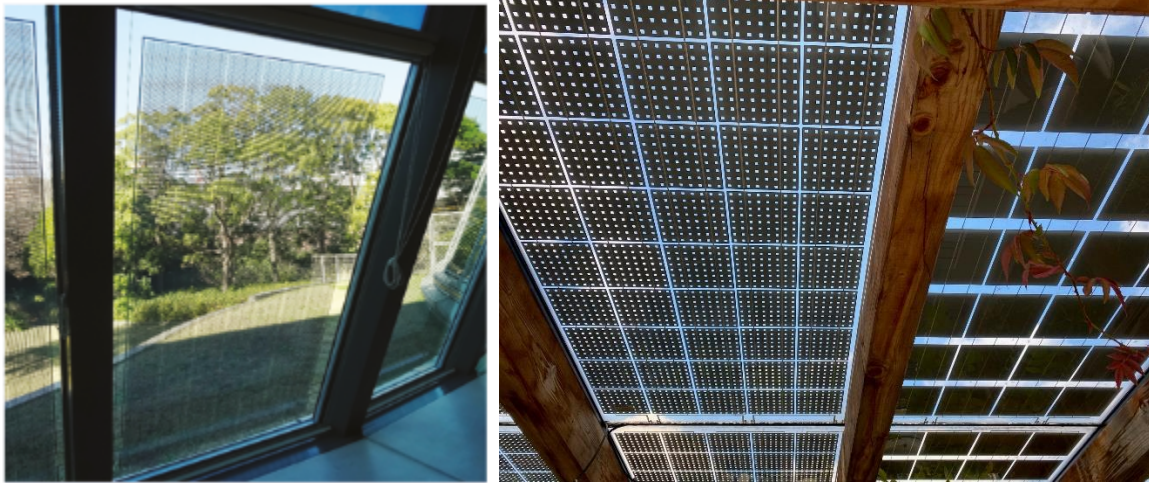


Abbildung 52: semitransparente Module    Abbildung 51: perforierte und Standardmodule

Ein dritter Ansatz befasst sich damit, die eigentliche Aufgabe der Solarzelle gänzlich aus der Verglasung zu entfernen. Dieses Konzept sieht sozusagen vor, die Solarzelle in den Fensterrahmen auszulagern. Dabei wird das einstrahlende Sonnenlicht im Inneren des Glases so reflektiert, dass ein Teil in Richtung des Rahmens umgelenkt wird. Dieser Anteil kann dann wiederum durch eine PV-Zelle im Glasrand in elektrische Energie umgewandelt werden. Der Wirkungsgrad solcher Anwendungen bewegt sich üblicherweise im einstelligen Prozentbereich. Dieser ist also signifikant geringer als jener einer hocheffizienten Solarzelle. Demgegenüber steht jedoch die quasi unbeeinträchtigte Transparenz des Glases, welche aus Abbildung 53 ersichtlich wird.



Abbildung 53: Dünnschichtsolarzelle<sup>36</sup>

Wie an den beschriebenen Fenstern gezeigt, kann es in einigen Anwendungsfällen gewünscht, eventuell sogar notwendig sein, dass auf gebräuchliche PV-Technologien verzichtet wird, also dass keine kristallinen Zellen zum Einsatz kommen.

Ein weiterer Anwendungsfall kann im Rahmen des Denkmalschutzes eintreten, wenn PV-Module von der Straße aus nicht sichtbar an einem Gebäude montiert werden sollen. Ein weiterer Faktor kann die statische Tragkraft der Dachkonstruktion sein. In beiden Fällen können dünne, eventuell sogar flexible

<sup>36</sup> [https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017\\_SUPSI\\_SEAC\\_BIPV.pdf](https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017_SUPSI_SEAC_BIPV.pdf), (abgerufen am 28.10.2022, 11:36)

Modultypen verwendet werden. Diese Modellvariante ist üblicherweise wenige Millimeter dick und besitzt folglich ein niedrigeres Gewicht. Solche Module können je nach Anwendungsfall auf eine bestehende Oberfläche geklebt oder eventuell mittels Magneten befestigt werden.



Abbildung 54: Verschiedene Beispiele für leichte, flexible PV-Module verschiedener Hersteller. (von links nach rechts: MiaSolé, HyET Solar, DAS Energie, Kameleon Solar<sup>37</sup>)

In diesen Modulen kommen hauptsächlich Dünnschichtzellen oder amorphe Zellen zum Einsatz. Weniger weit verbreitet sind hier kristalline Zellen, da diese durch ihre mechanischen Eigenschaften beschränkte Flexibilität aufweisen.

Ungeachtet der verwendeten Technologie kann abschließend eines gezeigt werden: PV, besonders GIPV bietet vielseitige Möglichkeiten, ein Gebäude energieeffizient zu planen und zu errichten.

### **Entscheidung der Integration von PV und Bauwerksbegrünung (GreenTech-Variante) für die Schule am Kinkplatz**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein Entscheidungsbaum erstellt, der alle untersuchten Maßnahmen bezüglich PV-Integration beinhaltet und einen Überblick der Möglichkeiten darstellt. (vgl. dazu *Entscheidungsbaum im Anhang*). Dieser dient als Entscheidungshilfe bei der Frage, welche der oben beschriebenen Möglichkeiten bei einem bestimmten Projekt für ein bestimmtes Gebäude jeweils am besten geeignet ist. Dabei werden verschiedene Einflussfaktoren, wie zum Beispiel Denkmalschutz, Nutzungskonflikte, Einsatz von PV und/oder Bauwerksbegrünung, berücksichtigt.

Für die Schule am Kinkplatz wurde exemplarisch die Entscheidung zur Integration von PV und Gebäudebegrünung anhand des Entscheidungsbaums getroffen.

#### **o Dach**

Der Entscheidungsbaum unterscheidet zu Beginn zwischen drei verschiedenen Arten von Dachtypen. Als für das Objekt relevant wurden Flachdach, Steildach und Glasdach identifiziert. Da die Schule über mehrere Trakte mit unterschiedlichen Dachtypen verfügt, wurden gleichzeitig auch mehrere Pfade auf dem Entscheidungsbaum gezeichnet.

Bezüglich der schrägen Glasdächer wurde zunächst zugunsten einer direkten Installation der PV-Module auf die Glasflächen entschieden. Die Machbarkeit des Vorhabens wurde durch Berechnungen der TU Wien zur Statik des Tragwerks bestätigt. Die Entscheidung musste jedoch

<sup>37</sup> [https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017\\_SUPSI\\_SEAC\\_BIPV.pdf](https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017_SUPSI_SEAC_BIPV.pdf), (abgerufen am 28.10.2022, 11:36)



aus bauphysikalischen Gründen wieder verworfen werden. Stattdessen sollen die Glasflächen durch PV-integrierte Glasmodule ersetzt werden.

Bei den Dächern der Schultrakte wird jeweils zwischen Terrasse und Flachdach unterschieden. Auf den Flachdächern der Schultrakte sind "Standard-" PV-Anlagen in Ost-West-Ausrichtung mit einem Aufständigungswinkel von 15° geplant. Die PV-Anlagen sollen an diesen Stellen mit extensiver Dachbegrünung kombiniert werden.

Auf den Terrassen wurde die Kombination einer PV-Pergola mit Begrünung angedacht. Dadurch soll gewährleistet werden, dass in der Übergangs- und Sommerzeit eine Verschattungsmöglichkeit zur Verfügung steht und damit die Möglichkeit besteht, Teile des Arbeitens (z.B. Projektarbeiten) als "Freiluftklasse" auf den Terrassen durchzuführen. Zusätzlich wird dadurch ein definierter Teil der Terrassenfläche ganzjährig für die Stromerzeugung nutzbar sein.

#### ○ **Fassade**

Wie bei den Dächern stehen auch bei der Fassade mehrere Möglichkeiten zur Auswahl. Hier kann zwischen einer Glasfassade, einer opaken Fassade und einer Mischform ausgewählt werden.

Die Glasfassaden werden in der GreenTech-Variante nicht durch PV-integrierte Glasmodule ersetzt, sondern als Verschattungselement begrünt, um einer sommerlichen Überhitzung entgegenzuwirken.

Um eine größere Unabhängigkeit vom Netz erreichen zu können, wurde für die opaken Fassadenflächen der Schultrakte die Anbringung von BIPV überlegt.

### **PV-Varianten für das Demonstrationsgebäude Schule am Kinkplatz**

Insgesamt wurden für die Zielerreichung einer ausgeglichenen Energiebilanz die nutzbaren PV-Potentiale der Schule am Kinkplatz untersucht. Nutzbare Flächen sind Flächen, die einerseits keine andere Funktion zu erfüllen haben (Nutzungskonflikt z.B. durch Freiräume auf den Dächern), statisch nicht geeignet sind oder eine starke Verschattung (definiert mit weniger als 60% jährliche Solarstrahlung als auf horizontaler Dachfläche) aufweisen. Daraus ergaben sich insgesamt fünf Hauptvarianten, die sich aus unterschiedlichen Kombinationen je nach PV-Anbringungsort in Standarddach (Flachdach), Glasdach und Optionen für die Integration in die Fassade zusammensetzen. Jede PV-Nutzung wurde für sich zusätzlich in Sub-Varianten untersucht, z.B. das Glasdach als integrierte PV-Kombination oder als aufgeklebte PV, falls die bestehenden Gläser weiter nutzbar und geeignet wären, nachträglich mit PV versehen zu werden. Eine Übersicht über die unterschiedlichen Möglichkeiten, je nach Bauteil liefert der Entscheidungsbaum. (vgl. dazu *Allgemeingültiger Entscheidungsbaum* im Anhang)

Im Konkreten ergeben sich die Varianten ausfolgenden Zusammenstellungen:

#### ○ **Variante 1: Standarddach**

Auf den Flachdächern der Schultrakte sind nach Osten und Westen unter 15° aufgeständerte PV-Anlagen geplant. Die installierte Leistung auf den zwei Flachdachflächen beträgt 122,4 kW<sub>p</sub> mit einer Anlagenfläche von rund 580 m<sup>2</sup> (Variante 1), was insgesamt eine Energieausbeute von 134 MWh pro

Jahr bedeutet. Die Abstände sind so konzipiert, dass auch die Kombination mit einem extensiven Gründach möglich ist. Die Daten der PV-Anlage sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

<b>Variante 1: Standarddach, Ost- West Aufständigung</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	122,4
Standard-Module [-]	322
Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	580
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	1.020
Erzeugung gesamt [MWh]	121

Tabelle 9: Variante 1: Standarddach Ost- West Aufständigung

○ **Variante 2: Standarddach + Glasdach aktiviert**

Zusätzlich zu Variante 1 werden hier die großen, nach Süden ausgerichteten Glasflächen der Aula und Turnhalle mit PV bestückt. Dies kann auf zwei unterschiedliche Weise geschehen. Für die GreenTech-Variante werden die Gläser getauscht, da sie schon in die Jahre gekommen sind und teilweise Auflösungen der Beschichtungen aufweisen. Dies ermöglicht zum einen eine bessere thermische Qualität (U-Wert), und zum anderen kann die PV integriert werden. Die Daten der PV-Anlage für Variante 2 sind in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst.

<b>Variante 2: Standarddach + Glasdach</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	356
Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	2.246
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	1.090
Erzeugung gesamt [MWh]	395

Tabelle 10: Variante 2: Standarddach + Glasdach

Grundsätzlich könnte die PV auch nachträglich auf den Glasdächern angebracht werden. Diese Variante bietet sich vor allem für Glasflächen an, die nicht ausgetauscht werden müssen. Allerdings muss zwischen den PV-Modulen ausreichend Abstand gelassen werden, um die Tageslichtversorgung sicherzustellen. Eine mögliche Variante 2b ist nachfolgend angeführt.

<b>Variante 2b: Standard-Dach + PV-Streifen</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	401,9
Aufgeklebte Module [-]	780
Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	1.980
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	1.090
Erzeugung gesamt [MWh]	371

Tabelle 11: Variante 2b: Standard-Dach + PV-Streifen

○ **Variante 3: Variante 2 + Fassade**

In Variante 3 werden zusätzlich zu Variante 2 noch die Fassadenflächen der Schultrakte für PV genutzt. Diese wären in die Fassade integriert möglich.

<b>Variante 3: Variante 2 + Fassade</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	482,8
Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	2.858
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	980
Erzeugung gesamt [MWh]	486

Tabelle 12: Variante 3: Variante 2 + Fassade

○ **Variante 4: Variante 2 + Fassade + PV-Pergolen (GreenTech-Variante)**

Zusätzlich zu der Variante 3 wird hier die Idee der „Freiluftklasse“ umgesetzt. Das bedeutet, dass PV-Pergolen auf den Terrassen vorgesehen sind, die einen Sonnenschutz bieten und Strom produzieren. In der Variante sind zwei Pergolen vorgesehen, wobei grundsätzlich noch Platz für weitere wäre. Die Größe ist mit 35 m<sup>2</sup> angesetzt. Die genauen Daten sind der Tabelle unten zu entnehmen.

<b>Variante 4: Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	515

Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	2.928
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	1.010
Erzeugung gesamt [MWh]	509

Tabelle 13: Variante 4: Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen

Alle Maßnahmen als Gesamtpaket ergeben für das Gebäude einen simulierten Jahresertrag von 497 MWh pro Jahr. Die unterschiedlichen durchschnittlichen Erträge sind in untenstehender Abbildung zu erkennen. Es wird deutlich, dass vor allem in den Gebäudezonen aufgrund der Verschattungssituation große Unterschiede auftreten können. Während die Ost-West-Aufständering, sowie die Fassadenintegration in den obersten Stockwerken ca. 200 kWh/m<sup>2</sup>a an Ertrag liefert, kann die ins Glasdach integrierte PV, trotz nahezu perfekter Ausrichtung „nur“ durchschnittlich 165 kWh/m<sup>2</sup>a beitragen. Ein Umstand, der mit der geforderten Lichtdurchlässigkeit zu erklären ist. Verschattete Innenhofbereiche liefern mit ca. 110 kWh/m<sup>2</sup>a nur noch knapp die Hälfte und sind kritisch zu hinterfragen, vor allem da die Verschattung im Winter, wenn der generierte Strom vor allem benötigt wird, besonders hoch ist. Deshalb werden diese Bereiche, falls für die energetische Zielerreichung nicht erforderlich oder architektonische Gründe dafür sprechen, nicht berücksichtigt.

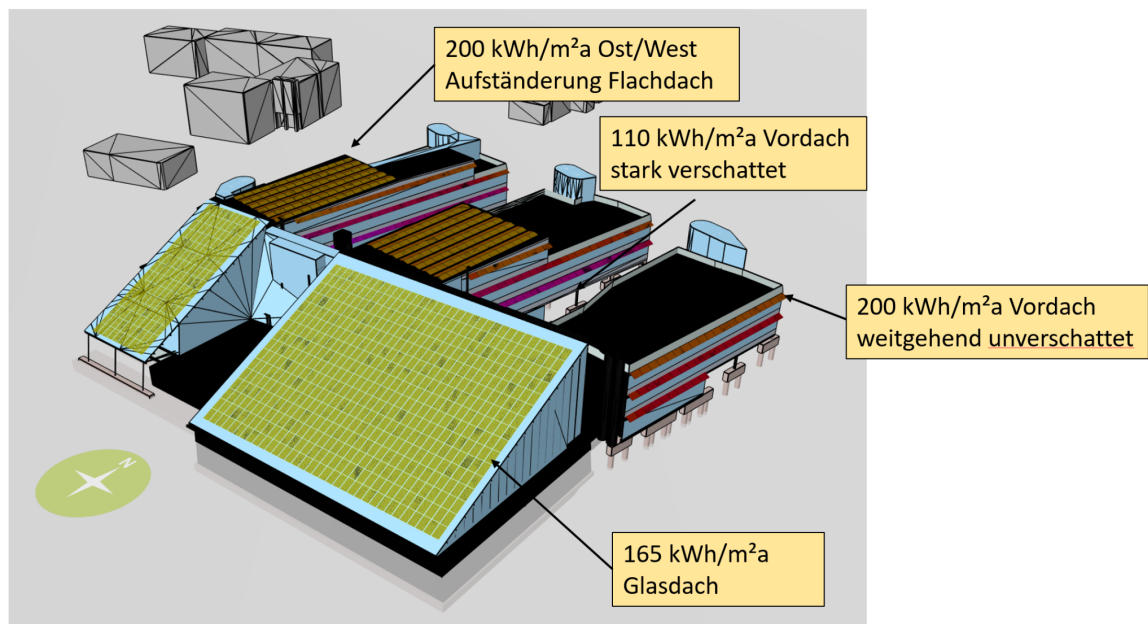


Abbildung 55: Photovoltaikflächen am Demonstrationsobjekt

#### ○ Variante 5: Maxi-Variante

Diese Variante baut auf der Greentech-Variante (Variante 4) auf, wobei davon ausgegangen wird, dass sowohl die seitlichen Glasbauteile, als auch die Fassadenflächen der Klassentrakte nicht für Gebäudebegrünung benutzt wird, sondern für PV nutzbar wäre. Für die Aula und die Sporthalle gibt es die Möglichkeit, die Seitenflächen glasintegriert oder aufgeständert als Sonnenschutzlösung auch mit PV zu nutzen. Exemplarisch ergibt die Sonnenschutzlösung ein zusätzliches Potential von 277 Modulen,

die unter einem Winkel von 30° seitlich an den Wänden angebracht werden. Dadurch gelingt es vor allem im Sommer, die Direktstrahlung der hochstehenden Sonne abzuhalten, im Winter bei tiefstehender Sonne aber die passive Energie der Sonnenstrahlung zu nutzen.

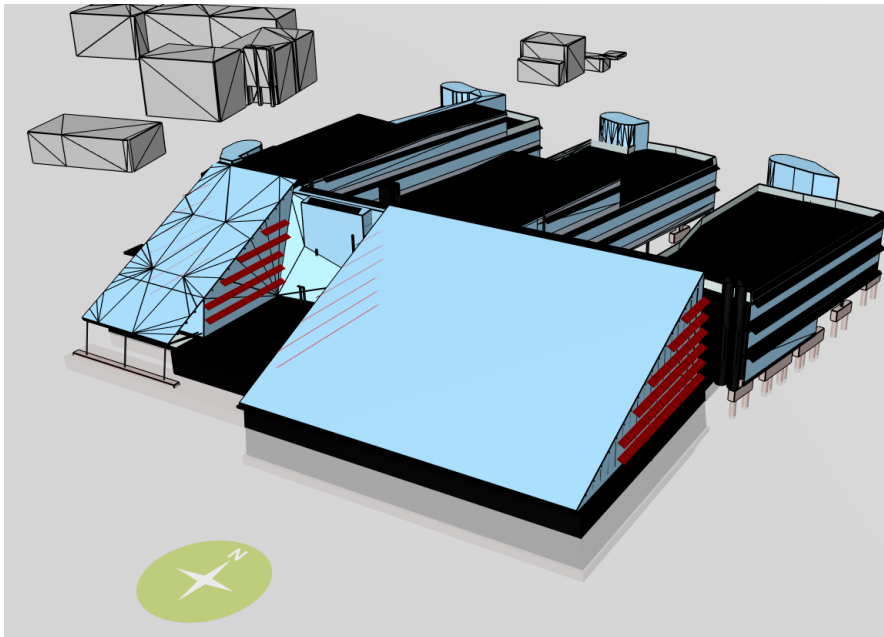


Abbildung 56: Variante 5: Maxi-Variante

Für die drei Gebäudefinger (ehemalige Klassentrakte) wurden zusätzlich zu den Vordächern die Bandfassaden und Brüstungen mit vorgehängten Fassaden-PV-Modulen versehen. Dies betrifft vor allem die östlichen und westlichen Trakte, da der mittlere Trakt eine hohe Verschattung im Fassadenbereich aufweist, weshalb hier nur die Brüstungen genutzt werden. Dadurch wird eine zusätzliche Leistung von 60,8 kW<sub>p</sub>, bzw. 160 Module erzielt. Dabei liegt die durchschnittliche Energieausbeute aber nur noch bei knapp 700 kWh/kW<sub>p</sub>.

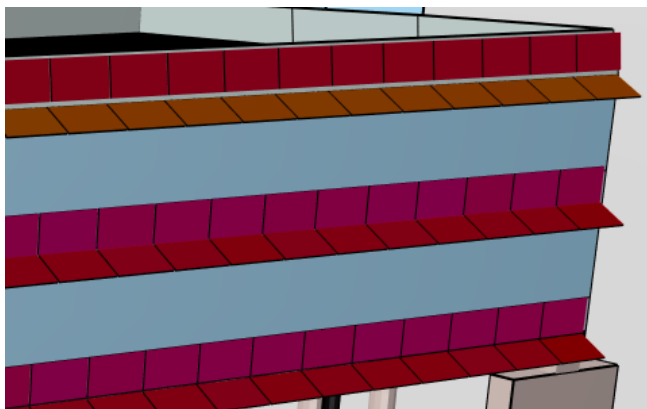


Abbildung 57: Detail der Fassade des östlichen Traktes



Der nachfolgenden Tabelle sind die Daten der Maxi-Variante zu entnehmen.

<b>Variante 5: Maxi-Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen</b>	
Inst. Leistung [kW <sub>p</sub> ]	774
Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	3.736
Spez. Erzeugung [kWh/kW <sub>p</sub> ]	766
Erzeugung gesamt [MWh]	593

Tabelle 14: Variante 5: Maxi-Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen

In untenstehender Abbildung 58 sind die Beiträge der einzelnen, mit PV-Technologie aktivierten Bauteile zu sehen. Es wird deutlich, welche Maßnahmen welche Wirkung erzielen, im untersuchten Fall sticht vor allem die Nutzung der Glasdächer heraus, die bis auf die Variante 5 den Hauptteil der Erträge ausmacht.

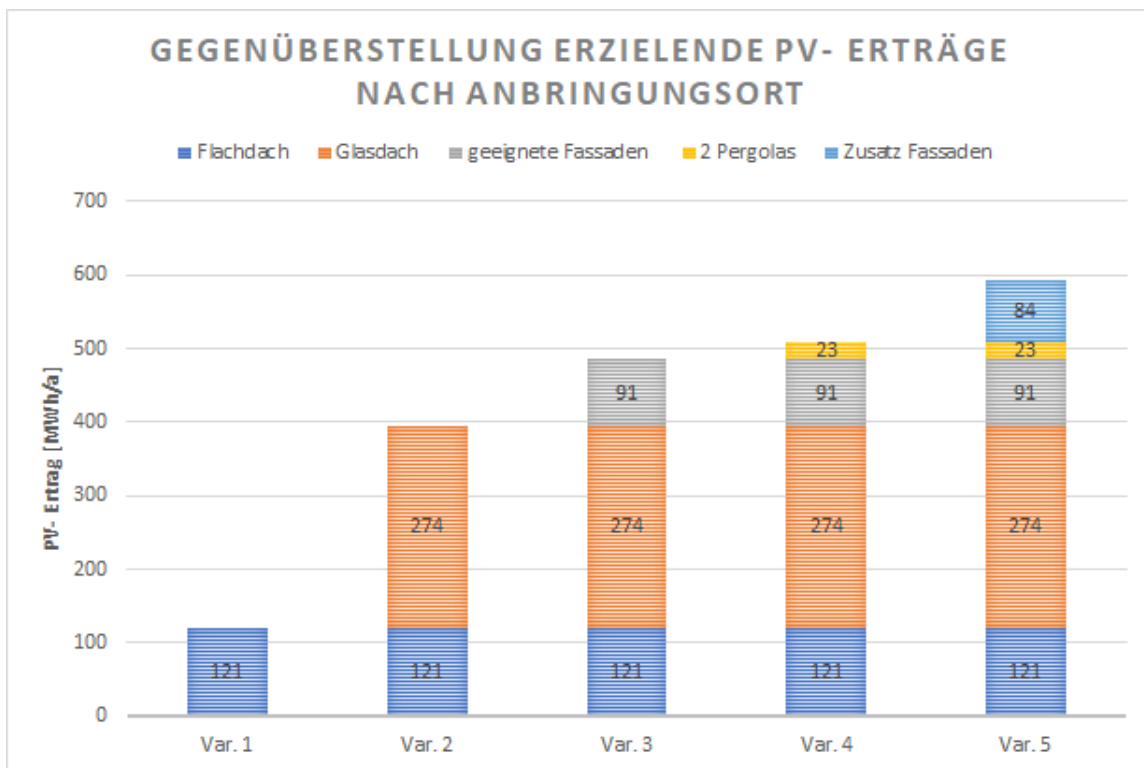


Abbildung 58: Gegenüberstellung erzielende PV-Erträge nach Anbringungsort

## Erdwärmesonden-Auslegung

Die Planung der oberflächennahen Geothermie-Potentiale sollte immer mit der Untersuchung der Standorteignung beginnen, wobei als Energiequelle und Energiesenke sich im urbanen Raum vor allem das Grundwasser und die Nutzung mittels Erdsonden anbieten. Ob das Erdreich als Energiequelle geeignet ist, kann in einem ersten Schritt dem Erdwärmepotentialkataster<sup>38</sup> der Stadt Wien entnommen werden. Mit Hilfe des Katasters konnte festgestellt werden, dass das Grundstück der Schule nicht unter Wasserschutz steht und für Tiefensonden gut geeignet ist. Mit der Betrachtung der Mindestabstände zwischen den Bohrungen und Grundstücksgrenzen wurde abgeschätzt, dass die maximal einsetzbare Anzahl an Erdwärmesonden 66 beträgt. Mit einer angenommenen durchschnittlichen spezifischen Entzugsleistung von 30 W/lm ergibt sich eine Entzugsleistung von 6 kW pro Erdsonde und 396 kW für das Erdsondenfeld insgesamt.



Abbildung 59: beispielhafte Darstellung Erdwärmesonden-Auslegung (Obergasser, 2022)

## Maßnahmenkatalog

Die folgende Tabelle zeigt einen Maßnahmenkatalog der verschiedenen Varianten. Variante 1 bedeutet den aktuellen Bestand. Der Maßnahmenkatalog beinhaltet die vorher geklärten Lösungen für PV-Belegung, Erdwärmesonden-Auslegung, Bauwerksbegrünung und Sanierungen der thermischen Gebäudehülle, ergänzend mit weiteren Energieeffizienzmaßnahmen wie Reaktivierung des bestehenden Lüftungssystems oder die Verbesserung der durch die Wärmebrücken verursachten Wärmeverluste.

	Variante 2 OIB-RL 6	Variante 3 Hocheffizient	Variante 4 (GreenTech) Bildung
<b>Grundsätzlich</b>	Maßnahmen Bestand	Maßnahmen Bestand	Kombination aus Variante 2 und 3

<sup>38</sup> <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx> (abgerufen am 25.10.2022, 16:28)

<b>Terrasse</b>	20 cm WD gesamt, U-Wert: 0,18 W/m <sup>2</sup> K	U-Wert: 0,11 W/m <sup>2</sup> K (Vakuumdämmung)	20 cm WD gesamt, U- Wert: 0,18 W/m <sup>2</sup> K
<b>Dach opak</b>	Sanierung nach Wasserschaden, Ertüchtigung mit CFK Lamellen, 20 cm WD gesamt, U- Wert: 0,19 W/m <sup>2</sup> K	Sanierung nach Wasserschaden, Ertüchtigung mit CFK Lamellen, 30 cm WD gesamt. U-Wert: 0,11 W/m <sup>2</sup> K	Sanierung nach Wasserschaden, Ertüchtigung mit CFK Lamellen, 20 cm WD gesamt, U-Wert: 0,19 W/m <sup>2</sup> K
<b>Dach transparent</b>	Tausch für 2-fach Verglasung. U <sub>g</sub> - Wert: 1,1 W/m <sup>2</sup> K; U <sub>w</sub> -Wert: 1,4 W/m <sup>2</sup> K	Tausch mit 3-fach Verglasung U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K. Mit PV-Glas- Module (Annahme: 20% Transparenzgrad, 160 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> ), U <sub>w</sub> -Wert 0,9 W/m <sup>2</sup> K	Tausch mit 3-fach Verglasung U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K. Mit PV-Glas- Module (Annahme: 20% Transparenzgrad, 160 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> ), U <sub>w</sub> -Wert: 0,9 W/m <sup>2</sup> K
<b>Fassade Turnhalle/Aula</b>	Tausch für 2-fach Verglasung. U <sub>g</sub> - Wert: 1,1 W/m <sup>2</sup> K, U <sub>w</sub> -Wert: 1,3 W/m <sup>2</sup> K	Tausch für 3-fach Verglasung. U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K. (davon 2500 + Begrünung, und 500 mit PV-Glas), U <sub>w</sub> -Wert: 0,9 W/m <sup>2</sup> K	Tausch für 3-fach Verglasung. U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K. (davon 2500 + Begrünung, und 500 mit PV-Glas), U <sub>w</sub> -Wert 0,9 W/m <sup>2</sup> K
<b>Fassade Schultrakt opak</b>	U-Wert: 0,33* W/m <sup>2</sup> K (Bestand U- Wert: 0,22 W/m <sup>2</sup> K + Wärmebrücken- schlag von 0,11 W/m <sup>2</sup> K)	U-Wert: 0,14 W/m <sup>2</sup> K	U-Wert: 0,22 W/m <sup>2</sup> K
<b>Fassade Schultrakt transparent</b>	Tausch für 2-fach Verglasung. U <sub>g</sub> - Wert: 1,1 W/m <sup>2</sup> K, U <sub>w</sub> -Wert: 1,3 W/m <sup>2</sup> K	Tausch mit 3-fach Verglasung U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K, U <sub>w</sub> -Wert: 0,9 W/m <sup>2</sup> K, Fixverglasung mit 2 vertikalen Fensterlüftungsflügel (schmal, hoch), einer mechanisch ausgestattet für Nachtkühlung	Tausch mit 3-fach Verglasung U <sub>g</sub> -Wert: 0,6 W/m <sup>2</sup> K, U <sub>w</sub> -Wert: 0,9 W/m <sup>2</sup> K, Fixverglasung mit 2 vertikalen Fensterlüftungsflügel (schmal, hoch), einer mechanisch ausgestattet für Nachtkühlung

<b>Wärmebrücken</b>	Keine Extra Maßnahmen	Passivhaus-Standard-Maßnahmen: passivhaustaugliche Fensteranschlüsse, Schirmdämmung	Keine Extra Maßnahmen
<b>Luftdichtigkeit</b>	Keine Extra Maßnahmen	n50=0,6/h: Schächte/Installationen dicht an thermischer Hülle, Eingangstüren dicht	Keine Extra Maßnahmen
<b>Lüftung</b>	Natürliches Lüftungskonzept reaktivieren	Klassentrakt Lüftungsanlagen zentral je Finger, Ansaugung/Abluft stirnseitig Nord, hochwertige Wärmerückgewinnung >= 80%, hocheffiziente Ventilatoren, geringe Druckverluste, natürliches Lüftungskonzept reaktivieren	Klassentrakt Lüftungsanlagen zentral je Finger, Ansaugung/Abluft stirnseitig Nord, hochwertige Wärmerückgewinnung >= 80%, hocheffiziente Ventilatoren, geringe Druckverluste, natürliches Lüftungskonzept reaktivieren
<b>Wärmeabgabe/Verteilung</b>	Niedertemperaturheizkörper Schultrakt, Fußbodenheizung/Kühlung Atrium, Turnhalle	Schultrakt Heiz-, Kühlsegel akustisch aktiviert, Turnhalle Wandheizung erdberührte Wände, Aula Fußbodenheizung	Schultrakt Heiz-, Kühlsegel akustisch aktiviert, Turnhalle Wandheizung erdberührte Wände, Aula Fußbodenheizung
<b>Wärmeversorgung</b>	Erdwärmesonden, WP, WP für Warmwasser	Erdwärmesonden, WP, WP für Warmwasser	Erdwärmesonden, WP, WP für Warmwasser
<b>Kälteversorgung/Temperierung</b>	natürliche Kühlung Sommer	natürliche Kühlung inkl. Temp Erdreich	natürliche Kühlung inkl. Temp Erdreich
<b>PV lokale Stromproduktion</b>	keine PV	Dach, Glasdach, Fassade	Dach, Glasdach, Fassade

<b>Begrünungsmaßnahmen</b>	keine Maßnahmen	Fassaden Schultrakt, Integration Fassade, Gründach Flachdach	Fassaden Schultrakt, Integration Fassade, Gründach Flachdach
<b>Mobilitätsmaßnahmen</b>	keine Maßnahmen	Elektroladestellen für Bikes, Radabstellplätze etc.	Elektroladestellen für Bikes, Radabstellplätze etc.
<b>Nutzer:inneneinbindung</b>	keine Maßnahmen	Einbindung Nutzer:innen und Nachbarn	Einbindung Nutzer:innen und Nachbarn

Tabelle 15: Maßnahmenkatalog

## Ergebnisse der Varianten

In einem ersten Schritt wurde das virtuelle Gebäudemodell, das für die dynamische Simulation für das Bestandsgebäude erstellt wurde, anhand der zuletzt gemessenen Energieverbräuche aus dem Jahr 2016 geprüft. Es wird die Nutzung Schule, bzw. Bildung hinterlegt.

Abbildung 60 zeigt den Strom- und Gasverbrauch im Vergleich zum Endenergiebedarf aus der Simulation.

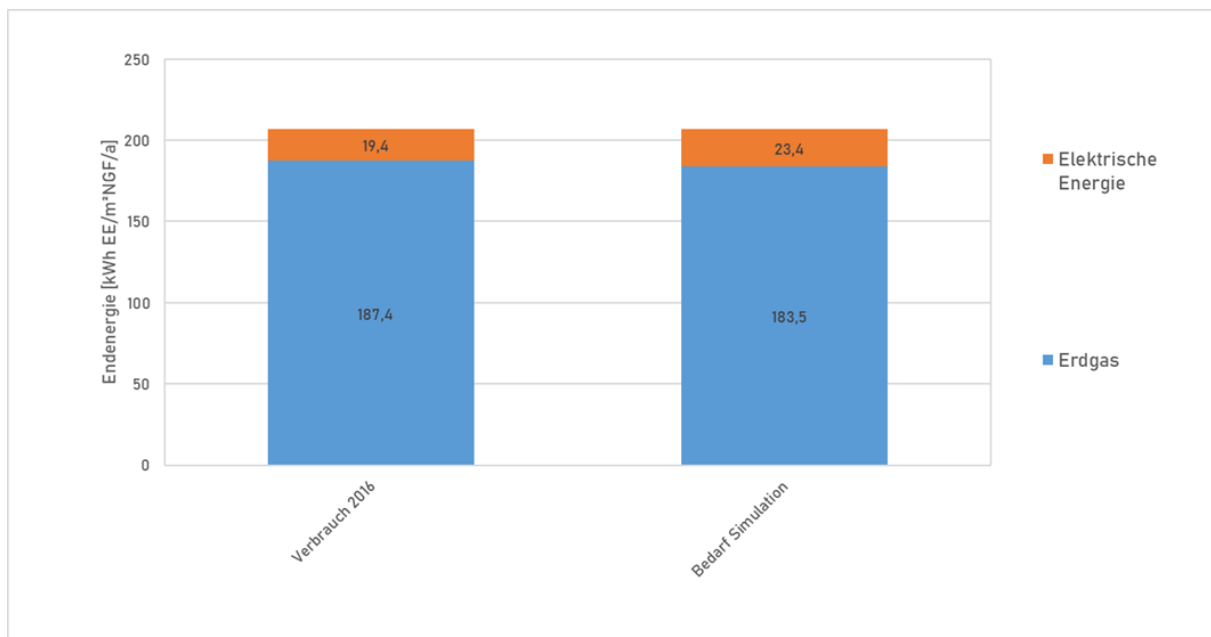


Abbildung 60: Gegenüberstellung Endenergieverbrauch mit Endenergiebedarf Simulation für das Bestandsgebäude

Die Endenergiebedarfe passen verhältnismäßig gut mit den Verbräuchen zusammen. Allerdings sind viele Randbedingungen zur Nutzung und der Betriebsführung der Schule 2016 nicht bekannt. Daher

sollte man diese relativ gute Übereinstimmung entsprechend mit Vorsicht interpretieren. Wegen der vielen Unbekannten zur tatsächlichen Nutzung wurde auf eine Klimabereinigung verzichtet.

Auf der Basis der Bestandssimulation wurden die 3 Hauptsanierungsvarianten modelliert und simuliert, die Ergebnisse für die thermischen Nutzenergiebedarfe Heizen, Warmwasser und Kühlen sind in Abbildung 61 dargestellt.

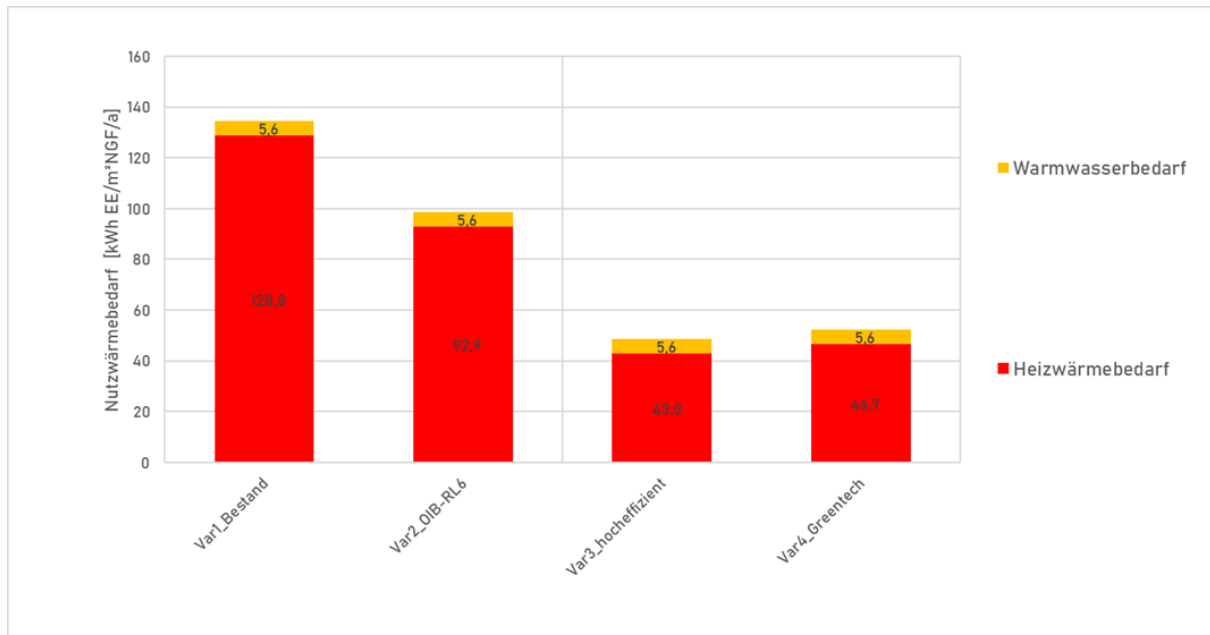


Abbildung 61: Gegenüberstellung Heiz- und Warmwasserbedarf der Varianten

Ersichtlich ist, dass der Warmwasserbedarf über alle Varianten hinweg gleich angenommen wurde. Trotz hochwertiger Komponenten kann auch in der hocheffizienten Variante kein sehr niedriger Wert erreicht werden, was auf folgende Gegebenheiten zurückführbar ist:

- Die Raumhöhen sind verhältnismäßig hoch, damit ergibt sich viel thermische Hülle bezogen auf die Nettogeschoßfläche.
- Die Verglasungsflächen sind verhältnismäßig groß. Im Hochwinter sind die Sonnentage am Standort relativ selten.
- Nur im Schultrakt ist eine hochwertige Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen.
- Alle Bauteile gegen Erdreich werden nicht saniert, sondern bleiben im Bestand-Wärmeschutz

Das Energieverhalten der 4 Varianten in Bezug auf Endenergiebedarf und Deckung ist in der folgenden Abbildung 62 dargestellt.

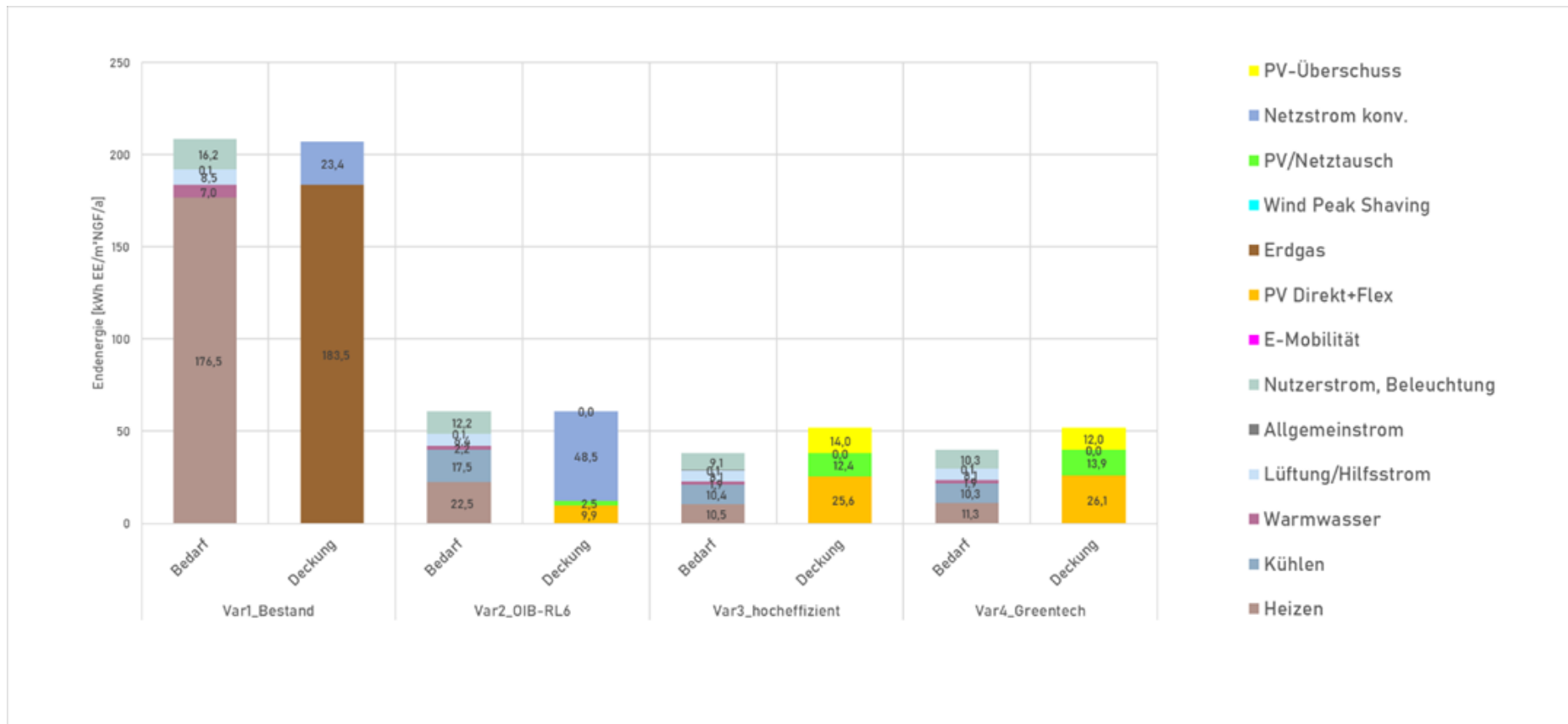


Abbildung 62: Endenergiebedarf und -deckung der 4 Varianten. Var2 mit PV-Variante 1 (Flachdach), Var3 mit PV-Variante 5 (Maxi) und Var4.0\_GreenTech mit PV-Variante 4 (GreenTech-Renovation Variante). Die Nutzung des Erdspeichers für Heizen und Kühlen ist nicht dargestellt.

In den Varianten 3 und 4 kann bilanziell für den Gebäudebetrieb mehr Energie lokal gewonnen werden als verbraucht wird. In diesen Varianten wird eine optimierte Regelung zur Steigerung des PV-Eigenverbrauchs eingesetzt, weshalb die Deckung den Bedarf übersteigt, da es zu höheren Verlusten kommt.

Die Abbildung 63 stellt die wesentlichen Kennzahlen für die Nutzung des PV-Stroms dar.

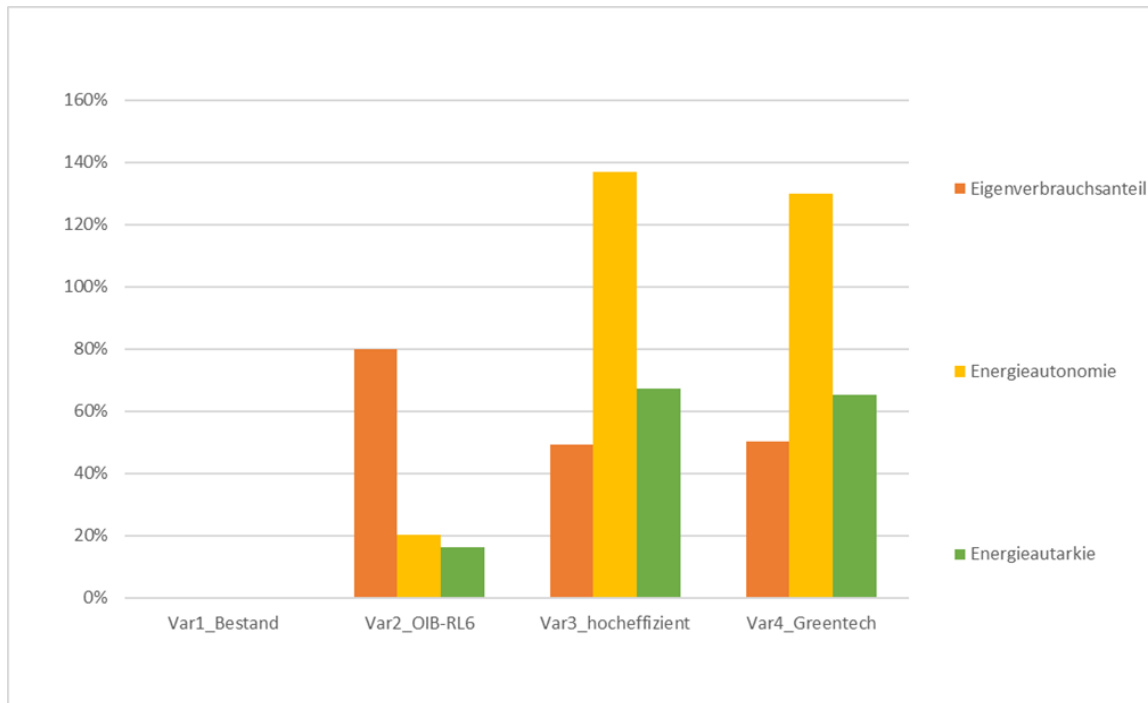


Abbildung 63: Darstellung relevanter Kennzahlen zur Nutzung von lokal gewonnenem PV-Strom

Wie erwartbar ist der PV-Eigenverbrauch in Var2\_OIB-RL6 durch die verhältnismäßig kleine PV-Anlage sehr hoch. Umgekehrt liegt für die effizienten Varianten 3 und 4 der Energieautonomiegrad (jahresbilanzielle Energiebilanz) und der Energieautarkiegrad (Bilanz zu jeder Stunde) sehr hoch.

Überschüsse können für lokale Elektromobilität oder in Energiegemeinschaften eingebracht werden.

Die Abbildung 64 stellt die Monatsbilanzen von *Var4.0\_GreenTech* dar.



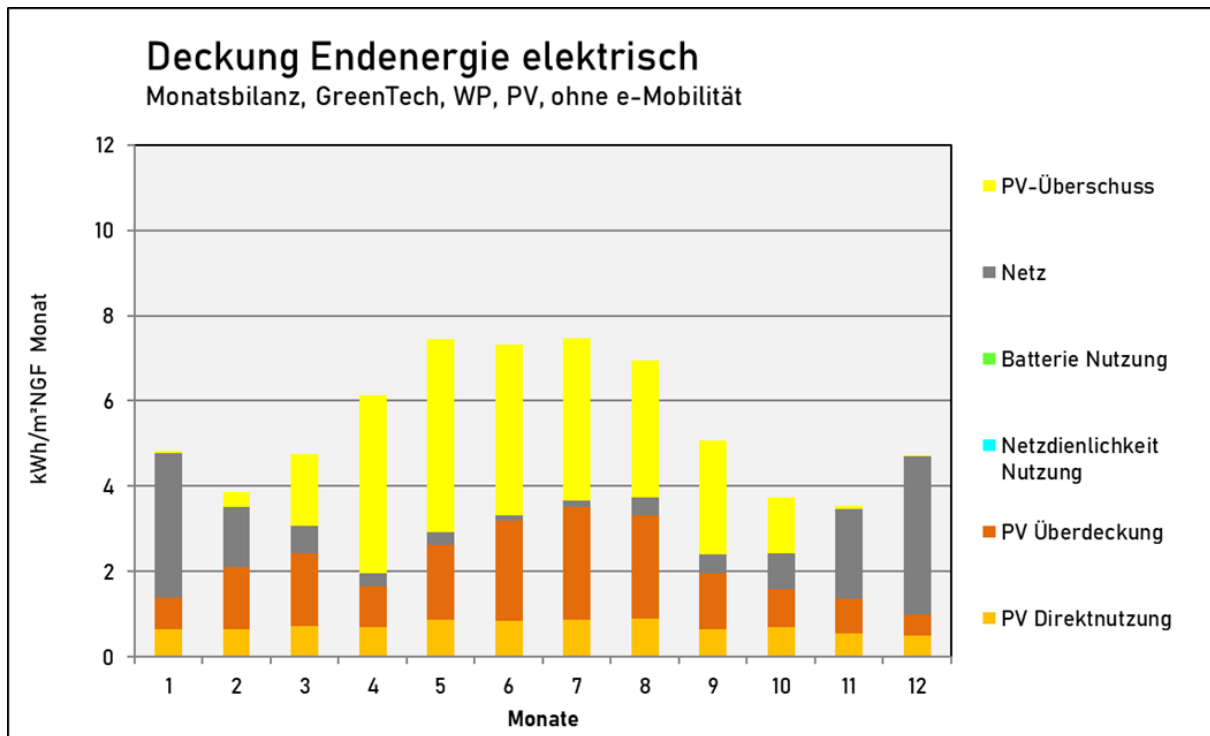


Abbildung 64: Monatssummen der Deckung von elektrischem Strom aus der Simulation von Var4.0\_GreenTech

Es zeigt sich, dass im Hochwinter der gesamte lokal verfügbare PV-Strom selbst genutzt werden kann. Der Beitrag PV Überdeckung ist der Anteil an PV-Strom, der durch Energieflexibilität zusätzlich direkt genutzt werden kann (Vorheizen und Vorkühlen bei Vorhandensein von PV-Überschussstrom).

Von April bis September liegt der konventionelle Netzbezug sehr niedrig, da durch die effiziente Gebäudetechnik außerhalb der Betriebszeiten des Bildungsgebäudes nur sehr geringe Anforderungen an elektrische Energie vorhanden sind.

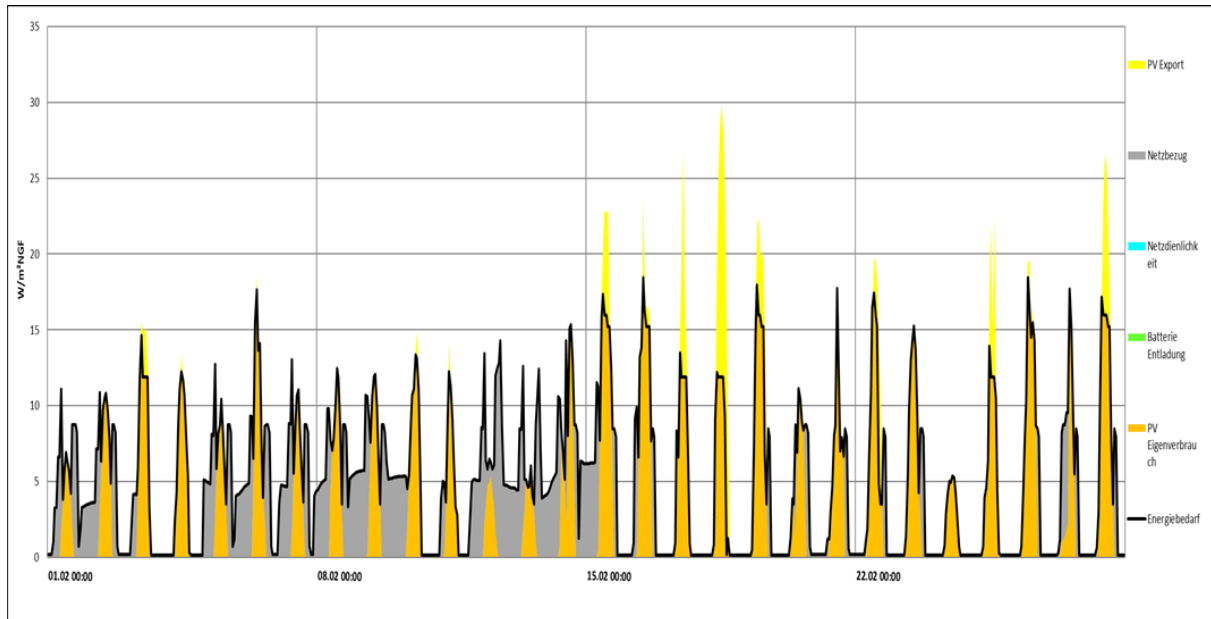


Abbildung 65: Elektrische Leistung im Februar mit den entsprechenden Deckungsanteilen

Abbildung 65 zeigt einen Ausschnitt aus dem Februar mit einer sehr nebeligen Periode, die von einer sonnigen Periode gefolgt wird. In der nebeligen Phase sind in der Nacht höhere Heizleistungen erforderlich, in der sonnigen Phase kann durch die verhältnismäßig hohen solaren Gewinne inkl. PV Überschussnutzung durch Raumtemperaturerhöhung ein hoher Eigenverbrauchsanteil und stark reduzierter Bedarf an konventionellem Netzstrom erreicht werden.

Die Bewertung der unterschiedlichen Varianten hinsichtlich CO<sub>2</sub>- und Ressourcenbedarf ist in Abbildung 66 auf Monatsbilanz dargestellt.

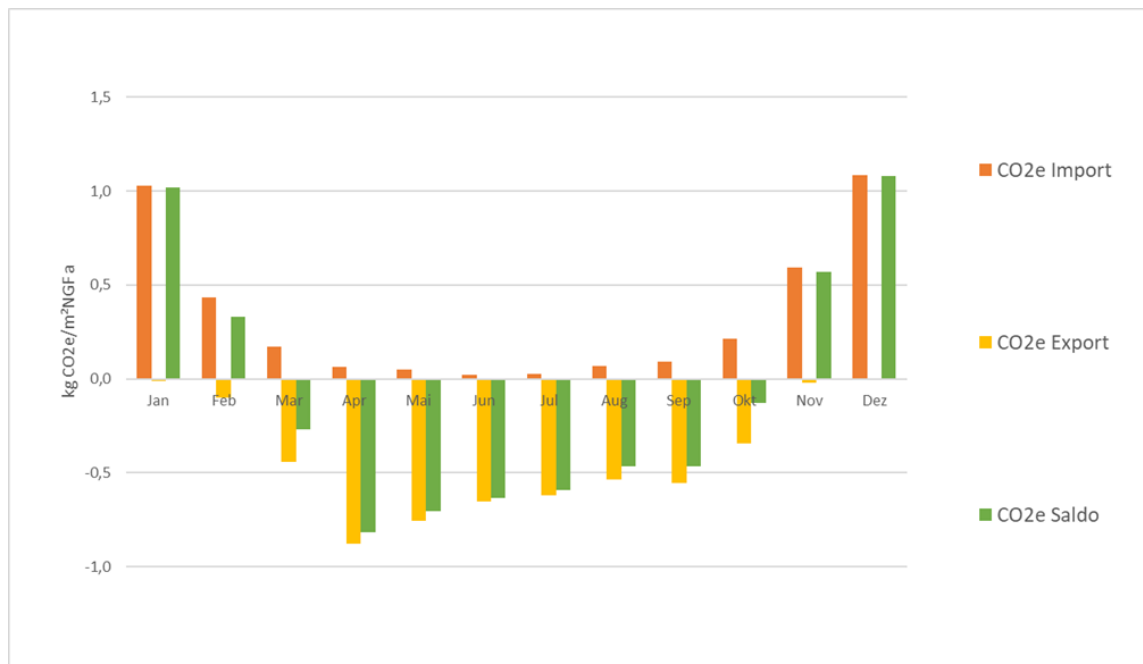


Abbildung 66: Summen der Treibhausgasemissionen für die Var4.0\_GreenTech (Monatliche Konversionsfaktoren auf Basis OIB-RL 6 2019) auf Monatsbasis

Deutlich wird, dass nur im Hochwinter eine monatliche Belastung besteht, zwischen März und Oktober ist die Monats-Bilanz positiv.

Abbildung 67 zeigt die Gesamtbilanz aufsummiert über das ganze Jahr für die 4 Varianten.

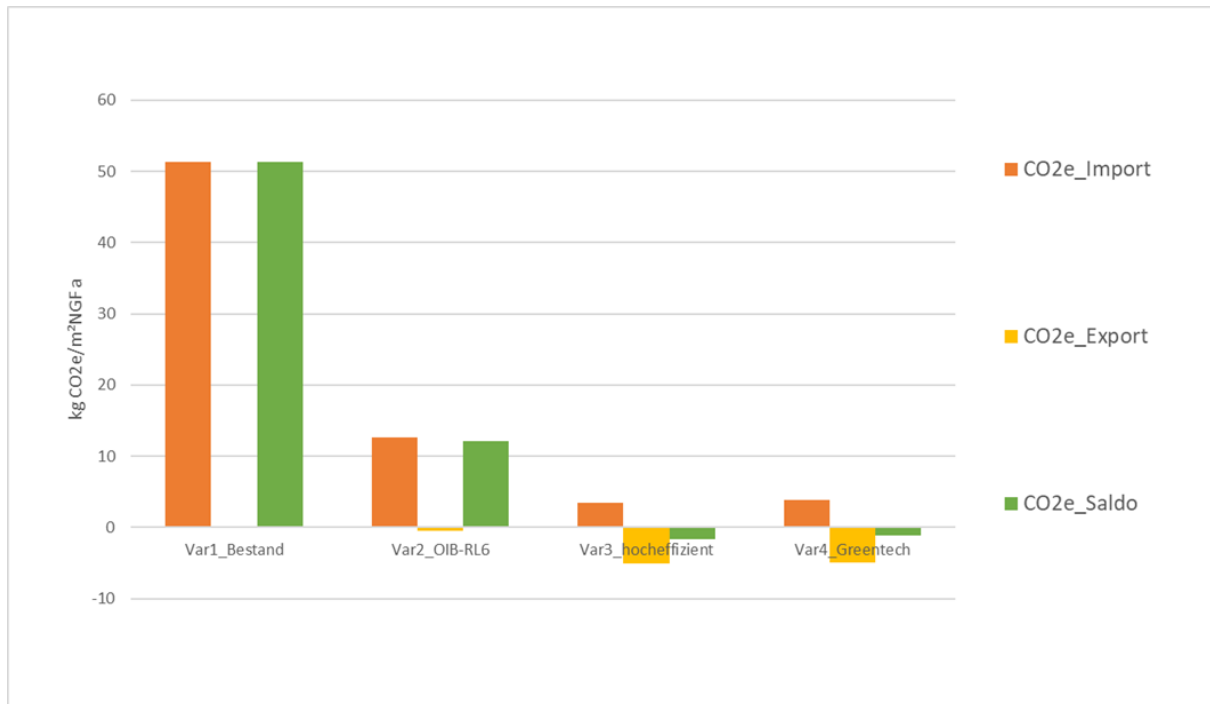


Abbildung 67: Akkumulierte monatliche Treibhausgasbilanzen für den Betrieb des Gebäudes

Es wird ersichtlich, dass Variante 3 und 4 knapp einen negativen Treibhausgas-Saldo erzielen. Abbildung 68 stellt die Gesamtbilanz für den Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar dar.



Abbildung 68: Akkumulierte monatliche Bilanzen des erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für den Betrieb des Gebäudes. Primärenergiefluss in das System wird negativ, Exporte positiv dargestellt.

Variante 3 und 4 erreichen bereits einen deutlich positiven Saldo.

Teilt man auch 50% der motorisierten privaten Alltagsmobilität dem Gebäude zu (siehe im Detail (Schneider et al 2022)), ergeben sich die in Abbildung 69 dargestellten Endenergiebilanzen.

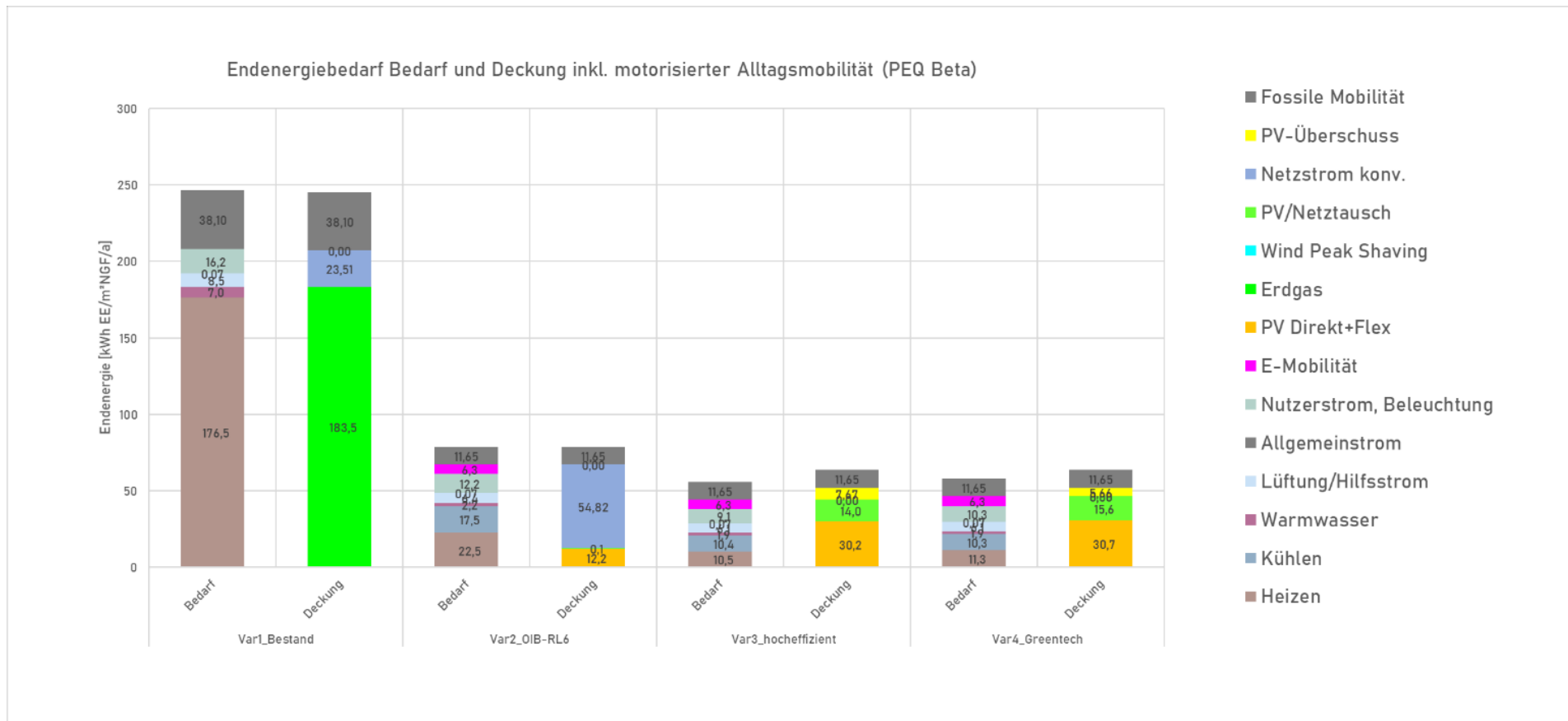


Abbildung 69: Endenergiebilanzen für Gebäudebetrieb (PEQ Alfa) und motorisierte private Alltagsmobilität (MIV, Systemgrenze PEQ Beta). Anteil Elektromobilität 70%, Details siehe (Schneider 2022)

Abbildung 70 und 71 zeigen die Ergebnisse zum Primärenergiebedarf gesamt und das Treibhauspotential.

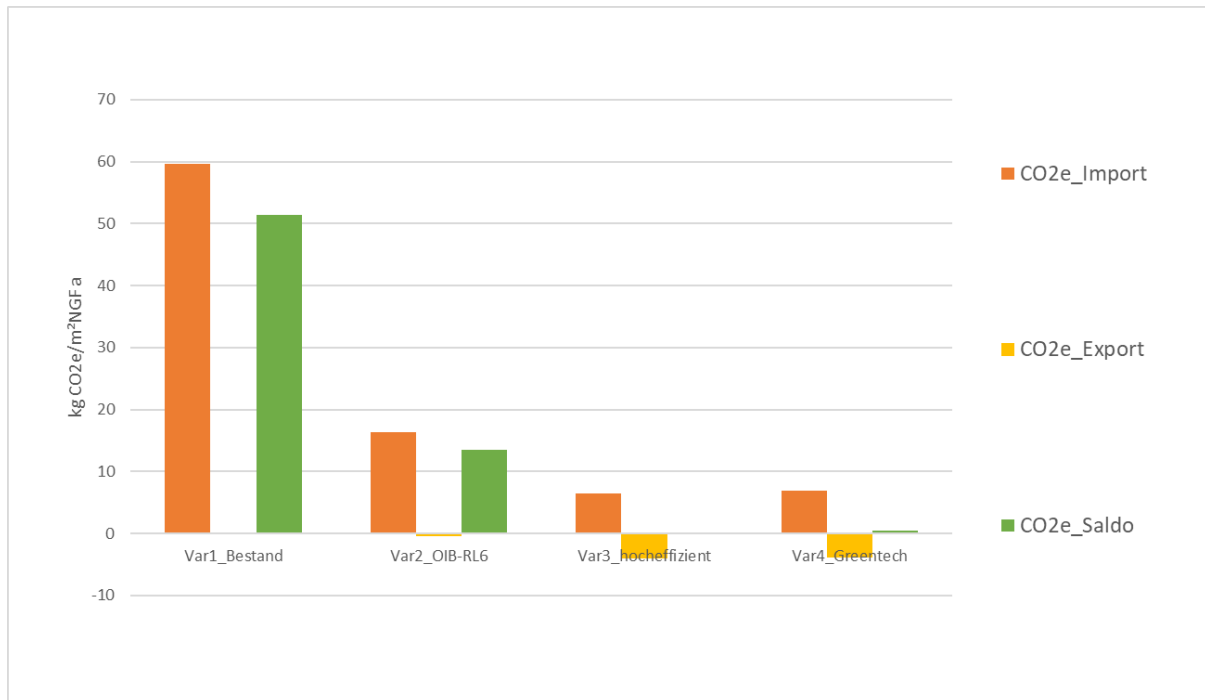


Abbildung 70: Akkumulierte monatliche Treibhausgasbilanzen für den Betrieb des Gebäudes und die motorisierte private Alltagsmobilität.



Abbildung 71: Akkumulierte monatliche Bilanzen des erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für den Betrieb des Gebäudes und die motorisierte private Alltagsmobilität. Primärenergiefluss in das System wird negativ, Exporte positiv dargestellt.

Variante 3 besitzt bilanziell bezüglich Treibhausgasen negative Emissionen, Variante 4 geringe Emissionen. Bezüglich Gesamt Primärenergiebedarf weisen beide Varianten leichte Exportüberschüsse auf.

## Detailuntersuchung Turnhalle

Die thermische Behaglichkeit wurde im Detail in der Turnhalle untersucht (Trnsys18). Dazu wurde die Halle horizontal in drei Teile geteilt, wobei der unterste Bereich größtenteils erdberührt ist. Neben der Bestandsvariante, die ja auch im nicht genutzten Zustand gemessen wurde, wurde auch *Var4.0\_GreenTech* untersucht.

Zur thermischen Situation liegen Simulationen durch die TU Wien aus der Planungsphase vor. Die Abbildung 72 zeigt 2 wesentliche Ergebnisse.

### Ergebnis: Planungsempfehlungen

#### 3. Lüftungskonzept

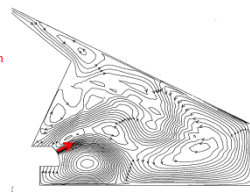
##### 3.2 Stützlüftung für extrem heiße Tage

**Anforderungen:** Vorkühlung auf max. 18 °C  
Frischlufzufuhr beschränkt auf den Aufenthaltsbereich  
(Vermeidung der vollständigen Durchmischung)

**(umgesetzte) Planungsempfehlung:**

Luft einbringung durch **Weitwurfdüsen**

Einblaswinkel: 45 °



Ergebnis der Strömungssimulation (Stromlinien)

### Ergebnis: Empfundene Temperatur in der Halle

GEBA-Ergebnis

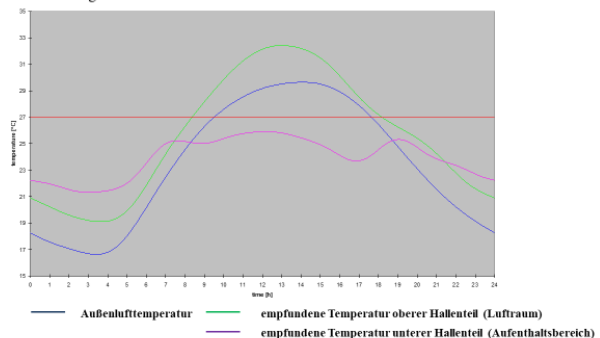


Abbildung 72: Ergebnisse der thermischen Simulationen der TU Wien, dokumentiert in (Krec 2009, Bezug zu bauphysikalischer Begleitung 1993 bis 1994)

Die empfundenen Temperaturen im Aufenthaltsbereich können durch die Kühlung über die Weitwurfdüsen unterhalb von 27°C gehalten werden. Im oberen Bereich werden Temperaturen über 30°C für den Normtag angegeben. Die Rahmenbedingungen der damals durchgeführten Simulationen (innere Wärmen, Luftvolumenströme, Undichtigkeiten) sind größtenteils nicht bekannt, es wurden daher plausible Annahmen getroffen.

Laut Sanierungskonzept soll in allen Varianten das natürliche Lüftungskonzept aktiviert werden. In *Var4.0\_GreenTech* werden die erdberührten Wände mit Vorsatzschalen ausgerüstet, die für die Niedertemperaturheizung (maximale Vorlauftemperaturen 50°C) mit genutzt werden. Diese werden im Sommer für eine zusätzliche Temperierung herangezogen, wobei die Vorlauftemperaturen bis auf 18°C abgesenkt werden können. Diese muss in Abhängigkeit vom Taupunkt entsprechend erhöht werden, da keine Entfeuchtung vorhanden ist. Die vorhandene Kühlleistung ist allerdings gering, hilft allerdings die Spitzen an sehr heißen sonnigen Tagen zu reduzieren.

Die Stützlüftung wird ebenso eingesetzt mit einer Zulufttemperatur von 20°C, die ebenfalls über die Erdwärmesonden direkt gespeist werden.

Die Bestandsvariante werden die Verglasungseigenschaften laut (Krec 2009) herangezogen, diese würde neuen Verglasungen entsprechen.

Abbildung 73 zeigt die empfundenen Temperaturen im unteren Turnhallenbereich (Aufenthaltsbereich) und die Grenzwerte laut adaptiven Komfortmodell (ÖNORM EN 16798-1). Der Einfluss der Luftbewegung ist nicht berücksichtigt.

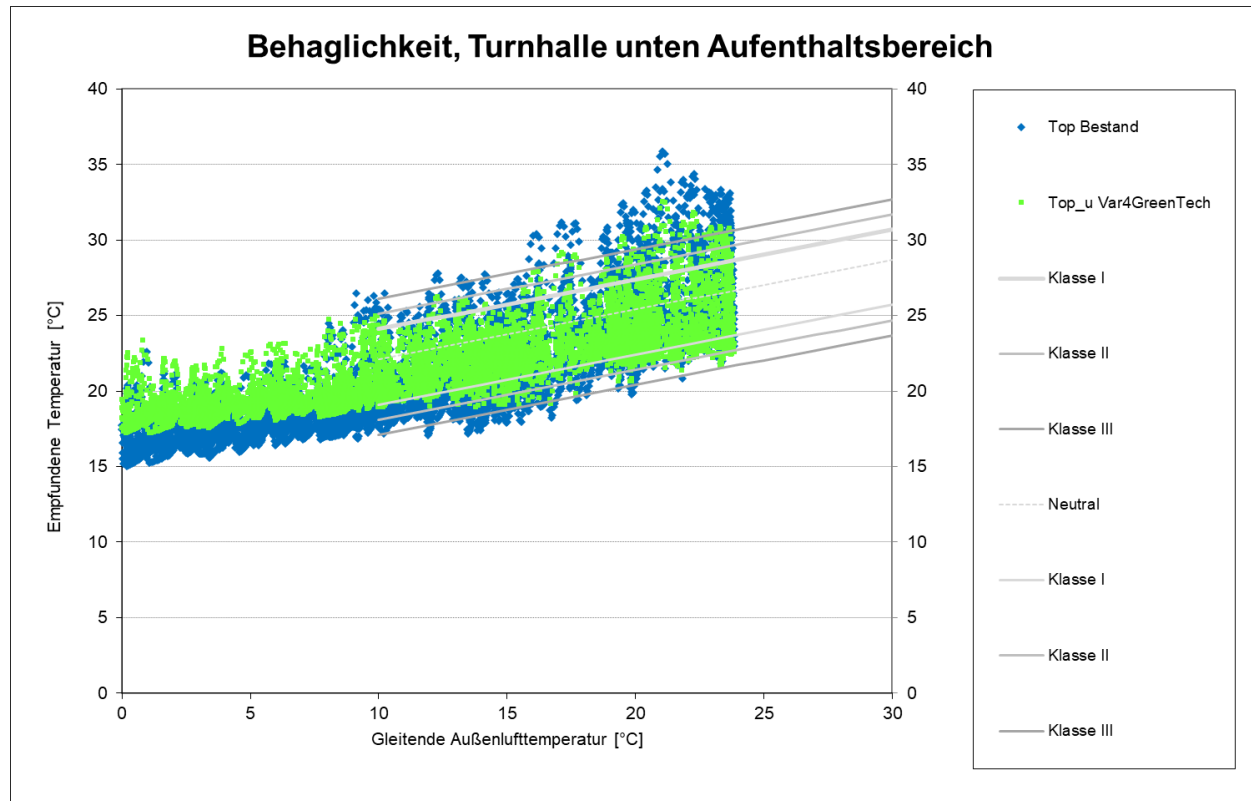


Abbildung 73: Bewertung der Behaglichkeit für Variante 4 GreenTech im Vergleich zur (instandgesetzten) Bestandsvariante.

Die Behaglichkeit kann in der Variante 4 deutlich verbessert werden, es treten an nur noch 1% der Betriebsstunden (Sommerferien sind nicht berücksichtigt, um auf der sicheren Seite zu sein) empfundene Temperaturen über Kategorie III auf (44h/a), nur an 3% der potentiellen Nutzungszeit (103 h/a) wird Kategorie II überschritten. Für die adaptierte Bestandsvariante liegen die Überschreitungen bei 6 und 9 %.

### Analyse unterschiedlicher Nutzungskonzepte für die Schule am Kinkplatz

Die in Abbildung 74 dargestellten Varianten der verschiedenen Nutzungen zeigen höhere spezifische Gesamtbedarfe bei Wohnen, Büro und Handel im Vergleich zur ursprünglichen und auch wieder präferierten Nutzung als Bildungsgebäude. Für die Nutzung „Handel“ würde sich der höchste summierte Endenergiebedarf ergeben, bei „Bildung“ der Geringste, wobei das im Detail stark von dem Ausstattungs- und Digitalisierungsgrad (Anzahl Computerräume etc.) der zukünftigen Bildungsrichtung abhängen wird. Unter Nutzerstrom sind hier der Allgemeinstrom, Betriebsstrom und Beleuchtung zusammengefasst. Für eine etwaige Sondernutzung der verglasten Aula und Turnhalle für Vertical farming, ergibt sich ein im Vergleich erhöhter Heizwärmebedarf, der durch den Anstieg an anfallender Verdunstungskälte zu erklären ist. Hierbei ist zu beachten, dass der erhöhte Feuchteintrag in der Realität problematisch zu bewerten wäre und eine intensive Nutzung in dem Gebäude



unwahrscheinlich macht. Energetisch schlägt der enorme Energiebedarf für die Beleuchtung, die allein mit 125 kWh/m<sup>2</sup>a angegeben ist und durch den Containerbetrieb verstärkt wird, zu Buche (vgl. im Anhang Beratungsleistungen für ein Vertical Farming-Konzept). Da dies aber nur die Gebäudeteile mit den großen, nach Süden orientierten Glasflächen betrifft, ist der durchschnittliche spezifische Wert durch die restliche Gebäudenutzung (Bildung) geringer!

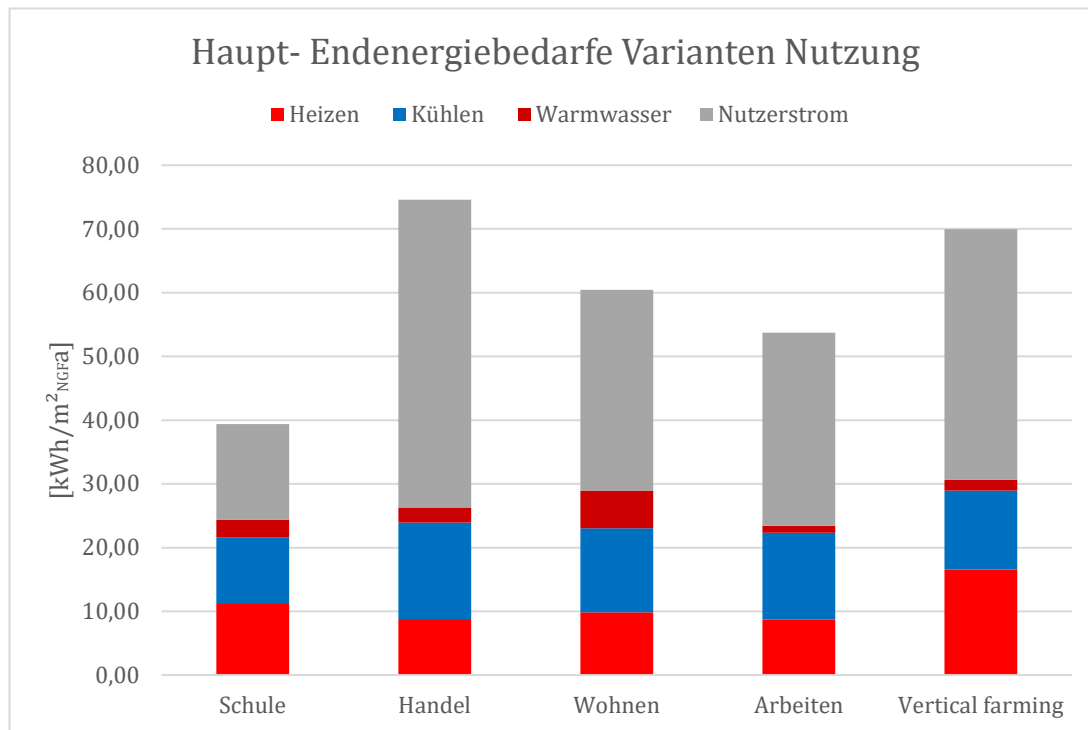


Abbildung 74: Endenergiedeckung unterschiedliche Varianten der Nutzungen

Durch die geringfügig erhöhten Verluste in Folge eines netzdienlichen Betriebs (stärkeres aufheizen/ abkühlen der Bauteilmassen, wenn viel Windkraft zur Verfügung) sind die in Abbildung 75 dargestellten Kennzahlen der Endenergiedeckung ein wenig größer als die Bedarfe. Im Unterschied zu Abbildung 69 werden hier zur besseren Vergleichbarkeit nur die direkt im Gebäudebetrieb nutzbaren PV- Erträge ohne E-Mobilität dargestellt. Der höchste Anteil der direkt genutzten Energie aus der PV-Anlage ergibt sich bei den Nutzungsvarianten Vertical farming und Handel. Dies liegt vor allem an dem gleichmäßig hohen und untertags anfallenden Stromverbrauch. Beide Varianten stellen auch beim Netzbezug den größten Bedarf und sind nahezu identisch. Bei der Netzdienlichkeit schließt die Vertical farming – Variante besser ab, da hier gerade im Winter, wenn Windüberschüsse anfallen der HWB höher ist. Bei den anderen Nutzungen zeigt sich, dass vor allem die Nutzungen mit hohem Verbrauch wie die reine Büronutzung am meisten direkt verbrauchen können. Zu sehen ist, dass die ursprüngliche Nutzung als Bildungseinrichtung, knapp unter 30% in der Jahressumme direkt nutzen kann, obwohl die typischen Nutzungszeiten sehr gut mit der Erzeugung übereinstimmen. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass im Sommer, wenn die meisten Erträge anfallen, der Bildungsbetrieb für 2 Monate unterbrochen ist und auch an den Wochenenden kaum ein Bedarf besteht. Eine Zwischennutzung in der Ferienzeit würde dementsprechend hier zu besseren Ergebnissen führen oder aber die Gründung einer Energiegemeinschaft um die Überschüsse in diesen Zeiten mit den umliegenden Gebäuden auszutauschen. Bei der Wohnnutzung hat man für die Direktnutzung zwar ungünstigere Rahmenbedingungen, da hier auch früh morgens und bis in die Nacht hinein ein Bedarf besteht, kommt aber auch auf ca. 1/3 PV- Direktnutzung.

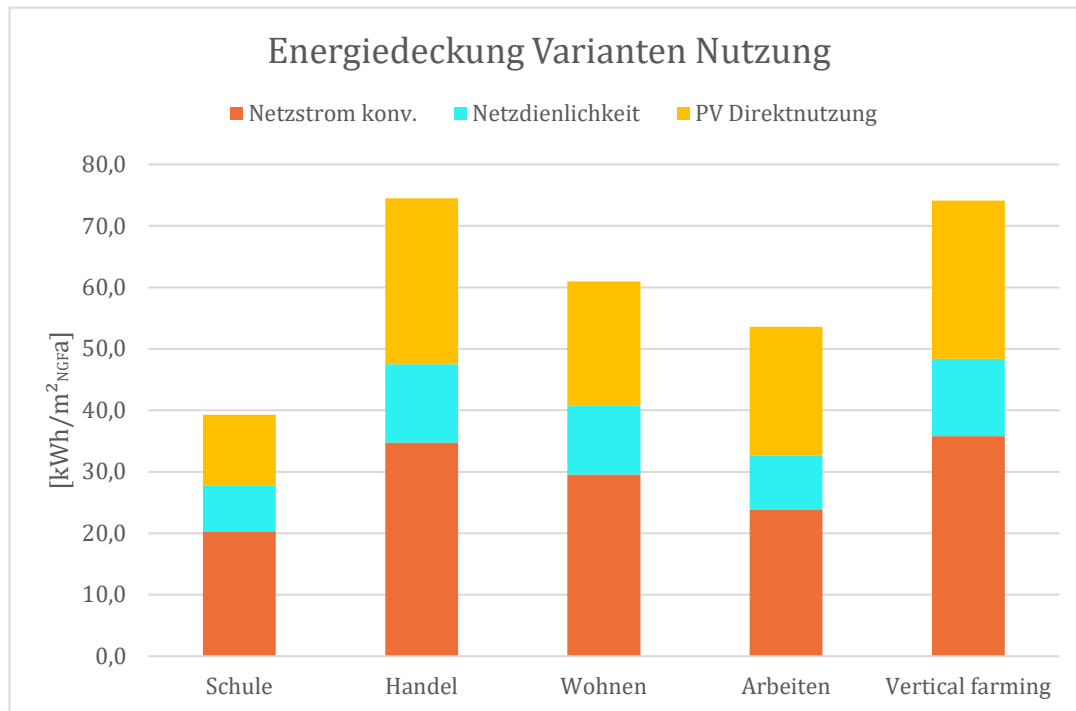


Abbildung 75: Endenergiedeckung für unterschiedliche Varianten der Nutzungen

### Analyse Schule Heustadelgasse als Grundlage für Übertragbarkeit der Ergebnisse

Um bereits im Sondierungsprojekt den energetischen Teil auf die Übertragbarkeit hin zu untersuchen, wurde ein „GreenTech-Renovation“-Check für eine weitere Schule in Wien mit vergleichsweise hohen Verglasungsanteilen vorgenommen:

- Gymnasium Heustadelgasse 4
- Baujahr 2004
- Unterlagen: Pläne pdf und dwg, Energieausweise (2019), Verbrauchsdaten Erdgas und Netzstrom 2018 bis 2020

In den folgenden Abbildungen sind einige Bilder der Schule dargestellt (Abb. 76).



Abbildung 76: Ansichten zur Schule in der Heustadelgasse 4

Die vorhandenen Pläne und Unterlagen der Schule wurden in ein 3D Modell zur Detailplanung Potential erneuerbare Energieversorgung eingearbeitet. Diese Daten wurden mit den Daten des Energieausweises (Gebäudehülle, Gebäudetechnik etc.) in das dynamische Simulationsmodell eingepflegt.

Ein Vergleich der Strukturdaten mit Fokus auf die Verglasungsflächen ergibt die folgenden wesentlichen Kennwerte (Tabelle 16).

		Kinkplatz	Heustadelg.		Kinkplatz	Heustadelg.
BGF gesamt	m <sup>2</sup> BGF	12 250	10 876	m <sup>2</sup> BGF/m <sup>2</sup> NGF	1,25	1,25
davon Turnhalle	m <sup>2</sup> BGF	2 925	2 217	m <sup>2</sup> BGF/m <sup>2</sup> NGF	0,30	0,25
Bezugsfläche NGF	m <sup>2</sup> NGF	9 800	8 701	m <sup>2</sup> BGF/m <sup>2</sup> NGF	1,00	1,00
Grundstücksfläche	m <sup>2</sup>	10 500	17 038	GFZ	1,17	0,64
Bebaute Fläche	m <sup>2</sup>	6 858	5 628	GRZ	0,65	0,33
Bauteilflächen						
Außenwand ohne Fen.	m <sup>2</sup>	2 120	2 151	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	22%	25%
Dach ohne Fenster	m <sup>2</sup>	3 276	6 246	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	33%	72%
Erdberührter Fußboden	m <sup>2</sup>	6 858	6 246	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	70%	72%
Fenster	m <sup>2</sup>	6 692	2 957	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	68%	34%
				m <sup>2</sup> Fen/m <sup>2</sup> AW/DA	55%	26%
Nord	m <sup>2</sup>	1 322	1 552	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	13%	18%
Ost	m <sup>2</sup>	1 330	846	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	14%	10%
Süd	m <sup>2</sup>	330	1 430	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	3%	16%
West	m <sup>2</sup>	1 465	830	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	15%	10%
Horizontal	m <sup>2</sup>	2 245	0	m <sup>2</sup> BT/m <sup>2</sup> NGF	23%	0%
Hülle gesamt		18 946	17 599	m <sup>2</sup> Hülle/m <sup>2</sup> NGF	193%	202%

Tabelle 16: Vergleich Strukturdaten Schule Heustadelgasse 4 mit Schule am Kinkplatz

Die Bestandsvariante wurde mit den Ergebnissen der dynamischen Simulation verglichen, um die Validität des Simulationsmodells zu prüfen. Eine Klima- und Nutzungsbereinigung konnte aus Kapazitätsgründen nicht durchgeführt werden.

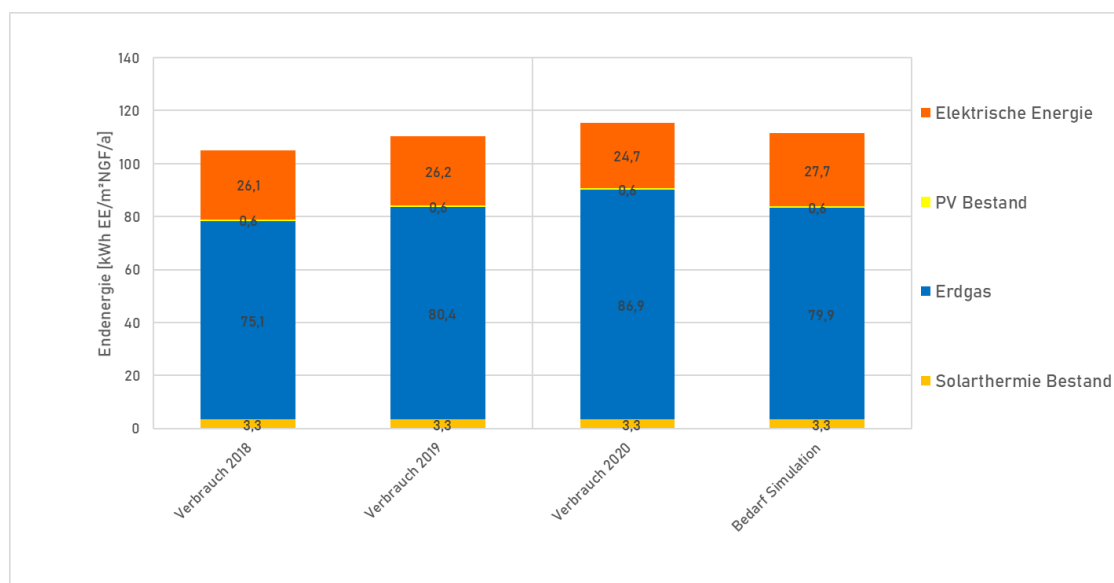


Abbildung 77: Darstellung Energieverbrauch Heustadelschule 2018 bis 2020 und Ergebnisse Simulation (Standardwerte laut ZQ Ansatz). Es wurde keine Klima- und Nutzungsbereinigung durchgeführt. Solarthermieertrag wurde aus Kenndaten Energieausweis abgeschätzt, PV-Anlage

Der Erdgasverbrauch in der dynamischen Simulation liegt am unteren Ende der Verbräuche, der Bedarf an elektrischer Energie liegt leicht über den gemessenen Verbräuchen. Insgesamt ergeben sich trotz des geringen Anpassungsaufwands sehr ähnliche Kennwerte. Aus diesem Grund wurden keine

zusätzlichen Adaptionen durchgeführt. Dazu wären Begehungen und eingehendere Analysen zum tatsächlichen Nutzer:innenverhalten, zur Regelung etc. erforderlich, die im Rahmen der Sondierungsstudie nicht geleistet werden konnten.

In einem ersten Schritt wurde das Potential zur lokalen Stromerzeugung über Photovoltaik untersucht. Es wurden die folgenden Varianten (jeweils maximierend) entwickelt.

- Ost/West 15°,
- Süd 25°
- Zusätzlich mit Fassade

Die folgenden Grafiken zeigen unterschiedliche Belegungen.

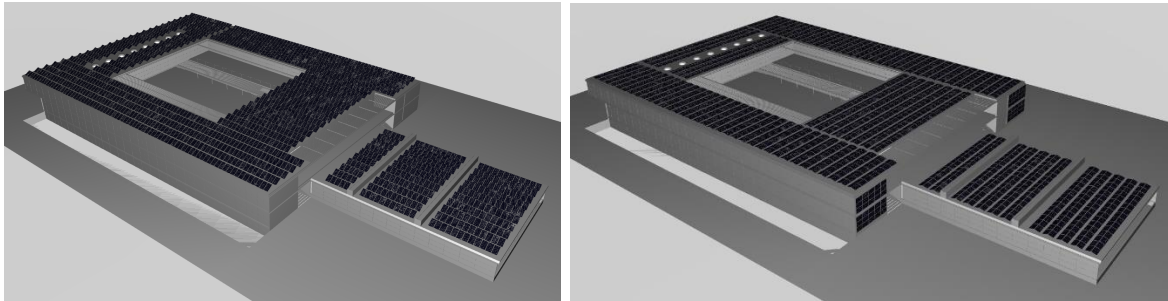


Abbildung 78: PV-Belegung maximierend

Daraus wurde in Abstimmung mit der Architektur eine „konservative“ PV-Belegung entwickelt, die Bedenken hinsichtlich gestalterischer Aspekte berücksichtigt (z.B. keine Fassaden PV):

- Ost-West-Ausrichtung
- 15° Aufständigungswinkel
- 1 m Randabstand
- Installierte PV-Leistung: 434,5 kWp
- Prognose Erzeugung PV-Strom ab Wechselrichter (Durchschnitt Klima Wien): 421,8 MWh/a

Abbildung 79 zeigt die Belegung.

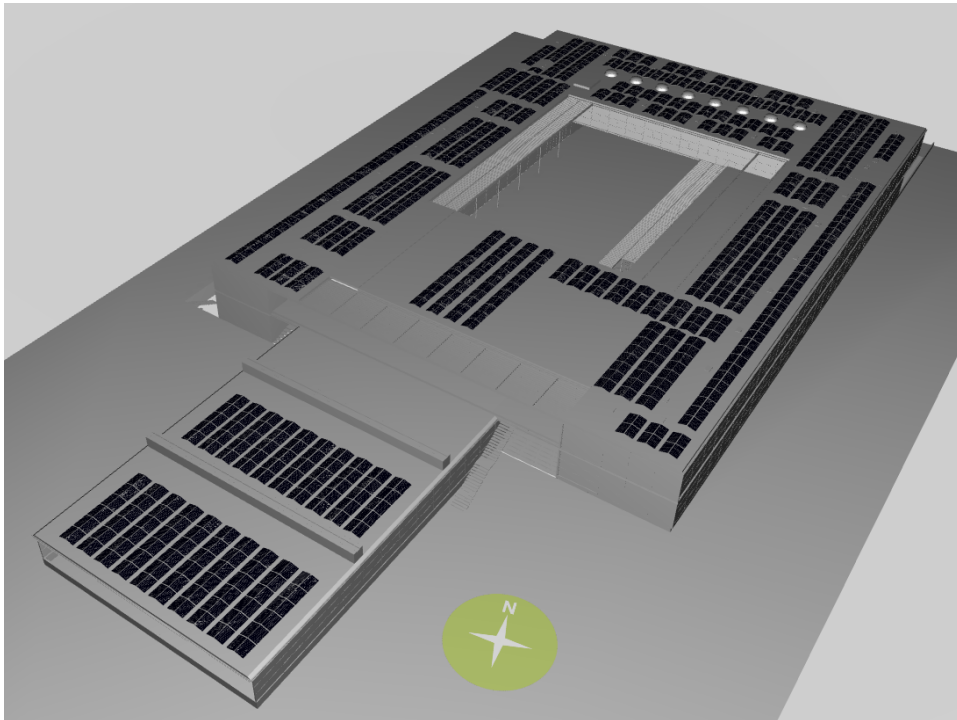


Abbildung 79: Abgestimmtes Gesamt PV-Gesamtkonzept

Die folgende Abbildung zeigt die Erträge nach Wechselrichter für die Varianten.

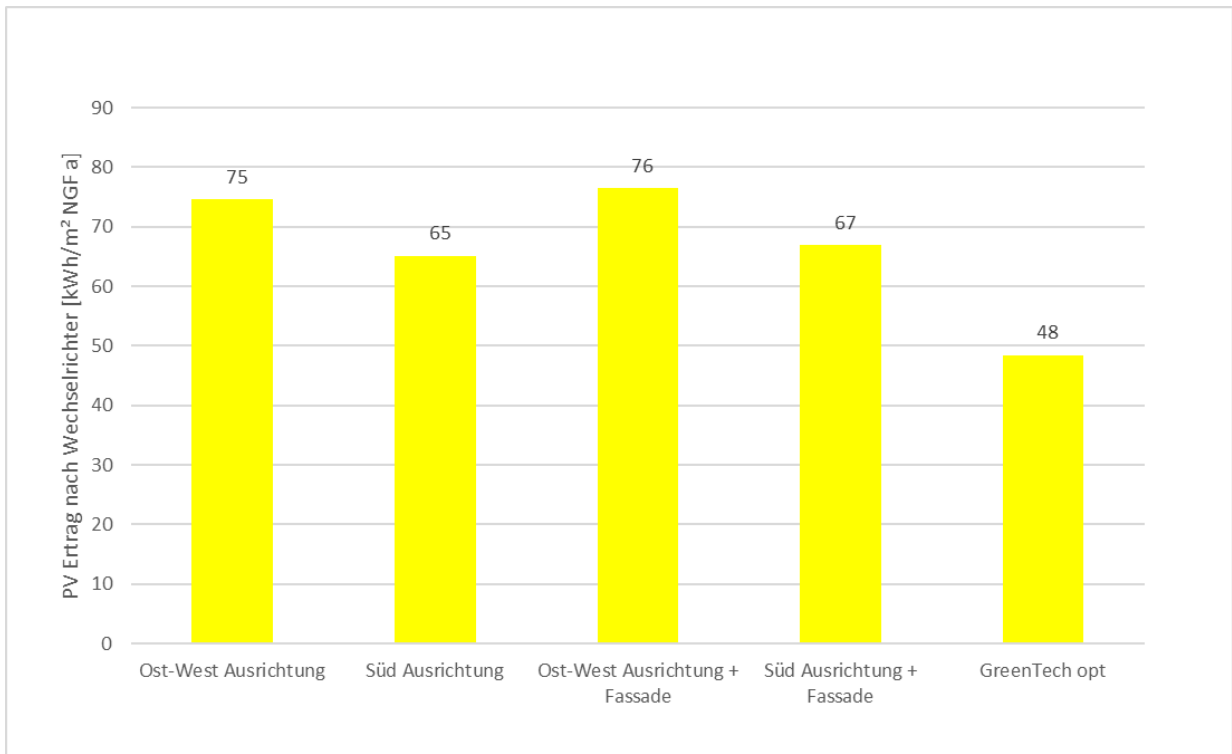


Abbildung 80: Ertrag elektrische Energie PV Varianten

Das Potential für Erdwärme und Grundwasser ist sehr gut und bietet damit gute Voraussetzungen für den Ausstieg aus der Wärmeversorgung mit Erdgas. Zudem kann das Gebäude im Sommer zur Regeneration des Erdreichs auch temperiert werden, was für den sommerlichen Komfort in

zukünftigen städtischen Klimata gute Voraussetzungen bietet. Das Wärmeabgabesystem ist teilweise dafür geeignet, eine Adaption einfach möglich.

Auf der Grundlage der Potentiale, der Zieldaten im Klimafahrplan Wien und der entwickelten „GreenTech-Renovation“ Strategie wurden die folgenden Varianten entwickelt, bzw. verdichtet und energetisch bewertet:

- Var0 Bestand Erdgas
- Var1 Bestandshülle, WPErdwärme+PV
- Var2 OIB-Hülle, WPErdwärme +PV
- Var3 Passivhaus, WPErdwärme + PV, Auswahl Maßnahmen:
  - Ertüchtigung Dach Wärmedämmung inkl. Begrünung divers und PV-Aufstellung
  - Fenster Passivhausstandard inkl. adaptierter Sonnenschutz (ev. Inkl. PV)
  - Außenwand ertüchtigt bzgl. Wärmeschutz, PV, Grün
  - Aktivierung Erdreich, bzw. Grundwasser, Biodiversifizierung Areal
  - Anpassung Wärme-, „Kälte“ Abgabe, effiziente Verteilung und Regelung
  - Energieflexible Regelung, Einbindung in „Wind Peak Shaving“
  - Einbindung Maßnahmen in Schulbetrieb, „living lab“
  - Verstärkung öffentliche Mobilität, für Rest e-Mobilität mit Bikes, Roller, Auto
  - Integration CO2 Speicher biogen (Möbel, Ertüchtigung Außenwand, Innenoberflächen ...)

Es ergeben sich die in Abbildung 82 dargestellten Ergebnisse, wobei Abbildung 81 auch einen typischen dynamischen Jahresverlauf darstellt.

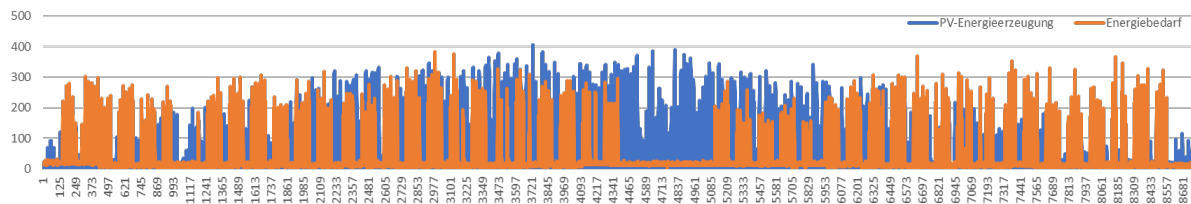


Abbildung 81: Dynamische Ergebnisse über das Jahr

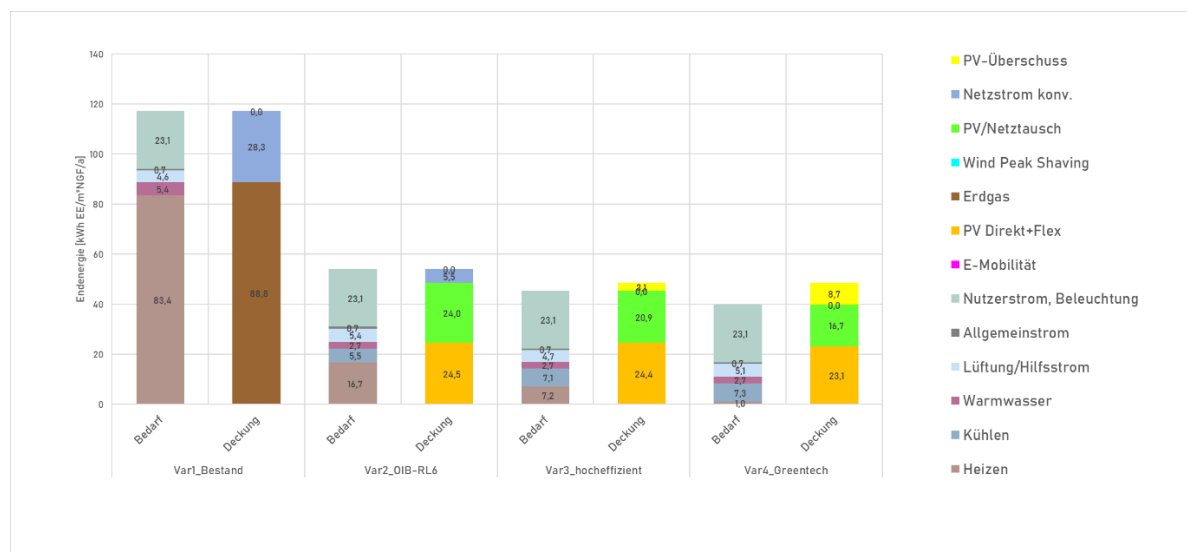


Abbildung 82: Endenergieergebnisse für die 4 untersuchten Varianten



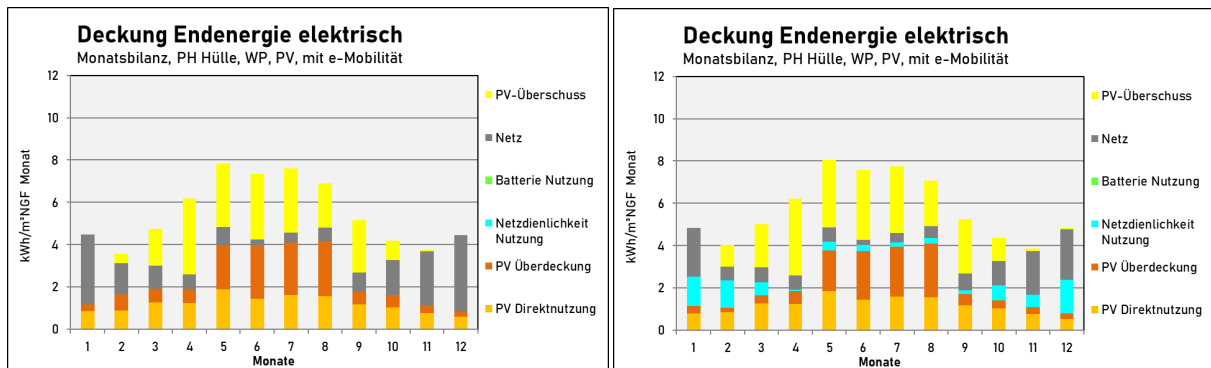


Abbildung 83: Deckung Endenergie elektrisch

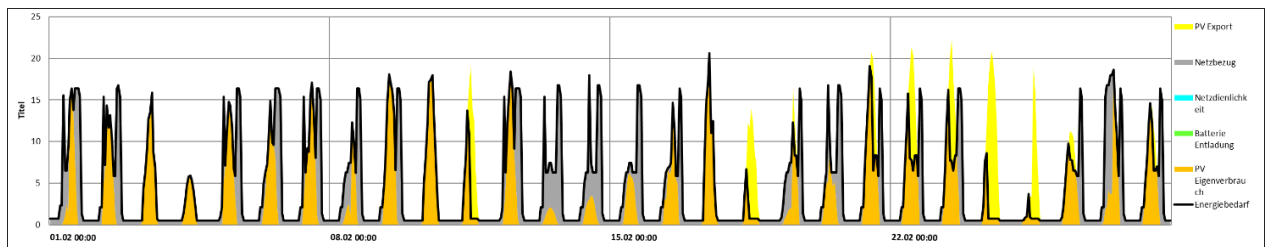


Abbildung 84: Monatliche Summen aus den dynamischen Ergebnissen ohne und mit WindPeakShaving (verstärkte Nutzung bei Windkraftspitzen, siehe (Schöfmann et al 2022)). Unten Deckung und flexible Nutzung PV-Strom im Hochwinter (Februar).

Treibhausemissionen und Primärenergiebedarf können drastisch reduziert werden.

Die GreenTech Renovation Varianten könnten beispielsweise folgendermaßen schrittweise umgesetzt werden:

**Start 2022: mit 33 kg CO<sub>2</sub> equiv/ Jahr für den Betrieb.**

Zum Beispiel:

- Dach ertüchtigen (Wärmeschutz, Grün etc.) und PV-Dach installieren, einige e-Ladestellen für e-bikes, e-roller etc. (z.B. 2025)
- „Raus aus Gas“: Erdreich und/oder Grundwasser aktivieren mit hocheffizienter Wärmepumpe, bzw. -pumpen (bzw. direct cooling) für Heizen und Temperieren warme Jahreszeit. Anpassung Wärme-/Kälteabgabe. Überschüsse Solarthermie Sommer eventuell für Regeneration Erdreich (2-fields) (z.B. 2028)
- Fassade ertüchtigen, Parapete mit PV integrierten hocheffizienten Verglasungen, Belüftung (Fenster/Verglasungen, Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärme-/Feuchterückgewinnung teilweise Integration PV, Grün) Überdimensionierung WP für optimierte WindPeakShaving-Nutzung (z.B. 2035)
- E Mobilität für ecars wenn erforderlich, entsiegeln wo möglich (z.B. 2040)

**Ergebnis: Schule Heustadelgasse „klimaneutral“ 2040**

Trotz der sehr unterschiedlichen Voraussetzungen (GFZ, Baujahr etc.) können wesentliche Ergebnisse aus der „GreenTech-Renovation“ Strategie sehr gut auf den Testfall Heustadelgasse angewandt werden.

#### 4.2.4. Synergien (Fokus: Sondierung Bauwerksbegrünung) (AP5)

##### Analyse und Evaluierung Anwendungsbereiche (Bauwerks-)Begrünung

Ergänzend zum Klima- und Energiekonzept und dem Nutzungskonzept werden mit Begrünungsmaßnahmen an der Fassade, am Dach und im Innenraum wirksame Synergien geschaffen. Mit innovativer und abgestimmter Einbeziehung von Vegetation kann das Leistungspotential der Gebäudeoptimierung und der energetischen Maßnahmen gesteigert werden. Im Zeichen der ökologischen Sanierung und unter Berücksichtigung des Ziels einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft bringen Bauwerksbegrünungen positive Wirkungsweisen mit sich, die besonders bei Glasgebäuden ausschlaggebend sein können.

Fassadenbegrünungen wirken sich als außen liegender Sonnenschutz bzw. als Verschattungselement positiv auf den thermischen Komfort im Gebäude aus. Der Grad der Verschattung kann bedarfsorientiert mittels der geplanten Begrünungsdichte angepasst werden und bietet in den Sommermonaten auf natürliche Weise eine effektive Minimierung des Energieeintrags. Eine Dämmleistung kann mit immergrünen Pflanzen auch im Winter durch die Pufferwirkung der Pflanzen an der Außenhülle erzielt werden.

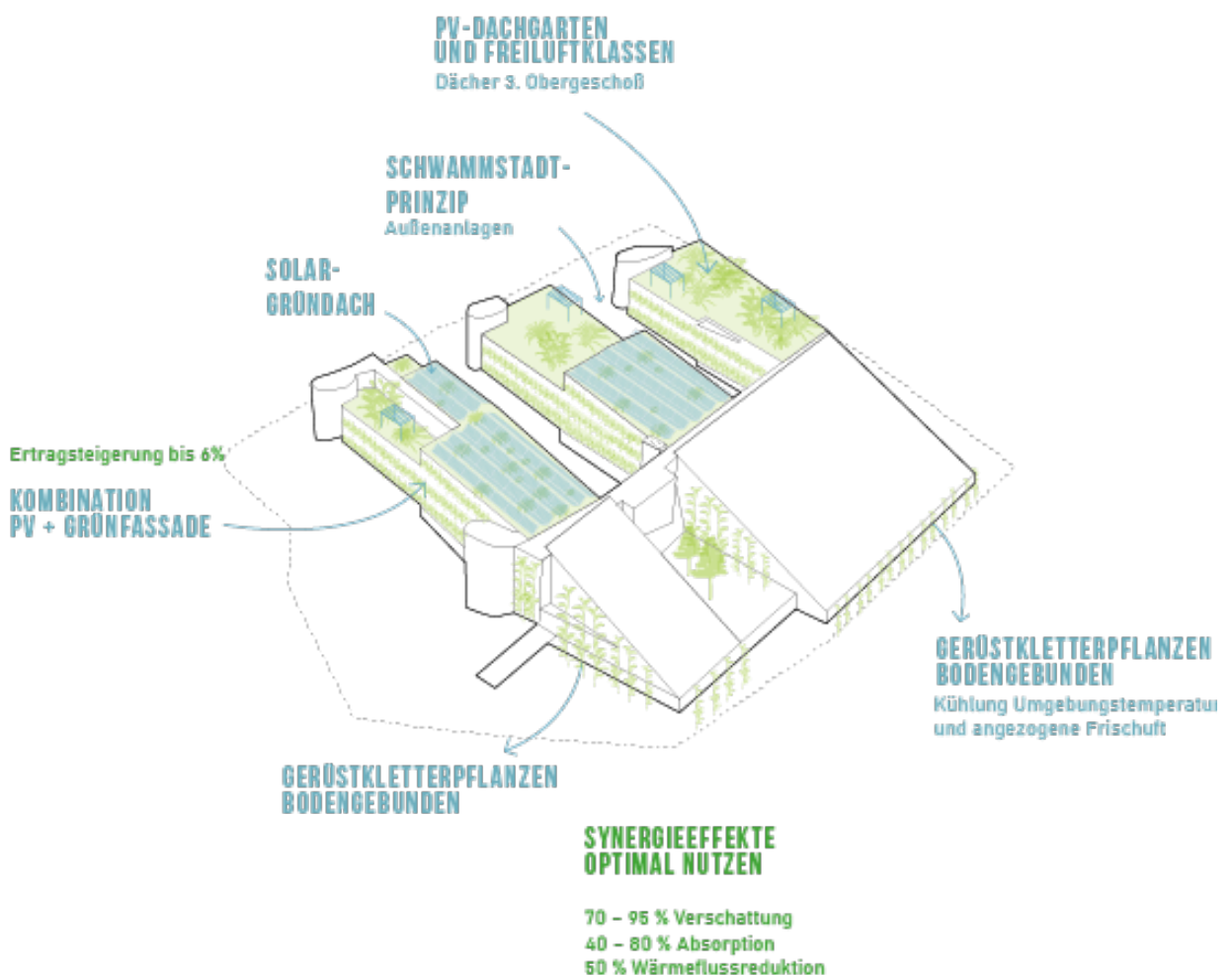


Abbildung 85: Begrünungskonzept für das Demonstrationsobjekt

Die gebäudenahe Begrünung bewirkt aufgrund der Verdunstungsleistung der Pflanzen eine erhebliche Abkühlung der Umgebungstemperaturen um bis zu 13°C. Beim Lufttransport ins Gebäudeinnere ist dies ebenso spürbar. Zusätzlich wird die Luftqualität durch Sauerstoffanreicherung, Luftbefeuchtung und Staub- und Schadstoffbindung verbessert. Ein erheblicher Synergieeffekt kann bei der Kombination von Bauwerksbegrünung und Photovoltaik entstehen. Die adiabate Kühlleistung der Vegetation und die Umgebungskühlung wirken sich positiv auf den Wirkungsgrad der PV-Module aus und bringen eine Ertragssteigerung von bis zu 8% bei darunterliegenden Dachbegrünungen und 4-5% bei umgebenden Fassadenbegrünungen.

Aus ökonomischer Sicht führen die genannten Wirkungsweisen der Begrünungen zur Senkung des Energieverbrauchs des Gebäudes aufgrund der Einsparung von Kühl- und Heizenergie. Durch die Substitution alternativer technischer Verschattungssysteme können mit vergleichsweise gleichem Verschattungsgrad die Wartungs- und Energiekosten der Schattierung reduziert werden. Anhand von Messungen bei der vorgeschätzten Fassadenbegrünung an der Humboldt-Universität Berlin-Adlersdorf konnte, im Vergleich zu technischen Verschattungssystemen, eine Reduktion von 50% des Primärenergieaufwands zum Kühlen festgestellt werden. Wartungs- und Pflegekosten belaufen sich hier auf 10% der Kosten für technische Lösungen<sup>39</sup>.

Bei der Konzeption der Begrünungslösungen an der Schule am Kinkplatz wurden die räumlichen und architektonischen Qualitäten, technische Machbarkeit sowie die Nutzung der Zonen berücksichtigt. Da die Nachnutzung des Schulgebäudes ein zentraler Schwerpunkt des Projektes ist, wurde die Begrünung entsprechend den Nutzungsszenarien angepasst bzw. richten sich die potentiellen Nutzungen teilweise nach dem Begrünungsvorhaben.

### **Ziele**

Mit dem Ziel der Reduktion der Betriebskosten und des Energieverbrauches wurde ein Konzept zur ökologischen Revitalisierung erarbeitet. Der Fokus der Begrünungsmaßnahmen liegt dabei auf der Unterstützung des Energiekonzeptes im Einklang mit den Herausforderungen und der gleichzeitigen Attraktivität der großflächig transparenten Gebäudehülle. Zum einen soll die Begrünung bzw. die Blattmasse als natürliches Verschattungselement zur Minimierung des Wärmeenergieeintrages durch Sonneneinstrahlung dienen, zum anderen kann durch die Unterstützung bei der Aktivierung des bestehenden Lüftungskonzeptes zur verbesserten nächtlichen Durchlüftung der Turnhalle ein Synergieeffekt erzielt werden. Weiters sollen die Photovoltaikanlagen zusätzlich an Effektivität gewinnen und der Ertrag durch Verdunstungskühlung der darunter oder daneben liegenden Vegetation gesteigert werden. Ein zusätzliches Potential birgt die Aufwertung und Multifunktionalität neu geschaffener und neu gestalteter Flächen. Darüber hinaus zielen die Begrünungsmaßnahmen auf ein optimiertes und dezentrales Regenwassermanagement ab.

---

<sup>39</sup> Schmidt, M: Fassadenbegrünung zur Primärenergieeinsparung durch innovative Gebäudeverschattung und -kühlung in: 7. FBB-Symposium Fassadenbegrünung 2014 - Vortragsreihe zu Themen der Fassadenbegrünung, 2014, S.39

## **Anwendungsmöglichkeiten der Begrünungsmaßnahmen gegliedert nach Zonen:**

### **Zone 1: Pausenhalle**

- Bodengebundene Begrünung mit Rankseilen (separate Wuchsebene auf eigenständiger Konstruktion)

Die vollflächige Begrünung der geneigten Glasdächer kommt bei diesem Gebäude nicht in Frage, da diese die architektonische Qualität des transparenten Gebäudeteils und somit die äußere Gesamterscheinung des Gebäudes verändern würde. Außerdem schließen die Neigung und die Konstruktionsweise des Daches die Anbringung etwaiger Rankkonstruktionen aus. Daher sollen nur kleine Teilflächen der Pausenhalle seitlich begrünt werden. Hierfür könnte der bestehende Bodenanschluss für eine bodengebundene Begrünung mit Kletterpflanzen genutzt werden. Als Konstruktionsebene könnte eine an den Bestand gestalterisch angelehnte Stahlkonstruktion errichtet werden, die mit gespannten zarten Rankseilen oder Netzen ausgestattet wird.

- Innenraumbegrünung

Begrünte Innenwände oder Innenraumbegrünungen stellen weit mehr als ein optisch ansprechendes Element dar, da sie das Raumklima verbessern, Schadstoffe binden und filtern und positive Auswirkungen auf die Raumakustik haben. Zudem stehen die positiven Wirkungen auf den Menschen im Wohn-, Arbeits- und Lernumfeld im Vordergrund, in denen ein Großteil der Lebenszeit verbracht wird. Aus diesen Gründen werden in der Aula bzw. Pausenhalle begrünte Innenwände und ein auf die Architektur abgestimmtes Pflanzkonzept vorgesehen.

### **Zone 2: Turnhalle und Verbindungsgang**

- Begrünung unter Luftschacht

Zur Verbesserung des vorhandenen natürlichen Lüftungssystems werden bei den Luftschächten am unteren Ende des Glasschrägdaches bodengebunden Gerüstkletterpflanzen positioniert. Um auch im Winter davon zu profitieren, werden immergrüne Pflanzen eingesetzt, die durch die Pufferwirkung der fassadennahen Luftschicht den Energieaufwand technischer Wärmesysteme reduzieren können. Dadurch ergibt sich eine zusätzliche sommerliche Kühlung, Sauerstoffanreicherung sowie eine Reinigung der angezogenen Frischluftströme, die in das Gebäude eindringen. Die vorhandene Stahlkonstruktion wird mit zusätzlichen starren Verstrebungen und einem Edelstahlnetz oder Seilen ergänzt und mit Pflanzen bewachsen. Um das Ansaugen von Pollen, Insekten und Staub zu verhindern, sollte ein Abstand von mind. einem Meter zur Lüftung eingehalten und ein entsprechender Filter eingebaut werden. Zusätzlich werden auch die seitlichen fixverglasten Fassaden der Turnhalle analog zur Pausenhalle außen mit Rankpflanzen auf einer eigenständigen Konstruktion begrünt.

### Zone 3: Klassentrakt Erdgeschoß

Die Außenanlagen des Grundstückes werden ebenfalls mit vielfältigen Grünflächen aufgewertet.

- Dezentrales Regenwassermanagement und Bodenverbesserung

Aufgrund des hohen Grundwasserspiegels und des vorherrschenden Lehmbodens, der sich ungünstig auf die Versickerung von Regenwasser auswirken kann, wären zusätzliche Maßnahmen des Wassermanagements vorteilhaft. Grün- und Freiflächen werden zur verbesserten Wasserretention und Wasserverdunstung neu gedacht. Neue Baumpflanzungen mit ausreichend durchwurzelbarem Raum und optimierten Pflanzgrubenfüllungen mit verbessertem Substrat und darunter grobkörnigem Gestein sorgen für optimale Standortbedingungen. Besonders an stark verdichteten Stellen kann Wasser aufgrund der besseren Durchlässigkeit leichter vom Boden aufgenommen und gespeichert werden und verlangsamt versickern.

Eine weitere blau-grüne Infrastrukturmaßnahme, welche hier Anwendung finden kann, ist die Sickermulde. Sickermulden sind breite, flache Erdkanäle, die den Abfluss verlangsamen, die Versickerung fördern und Schadstoffe und Sedimente filtern. Sickermulden sind oft dicht mit einer Vielzahl von Bäumen, Sträuchern und Gräsern entlang des Bodens und der Seiten des Kanals bepflanzt.

Weiters bietet sich die Stabilisierung exponierter Böden an Hängen durch Begrünung an, um die Erosion des Bodens durch Wind oder Regen und Sedimentationsprobleme zu minimieren oder zu verhindern. Eine gut etablierte Vegetationsdecke ist eine der effektivsten Methoden zur Verringerung der Erosion. Die Vegetation schützt Bodenoberflächen vor regenbedingter Sprüherosion und kann dazu beitragen, den Abfluss über eine Stelle der Bodenstörung zu verlangsamen. Darüber hinaus etablieren Pflanzen Wurzelsysteme, die den Boden stabilisieren und die Bodenerosion gegen Verwitterungskräfte verhindern.

- Urban-Gardening-Fläche als „Lerngarten“

Laut den Ergebnissen der sozialwissenschaftlichen Begleitung des Projektes sind Urban-Gardening-Flächen wünschenswert. Als Urban Gardening bezeichnet man Flächen, die dem Anbau von Gemüse, Obst und Blumen gewidmet sind. Sie werden vorrangig zum Zweck der Lebensmittelproduktion genutzt. Zusätzlich hat diese Art der Anbaufläche auch einen sozialen Charakter, da sich Freiwillige zusammenfinden, um gemeinsam zu garteln und voneinander zu lernen. Besonders in dichten, urbanen Räumen mit wenig Grünfläche findet dieses Konzept großen Anklang. Bei der Nutzung als Bildungseinrichtung kann die Fläche als „Lerngarten“ bereichernd sein.

Am Gelände der Helmut-Richter-Schule könnten diese „Lerngärten“ an den bestehenden terrassierten Grünflächen zwischen den Klassentrakten und auf einer der Dachterrassen positioniert werden.

- Sportflächen

Je nach zukünftiger Nutzung und Alterszielgruppen, bieten die Außenanlagen bei Bedarf genügend Platz für zusätzliche Outdoor Sport- und Spielflächen wie Ballspielplätze, Skateanlagen etc.

- Freiluftklassen

Die Möglichkeit des Lernens im Freien ermöglicht abwechslungsreiche, gesundheitsfördernde und naturnahe Unterrichtsmethoden in Bildungseinrichtungen. Für den Unterricht konzipierte Freiräume mit Tischen und Bänken, die vorzugsweise verschattet oder überdacht sind, wären dafür geeignet. Die optimale multifunktionale Nutzung einer solchen Fläche könnte mit einer Überdachung aus Solarpaneelen zur gleichzeitigen Stromproduktion und Beschattung der Aufenthaltsfläche erreicht werden.

- Bepflanzung der Grünflächen

Allgemein gilt bei der vorgesehenen Bepflanzung der Grundsatz der Biodiversitätsförderung und der Schaffung von attraktiven Lebensräumen für die Nutzer:innen wie auch für Tiere. Daher sind Bepflanzungen mit einer hohen Vielfalt an Stauden, Sträuchern und Gehölzen geplant. Da Kinder eine der Zielgruppen darstellen, wird bei der Planung besonderer Wert auf den Verzicht von Giftpflanzen gelegt.

#### **Zone 4: Klassentrakt Obergeschoß**

- Intensive Dachbegrünung

Die Dachterrassenflächen der Klassentrakte sind derzeit mit Waschbetonplatten verlegt und scheinen undichte Stellen in der Abdichtung aufzuweisen. Da diese Flächen ohnehin eine Sanierung benötigen und Dachbegrünungen mikroklimatische sowie gebäudeoptimierende Wirkungen im Vergleich zu Kies- oder Waschbetonbelägen mit sich bringen, ist die Begrünung der Terrassen geplant.

Diese Teilflächen der Dächer sind begehbar und werden daher zur aktiven Nutzung als intensive Gründächer mit einer Aufbauhöhe von mind. 20 cm ausgebildet. Es wird auf eine artenreiche Bepflanzung und einladende Gestaltung mit Sitzmöglichkeiten geachtet. Weiter können auch die Dachflächen mit Freiluftklassen, die mit Solarpaneel-Dächern für Schattenplätze und Energieertrag sorgen, aufgewertet werden.

- Solargründach

Die Tragfähigkeit einer zusätzlichen Last ist laut Berechnungen beim gesamten Flachdach des Gebäudes gegeben. Daher werden die Flächen vollständig für zusätzliche Nutzungen eingesetzt. Unter der im Energiekonzept erläuterten Photovoltaikanlage in Schmetterlingsaufstellung ist eine extensive Dachbegrünung geplant. Bei dieser Kombinationsbauweise handelt es sich um ein Solargründach. Mittlerweile ist diese Bauweise ausreichend erprobt und kann eine effektive Win-Win-Situation schaffen. Lesen Sie im *Heft 2 Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil* und der vorgeschlagenen weiterführenden Literatur mehr über diese Bauweise und ihre Potentiale.

## Fassaden

- Wandgebundene Fassadenbegrünung + PV

Die Kombination von Photovoltaik und Begrünung bringt auch Vorteile mit sich, wenn die Technologien nebeneinander angeordnet werden. Die Fassaden der Klassentrakten bieten Potentialflächen für eine solche Kombination.

## **Analyse und Evaluierung Innenraumnutzung durch Vertical Farming**

Im Zuge der Diskussionsveranstaltungen und Jour-Fixes entstand die Idee, die Schule als Ausbildungsstätte für künftige Urban Farmer oder Vertical Farmer zu nutzen. Die seit 2009 weltweit steigenden Investitionsvolumina in Plant Factories, Indoor Farms und Vertical Farms deuten auf einen weiterhin stark wachsenden Wirtschaftszweig hin.

Demzufolge ist es wichtig, Ausbildungskonzepte sowie neue Ausbildungsstätten zu konzipieren und zu entwickeln. Es gilt, Berufsgruppen zu identifizieren, die Grundlagenwissen für den erfolgreichen Betrieb komplexer Systeme in der Indoor-Lebensmittelproduktion zur Verfügung stellen können.

Neben der Etablierung von Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen für innovative Anbau- und Produktionsmethoden ist die Wissensvermittlung u.a. für einen erfolgreichen Betrieb, Wartung, Service und Vertrieb notwendig, um Ertrags- und Absatzsicherheit sowie die Erhöhung urban produzierter Lebensmittel zu erreichen.

All das muss unter Berücksichtigung der Global Sustainable Development Goals, ESG-Kriterien sowie lokal definierten Klima- und Energiezielen erfolgen.

Die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes erhöhen das Verständnis für die Konsortialpartner:innen über die Potentiale und die Komplexität des Lebensmittelanbaus mit vertikalisierten Systemen, speziell in Bestandsgebäuden im urbanen Umfeld. Synergiepotentiale zwischen Lebensmittelproduktion, Ausbildung und öffentlichem Leben wurden offengelegt. Es konnten wesentliche Grundlagen für vertiefende Untersuchungen, beispielsweise für F&E-Vorhaben, des Konsortiums erarbeitet werden.

Es liegen ein Funktions- und Raumprogramm sowie konzeptuelle Überlegungen vor, die als Grundlage für einen aufbauenden Planungsprozess sowie die Erhöhung des Detaillierungsgrades dienen. Überlegungen für die Weiterentwicklung des architektonischen Entwurfs und der damit verbundenen Gesamtenergiekonzeption, Anbau und Produktion sowie mögliche Geschäftsmodelle wurden erörtert.

Besondere Bedeutung wird der Möglichkeit zugeschrieben, die Lebensmittelproduktion als zentralen Bestandteil einer übergeordneten typologischen Weiterentwicklung des Bestandsgebäudes als Ausbildungszentrum für urbane vertikale Landwirtschaft zu sehen. Damit erhält die Schule am Kinkplatz ein weltweites Alleinstellungsmerkmal. Die räumlichen Gegebenheiten ermöglichen Forschung und Entwicklung, Produktion und Praxis sowie Ausbildung und öffentliche Funktionen in eine innovative typologische Gesamtkonzeption zu integrieren (vgl. dazu *Beratungsleistungen für ein Vertical Farming-Konzept* im Anhang).



## 4.2.5. Ökologische, ökonomische und soziale Evaluierung der Maßnahmen (AP6)

### Ökologische Analyse und Ökobilanz

Mehrere Milliarden Tonnen Baumaterialien sind österreichweit in Gebäuden verbaut. Diese gilt es aus Sicht der Kreislaufwirtschaft zu erhalten und optimal zu nutzen. Dennoch fällt unter den derzeitigen Rahmenbedingungen die Entscheidung in vielen Fällen für Abriss und Neubau. Auch wenn ein Bestandsgebäude nicht zu 100 % auf einen optimalen Standard (wie ein Neubau) gebracht werden kann, sprechen die ökologischen Faktoren meist für die Sanierung.

Am Beginn der ökologischen Analyse steht daher die simple Feststellung, dass die Nutzungsanpassung und entsprechende zukunftsfähige Sanierung der Schule am Kinkplatz jeder anderen Handlungsoption ökologisch um Größenordnungen überlegen sind. Dies erkennt man schon am Parameter Globales Erwärmungspotenzial (GWP). Die Herstellung eines Gebäudes der Kategorie Schule mit vergleichbarer BGF verursacht ca. 370 kg CO<sub>2</sub> äquiv. pro m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> (BRG Gänserndorf, 9.830 m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>). Damit ergibt sich für einen Neubau eine CO<sub>2</sub> äquiv. Belastung von ca. 4500 t CO<sub>2</sub> äquiv. in Standardbauweise. Das gleiche Gebäude würde, wie oben ausgeführt sogar ca. 11 000 t CO<sub>2</sub> äquiv. Belastung erzeugen. Alle Sanierungsvarianten liegen, abhängig von der Nutzungsart und Sanierungstiefe bei vergleichbarer Energieeffizienz mit einem Neubau, unter 113 kg CO<sub>2</sub> äquiv. pro m<sup>2</sup>. Die Ersparnis beträgt somit mindestens 70 %.

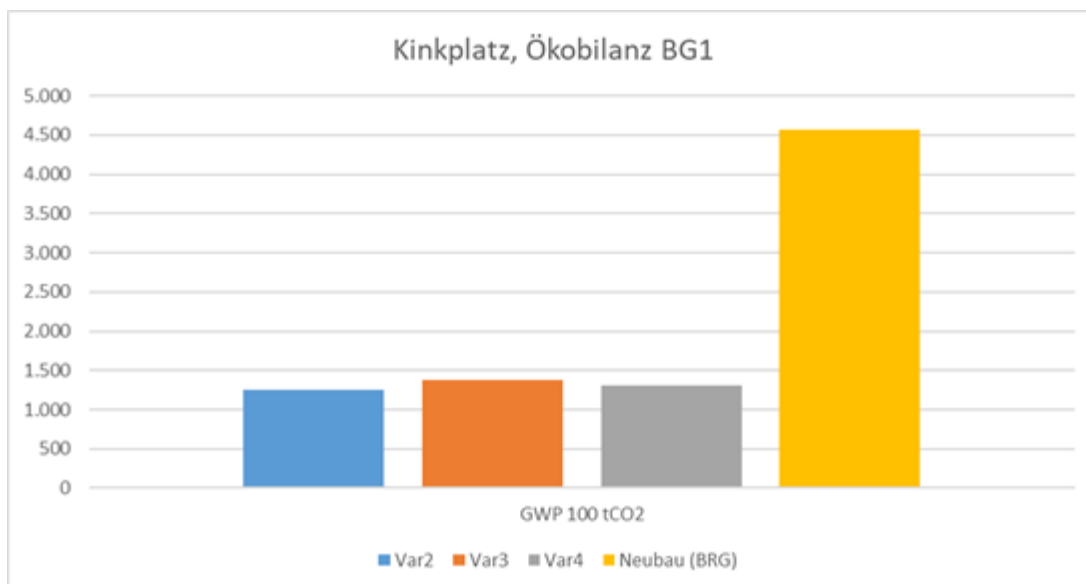


Abbildung 86: Kinkplatz Ökobilanz BG1

Ein sehr ähnliches Bild ergibt der Vergleich bei den Ökokennzahlen Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PENRT bzw. PEI ne im Diagramm) und dem Versauerungspotential (AP). Im folgenden Diagramm sind die wichtigsten Kennzahlen dargestellt.

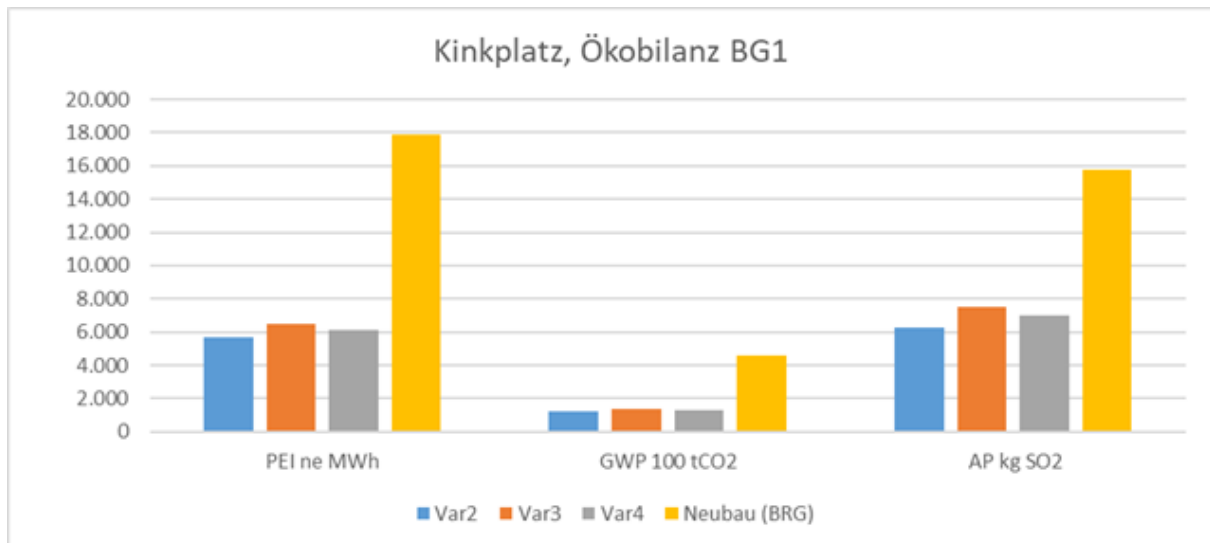


Abbildung 87: Kinkplatz, Ökobilanz BG1

### **Ökologische Analyse – Kreislaufführung von Flachglas**

Eine getrennte Sammlung von Flachglas ist Mindestvoraussetzung für ein hochwertiges Recycling. In den meisten Ländern (darunter auch Österreich) sind jedoch noch keine flächendeckenden Sammelsysteme für Flachglas etabliert. Dies ist auch dadurch bedingt, dass gesetzlich (noch) keine Mindestverwertungsquoten vorgeschrieben sind. Somit gehen diese Ressourcen entweder verloren (bspw. bei Sammlung als gemischter Siedlungsabfall oder Sperrmüll) oder liegen in verunreinigter Form vor, wenn sie aus einem gemischten Abfallstrom (z.B.: Bauschutt) nachträglich aussortiert werden. Knappe 10 % der Flachglasscherben landen damit nach wie vor auf der Deponie, für die restlichen nicht getrennt gesammelten Scherben ist ein hochwertiges closed-loop Recycling in der Flachglasherstellung aufgrund der Verunreinigungen im Regelfall nicht möglich.

Je nach Flachglastype ist für das Recycling eine mehr oder weniger aufwändige Aufbereitung des Materials nötig, um Scherben (Cullet) von den Störstoffen (Verunreinigungen aus anderen Abfallfraktionen, Folien aus Verbundgläsern, etc.) zu trennen und in entsprechender Qualität zu erhalten. Der Einsatz von getrennt gesammelten und aufbereiteten Scherben als Sekundärrohstoff in der Flachglasherstellung ist (aus technischer Sicht) heutzutage grundsätzlich gelöst, wenn die Scherben geeignet sind, die hohen Qualitätsanforderungen in Bezug auf Farbechtheit, Blasenfreiheit, Spannungsfreiheit, etc. zu erreichen. Flachglashütten setzen durchschnittlich 20-25 % Recyclingglas ein, sogar Werte von über 40 % wurden bereits realisiert. Bei dem eingesetzten Material handelt es sich allerdings praktisch ausschließlich um sogenannte pre-consumer Abfälle, welche entweder in der Glashütte selbst oder bei den nachgelagerten Verarbeiter:innen als Verschnitt oder Bruch anfallen, keine Kontaminationen aufweisen und sortenrein erfasst werden können. Der Anteil an post-consumer Abfällen in diesem closed-loop Prozess ist minimal. Dies bestätigen auch Erhebungen von (Rose et al, 2020)<sup>40</sup>: Der überwiegende Anteil des anfallenden Flachglases geht (in Deutschland) in die Herstellung von Behälterglas (ca. 47%), ein Drittel in die Herstellung von Glaswolle-Dämmstoff, Glasperlen oder Glasmehl. Diese Verwertungspfade sind einer Beseitigung (Deponierung) vorzuziehen, entsprechen aber nicht den Prinzipien einer „echten“ Kreislaufführung und sind als Downcycling zu

<sup>40</sup> Rose, Sack, Nothacker, Gassman, Recycling von Flachglas im Bauwesen – Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen (ift Rosenheim, Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung F 3203, Fraunhofer IRB Verlag, 2020)

sehen. Nur rund 11% des Post-Consumer-Abfalls aus Flachglas geht wieder in die Flachglasherstellung. Zum Post-Consumer-Bereich wird allerdings auch Abfall aus dem weiterverarbeitenden Gewerbe wie Glasereien gezählt. Schlussendlich verbleiben somit nur ca. 3 % Altglas aus Baurestmassen, welche in die Flachglasherstellung wandern. In Österreich ist von einer vergleichbaren Situation auszugehen.

Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft stellt die stoffliche Verwertung nur eine nachrangige Option dar, da lediglich das Material erhalten/genutzt wird. Besser wäre es, die Flachglasprodukte oder ihre Einzelkomponenten wiederzuverwenden und somit auch die Funktion (zusätzlich zum Material) zu erhalten. Eine Übersicht über alle Optionen ist in Abbildung 88 dargestellt, je kleiner der dargestellte Kreislauf ist, umso mehr entspricht der Prozess einer echten Kreislaufführung. Den Autor:innen ist allerdings kein österreichisches Entsorgungsunternehmen bekannt, das sich auf die Aufbereitung und Wiederverwendung von Glasfassadenelementen spezialisiert hätte. Eine Wiederverwendung der ausgebauten Glaselemente erfordert somit hohe Eigeninitiative des Projektteams, ggf. mit innovativen Partner:innen wie den materialnomaden.

### ***Betrachtung des konkreten Gebäudes***

Die Schule am Kinkplatz weist einen signifikanten Glasanteil auf. Die großen Mengen an Flachglas, die bei Rückbau oder Sanierung anfallen, bieten die große Chance, das Glas vor einer Deponierung zu bewahren und im Sinne einer Kreislaufwirtschaft als Produkt, Komponente und/oder Sekundärrohstoff zu verwerten.

Die verwendete Verglasung besteht aus einem Einscheibensicherheitsglas (ESG) mit einer Stärke von 8 mm sowie einem Verbundsicherheitsglas (VSG), bei welchem zwei ESG mit 7 mm Dicke mittels einer PVB-Folie (0,76 mm) laminiert wurden. Eine weitergehende Nutzung im aktuellen Gebäude (ohne Ausbau) wäre aus kreislaufwirtschaftlicher Sicht die beste Option: Kleine Reparaturarbeiten, die in eingebauter Form durchgeführt werden können, um die Lebenszeit zu verlängern, sollten somit primär dort in Betracht gezogen werden, wo das Nutzungs- und Energiekonzept keine erhöhten Anforderungen an die thermische Qualität der Glasflächen stellen.

Für jene Verglasungsflächen, bei denen das Sanierungskonzept einen Austausch vorsieht, sind mehrere Alternativen denkbar.

Die Fassade ist mittels 2-Punkt-Halterung an die dahinter liegende Stahlkonstruktion fixiert. Somit ist davon auszugehen, dass ein zerstörungsfreier und sortenreiner Rückbau der Verglasungselemente möglich ist. Dies stellt die Grundlage für alle nachfolgend aufgeführten Wiederverwendungs- und Wiederverwertungsoptionen dar.

Der Einsatz der Glasscheiben in ihrer aktuellen Form in anderen Projekten (reuse) stellt eine Option dar. Der große Vorteil hierbei wäre, dass neben dem Ausbau keine weiteren Maßnahmen gesetzt werden müssen, um die Wiederverwendung zu ermöglichen. Grundsätzlich können die 2 verschiedenen Scheiben dabei auch separat in unterschiedlichen Projekten/Anwendungsbereichen verwendet werden, da sie nicht miteinander verbunden sind und nach dem Ausbau getrennt vorliegen. Dabei spielen die Qualitätsanforderungen für die vorhergesehene neue Anwendung eine wichtige Rolle. Hierfür ist eine Charakterisierung der für das reuse angedachten Scheiben notwendig.

Eine weitere Möglichkeit wäre es, die Scheiben als Komponenten für neue Produkte heranzuziehen (remanufacture). Bspw. könnten sie in Systemen mit Mehrfachverglasung (z.B. Fenster) zum Einsatz

kommen. Im Optimalfall würde der Einsatz in genau jenen Produkten erfolgen, welche am Standort im Zuge der Sanierung neu verbaut werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Scheiben nicht in ihrer Geometrie verändert werden können, da es sich um gehärtetes Glas handelt, welches bei Beanspruchung (z.B. Zuschneiden) zerspringen würde und somit nicht mehr nutzbar wäre.

Mit den oben erwähnten Nutzungsoptionen gehen, im Fall einer tatsächlichen Umsetzung, ökologische Vorteile einher. In der untenstehenden Tabelle 17 sind die mit der Herstellung der im Gebäude verbauten Gläser verbundenen Umweltauswirkungen für die Kategorien Globales Erwärmungspotenzial (GWP), Versauerungspotenzial (AP), Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PENRT), Ozonabbaupotenzial (ODP), Photosmog-Potenzial (POCP) und Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADPE) angeführt. Wenn man davon ausgeht, dass durch die Wiederverwendung die Primärproduktion der gleichen Materialien vermieden wird, können signifikante Einsparungen erzielt werden in Anbetracht der Tatsache, dass der Ausbau sowie etwaige nötige Zwischenschritte (bspw. Reinigung) praktisch vernachlässigbar sind. Die Werte wurden mit SimaPro auf Basis der Datenbank ecoinvent 3.8 mit der EF 3.0 Methode berechnet und sind als Indikator pro kg bzw. m<sup>2</sup> Scheibe dargestellt sowie darüber hinaus auch für das gesamte im Gebäude verbaute Material.

Erzielbare Einsparung							
Indikator	Einheit	kg ESG	m <sup>2</sup> ESG	ESG ges.	kg VSG	m <sup>2</sup> VSG	VSG ges.
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	1,21E+00	2,42E+01	1,31E+05	1,40E+00	4,88E+01	2,64E+05
AP	kg H <sup>+</sup> eq	1,24E-02	2,48E-01	1,34E+03	1,33E-02	4,67E-01	2,52E+03
PENRT	MJ	1,43E+01	2,85E+02	1,54E+06	1,82E+01	6,36E+02	3,43E+06
PENRT	kWh	3,96E+00	7,93E+01	4,28E+02	5,04E+00	1,77E+02	9,53E+02
ODP	kg CFC11 eq	1,38E-07	2,76E-06	1,49E-02	1,76E-07	6,18E-06	3,33E-02
POCP	kg NMVOC eq	5,77E-03	1,15E-01	6,23E+02	6,23E-03	2,18E-01	1,18E+03
ADPe	g Sb eq	1,52E-05	3,05E-04	1,65E+00	1,66E-05	5,80E-04	3,13E+00

Tabelle 17: Erzielbare Einsparung ESG und VSG

Stehen keine Wieder- bzw. Weiterverwendungsmöglichkeiten der Gläser zur Verfügung, ist immer noch eine stoffliche Verwertung möglich. Hierbei müsste mittels chemischer Untersuchungen die Kontamination des Materials analysiert werden, um zu klären, ob der Einsatz als Sekundärrohstoff in der Flachglasherstellung möglich ist bzw. welche anderen Verwertungspfade eine Option darstellen. Unter Berücksichtigung der Einbausituation sowie eines selektiven Rückbaus inkl. sortenreiner Erfassung scheint der closed-loop Ansatz zumindest für die ESG-Fraktion durchaus denkbar. Die VSG-Fraktion muss auf jeden Fall einer Aufbereitung zugeführt werden, um die Glasbestandteile von den Folienanteilen zu trennen.

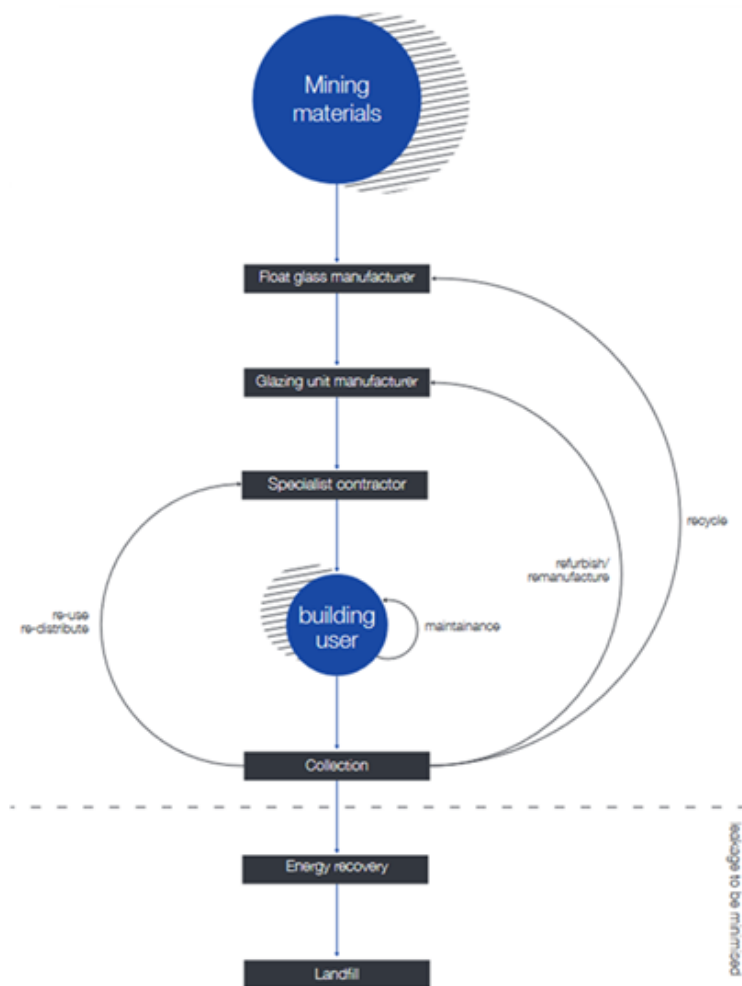


Abbildung 88: closed-loop Ansatz

## Ökonomische Analyse und Evaluierung

Die Abschätzung der Revitalisierungskosten erfolgte durch eine ausführliche Analyse der Kostenschätzungen der bisherigen Gutachten (kppk, Ribarich). Hier wurden die angegebenen Kosten mit den dazugehörigen Maßnahmen analysiert und validiert.

Ergänzend wurden die Kosten für wichtige Maßnahmen, wie die Isolierverglasung mit integrierter PV, die bei ausführenden Firmen recherchiert wurden.

Aufgrund der ausständigen Planung und der fehlenden Betretbarkeit des Gebäudes wird zum Thema Kosten die Studie von Hoppe / KPPK zitiert, valorisiert und hier zur Vergleichbarkeit die diskutierten Maßnahmen des Forschungsprojektes dargestellt und eingeordnet (Var 4).

Es wurden mehrere Expert:innengespräche mit Klaus Petraschka von KPPK Ziviltechniker GmbH und Franz Schindler von Hoppe Architekten geführt, die 2016 von der Stadt Wien, Wiener Infrastruktur Projekt (WIP), mit einem Gutachten zur Sanierung inklusive Kostenschätzung beauftragt wurden. Diese haben ihr Gutachten erneut evaluiert, analysiert, ergänzt und den Baukostensteigerungen angepasst. Als Kostenbasis wurde April 2020 gewählt, die aktuellen Kostensteigerungen wurden bewusst nicht erfasst, da die Volatilität sehr hoch ist.

Dabei wurden unterschiedliche Bandbreiten der Sanierung definiert und bewertet, die von den technisch erforderlichen Mindestmaßnahmen im Rahmen einer Instandsetzung gemäß OIB-Standards im Rahmen eines Umbaus bis hin zu deutlichen Komfortverbesserungen reichten.

Weitere Kosten aktueller Maßnahmen, die über eine Sanierung hinausgehen, wie u.a. energetische Maßnahmen, Begrünungsmaßnahmen und Vertical Farming, wurden ergänzt.

Ein Gebäude mit 28 Jahren Nutzungsdauer ist bereits im ersten größeren Instandsetzungsschritt angelangt. Der Ablauf der technischen Nutzungsdauer betrifft z.B. Abdichtungen in den Terrassen (typische Nutzungsdauer 25 Jahre) oder Verglasungen (ca. 30 bis 35 Jahre). Zudem müssen einzelne Gewerke wie Elektro und teilweise haustechnische Anlagen für eine Inbetriebnahme zu einem relevanten Anteil wieder neu errichtet werden. Welche Maßnahmen hier jedenfalls ergriffen werden müssen, ist nur grob abschätzbar.

Nachfolgend werden die 4 Varianten im Überblick dargestellt (Abb. 89, 90, 91). KG 7 und 8 sind nicht erfasst.

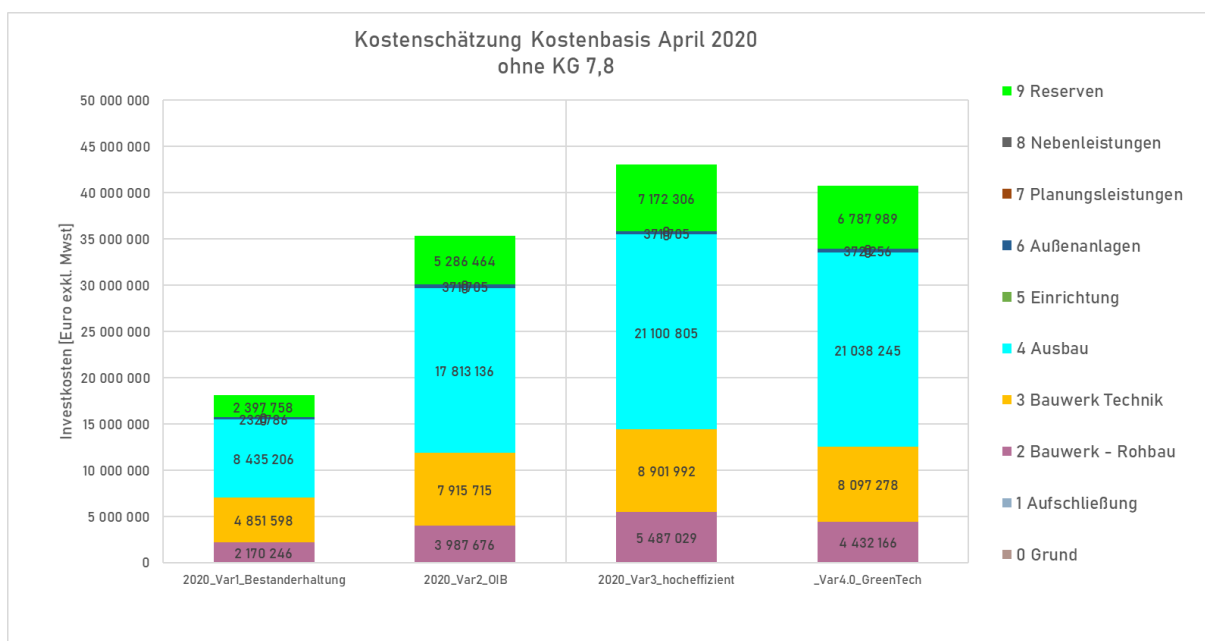


Abbildung 89: Investkosten Preisbasis April 2020

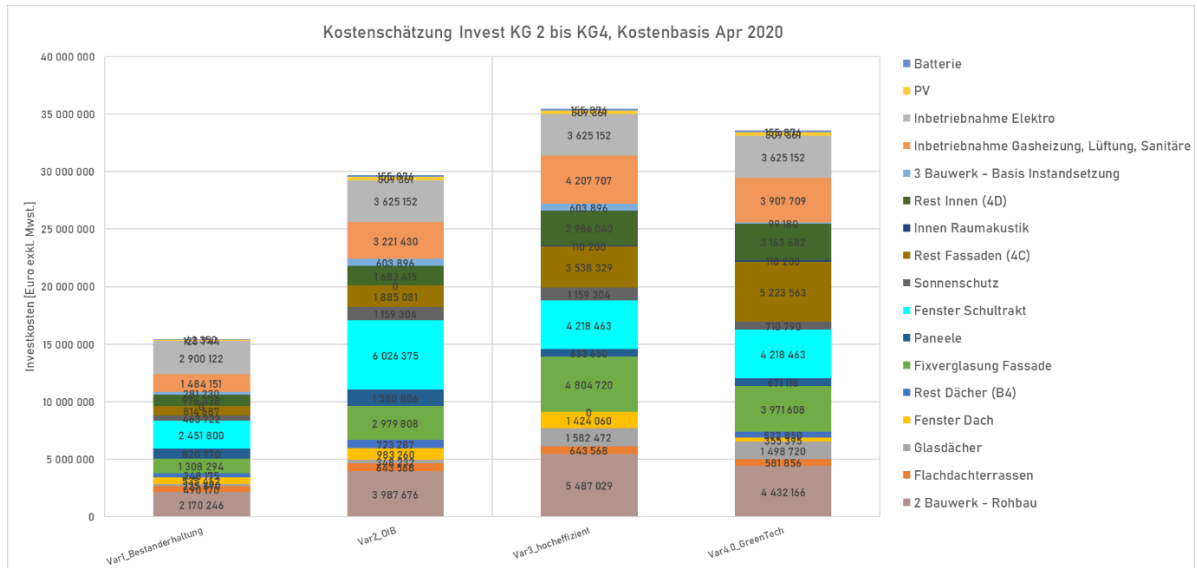


Abbildung 90: Detail-Investkosten Preisbasis April 2020

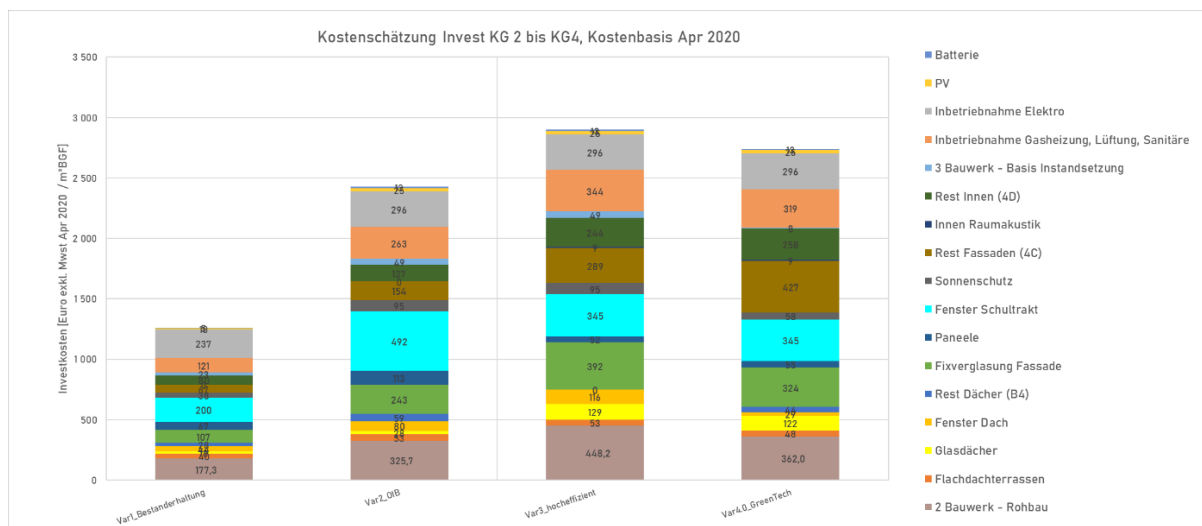


Abbildung 91: Spezifische Detail-Investkosten Preisbasis April 2020



Im Folgenden wird eine vereinfachte Gesamtkostenberechnung dargestellt in Anlehnung an die in den Zukunftsquartiersprojekten gemeinsam mit Bauträgern entwickelte „Bauträgerberechnung“ (im Detail siehe (Schöfmann et al 2020, Mair am Tinkhof et al 2022, Schöfmann et al 2022), diese entspricht einer reduzierten Lebenszykluskostenberechnung, da Restwerte über 30 Jahre nicht berücksichtigt werden, ebensowenig Abbruchkosten, Recyclingerlöse etc.).

Die hier durchgeführte Berechnung fokussiert auf Teilmengen und unterscheidet sich daher von einer vollständigen Lebenszykluskostenberechnung. Die folgenden Annahmen wurden getroffen:

- Der Betrachtungszeitraum sind 30 Jahre, es werden weder Restwerte noch Instandsetzungen in diesem Zeitraum angesetzt.
- Die Investitionskosten umfassen die Kostengruppen laut Kostenschätzung KPPK (d.h. ohne KG 5,7,8, Bezug April 2020) inkl. Ergänzungen für Bepflanzungen und grobe Anpassungen zu Komponenten, die in der adaptierten Kostenschätzung durch KPPK nicht enthalten sind wie Lüftungsanlage Schultrakt, Kühl/Akustikdecken Schultrakt, reduzierte Kosten Fenster Schultrakt (keine Schiebefenster) etc.
- Die Wartung wird nur für die Gebäudetechnik mit 1,5% angesetzt
- Die Energiekosten werden aus (Schöfmann et al 2022) entnommen und um 50% erhöht. Die Energiepreisteigerung entspricht genau der Inflationsrate (konservative Näherung).
- Pflanzenbetreuung näherungsweise
- CO<sub>2</sub> Steuer mit im Schnitt 100 Euro/t CO<sub>2</sub>e in den nächsten 30 Jahre

Es ergeben sich die folgenden Kennwerte, dargestellt Euro gesamt (Abbildung 92), Euro/m<sup>2</sup> BGF und 30 Jahre (Abbildung 93) und Euro/m<sup>2</sup>BGF a (Abbildung 94).

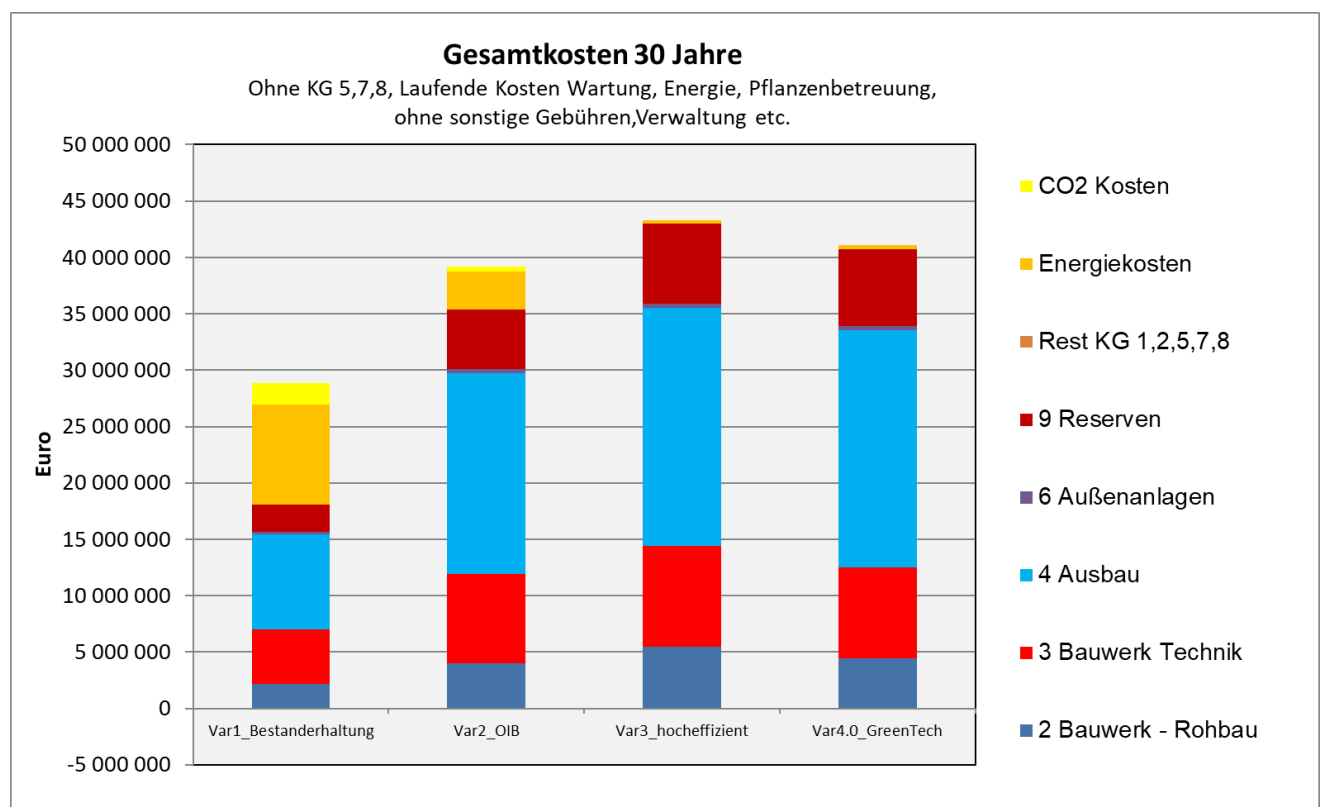


Abbildung 92: Gesamtkosten 30 Jahre

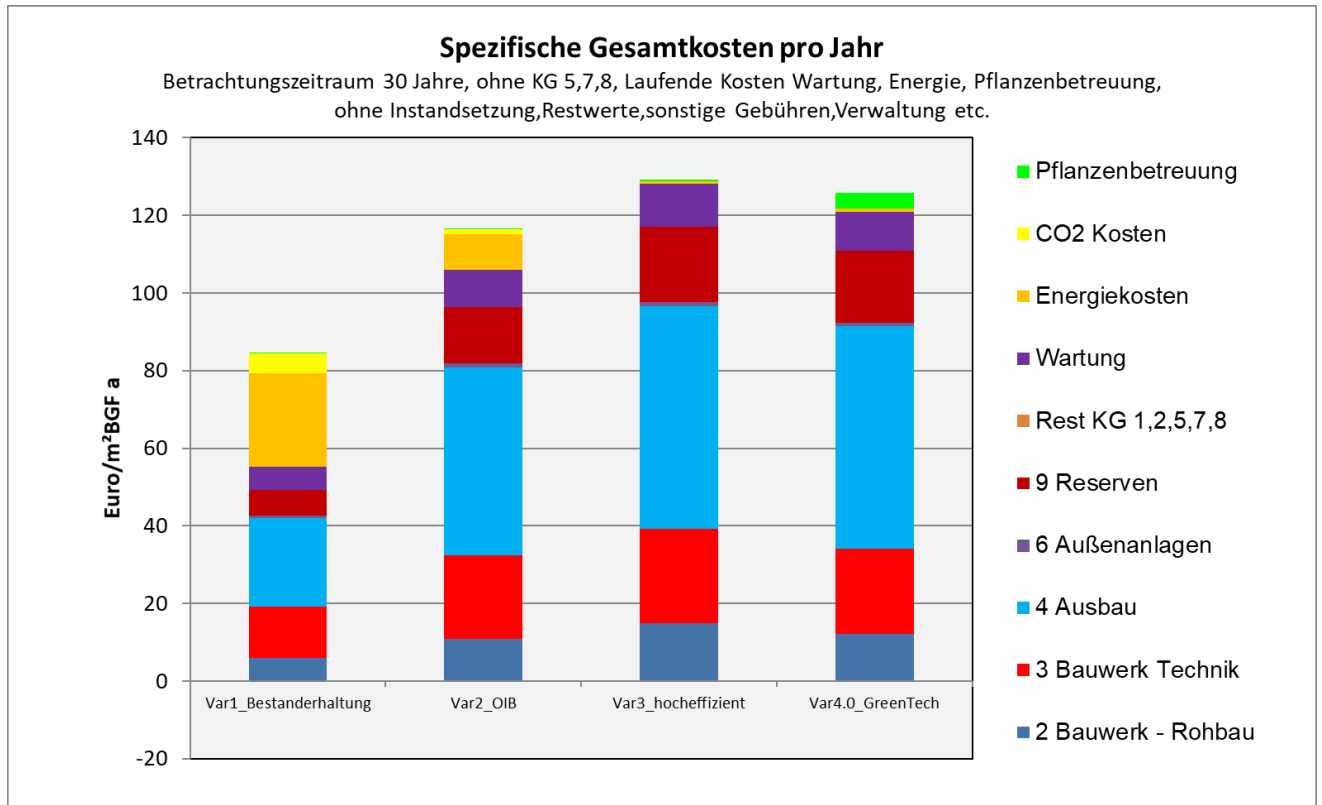


Abbildung 93: Spezifische Gesamtkosten pro Jahr

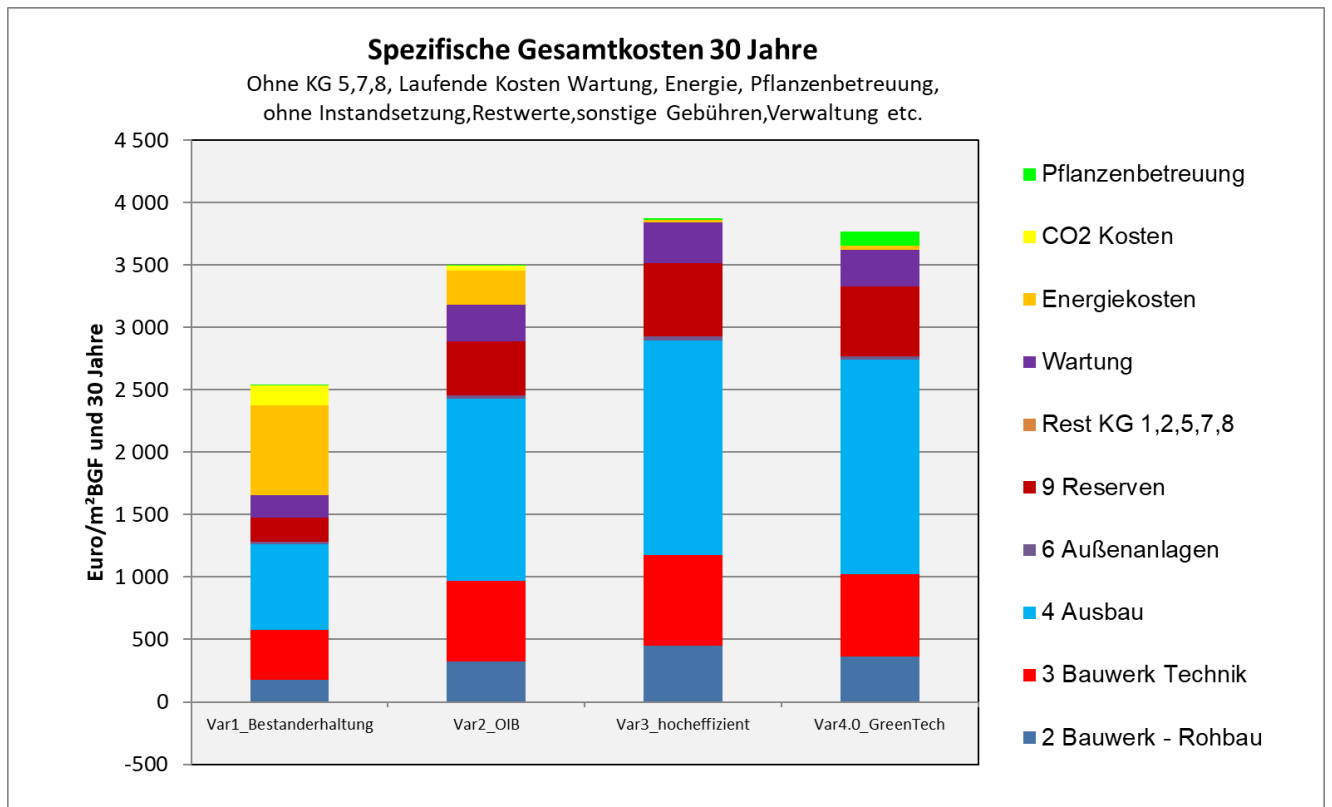


Abbildung 94: Spezifische Gesamtkosten 30 Jahre

Das Resümee war, dass die Kosten für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und für die Integration erneuerbarer Energie jedenfalls nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch sinnvoll sind. Die Vergleichsrechnungen der Energiesysteme und die Bewertung der Amortisationszeit wurden von KPPK mit R.O.S.E. (Reckoning of Sustainable Energy Systems) durchgeführt. Dabei wurde auf Basis der Eingangsdaten des Energiebedarfs ein Systemvergleich und ein Gesamtkostenvergleich vorgenommen. Die Berechnung der Amortisation/CO<sub>2</sub>-Reduktion mit R.O.S.E. ergab eine erstaunlich kurze Zeit für den ROI (Return of Investment) nach nur acht Jahren. (vgl. dazu *R.O.S.E Ergebnisse der Vergleichsrechnung Energiesysteme* im Anhang).

### **Soziologische Analyse und Evaluierung**

Die hohe Relevanz einer nutzer:innenzentrierten Planung im Gebäudebereich ist hinlänglich belegt, wobei für die erfolgreiche Gestaltung und Sanierung von energetisch-innovativen Gebäuden zentrale Faktoren für thermischen und allgemeinen Nutzer:innenkomfort von zentraler Bedeutung sind. Speziell bei Gebäuden mit hohem Identifikationswert für das umliegende Quartier bzw. Gebäuden, an deren Nutzung und (Weiter-)Verwendung mögliche heterogene Erwartungen bestehen, ist die Identifikation und Operationalisierung dieser Anforderungen zentral für eine nachhaltige Entwicklung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts *GreenTech-Renovation* wurden empirische Erhebungen unter den Bewohner:innen, Gewerbetreibenden und anderen Nutzer:innen des Quartiers im Rahmen einer teilstandardisierten Online-Umfrage durchgeführt. Ziel dieser Erhebungen war es, eine Bewertung zentraler Anforderungen für die Umsetzung möglicher (Nach-)Nutzungskonzepte zu ermöglichen und gleichzeitig Erfahrungswerte, die Bedeutung des Gebäudes für das Quartier und weitere qualitative Aspekte zu operationalisieren.

Die zentralen, übergeordneten Themen des Erhebungsprozesses waren dabei:

- Nutzungsideen
- Image des Gebäudes
- zukünftig nötige Gebäudeausstattung
- Potential für Partizipation und Beteiligung
- Informations- und Wissensstand zu Gebäude und Einsatzszenarien

Die Erhebungen unter Bewohner:innen des umliegenden Quartiers wurde unter Berücksichtigung der folgenden Themenfelder durchgeführt:



Abbildung 95: Themenfelder der Befragung

Die Ergebnisse aus 35 Interviews zeigen, dass die wichtigsten Wohnqualitätsfaktoren im Bezirk bzw. im unmittelbaren Grätzl die Naherholungsgebiete (in Gehweite) darstellen. Dies zeigt sich vor allem daran, dass die Verfügbarkeit von Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität, die Verfügbarkeit von Spielplätzen für Kinder und Sportflächen von hoher Bedeutung sind.

### Befragungsrunde #1

Die empirische Erhebung unter den Bewohner:innen des Umfelds (n=35) des Gebäudes zeigt, dass die wichtigsten Wohnqualitätsfaktoren im Bezirk bzw. im unmittelbaren Grätzl die Naherholungsgebiete (in Gehweite) darstellen.

Dementsprechend fallen auch die Ergebnisse der Befragung in Hinblick auf die möglichen Funktionen des Gebäudes aus. Die drei zentralen (Nach-)Nutzungsfunktionen aus Sicht der Befragungsteilnehmer:innen des Gebäudes sind:

- Gemeinschaftsaktivitäten (Begegnung, Urban Gardening, Co-Working),
- Sport- und Freizeitnutzung
- (Weiter-)Nutzung für Schulungen und Weiterbildungen

Dieses konsistente Bild setzt sich auch in Hinblick auf die Nutzung der Frei- und Grünflächen fort, mit der Nachfrage nach einem öffentlich zugänglichen Grün- und Erholungsraum an erster Stelle, gefolgt von der Möglichkeit, die Freiflächen für öffentliche und nachbarschaftliche Aktivitäten nutzen zu können.

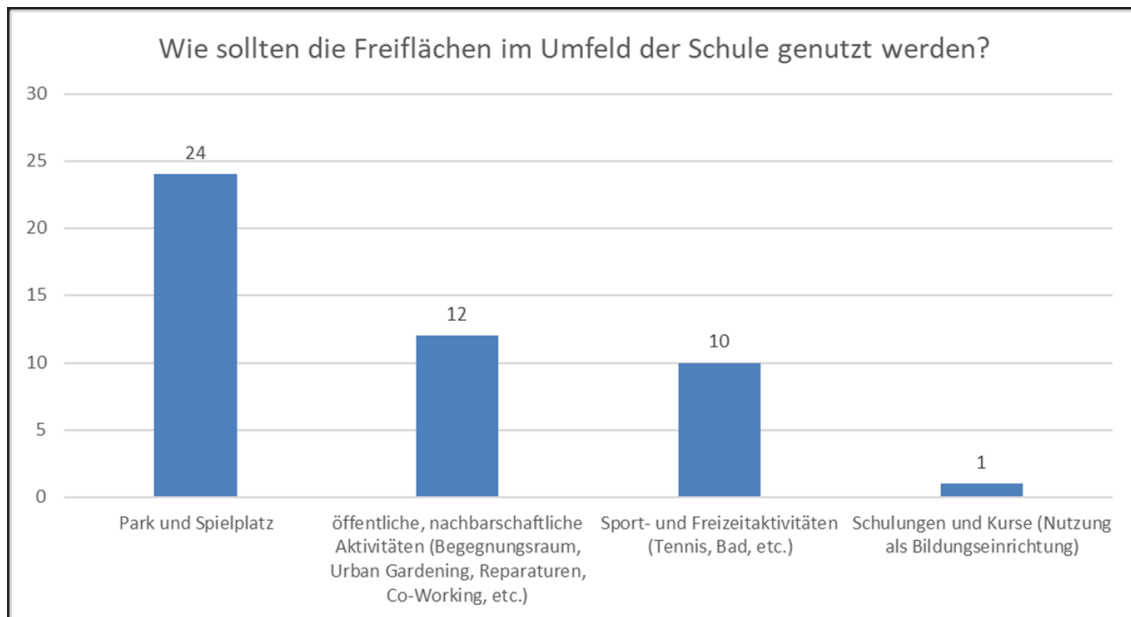


Abbildung 96: Ergebnisse der Befragung #1 zu Freiflächen

Die generelle Bereitschaft der Befragten in Hinblick auf die individuelle Beteiligung an gemeinschaftlichen und nachbarschaftlichen Aktivitäten ist hoch. Jeweils 14 Personen geben an, dass die individuelle Beteiligung (z.B. an Gemeinschaftsgärten) eine Funktion ist, die in der Nachnutzung berücksichtigt werden sollte.

Generell wird die Nutzung des Gebäudes vor allem für gemeinschaftliche Zwecke mit nachbarschaftlichem Bezug (Community-Building, freier Zugang) als Fläche mit hohem Potential unter den Befragungsteilnehmer:innen kommuniziert.

Trotz der generell am Grätzel positiv genannten, hohen Dichte an Naherholungsgebieten, ist der zentrale Bedarf hinsichtlich der möglichen Nachnutzung der Freiflächen, der von weiteren öffentlich begehbaren Grünanlagen offenbar hoch – die Erhaltung von Grünflächen wird hier explizit erwähnt. Auch in Bezug zu den Grünflächen stehen die gemeinschaftliche Nutzung und kollektive Betreuung durch nachbarschaftliche Initiativen im Vordergrund.

Daraus lassen sich zwei generelle Nachnutzungsszenarien ableiten, die in Abhängigkeit von Lokalität (Grünflächen, Außen- bzw. Innenflächen) und Nutzungsinteresse zwar variieren, aber auf Grund der Erkenntnisse aus den Befragungen eher komplementärer anstatt exklusiver Natur sind.

Szenario #1 sieht eindeutig die gemeinschaftliche Nutzung der Innenflächen für unterschiedliche soziale Aktivitäten vor, die nach Angaben der Teilnehmer:innen der Befragung ein breites Spektrum an Funktionen abdecken können:

- reiner Begegnungs- und Bewegungsraum
- Reparatur- und Tauschangebote,
- Urban Gardening, Urban-Farming-Projekte
- Kulturveranstaltungen, VHS-Kurse
- spielen, forschen, entdecken für Kinder und Jugendliche, Eltern und ältere Generationen

Der gemeinschaftliche Aspekt spielt in diesem Nutzungsszenario die vordringliche Zieldimension dar, die sich basierend auf den Antworten der Teilnehmer:innen auch durch ihren inklusiven (generationenübergreifenden, für alle zugänglichen) Charakter auszeichnet.

Szenario #2 fokussiert auf die Schaffung von Ausweichräumen und sieht Raum für Vereinsaktivitäten vor. Die sportliche Betätigung im Verein sowie die Nutzung von Innen- und Außenflächen für die unterschiedlichen, in der Umgebung ansässigen Vereine wird von den Teilnehmer:innen der Erhebung als zweitwichtigster Faktor genannt. Auch in diesem Zusammenhang wird der gemeinschaftliche und generationenübergreifende Aspekt (Kinder und Erwachsene) betont.

## **Befragungsrunde #2**

Ein weiterer relevanter Aspekt der Nutzer:innenperspektive im Projekt sollte durch die Erhebung von qualitativen Erfahrungswerten und Bewertungen der Interaktionsprozesse und Komfortfaktoren durch ehemalige Nutzer:innen des Gebäudes adressiert werden.

Trotz Problemen bei der Rekrutierung von Teilnehmer:innen konnten in der finalen Projektphase zwei Personen, aus dem Lehr- und Administrationspersonal sowie aus dem Facility Management im Rahmen von qualitativen, teilstrukturierten Face-to-Face-Interviews befragt werden. Das qualitative, offene Vorgehen wurde in der zweiten Befragungsrunde bewusst gewählt, da einerseits die Samplegröße sehr klein und die Repräsentativität damit entsprechend eingeschränkt ist, andererseits die Zielsetzung vor allem individuelle Erfahrungen berücksichtigt.

Die Gespräche fokussierten dabei in erster Linie auf Interaktions- und Nutzungsmuster bzw. auf mögliche Probleme, die dabei aufgetreten sind, aber auch auf positive Eigenschaften und Funktionen des Gebäudes. Darüber hinaus wurden einprägsame Erfahrungen und generelle Assoziationen abgefragt. Die zentralen Ergebnisse der beiden Gespräche werden im Folgenden anhand der zentralen Zieldimensionen zusammenfassend dargestellt und sollen die Aussagen der Teilnehmer:innen der Gespräche wiedergeben .

## **Generelle Assoziationen und Erfahrungen mit dem Schulgebäude**

Die Teilnehmer:innen der Gespräche gaben an, dass vor allem das heiße Raumklima in den oberen Gebäudebereichen während des Sommers sowie die Kälte im Winter als problematisch in Hinblick auf den thermischen Komfort wahrgenommen wurden. Eine weitere negative Assoziation betrifft die Häufigkeit, mit der Reparaturen nötig waren und die damit verbundenen Kosten.

In Hinblick auf das Platzangebot, speziell die Verfügbarkeit von Räumlichkeiten für die pädagogischen Teams, waren die Assoziationen positiv. Diese positive Bewertung betrifft nach Angaben der Gesprächsteilnehmer:innen auch die Begegnungsräume in der Aula des Gebäudes.

## **Einschätzung und Bewertung der Alltagstauglichkeit im Betrieb, bezogen sowohl auf die Innen- als auch die Außenflächen**

Im Bereich der Innenflächen wurden im Rahmen der Gespräche Erfahrungen in der Nutzung mit der Turnhalle, den Pausen- und Eingangsbereichen sowie den Klassenräumen adressiert.

Die Klassenräume, vor allem das Raumangebot, wurden von den Befragungsteilnehmer:innen als sehr positiv erlebt.

Im Bereich der Turnhalle stellten vor allem Probleme mit Wassereintritt bei widrigen Witterungsbedingungen (Wasser von unten, sowie Eintritt durch das Glasdach), die Befragten vor Herausforderungen im Hinblick auf Wartungen und Reparaturen.

Ein wiederkehrender Kritikpunkt im Bereich der Innenräume, der auch die Turnhalle betrifft, stellte der Hall durch die eingesetzten Materialien dar.

Dieser Kritikpunkt betrifft auch den Eingangsbereich bzw. die Aula des Gebäudes, bei dem das Lärmaufkommen als entsprechend negativ wahrgenommen wurde. Im Bereich der Aula wurde, nach Angaben der Befragten, auch der thermische Komfort aufgrund nicht dichter Türen und hohem Heizbedarf als nicht ideal eingeschätzt.

Im Bereich der Außenflächen gaben die Teilnehmer:innen an, dass die Terrassen, obwohl als Freiluftklassenzimmer konzipiert, in den späteren Jahren aus nicht angegebenen Gründen nicht mehr genutzt wurden. Die dort eingesetzten Materialien (Betonplatten) wiesen Risse auf, welche in weiterer Folge für Wasserschäden verantwortlich gemacht wurden.

Der Garten bzw. die übrigen Freiflächen wurden von den Befragten als positiv eingeschätzt und wurden von den Schüler:innen häufig genutzt.

### **Nutzungsmuster, Interaktion und Steuerung des Gebäudes**

Bei der Wartung und Nutzung des Gebäudes wurden nach den Aussagen der Teilnehmer:innen der Befragung vor allem Probleme im Hinblick auf die Reinigung angegeben. Die Erreichbarkeit der Glaselemente im Außen- sowie im Innenbereich stellt in diesem Zusammenhang erhebliche Herausforderungen dar.

Ein weiterer Kritikpunkt adressiert den bereits angeführten thermischen Komfort – hohe Heizkosten im Sommer bzw. Probleme beim Kühlen der Räumlichkeiten bei hohen Außentemperaturen im Sommer.

Allgemein zeigt sich im Rahmen der Gespräche mit den ehemaligen Nutzer:innen des Schulgebäudes, dass sowohl thermische Probleme (Winter kalt/Sommer heiß), sowie bauliche Probleme (Glasflächen/Wassereintritt), die größten Problemfelder darstellen. Ein weiterer eigentlicher Komfortbereich, der vor allem durch negative Erfahrungen adressiert wurde, war durch die hohe Lautstärke speziell in Räumen mit vielen Fenster- bzw. Glasflächen stark belastet.

In Hinblick auf das Raumangebot waren die Bewertungen der beiden Gesprächspartner:innen hingegen sehr positiv, nicht nur in Bezug auf die Innenbereiche des Gebäudes (Aula/Klassenräume/Begegnungszonen/Teambereiche), sondern darüber hinaus auch in Bezug auf die Außenbereiche (Terrassen).

Die Zufriedenheit der Vereine mit der Turnhalle entspricht den Ergebnissen der ersten Erhebungsphase, in der Vereine aus dem umliegenden Quartier bereits hohes Interesse an der Nutzung der Räumlichkeiten für Sport- und Vereinsaktivitäten angemeldet hatten.

#### 4.2.6. Conclusio und Übertragbarkeit (AP7)

##### Sanierungskonzept

Aufbauend auf alle vorherigen Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen wurde das **Heft 1 Sanierungskonzept der Schule am Kinkplatz, 1140 Wien** erarbeitet, das ein Konzept zur energetischen Sanierung für die ehemalige Schule am Kinkplatz darstellt. Hierfür wurden alle möglichen Maßnahmen, die im Laufe des Forschungsprojektes aufgekommen sind, bewertet und diese, die für gut erachtet werden, für die Sanierung ausgewählt. Dazu zählen u.a.:

- Rahmenbedingungen zur Sanierung (Konsens, Denkmalschutz, Brandschutz)
- energetische Maßnahmen (Integration von Photovoltaik, Erdwärmesonden)
- Begrünungsmaßnahmen (Fassade- und Dachbegrünung, Innenraumbegrünung und Vertical Farming)
- Entscheidungsbaum

##### Conclusio und Synthese

Neben den speziell für die Schule am Kinkplatz erarbeiteten Maßnahmen, werden in einer weiteren Broschüre **Heft 2 Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil** allgemeingültige Maßnahmen und Konzepte vorgestellt. Diese werden typologisch geordnet und bieten eine Handlungsanleitung für zukünftige Sanierungsprojekte, bei denen sowohl die gesamtheitliche Strategie als auch einzelne Maßnahmen übertragbar sind.



# 5. Ergebnisse

## **Projektergebnisse:**

### **Transdisziplinäre Arbeitsweise als Grundlage für die Transformation von linearer Wirtschaft zur Kreislaufwirtschaft**

Im Rahmen der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass die Arbeitsweise in den unterschiedlichen Disziplinen wesentlich interaktiver und intensiver erfolgte als vorhergesehen. Dies resultierte aus der Wechselwirkung und gegenseitigen Beeinflussung der einzelnen Themenkreise und der darin konzipierten Maßnahmen untereinander, die einen hohen Grad an Abstimmung erforderten. Diese Arbeitsweise wird durch die Berichte in den einzelnen Kapiteln nachvollziehbar und ist im Anhang Entscheidungsbaum anschaulich dargestellt, da sie für die komplexen Herausforderungen am Weg zur CO<sub>2</sub>-Neutralität geeignet ist und daher Standard werden sollte.

### **Innovatives Nutzungskonzept**

Wie unter 4.2.2. Sondierung Architektur (AP3) beschrieben, hat die Nutzung eines Gebäudes und die Zuordnung von entsprechenden Funktionen in den Gebäudezonen großen Einfluss auf den architektonischen Entwurf, auf den Energieverbrauch, den Komfort und die Nutzer:innenzufriedenheit. Daher erfolgte die Evaluierung unterschiedlicher Nutzungsszenarien im Team, vier davon wurden weiterverfolgt, deren Anforderungen an die Umsetzung erhoben und die dafür erforderlichen Maßnahmen geplant. Dies stellt eine qualifizierte Entscheidungsgrundlage für die Gebäudeeigentümer:in dar und sollte daher bei Nachnutzungskonzepten für leerstehende Gebäude zukünftig übernommen werden. Dadurch können unnötige bauliche Eingriffe vermieden und höhere Anfangsinvestitionen in energetische Sanierung, erneuerbare Energiequellen und nachhaltige, kreislauffähige Materialien gerechtfertigt werden.

### **Innovatives Energiekonzept**

Da ein nachhaltiges und zielgerichtetes Energiekonzept nicht unabhängig von der Gebäudenutzung und dem Grad der energetischen Sanierung entwickelt werden kann, trifft auch hierfür der Vorteil der gemeinsamen Entwicklung der Nutzungsszenarien und der baulichen Eingriffe zu. Es macht einen enormen Unterschied, ob in der großen, verglasten Halle Bewegung gemacht, ruhig gearbeitet oder Pflanzen angebaut werden. Auch die einzelnen Gebäudezonen haben sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen, da sie von hellen, großzügig verglasten Bereichen im Süden bis hin zu tief gelegenen, dunkleren Räumen im Norden reichen. Das Energiekonzept und die darauf aufbauende, technische Gebäudeausstattung (TGA) müssen auf diese Rahmenbedingungen reagieren. Im vorliegenden Ergebnisbericht kann diese Vorgangsweise nachvollzogen und auf andere Sanierungsprojekte übertragen werden, denn die großen Temperaturunterschiede zwischen unterschiedlichen solaren Ausrichtungen sind zwar in der Fachwelt bekannt, fließen bei Sanierungsprojekten aber zu selten in die Überlegungen ein, da in der Konzeptphase an der Planung gespart und auf Standardlösungen zurückgegriffen wird. Um die Klimaziele erreichen zu können, müssen alle Maßnahmen ergriffen werden, die den Ressourcenverbrauch senken und Gebäude CO<sub>2</sub>-neutral machen können. 80% des Gebäudebestands von 2050 existiert bereits 2022. Daher kann der

Beitrag der Immobilien- und Bauwirtschaft zur Erreichung der in der EU und Österreich gesetzten Ziele nur durch energieeffiziente Sanierungen erreicht werden. Die unterschiedlichen Maßnahmen des Energiekonzepts sind so zusammengefasst, dass sie nicht nur für das Demonstrationsprojekt anwendbar, sondern auch gesamtheitlich oder in Teilbereichen auf Folgeprojekte übertragbar sind.

### **Ökologische Betrachtung**

Am Beginn der ökologischen Analyse stand die simple Feststellung, dass die Nutzungsanpassung und entsprechende zukunftsfähige Sanierung des Gebäudes jeder anderen Handlungsoption ökologisch um Größenordnungen überlegen sind. Alle Sanierungsvarianten zeigten gegenüber Neubau und Abriss, eine Ersparnis von mindestens 70 % CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer Studie von (ARUP, 2020) mit bis zu 70 % Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen. Im Sinne des Klimaschutzes ist die Sanierung eines intakten Gebäudes wie der Schule am Kinkplatz dem Abriss und Neubau jedenfalls vorzuziehen.

Ein Abriss des Gebäudes würde zudem hohe Mengen an Abfällen generieren. Genauer untersucht wurde die Kreislauffähigkeit der Verglasungen, welche die Schule am Kinkplatz prägen und auch im Zuge der vorgeschlagenen Sanierungen anfallen würden. In der heutigen Entsorgungspraxis ist davon auszugehen, dass die Verglasungen gebrochen als Scherben gesammelt und einem Downcycling als Rohstoffe für die Produktion von Dämmstoffen oder Glasperlen unterworfen werden. Ein Recycling in der Flachglasproduktion oder eine Wiederverwendung von Glaselementen findet heute in Österreich praktisch nicht statt.

Die ökologischen Vorteile einer Wiederverwendung stehen außer Streit und wurden im Rahmen der Sondierung auch aufgezeigt. Die Zwei-Punkt-Halterung, mit der die Verglasungselemente an die dahinter liegende Stahlkonstruktion fixiert sind, ermöglichen grundsätzlich einen zerstörungsfreien Rückbau. Eine Wiederverwendung ist daher grundsätzlich möglich, erfordert aber hohe Eigeninitiative des Projektteams, ggf. mit innovativen Partner:innen wie den materialnomaden. Stehen keine Wieder- bzw. Weiterverwendungsmöglichkeiten der Gläser zur Verfügung ist ein closed-loop Recycling in der Flachglasproduktion anzustreben. Die ESG-Fraktion hat dafür sehr gute Voraussetzungen, bei der VSG-Fraktion müssen die Glasbestandteile von den Folienanteilen getrennt werden.

### **Einpassung in das Programm „Stadt der Zukunft“**

Der vorliegende Ergebnisbericht dokumentiert die Übereinstimmung der Ziele, Strategien, Konzepte und Maßnahmen von *GreenTech-Renovation* mit der thematischen Ausrichtung auf die Themenfelder 1. Digitales Planen und Bauen, 2. Plus-Energie-Quartiere und 3. Innovative Begrünungstechnologien.

#### **1. Digitales Planen und Bauen**

Um Gebäude in Zukunft kreislauffähig zu machen, müssen alle verwendeten Materialien sortenrein trennbar, rückbaubar verbaut und in einem Baubuch dokumentiert werden. Dafür ist BIM unverzichtbar. Ist dies bei größeren Neubauten öffentlicher Auftraggeber bereits bald Standard, gilt dies nicht für den Immobilienbestand. Hierbei stellen die fehlenden digitalen Grundlagen ein großes Hindernis dar, da gerade bei über 20 Jahre alten Bestandsbauten BIM noch nicht angewendet wurde. Bei Sanierungen müssen, um die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft einzuhalten, nachträglich BIM-Arbeitsmethoden angewendet werden. Dies stellt einen erheblichen Aufwand dar, den Auftraggeber:innen derzeit meist nicht bezahlen wollen, da der Mehrwert und die

Einsparungspotentiale noch nicht erkannt werden. Dafür liefert der Ergebnisbericht mit den integrierten Gebäudemodellen aus der Tragwerksplanung und der Energieplanung eine wertvolle Vorlage, da die Vorteile bei den zielgerichteten Maßnahmen erkennbar werden. Die Conclusio ist, dass die Erfassung aller Gebäudedaten in BIM auch bei Bestandsbauten eine unerlässliche Grundlage für die Sanierungsplanung bildet.

## **2. Plus-Energie-Quartiere**

Das Gebäude wird durch den hohen Anteil der PV und der günstigen solaren Ausrichtung im besten Fall die doppelte Menge an Strom erzeugen, als es Eigenbedarf hat, siehe AP 4, 4.2.3. Der Überschuss kann entweder ins Netz eingespeist, in Batteriespeicher gespeichert oder im Rahmen einer Energiegemeinschaft ins Quartier eingebracht werden und der Startpunkt für ein Plus-Energie-Quartier in Penzing werden.

## **3. Innovative Begrünungstechnologien**

Im vorliegenden Bericht spielen innovative Begrünungstechnologien eine wesentliche Rolle, da sie in unterschiedlichsten Weisen wirkungsvoll zum Einsatz kommen, siehe AP4, 4.2.4 Die Bauwerksbegrünung birgt bei *GreenTech-Renovation* sowohl außen als auch innen durch die kühlende Wirkung der Beschattung und die hohe Komfortsteigerung klimatische Vorteile. Die Innovation liegt im Anwendungsbereich verglaster Fassaden, wo es faktisch noch keine Referenzprojekte gibt, da Fassadenbegrünungen im Bestand generell selten und dann meist nur an Putzfassaden erfolgen. Die vielfältigen Konzepte reichen von PV-Dachgärten, PV-Lauben, intensiver Terrassenbegrünung vor den Glasfassaden, Rankgerüsten und Pflanzbalkonen auf den Glasfassaden vorgestellten Konstruktionen bis hin zu begrünten Parapeten und dem Einsatz von Algen. Die Dokumentation dieser Maßnahmen bietet eine wertvolle Richtlinie und Vorlage für den Einsatz von Begrünungstechnologien bei der zukünftigen energetischen Sanierung von Stahl-Glas-Fassaden von Verwaltungs- und Bildungsbauten der letzten 70 Jahre.

## **Beitrag des Projekts zu den strategischen Gesamtzielen des Programms**

### **1. Nachhaltiges Energiesystem**

Das Projekt leistet durch die Analyse und die Entwicklung von unterschiedlichen Szenarien, sowohl in der Gebäudenutzung als auch in der Intensität der Sanierung, und die jeweils daran angepassten nachhaltigen Energiesysteme einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Programmziele. Dies begründet sich durch den hohen Energieverbrauch gläserner Bauten der letzten 70 Jahre, die aufgrund der Klimaziele, der hohen Energiepreise und der EU-Taxonomie-Verordnung in den nächsten Jahren energetisch saniert werden müssen. Die Konzepte aus GreenTech-Innovation sind einzeln oder gesamtheitlich übertragbar.

### **2. Reduktion der Klimawirkung**

Die Bewahrung und Nachnutzung des Gebäudebestands ist der wertvollste Beitrag zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Gebäudesektor und der wichtigste Parameter für die Kreislaufwirtschaft. Somit zeigen die Lösungen für die Bewahrung, Nachnutzung und energetische Sanierung eines anspruchsvollen Gebäudes mit hohem Energieverbrauch auf, wie es allgemein funktionieren kann. Durch die Kombination aus Begrünungstechnologien mit gebäudeintegrierten PV und der Nutzung von Umweltwärme (Erdsonden) ergeben sich Multiplikatoreffekte. Das vorgeschlagene Energiekonzept

ermöglicht den CO<sub>2</sub>-neutralen Betrieb des Gebäudes und die Vernetzung im Rahmen einer Energiegemeinschaft.

### **3. Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit**

Durch die transdisziplinäre und integrale Arbeitsweise wurden komplexe und interdependente Prozesse entwickelt, die den Teilnehmer:innen des Teams aus den Fachbereichen Architektur, Energie, Tragwerkslehre und Begrünungstechnologien Wettbewerbsvorteile verschaffen. Die internationale Vernetzung im Rahmen des NEB-Antrags „ENHANCE“ reichte von Europa bis in die USA zur Harvard Graduate School of Design, wo ebenfalls ein architektonisch wertvolles Gebäude mit hohem Glasanteil zur Sanierung ansteht. Das Interesse war außerordentlich hoch und seitens der Expert:innen, z.B. Prof. Uta Pottgiesser, TU Delft, wurde die Dringlichkeit nach vorbildhaften Strategien und übertragbaren Lösungen bestätigt, da ihr Institut viele Anfragen von Immobilieneigentümer:innen und der Industrie erhält. Die Arbeitsweise von *GreenTech-Renovation* wird vom Team weiterentwickelt, einen Wettbewerbsvorteil generieren und nicht nur beim Demonstrationsprojekt, sondern auch bei Folgeprojekten angewandt werden.

### **4. Erhöhung der F&E-Qualität**

Die enge Kooperation von Forschungseinrichtungen, Hochschulen und praktizierenden sowie lehrenden Expert:innen führte zu Ergebnissen, die innovativ und gleichzeitig praxisnah sind. Vertreter:innen innovativer Firmen aus den Bereichen Glastechnologie, BIPV und Sanierung wurden ebenfalls konsultiert, um den Bezug zu neuen, in Entwicklung befindlichen Produkten herzustellen und nicht nur am Stand der Technik, sondern am Stand der Wissenschaft zu planen. Viele Bausteine des Sanierungskonzeptes sind sowohl gesamtheitlich als auch einzeln betrachtet innovativ und konnten nur durch das Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Partner:innen entwickelt werden.

## **Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse**

Die Dokumentation der Projektergebnisse wird ergänzend zum vorliegenden Abschlussbericht in zwei Heften, zwölf einzelnen Berichten und zwei weiteren Dokumenten thematisch geordnet im Anhang präsentiert. Nachfolgend werden die Hefte angeführt, die im Zuge von *GreenTech-Renovation*: „Energetische Sanierung von architektonisch wertvollen Gebäuden mit hohem Glasanteil“ entstanden sind:

### **Heft 1 - Sanierungskonzept für die ehemalige Schule am Kinkplatz, 1140 Wien**

Im Heft 1 werden die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen an der ehemaligen Schule am Kinkplatz und die hierfür notwendigen Rahmenbedingungen und Anforderungen beschrieben (vgl. dazu *Heft 1 Sanierungskonzept für die ehemalige Schule am Kinkplatz, 1140 Wien* im Anhang).

- Rahmenbedingungen und Anforderungen an das Bestandsobjekt
- energetische Maßnahmen
- Begrünungsmaßnahmen
- Entscheidungsbaum für die Maßnahmen der Schule am Kinkplatz

## **Heft 2 - Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil**

Das Heft 2 beinhaltet allgemeingültige Handlungsempfehlungen für energetische Sanierungen, die einen Wegweiser für Folgeprojekte darstellen sollen (vgl. dazu *Heft 2 Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil* im Anhang).

- Checkliste und Rahmenbedingungen für den Bestand
- energetische Maßnahmen
- Begrünungsmaßnahmen
- Entscheidungsbaum

### **Weitere Ergebnisse/Berichte**

- Sanierungs- und Verbesserungsmöglichkeiten von Glasflächen
- Architektonische Analyse der ehemaligen Schule am Kinkplatz
- Architecturally Valuable Glass Buildings 1970-2000, Comparative Analysis
- Ökologische Analyse, Kinkplatz 21, 1140 Wien
- Statischer Bericht, Kinkplatz 21, 1140 Wien
- Energieausweis Kinkplatz 21 V1
- Schall und Akustik Kinkplatz 21 V1
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V2
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V3
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V4
- Beratungsleistungen für ein Vertical Farming-Konzept
- R.O.S.E Ergebnisse der Vergleichsrechnung Energiesysteme
- One-Pager Thermische Sanierung. Vorteile am Beispiel GreenTech-Renovation
- TILLNER Silja, Alfred Willinger, GreenTech-Renovation, ISOCARP Research Paper, Wien 2022

# 6. Schlussfolgerungen

## Im Projekt gewonnene Erkenntnisse:

### Vorteile der zirkulären, transdisziplinären statt linearer Planung

Die inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit hat von Anfang an gezeigt, dass in der Gegenwart und Zukunft bei den anspruchsvollen Aufgaben im Zusammenhang mit der energetischen Gebäudesanierung nicht mehr linear, sondern zirkulär geplant werden muss. Das bedeutet eine Abkehr von gewohnten Methoden in der linearen Planung und Umsetzung von Sanierungsprojekten, bei denen zuerst Ziele gemäß allgemeingültigen Standards und Normen festgelegt werden, denen die Konzepte dann entsprechen müssen. Die Konsequenz ist meist ein überhöhter Eingriff in die Bausubstanz mit entsprechendem Aufwand im Ressourcenverbrauch. In der zirkulären Arbeitsweise erfolgt zuerst die ausführliche Analyse des Gebäudebestands, die Ziele für die Sanierung werden flexibel den Erkenntnissen angepasst, um den Aufwand, Materialeinsatz, Energieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu minimieren, den Einsatz erneuerbarer Energie zu maximieren und die Integrität des Gebäudebestands dabei bestmöglich zu bewahren. Dies ist bei *GreenTech-Renovation* erfolgt, indem die Maßnahmen aufbauend auf der ausführlichen Analyse stetig weiterentwickelt und Nutzungskonzepte in fünf Szenarien gedacht wurden. Das Energiekonzept mit der Verwendung erneuerbarer Energiequellen wurde in enger Abstimmung zwischen den Energieexpert:innen, Bauphysiker:innen, Begrünungsexpert:innen und Architekt:innen entwickelt, um sichtbare Maßnahmen an den geeigneten Stellen und mit den entsprechenden Methoden vorzusehen. Das Ergebnis ist ein Konzept, das unter Zusammenwirken aller Maßnahmen, d.h. der thermischen Sanierung und dem Einsatz erneuerbarer Energiequellen (PV und BIPV, Erdsonden), die CO<sub>2</sub>-Neutralität und das bilanzielle Plus in der Stromproduktion ein architektonisch wertvolles Gebäude mit ehemals hohem Energiebedarf und Komfortdefiziten zu einem Leuchtturmprojekt mit guter Nutzbarkeit und angenehmen Raumklima macht. Ein Aspekt der in Zukunft bei fortschreitender Klimaerwärmung für die Weiternutzbarkeit von Gebäuden entscheidend sein wird. Gerade bei Bildungsgebäuden ist es aufgrund der Vorbildwirkung und der Vielzahl an jungen Menschen, die hier ein- und ausgehen werden, umso wichtiger, zu zeigen, dass es Sinn macht, Gebäude hinsichtlich der Zielerreichung „Klimaneutralität“ weiter zu betreiben (Gegenpol zur Wegwerfgesellschaft), energetisch zu ertüchtigen und intensiv den Fossil-Switch hin zu erneuerbaren Energien zu forcieren. Das Resümee ist daher, dass diese Planungsweise Standard werden muss, um die Energiewende und die Erhöhung der Sanierungsrate von derzeit 1,5% auf mindestens 3% zu bewältigen. Die derzeit hohen Kosten für Energie, Material und Löhne sowie der Fachkräftemangel bestärken Sanierungsmethoden, die erhöhten Aufwand in der Analyse- und Konzeptphase betreiben und die reduzierten baulichen Maßnahmen gezielt und effektiv einsetzen. Das erfordert ein Umdenken in der derzeitigen Vergabe von Planungsleistungen, die eine lineare Arbeitsweise antizipieren und auf der Basis von Nettoherstellungskosten erfolgen, die in einem zu frühen Stadium geschätzt wurden.

### Innovation

Die Einbindung von Expert:innen und Forschungseinrichtungen aus den Bereichen der erneuerbaren Energie, Glastechnologie, PV und Gebäudeforschung ermöglichte den internationalen Austausch und das Kennenlernen von vergleichbaren Projekten in Europa, dort untersuchten und State-of-the-

Science-Lösungen, sowie von in Entwicklung befindlichen, neuen Technologien, die in der energetischen Sanierung gläserner Bauten zur Anwendung kommen könnten. Die Berücksichtigung von synergetischen Maßnahmen wie der Gebäudebegrünung ermöglicht eine weitere CO<sub>2</sub>-Reduktion, eine kostenneutrale Komforterrhöhung und die Unterstützung der Energieproduktion.

### **Bisherige und weitere Verwertung und Verbreitung der erarbeiteten Ergebnisse durch das Projektteam — Marktpotential**

Das Projektteam wird den Abschlussbericht der Gebäudeeigentümerin, der Stadt Wien, präsentieren. Der Bericht und die darin enthaltenen Maßnahmen zur energetischen Sanierung sind eine wertvolle Vorarbeit für vertiefende Planungen für die Sanierung der ehemaligen Schule Kinkplatz. Sie stellen weiters eine Leitlinie und Vorlage für die zukünftige Sanierung öffentlicher Verwaltungs- und Lehrgebäude dar.

Das Projektteam wird den Abschlussbericht der Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) übermitteln und präsentieren, da es bereits mehrere Gesprächsrunden mit der BIG als größter Gebäudeeigentümerin Österreichs gab und deren Portfolio viele vergleichbare Schul-, Büro- und Universitätsgebäude umfasst.

### **Die Projektergebnisse sind für folgende Zielgruppen relevant:**

Das Projektteam wird den Abschlussbericht privaten Immobilieneigentümer:innen mit entsprechendem Gebäudebestand präsentieren, da auch diese aufgrund der Taxonomie-Verordnung großen Handlungsbedarf bei der energetischen Sanierung ihrer Bürobauten haben. Diese Immobilieneigentümer:innen werden durch bestehende Netzwerke, Mitgliedschaften in entsprechenden Organisationen (ÖGNI, SalonReal etc.) als auch durch die aktive Teilnahme an Konferenzen erreicht. Bisher wurden die Ergebnisse bereits bei ff. Vorträgen, Konferenzen und Symposien präsentiert:

- Austrian Standards, Praxistag Bauwerksbegrünung, Wien 2022
- Willinger Alfred: GreenTech-Renovation. Energetische Sanierung von architektonisch wertvollen Gebäuden mit hohem Glasanteil, 2022
- 58th ISOCARP Congress Brüssel 2022  
Tillner Silja: GreenTech-Renovation. Energetische Sanierung von architektonisch wertvollen Gebäuden mit hohem Glasanteil, 2022
- Klimaneutrale Stadt - Von der Forschung in die Umsetzung, Wien 2022  
Tillner Silja: GreenTech-Renovation. Energetische Sanierung von architektonisch wertvollen Gebäuden mit hohem Glasanteil, 2022
- BauZ! Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen, Wien 2022
- Tillner, Silja: Revitalisierung von Gebäuden der Moderne mit großem Glasanteil und deren Wegbegleiter, 2022
- IL CONTRIBUTO DELLE DONNE NELL'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA: L'ESEMPIO AUSTRIACO, Mailand 2022
- Tillner Silja: Building in the Existing Fabric, 2022
- Donau-Universität Krems, Building Innovation, Krems 2022
- Tillner Silja, Alfred Willinger: Bauen im Bestand, Sanierungen, 2022

- Architekturzentrum Wien, Kurzstatements & Podiumsdiskussion, Die Schule am Kinkplatz. Eine unendliche Geschichte? Wien, 2022
- Tillner Silja: Kurzstatement, 2022
- Stadt der Zukunft, Themenworkshop, Wien 2022
- Tillner Silja: Gestalterisch Ansätze an das klimafitte Bauen und Sanieren, 2022

Die Präsentationen bei diesen Fachveranstaltungen ermöglichen die Informationsweitergabe an und Kontaktaufnahme zu Immobilieneigentümer:innen, privaten und gemeinnützigen Bauräger:innen und der öffentlichen Hand. Es wurde zur effizienten und schnellen Kommunikation ein One-Pager erstellt, der die Maßnahmen und deren Übertragbarkeit anschaulich darstellt (vgl. *dazu One-Pager Thermische Sanierung am Beispiel GreenTech-Renovation* im Anhang).

Die Publikation wird in Fachmedien und auf Konferenzen beworben. Die internationalen Kontakte, die durch das Forschungsprojekt und den darauf aufbauenden NEB-Antrag als Lighthouse „ENHANCE“ eingebunden waren, werden für die Dissemination genutzt, um weitere Projekte planen und umsetzen zu können. Es wird weiterhin aktiv versucht, das aktuell, Stand 20.10.22 erstgereehte und einzige verbliebene Nachrückerprojekt der EU, NEB, teamgeförderte zu bekommen.



# 7. Ausblick und Empfehlungen

Das Sondierungsprojekt *GreenTech-Renovation. Energetische Sanierung von architektonisch wertvollen Gebäuden mit hohem Glasanteil* zeigte zahlreiche weitere Forschungsfragen bzw. -themen auf, die in zukünftigen F&E-Projekten weiterbearbeitet werden sollten.

## **Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten**

Ergebnis der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit im GreenTech-Renovation-Team ist ein Konzept, das unter Zusammenwirken aller Maßnahmen, d.h. der thermischen Sanierung, dem Einsatz erneuerbarer Energiequellen (PV und BIPV, Erdsonden) die CO<sub>2</sub>-Neutralität und das bilanzielle Plus in der Stromproduktion ein architektonisch wertvolles Gebäude mit ehemals hohem Energiebedarf und Komfortdefiziten zu einem Leuchtturmprojekt mit guter Nutzbarkeit und angenehmen Raumklima macht. Diese inter- und transdisziplinäre Planungsweise muss in Zukunft Standard werden, um die Herausforderungen der Transformation der linearen Wirtschaft in eine Kreislaufwirtschaft und den Weg in die CO<sub>2</sub>-Neutralität zu bewältigen. Die derzeit hohen Kosten für Energie, Material und Löhne sowie der Fachkräftemangel bestärken Sanierungsmethoden, die erhöhten Aufwand in der Analyse- und Konzeptphase stecken und dadurch reduzierte bauliche Maßnahmen gezielt und effektiv einsetzen.

Ausgangspunkt der Sanierungskonzepte für die Schule am Kinkplatz war eine detaillierte Analyse potenzieller Funktionen und Nutzungskonzepte für die unterschiedlichen Gebäudezonen, wobei auch innovative Konzepte wie z.B. Vertical Farming für die Turnhalle in Betracht gezogen wurden. Das Energiekonzept und die darauf aufbauende, technische Gebäudeausstattung (TGA) reagieren auf diese Rahmenbedingungen. Im vorliegenden Ergebnisbericht kann diese Vorgangsweise nachvollzogen und auf andere Sanierungsprojekte übertragen werden, denn die großen Temperaturunterschiede zwischen unterschiedlichen solaren Ausrichtungen sind zwar in der Fachwelt bekannt, fließen bei Sanierungsprojekten aber zu selten in die Überlegungen ein, da in der Konzeptphase an der Planung gespart und auf Standardlösungen zurückgegriffen wird. Das Aufzeigen unterschiedlicher Nutzungskonzepte stellt zudem eine qualifizierte Entscheidungsgrundlage für die Gebäudeeigentümer:in dar und sollte bei Nachnutzungskonzepten für leerstehende Gebäude zukünftig übernommen werden. Dadurch werden unnötige bauliche Eingriffe vermieden und höhere Anfangsinvestitionen in energetische Sanierung, erneuerbare Energiequellen und nachhaltige, kreislauffähige Materialien gerechtfertigt.

Um die Klimaziele erreichen zu können, müssen alle Maßnahmen ergriffen werden, die den Ressourcenverbrauch senken und Gebäude CO<sub>2</sub>-neutral machen. 80% des Gebäudebestands von 2050 existiert bereits 2022. Daher kann der Beitrag der Immobilien- und Bauwirtschaft zur Erreichung der in der EU und Österreich gesetzten Ziele nur durch energieeffiziente Sanierungen erreicht werden. Die in GreenTech-Renovation erarbeiteten Lösungen für das Energiekonzept sind so zusammengefasst, dass sie nicht nur für das Demonstrationsprojekt anwendbar, sondern auch gesamtheitlich oder in Teilbereichen auf Folgeprojekte übertragbar sind. In den Varianten 3 und 4 kann bilanziell für den Gebäudebetrieb mehr Energie lokal gewonnen werden als verbraucht wird. Bei diesen Varianten liegt

auch der Energieautonomiegrad (jahresbilanzielle Energiebilanz) und der Energieautarkiegrad (Bilanz zu jeder Stunde) sehr hoch.

Am Beginn der ökologischen Analyse stand die simple Feststellung, dass die Nutzungsanpassung und entsprechende zukunftsfähige Sanierung des Gebäudes jeder anderen Handlungsoption ökologisch um Größenordnungen überlegen sind. Alle Sanierungsvarianten zeigten gegenüber Neubau und Abriss eine Ersparnis von mindestens 70 % CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Vor dem potenziellen Abbruch von Gebäuden sollte daher generell immer eine Untersuchung der Zweckmäßigkeit dieser Maßnahme und eine Abwägung zwischen den Optionen Abbruch und Neubau einerseits und Sanierung bzw. Umnutzung andererseits stehen.

Obwohl Glas grundsätzlich hervorragende Recyclingeigenschaften aufweist und diese Eigenschaft grundsätzlich auch Flachglas zugewiesen werden kann, zeigt die ökologische Analyse, dass Flachglasabbruch nur zu einem minimalen Prozentsatz einem closed-loop-Recycling zugeführt wird. Ein wichtiger Schritt für die Erhöhung der closed-loop-Recyclingquote wäre eine flächendeckende Getrenntsammlung von Flachglas, wie sie z.B. in den Niederlanden bereits eingeführt wurde. Eine Wiederverwendung von Glaselementen findet praktisch nicht statt.

Die Analyse zeigt somit starke Defizite in den österreichischen Rahmenbedingungen für die Kreislaufführung von Flachglas. Die Sanierung von Gebäuden mit einem hohen Verglasungsanteil wie der Schule am Kinkplatz würden eine gute Voraussetzung für ein entsprechendes Demonstrationsprojekt bieten.

Für die Berechnung der ökologischen Kennzahlen wurde der *baubook*-Bauteilrechner<sup>41</sup> verwendet. Im Bauteil-Rechner befinden sich vorgefertigte Beispielbauteile, mit deren Hilfe der Aufwand für die Eingabe eigener Bauteile deutlich reduziert werden kann. Ein weiteres *baubook*-Tool, das zur ökologischen Bewertung von Sanierungsvarianten herangezogen werden kann, ist der *baubook* Amortisations- und Wirtschaftlichkeitsrechner (WAR)<sup>42</sup>. In beiden Tools fehlen noch Beispielbauteile für Glasfassaden, im AWR-Tool auch Beispiele für die Fenstersanierung. Das vorliegende Forschungsprojekt hat aufgezeigt, dass auch für diese Bauelemente ein großer Bedarf an ökologischer Analyse besteht.

### **Fortführung des GreenTech-Renovation-Team**

Das gut eingearbeitete *GreenTech-Renovation*-Team wird, verstärkt durch das internationale Netzwerk, Folge-Forschungsanträge stellen und auch bei der Planung anderer Projekte das im Team erarbeitete Know-how einbringen. Ziel ist es, die im Rahmen von *GreenTech-Renovation* etablierte transdisziplinäre Arbeitsweise von einzelnen Demonstrationsprojekten auf einen großen Maßstab zu übertragen, um möglichst viele Bestandsgebäude nicht nur energetisch zu sanieren, sondern auch auf erneuerbare Energiequellen umzustellen. Das gebaute und kulturelle Erbe, repräsentiert durch den wertvollen Gebäudebestand, wird bei der *GreenTech-Renovation* Strategie immer respektvoll erhalten.

Zukünftige Teilnahmen an Fachkonferenzen mit Präsentationen sind bereits geplant: am 8.11.22 wird der Online Vortrag "Glasfassaden und Begrünung" bei Biotope City Foundation gehalten und dokumentiert, um weiter abrufbar zu bleiben. Am 14.11.22 erfolgt eine Präsentation zur Kreislaufwirtschaft in der Architecture Lounge im AZW, 22.11.22 an denen Stadträt:innen, Abteilungsleiter:innen der Stadt Wien sowie Bauträger:innen und Vertreter:innen aus der Industrie

---

<sup>41</sup> [www.baubook.at/btr](http://www.baubook.at/btr)

<sup>42</sup> [www.baubook.at/awr](http://www.baubook.at/awr)

und Fachwelt teilnehmen. Bei den SHEtech Days zur Circular Economy wird im Rahmen der Moderation ein kurzer Überblick gegeben und der Bericht referenziert. Die Präsentationen bei diesen Fachveranstaltungen ermöglichen die Information und Kontaktaufnahme zu Expert:innen und Kolleg:innen, Immobilieneigentümer:innen, privaten und gemeinnützigen Bauträger:innen und der öffentlichen Hand. Ein One-Pager zur effizienten Kommunikation, stellt die Maßnahmen und deren Übertragbarkeit anschaulich dar und dient der schnellen Dissemination der Inhalte.

Die Publikation wird in Fachmedien und auf Konferenzen beworben. Die internationalen Kontakte, die durch das Forschungsprojekt und den darauf aufbauenden NEB-Antrag als Lighthouse "ENHANCE" entstanden, werden für die Dissemination genutzt, um weitere Projekte planen und umsetzen zu können. Es wird weiterhin aktiv versucht, das aktuell, Stand 20.10.22 erstgereichte und einzige verbliebene Nachrücker Projekt von der EU, NEB-Team, gefördert zu bekommen. Parallel werden passende Ausschreibungen in der EU sondiert, um das Vorhaben in angepasster Form nochmals einreichen zu können.

So wurde auf Initiative des GreenTech-Teams und unter der Leitung von Architekten Tillner & Willinger 01/2022 ein gemeinsamer Antrag unter dem Namen „ENHANCE“ beim NEB-Lighthouse Call eingereicht, der sehr gut beurteilt und mit 13,5 Punkten förderwürdig eingestuft wurde und derzeit als 1. und einziger Nachrücker noch Chancen auf Förderung hat. Im Falle einer Förderzusage würden in Wien zwei Schulgebäude (Kinkplatz, Bruno-Kreisky-Schule), in Mailand das Hochschulgebäude der Architekturfakultät, in Amsterdam die Rietveld Art Academy und in Bozen das Forschungs- und Bürogebäude von EURAC, ein ENHANCE-Partner, als modellhafte Glasgebäude erforscht und übertragbare Lösungen entwickelt werden. Das bereits vorhandene Versuchslabor von EURAC, das „NEB Bauhaus Lab of the Mountains“ und ein im Rahmen von ENHANCE geplantes Experimentallabor am Nordwestbahnhof-Gelände, würden 1:1 Modellversuche neuer Glas- und PV-Technologien ermöglichen. Diese könnten einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich und die Anwendbarkeit dadurch bekannt gemacht werden. Durch die Beteiligung renommierter internationaler und nationaler Hochschulen (TU Wien, FH Technikum Wien, Politecnico di Milano, TU-Delft, Uni Coburg), der angewandten Forschungseinrichtungen EURAC und IBO sowie praktizierender Architekten mit Sanierungserfahrung (Wessel de Jonge, NL, Tillner & Willinger, A) wird die Dissemination in der Ausbildung von Architekten und Ingenieuren, in der Fachwelt, in der Bauherrschaft und der Bauindustrie gewährleistet und der Multiplikatoreffekt verstärkt.

### **Potenzial für Demonstrationsvorhaben - Chancen**

Die zum Zeitpunkt des Antrags getroffene Annahme, dass die energetische Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil ein dringend zu behandelndes Thema sein wird, wurde durch die enorm gestiegenen Energiekosten schneller als erwartet bestätigt. In Kombination mit den in der EU gesetzten Zielen zur CO<sub>2</sub>-Neutralität und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft wird die Vorgangsweise, den gebauten Bestand auch bei schwierigen Ausgangslagen für Sanierung und Nachnutzung zu bewahren, eindeutig bestätigt und bietet die Chance, Folgeprojekte planen zu können. Die Einbindung internationaler Expert:innen und Forschungseinrichtungen hat gezeigt, dass das Thema von *GreenTech-Renovation* auch international aktuell ist, und es vorbildhafter, übertragbarer Lösungen bedarf. Die Zeit bis zur CO<sub>2</sub>-Neutralität 2040 reicht nicht mehr, um zahlreiche maßgeschneiderte Sonderlösungen zu entwickeln. Es werden vielmehr replizierbare Lösungen, z.B. in Modulbauweise, zunehmend gefragt und es bedarf dafür geeigneter Muster und Bausteine. Die gestiegenen Material- und Energiekosten werden die generelle Anwendung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft beschleunigen. Daher können die in *GreenTech-Renovation* entwickelten, einzelnen, übertragbaren Maßnahmen auf unterschiedliche Fälle angewandt werden. Das dafür erforderliche internationale

Netzwerk zur Dissemination und Replikation entstand im Zuge der Forschungsarbeit und wird laufend weiter ausgebaut (vgl. dazu *One-Pager Thermische Sanierung. Vorteile am Beispiel GreenTech-Renovation* im Anhang).

Die Ergebnisse von *GreenTech-Renovation* werden der Stadt Wien und dem Bundesdenkmalamt präsentiert. Während der Dauer des Forschungsprojektes fanden bereits regelmäßige Zwischenpräsentationen bei der Baudirektion der Stadt Wien statt. Die Bundesimmobilienbehörde, (BIG), wurde ebenfalls eingebunden, um die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf deren Lehr- und Verwaltungsgebäude zu zeigen. Das Interesse und die Zustimmung der zuständigen Abteilungsleiter bei der BIG war groß und die Anwendbarkeit der Lösungen auf viele öffentliche Gebäude mit hohem Glasanteil wurde bewiesen.

Das größte Potenzial für das konkrete Projekt liegt darin, dass die im Rahmen von *GreenTech-Renovation* aufgezeigten Lösungen eine wertvolle Grundlage für nächste Schritte bilden und eine Sanierungsplanung erleichtern und beschleunigen können. Das Wichtigste ist die Abkehr vom Fokus auf Problemdefinitionen und stattdessen innovative, aber dennoch ökonomisch umsetzbare Strategien und Maßnahmen aufzuzeigen, die die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und das kulturelle Erbe berücksichtigen. Durch die Präsentation der Forschungsarbeit zum Demonstrationsprojekt fanden regelmäßige Gespräche mit Entscheidungsträger:innen statt und es konnten die Potenziale und Ressourcen des Gebäudes im Bereich der erneuerbaren Energiequellen anschaulich mit Berechnungen vermittelt werden.

Der EEEF, European Energy Efficiency Fund, hat Interesse bekundet, in einem Contracting Modell die Investitionen in die Energieeffizienz und die Erschließung der erneuerbaren Energiequellen (PV, Erdsonden) zu übernehmen und über den Stromverkauf retour zu bekommen.

### **Allgemeine Herausforderungen rechtlicher Natur**

Dennoch gibt es Hürden für die Umsetzung, die aber nicht bautechnischer, sondern rechtlicher Natur sind. Die BIG müsste als Gebäudeeigentümerin die Maßnahmen zur Energieeffizienz und für erneuerbare Energien umsetzen und finanzieren, wäre aber an die Zustimmung der Mieter:innen gebunden. Das ungelöste Problem der Kostenüberwälzung (Investition 100% bei der Eigentümerin, 100% Nutzen 100% beim Mieter) stellt ein großes Hindernis dar. Seit etwa zwei Jahren wird nach einer juristisch tragbaren Lösung gesucht, dafür sind sowohl das Justiz- als auch das BMK, Umweltministerium, erforderlich. Die Empfehlung lautet, eine rasche Überwindung des Hindernisses herbeizuführen, um der größten Gebäudeeigentümerin Österreichs zu ermöglichen, einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten.

Dieses rechtliche Problem betrifft alle Eigentümer:innen /Mieter:innen Konstellationen in Österreich und muss daher auf Bundesebene im Justizministerium gelöst werden, da sie Eingriffe in das Mietrecht erfordert. In Wien ist aktuell ein "Duldungsrecht" in Ausarbeitung, das zukünftig verhindern soll, dass einzelne Mieter:innen energetische Sanierungen jahrelang blockieren können.

### **Risiken**

Das Risiko besteht, dass diese rechtlichen Probleme nicht rasch genug gelöst werden können und wertvolle Zeit verloren geht.

## **Herausforderungen / Risiken bei der Realisierung des Demonstrationsvorhabens**

Die Herausforderung für die Realisierung liegt in mehreren Bereichen:

1. Die leerstehende Schule verfügt derzeit über keine Nutzung und der Gebäudezustand verschlechtert sich laufend. Es muss nicht nur eine tragfähige Nutzung gefunden, sondern auch die Entscheidung getroffen werden, diese umzusetzen. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Lösungen aufgezeigt, aber solange keine Nachnutzung feststeht, fehlt die Bereitschaft in die Sanierung zu investieren.
2. Der Wassereintritt im Keller, bedingt durch die ausgeschalteten Sumpfpumpen und die klimabedingten Starkregenereignisse vergrößert die Schäden.

# 8. Verzeichnisse

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss von vertikalen und horizontalen Fassadenbegrünungen auf die solaren Wärmegevinne (Quelle: Pfoser N., 2013) .....	14
Abbildung 2: Dreifachturnhalle, Foto: Mischa Erben .....	17
Abbildung 3: Schule am Kinkplatz bei Nacht, Foto: Mischa Erben.....	17
Abbildung 4: Pausenhalle, Foto: Manfred Seidl .....	18
Abbildung 5: zentraler Verbindungsgang, Foto: Manfred Seidl, Mischa Erben .....	18
Abbildung 6: Luftbild von Süden, Stadt Wien Stadtvermessung .....	19
Abbildung 7: Materialflüsse in Österreich basierend auf Jacobi et al (2018) .....	27
Abbildung 8: Darstellung Arbeitspaket 2 Potentialanalyse.....	31
Abbildung 9: Analyse des urbanen Kontextes, 1140 Wien .....	33
Abbildung 10: Aufnahme Schulgebäude (c) Isabella Maboe, architektur aktuell.....	36
Abbildung 11: Aufnahme Innenhof terrassiert und Fassaden Klassentrakte, Februar 2021 .....	37
Abbildung 12: Aufnahme Fassade Klassentrakt, Februar 2021.....	38
Abbildung 13: Aufnahme Traufe Aula und Turnhalle, (c) unbekannt .....	39
Abbildung 14: Architektonische Analyse, Schule am Kinkplatz.....	43
Abbildung 15: Darstellung Arbeitspaket 3 Architektur .....	45
Abbildung 16: Merkblatt 27, Bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Juli 2011.....	48
Abbildung 17: Waldfläche CO <sub>2</sub> -äquivalent (ha) für Bestandsalter von 50 Jahren.....	48
Abbildung 19: Luftbild Schule am Kinkplatz, Google-Maps; eigene Farbanpassung .....	49
Abbildung 18: Kurpark Oberlaa, Stadt Wien; Plan Kurpark Oberlaa; eigene Farbanpassung) .....	49
Abbildung 20: Benötigte Waldfläche im Vergleich mit Wiener Gemeindebezirken .....	50
Abbildung 21: Verbesserung der Wegeführung und Freiraumanbindung.....	52
Abbildung 22: Methodik laut Zukunftsquartier .....	55
Abbildung 23: Darstellung der Randbedingungen bezüglich Allokation nationale Klimaziele zu Zielwerten in Quartieren und Gebäuden (Abbildung aus Schneider et al 2022).....	56
Abbildung 24: Verortung und Maßnahmen Klassenzimmer .....	57
Abbildung 25: Nachhallzeit gemäß ÖNORM B 8115-3 für Klassenzimmer .....	57
Abbildung 26: Vorsatzschale Klassenzimmer .....	58
Abbildung 27: Verortung und Maßnahmen Turnhalle.....	58
Abbildung 28: Maßnahmen in der Turnhalle (Schnitt).....	59
Abbildung 29: Schallabsorptionsgrad gemäß ÖNORM B 8115-3 bzw. OIB Richtlinie 5 Turnhalle.....	59
Abbildung 30: Umidus-Messsystem .....	60
Abbildung 31: Umidus-Messsystem Messergebnis.....	60
Abbildung 32: Jahresverlauf der Außentemperatur und der Innentemperatur in der Aula.....	61
Abbildung 33: Temperatur innen vs. außen während Hitzewelle 18.9.2022-25.7.2022 .....	61
Abbildung 34: adaptives thermisches Komfortmodell der ÖNORM 16798-1.....	62
Abbildung 35: Komfortmodell .....	63
Abbildung 36: Temperaturmessung Galerie Verbindungsgang innen vs. außen 06/21-08/22 .....	63
Abbildung 37: Energiekonzept für das Demonstrationsobjekt .....	64

Abbildung 38: Grafische Übersicht neues klimafittes Energiekonzept .....	65
Abbildung 39: Kombination aus extensiver Dachbegrünung und PV-Anlage (Quelle: Optigrün international AG) .....	71
Abbildung 40: Solargründach Thun (C) GRÜNSTATTGRAU .....	72
Abbildung 41: Solargründach Kindergarten Bad Vöslau (C) GRÜNSTATTGRAU.....	72
Abbildung 42: Projekt der Umwelt Arena Schweiz (Zusammenarbeit mit René Schmid Architekten AG. Fotograf: Beat Bühler) .....	73
Abbildung 43: Projekt der Umwelt Arena Schweiz (Zusammenarbeit mit René Schmid Architekten AG. Bild: Marcel Rickli) .....	74
Abbildung 44: Ed. Züblin AG, Foto Tom Phillippi.....	74
Abbildung 45: WKO Tirol (Ertex Solar) .....	75
Abbildung 46: PV-Dachgarten (Irene Zluwa, BOKU)   Abbildung 47: Pergolen mit integrierter PV .....	75
Abbildung 48: Solarer Parkplatz Teesdorf (Foto: Alexander Erber) .....	75
Abbildung 49: AT-The Brain (Ertex Solar).....	75
Abbildung 50: PV-Glasdach in einem Dachgarten auf der BOKU, die unterschiedliche Intensität der Perforation veranschaulicht die Abschwächung der Kontraste im Schattenwurf bei mehr Perforation .....	76
Abbildung 52: semitransparente Module .....	77
Abbildung 51: perforierte und Standardmodule.....	77
Abbildung 53: Dünnschichtsolarzelle .....	77
Abbildung 54: Verschiedene Beispiele für leichte, flexible PV-Module verschiedener Hersteller. (von links nach rechts: MiaSolé, HyET Solar, DAS Energie, Kameleon Solar).....	78
Abbildung 55: Photovoltaikflächen am Demonstrationsobjekt.....	82
Abbildung 56: Variante 5: Maxi-Variante .....	83
Abbildung 57: Detail der Fassade des östlichen Traktes .....	83
Abbildung 58: Gegenüberstellung erzielende PV-Erträge nach Anbringungsort.....	84
Abbildung 59: beispielhafte Darstellung Erdwärmesonden-Auslegung (Obergasser, 2022).....	85
Abbildung 60: Gegenüberstellung Endenergieverbrauch mit Endenergiebedarf Simulation für das Bestandsgebäude .....	88
Abbildung 61: Gegenüberstellung Heiz- und Warmwasserbedarf der Varianten .....	89
Abbildung 62: Endenergiebedarf und -deckung der 4 Varianten. Var2 mit PV-Variante 1 (Flachdach), Var3 mit PV-Variante 5 (Maxi) und Var4.0_GreenTech mit PV-Variante 4 ( <i>GreenTech-Renovation Variante</i> ). Die Nutzung des Erdspeichers für Heizen und Kühlen ist nicht dargestellt. ....	90
Abbildung 63: Darstellung relevanter Kennzahlen zur Nutzung von lokal gewonnenem PV-Strom ....	91
Abbildung 64: Monatssummen der Deckung von elektrischem Strom aus der Simulation von Var4.0_GreenTech.....	92
Abbildung 65: Elektrische Leistung im Februar mit den entsprechenden Deckungsanteilen .....	93
Abbildung 66: Summen der Treibhausgasemissionen für die Var4.0_GreenTech (Monatliche Konversionsfaktoren auf Basis OIB-RL 6 2019) auf Monatsbasis .....	93
Abbildung 67: Akkumulierte monatliche Treibhausgasbilanzen für den Betrieb des Gebäudes.....	94
Abbildung 68: Akkumulierte monatliche Bilanzen des erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für den Betrieb des Gebäudes. Primärenergiefluss in das System wird negativ, Exporte positiv dargestellt. ....	95
Abbildung 69: Endenergiebilanzen für Gebäudebetrieb (PEQ Alfa) und motorisierte private Alltagsmobilität (MIV, Systemgrenze PEQ Beta). Anteil Elektromobilität 70%, Details siehe (Schneider 2022).....	96

Abbildung 70: Akkumulierte monatliche Treibhausgasbilanzen für den Betrieb des Gebäudes und die motorisierte private Alltagsmobilität. ....	97
Abbildung 71: Akkumulierte monatliche Bilanzen des erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für den Betrieb des Gebäudes und die motorisierte private Alltagsmobilität. Primärenergiefluss in das System wird negativ, Exporte positiv dargestellt. ....	97
Abbildung 72: Ergebnisse der thermischen Simulationen der TU Wien, dokumentiert in (Krec 2009, Bezug zu bauphysikalischer Begleitung 1993 bis 1994) .....	98
Abbildung 73: Bewertung der Behaglichkeit für Variante 4 GreenTech im Vergleich zur (instandgesetzten) Bestandsvariante.....	99
Abbildung 74: Endenergiedeckung unterschiedliche Varianten der Nutzungen .....	100
Abbildung 75: Endenergiedeckung für unterschiedliche Varianten der Nutzungen .....	101
Abbildung 76: Ansichten zur Schule in der Heustadelgasse 4.....	102
Abbildung 77: Darstellung Energieverbrauch Heustadelschule 2018 bis 2020 und Ergebnisse Simulation (Standardwerte laut ZQ Ansatz). Es wurde keine Klima- und Nutzungsvereinbarung durchgeführt. Solarthermieertrag wurde aus Kenndaten Energieausweis abgeschätzt, PV-Anlage..	103
Abbildung 78: PV-Belegung maximierend.....	104
Abbildung 79: Abgestimmtes Gesamt PV-Gesamtkonzept.....	105
Abbildung 80: Ertrag elektrische Energie PV Varianten .....	105
Abbildung 81: Dynamische Ergebnisse über das Jahr .....	106
Abbildung 82: Endenergieergebnisse für die 4 untersuchten Varianten.....	106
Abbildung 83: Deckung Endenergie elektrisch.....	107
Abbildung 84: Monatliche Summen aus den dynamischen Ergebnissen ohne und mit WindPeakShaving (verstärkte Nutzung bei Windkraftspitzen, siehe (Schöfmann et al 2022)). Unten Deckung und flexible Nutzung PV-Strom im Hochwinter (Februar). ....	107
Abbildung 85: Begrünungskonzept für das Demonstrationsobjekt .....	108
Abbildung 86: Kinkplatz Ökobilanz BG1 .....	114
Abbildung 87: Kinkplatz, Ökobilanz BG1 .....	115
Abbildung 88: closed-loop Ansatz .....	118
Abbildung 89: Investkosten Preisbasis April 2020 .....	119
Abbildung 90: Detail-Investkosten Preisbasis April 2020.....	120
Abbildung 91: Spezifische Detail-Investkosten Preisbasis April 2020 .....	120
Abbildung 92: Gesamtkosten 30 Jahre.....	121
Abbildung 93: Spezifische Gesamtkosten pro Jahr .....	122
Abbildung 94: Spezifische Gesamtkosten 30 Jahre .....	122
Abbildung 95: Themenfelder der Befragung.....	124
Abbildung 96: Ergebnisse der Befragung #1 zu Freiflächen.....	125

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kurzinformationen zur Schule am Kinkplatz.....	17
Tabelle 2: Architektonische Merkmale und Qualitäten der Schule am Kinkplatz.....	43
Tabelle 3: Kenngrößen für den durchschnittlichen österreichischen Wald.....	49
Tabelle 4: Mögliche Nutzungen.....	52
Tabelle 5: Aufbauten Bestand bzw. Variante 1 .....	68



Tabelle 6: Aufbauten Variante 2 (Sanierung nach Mindestanforderungen von OIB-RL 6) .....	69
Tabelle 7: Aufbauten Variante 3 (Klimafitte Sanierung, entspricht näherungsweise dem Passivhaus-Standard) .....	70
Tabelle 8: U-Werte der Bauteile.....	71
Tabelle 9: Variante 1: Standarddach Ost- West Aufständigung .....	80
Tabelle 10: Variante 2: Standarddach + Glasdach.....	80
Tabelle 11: Variante 2b: Standard-Dach + PV-Streifen .....	81
Tabelle 12: Variante 3: Variante 2 + Fassade .....	81
Tabelle 13: Variante 4: Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen.....	82
Tabelle 14: Variante 5: Maxi-Variante 2 + Variante 3 + 2 PV-Pergolen .....	84
Tabelle 15: Maßnahmenkatalog.....	88
Tabelle 16: Vergleich Strukturdaten Schule Heustadelgasse 4 mit Schule am Kinkplatz.....	103
Tabelle 17: Erzielbare Einsparung ESG und VSG .....	117

## Literaturverzeichnis

Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decrease in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43 (2008) 480- 493

ARUP; 2020; Transform & Reuse: Low-Carbon Futures for Existing Buildings; URL: <https://www.arup.com/perspectives/publications/promotional-materials/section/transform-and-resuse-low-carbon-futures-for-existing-buildings>

Baubook, URL: <https://www.baubook.info/de>, (abgerufen am 25.10.2022, 16:28)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, energetisches sanieren gestalten Leitfaden. Baubestand nachhaltig, weiterentwickeln, URL: [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-energetischen-sanieren-gestalten.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-energetischen-sanieren-gestalten.pdf?__blob=publicationFile&v=3), (abgerufen am 25.10.2022, 16:22)

C. Kresser, E. Schriefl, H. Schöberl, I. Mühlbauer, S. Formanek, B. Scharf, G. Frühwirth, 2021, Integration von Begrünung in den österreichischen Energieausweis URL: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz\\_pdf/schriftenreihe-2021-43-GREENergieausweis.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2021-43-GREENergieausweis.pdf) (abgerufen am 28.10.2022)

Dr. Bernhard Scharf, World Green Roof Congress, 19-20 September 2012, Copenhagen

Enzi, V. et al., 2021, Green Market Report: Bauwerksbegrünung in Österreich, Zahlen, Daten, Märkte.

Europäische Kommission, Im Blickpunkt – Energieeffizienz von Gebäuden, URL: [https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17\\_de](https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_de) (abgerufen am 21.11.2022, 13:40)

European Union, New European Bauhaus, beautiful | sustainable | together, URL: [New European Bauhaus: beautiful, sustainable, together. \(europa.eu\)](https://european-council.europa.eu/media/e300042c-1230-4f24-9f54-4183c5000000/asset/document/20211116_10122021_001_en.pdf), (abgerufen am 24.10.2022, 14:20)

FFG, Horizon Europe, URL: <https://www.ffg.at/Europa/Horizon-Europe>, (abgerufen am 24.10.2022, 13:36)

Guiseppe, E., D’Orazio, 2013, Assessment of the effectiveness of cool and green roofs for the mitigation of the Heat Island effect and for the improvement of thermal comfort in Nearly Zero Energy Building, <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.966050>, 134-143 (abgerufen am 28.10.2022)

Gossauer, E., Wagner, A., 2008, Nutzerzufriedenheit und Komfort am Arbeitsplatz–Ergebnisse einer Feldstudie in Bürogebäuden. *Bauphysik*, Band 30, Nummer 6

GrünStadtGrau, Austrian Green Market Report, URL: <https://gruenstattgrau.at/news-greenmarketreport/>, (abgerufen am 27.10.2022, 16:22)

GrünStadtGrau, FAQ, URL: <https://gruenstattgrau.at/urban-greening/faq/>, (abgerufen am 27.10.2022, 16:20)

GrünStadtGrau, Institut für Physik Humboldt Universität zu Berlin, URL [Institut für Physik Humboldt Universität zu Berlin - GRÜNSTATTGRAU \(gruenstattgrau.at\)](https://www.gruenstattgrau.at), (abgerufen am 20.10.2022, 16:42)

GrünStadtGrau, Medienkit, URL: <https://workdrive.zoho.eu/folder/3kpiy5a5919c6331d49edb210c1c0ec8e2179>, (abgerufen am 27.10.2022, 16:19)

Im Grätzl, Penzing, Raumteiler, URL: <https://www.imgraetzl.at/penzing/raumteiler>, ( abgerufen am 25.10.2022, 16:20)

ÖNORM L1131:2010: Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken

PASEK David 2011, Die Glasschule am Kinkplatz, URL: <https://www.pasek.at/architekturtheorie-detail/die-glasschule-am-kinkeplatz.html>, (zuletzt abgerufen am 18.10.2021)

Researchgate, Gebäudebegrünung und Klimawandel - Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung,  
URL:[https://www.researchgate.net/publication/322538902\\_Gebäudebegrünung\\_und\\_Klimawandel\\_-\\_Anpassung\\_an\\_die\\_Folgen\\_des\\_Klimawandels\\_durch\\_klimawandeltaugliche\\_Begrünung](https://www.researchgate.net/publication/322538902_Gebäudebegrünung_und_Klimawandel_-_Anpassung_an_die_Folgen_des_Klimawandels_durch_klimawandeltaugliche_Begrünung),  
(abgerufen am 28.10.2022, 09:24)

Rose, Sack, Nothacker, Gassman, Recycling von Flachglas im Bauwesen – Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen (ift Rosenheim, Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung F 3203, Fraunhofer IRB Verlag, 2020)

Schakib-Ekbatan, K., Wagner, A., Lützkendorf, T., 2012, Bewertung von Aspekten der soziokulturellen Nachhaltigkeit im laufenden Gebäudebetrieb auf der Basis von Nutzerbefragungen: Abschlussbericht. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie

Scharf, B., 2012, World Green Roof Congress, 19-20 September 2012, Copenhagen

Schmidt, M: Fassadenbegrünung zur Primärenergieeinsparung durch innovative Gebäudeverschattung und -kühlung in: 7. FBB-Symposium Fassadenbegrünung 2014 - Vortragsreihe zu Themen der Fassadenbegrünung, 2014

Schöfmann P., Zelger T., Bartlmä N., Schneider S., Leibold J., Bell D., Zukunftsquartier Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien, URL: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz\\_pdf/schriftenreihe-2020-11-zukunftsquartier.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2020-11-zukunftsquartier.pdf) (abgerufen am 27.10.2022, 17:36)

Schöfmann P., Forstinger V., Zelger T., Schneider S., Leibold J., Bell D., Schindler M., Mlinaric I., Hackl L., Wimmer W., Holzer P., Weißböck L.: Zukunftsquartier 2.0 - Replizierbare, thermisch und elektrisch netzdienliche Konzeption von (Plus-Energie) Quartieren im dichten urbanen Kontext. Publikation erscheint in Kürze im Rahmen von Stadt der Zukunft, [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at), Wien 2022

Schneider S., Zelger T., Drexel R., Sengl D., Schindler M., Leibold J.: Whitepaper - Plus-Energie-Quartier -Definition und Operationalisierung. Publikation erscheint in Kürze im Rahmen von Stadt der Zukunft, [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at), Wien 2022

Schulze, E., Wilbrandt, A., Dietel, K., Oesterreich, D., 2013, Sozialwissenschaftliches Monitoring des „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität “. Berliner Institut für Sozialforschung GmbH

Stadt Köln, Glänzende Aussichten? - Informationen zum Vogelschlag, URL:[Glänzende Aussichten? - Informationen zum Vogelschlag - Stadt Köln \(stadt-koeln.de\)](http://www.stadt-koeln.de), (abgerufen am 20.10.2022, 16:37)

Stadt Wien, Penzing in Zahlen - Statistiken, URL:  
<https://www.wien.gv.at/statistik/bezirke/penzing.html>, (abgerufen am 22.10.22, 11:34)

Stadt Wien, Wien Umweltgut, URL: <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx>,  
(abgerufen am 25.10.2022, 16:28)

Statista, Fläche von Wien nach Bezirken im Jahr 2021, URL:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1087579/umfrage/flaeche-von-wien-nach-bezirken/#professional>, (abgerufen am 27.10.2022, 10:44)

Stiftung Unternehmen Wald, Wie viel Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) speichert der Baum bzw. der Wald, URL:  
<https://www.wald.de/waldwissen/wie-viel-kohlendioxid-co2-speichert-der-wald-bzw-ein-baum/>,  
(abgerufen am 27.10.2022, 10:44)

TU Wien, Die Entstehung des Plus-Energie-Bürohochhauses – eine Chronologie, URL:  
<https://www.tuwien.at/tu-wien/campus/tu-university/standorte/plus-energie-buerohochhaus/chronologie>, (abgerufen am 24.10.2022, 12:25)

Umweltbundesamt; 2021; REP-0757: KreislaufBAUwirtschaft Projekt-Endbericht

University of Applied Science and Arts of Southern Switzerland, Solar Energy Application Centre  
The Netherlands, Building Integrated Photovoltaics:Product overview for solar building skins, Status  
Report 2017, URL: [https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017\\_SUPSI\\_SEAC\\_BIPV.pdf](https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017_SUPSI_SEAC_BIPV.pdf), (abgerufen am 28.10.2022, 11:35)

Zoidl Franziska, So wird das nichts: Sanierungsrate im Gebäudebestand zu niedrig, Der Standard,  
22.11.2021

Zuschnitt Nr.51 | ProHolz, Merkblatt 27 der bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Juli 2011,  
URL: <https://www.proholz.at/zuschnitt/51/der-oesterreichische-wald>, (abgerufen am 27.10.2022,  
10:39)

## Abkürzungsverzeichnis

BDA	Bundesdenkmalamt
ca.	circa
d.h.	das heißt
et. al.	et alii
etc.	et cetera
Fachhochschule	Fachhochschule
LCC	Life-cycle costing (Lebenszycluskosten)
lt.	laut
MA	Magistrat
Mio.	Millionen
NGO	Nichtregierungsorganisation
OIB-RL	OIB-Richtlinien (OIB Österreichisches Institut für Bauphysik)
PV	Photovoltaik
BIPV	Building Integrated Photovoltaik
GIPV	Gebäudeintegrierte Photovoltaik
PENRT	Nicht erneuerbare Primärenergie
TU	Technische Universität
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
Wr. BO	Wiener Bauordnung
z.B.	zum Beispiel

# 9. Anhang

- Heft 1 Sanierungskonzept für die ehemaligen Schule am Kinkplatz, 1140 Wien
- Heft 2 Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung von Gebäuden mit hohem Glasanteil
- Entscheidungsbaum für Schule am Kinkplatz
- Allgemeingültiger Entscheidungsbaum
- Sanierungs- und Verbesserungsmöglichkeiten von Glasflächen
- Architektonische Analyse der ehemaligen Schule am Kinkplatz
- Architecturally Valuable Glass Buildings 1970-2000, Comparative Analysis
- Ökologische Analyse, Kinkplatz 21, 1140 Wien
- Statischer Bericht, Kinkplatz 21, 1140 Wien
- Energieausweis Kinkplatz 21 V1
- Schall und Akustik Kinkplatz 21 V1
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V2
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V3
- Energieausweis und Ökokennzahlen Kinkplatz 21 V4
- Beratungsleistungen für ein Vertical Farming-Konzept
- R.O.S.E Ergebnisse der Vergleichsrechnung Energiesysteme
- One-Pager Thermische Sanierung. Vorteile am Beispiel GreenTech-Renovation
- TILLNER Silja, Alfred Willinger, GreenTech-Renovation, ISOCARP Research Paper, Wien 2022
- One-Pager ENHANCE New European Heritage Ecological GreenTech-Renovation

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

[servicebuero@bmk.gv.at](mailto:servicebuero@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)