

Zirkuläres Fassaden-Upgrade für Wohngebäude mit vorgehängten Fassaden (FavoriteFacade Re-use Re-duce Re-pair)

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 42/2026

Wien, 2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

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

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

Leitung: DI (FH) Isabella Warisch

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren:

Arch.ⁱⁿ Mag.^a Jutta Wörtl-Gössler (RfM Räume für Menschen_Architektur)

Arch.ⁱⁿ Mag.^a Uli Machold (RfM Räume für Menschen_Architektur)

Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Azra Korjenic, DIⁱⁿ Sara Alasu, Julia Zeiner (Technische Universität Wien)

DIⁱⁿ Ines Mayer, DIⁱⁿ Ute Muñoz-Czerny BA, DI Dr. Tobias Steiner, MEng (IBO Verein und GmbH)

Ing.ⁱⁿ Karin Schindler (GESIBA Gemeinnützige Siedlungs- und Bauaktiengesellschaft)

DIⁱⁿ Magdalena Opperl (RENOWAVE.AT e.G.)

Wien 2026. Stand: März 2026

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

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

Rechtlicher Hinweis

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

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

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

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

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem FTI-Schwerpunkt „Klimaneutrale Stadt“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) und Klima- und Energiefonds (KLIEN). Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden Forschung, Entwicklung und Demonstration von Technologien und Innovationen gefördert, mit dem Ziel, einen essentiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden, Quartieren und Städten zu liefern. Gleichzeitig wird dazu beigetragen, die Lebens- und Aufenthaltsqualität sowie die wirtschaftliche Standortattraktivität in Österreich zu erhöhen. Hierfür sind die Forschungsprojekte angehalten, einen gesamtheitlichen Ansatz zu verfolgen und im Sinne einer integrierten Planung – wie auch der Berücksichtigung aller relevanten Bereiche wie Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung, Berücksichtigung von gebauter Infrastruktur, Mobilität und Digitalisierung – angewandte und bedarfsorientierte Fragestellungen zu adressieren.

Um die Wirkung des FTI-Schwerpunkts „Klimaneutrale Stadt“ zu erhöhen, ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Projektergebnissen ein elementarer Baustein. Durch Begleitmaßnahmen zu den Projekten – wie Kommunikation und Stakeholdermanagement – wird es ermöglicht, dass Projektergebnisse skaliert, multipliziert und „Von der Forschung in die Umsetzung“ begleitet werden. Daher werden alle Projekte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) frei zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhalt

Vorbemerkung	4
1 Kurzfassung	7
2 Abstract	9
3 Projektinhalt	11
3.1 Projektrahmen, Grundlagen, Wissensaufbau	11
3.1.1. Vorprojekt My Favorite	12
3.1.2. Exkursion Schweiz.....	13
3.1.3. Beschreibung der Liegenschaft.....	18
3.1.4. Sanierungsstrategie und Systemgrenze	21
3.1.5. Eigentümer:innen-Situation / Finanzierung	24
3.1.6 Bewohner:innen Einbindung	25
3.2 Technische Machbarkeit, Nachhaltigkeit	28
3.2.1 Bauteiluntersuchungen Angeligasse 97-99	29
3.2.2. Statik	42
3.2.3. Beschreibung der untersuchten Sanierungsvarianten	44
3.2.4. Bauphysikalische, ökologische, haustechnische Bewertung.....	48
3.2.5. Begrünung	56
4 Ergebnisse	62
4.1. Vorbereitung Umsetzung	62
4.1.1. Ausgewählte Sanierungsvariante	62
4.1.2. Kostenerhebung, Vergleich, Finanzierung.....	63
4.1.3. Ausführung einer Pilotwohnung.....	64
4.1.4. Detailpläne.....	69
4.2. Begrünung	74
4.2.1. Begrünungskonzepte	74
4.2.2. Begrünungskonzept Pilotwohnung.....	83
4.3. Konzepte für Mieter:innen-Einbindung	86
4.4. Bauphysik und Nachhaltigkeitsbewertung.....	89
4.4.1. Beitrag zu Ausschreibungszielen und -schwerpunkt	106
4.5. Synthese und Dissemination	108
4.5.1. Prüfung Übertragbarkeit	108
4.5.2 Stakeholder Workshop	123
4.5.3. Ergebnisse aus Thementischen	127
4.6. Vorbereitung Demoprojekt	132
4.6.1. Angeligasse 97-99	132
4.6.2. Puffergasse 8-12 PuFFergasse ReUse	133
5 Schlussfolgerungen	135
5.1. Bauteiluntersuchung	135
5.2. Weiterbearbeitung und Impact.....	136
5.3. Grundrissvarianten und Nachverdichtung im Bestand	136

5.4. Nachverdichtung am Dach	138
6 Ausblick und Empfehlungen	141
6.1. Weiterführende Forschungsfragen	141
6.1.1. Förderbedingungen anpassen	141
6.1.2. Verpflichtung zur Duldung von Sanierungsmaßnahmen und moderaten Mietzinsanhebungen, abgedeckt durch Subjektförderung	141
6.1.3. Weiterverwendung von Gläsern aus Bestandfenstern	142
6.2. Überlegungen zur Finanzierung	142
6.3. Attraktivierung der sanierten Bestandsgebäude und Stadtquartiere nachverdichten	143
Tabellenverzeichnis	144
Abbildungsverzeichnis	145
Literaturverzeichnis	151
Kurzdarstellung des Projektes in den Ergebnisbänden von „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“	154

1 Kurzfassung

Problemstellung und Komplexität: Auf dem Weg zur Klimaneutralität ist eine Beschleunigung der umfassenden Sanierung des Gebäudebestands eine zentrale Aufgabe, insbesondere in Städten, die bereits heute gefordert sind, einer Überhitzung des dicht verbauten Stadtraums entgegenzuwirken und effiziente Klimaschutzmaßnahmen voranzubringen.

Die Bausubstanz aus den 60er bis 80er Jahren stellt eine besondere Herausforderung dar, da energieeffizientes Bauen zu dieser Zeit ein untergeordnetes Thema war. In der Stadt Wien wurden rund 35.000 Gebäude, das entspricht etwa einem Viertel der Hauptwohnsitzwohnungen, zwischen 1961-1980 errichtet. Soziale Wohnbauten dieser Zeit sind heute nach wie vor ein wesentliches Rückgrat des Bestands an Mietwohnungen in der Stadt.

„Favorite Facade ReUse“ sondiert die Sanierung von Gebäuden mit Waschbetonfertigteilfeassaden und Bandfensterelementen, errichtet in Schottenbauweise. Der für die damalige Zeit hohe Vorfertigungsgrad reagierte auf die Wohnungsnot und den Fachkräftemangel der 1970-er Jahre in Wien. Zahlreiche dieser in die Jahre gekommene Bauten bedürfen dringend einer umfassenden, thermischen Sanierung, die zugleich effizient, leistbar, technisch machbar und skalierbar sein muss und nach Möglichkeit ohne Eingriffe in die bewohnten Mieteinheiten erfolgen soll. Nur so ist eine zügige Erhöhung der Sanierungsraten im Sinne des Klimaschutzes erreichbar. Zugleich ist es für die Bewahrung des Stadtbilds und der Vielfältigkeit des städtischen Lebensraums wichtig, diese Gebäude in ihrer ursprünglichen baulichen Charakteristik zu erhalten und aufzuwerten.

Das Ziel der Sondierung ist, Fassadenkomponenten (Fenster und Fertigteile) zu ertüchtigen und wiederzuverwenden, und zeitgleich die Fassade thermisch und nachhaltig zu optimieren. Zusätzlich wurden unterschiedliche Fassadenbegrünungsvarianten untersucht und ein Konzept für die frühzeitige Einbindung der Bewohner:innen erstellt.

Methodische Vorgehensweise: Anhand von Analysen des Bestandes wurden planliche Untersuchungen, Material- und Konstruktionsprüfungen und bauphysikalische Simulationen durchgeführt und Visualisierungen erstellt. Die Bauteilöffnung ergab einen monolithischen Wandaufbau, der das Dämmen zwischen Waschbetonplatte und Tragstruktur nicht ermöglicht. Der Systemrahmen wurde auf die Betrachtung der Gesamtliegenschaft ausgeweitet, um die Auswirkungen von Verdichtungsmaßnahmen in die CO₂-Bilanz aufnehmen zu können. Variantenuntersuchungen mit Fensterertüchtigung, -tausch und Innendämmung der Brüstungen, Außendämmung der blechverkleideten Schotten...) zeigten, dass bereits die Optimierung der Verglasung deutliche Effizienzsteigerungen bringt, während kombinierte Maßnahmen aus Dämmung UND Verdichtung den Heizwärmebedarf um bis zu 61 % reduzieren können. CO₂-Bilanzen verdeutlichen, dass Innendämmvarianten ihre Emissionen

nach etwa 10 Jahren und Kombinationen mit Verdichtungsvarianten bereits nach rund 5 Jahren ausgleichen und sowohl energetisch als auch ökologisch die nachhaltigste Lösung darstellen. Die Umstellung des Heizsystems entfiel.

Ergebnisse: Zur Prüfung der **ausgewählte Sanierungsstrategie** wurde eine Pilotwohnung umgesetzt: Der Brüstungs-, Sturzbereich wurde innen gedämmt und die Fenster erhalten und nur das Fensterglas durch Vakuumisolierverglasung (Ug-Wert 0,5W/m²K) ersetzt. Vertikale und horizontale Brandüberschläge wurden aufgenommen und im Zuge der Sanierung behoben. Es wurde ein **Begrünungskonzept** als wirtschaftliche und zugleich vielseitig einsetzbare Variante entwickelt mit troggebundenen Kletterpflanzen und Rankgerüst, bestehend aus einer Kombination von Seilsystemen und Gitterelementen. Eine weitere Begrünungsmöglichkeit im mittleren Preissegment stellt die Fassadenbegrünung mit einem Trogsystem oder mit Begrünungsmatten dar. Drei Varianten zur **Mieter:inneneinbindung** wurden empfohlen.

Hohes Replikationspotenzial, hohes Nachverdichtungspotenzial: Die Sanierungsvariante mit Innendämmung und Glaswechsel lassen sich im Zuge einer Neuvermietung der Wohnung ohne Störung der Mieter:innen **einfach umsetzen** und führen zu Mehrkosten von 20-30% gegenüber der üblichen Brauchbarmachung. Der Fenstertausch allein in der Wohnung würde das doppelte kosten. Zielführender und schneller ist allerdings die Umsetzung von den Maßnahmen mit frühzeitiger Einbindung der Mieter:innen, im Zuge einer Verdichtung am Dach und, wo möglich, im Bestand verbunden mit Grundrissverbesserungen. Bei der Untersuchung des Nachverdichtungspotenzials konnte ein **Nutzflächenzuwachs von 50%** nachgewiesen werden, im Fall des Sondierungsprojekts Angeligasse 97-99 ca. 100 neue Wohnungen, hochrangig erschlossenen und ohne Bodenverbrauch.

Roll-Out: Ein hohes Potenzial für ein Ausrollen der innovativen „Favorite Facade“ Sanierungsstrategie ist gegeben. Die erarbeitete Sanierungsstrategie kann bei baugleichen Bestandsgebäuden österreichweit zur Anwendung kommen. Aus klimapolitischer Sicht wird zusätzlich eine Weiterentwicklung und Nutzung der Nachverdichtungspotenziale empfohlen.

2 Abstract

Problem Statement and Complexity: Achieving climate neutrality requires a significant acceleration in the comprehensive renovation of the existing building stock. This is particularly crucial in urban areas that are already challenged by issues such as urban overheating due to densely built environments and the urgent need to implement effective climate protection measures.

Buildings constructed between the 1960s and 1980s pose a particular challenge, as energy-efficient construction was not a priority during that period. In Vienna, approximately 35,000 buildings—or about one quarter of all primary residence apartments—were built between 1961 and 1980. Social housing from this era still forms a vital backbone of the city’s rental housing stock today.

The project “**Favorite Facade ReUse**” explores the renovation of buildings with precast exposed aggregate concrete (washed concrete) facades and horizontal band window elements built using Schottenbauweise (a panel construction method). The high degree of prefabrication at that time was a response to the housing shortage and shortage of skilled workers in 1970s Vienna. Many of these aging buildings urgently require comprehensive thermal renovations which must be simultaneously efficient, affordable, technically feasible, scalable, and—if possible—achieved without intrusive interventions affecting occupied rental units. Only in this way can renovation rates be accelerated effectively to meet climate protection goals. Equally important is preserving and enhancing these buildings’ original architectural character to maintain the cityscape and the diversity of the urban living environment.

Objectives: The investigation aims to refurbish and reuse facade components (windows and precast elements) while simultaneously optimizing the building envelope from thermal and sustainability perspectives. Additionally, various facade greening options were examined and a concept for the early involvement of residents was developed.

Methodological Approach: Based on detailed analyses of the existing building stock, planning investigations were conducted alongside material and construction assessments, building physics simulations, and visualizations. Opening the building elements revealed a monolithic wall structure, which prevents insulation between the exposed aggregate concrete panels and the supporting structure. The project scope was expanded to include the entire property to incorporate densification impacts into the CO₂ balance.

Scenario analyses involving window refurbishment, window replacement, interior insulation of parapets, and exterior insulation of metal-clad panels showed that simply optimizing glazing already leads to substantial efficiency gains. Combined measures of insulation and densification can reduce heating energy demand by up to 61%. CO₂ balances demonstrate that interior insulation variants

offset their emissions after about ten years, while combinations with densification offset emissions within approximately five years, establishing them as the most energy-efficient and ecological solutions. Changing the heating system was deemed unnecessary.

Results: To validate the selected renovation strategy, a pilot apartment was executed. The parapet and lintel areas were insulated from the interior, while the existing windows were retained, and only the glazing was replaced with vacuum insulating glass (Ug-value 0.5 W/m²K). Vertical and horizontal fire breaks were documented and sealed as part of the renovation.

A greening concept was developed as a cost-effective and versatile solution, involving trough-mounted climbing plants on trellis structures composed of a combination of cable systems and grid elements. Another mid-range greening option includes facade greening with trough systems or green mats. Three different approaches for tenant engagement were recommended to ensure acceptance and facilitate participation.

High Replication Potential and Densification Opportunities: The renovation variant involving interior insulation and glass replacement can be implemented easily in connection with a new rental contract without disturbing current tenants, leading to additional costs of 20–30% compared to conventional preparations for re-lease. Replacing windows alone would cost twice as much. However, more targeted and faster progress can be achieved by implementing these measures in conjunction with early tenant engagement and rooftop densification, as well as internal layout improvements wherever possible.

Investigations into densification potential revealed an increase in usable floor area of about 50%, corresponding to approximately 100 new apartments in the pilot project at Angeligasse 97–99—well connected and created without land consumption.

Roll-Out Potential: The innovative "Favorite Facade" renovation strategy shows a high potential for broader application. The developed methodology is transferable to similar building stocks throughout Austria. From a climate protection perspective, it is recommended to strategically develop densification potentials alongside renovation efforts.

3 Projektinhalt

3.1 Projektrahmen, Grundlagen, Wissensaufbau

Ausgangslage:

Auf dem Weg zur Klimaneutralität ist eine umfassende Sanierung des Gebäudebestands und eine Beschleunigung eine zentrale Aufgabe, insbesondere in Städten, die bereits heute gefordert sind, einer Überhitzung des dicht verbauten Stadtraums entgegenzuwirken und effiziente Klimaschutzmaßnahmen voranzubringen. Im vorliegenden Forschungsprojekt lag der Schwerpunkt auf der Fassade.

Die Bausubstanz aus den 60er bis 80er Jahren stellt eine besondere Herausforderung dar, da energieeffizientes Bauen zu dieser Zeit ein untergeordnetes Thema war. In der Stadt Wien wurden rund 35.000 Gebäude, das entspricht etwa einem Viertel der Hauptwohnsitzwohnungen, zwischen 1961-1980 errichtet. Soziale Wohnbauten dieser Zeit sind heute nach wie vor ein wesentliches Rückgrat des Bestands an Mietwohnungen in der Stadt.

Zahlreiche, in die Jahre gekommene Bauten bedürfen dringend einer umfassenden, thermischen Sanierung, die zugleich effizient, leistbar, technisch machbar und skalierbar sein muss und nach Möglichkeit ohne Eingriffe in die bewohnten Mieteinheiten erfolgen soll. Nur so ist eine zügige Erhöhung der Sanierungsraten im Sinne des Klimaschutzes erreichbar. Zugleich ist es für die Bewahrung des Stadtbilds und der Vielfältigkeit des städtischen Lebensraums wichtig, diese Gebäude in ihrer ursprünglichen baulichen Charakteristik zu erhalten und aufzuwerten.

Sondierungsprojekt im Eigentum eines gemeinnützigen Wohnbauträgers: P4 GESIBA, Nach dem 1. Weltkrieg war es in Wien die „Siedlerbewegung“, die den genossenschaftlich organisierten Wohnbau vorantrieb. Zur Überwindung der Kriegsfolgen des 2. Weltkrieges setzte eine Welle des Neubaubooms vor allem nach 1955 ein, der zu den Funktionalbauten der 1960er Jahren an den Stadträndern führte. Heute gibt es 185 gemeinnützige Bauvereinigungen in Österreich. Ihre regulativen Prinzipien sind im Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG) verankert.

Spezielle, vom Sondierungsprojekt adressierte Herausforderungen

- Herausfordernd bei der Arbeit mit dem Bestand und die Unsicherheit der verwendeten Konstruktionen sind:
- Aufbau des Fertigteils
- Bruch der Komponenten bei Manipulation
- Schadhafte Fassadenteile
- Ertüchtigung der Fenster

- bauphysikalische/statische Schwachstellen

aber auch:

- Einbeziehung der Mietenden
- Kosten

Methoden bei Sondierungsprojekt Angeligasse 97-99

- Best-Practice-Recherche
- Exkursion
- Planrecherche, Thermografie, Bauteiluntersuchung
- Planliche Darstellung unterschiedlicher Sanierungsvarianten in unterschiedlichen Mastäben
- Simulation unterschiedlicher Sanierungsvarianten
- Bewertung der Ausführungsvarianten
- Planliche Darstellung von Begrünungsalternativen

Die Ziele der Sondierung konnten erreicht werden.

1. Entwicklung einer innovativen, ressourceneffizienten, kreislauffähigen und leistbaren Gesamtlösung für die Sanierung von Fassaden mit vorgehängten Waschbeton- oder Metallblechelementen mit maximalem Re-Use der bestehenden Fassadenelemente und Fenster.
2. Die Weiterverwendung des bestehenden Heiz-Systems erweist sich als kostengünstig und sinnvoll, da die Sanierungsstrategie auch wohnungsweise umgesetzt werden kann. Flächenheizsystem können im Fall einer umfassenden Sanierung integriert werden.
3. Umsetzung eines partizipativen Ansatzes zur Entwicklung eines Konzepts zur Fassadenbegrünung und -gestaltung unter Einbindung der Bewohner:innen.

3.1.1. Vorprojekt My Favorite

Im von WieNeu+ Quartier Favoriten geförderten Projekt "My Favorite - Energieneutraler Umbau der Stadt" wurden fünf Liegenschaften des gemeinnützigen Wohnbauträgers GESIBA mit hohem Erneuerungsbedarf untersucht, um bauliche, ökologische und ökonomische Sanierungs-Maßnahmen umzusetzen, die auf eine nachhaltige, lokale und liegenschaftsübergreifende Energieversorgung abgestimmt waren. RfM untersuchte Klimawandelanpassung im öffentlichen Raum, in Abstimmung mit der Wien Energie und der Magistratsabteilung 28, die im Zuge der Bauarbeiten für das gemeinsame Anergienetz implementiert werden und zu klimagerechten Ausgestaltung des Grätzls beitragen.

Als Ergebnis wurden 2 Sanierungskonzepte ausgearbeitet.

- **Wrap and Prefab: Inzersdorferstraße 99**
Innovative Sanierungsstrategie für Gebäudetypologie der Nachkriegszeit mit Lochfassade- Das Sanierungskonzept basiert auf einem nachhaltigem, begrünten Dämmsystem, thermischer Aktivierung der Außenwand, Balkonzubauten und Dachausbau mit vorfabrizierten Dachausbau-Elemente samt Adaptierung von Erdgeschoß, Hof und Dach.
- **My Favorite Re-Use: Fernkorngasse 48, Fernkorngasse 44, Angeligasse 97-99**
Kreislauffähige Sanierungsstrategie für Gebäudetypologie mit Fensterbändern, Schotensbauweise und vorgehängter Fassade → „FFR Favorite Facades ReUse ReDuce, Repair“

Die Umgestaltung des öffentlichen Raumes wurde in Szenarios dargestellt. Die Entwicklung eines Anergienetzes forciert Bauarbeiten im öffentlichen Raum, die zu klimafitter Umgestaltung genutzt werden: Belebung der Erdgeschoßzone, Reduktion des MIV, Entsiegelung, Schaffung von verbindenden Grünräumen, etc.

3.1.2. Exkursion Schweiz

Für die Exkursion in die Schweiz wurden verschiedenen herausragenden Beispiele für nachhaltiges Sanieren und Kreislaufwirtschaft im Bauwesen in Zürich, Winterthur und Basel ausgewählt, die innovativen Ansätze zur Wiederverwendung von Baumaterialien, Fassadensanierungen und der Integration von zirkulären Prinzipien in die Architektur veranschaulichen. Im Fokus standen die Themen Ressourcenschonung, CO₂-Reduktion und die Herausforderungen der Sanierung von Bestandsgebäuden unter Berücksichtigung von Denkmalschutz und energetischer Effizienz. Die Exkursion bot wertvolle Einblicke in die praktischen Anwendungen von Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und die Umsetzung nachhaltiger Bauprojekte, die als Vorbilder für die zukünftige Entwicklung der Bauindustrie dienen.

Hardau II (Bullingerstraße, Zürich) Architektur: Max P. Kollbrunner, Baujahr: 1976-78, Umsetzung: in progress

Hardau II, ein Gebäudekomplex aus den Jahren 1976-78, umfasst heute 573 Wohnungen sowie verschiedene Quartierseinrichtungen. Aufgrund der Denkmalschutzauflagen musste die Instandsetzung der stark bröckelnden Betonfassaden aus Sandwich-Elementen mit 4cm Wärmedämmung ohne Änderungen an der äußeren Erscheinung des Gebäudes vorgenommen werden

Wesentlich für die Sanierungsmaßnahmen ist die Verbesserung der thermischen und akustischen Eigenschaften des Gebäudes. Um die Energieeffizienz zu steigern, wurden neue Fenster eingebaut, die die Energiekosten um 20 % senken, während die Mieten unverändert bleiben. Der Fenstertausch und die Kombination mit einer nachhaltigen Energieversorgung (Fernwärme) hebt das Gebäude auf den in der Schweiz geltenden 2000W-Standard.

Abbildung 1: Foto von den Wohnkomplexen **Hardau II**, Bullingerstraße in Zürich, TU Wien



K. 118 (Lagerplatz, Winterthur), Architektur: in situ Baubüro, Umsetzung: 2021: Das K.118-Projekt, nutzt eines ehemaligen Turbinenproduktionsareals um. Das Projekt zielt darauf ab, möglichst viele bestehende Bauteile weiterzuverwenden, 50% der Materialien sind Wiederverwendetes, Elektrik und Haustechnik sind neu. So stammen die Stahlträger für die Aufstockung des Gebäudes vom Lysbüchelareal in Basel, Fenster sowie Teile der Innenräume wurden aus Rückbauten gewonnen. Besonders bemerkenswert ist der Einsatz natürlicher Baustoffe wie Stroh, Holz und Lehm für die Innendämmung, die sowohl ökologische als auch energetische Vorteile bietet.

Der Planungsprozess verändert sich durch Wiederverwendung, er kreist vom Entwurf zur Bauteilsuche + retour

- Strukturell müssen Schlüsselemente definiert werden; (Demontage des Verteilerzentrums aus Basel)
- Bauteile sind für die Konstruktion mitentscheidend: In der Planung rot dargestellte Bauteile sind angepasst/zugeschnitten, grüne werden erhalten und wiederverwendet.

Zerlegbare Verbindungen erleichtern spätere Wiederverwendung

Dieser Ansatz steht im Einklang mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, bei der der gesamte Bauprozess von Anfang an darauf ausgerichtet ist, vorhandene Materialien weiterzuverwenden.

Toni Areal, Zürich, Architektur: EM2N, Umsetzung: 2005-2014: Das Toni-Areal in Zürich ist ein Paradebeispiel für hochwertige Bestandsentwicklung, bei dem die bestehende industrielle Struktur einer ehemaligen Milchfabrik für moderne Nutzungen adaptiert wurde, verbunden mit einem sogenannten „inneren Urbanismus“. Die Nutzung als multifunktionales Gebäude ist ein exzellentes Beispiel für die Integration von öffentlichem Raum, Bildungseinrichtungen und privaten Wohnraum. Der Umbau von 2005 bis 2014 transformierte das Areal zu einem vielseitigen Gebäude, das u.a. auch als Hochschulstandort (ZHAW und ZHdK) dient. Die ehemalige Fabrikstruktur wurde so umgestaltet, dass sie als „Stadt in der Stadt“ fungiert.

Abbildung 2: Foto des Toni-Areals in Zürich, TU Wien



Elys (Elsässerstraße, Basel), Architektur: in situ Baubüro, Umsetzung 2021: Das ELYS-Projekt transformierte ein ehemaliges Coop-Verteilzentrum in ein Kultur- und Gewerbehäus. Beim Umbau war der Gedanke des Urban Mining zentral: ReUse bildet sich immer in niedriger CO₂ – Bilanz ab. Die Kosten orientierten sich am Neubau, und durften diese nicht überschreiten. An diesem Beispiel werden Möglichkeiten gezeigt, durch kreative Wiederverwendung und Recycling von Materialien signifikante CO₂-Reduktionen zu erzielen.

Für die Außenwände wurden Pfetten, Sparren und Leimbinder aus Rückbauten in der Umgebung genutzt. Diese Bauteile wurden in einer Sägerei zu Lamellen verarbeitet und zu stabilen Leimbindern umgebaut, die den hohen Anforderungen des Holzrahmenbaus entsprechen. Zur Aussteifung wurden insgesamt nur 3 Wände eingebaut, zusätzliche Stiegenhäuser zur Erschließung implementiert. Die Adaptierung der bestehenden Aufzugsanlage erforderte lange Verhandlungen mit dem Liftbauer. Alt-Fenster wurden durch eine 3. Scheibe ertüchtigt und eingebaut mit dem Ziel, den Preis der neuwertigen Fenster nicht zu überschreiten.

Wohnhaus Egilseestraße (Basel) Architektur: Studio Hammer, Umsetzung: 2024/25: Das Projekt „Wohnhaus Egilseestraße“ beschäftigt sich mit der energetischen Sanierung eines Bestandsgebäudes aus den 1970er Jahren, das fast vollständig mit Waschbetonplatten verkleidet ist.

Ein zentrales Ziel der Sanierung ist es, den Großteil der bestehenden Materialien zu erhalten und zu recyceln. Die Waschbetonplatten werden demontiert, gereinigt, und vor Ort in einer Feldwerkstatt aufbereitet. Nach dem Aufbringen der Hanfdämmung, die mit Lehmputz verklebt wird, werden die Waschbetonfertigteile wie eine Backstein-Fassade übereinandergestellt und gemauert und die Fugen vermörtelt, die bestehende Architektur wird weitgehend beibehalten. Die Heizung erfolgt über Fernwärme, die Radiatoren bleiben erhalten und werden repariert. Die Leitidee der Sanierung dieses Projekts entspricht weitgehend dem des vorliegenden Forschungsprojekts. Die Bauteilöffnungen gaben wichtige Hinweise über den Wandaufbau und wie die Weiterverwendung der Waschbetonplatten eingeplant werden kann. Die holistische Herangehensweise ermöglicht Adaptierungen der getroffenen Maßnahmen, um das Gesamtziel zu erreichen.

Abbildung 3: Foto des Wohnhauses Egilseestraße in Basel, TU Wien



Kantonalbank (Güterstraße, Basel), David Vaner, Umsetzung: 2022: Die Sanierung der Fassade der Basler Kantonalbank im Jahr 2022 stellte eine beispielhafte Maßnahme zur Verbesserung der energetischen Effizienz eines städtischen Bestandsgebäudes dar. Die Sanierung beinhaltete die sorgfältige Reinigung und Ertüchtigung jedes einzelnen Fensters vor Ort sowie die zusätzliche Dämmung der Fassadenelemente. Dieses Projekt zeigt, wie durch präzise und nachhaltige Sanierungsmaßnahmen der Betrieb von Gebäuden mit deutlich reduziertem Energieverbrauch verlängert werden kann, ohne die äußere Erscheinung zu verändern.

Vortrag Madaster Österreich: Der Vortrag von Madaster stellte die innovative Plattform vor, die eine zirkuläre Wirtschaft im Bauwesen ermöglichen soll, indem sie Baumaterialien eine „Identität“ verleiht. Madaster bietet ein digitales Register, in dem Materialien und Produkte dokumentiert werden, um deren Wiederverwendung und den CO₂-Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg nachvollziehbar zu machen. Ziel ist es, Abfall zu minimieren und Ressourcen effizienter zu nutzen, was nicht nur ökologische Vorteile bringt, sondern auch ökonomische Chancen für die Baubranche eröffnet. Die Plattform bietet wertvolle Einblicke in die Zirkularität, die grauen Emissionen und die Demontierbarkeit von Gebäudeteilen. Besonders betont wurde die Bedeutung

von „Materialpässen“, die eine detaillierte Dokumentation der eingesetzten Materialien ermöglichen und die Grundlage für eine nachhaltige Nutzung sowie den späteren Rückbau von Gebäuden bilden.

3.1.3. Beschreibung der Liegenschaft

Abbildung 4: Foto der Liegenschaft, RfM Architektur



und liegen jeweils an der Schnittstelle mit dem ost- bzw. westseitigen Flügel. Der großzügige Hofbereich im Süden wird vom Stiegenhaus aus begangen und wenig genutzt, was einer Wildhamster-Population Raum bietet.

Über dem Erdgeschoß, in dem straßenseitig Nebenräume (Fahrrad, Waschküche, Kellerabteile, Technikraum etc.), hofseitig 1 Zimmer-Apartments untergebracht sind, befinden sich 6 idente Wohngeschoße. Die meisten Wohnungen bestehen aus 3 Zimmern und verfügen über Balkon/Loggia, die tw. durch die Mietenden in die Wohnfläche einbezogen wurden. In jedem Geschoß verbindet ein Gang Stiegen und Wohnungen, Brandabschnitte sind nicht hergestellt. Die sommerliche Überhitzung ist in den oberen Geschossen problematisch.

Gebäudedaten

Wohnnutzfläche:	12.019,49 m ²
Grundstücksgröße:	6.700 m ²
Bebaute Fläche:	2.515,62m ²
Anzahl der Wohnungen:	193 = 95 + 98 (2STG)
Geschoßanzahl:	7
Barrierefreiheit:	über Gußriegelstraße
Aufzug und Schacht:	4, nicht barrierefrei (zu klein, 1 Rollstuhl möglich), Aufzugschacht Drahtglas
Garage:	oberirdisch im Freien 75-77, (Angeligasse), 3 Fahrrad-Keller
Hofsituation:	nicht unterkellert, Haus nicht unterkellert, nicht feucht

Gebäudehülle

Fassade: Waschbetonbrüstungselemente mit Holzfensterbänder (erneuert); bzw. Verblechung vorgehängt mit 2cm Abstand vor STB-Wand (18cm), Loggien, wenig gedämmt, d.h. wsl. Kältebrücke; keine genauen Angaben vorhanden

Dach: Flachdach bekiest, tw. ist grünliches XPS sichtbar, erneuerungsbedürftig

Heizsystem und Warmwasser

FW-Anschluss: Einrohrsystem mit senkrechten Verteilleitungen, flache Heizkörper, keine wohnungsweise Absperrung

Abrechnung Wasser, Heizung, Warmwasser: nach m²-Schlüssel;

Verbrauch: 1.859,434 MWh entspricht: 154,7 kWh/m²a

Kosten

Heizkosten für 71,52m²: 41€ (20€, 2022) WW + 97€ (49€, 2022) = 138€ / Mo

Brutto-Miete 2023 für 71,52m² WHG: 600,46 € (Inkl. Warmwasser + Heizung)

Gebäudezustand

Instandhaltungsfreundliche, jedoch in die Jahre gekommene Waschbetonfassade ohne größere, sichtbare Beschädigungen

Fensterelemente gut instandgehalten, jedoch kleinere Mängel sichtbar

Außenliegender Sonnenschutz (Markisoletten) vollumfänglich vorhanden (ausgenommen Fenster im Bereich der natürlichen Verschattung durch Loggien) in die Fassade integriert

Hochwertige Blechverkleidung (Systemfassade) von Fassadenteilen (Schoten) mit Kupfer

Energieausweis Klassifizierung D, mit HWB 102,9 kWh/m²a, relativ hoher Verbrauch

keine wohnungswise Heizungsversorgung, mehrere Steigleitungen pro Wohnung vom

Keller bis Dach, keine Absperrmöglichkeiten je Wohnung

3.1.4. Sanierungsstrategie und Systemgrenze

Sanierungsstrategie: Am Anfang stand die Annahme, dass bei Fassadensanierungen dieser Gebäudetypologie das Abtragen vorgehängter Betonfertigteilelemente und der Tausch der Fenster Stand der Technik sind. Im betrachteten Objekt Angeligasse 97-99 würden 480 Tonnen Betonabfall entstehen, der transportiert und entsorgt werden muss, und ca. 1.530 Holzfenster, die dem Kreislauf entzogen, verführt, und nach Material getrennt und entsorgt/wiederverwendet werden müssten. Die CO₂-Bilanz würde sich zusätzlich durch Anbringung eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) aus fossilen Ausgangsstoffen (EPS) und Einbau von 1.530 neuen Kunststofffenstern verschlechtern.

Abbildung 7: Sanierungsstrategie Wrap & Prefab, RfM Architektur

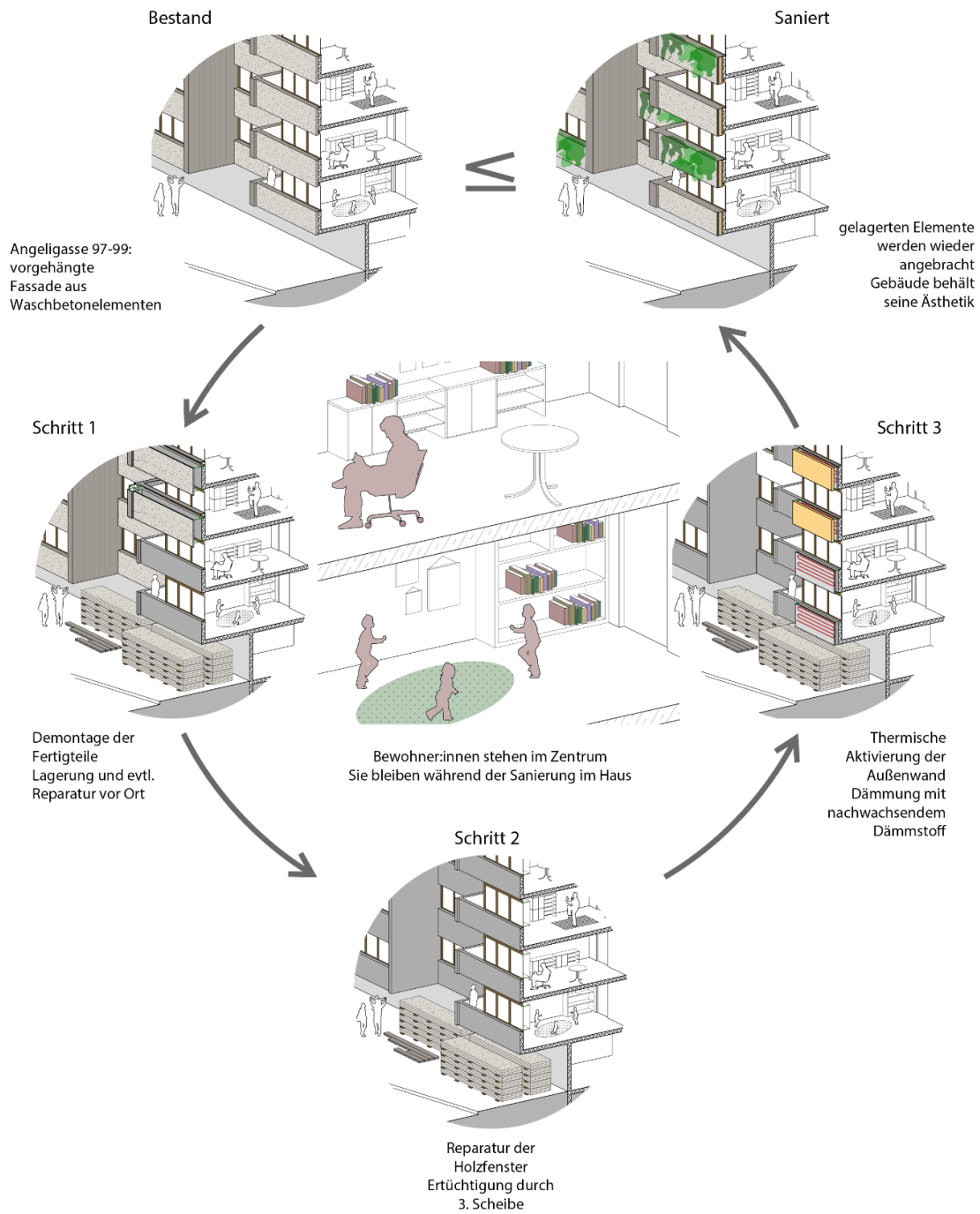
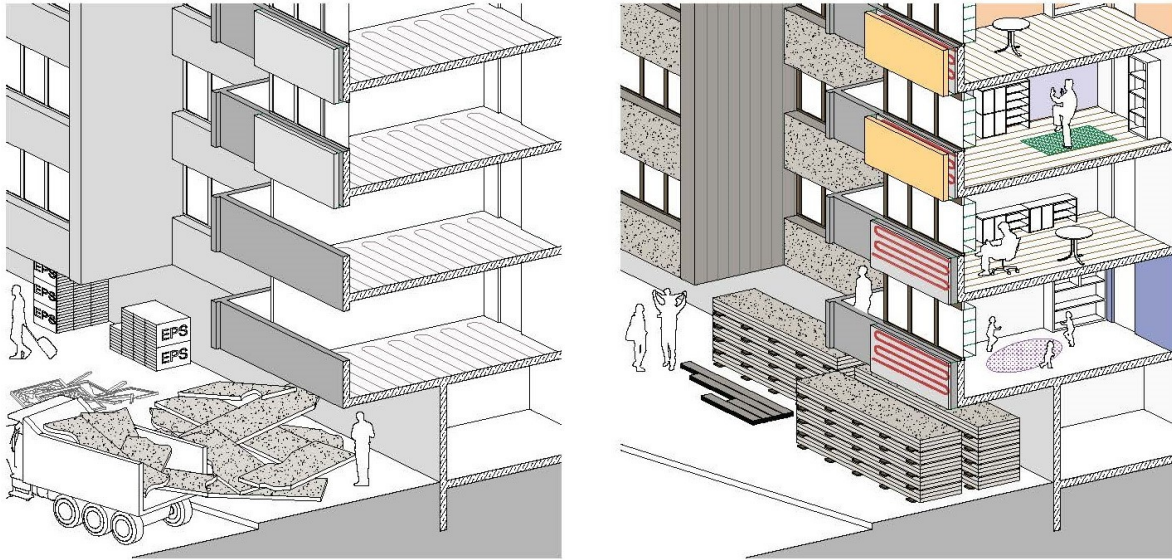


Abbildung 8: Grafik Sanierung konventionell - innovativ, RfM Architektur



Die Bauteil-Öffnung ergab, dass die Fassade aus einem 23cm starken freitragenden monolithischen Fertigteil besteht, in dem Waschbeton mit Hochlochziegel fest verbunden ist. Ein Zerlegen der Komponenten war nicht möglich. Die Sanierungsstrategie wurde geändert, die Ziele blieben im Wesentlichen gleich:

- Ertüchtigung und Wiederverwendung der Fassadenkomponenten (Fenster und Fertigteile), und zeitgleich die
- Thermisch und nachhaltig Optimierung der Fassade
- Schonung der Mietenden

Da keine Fassadenarbeiten stattfinden, bleibt das Gebäude als Zeitzeuge und die Stadt in ihrer Authentizität erhalten, die erbrachte Handwerkskunst wird wertgeschätzt und Nutzung des bereits Vorhandenen intensiviert.

Systemgrenze

Zu Projektbeginn wurde die Systemgrenze sehr eng auf die reine Fassadensanierung eines Regelgeschosses gelegt, ohne Berücksichtigung der Anschlüsse zum Dach und zur Decke des Erdgeschosses. Die zusätzliche Dämmung des Daches und der Erdgeschoßdecke wurde bei der bauphysikalischen Berechnung miteinbezogen, um eine Aussage über die Fassadensanierung treffen zu können.

Erweiterung im Verlauf des Projekts: Aufgrund der Bauteilöffnung wurde die Systemgrenze auf das Gesamtgebäude ausgeweitet, um das gesamte Potenzial der Liegenschaft miteinzubeziehen. Ziel war es, durch Aktivierung der Bewohner:innen mit sozialer Begleitung, die im Zuge einer Sanierung

getätigten Arbeiten mit Verbesserungen des Wohnungsgrundrisses zu kombinieren und die Nachverdichtung und deren ökologischen Effekte zu prüfen.

3.1.5. Eigentümer:innen-Situation / Finanzierung

Sanierungsbedarf der Liegenschaften: Als großer gemeinnütziger Liegenschaftseigentümer steht die GESIBA vor der Problemstellung, zahlreiche Immobilien einer Sanierung zur Erzielung von CO₂ Einsparungen zu unterziehen. Daneben ist es erforderlich, auch eine Finanzierung der Maßnahmen innerhalb von maximal 20 Jahren, möglichst ohne Erhöhung der Mieten, sicher zu stellen. Dabei stellen die Wohnbauten der Ende 60er und der 70er Jahre auf Grund der Bauweise eine besondere Herausforderung dar.

Bei der Portfolioanalyse und im Zuge des WieNeu+Projektes Innerfavoriten wurde festgestellt, dass zahlreiche großvolumige Wohnhäuser, die in den 1970 Jahren errichtet wurden, in ähnlicher, für diese Bauzeit typischen, Bauweise in Schotten aus Ort beton, durchgehenden Fensterbändern, Fertigteilfassadenelementen aus Waschbeton und Wandverkleidungen mit Blech (vorrangig Kupfer) errichtet wurden. Daraus wurde geschlossen, dass es sinnvoll ist, für all diese Gebäude anhand der Anlage 10., Angeligasse 97-99 eine Sanierungsstrategie zu entwickeln.

Als Ziel wurde festgesetzt, diese Strategie zu untersuchen und umzusetzen, unter höchstmöglicher Ressourcenschonung und unter Berücksichtigung einer möglichst geringen Beeinträchtigung der Wohnungsnutzer:innen. Beeinträchtigend wirken sich bauliche Maßnahmen als auch eventuelle Mietzinsanhebungen aus, insbesondere, da die Wohnhäuser voll vermietet sind. Die Standorte sind sehr attraktiv, die Mieten günstig.

Finanzierung: Schwieriger als die technische Lösung stellt sich die Finanzierungssituation je Objekt dar. Grundsätzlich ist das Ziel, die Sanierung mit Fördermitteln und ohne Mietzinsanhebungsverfahren (MZA) über die Einnahmen des EVB (Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag) abzuwickeln. MZA bedeuten eine relativ lange Vorlaufzeit mit ungewissem Ausgang. Lt. Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG) kann eine freiwillige Vereinbarung mit den Bewohner:innen abgeschlossen werden, sofern 75 % der Hauptmieter:innen dieser zustimmen. In der Realität ist es bei großen Wohnhausanlagen jedoch kaum realisierbar, da hier die Eigeninteressen der Bewohner im Vordergrund stehen, nicht alle zu einer Abstimmung motiviert werden können, die Angst vor Lärm und Schmutz gegeben ist, etc.

Daher ist es erforderlich, sofern eine Refinanzierung in 20 Jahren, unter Berücksichtigung von Förderungen und laufenden Instandhaltungsmaßnahmen, nicht möglich ist, ein MZA bei der Magistratsabteilung MA 50 oder beim Bezirksgericht (außerhalb Wiens) einzubringen.

Bevorzugt wird daher, die Finanzierung über Fördermittel zu sichern: Herausfordernd ist, Ansuchen zeitgerecht einzubringen, wenn Fördermittel zur Verfügung stehen (siehe Sanierungsscheck der Bundesregierung), die Überschneidung von Fördermitteln zu vermeiden, und die unterschiedlichen Förderungsvoraussetzungen von Land, Bund, etc. auch zu erfüllen.

Finanzielle Ausgangslage

- Wohnhausanlage ausfinanziert, auf Grundmiete abgesenkt, EVB 2,33 €/m²/Monat, Instandhaltungsrücklage vorhanden
- Laufende Brauchbarmachungen von Wohnungen auf Grund Mieter:innenwechsel (tw. Erstmieter:in) erforderlich

Finanzierungsvarianten im WGG:

- EVB (Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag)
- Eigenmittel GBV (Gemeinnützige Bauvereinigung)
- Fremddarlehen
- Div. Förderungen Bund, Land, ...
- Gem. § 14 Abs. 7 WGG Auslaufannuitäten bis zur Rückzahlung des Vorgriffes unter bestimmten Voraussetzungen
- Vorgriff auf Einsparungen aufgrund geringerer Heizkosten im Zeitraum von 20 Jahren

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es kaum möglich ist, die Sanierungsoffensive ohne Förderungen der öffentlichen Hand umzusetzen! Für die angesprochenen Gebäude bestehen folgende

Finanzierungsprobleme:

- Eigenmittel sind mitunter eingeschränkt verfügbar. EVB-Rücklage gering oder hoher Aufwand für Wohnungsbrauchbarmachungen (Generationenwechsel)
- Lt. WGG muss die Sanierung innerhalb von 20 Jahren refinanziert werden können.
- Refinanzierung über §14 Abs. 7 WGG (Auslaufannuitäten) bei älteren Wohnhausanlagen meist nicht mehr möglich, da bereits seit Jahren ausfinanziert.

3.1.6 Bewohner:innen Einbindung

Die Einbindung der Mieter:innen ist ein zentraler Erfolgsfaktor bei der Sanierung von Bestandsgebäuden. Zeitgemäßer Adaptierung der Grundrisse und Aufwertung der Wohnungen (Balkon, Gemeinschaftseinrichtungen, Hofflächen, Hitzeschutz, etc.) verbessern die Lebenssituation und schaffen Anlässe zu sozialem Austausch. Dem steht die Angst vor Veränderung entgegen.

Vier Argumente gegen Sanierung:

- Angst vor Veränderung
- Dreck durch Umbauarbeiten
- Erhöhung des Wohngeltes
- Angst des Vermieters vor Problemen mit den oder Widerstand der Bestandsmieter:innen

Eine offene und frühzeitige Kommunikation schafft Vertrauen, reduziert Widerstände und ermöglicht es, die Bedürfnisse der Bewohner:innen besser in die Planung einzubeziehen. So können Akzeptanz und Zufriedenheit gesteigert und Konflikte, Verzögerungen oder Leerstände vermieden werden.

Für Eigentümer:innen stellt die Mieter:inneneinbindung jedoch auch eine Herausforderung dar: Sie erfordert Zeit, klare Kommunikationsstrukturen und manchmal auch Kompromissbereitschaft. Unterschiedliche Interessen, sprachliche Barrieren oder Unsicherheiten der Bewohner:innen müssen berücksichtigt werden. Dennoch überwiegen die Vorteile deutlich – eine gelungene Beteiligung führt zu reibungsloseren Abläufen, höherer Identifikation mit dem Gebäude und langfristig zu einem besseren sozialen Zusammenhalt in der Wohnanlage.

Mieter:inneneinbindungskonzept: Dieses Konzept wurde auf Grundlage vertiefender Recherchen sowie anschließender Gespräche mit Senior Scientist Dipl.-Ing.in Dr.-Ing.in Gesa Witthöft, TU Wien, Expertin für Partizipation und Kommunikation sowie soziale Aspekte in Raumplanung und Architektur, und mit relevanten Ansprechpersonen der Hausverwaltung GESIBA erarbeitet, die in die Informationsveranstaltungen zur Sanierung der Wohnhausanlage eingebunden sind.

Mieter:innenanalyse: Eine fundierte Mieter:innenanalyse bildet die Grundlage für ein erfolgreiches Konzept zur Mieter:innenbeteiligung. Nur wenn bekannt ist, welche Personengruppen in der jeweiligen Wohnanlage leben, können gezielte und effektive Methoden zur Mieter:innenbeteiligung entwickelt werden. Allgemeine Befragungen sind häufig nicht zielführend, da sie bestehende Vorurteile aktivieren können. Stattdessen ist es erforderlich, ein individuell angepasstes Konzept zu erstellen, das auf den spezifischen sozialen Strukturen basiert. Da dieses Konzept auf andere Wohnanlagen übertragbar sein soll, sollte als allgemeine Strategie verankert werden, dass die Analyse der sozialen Gegebenheiten stets der erste Schritt ist. Erst wenn diese Erkenntnisse vorliegen, können gezielt Methoden eingesetzt werden, um eine passgenaue Umsetzung zu ermöglichen.

Es lassen sich fünf zentrale Mieter:innentypen identifizieren, die jeweils eine angepasste Herangehensweise erfordern:

- Ängstliche: Diese Gruppe ist den Veränderungen skeptisch eingestellt. Besonders ältere Bewohner:innen befürchten oft, dass etwa durch die Fassadenbegrünung Insekten in ihre

Wohnungen gelangen könnten. Eine gezielte Aufklärung durch Informationsmaterialien, Exkursionen oder Erfahrungsberichte kann helfen, diese Ängste abzubauen.

- Querulanten: Diese Gruppe ist in nahezu jeder Wohnanlage vertreten. Während ihre Einwände ignoriert werden können, kann eine gezielte Einbindung, wenn erfolgreich, die Akzeptanz des Projekts erheblich steigern. Direkte Einzelgespräche oder die Ansprache über Hierarchieebenen, beispielsweise durch Geschäftsführergespräche, können hier zielführend sein.
- Schweigende Mehrheit: Diese Mieter:innen nehmen von sich aus nicht aktiv an Befragungen teil und äußern keine Meinung zum Vorhaben. Diese Einzubinden erfordert einen hohen zeitlichen und personellen Aufwand, beispielsweise durch persönliche Gespräche im direkten Kontakt (Haustürgespräche).
- Interessierte: Diese Bewohner:innen zeigen eine grundsätzliche Offenheit gegenüber dem Projekt und können als Multiplikatoren fungieren, indem sie, wenn sie überzeugt sind, das Projekt weiter transportieren. Daher ist es wichtig, diese Personen frühzeitig zu identifizieren und aktiv in den Beteiligungsprozess einzubinden. Das gelingt über eine direkte Form der Partizipation und Mitsprache. Außerdem kann man bei dieser Gruppe gut mit Fragebögen arbeiten.
- Nicht Erreichbare: Manche Bewohner:innen sind schwer oder gar nicht für das Projekt zu gewinnen. Ihnen sollte zwar die Möglichkeit zur Beteiligung gegeben werden, jedoch ohne übermäßigen Aufwand. Direkte Ansprache kann ein Mittel sein, jedoch sollte akzeptiert werden, dass nicht alle Mieter:innen eingebunden werden können.

Die Identifikation dieser sozialen Gruppen kann durch Gespräche mit der Hausverwaltung oder den Hausmeister:innen geschehen – sie wissen oft, wer aktiv ist und wer Schwierigkeiten bereitet. Auch die Analyse von Fluktuationsraten und Altersstrukturen der Mieterschaft gibt wertvolle Hinweise. Auf dieser Grundlage können dann gezielt Methoden ausgewählt werden, die den unterschiedlichen Bedürfnissen der Mieter:innen gerecht werden.

Information: Ein zentraler Erfolgsfaktor ist außerdem eine kontinuierliche und regelmäßige Information. Damit sich Mieter:innen ernst genommen fühlen, ist es wichtig, ihnen regelmäßige und leicht zugängliche Informationen bereitzustellen. Dies kann über abrufbare Informationsformate erfolgen, aber auch durch eine feste Ansprechperson vor Ort, wie Hausmeister:innen, der als Schnittstelle zwischen Mieterschaft und Projektverantwortlichen agiert, Rückmeldungen sammelt und aufkommende Probleme frühzeitig adressiert. Dadurch wird sichergestellt, dass Anliegen der Bewohner:innen an die zuständigen Stellen weitergeleitet werden und Kommunikationslücken vermieden werden.

Niederschwellige Strategien: Um die Mieter:innen aktiv zu erreichen, können unkomplizierte Maßnahmen eingesetzt werden. Beispielsweise durch die Organisation eines großen Festes, bei dem die Mieter:innen direkt angesprochen werden. Dabei ist es von Vorteil, wenn auch Vertreterinnen höherer Hierarchieebenen (z.B. Geschäftsführer:innen) anwesend sind. Darüber hinaus können auch

„Role Models“, also Bewohner:innen aus anderen Projekten, eingeladen werden, die von ihren Erfahrungen berichten. Eine gute Möglichkeit sind auch mobile grüne Wände oder Informationsboxen vor Ort, die die geplanten Maßnahmen für die Bewohner:innen erlebbar machen.

Strategien wie ein Fragebogen, der in den Briefkästen landet, sind oft nicht zielführend, da die Rücklaufquote in der Regel nur bei 10-12 % liegt, was zu wenig repräsentativen und aussagekräftigen Ergebnissen führt. Ein Workshop für Interessierte ist grundsätzlich eine gute Methode, um das Thema verständlich zu vermitteln. Ein einzelner Workshop reicht jedoch nicht aus, da nicht alle teilnehmen können und je nach Zeitpunkt des Workshops nur eine bestimmte Gruppe erreicht wird.

Besser ist es, zuvor die Gruppen zu identifizieren und ein modulares System zu entwickeln, das die Mieter:innen auf ihre spezifische Art und Weise abholt und informiert. In Frankfurt konnte durch dieses systematische Verfahren zur Mieter:innenbeteiligung die Zahl der mietrechtlichen Auseinandersetzungen bei vergleichbaren Sanierungsmaßnahmen von 20 % auf nur noch 3 % reduziert werden. Mit diesem passgenauen Verfahren ist es immer gelungen, die Mieter:innen abzuholen, so dass es zu keinen größeren Klagen kam.

Alternativen: Wenn man nicht bereit dazu ist, oder es nicht gelingt eine ernsthafte Beteiligung zu machen, die situativ und gruppenspezifisch erfolgen muss, dann sollte man sich nur auf eine gut aufbereitete Informationsstrategie konzentrieren. Eine solche sollte gut strukturiert und transparent sein, mit klaren Informationen über das, was wann passiert. Besonders wichtig ist es, mögliche Nachteile, wie die Dauer der Bauarbeiten, transparent darzulegen und gegebenenfalls auch mehrsprachige Informationen anzubieten, wenn nicht alle Mieter:innen gut Deutsch sprechen.

Das Ziel der Mieter:innenbeteiligung sollte sein, dass sich die Bewohner ernst genommen und gut informiert fühlen. Nur so entsteht eine engagierte Gemeinschaft, die das Projekt mitträgt, Verantwortung übernimmt, wodurch auch Vandalismus reduziert wird. Darüber hinaus stärkt dies den sozialen Zusammenhalt, da sich die Beteiligten im Rahmen des Projekts kennenlernen und gemeinsam für ihre Siedlung arbeiten, was auch die Bindung der Mieter:innen fördert.

3.2 Technische Machbarkeit, Nachhaltigkeit

Es war deklariertes Ziel des „sozialen Städtebaus“ (erg: des Wiens der Nachkriegszeit), die Bevölkerung, die im Zinshaus in Substandard, d.h. mit mangelhafter Ausstattung (...) lebte, in bessere Statussegmente des Wohnungsmarktes emporzuheben, im Idealfall in neuerrichtete Wohnhausanlagen im kommunalen bzw. geförderten Wohnbau. (Reinprecht, 2005)

Washbeton-Fertigteilmontagebauweise wurden eingesetzt, um die Errichtung von großvolumigem, modernem und gesundem Wohnraum zu beschleunigen. Der Mangel an Facharbeitern führte zu Experimenten mit Fertigteilsystemen, die das Projektteam im Sondierungsobjekt Angeligasse vorfand. Im

Lauf des Projekts zeigte sich, dass Brüstungsfertigteile freitragend in den Schotten verhängt wurden, und sich die Aufbauten geringfügig unterscheiden.

3.2.1 Bauteiluntersuchungen Angeligasse 97-99

Die Exkursion zeigte die Wichtigkeit der Aufbauten-Analyse, weshalb die Bauteil-Öffnung vorgezogen wurde. Die Bauteiluntersuchung der Wohnhausanlage Angeligasse 97–99, 1100 Wien, wurde von der MA39 –Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle durchgeführt.

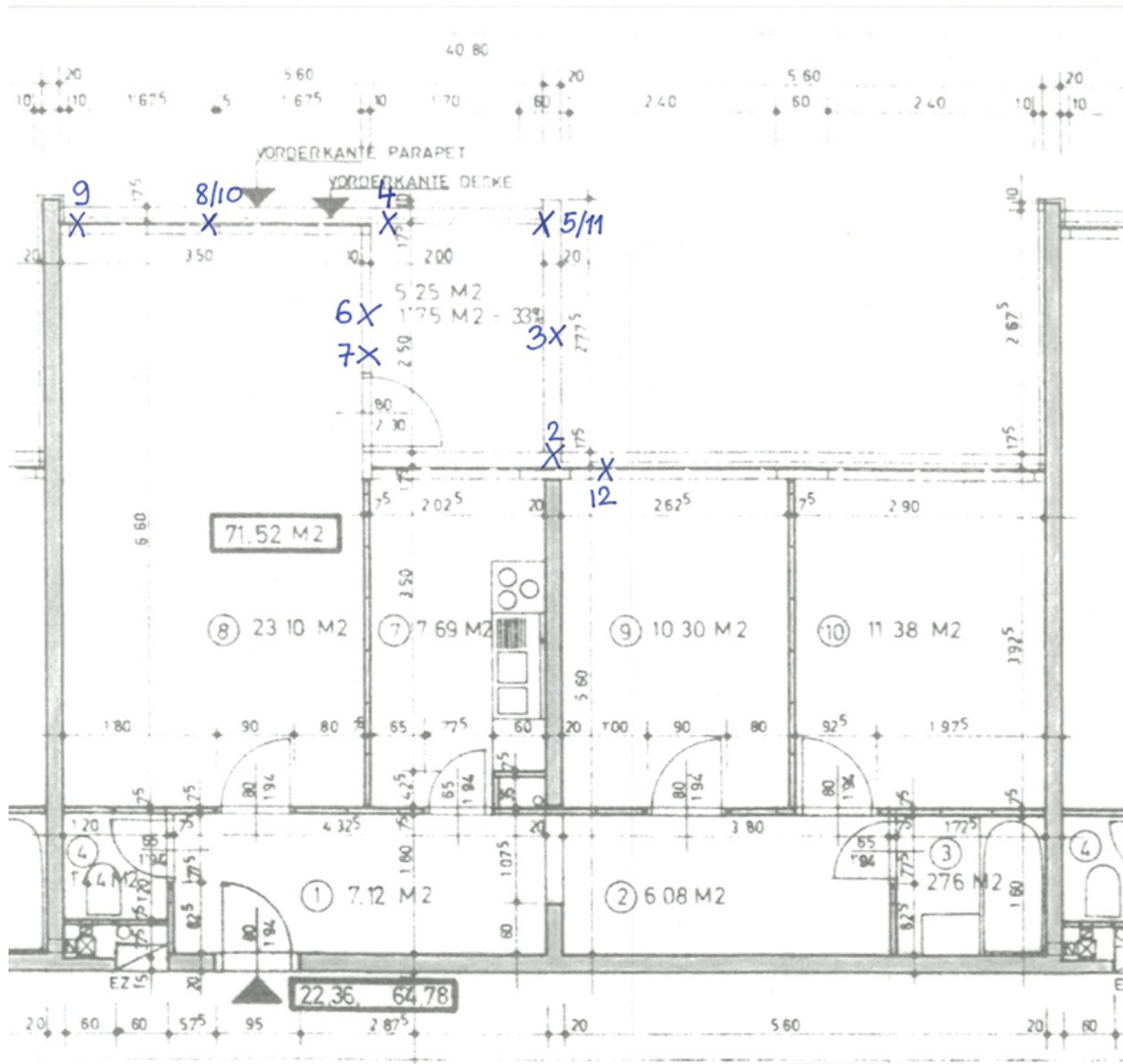
Das untersuchte Objekt Angeligasse 97-99 wurde laut Plänen in Stahlbetonbauweise ausgeführt, sichtbar sind Oberflächen im Waschbeton (Brüstungsbereich) und Kupferblech (Schotten). Das Projektteam vermutete vorgehängte Waschbetonteile, da von unten ein Spalt sichtbar ist.

Ziel der Untersuchungen war die Feststellung des tatsächlichen konstruktiven Aufbaus, der Materialeigenschaften sowie der Möglichkeiten zur Wiederverwendbarkeit der bestehenden Fassadenelemente. Die Untersuchungen fanden an mehreren Terminen im Februar und März 2025 statt und umfassten visuelle Befundaufnahmen und Bohrkernentnahme und -versuche für die Ermittlung der Schichtenaufbauten im Bereich der Waschbeton- und Blechfassaden. Die Probenentnahmen und anschließenden Verschlussarbeiten wurden durch den Auftraggeber (GESIBA) organisiert.

Untersuchungen der MA39

Im Zuge der Befundaufnahmen wurden insgesamt 12 Prüfstellen geöffnet und dokumentiert. Der Waschbetonfertigteile besteht aus einem Verbundaufbau mit 2 cm Verputz, 16 cm Hochlochziegel und 7 cm Waschbetonfassade. Zwischen Loggia und Wohnraum wurde thermisch nicht getrennt.

Abbildung 9: Wohnungsgrundriss mit Eintragung der Probebohrungen, RfM Architektur+MA39+TU



Beschreibung der Befundung

- Prüfstelle 1 – Blechfassadenaufbau im Erdgeschoss:**
 Der Fassadenaufbau besteht aus einem Betonuntergrund, einer 25 mm starken Dämmebene, einer 24 mm Konterlattung, einer 24 mm Traglattung, einer 24 mm Vollschalung im Bereich des Erdgeschoßes sowie aufgesetzten Kupferblechbahnen (verdeckte Verschraubung, Breite ca. 24 cm, Steckfalzsystem).

Abbildung 10: Fassadenaufbau, RfM Architektur



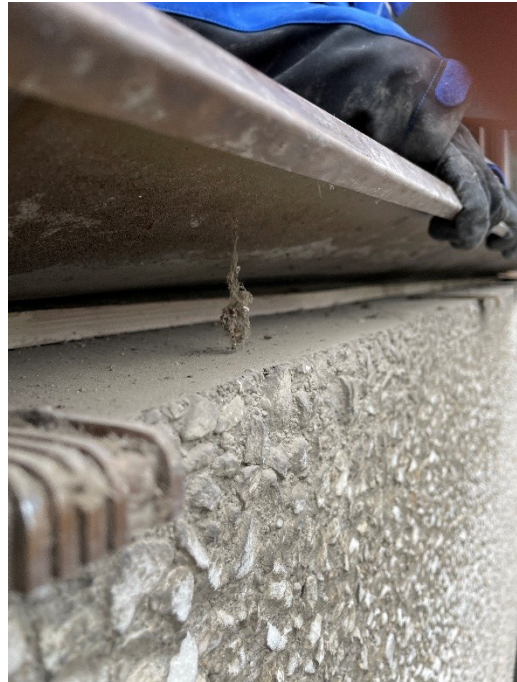
- **Prüfstelle 2 – Anschluss Brüstung zur Innenwand:**
Stirnseitig wurde eine 200 mm starke Betonwand festgestellt, stumpf an die Außenwand stoßend, mit einer 90 mm Dämmebene – in der die Heizungsleitung geführt werden – und einer 16 mm Nut-Feder Schalung.

Abbildung 11: Anschluss Brüstung zur Innenwand, RfM Architektur



- **Prüfstelle 3 – Brüstung Loggia:**
Der Aufbau besteht aus Kupferblech, 24 mm Holzschalung, einer Hinterlüftung bzw. einem Hohlraum, einer 190 mm starken Betonbrüstungswand sowie einem 20 mm Styroporputzträger.

Abbildung 12: Brüstung Loggia, RfM Architektur



- **Prüfstelle 4 – Brüstung Loggia (Hebeschleufe):**

Auch hier wurde die Brüstung der Loggia untersucht. Es konnte eine Hebeschleufe im Beton festgestellt werden.

Abbildung 13: Brüstung Loggia, RfM Architektur



- **Prüfstelle 5 – Loggia, Deckenplatte:**
Die Deckenplatte weist eine Stärke von 210 mm auf. Zwischen Deckenplatte und Waschbetonplatte befindet sich ein ca. 45 mm breiter Spalt, der mit einem Dämmstoffzopf ausgefüllt wurde.
- **Prüfstelle 6 – Holzwand zur Loggia:**
Es wurde eine Gesamtdicke von 100 mm festgestellt, mit einer 80 mm starken inneren Dämmebene aus Mineralwolle.

Abbildung 14: Holzwand zur Loggia, RfM Architektur



- **Prüfstelle 7 – Sturzbereich Loggiaverbau:**
Der Aufbau besteht aus einem 55 mm Blindstock mit Nut- und Feder-Schalung sowie einer bis zu 200 mm integrierten Dämmebene und raumseitigem Sperrholzabschluss.

Abbildung 15: Sturzbereich Loggiaverbau, RfM Architektur



- **Prüfstelle 8 – Boden im Wohnzimmer:**
Der Bodenaufbau besteht aus einer nach außen durchgehenden Betondecke, einer 50 mm Schotter­schicht, 6 mm MDF-Platte und einem Bodenbelag.
- **Prüfstelle 9 – Eckverbindung Außenwand Wohnzimmer:**
Es wurde eine 120 mm breite Ortbetonecke festgestellt, anschließend eine Ausmauerung aus Hochlochziegelmauerwerk (HLZ) und ein 25 mm starker Putz.

Abbildung 16: Eckverbindung Außenwand Wohnzimmer, RfM Architektur



- **Prüfstelle 10 – Bodenanschluss:**

Die Außenwand verläuft offenbar freitragend, da ein 80 mm Luftraum unterhalb der Wand vorhanden ist, der mit Glaswolle verschlossen wurde. Eine Verbindung zwischen Decke und Wand ist nicht sichtbar.

Abbildung 17: Bodenanschluss, RfM Architektur



- **Prüfstelle 11 – Brüstungsecke Loggia:**

Der Waschbeton-Ziegel-Fertigteile ist freitragend seitlich in die Betonschotten befestigt, vermutlich durch Bewehrungsseisen verankert, sichtbar ist ein 120 mm breiter Streifen aus

Ortbeton an der Ecke. Die Mauerkrone wurde mit Leichtbeton abgeglichen. Auf der rechten Seite befindet sich eine Betonbrüstungswand mit 25 mm starke Putzträgerplatte (Holzwolleleichtbauplatte + Polystyrol).

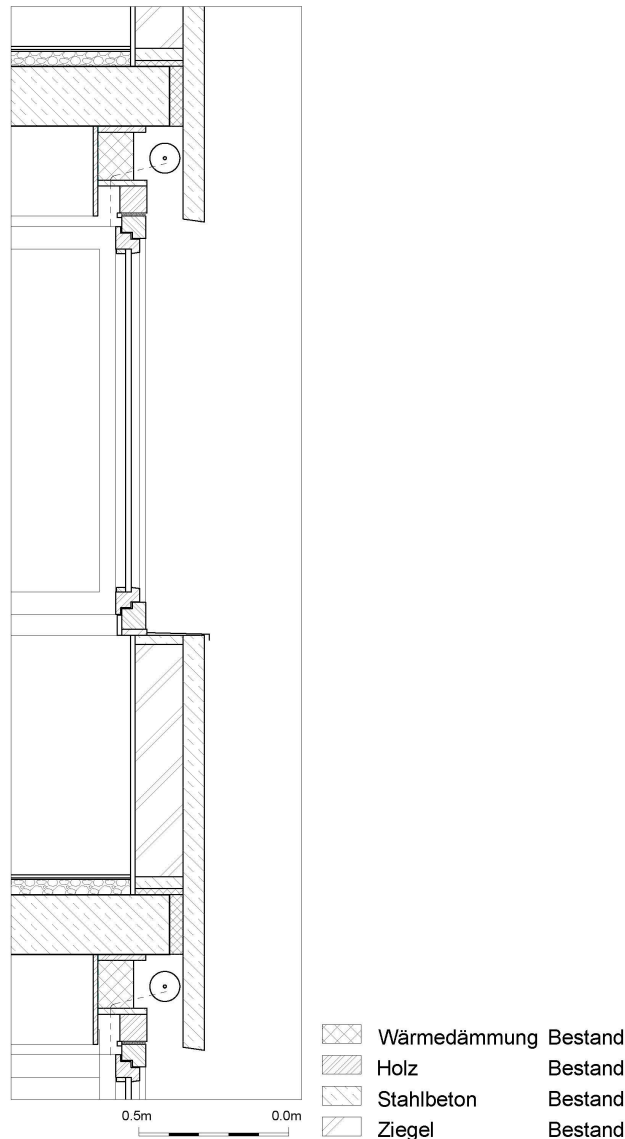
Abbildung 18: Brüstungsecke Loggia, RfM Architektur



- **Prüfstelle 12 – Außenwand Schlafzimmer:**

Im Eckbereich besteht der Aufbau aus einer 120 mm breiten Betonwand und einem 25 mm Putz mit Putzträgerplatte (Holzwolleleichtbauplatte + Polystyrol). Das anschließende Mauerwerk besteht aus HLZ-Mauerwerk mit 25 mm Putz.

Abbildung 19: Fassadenschnitt Bestand, RfM Architektur



Die Untersuchungen ergaben, dass die Fassade aus unterschiedlichen Materialien und Bauweisen zusammengesetzt ist, was bei einer zukünftigen Sanierung eine differenzierte Herangehensweise erfordert. Besonders die Kombination von Ortbeton, Hochlochziegeln, Dämmstoffen und vorgesetzten Waschbetonelementen weist auf komplexe Anschluss- und Befestigungssituationen hin und macht ein Auseinandernehmen des Fertigteils und ein Dämmen hinter der Waschbetonfassade unmöglich.

Fenster: Analyse und Sanierungskonzept

Im Zuge der Befundung in der Liegenschaft Angeligasse 97–99 wurde das Gewerk *Fenster und Fenstertüren* einer detaillierten Untersuchung unterzogen. Ziel der Befundung war die Analyse von Sa-

nierungs- und Ertüchtigungsmöglichkeiten der Bestandsfenster im Hinblick auf thermische Verbesserung, Ressourcenschonung, positive CO₂-Bilanz und technische Machbarkeit. Dieses Konzept fasst die Befundung der Firma Wöhler und die Vor-Ort-Termine mit Herrn Ing. Mst. Andreas Distel (Tischlerei Kout GmbH)- zusammen.

Ausgangssituation: Vor Ort wurden ehemalige Rahmen von Glasschiebefenstern vorgefunden, die als **Unterkonstruktion (Blindrahmen)** für die eingebauten Isolierglasfenster genutzt wurden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Glasaufbau der Bestandsfenster. Die bestehenden Isolierglasfenster stammen aus dem Jahr 1993. Im Innenraum waren diese Rahmen seitlich mit Blenden abgedeckt und die Anschlussfugen zur Mauer mit **Mineralwolle** ausgedämmt. Außen wurde eine angebrachte Verschalung mit Nut- und Federbrettern vorgefunden. Zudem bestand eine Zwischenwand zum Balkon, ergänzt durch eine Drehtüre, im gleichen Konstruktionssystem.

Abbildung 21: Plan von Pilotwohnung mit Kennzeichnung der Fenster, Fa. Wöhler

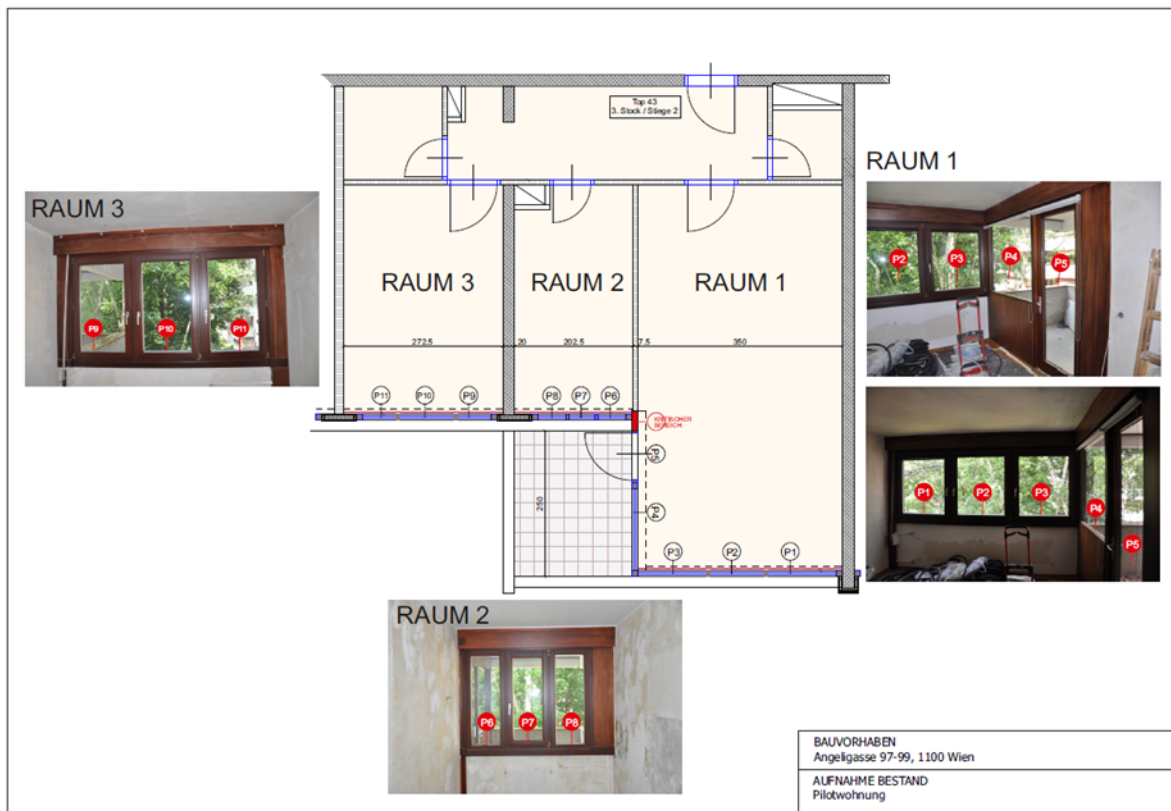


Tabelle 1: Glasaufbau der begutachteten Fenster, Fa. Wöhler

	Raum 1	Art	IST	Glaspaket [mm]
P1	Flügel 1	Fenster	4/16/4	24
P2	Flügel 2	Fenster	4/16/4	24
P3	Flügel 3	Fenster	4/16/4	24
P4	Fix	Fix	4/8/4	16
P5	Balkontür	Balkontür	3/12/3	18
	Raum 2	Art	IST	Glaspaket [mm]
P6	Flügel 1	Fenster	4/16/4	24
P7	Flügel 2	Fenster	4/16/4	24
P8	Flügel 3	Fenster	4/16/4	24
	Raum 3	Art	IST	Glaspaket [mm]
P9	Flügel 1	Fenster	4/16/4	24
P10	Flügel 2	Fenster	4/16/4	24
P11	Flügel 3	Fenster	4/16/4	24

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Bestandsaufnahme der eingebauten Fenster- und Türelemente in drei untersuchten Räumen. Für jedes Bauteil wurden die Art des Elements, die vorhandene Verglasung (IST-Zustand) sowie die Dicke des Glaspaket dokumentiert.

In Raum 1 wurden vier Fensterelemente und eine Balkontür untersucht. Die drei öffnere Flügel (P1–P3) sind mit einer Zweifach-Isolierverglasung 4/16/4 ausgestattet, was einer Gesamtdicke von 24 mm entspricht. Das fixe Element (P4) weist eine dünnere Verglasung von 4/8/4 mm auf (Gesamtdicke 16 mm). Die Balkontür (P5) besitzt ein Glaspaket von 3/12/3 mm, also 18 mm Gesamtdicke, und unterscheidet sich somit konstruktiv von den Fenstern.

In Raum 2 wurden ebenfalls drei Fensterflügel (P6–P8) mit identischem Aufbau wie in Raum 1 erfasst (4/16/4 mm, 24 mm Gesamtdicke). Raum 3 zeigt denselben Aufbau mit zwei Fensterflügeln (P9–P10), ebenfalls mit Zweifachverglasung 4/16/4 mm und einer Gesamtdicke von 24 mm.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Fenster eine einheitliche Isolierverglasung aufweist. Abweichungen bestehen lediglich bei fixen Elementen und der Balkontür, die geringere Glaspaketstärken besitzen und somit potenziell schlechtere wärmetechnische Eigenschaften aufweisen.

Analyse der Bestandsfenster: Die dargestellten Hinweise und empfohlenen Maßnahmen basieren auf der Begutachtung der Fenster in den drei untersuchten Wohnungen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in anderen Wohnungen abweichende bauliche Gegebenheiten vorliegen können, weshalb dort gegebenenfalls angepasste Maßnahmen erforderlich sind.

- Ein Austausch der Fensterbeschläge ist erforderlich, wenn das Gewicht des auszutauschenden Glases das des Bestandsglases übersteigt.
- Hersteller der Bestandsbeschläge: LEITNER Fenster, Baujahr 1993
- Kontakt für Beschläge und technische Abklärungen: Firma MyMaco
- Die Dichtungen sind aktuell in Ordnung. Ein Austausch gegen höherwertige Varianten ist problemlos möglich.
- Die Silikonanschlüsse der Verglasung sind in Ordnung. Eine Erneuerung bei Glasaustausch ist möglich.
- Die Balkontüren müssen aus Sicherheitsglas (ESG) bestehen. (verpflichtend lt. OIB RL4)
- Die Fensteroliven sind aufgrund ihres schlechten Zustands zu ersetzen.
- Achtung: Die Anschlüsse der Regenschienen sind porös. Eine Lösung für die Abdichtung ist erforderlich zur Vermeidung von Wassereintritt bei Starkregen.
- Achtung: Bei Glasaustausch ist das Mehrgewicht zu berücksichtigen. Hierbei ist die Rücksprache mit dem Beschlaghersteller oder Fa. MyMaco notwendig.

Sanierungsstrategie Fenster: Vakuumisoliertglas: Es wurden fünf Optionen für die Ertüchtigung der Verglasung geprüft. Sollte zu Sanierungsstrategie geschoben werden, hier nur Lösung Pilotwohnung!

- Variante 1: Umbau des Bestandsglases zu einem Dreifach-Isoliertglas (U-Wert 1,5–1,8, jedoch ohne Gewähr).
- Variante 2: Neues Zweifach-Isoliertglas mit U-Wert 1,0.
- Variante 3: Vakuum-Isoliertglas mit U-Wert 0,5.
- Variante 4: Dreifach-Isoliertglas (Standardpaket) mit U-Wert 0,7. Beschlagwechsel erforderlich!
- Variante 5: Dünnschicht-Dreifach-Isoliertglas mit U-Wert 0,7. Prüfung der alten Scheiben, Reinigung, Montage einer Dünnglasscheibe davor, U-Wert Glas: ca. 0,7 W/ (m²K), Beschlagwechsel erforderlich.

Nach eingehender Prüfung der Glasertüchtigung wurde die Variante 1 Umbau des Bestandsglases, Ertüchtigung der Fenster durch Aufbringen einer zusätzlichen Scheibe, fallengelassen, weil dafür keine Firma gefunden wurde: Die Problematik besteht darin, dass die Bestandsscheiben ausgebaut, in die Glasfirma transportiert, dort auseinandergenommen, gewaschen und wieder zusammengesetzt werden muss, um anschließend wieder zurück transportiert werden zu können. Dies führt zu hohen Kosten, Unannehmlichkeiten für die Bewohner:innen und ungeklärter Handhabung bei der

Gewährleistung/Haftung). Variante 3 (Vakuum-Isolierglas) wurde nach intensiver Prüfung als technisch machbar bestätigt. Diese Variante stellte daher die bevorzugte Sanierungslösung dar. Varianten 2, 4 und 5 stellten Standardfälle dar, die ebenso umgesetzt werden hätten können, aber gegenüber Variante 2 keinen thermischen Mehrwert erbracht hätten. Vakuum-Isolierglas besteht aus 2 Scheiben mit 1mm Vakuum dazwischen, d.h. es ist nicht schwerer als die Bestandsfenster, und die Beschläge konnten erhalten werden.

3.2.2. Statik

Das klare Tragwerkskonzept des Gesamtbauwerks lässt sich anhand der vorliegenden Planunterlagen zur ursprünglichen Errichtung vergleichsweise einfach nachvollziehen. Die Querschotten aus Stahlbetonwänden mit Wandstärken von 20 cm sind durchgehend über alle Geschosse vorhanden und stellen die Hauptbauteile zur vertikalen Lastableitung dar. Darauf aufgelagert sind die Geschossdecken mit einer Spannrichtung in den Wohnungsbereichen parallel zu den Außenfassaden. Aus statischer Sicht wurde das Hauptaugenmerk im Rahmen der aktuellen Untersuchungen auf die Feststellung der Konstruktions- und Montageweise der Fassadenelemente unterhalb der Fensterbänder gerichtet.

Statische Interpretation des Fassadenbauteils aufgrund der Bauteil-Öffnung

Entgegen den ursprünglichen Annahmen handelt es sich bei den Waschbetonfassaden nicht um vor die eigentlichen Parapetwände vorgehängte Elemente. Vielmehr stellen die Fassadenplatten neben den Fenstern die einzigen raumbildenden Elemente der betreffenden Außenwände dar. Die Ausführung des Aufbaus bestehend aus innenliegender Hochlochziegelebene und Betonaußenschale lässt darauf schließen, dass die Herstellung im Fertigteilwerk durch Auflegen der Ziegelsteine in die vorgeordnete Schalung und anschließendes Ausbetonieren erfolgte. Ziegel und Beton sind durch dieses Herstellungsverfahren einen mechanischen Verbund eingegangen, der praktisch keine weiteren Befestigungselemente zwischen diesen beiden Werkstoffen erforderlich macht.

Was letztlich die ausschlaggebenden Gründe für die festgestellte Ausführungsart der Wandelemente mit Ziegelfüllung gewesen sind, geht aus vorliegenden Unterlagen nicht hervor. Im Folgenden seien daher die wesentlichsten Vorteile gegenüber einer Ausführung als homogene Betonplatte und damit mögliche Entscheidungskriterien kurz erläutert.

Das Eigengewicht der Fassadenplatten ist durch den Innenkern aus Hochlochziegeln ein geringeres. Dadurch ergeben sich Erleichterungen beim Transport, beim Einheben in Form geringerer Kranlasten sowie bei der Montage an den Querschotten. Zudem kommt es zu geringeren resultierenden Fundamentlasten. Der Unterschied zu einer Ausführung mit massiven Betonplatten ist hierbei allerdings marginal.

Aus bauphysikalischer Sicht weisen Hochlochziegel wesentlich bessere Wärmedämmeigenschaften auf als eine massive Stahlbetonplatte. Auch wenn dieser Umstand zum Errichtungszeitpunkt des gegenständlichen Gebäudes einen lediglich geringen Stellenwert aufgewiesen haben mag, kann das mit ein Grund für die Entscheidung für die vorgefundene Ausführung gewesen sein.

Anhand der Bauteiluntersuchungen wurde festgestellt, dass die Fassadenplatten nicht auf den darunterliegenden Deckenplatten aufgelagert sind. Sie sind damit als wandartiger Träger ausgebildet, der über eine Länge von jeweils rund 6 m freitragend ausgebildet ist. Die Lastenleitung erfolgt ausschließlich in die Querschotte. Es konnten keine freiliegenden Aufhängungen in Form von Stahlelementen festgestellt werden. An den Anschlussstellen wirken die Wände der Querschotte und die Fassadenplatten wie in einem Stück betoniert. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Fertigteilelemente vor Herstellung der Querschotte in dem jeweiligen Geschoss eingehoben und für den Bauzustand temporär gestützt oder verankert wurden. Über Bewehrungsschlaufen erfolgte eine Einbindung in die Bewehrung der Wände, bevor diese in weiterer Folge betoniert wurden. Der Verputz der Innenflächen wurde vermutlich erst vor Ort gemeinsam mit jenem der Querschotte hergestellt.

Auf eine exakte Feststellung der Form der Anbindung, d.h. Lage, Dimension und Ausbildung der Bewehrungsschlaufen oder Stahlelemente wurde vorerst verzichtet. Hierzu wären teils umfangreiche Bauteilöffnungen notwendig gewesen, die den Umfang des Projekts gesprengt hätten. Es konnten weder Risse noch Schrägstellungen, Absenkungen oder andere Hinweise dafür festgestellt werden, dass es im Laufe der Bestandszeit des Gebäudes zu einer Schwächung der Befestigungen bzw. einem Tragfähigkeitsverlust gekommen wäre. Die gesamte Bewehrung des Brückenträgers wurde in der 7 cm starken, außenliegenden Betonschicht mit Waschbetonoberfläche angeordnet, da der Hochlochziegel statisch nur als Füllelement bewertet werden kann. Aufgrund dieser statischen Befundung hat das Projektteam die ursprüngliche Hypothese des Zerlegens der Fassade verworfen und sich auf Strategien geeinigt, die von einer Mehrbelastung des Fertigteils und der Decken im Auflagerbereich Abstand nehmen.

Änderung der Sanierungsstrategie

Der monolithische Aufbau des Fertigteils lassen eine De- und Remontage der Waschbetonfassade nicht zu: Die Art der Befestigung bedingt, dass eine Demontierbarkeit nur mit einem vergleichsweise hohen Aufwand, beispielsweise durch Freistemmen oder mittels Betonschneiderverfahren, möglich gewesen wäre. Eine Wiedermontage in gleicher Art und Weise wäre zudem technisch kaum umsetzbar, eine völlige Zerstörung sämtlicher Komponenten der Fassade die Folge, eine Wiederverwendung von Teilen praktisch ausgeschlossen. Die im Folgenden angedachten Sanierungsvarianten basieren daher alle auf der Annahme des Erhalts des Fertigteilträgers in der derzeitigen Form.

Die Platten weisen an den Unterkanten jeweils einen Überstand der Betonaußenschale auf, der als Abdeckung für die hier angeordneten Sonnenschutzelemente dient. Sieht eine Sanierung das Ab-

trennen dieser Plattenbereiche vor, beispielsweise um Rollladenkästen oder Dämmebenen anzuordnen, ist im Vorfeld die Bewehrungsführung innerhalb der Platten genauer zu untersuchen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in diesen Bereichen eine verstärkte Zugbewehrung angeordnet ist, die durch das Abtrennen entfallen würde und gegebenenfalls ersetzt werden müsste.

Bei einer augenscheinlichen Überprüfung der Fassadenflächen konnten an den Oberflächen der Waschbetonplatten keine nennenswerten Schäden in Form von Abplatzungen oder Korrosionsspuren festgestellt werden. Untersuchungen an ähnlichen Objekten (siehe z.B. Bericht zum Objekt Marktgasse 31-35) zeigen jedoch, dass es durchaus zu einem Fortschreiten der Karbonatisierungsfrent bis zur Bewehrung der Platten gekommen sein kann. Bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen, das Gesamtgebäude betreffend, empfiehlt es sich daher im Vorfeld Laboruntersuchungen durchführen zu lassen, um gegebenenfalls geeignete Instandsetzungsmaßnahmen bei unzulässig großen Karbonatisierungstiefen entwickeln zu können.

3.2.3. Beschreibung der untersuchten Sanierungsvarianten

Die untersuchten Sanierungsvarianten wurden wie folgt festgelegt:

- **Var. 1a – Verglasung optimieren:**
Die Glasscheiben der bestehenden Fenster werden durch Vakuumverglasungen mit einem Ug-Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.
- **Var. 1b – Fenstertausch:**
Die kompletten Fenster werden gegen neue 3-Scheiben-Fenster mit einem Referenz-U-Wert von $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ausgetauscht.
- **Var. 2 – Verglasung optimieren + Dämmmaßnahmen von außen:**
Aufbauend auf Variante 1a wird eine umfassendere Sanierungsvariante berechnet, die alle möglichen Dämmmaßnahmen von außen abbildet. Das Fertigteil wurde aufgrund architektonischer, statischer und geometrischer Unmöglichkeit als ungedämmt angenommen. Das Dach wird mit 20 cm gedämmt und mit einem Gründach ausgestattet. Die unterste Geschossdecke sowie die Kellerwände erhalten eine 12 cm dicke Dämmung. Die Stahlbetonschotten werden mit 16 cm gedämmt und im Anschlussbereich zu den Fenstern kommt eine Vakuumdämmung zum Einsatz, um die geometrischen Herausforderungen zu lösen. Bei dieser Variante muss nicht in die Wohnungen eingegriffen werden.
- **Var. 3 – Verglasung optimieren + Innendämmung:**
Wie bei Variante 2 werden auch hier Dach und Keller gedämmt. Die Fassadenflächen werden jedoch innen mit 10 cm dicken Mineraldämmplatten versehen.
- **Var. 3a – Verglasung optimieren + Innen- und Außendämmung:**
Diese Variante kombiniert die Maßnahmen aus Variante 2 und 3. Die Stahlbetonschotten (blechverkleidet) werden außen gedämmt, zusätzlich wird eine Innendämmung angebracht.

- **Var. 3b – Variante 3a + Wandheizung:**
Zu den Dämmmaßnahmen aus Variante 3a kommt eine Wandheizung hinzu.
- **Var. 3c – Variante 3a + Deckenheizung:**
Hier werden die Maßnahmen aus Variante 3a mit einer Deckenheizung kombiniert.

Abbildung 22: links - Schnitt nach BT-Untersuchung, Mitte - Schnitt V1, rechts - Schnitt V3, RfM Architektur

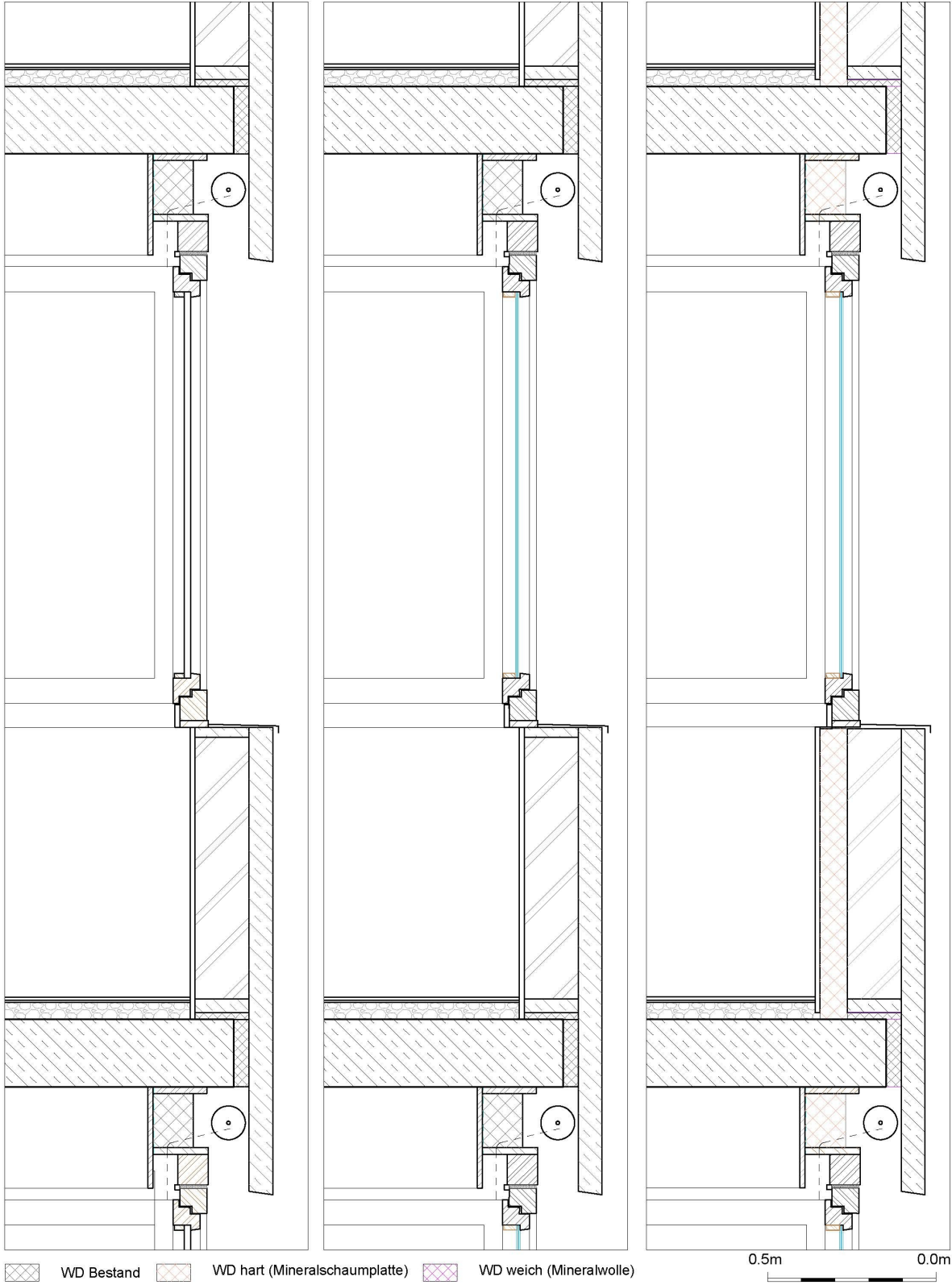
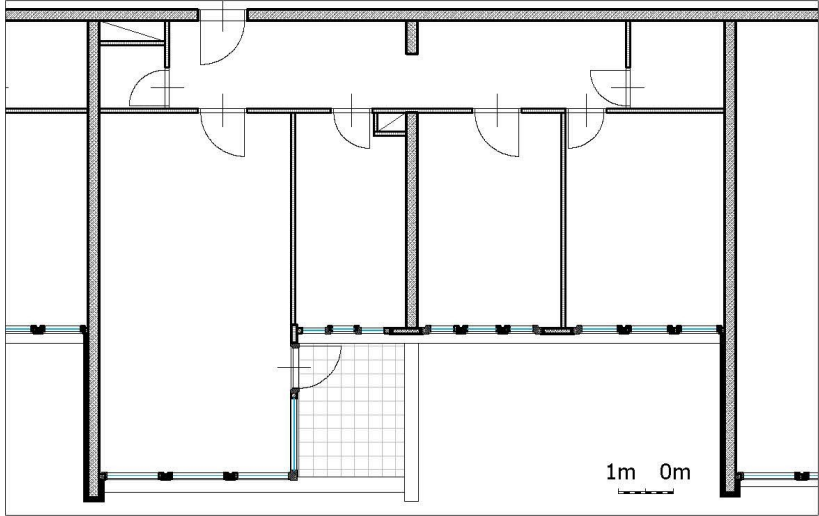
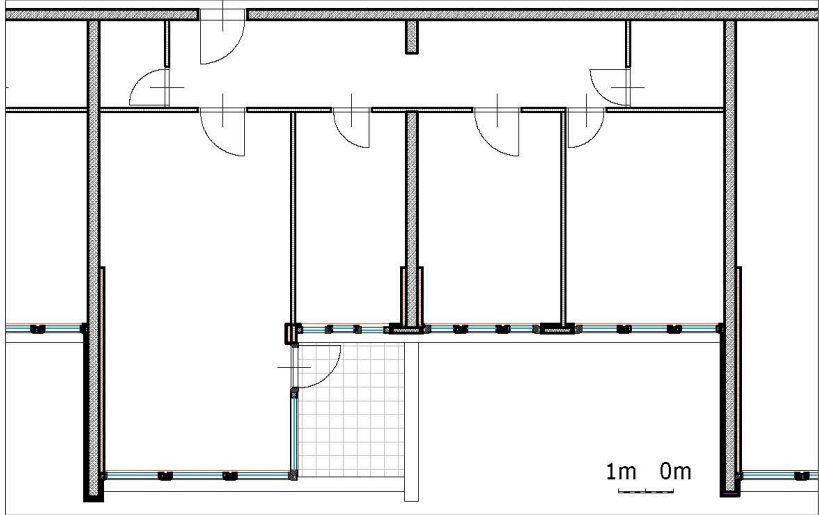


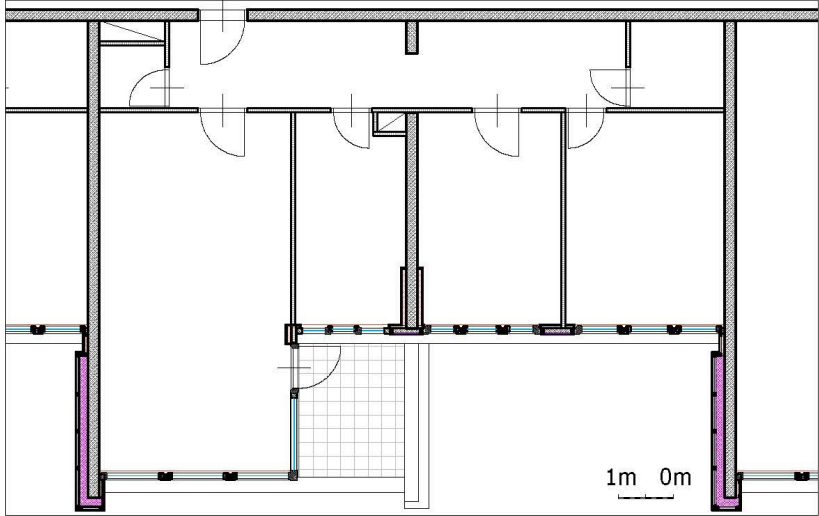
Abbildung 23: Grundriss Regelwohnung Varianten, RfM Architektur



Variante 1a



Variante 3



Variante 3a

WD Bestand

 WD hart (Mineralschaumplatte)

 WD weich (MW)

- **Var. 4 – Variante 3 + Dachgeschosszubau:**
Aufbauend auf den Sanierungsmaßnahmen aus Variante 3 wird eine bauliche Verdichtung durch einen Dachgeschosszubau untersucht.
- **Var. 5 – Variante 3 + Dachgeschosszubau + Glasvorbauten:**
Wie bei Variante 4 wird eine Verdichtung mit Dachgeschosszubau betrachtet, zusätzlich werden Glasvorbauten zwischen den Loggia-Vorsprüngen vorgesehen.

3.2.4. Bauphysikalische, ökologische, haustechnische Bewertung

Sanierungsvarianten/Bauphysik & Ökologie + Haustechnik: Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden ausgehend von der Berechnung der bauteil- und gebäudebezogenen Energiekennzahlen für den Bestand die Auswirkungen möglicher Sanierungsmaßnahmen auf Energieeffizienz und Komfort untersucht. Weiter wurden die geplanten Maßnahmen hinsichtlich der Verbesserung des Mindestwärmeschutzes untersucht. Ziel dabei war die Prüfung der Einhaltung der Anforderungen aus Bauordnung, OIB-Richtlinien und Förderung. Über thermische Maßnahmen hinaus wurden Untersuchungen durchgeführt, ob eine Umstellung auf Niedertemperaturheizsysteme möglich ist. Dabei wurde auch betrachtet, ob und unter welchen Bedingungen bestehende Heizkörper als Wärmeabgabesysteme weiterverwendet werden können bzw. ob ein Umstieg auf Niedertemperaturwärmeabgabesysteme möglich oder erforderlich ist.

Eine besondere Herausforderung stellte dabei die Bestimmung der Konstruktionsweisen und der verbauten Materialien dar. Für die identifizierten Baustoffe wurden typische, der Bauepoche üblichen Materialkenndaten für die Berechnungen herangezogen, wobei hinsichtlich der thermischen Baustoffkennzahlen insbesondere auf den Katalog für empfohlene Wärmeschutzrechenwerte von Baustoffen und Baukonstruktionen aus dem Jahr 1979 (Wärmeschutzrechenwerte, 1979) und die ÖNORM 8110-7 (ÖNORM B8110-7, 2013) zurückgegriffen wurde.

Zusammenfassend das Ergebnis der Untersuchungen:

Die Untersuchungen zeigen, dass eine schrittweise thermische Verbesserung einzelner Wohnungen im Bestand bauphysikalisch sinnvoll umsetzbar ist. Ziel ist es, durch eine 10 cm starke Innendämmung die Oberflächentemperaturen von Bauteilen zu erhöhen, da diese einen wesentlichen Einfluss auf das thermische Komfortempfinden der Nutzer:innen haben. Neben einer spürbaren Steigerung der Behaglichkeit tragen die Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und langfristig zu geringeren Heizkosten bei. Sie orientieren sich am Mindestwärmeschutz gemäß OIB-Richtlinie 6 (OIB-RL6, 2023).

Die untersuchte Kombination aus Innendämmung und Wandheizung bringt jedoch zusätzliche Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie, Abs. 4.7, mit sich. Nach derzeit geltender gesetzlicher Lage ist eine Umsetzung einer Wandheizung daher nicht möglich. Bei einer sukzessiven Sanierung einzelner Einheiten kann es in Einzelfällen zudem zu Kondensatbildung an angrenzenden Bauteilen kommen.

Durch detaillierte Wärmebrückenberechnungen und Simulationen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungsszenarien können potenzielle Risiken jedoch frühzeitig erkannt und durch gezielte Zusatzmaßnahmen minimiert werden.

Wesentliche Erkenntnisse aus den Berechnungen werden nachfolgend beispielhaft gezeigt.

Basierend auf den Erkenntnissen der Bauteilöffnungen und Thermografie-Aufnahmen ist eine Kerndämmung zwischen tragender Wand und Waschbetonplatte, wie ursprünglich angenommen, nicht möglich, da sich die Waschbetonplatten nicht abnehmen lassen. Die Bestandswände bestehen aus 16 cm Hochlochziegel mit einer 7 cm dicken Waschbetonplatte mit einem angenommenen U-Wert von 1,45 W/m²K. Aufgrund des diffizilen statischen Bestandes, der keine zusätzlichen Lastaufbringung erlaubt, um den Re-Use-Gedanken weiter zu verfolgen und aufgrund der geometrischen „Nase“, dem 6cm dünnen Abdeckung der Markisolekten-Kästen, fiel die Entscheidung auf eine Innendämmung. Zudem ist es ein Anliegen, die Fenster thermisch zu ertüchtigen. Im Bestand sind großteils Holzfenster mit 2-Scheiben Verglasung eingebaut, die einen U-Wert von etwa 1,6 W/m²K aufweisen. Zur Ermittlung des Energieeinsparpotenzials der geplanten Maßnahmen wurden Energieausweisberechnungen mithilfe des Programms Archiphysik durchgeführt.

Der Bestands-Energieausweis dient als Vergleichsbasis. Durch Anpassungen des Bestands-Energieausweises mit den beschriebenen Maßnahmen wurden die Energiekennzahlen ermittelt. Des Weiteren wurde der CO₂-Ausstoß der Herstellungsphase im Zuge der Sanierungsmaßnahmen mithilfe von Eco2soft ermittelt. In Verbindung mit dem spezifischen CO₂-Bedarfswert, der sich aus der Energieausweisberechnung ergibt, kann die Amortisationszeit der entstandenen CO₂-Emissionen durch die erzielten CO₂-Einsparungen bestimmt werden.

Innendämmung

Bei der Innendämmung wird zwischen kondensatbegrenzenden und kondensattolerierenden Systemen unterschieden. Kondensatbegrenzende Systeme verhindern die Bildung von Tauwasser mithilfe einer diffusionshemmenden Schicht, die den Durchgang von Wasserdampf stark einschränkt. Kondensattolerierende Systeme setzen dagegen auf diffusionsoffene und kapillar leitfähige Materialien, also Baustoffe, die Feuchtigkeit aufnehmen, weiterleiten und wieder abgeben können – etwa Lehmputz oder Mineraldämmplatten. Systeme mit Dampfbremse (also diffusionshemmender Schicht) sind vor allem im sozialen Wohnbau problematisch, da sie bei Beschädigungen der Dampfsperre leicht zu Feuchte- und Schimmelproblemen führen können. Bei den kondensattolerierenden Varianten kommen unterschiedliche Materialien zum Einsatz: Holzfaserdämmungen mit Lehmputz gehören zur Substratgruppe I (NAWAROs), also zu natürlichen, gut abbaubaren Rohstoffen, die jedoch ein erhöhtes Risiko für Schimmelbildung aufweisen. Mineraldämmplatten hingegen zählen zur Substratgruppe II – sie bestehen aus mineralischen, kapillar aktiven Dämmstoffen, die kaum biologisch abbaubar sind, dafür aber ein deutlich geringeres Schimmelrisiko aufweisen (WTA-Merkblatt, WTA Merkblatt 6-3: Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos. WTA e.V. (Ed.), 2024).

Mineralische Dämmplatte: Die OIB-Richtlinie 6 schreibt der Sanierung von Wänden einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ vor. Dieser Wert wird bei einem Einsatz einer Innendämmung mit einer Wärmeleitzahl von $0,042 \text{ W/m K}$ mit 9 cm erreicht. Dient ein Wintergarten bzw. Glasvorbau als thermischer Pufferraum, so kann die Dämmung auf 4 cm reduziert werden, da die Anforderung auf einen U-Wert von $0,60 \text{ W/m}^2$ angehoben wird. Aufgrund des Risikos der Bildung von Kondensat durch die Verschiebung des Taupunktes ist bei Dicken von 10 cm die Verwendung von Mineralfüllplatten zu empfehlen, die eine gewisse schadfreie Wasseraufnahme garantieren können. Bei dünnerer Ausführung ist auch der Einsatz von nachwachsenden Dämmstoffen wie etwa aus Holzfasern denkbar, muss aber immer im Einzelfall mithilfe einer Simulation abgestimmt werden.

Wärmebrückensimulationen mit Einsatz von Innendämmung: Zur Identifikation thermischer Schwachstellen im Gebäude wurden dreidimensionale Wärmebrückenberechnungen mit dem Programm Antherm durchgeführt. Die Auswertungen zeigen, dass insbesondere die Außenwände ein signifikantes Potenzial für Wärmeeinsparungen aufweisen. In der zugehörigen Grafik (Abbildung 24) ist die resultierende Oberflächentemperatur bei normativen Randbedingungen – einer Außentemperatur von -10 °C und einer Innentemperatur von 20 °C – dargestellt.

Die Darstellung der Oberflächentemperaturverläufe (Abbildung 24) und des Wärmestroms (Abbildung 25) liefert eine rasche und anschauliche Einschätzung der relevanten Wärmebrücken im Bauteilverbund. Dabei zeigt sich, dass insbesondere die Gebäudeecken sowie die Fensteranschlussbereiche ein erhebliches Potenzial für thermische Optimierungen durch gezielte Dämmmaßnahmen aufweisen.

Abbildung 24: Oberflächentemperatur im Bereich der Stahlbeton-Schotte im ungedämmten Bestand, IBO

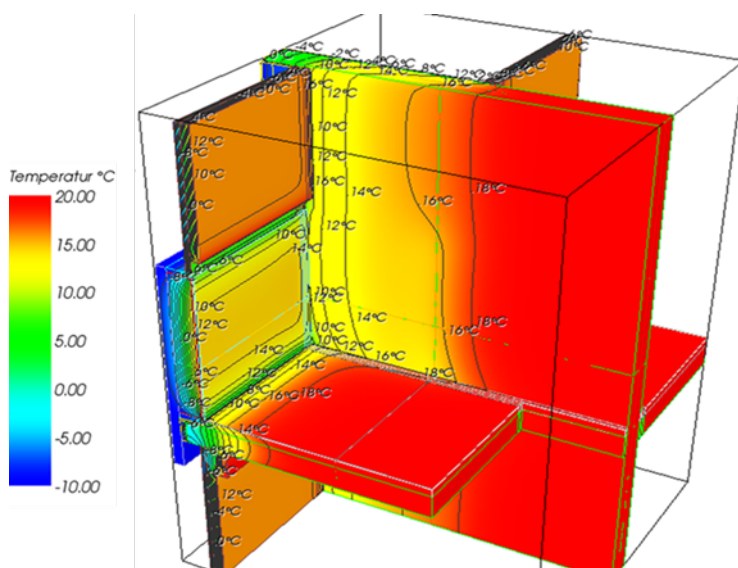
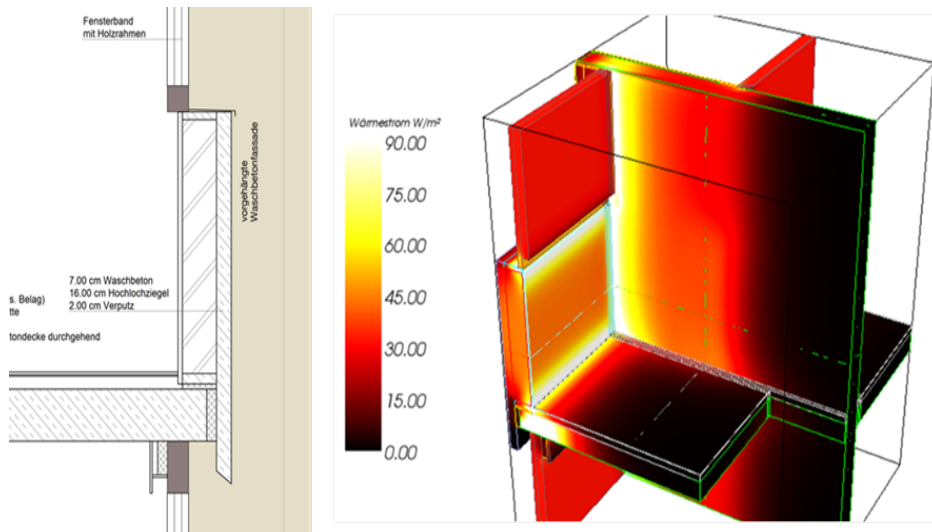


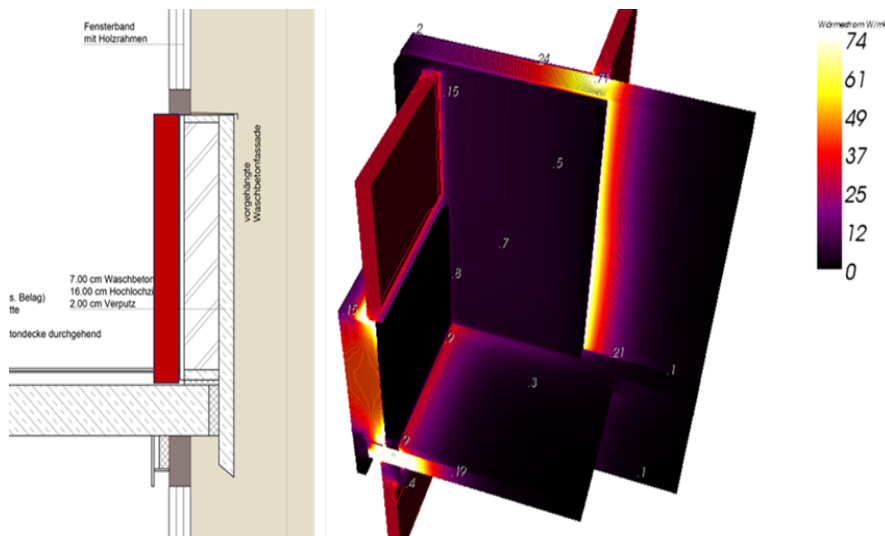
Abbildung 25: Wärmestrom im Bereich der Stahlbeton-Schotte im ungedämmten Bereich, IBO



Die identifizierten Schwachstellen werden durch die geplante Innendämmung weitgehend kompensiert. Eine Herausforderung stellt die geplante wohnungswise Ausführung der Maßnahmen dar.

Bei einer gebäudeübergreifenden Ausführung würde man die Innendämmung an beiden Raumseiten der STB-Schotte etwa eine Plattenbreite in die Raummitte ziehen, um die Flanken zu dämmen. Eine Verlängerung der Dämmung an nur einer Wohnungsseite der STB-Schotte würde zwar den Wärmestrom in diesem Bereich für die sanierte Wohnung weiter reduzieren, jedoch gleichzeitig die Oberflächentemperatur in der angrenzenden, ungedämmten Nachbarwohnung deutlich absenken. Aus diesem Grund ist eine Ausweitung der Dämmmaßnahme nur dann empfehlenswert, wenn auch die benachbarten Wohneinheiten entsprechend thermisch ertüchtigt werden. Ein Ähnliches Risiko stellt der Deckenbereich in der Wohnung unterhalb dar. Hier kommt es ebenfalls zu einer Reduktion der Oberflächentemperatur in der Simulation.

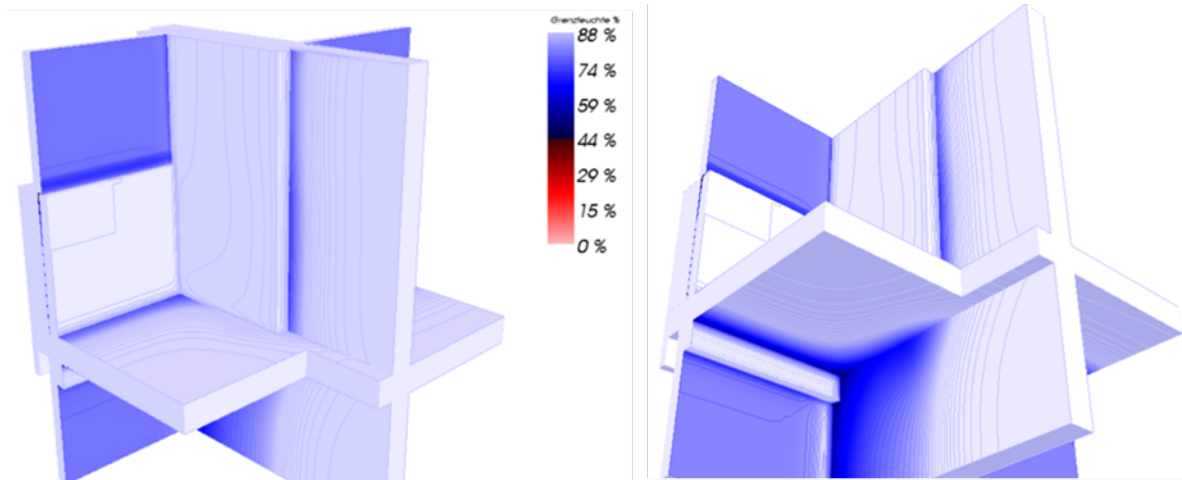
Abbildung 26: Wärmestrom bei Einsatz der Innendämmung ohne Flankendämmung: Schnittdarstellung ev. ändern, IBO



Neben dem Wärmestrom ist auch die sogenannte Grenzfeuchte zu berücksichtigen. Sie beschreibt die maximal zulässige relative Luftfeuchtigkeit, bei der noch keine Kondensatbildung und damit kein Risiko für Schimmelbildung besteht. In der sanierten Wohnung zeigt sich, wie bereits zuvor festgestellt, ein kritischer Bereich im Übergang zwischen gedämmten und ungedämmten Bauteilen im Bereich der Stahlbetonschotte. Die dort berechnete Grenzfeuchte liegt bei etwa 70 %, ein Wert, der bei normgerechtem Lüftungsverhalten in der Regel nur kurzfristig überschritten wird und daher als unbedenklich einzustufen ist.

In Abbildung 27 ist rechts die unsanierte, darunterliegende Nachbarwohnung zu erkennen. Dort zeigt sich eine erhöhte Grenzfeuchte im Bereich der Bestand-Stahlbeton-Schotte. Zudem wird deutlich, dass die einseitige Dämmmaßnahme zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur im Deckenanschlussbereich führt, was potenziell das Risiko für Feuchteschäden in angrenzenden, nicht sanierten Wohneinheiten erhöhen kann.

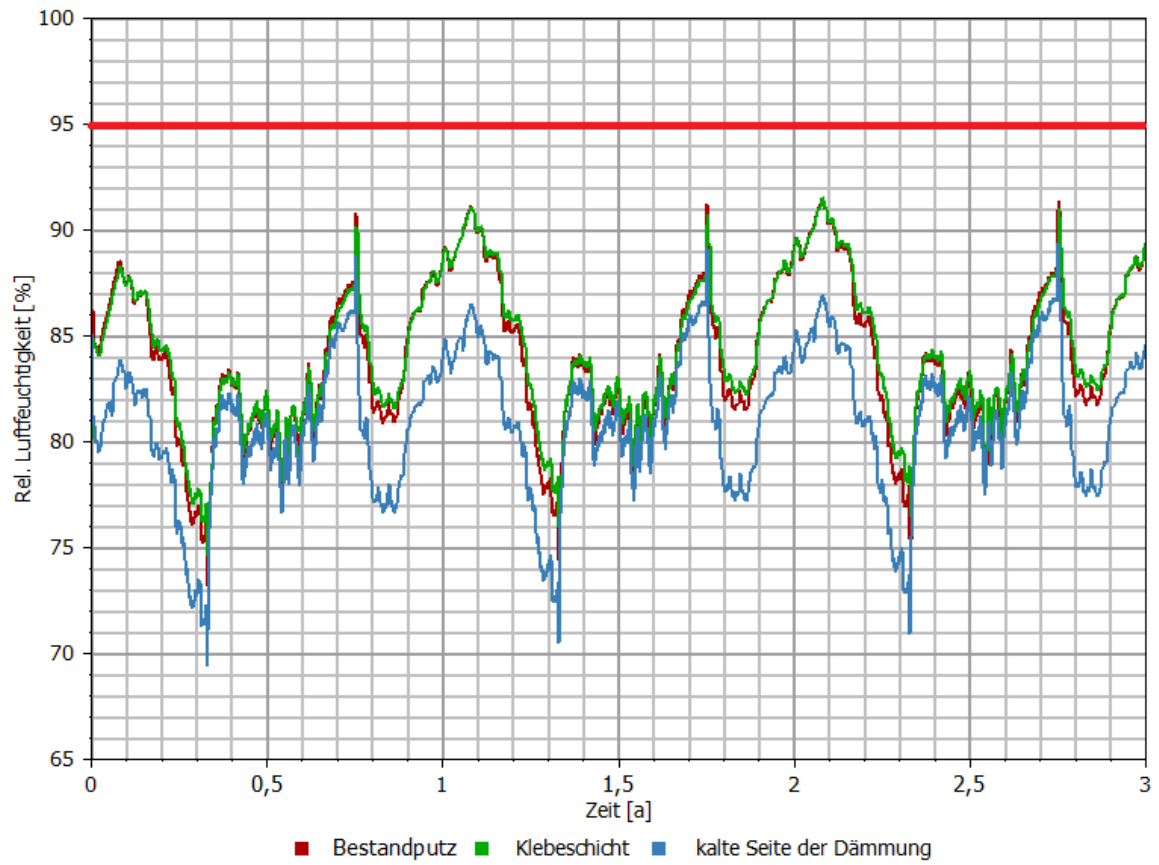
Abbildung 27: Grenzfeuchte bei Einsatz der Innendämmung, IBO



Hygrothermische Bauteilsimulationen mit Einsatz von Innendämmung: Um das Verhalten innerhalb der Konstruktion hinsichtlich Kondensats zu untersuchen, wurden Nachweise nach WTA 6-5:2014 (WTA-Merkblatt, WTA Merkblatt 6-5: Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. WTA e.V. (Ed.), 2014) mithilfe hygrothermischer Simulationen durchgeführt. Es wird eine Anfangsbedingung von 20 °C und 80 % relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum angesetzt. Außen wird ein halbsynthetischer Klimadatensatz eines besonders kritischen, kalten Jahres für den Standort Hohe Warte Wien über einen Zeitraum von 3 Jahren herangezogen, während im Innenraum der Nachweis für eine normale innere Feuchtelast geführt wird. Für die Simulation wird eine Heizung mit einer Leistung von 100 W in der Heizsaison (1. Oktober bis 30. April) angenommen.

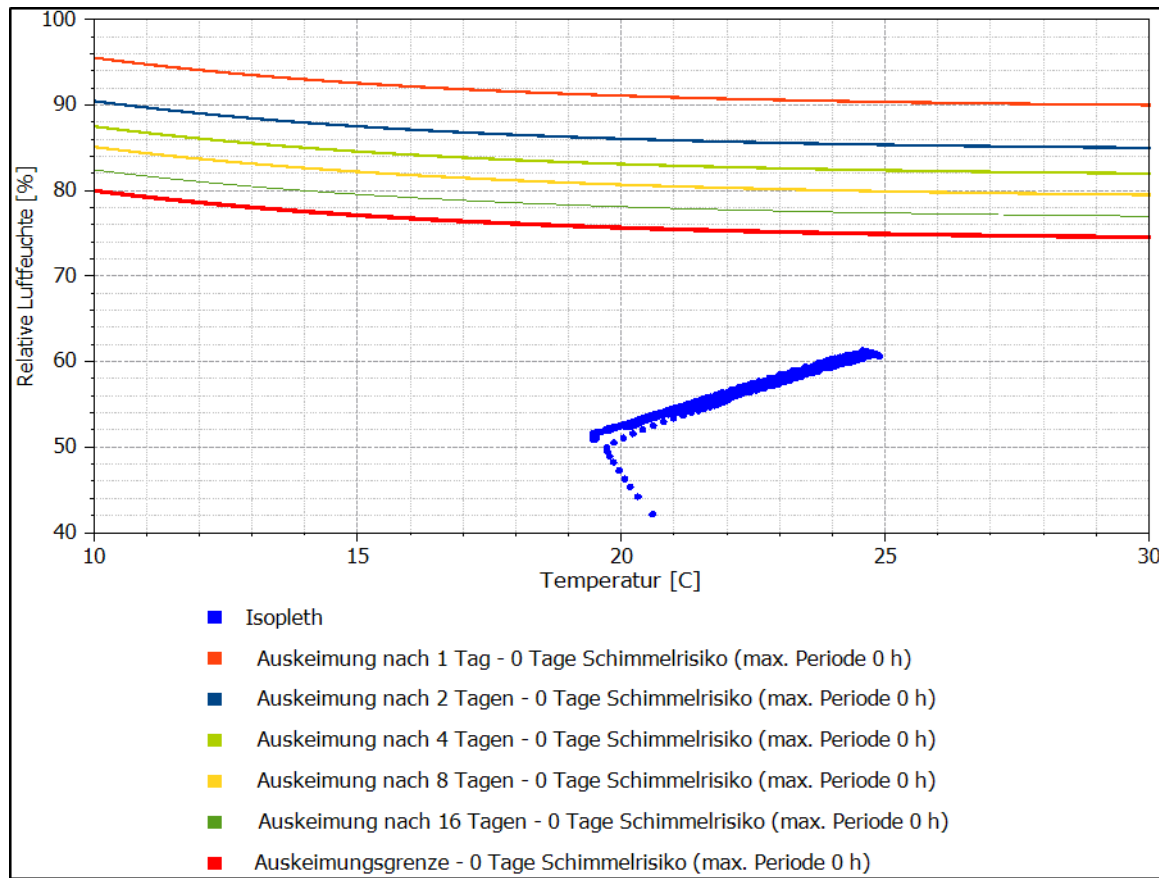
Gemäß WTA-6-5: 2014, ist die maximale relative Luftfeuchtigkeit innerhalb der Materialschicht mit 95 % begrenzt. Diese Grenze wird in der Simulation nicht überschritten. Zugleich kommt es zu keiner deutlichen Auffeuchtung innerhalb der Konstruktion.

Abbildung 28: Grenzfeuchte bei Einsatz der Innendämmung, IBO



Die innere Bauteiloberfläche wird hinsichtlich Schimmelpilzbefall, gemäß WTA-Merkblatt 6-3:2024 (WTA-Merkblatt, WTA Merkblatt 6-3: Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos. WTA e.V. (Ed.), 2024), mithilfe des Isoplethenmodells bewertet. Dabei konnte keine Auskeimung erkannt werden.

Abbildung 29: Isoplethenmodell zur Beurteilung der Schimmelpilzfreiheit der inneren Bauteiloberfläche, IBO



Kombination von Flächenheizung beim Einsatz von Innendämmung

Die Oberflächentemperatur von Bauteilen hat für das Komfortgefühl von Nutzer:innen einen großen Einfluss. Aus diesem Grund werden Flächenheizungen von Menschen aufgrund der erhöhten Strahlungswärme als besonders komfortabel angesehen. Besonders bei Oberflächen, die an Außen oder in einen unconditionierten Bereich grenzen, kann so die Oberflächentemperatur erhöht werden. Eine Kombination mit einer innenliegenden Dämmung ist hier eine Lösung. Eine zusätzliche Herausforderung bei der Kombination von Innendämmung und Wandheizung ist die zusätzliche Anforderung lt. OIB-Richtlinie 6 Absatz 4.7, die zusätzlich zu den Anforderungen und den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) auch Anforderung an den Wärmedurchlasswiderstand (R-Wert) der Bauteilschichten zwischen Heizfläche und Außenluft gestellt. Dabei muss bei Neubauten, Renovierungen und auch bei Erneuerung von Bauteilen ein R-Wert von 4,0 m²K/W erreicht werden, der gegen Erdreich oder unbeheizten Gebäudeteil auf 3,5 m²K/W reduziert werden darf.

In vorliegendem Fall wird die Anforderung von 4,0 m²K/W erst beim Einsatz einer 15 cm dicken Dämmung mit einer Wärmeleitzahl von 0,042 W/m K erreicht. Diese Dicke ist aus bauphysikalischen, aber auch Platzgründen nicht umsetzbar.

Tabelle 2: Veranschaulichung des Wärmedurchlasswiderstandes R bei unterschiedlichen Dämmdicken, IBO

Material	Dämmdicke	R-Wert	U-Wert
Bestand-Wand		0,5 m ² K/W	1,45 W/m ² K
- mit Innendämmung 0,042 W/m ² K	5 cm	1,7 m ² K/W	0,54 W/m ² K
- mit Innendämmung 0,042 W/m ² K	8 cm	2,4 m ² K/W	0,39 W/m ² K
- mit Innendämmung 0,042 W/m ² K	10 cm	2,9 m ² K/W	0,33 W/m ² K
- mit Innendämmung 0,042 W/m ² K	15 cm *	4,1 m ² K/W	0,24 W/m ² K

Widerspricht der OIB6:2023 4.7 – Bei Neubau, Renovierung und Erneuerung von Bauteilen muss bei Wandheizungen der Wärmedurchlasswiderstand R der Bauteilschichten zwischen der Heizfläche und der Außenluft mindestens 4,0 m²K/W betragen.

* technisch nicht zu empfehlen (Risiko für Kondensat sehr hoch)

3.2.5. Begrünung

Lage im Grüngefüge des Stadtteils

Die Wohnhausanlage Angeligasse 97–99 befindet sich im 10. Wiener Gemeindebezirk in einer dicht verbauten urbanen Umgebung. Gegenüber der Liegenschaft liegt der Fortuna-Park, der als wichtige Freiraumqualität dient.

Das Gebäude ist U-förmig angelegt und verfügt über Fassaden mit Ausrichtung nach Nordost (NO), Südost (SO), Südwest (SW) und Nordwest (NW). Die Nordostfassade blickt auf einen Parkplatz mit hochgewachsenen, schattenspendenden Bäumen und stellt die längste Fassadenseite dar. Die Südwestfassade ist hofseitig orientiert; der Innenhof ist begrünt.

Abbildung 30: Ansicht Angeligasse 97-99, TU Wien



Abbildung 31: Ansichten - links: Hof, rechts: Gußriegelstraße, TU Wien



Abbildung 32: Ansicht Braunspergengasse, TU Wien



Die untenstehenden Abbildungen zeigen die Sonnenverlaufsanalyse für Juni und Dezember. Im Juni erhält das Gebäude ca. 16 Stunden Sonneneinstrahlung (von ca. 5:00 Uhr bis 21:00 Uhr), mit dem höchsten Sonnenstand um etwa 13:00 Uhr. Im Dezember reduziert sich die Besonnung auf ca. 8 Stunden (von ca. 8:00 Uhr bis 16:00 Uhr).

Abbildung 33: Sonnenverlauf Juni (www.sonnenverlauf.de, 2025)

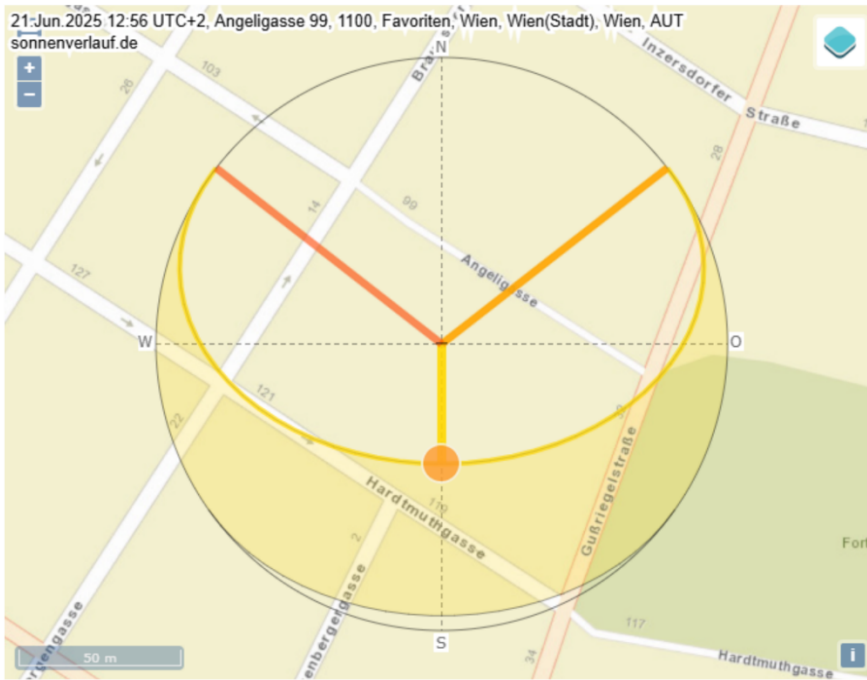
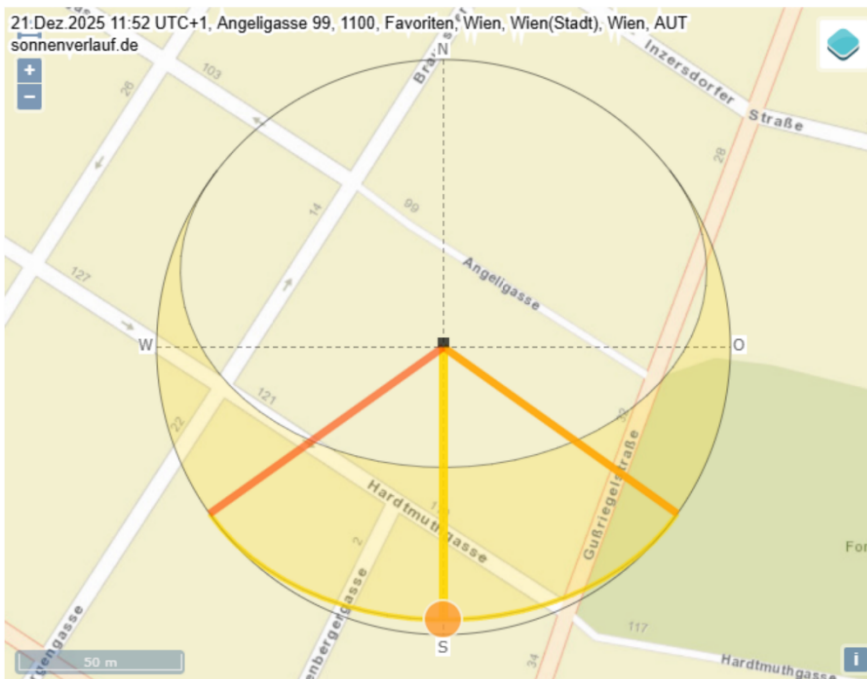


Abbildung 34: Sonnenverlauf Dezember (www.sonnenverlauf.de, 2025)



Die Fassaden zur Gussriegelstraße und Hardtmuthgasse sind fast gantztägig der Sonneneinstrahlung ausgesetzt und weisen einen erhöhten Beschattungsbedarf auf. Vor Ort wurde festgestellt, dass die in die Fassade integrierten Markisoletten in den Sommermonaten durchgehend genutzt werden –

teils auch im Winter. Daher wird empfohlen, ergänzend zur Verschattung durch außenliegenden Sonnenschutz auch Fassadenbegrünung als Maßnahme gegen sommerliche Überwärmung in Betracht zu ziehen.

Obwohl im direkten Umfeld kleinere Grünflächen sowie der gegenüberliegende Park vorhanden sind, ist das Quartier insgesamt stark versiegelt und dicht bebaut. Das Mikroklima ist geprägt durch urbane Hitzeinseln: Fehlende Vegetation reduziert die Verdunstung, während versiegelte Flächen und dichte Bebauung zu erhöhter Wärmespeicherung führen – insbesondere am Abend und in der Nacht.

Aufgabenstellung: Im Rahmen der klimawirksamen Sanierung der Wohnhausanlage Angeligasse 97–99 soll die gezielte Begrünung von Dachflächen und Balkonen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der thermischen und ökologischen Gebäudeperformance leisten. Das Gebäude liegt, wie schon beschrieben, in einer dicht verbauten städtischen Umgebung im 10. Wiener Gemeindebezirk, ist jedoch durch den gegenüberliegenden Fortuna-Park sowie durch begrünte Innenhöfe in Teilen von Vegetation umgeben. Dennoch besteht ein hohes Potenzial zur ökologischen Aufwertung direkt am Baukörper, insbesondere durch Bauwerksbegrünung.

Die geplante Begrünung verfolgt mehrere funktionale, nutzerbezogene und gestalterische Ziele. Auf funktionaler Ebene soll die Dachbegrünung zur Reduktion sommerlicher Überhitzung beitragen, indem sie die direkte Sonneneinstrahlung auf die Dachhaut abmildert und durch Verdunstung das Mikroklima verbessert (FLL, 2018). Insbesondere im Hinblick auf die zunehmenden Hitzetage in Wien ist dieser Effekt von hoher Relevanz. Zusätzlich bietet die Begrünung einen effektiven Regenwasserrückhalt, was angesichts der zunehmenden Starkregenereignisse ein wichtiger Beitrag zur Entlastung der urbanen Infrastruktur darstellt (Weiler & Scholz-Barth, 2009).

Die Fassaden und Balkone bieten weitere Potenziale für vertikale Begrünung, insbesondere auf der südwestseitigen Hoffassade und entlang der stark besonnten Gussriegelstraße. Mit Ausnahme der Nordfassade werden bereits Markisoletten zur Beschattung eingesetzt. Begrünte Balkonbrüstungen oder Rankhilfen können den bestehenden Sonnenschutz ergänzen und gleichzeitig zur Luftreinigung beitragen, etwa durch die Bindung von Feinstaub und Stickoxiden (Köhler, 2008).

Für die Nutzer:innen der Wohnhausanlage erhöht sich durch die Begrünung die Aufenthaltsqualität unmittelbar. Begrünte Balkone bieten ein angenehmeres Mikroklima und schaffen durch visuelle Aufwertung, Sichtschutz und Aufenthaltsqualität neue Nutzungsräume mit Erholungsfunktion. Studien belegen, dass der Blick auf begrünte Flächen das subjektive Wohlbefinden erhöht und Stress reduziert (Ulrich, 1984). Gleichzeitig können gemeinschaftlich nutzbare Dachbereiche mit extensiver Begrünung als sozialer Begegnungsraum fungieren.

Aus architektonischer Sicht soll die Begrünung so gestaltet werden, dass sie sich harmonisch in das Erscheinungsbild der bestehenden Gebäudestruktur einfügt. Dabei wird insbesondere auf Sichtachsen, Fassadengliederung und die Abstimmung mit den vorhandenen Materialien geachtet. In der

gliedernden Blechfassade bestehen geeignete Flächen zur Integration begrünter Elemente, etwa in Form Kletterpflanzen oder vorgehängter modularer Systeme insbesondere in Kombination mit einer gezielten thermischen Sanierung dieser Flächen. Auch die flache Dachfläche eignet sich grundsätzlich sehr gut für eine extensive oder intensive Dachbegrünung (bei ausreichender Tragfähigkeit).

Brandschutz: Es gelten besonders strenge brandschutztechnische Anforderungen, die auch bei der Planung und Ausführung von Fassadenbegrünungen berücksichtigt werden müssen. Fassadenbegrünungen können im Brandfall die vertikale Brandausbreitung entlang der Außenwand begünstigen und gleichzeitig die Wirksamkeit von Rettungs- und Löscharbeiten erschweren. Daher verlangen die geltenden Bauordnungen und Richtlinien –insbesondere die OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ (OIB-RL2, 2023) und die Anforderungen der MA37 (Stadt Wien Baupolizei, 2023)– den Einsatz von nicht brennbaren Materialien in allen tragenden Teilen der Begrünungssysteme. Unterkonstruktionen, Rankhilfen und Befestigungen müssen aus Baustoffen der Klassen A1 oder A2 nach EN 13501-1 bestehen, während Substrate und Speichermaterialien so zu wählen sind, dass keine zusätzliche Brandlast entsteht.

Bepflanzung: Auch die Wahl der Vegetation spielt eine wesentliche Rolle. Pflanzenarten, die eine hohe Feuchtigkeit halten und eine geringe Entflammbarkeit aufweisen, sind denjenigen vorzuziehen, die im trockenen Zustand ein hohes Brandrisiko darstellen. Um dieses Risiko dauerhaft gering zu halten, sind eine regelmäßige Bewässerung sowie die Entfernung von trockenem oder abgestorbenem Pflanzenmaterial zwingend notwendig. Ergänzend dazu müssen konstruktive Maßnahmen getroffen werden, um eine unkontrollierte Brandausbreitung zu verhindern. Dazu zählen insbesondere horizontale Brandriegel aus nicht brennbaren Baustoffen, die in die Fassadenbegrünung mit einem Trogsystem einzubauen sind, um einen Brandüberschlag zu verhindern. Bei Kletterpflanzen im Bereich der Schotten (keine Fensteröffnungen, in den Eckbereichen) ist ein Abstand bis zum Rand zu halten, um den Brandüberschlag zu verhindern. Auch ein Abstand von 100cm der Begrünung zum Dachkonstruktion ist einzuhalten (Stadt Wien Baupolizei, 2023).

Ökologisch trägt die geplante Maßnahme zur Förderung der Biodiversität bei. Begrünte Dach- und Fassadenflächen können als Lebensräume für Insekten, insbesondere Wildbienen, dienen und damit die städtische Artenvielfalt unterstützen (Brenneisen, 2006). Die Kombination aus Dach- und Fassadenbegrünung stärkt somit nicht nur die Gebäudedefunktion, sondern wirkt auch positiv auf das städtische Mikroklima und die Klimaanpassung auf Quartiersebene.

Die Begrünung der Angeligasse 97–99 wird als integraler Bestandteil des Sanierungskonzepts gesehen. Sie ergänzt bauliche Maßnahmen zur thermischen Ertüchtigung sowie konventionelle Verschattungen und leistet sowohl einen technischen als auch einen sozialen Mehrwert für die Bewohner: innen. Im Sinne der Vorbildwirkung für ökologisches Sanieren im städtischen Bestand trägt sie zur langfristigen Klimawandelanpassung bei.

4 Ergebnisse

4.1. Vorbereitung Umsetzung

Die Sanierungsvariante wurde auf Basis der größtmöglichen Wiederverwendung der Baumaterialien, der Statik des vorgefundenen Bestandes, einer Kosteneffizienz gegenüber einer herkömmlichen Fassadensanierung mit Fenstertausch und dem sich aus diesen Faktoren ergebenden Erhalt der Waschbetonfassade und Holzfenster und ihrer ästhetischen Erscheinung ausgewählt. Aufgrund des monolithischen Wandaufbaus des Brüstungsfertigteils war ein Zerlegen der Komponenten und die damit verbundene Konditionierung und Dämmung von außen ausgeschlossen. Aufgrund der Statik des Fertigteils ist (konventionelle) Außendämmung nur unter In-Kauf-nehmen von Wärmebrücken bzw. statischer Manipulation möglich: Beides trägt das Risiko von Bauschäden in sich.

4.1.1. Ausgewählte Sanierungsvariante

Die Sanierungsstrategie zielt auf einer ganzheitlichen thermischen Ertüchtigung des Gebäudes ab.

Die hochwertige Sanierung von Waschbetonfertigteilen und Fensterkonstruktionen als Kompromiss zwischen energetischer Optimierung, ökologischer Verantwortung und wirtschaftlicher Umsetzbarkeit ist möglich. Die empfohlene Sanierungsvariante wurde erfolgreich in der Pilotwohnung der Anlage Angeligasse 97-99 angewendet. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung einer integrativen Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, um den Anforderungen an zukünftige Gebäudestandards gerecht zu werden und gleichzeitig den Wohnkomfort für die Nutzerinnen und Nutzer nachhaltig zu verbessern.

Die Verbesserung der Gebäudehülle wird durch

- 10 cm Innendämmung aus Mineraldämmplatten im Brüstungsbereich,
- Tausch des Fensterglases in ein Vakuum-Isolierglas mit dem U-Wert = $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Überarbeitung und Verbesserung der Bauteil-Anschlüsse und Fugen: Schließen der Fuge im Bodenbereich, Überarbeitung der Anschlüsse und Dichtungen der Fensterbänder
- Verbesserung des Brandschutzes: Ummantelung der vertikalen und horizontalen Heizleitungen (1 m ins Wohnungsinne), Brandschott in den Deckenbereichen, Dämmmaterialien feuerfest (bis 1000° nicht entflammbar).
- Ausdämmung Sturzbereich – hinter Markisolette und Einbau einer Dampfbremse

Die Heizwärmebedarf-Einsparung beträgt lt. Berechnung 62%. Deutlich erhöht wird die Wirkung durch Einbau von Dämmung im Boden- und Dachbereichen und nachhaltige Nachverdichtung des Bestandes und Daches verbunden mit zeitgemäßer Adaption der Grundrisse, wodurch ca.71-72%

der Energie eingespart und die CO₂-Amortisation von 10 auf 5 Jahre halbiert wird. Anhand einer freien Wohnung konnte die Strategie geprüft und umgesetzt werden.

4.1.2. Kostenerhebung, Vergleich, Finanzierung

Ziel des Projektes war Sanierungsvarianten für die GESIBA aufzuzeigen, die auf Basis der größtmöglichen Wiederverwendung der bestehenden Baumaterialien als auch einer Kosteneffizienz gegenüber der herkömmlichen WDVS-Fassade mit Fenstertausch beruhen.

Im Zuge der Projekterkundung wurden anhand der vorgefundenen baulichen Gegebenheiten mehrere Varianten aufgezeigt und diskutiert. Eine dieser Varianten war die wohnungsweise Sanierung im Zuge der Brauchbarmachungen mit Aufbringen einer Innendämmung im Bereich der Fensterparapete und Ertüchtigung der großteils noch gut erhaltenen Fensterelemente.

Die Vorteile gegenüber einer Generalsanierung in einem Zug ist die Verteilung der Gesamtkosten auf einen langen Zeitraum, Ressourcenschonung und Durchführung in unbewohnten Wohnungen – somit kein Eingriff in die bewohnten Wohnungen und keine Lärm- und Schmutzbelästigung der Wohnungsnutzer:innen. Es kann nach und nach trotzdem eine deutliche Reduktion von Heizenergie erzielt werden und die Verbesserung des Brandschutzes im Bereich der Fenster bzw. der dahinterliegenden Heizungsrohrleitungen vom Keller ins Dachgeschoß durch Brandschottung der Durchbrüche durchgeführt werden. Nachteilig gestaltet sich jedoch die lange Sanierungsdauer (kein Soforteffekt für die Bewohner spürbar) und Fördermittel können nicht lukriert werden.

Zum Vergleich wurde eine Wohnungssanierung ohne Maßnahmen zur Sanierung mit thermischen Verbesserungen kostenmäßig aufgeschlüsselt. Eine Verlängerung des Leerstandes entsteht durch die Sanierungsmaßnahmen nicht, da die Arbeiten gut in die erforderlichen Sanierungsarbeiten integriert werden können.

Herkömmliche Wohnungsbrauchbarmachung: Zwischen € 50.000,00 und € 60.000,00

Mehrkosten Zusatzmaßnahmen zur thermischen und brandschutztechnischen Verbesserung auf Preisbasis der Pilotwohnung (Kap. 4.1.4.):

• Fensterertüchtigung inkl. Dämmmaßnahmen	€12.805,44
• Brandabschottungen	€ 833,96
• Installateur: Änderung der HK-Anschlüsse ca.	€ 1.000,00
• <u>Malerarbeiten mit erhöhtem Aufwand:</u>	<u>€ 3.002,63</u>
In Summe somit oder 29,5 - 35,4 %	€ 17.642,03

Vergleich

- Kosten Fenstertausch in der Pilot-Wohnung: € 33.073,50
- Keine Dämmmaßnahmen inbegriffen
- Ohne Brandabschottung

Finanzierung der thermischen Ertüchtigung

Kostensituation: Gegenüber herkömmlicher Fassadensanierung mit WDVS und Fenstertausch schneidet das Projekt sehr positiv ab, da die Kosten nur 21% betragen, bei der Pilotwohnung 17.700 zu 90.000€. Die Lukrierung von Fördermittel setzt jedoch eine Überarbeitung der Fördervoraussetzungen voraus, Gespräche mit dem wohnfonds wien werden avisiert.

Kostenbedeckung der Sanierung aus Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag (EVB): € 2,33/m²

	Kosten	Refinanzierung durch EVB/a
• EVB jährl.: 12.019,49m² * 2,33€ =	€ 336.064,94	
• Kosten Brauchbarmachung	€ 55.000,00	6,1 WE
• Brauchbarmachung+therm. Ertüchtigung	€ 72.642,03	4,6 WE

Vergleich: Konventionelle Fassadendämmung mit Sanierungsstrategie therm. Ertüchtigung

• therm. Ertüchtigung/WE	€ 17.642,03	19,0 WE
• Kostenvergleich WDVS und Fenstertausch	€ 90.000,00	4,1 WE

Finanzmittel umgerechnet auf Jahre der Bedeckung durch EVB, Hochrechnung für 193 WE:

• Brauchbarmachung ohne therm. Mehraufwand	100% EVB:	38,6 Jahre
• Brauchbarmachung inkl. therm. Ertüchtigung	100% EVB:	42,0 Jahre
• Therm. Ertüchtigung, ohne Brauchbarmachung	100% EVB:	10,1 Jahre

Kostenvergleich mit WDV's und Fenstertausch, ohne Brauchbarmachung der Wohnungen
€ 1.500/m² € 18.000.000 100% EVB: 53, 6 Jahre

€ 64 und € 260 pro Quadratmeter für das Rankgerüst

€ 1000/m² für troggebundene Lösungen

4.1.3. Ausführung einer Pilotwohnung

Angeligasse 99, Stiege 2, Tür 43 (3. OG)

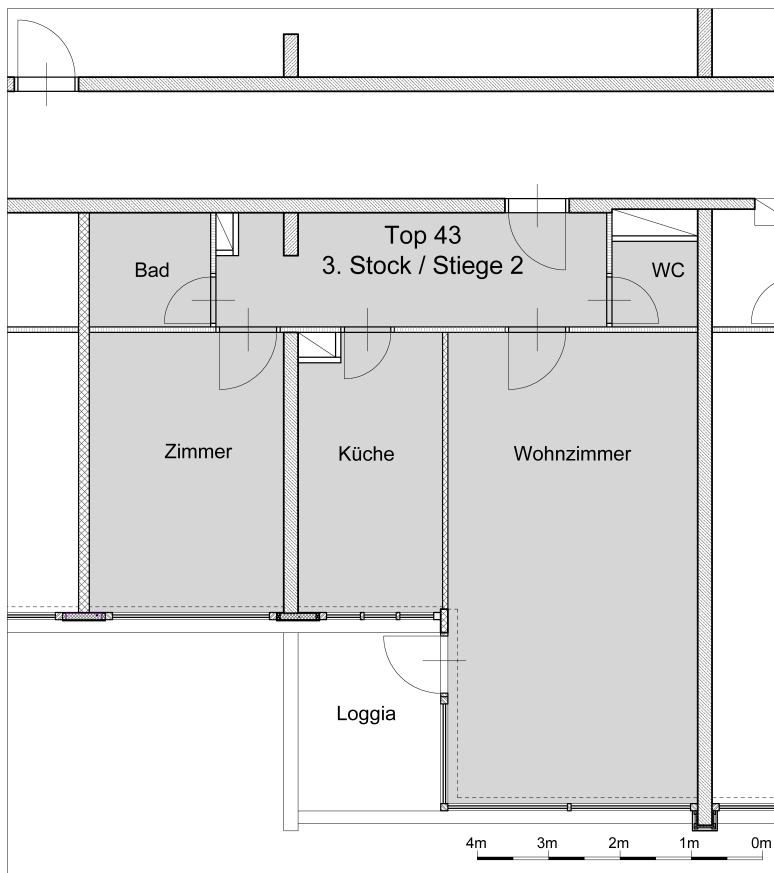
Die Wohnung befindet sich im östlichen Schenkel der U-förmigen Bebauung des Grundstücks und ist zum Garten, Richtung Westen, orientiert. Der Zugang zur Wohnung erfolgt über den von Stiege

2 ausgehenden Mittelgang. Die Wohnung besteht aus einem Vorraum/Gang mit ca. 1,6m Breite, der die Erschließung des Wohnzimmers, Küche, Zimmer und an den Kopfenden des Gangs die Anordnung des Bades und des WCs ermöglicht. Vom Wohnzimmer aus ist eine der Küche vorgelagerte Loggia situiert. Geheizt wird mittels Konvektoren, die von vertikalen Steigsträngen mit Fernwärme versorgt werden. Im Wohnungsverband befinden sich 3 Steigschächte.

Zwischen Küche und Schlafzimmer sowie Wohnzimmer und Nebenwohnung ist eine tragende Stahlbetonwand als Schotte angeordnet, zwischen die die Fassaden-Fertigteilelemente gespannt wurden. Die Außenwand vor der Küche besteht aus einer Gasbetonwand und kann deshalb leicht entfernt werden und die Loggia als Innenraum durch Anbringen von Fensterelementen umfunktioniert werden. Wärmeverluste entstehen im Bereich der Fenster und Brüstungen.

Die Fenster wurden vor etwa 20 Jahren ausgetauscht und sind in sehr gutem Zustand, Schadstoffe wurden nicht vorgefunden. Die Sanierung der Fenster und das Aufbringen der Dämmung wurde von der Fa. Wöhrer durchgeführt

Abbildung 35: Wohnungsgrundriss Pilotwohnung Bestand, RfM Architektur



Zusätzlich zum Glastauch wurden in der Pilotwohnung weitere bauliche Maßnahmen durchgeführt:

- Multipor lt. Detail und Tektalan im Sturzbereich 100mm
- Ergänzende Abdichtungen und Dämmmaßnahmen in kritischen Bereichen (z.B. neben Balkontüre).
- Verwendung von Sandwichpaneelen oder PUR-Elementen im oberen Fensterbereich. nur im Bereich der Holzschalung unter Fenster neben Loggiatüre. Im Sturzbereich mit TEKTALAN, 2-lagig, soll bei Wartung mit Bestandsabdeckung entfernt und anschließend wiedereingebaut werden können. Dampfbremse auf Innenseite Aluphenolplatte fix verklebt mit Bestandsabdeckung.
- Erneuerung der Glasleisten.
- Wartung und Instandhaltung sämtlicher Fensterflügel, Abdichtung der Bauanschlussfugen gemäß ÖNORM B 5320.

Die gewählte Lösung mit Vakuum-Isolierglas erlaubt eine erhebliche Verbesserung der thermischen Qualität (U-Wert= 0,5 W/m²K), verbunden mit einer positiven CO₂-Bilanz. Gleichzeitig wird durch die Weiterverwendung bestehender Rahmen und Konstruktionen die Ressourcenschonung unterstützt.

- **Glastauch: Vakuum-Isolierglas**
Sämtliche Gläser wurden ausgetauscht und mit Vakuumgläsern (U-Wert = 0,5 W/m²K) ersetzt. Durch den sehr geringen Konstruktionsaufbau musste lediglich die Glasleiste erneuert werden. Es entstand kein Mehrgewicht. Die Beschläge wurden wie bei einer normalen Instandsetzung gewartet, die Oliven erneuert. Siehe Pkt. 4.5
- **Brüstungsdämmung mit Porenbetonstein**
Der Brüstungsbereich wurde mit 10 cm Porenbeton (Multipor Mineraldämmplatten) gedämmt und verspachtelt. Die Heizkörper mussten dazu versetzt werden. Im Bereich des alten Fußbodenaufbaus (Wohnzimmer) wurde die Dämmung bis zur Bodenplatte gezogen und der Spalt zwischen Fassaden-Fertigteil und Deckenplatte geschlossen. In den Räumen mit neuem Bodenaufbau wurde die Dämmplatte direkt auf den Estrich gestellt, um das Aufschneiden zu vermeiden und Kosten zu sparen.
Da die Heiztemperaturen üblicherweise recht hoch sind, entschied sich das Planungsteam dazu, auf eine Flankendämmung zu verzichten und während des Betriebs zu beobachten, ob es in der Nutzungszeit zu Taubildung kommt.
- **Brüstungsdämmung mit PUR**
Unter der Fensterverglasung neben der Loggiatüre wurde die bestehende Dämmung (Mineralwolle) mit einem Polyurethan Schaumstoff ersetzt (wie in gedämmten Außentüren üblich) und ein luftdichter Anschluss hergestellt.

- Brandschutzertüchtigung zu Nachbarwohnung, seitlich und über/unter dem Objekt**
 Da im Bereich der Dämmung der Schote zur Nachbarwohnung, in Bereich der Heizleitung brandschutztechnische Mängel vorherrschten mussten dort – unter Beiziehung eines Brandschutzplaners (Fa. Hoyer) Adaptierungen vorgenommen werden, um die Situation zu verbessern.
 - wurde der Ringspalt der Deckendurchführung als Weichschott ausgebildet.
 - die horizontale Leitungsführung musste mind. 1 m in der Mineraldämmplatte erfolgen
 - der Hohlraum zwischen STB-Schote und äußeren Holzverkleidung wurde satt mit Steinwolle (Schmelzpunkt mind. 1.000°) ausgekleidet.
- Kosten Pilotwohnung**
 Die Kosten für den Glastausch zu Vakuumglas und die Dämmmaßnahmen beliefen sich auf € 12.805,44 netto. Zusätzlich wurden € 3.025,40 für Maßnahmen wie neue Dichtungen, Wartung der Beschläge und Erstellen neuer Bauanschlussfugenaufgewendet, die der Instandhaltung zugerechnet werden können.

Abbildung 36: Kostenaufstellung, Firma Wöhler

Pilotwohnung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
Fenstertausch						33.073,50
Glas	1.807,92	2.169,50	3.525,44	3.209,06	3.073,46	
Glastausch	2.985,00	1.925,00	1.925,00	1.925,00	1.925,00	
Glasleiste	1.060,00	1.060,00	1.060,00	1.060,00	1.060,00	
Beschlagtausch	1.850,00			1.850,00	1.850,00	
Dämmung unterhalb der Elemente	6.050,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	
Projektkosten gesamt	13.997,92	11.449,50	12.805,44	14.339,06	14.203,46	33.073,50
Dichtung	1.688,40	1.688,40	1.688,40	1.688,40	1.688,40	
Wartung		187,00	187,00			
Bauanschlussfuge	1.150,00	1.150,00	1.150,00	1.150,00	1.150,00	
Instandhaltung gesamt	2.838,40	3.025,40	3.025,40	2.838,40	2.838,40	
GESAMTSUMME	16.836,32	14.474,90	15.830,84	17.177,46	17.041,86	33.073,50

- Variante 1** Bestandsglas zu 3 fach ISO umbauen U-Wert 1,5 - 1,8 ohne Gewähr
- Variante 2** 2 fach ISOLIERGLAS U-Wert 1,0
- Variante 3** Vakuumisoliertglas U-Wert 0,5
- Variante 4** 3 fach B4-12-4-12-B4 ISOLIERGLAS U-Wert 0,7
- Variante 5** 3 fach B3-12-3-12-B3 ISOLIERGLAS Dünnschicht U-Wert 0,7
- Variante 6** Fenstertausch

Abbildung 37: Pilotwohnung, Renowave



Abbildung 38: Pilotwohnung, IBO



Brandschutzertüchtigung

In Zusammenarbeit mit HOYER Brandschutz GmbH

Fazit: Die Befundung zeigte, dass eine nachhaltige und technisch hochwertige Sanierung der Fensterkonstruktionen trotz komplexer Bestandssituation möglich ist. Die vorgeschlagene Variante stellt einen Kompromiss zwischen energetischer Optimierung, ökologischer Verantwortung und wirtschaftlicher Umsetzbarkeit dar. Gleichzeitig werden Risiken (Anschlüsse, Mehrgewicht) klar benannt und können durch geeignete Maßnahmen adressiert werden. Die empfohlene Sanierungsvariante wurde erfolgreich in der Pilotwohnung der Anlage Angeligasse 97-99/2/43 durchgeführt.

4.1.4. Detailpläne

Abbildung 39: Schnitt Wohnzimmer - Innendämmung auf Rohdecke, RfM Architektur

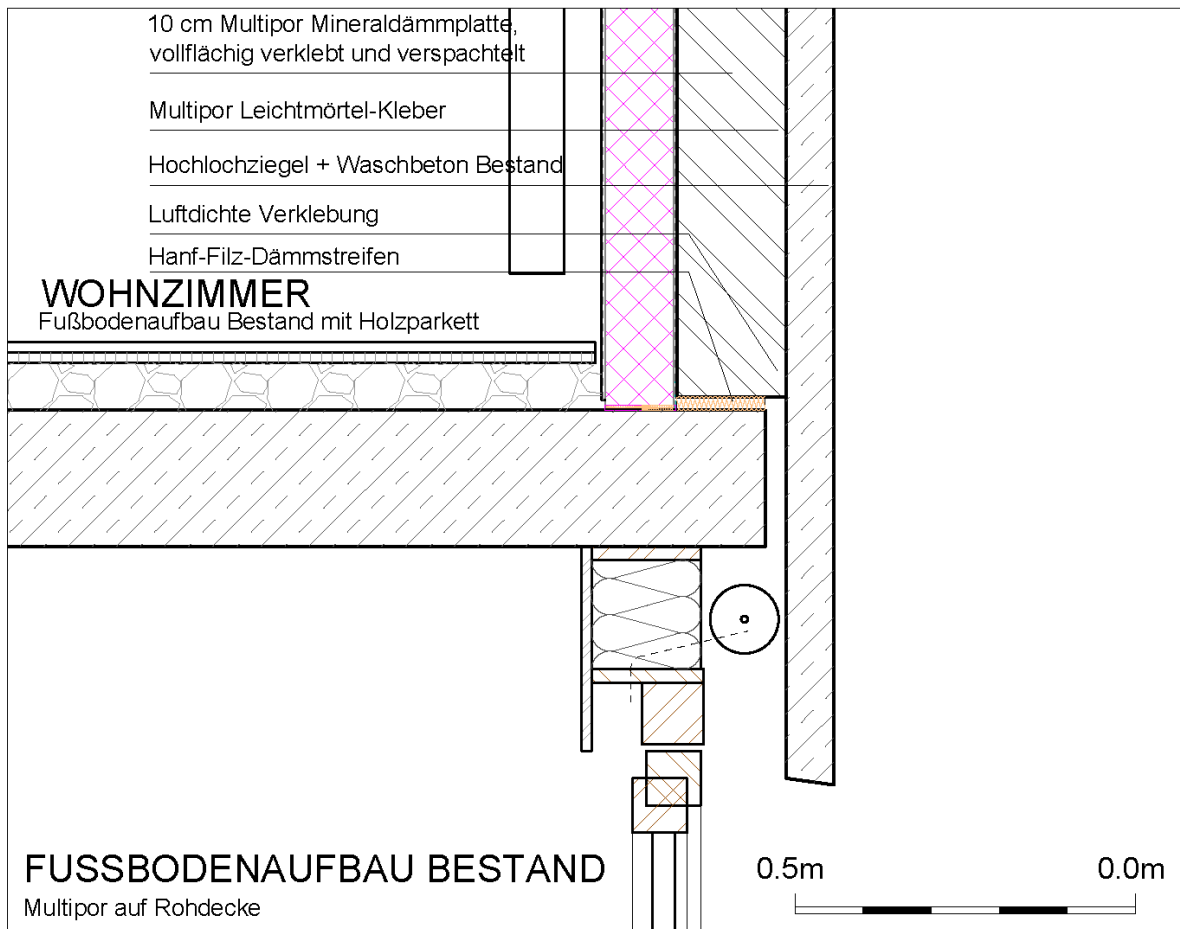


Abbildung 40: Schnitt Zimmer - Innendämmung auf Bestandsestrich, RfM Architektur

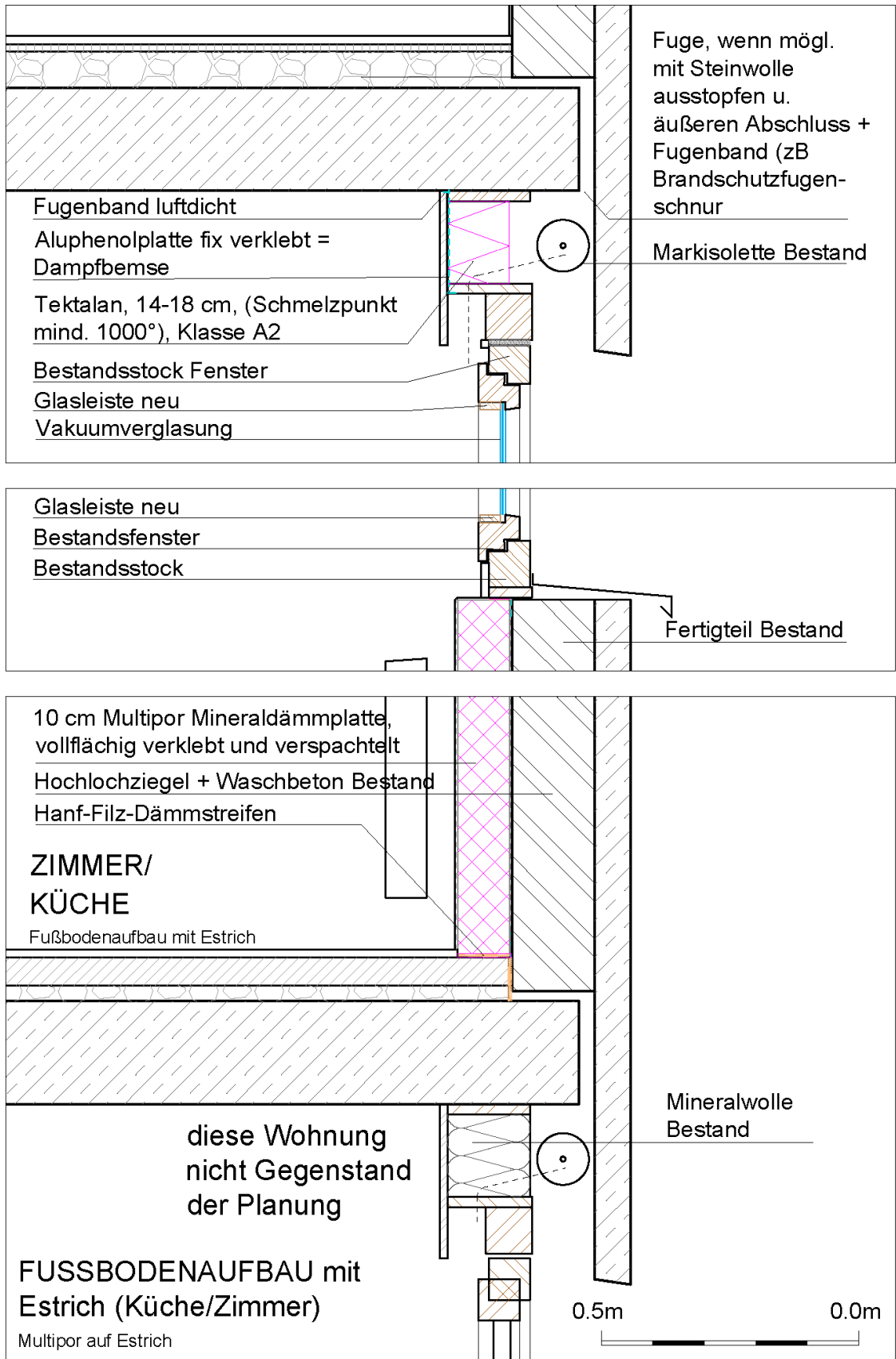


Abbildung 41: Grundriss - Brandschutzertüchtigung zur Nachbarwohnung, RfM Architektur

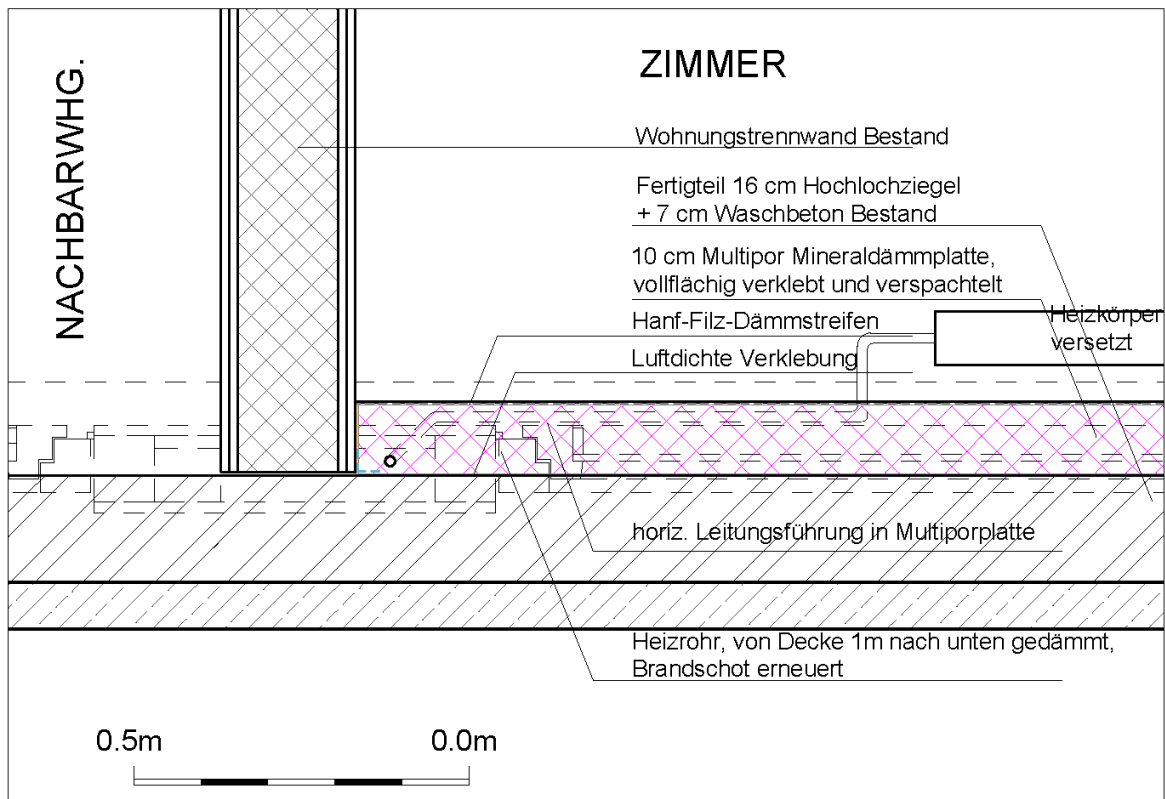
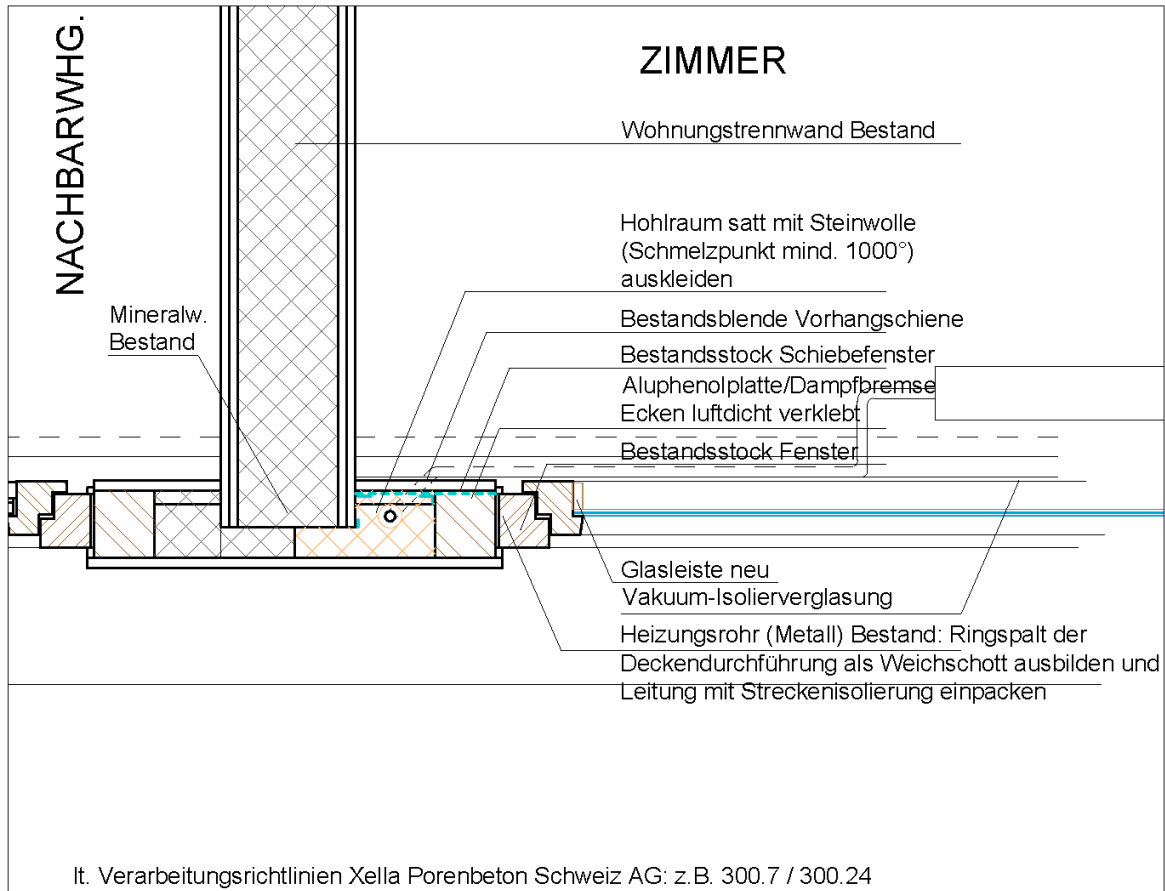


Abbildung 42: Schnittansicht - Wohnungstrennwand und Fensteransicht, Brandschutz, RfM Architektur

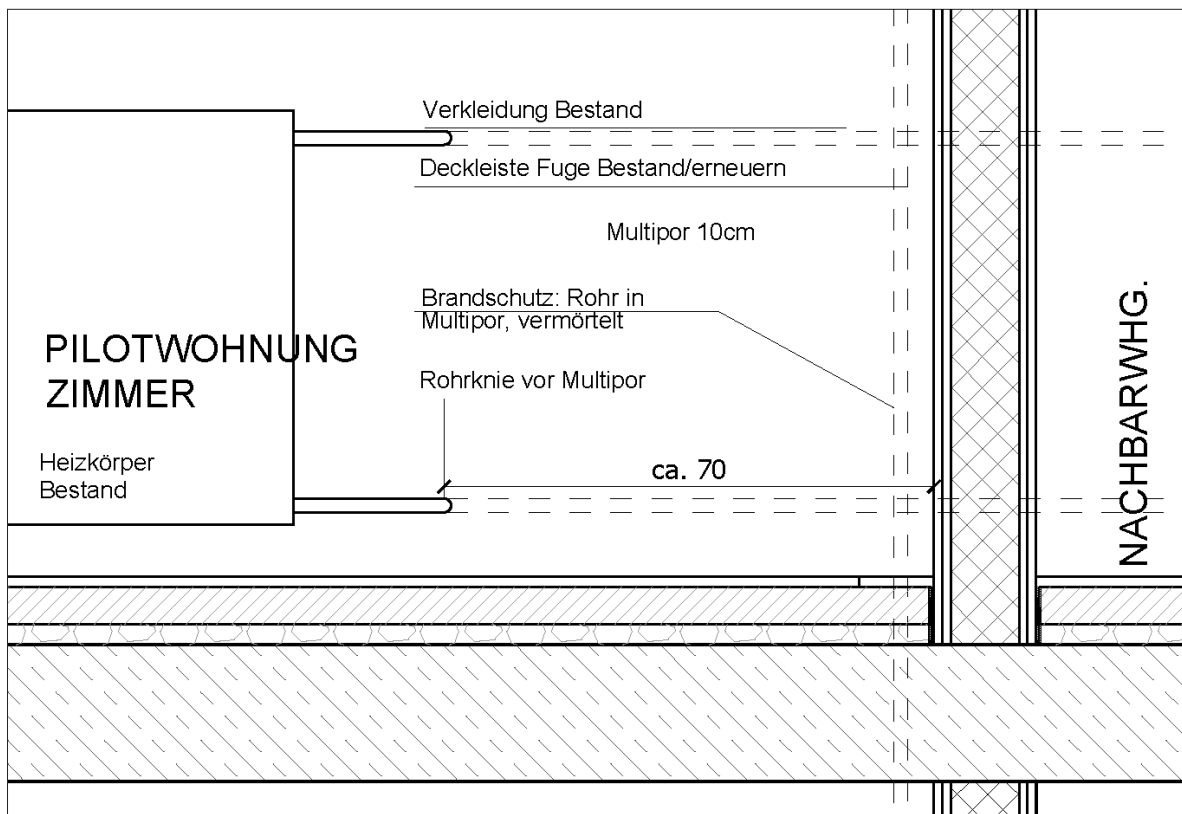
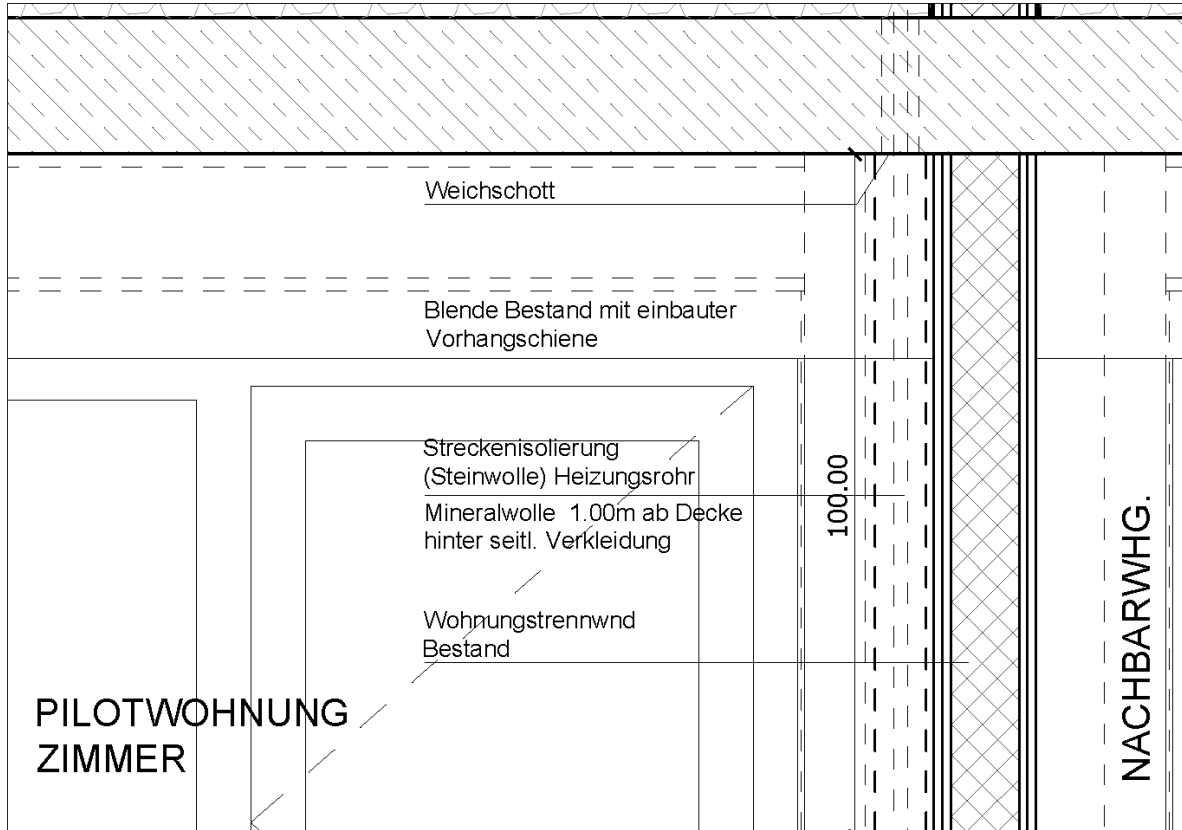


Abbildung 43: Pilotwohnung Wohnzimmer nach Sanierung, RfM Architektur



Abbildung 44: Pilotwohnung Sturz- und Brüstungsbereich, RfM Architektur

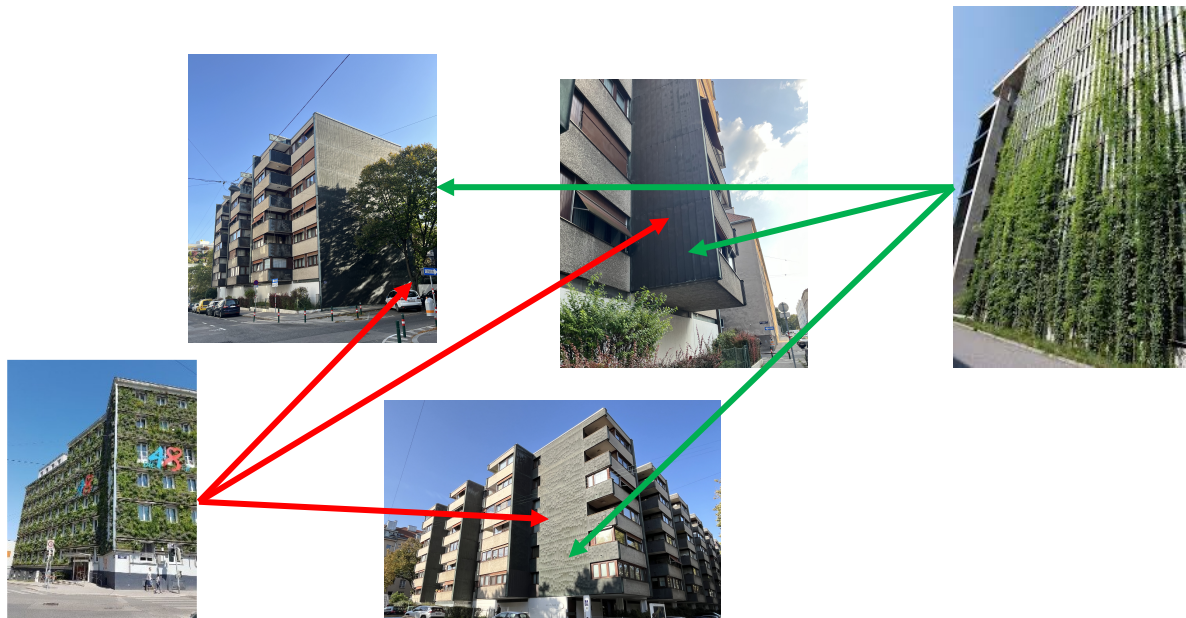


4.2. Begrünung

4.2.1. Begrünungskonzepte

Im Folgenden werden zwei Begrünungskonzepte für die Angeligasse vorgestellt: „Begrünung Light“, eine günstigere Variante, sowie eine Top-Variante. Ergänzend wurde eine kleine Begrünungslösung speziell für die Pilotwohnung entwickelt. Alle Konzepte sind – mit kleineren Anpassungen – auch auf andere Anlagen übertragbar.

Abbildung 45: Skizze Begrünungsflächen, Bild links unten: (GrünstattGrau, kein Datum), Bild rechts Oben: (25074), Bilder von Angeligasse 97-99: TU Wien



Nachfolgend werden Varianten von möglichen Begrünungen dargestellt

Begrünungskonzept 1: Kostengünstige Lösung für Gebäude mit unversiegeltem Umfeld

Dieses Begrünungskonzept wurde als wirtschaftliche und zugleich vielseitig einsetzbare Variante entwickelt. Es richtet sich insbesondere an Gebäude, die von unversiegelten Bodenflächen umgeben sind, lässt sich jedoch ebenso gut auf unterschiedliche Anlagentypen mit Feuermauern übertragen und eignet sich sowohl für Bestandsgebäude als auch für Neubauten. Für Fassadenbereiche mit Blechverkleidung wurde ein besonders flexibles und kosteneffizientes System ausgewählt, das auf der Kombination aus trog- und bodengebundenen Kletterpflanzen basiert. Ergänzt wird dieses

durch ein individuell anpassbares Rankgerüst aus Seilen und Gitterelementen, das auf die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten abgestimmt werden kann.

Die bestehende Gehsteigbreite von 245 bis 255 cm in Bereich Hardmuth- und Braunsberggasse und die Grünflächen an den anderen Seiten ermöglicht dabei eine unkomplizierte und raumsparende Integration der Begrünung an sämtlichen Fassadenseiten des Gebäudes, ohne dabei den öffentlichen Raum wesentlich einzuschränken.

Troggebundene Kletterpflanzen bieten den Vorteil, unabhängig vom Boden installiert werden zu können. Sie werden in Reihen entlang der Fassade angeordnet. Je nach Standortbedingungen kann dieses System mit oder ohne zusätzliche Kletterhilfen ausgeführt werden – bei der Höhe von 6 Geschossen wird mit einem Klettergerüst gearbeitet. Dort, wo ein direkter Zugang zum natürlichen Erdreich vorhanden ist, kommen bodengebundene Kletterpflanzen zum Einsatz. Diese benötigen keine Pflanzgefäße, sind besonders pflegeleicht und reduzieren den technischen Aufwand.

Das Rankgerüst, bestehend aus einer Kombination von Seilsystemen und Gitterelementen, kann flexibel an die Architektur des Gebäudes angepasst werden. Dadurch lässt sich das Begrünungssystem modular gestalten und problemlos an unterschiedliche Gebäudeformen, Höhen und örtliche Bedingungen anpassen.

Besonders hervorzuheben ist die Wirtschaftlichkeit dieses Konzepts: Es zeichnet sich durch eine hohe Robustheit bei gleichzeitig geringen Investitionskosten aus, die je nach Ausführung zwischen 64 und 260 Euro pro Quadratmeter für das Rankgerüst liegen. Durch die Verwendung auch von trogbasierten Fassadenbegrünungen ist das System zudem unabhängig vom Bodenanschluss realisierbar und eignet sich daher ideal für stark versiegelte oder innerstädtisch verdichtete Lagen.

Vor der Umsetzung ist allerdings die Tragfähigkeit der jeweiligen Gebäudehülle zu prüfen. Sollte die statische Belastbarkeit der Fassade nicht ausreichen, ist eine entsprechende Stützkonstruktion vorzusehen, um die sichere Verankerung und dauerhafte Stabilität des Begrünungssystems zu gewährleisten.

Als Ergänzung kann auf die Loggia Brüstung einen länglichen Trog installiert, und die Loggia durch die Bepflanzung mit Kletterhilfen beschatten werden, als MieterInnen-freundliches Angebot oder bei Mieterwechsel in die Wohnungen integriert (s. Begrünungskonzept Pilotwohnung).

Abbildung 46: Inspirationsbilder Kletterpflanzen, Bild Links: (Eberle, kein Datum), Bild Rechts: (GrünstattGrau, kein Datum))



Abbildung 47: Inspirationsbild Kletterpflanzen, (Rataplan, kein Datum)



Abbildung 48: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Hardmuthgasse, TU Wien



Abbildung 49: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Angeligasse, TU Wien



Ausgewählte Kletterpflanzen:

- Clematis (Waldreben, verschiedene Sorten – z. B. *Clematis montana*, *Clematis hybrids*)
 - Höhe: 2–6 m (je nach Sorte, manche auch bis 10 m)
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Mittel – empfindlich bei Trockenheit, regelmäßiger Schnitt nötig
- Clematis vitalba (Gewöhnliche Waldrebe, Wildart)
 - Höhe: bis 15 m
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Anspruchslos, starkwachsend, kann wuchern
- Wisteria sinensis / Wisteria floribunda (Blauregen)
 - Höhe: bis 20 m
 - Himmelsrichtung: Sonne, warme Lagen
 - Pflege: Pflegeintensiv – braucht starken Rückschnitt, kräftige Rankhilfen
- Lonicera periclymenum (Geißblatt, Wald-Geißblatt)
 - Höhe: 4–6 m
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Pflegeleicht, blüht duftend, lockt Insekten
- Actinidia deliciosa / Actinidia arguta (Kiwi, großfrüchtig bzw. Mini-Kiwi)
 - Höhe: 8–10 m
 - Himmelsrichtung: Sonne, windgeschützt
 - Pflege: Mittel – Rankhilfe und regelmäßiger Schnitt nötig, für Früchte meist m/w-Pflanzen
- Parthenocissus quinquefolia (Wilder Wein, Fünfblättrige Jungfernebe)
 - Höhe: 15–20 m
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Schatten
 - Pflege: Sehr pflegeleicht, haftet selbstständig (aber kann Fassade beanspruchen)
- Aristolochia macrophylla (Pfeifenwinde, großblättrige Pfeifenwinde)
 - Höhe: 10–12 m
 - Himmelsrichtung: Halbschatten bis Schatten
 - Pflege: Pflegeleicht, sehr dicht belaubt, ideal für Fassadenbegrünung
- Akebia quinata (Schokoladenwein, Akebie)
 - Höhe: 8–10 m
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Pflegeleicht, dekorative Blüten und Früchte

Begrünungskonzept 2: Trogsystem oder Mattenlösung

Eine weitere Begrünungsmöglichkeit im mittleren Preissegment stellt die Fassadenbegrünung mit einem Trogsystem oder mit Begrünungsmatten dar. Es wird ein Trogsystem empfohlen, da mit Begrünungsmatten in Wien bislang keine ausreichenden Erfahrungen gemacht wurden, insbesondere bzgl. Robustheit und Dauerhaftigkeit.

Da die Waschbetonplatten entgegen der ursprünglichen Planung nicht entfernt werden können, ist eine Begrünung nur an den Seitenwänden der Loggien oder an der Blechfassade möglich. Letztere bietet darüber hinaus zusätzliche gestalterische und technische Potenziale: Es wäre denkbar, die bestehende Blechfassade teilweise wiederzuverwenden, nachzudämmen und auf dieser Basis ein Fassadenbegrünungssystem – beispielsweise in Form einer durchgehenden Grünwand – zu montieren.

Für das Trogsystem eignen sich vor allem Pflanzen mit buschigem, kompakt bleibendem Wuchs, die zugleich robust und pflegeleicht sind sowie einen ökologischen Nutzen – etwa für Biodiversität oder Mikroklima – mitbringen. Da die Wand über ein zentrales, gleichmäßig arbeitendes Bewässerungssystem verfügt, sollten ausschließlich Pflanzen mit ähnlichem Wasserbedarf eingesetzt werden, um einen zuverlässigen und effizienten Betrieb sicherzustellen.

Ein fassadengebundenes Trogsystem verursacht Kosten von etwa 1.000 €/m² und hat ein Eigengewicht von ca. 100 kg/m². Alternativ dazu könnten sogenannte „LivingPANELS“ zum Einsatz kommen, deren Kosten vergleichbar mit den Trogsystem sein können und Gewicht in gesättigten Zustand bei ca. 50 kg/m² liegt.

Sollte sich bei einem konkreten Objekt ergeben, dass auch die Waschbetonflächen begrünt werden sollen, wäre dies ausschließlich über eine selbsttragende Trogsystemkonstruktion möglich, die unabhängig von der bestehenden Betonfassade funktioniert, aber punktuell darin verankert werden kann.

Abbildung 50: Begrünte Fassade Einsiedlergasse 2, 1050 Wien, (GrünstattGrau, kein Datum)



Abbildung 51: Begrünte Fassade Hietzinger Kai 131, 1130 Wien, Archiv TechMetall GmbH



Abbildung 52: Begrünte Fassade Wiedner Hauptstrasse 150, 1040 Wien, (View, kein Datum)



Abbildung 53: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Hardmuthgasse, TU Wien



Abbildung 54: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Angeligasse, TU Wien



Ausgewählte Pflanzen:

- Geranium × cantabrigiense 'Saint Ola' (Cambridge-Storchschnabel)
 - Höhe: 20–30 cm
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Sehr pflegeleicht, trockenheitsverträglich, guter Bodendecker
- Geranium macrorrhizum 'Spessart' (Balkan-Storchschnabel)
 - Höhe: 30–40 cm
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten, auch schattentolerant
 - Pflege: Sehr pflegeleicht, robust, duftendes Laub, ideal als Bodendecker
- Bergenia cordifolia (Herzblatt-Bergenie)
 - Höhe: 30–40 cm (Blütenstände bis 50 cm)
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Pflegeleicht, wintergrün, verträgt auch schattige Standorte
- Fragaria vesca var. semperflorens 'Rügen' (Immertragende Walderdbeere)
 - Höhe: 15–20 cm
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Pflegeleicht, bildet Ausläufer, liefert essbare Früchte
- Heuchera micrantha 'Palace Purple' (Purpurglöckchen)
 - Höhe: 40–60 cm
 - Himmelsrichtung: Sonne bis Halbschatten
 - Pflege: Pflegeleicht, dekoratives Laub, bevorzugt humose, durchlässige Böden
- Carex morrowii 'Variegata' (Buntblättrige Segge)
 - Höhe: 30–40 cm

- Himmelsrichtung: Halbschatten bis Schatten
- Pflege: Pflegeleicht, immergrün, strukturgebend

4.2.2. Begrünungskonzept Pilotwohnung

In der Angeligasse wurde eine Wohnung als Demonstrationswohnung renoviert. Es handelt sich dabei um eine Sanierung, die sukzessive erfolgen kann, sodass jede Wohnung bei einem Mieterwechsel entsprechend nachgerüstet werden kann.

Im Zuge dessen wurde auch ein Konzept für die Begrünung der jeweiligen Loggien entwickelt, das je nach finanzieller Lage oder Wunsch der Nachmieter umgesetzt werden könnte. Es wurden drei Varianten konzipiert.

Begrünungskonzept 1

Bei dieser Variante bleibt der Boden der Loggia frei, und die Pflanzen sollen an der Decke aufgehängt werden. Dadurch entsteht ein grüner Vorhang (Verschattung), der gleichzeitig Platz spart.

Ein Nachteil besteht darin, dass man aus brandschutztechnischen Gründen bei der Pflege besonders darauf achten muss, dass die Pflanzen nicht in das darunterliegende Geschoss hineinwachsen. Die Bewässerung sollte idealerweise über ein automatisches System erfolgen, das im Zuge einer Sanierung problemlos von der Küche nach außen geführt werden kann.

Abbildung 55: Inspirationsbilder Balkonbegrünung; Bild links: (25073) Bild rechts: (todaya, kein Datum)



Begrünungskonzept 2

Bei dieser Variante handelt es sich um trogebundene Kletterpflanzen, die mithilfe von Seilen, Netzen oder einem Rankgerüst nach oben geführt werden sollen.

Mit zwei großen Pflanzentrögen und an der Decke befestigten Seilen lässt sich die Loggia schnell und kostengünstig in eine grüne Oase verwandeln. Geeignete Pflanzen für diese Variante wären beispielsweise Blauregen, Wilder Wein oder Clematis. Entscheidet man sich für einen Holztrog in Kombination mit einem Holzgerüst, entsteht ein außergewöhnlicher, luxuriöser Stil, der der Loggia einen besonderen Charakter verleiht. Durch den Einsatz von Pflanzen wie Clematis kann man nicht nur ein naturnahes Flair schaffen, sondern gleichzeitig auch einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Biodiversität leisten – insbesondere durch das Anziehen von Insekten und Vögeln.

Abbildung 56: Unterschiedliche Klettergerüste für die Pflanzen, Bild links: (25071), Bild Mitte: (25072) ,Bild rechts: (rousselco, kein Datum)



Abbildung 57: Unterschiedliche Kletterpflanzen Varianten bei Balkonen, Bild Links: (Exterieures, kein Datum), Bild Mitte: (2507), Bild Rechts: (archiLAURA, kein Datum)



Begrünungskonzept 3

Bei dieser Variante würde ein Stahlraster als Unterlage verwendet, an dem bereits bepflanzte Clip-on-Tröge einfach eingehängt werden können. Diese Lösung lässt sich z. B. als vertikale Grünwand an der seitlichen Loggia Brüstung oder unter dem Küchenfenster umsetzen. Letzterer Ort eignet sich besonders gut für Kräuterpflanzen, da sie dort leicht zugänglich sind. Alternativ kann diese Variante auch als Do-it-yourself-Lösung mit einer Doppelstegmatte und einfachen, anhängbaren Pflanzgefäßen umgesetzt werden. Eine mögliche Vorgehensweise wäre, dass die Hausverwaltung nur die Befestigung der Matte übernimmt, während die Pflanzgefäße in der Verantwortung der Mieter*innen liegen und individuell gestaltet werden können. Besonders gut geeignet für diese Variante sind Kräuter und Naschpflanzen wie z. B. Basilikum, Minze, Schnittlauch, Erdbeeren oder kleine Chilis. Falls eine Grünwand der bis an der Deckenkante gewünscht ist, eignen sich die folgenden Pflanzen besonders gut: Geranium, Bergenien, Heuchera micrantha, Katzenminze, Thymian, Lavendel, Salbei.

Abbildung 58: Blumengarten an der Balkonwand (<https://ecocation.org/vertical-herb-garden-ideas/>, kein Datum)



4.3. Konzepte für Mieter:innen-Einbindung

Die Auswahl aus unterschiedlichen Methoden lässt zu, auf die individuelle Mietenden- und Finanzsituation einzugehen.

Variante 1

- Schritt 1: Durchführung einer umfassenden Mieter:innenanalyse, basierend auf Gesprächen mit den Hausmeister:innenn sowie der Auswertung relevanter statistischer Daten von der Hausverwaltung.
- Schritt 2: Versenden eines Informationsbriefes sowie Aushang (inklusive Übersetzung, falls dies bei der Mieter:innenanalyse als notwendig herausgestellt wird), um alle wichtigen Informationen frühzeitig zugänglich zu machen.
- Schritt 3: Veranstaltung einer Info-Session, in der alle Details umfassend erklärt werden. Alternativ könnte auch eine Feier im Hof organisiert werden, bei der gleichzeitig Informati-

onen bereitgestellt werden (inklusive Übersetzung). Die politischen Vertreter:innen des Bezirks sowie der Geschäftsführer und der Vorstand der Genossenschaft sollen eingeladen werden.

- Schritt 4: Baubüro vor Ort, in dem zu unterschiedlichen Zeiten eine Ansprechperson vor Ort ist, die Fragen beantwortet. Gleichzeitig dient es als Infobox, die regelmäßig bespielt wird, mit mobilen grünen Wänden, an denen sich die Bewohner informieren können und die Begrünung vorab erleben können. Im Zuge dessen könnte man eine Art 1:1 Workshop veranstalten und auch Einzelgespräche mit Menschen führen, die sich mit dem Thema auseinandersetzen wollen und bereits informiert sind. Dadurch werden die Ergebnisse aussagekräftiger und gleichzeitig wird Vertrauen aufgebaut. Ergänzend können auch Tür-zu-Tür-Gespräche durchgeführt werden.

Variante 2: Großer Informationsveranstaltung

- Schritt 1: Rundschreiben oder Briefe mit kurzen Projektinformationen und Veranstaltungsinformationen (Ort, Zeit)
- Schritt 2: Informationsveranstaltung mit kurzer Fragerunde im Anschluss
- Schritt 3 (nur bei Bedarf): Vertiefende Informationsveranstaltung - Beantwortung relevanter Fragen, die in 2. gestellt wurden und für die keine Zeit zur Verfügung stand.

Bei der Überlegung, wann der beste Zeitpunkt für eine Veranstaltung ist, wurde festgestellt, dass ein frühzeitiger Informationsfluss entscheidend ist, um Vertrauen zu schaffen und die Akzeptanz für das Vorhaben zu stärken. Die Einbindung der Bewohner:innen sollte jedoch erst dann in Form einer Versammlung erfolgen, wenn das Sanierungsvorhaben hinreichend konkretisiert ist. Nur so kann gewährleistet werden, dass Fragen umfassend und sachlich korrekt beantwortet werden können. Sollten während der Veranstaltung dennoch Fragestellungen aufkommen, die zum Zeitpunkt nicht beantwortet werden können, ist ein transparenter Umgang unerlässlich. Die betreffenden Fragen sollten aufgenommen und zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehbar beantwortet werden.

Die Wahl des Veranstaltungstermins sollte so getroffen werden, dass eine möglichst breite Beteiligung der Bewohnerschaft ermöglicht wird. Empfehlenswert sind Termine zu Beginn der Woche am späten Nachmittag. Da nicht alle Mieterinnen an einer einzigen Veranstaltung teilnehmen können, ist die Organisation eines Alternativtermins sinnvoll. Zusätzlich empfiehlt es sich, die wichtigsten Inhalte in schriftlicher Form zur Verfügung zu stellen – idealerweise auch in mehreren Sprachen, zumindest in einer kurzen, barrierefreien Version.

Zudem sollte für die Dauer des Projekts eine feste Ansprechperson seitens der Hausverwaltung benannt werden, um kontinuierlich für Rückfragen, Anregungen und mögliche Sorgen der Bewohner:innen zur Verfügung zu stehen.

Eine regelmäßige, verständlich aufbereitete Information über den Fortgang des Projekts – etwa über Aushänge im Haus oder gezielte Informationsblätter – ist zentral für den Aufbau und Erhalt von

Vertrauen. Ehrlichkeit und Transparenz sind dabei von größter Bedeutung: Zeitliche Abläufe, Chancen und Risiken des Projekts sollen offen kommuniziert werden. Dies beinhaltet auch die Offenlegung von Gründen, sofern eine weitergehende Beteiligung nicht vorgesehen ist.

Es ist zu erwarten, dass bei Informationsveranstaltungen auch Themen zur Sprache kommen, die nicht unmittelbar mit der Sanierung zusammenhängen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, freundlich, aber klar auf die thematische Begrenzung der Veranstaltung hinzuweisen. Gleichzeitig ist es ein Zeichen der Wertschätzung, diese Anliegen sichtbar zu dokumentieren – z. B. auf einer Stellwand – und ihre Weiterleitung an zu-ständige Stellen sicherzustellen.

Obwohl keine wissenschaftlichen Studien zur optimalen Terminwahl für derartige Versammlungen vorliegen, beruhen die hier genannten Empfehlungen auf praktischen Erfahrungen und gelten als bewährte Orientierung für eine gelungene Mieter:innenbeteiligung.

Variante 3: eher informativ und unpersönlich; von Experten nicht empfohlen

- Schritt 1: Schriftliche Information im Postkasten
- Schritt 2: Befragungen- Zetteln im Postkasten und eine Sammelbox im Eingangsbereich (ein Fragenkatalog wurde, basierend auf Praxisblatt Nr. 2 „Kooperative Sanierung, Methoden zur Einbeziehung von Bewohner:innen bei umfassenden Gebäudesanierungen, Jürgen Suscheck-Berger, Michael Ornetzeder, bmvit, Haus der Zukunft“ angepasst an die Anlage Angeligasse entwickelt)
- Schritt 3: Workshop mit Anmeldezahl (abhängig von der Anmeldezahl auf verschiedene Gruppen geteilt)
- Schritt 4: Sprechstunden vor Ort in die Bauphase

Variante 4: live-Besprechungen; von Experten eher nicht empfohlen

- Schritt 1: Schriftliche Information über die Infoveranstaltung
- Schritt 2: Info-Veranstaltung im Hof mit Dolmetsch bei Bedarf (Mieteranalyse)
- Schritt 3: Persönliche Befragungen (Mieter können sich auf Anmeldezahl mit Datum/Uhrzeit anmelden);
- auch Zettel Variante ermöglichen
- Messungen mit Umidus Geräte von IBO anbieten
- Schritt 4: Workshop mit Anmeldezahl (abhängig von der Anmeldezahl auf verschiedene Gruppen geteilt)
- Schritt 5: Sprechstunden vor Ort in die Bauphase

Variante 5: Soziologische Betreuung ins Boot nehmen und nach außen verlagern

4.4. Bauphysik und Nachhaltigkeitsbewertung

Energieeinsparungspotenzial durch thermische Maßnahmen - Zusammenfassung

Im Projekt wurden verschiedene Sanierungsmaßnahmen hinsichtlich Energieeffizienz, Wärmeschutz und CO₂-Bilanz untersucht. Grundlage waren Energieausweisberechnungen des Bestands sowie Simulationen thermischer und hygrothermischer Eigenschaften. Aufgrund konstruktiver Gegebenheiten wurde auf eine Innendämmung mit mineralischen, kondensattolerierenden Materialien gesetzt, die Waschbetonfassade kann erhalten und weiterverwendet werden. Variantenuntersuchungen zeigten, dass bereits die Optimierung der Verglasung deutliche Effizienzsteigerungen bringt, während kombinierte Maßnahmen aus Dämmung und Verdichtung den Heizwärmebedarf um bis zu 70 % reduzieren können. CO₂-Bilanzen verdeutlichen, dass umfassende thermische Erüchtigung langfristig die größten Einsparungen erzielen, während kleinere Maßnahmen, wie die alleinige Fenstererüchtigung oder ein Fenstertausch keine vollständige Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraumes erreichen, gleichen Innendämmvarianten ihre Emissionen nach etwa 10 Jahren und Kombinationen mit Verdichtungsvarianten bereits nach rund 5 Jahren aus. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse, dass umfassende thermische Sanierungen zusammen mit einer Verdichtung sowohl energetisch als auch ökologisch die nachhaltigste Lösung darstellen.

Untersuchte Varianten

Abbildung 59: Darstellung der untersuchten Sanierungsvarianten, IBO

	Fenster	oberste Geschoßdecke	unterste Geschoßdecke	Fassade		Heizung	Verdichtung
Var. 1a	Verglasung optimieren	20 cm Dämmung + Gründach	12 cm Dämmung	16 cm Dämmung STB-Schotten		Wandheizung Deckenheizung	DG-Zubau DG-Zubau & Glasvorbau
Var. 1b	Fenstertausch			10 cm Innendämmung			
Var. 2	Verglasung optimieren			16 cm Dämmung STB-Schotten			
Var.3				10 cm Innendämmung			
Var. 3a				16 cm Dämmung STB-Schotten	10 cm Innendämmung		
Var. 3b							
Var. 3c				10 cm Innendämmung			
Var. 4							
Var. 5							

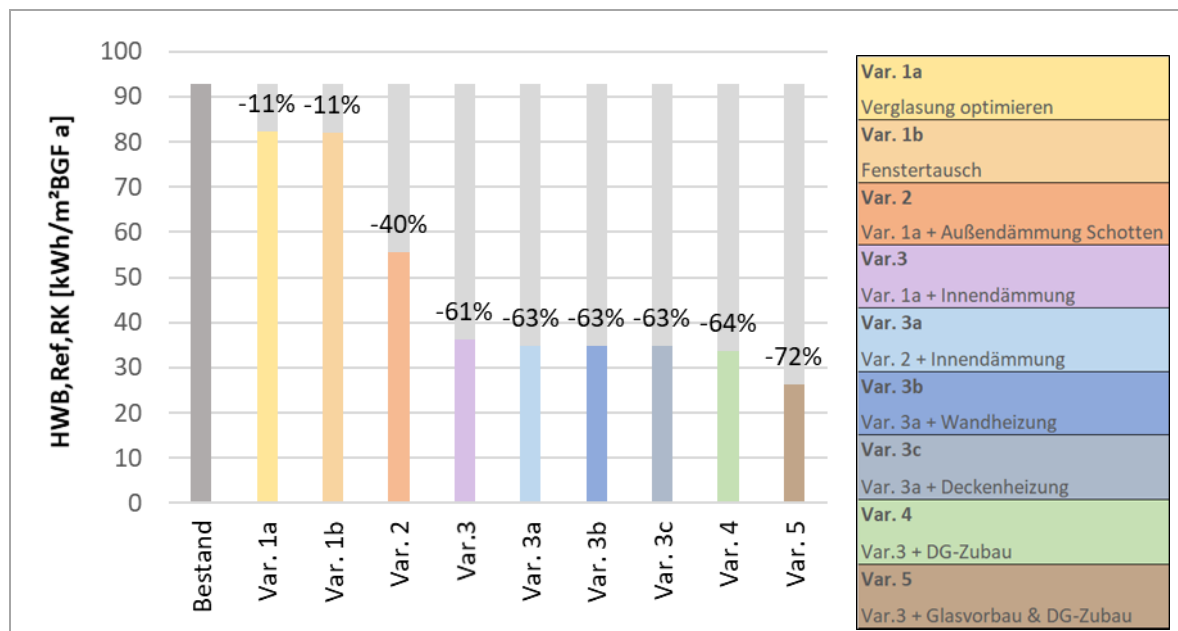
Heizwärme-Einsparpotenzial durch thermische Maßnahmen:

Der Heizwärmebedarf beschreibt die Menge an Heizwärme, die dem Gebäude durch die Heizungsanlage zugeführt werden muss, um die Norm-Raumtemperatur von 22 °C lt. OIB-Richtlinie 6: 2023, zu erreichen. Der Heizwärmebedarf hängt in erster Linie von der Beschaffenheit der Gebäudehülle

ab, wobei die Dämmstärken, die Wärmeleitzahl der verwendeten Dämmstoffe, die Gebäudekubatur und die internen sowie solaren Gewinne einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis haben. Die Energieausweisberechnungen wurden unter der Annahme eines vollständig sanierten Gebäudes durchgeführt, da eine schrittweise, wohnungsweise Darstellung im Ausweis nicht sinnvoll abbildbar wäre.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verglasung mit Vakuum-Isolierglas energetisch nahezu gleichwertig mit einem kompletten Fenstertausch ist. Eine 10 cm starke Innendämmung führt zu einer Reduktion des Heizwärmebedarfs um mehr als 60 %, und in Kombination mit einem Dachgeschoßausbau bzw. mit Verdichtung mit Glasvorbauten kann die Einsparung auf rund 70 % gesteigert werden.

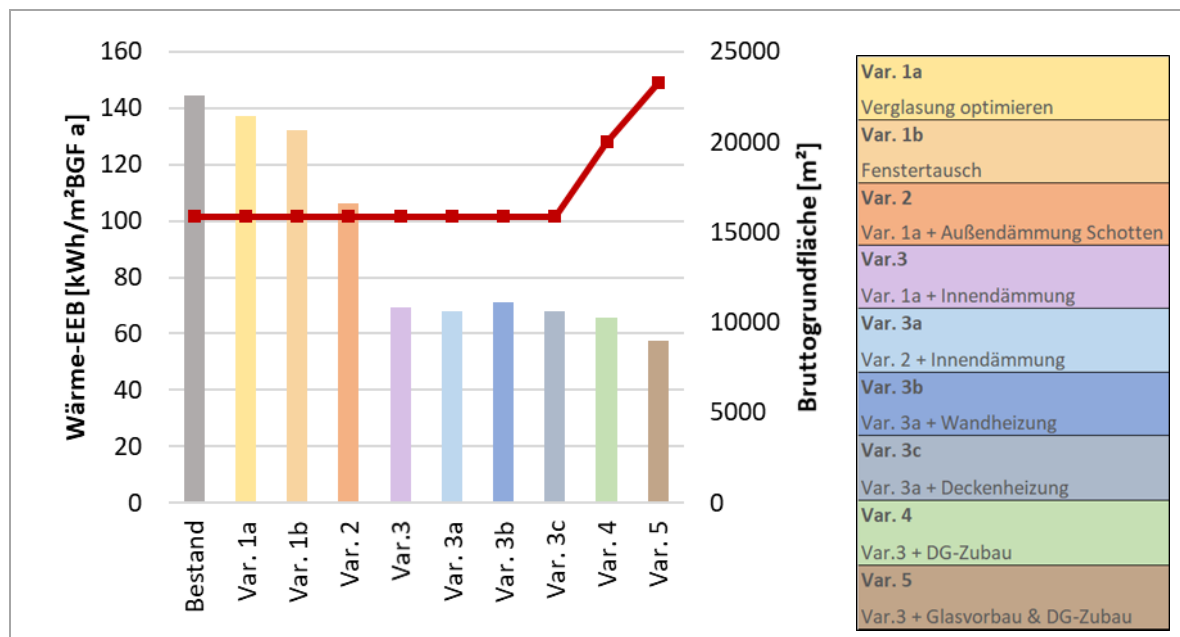
Abbildung 60: Reduktion des Heizwärmebedarfs des Gebäudes, IBO



Der Heizwärmebedarf gilt zwar als guter Vergleichswert, um die Einsparungen durch thermische Maßnahmen zu erkennen, jedoch sind für die Nutzer:innen oft die Einsparung der tatsächliche Wärme-Endenergiebedarf, der die tatsächlich gelieferte Wärmemenge angibt, interessanter. Der vorliegende Wärme-Endenergiebedarf umfasst sowohl den Verbrauch für Heizung und Warmwasser als auch Rohrleitungsverluste. Er bildet somit die Grundlage für die Berechnung der Wärmebereitstellungskosten. Die Beheizung des Gebäudes erfolgt derzeit mittels Fernwärme, wobei die Wärmeabgabe über Radiatoren mit Hoch-Temperatur in den Wohnungen erfolgt, die jeweils unterhalb der Fenster situiert sind. Bei den Varianten mit Innendämmung (Variante 3 bis 5) wird davon ausgegangen, dass die Räume mit Niedertemperatur beheizt werden (40 °C/30 °C). Dabei werden bei Variante 3 und 3a die Heizkörper erhalten und bei Var. 3b eine Wand- und bei Variante 3c eine Deckenheizung untersucht. Die höheren Wärmekosten bzw. Fernwärmebedarf bei der Variante mit

Wandheizung resultiert aus dem U-Wert der Wand. Die größten Auswirkungen durch die thermischen Verbesserungen sind analog zur Reduktion des Heizwärmebedarfes.

Abbildung 61: Reduktion des Fernwärmebedarfs des Gebäudes im Vergleich zur Bruttogrundfläche, IBO



CO₂-Einsparungspotential durch thermische Maßnahmen

Mit Einsparung der benötigten Wärmeenergie in der Nutzungsphase (Lebenszyklusphase B6) wird auch gleichzeitig der CO₂-Ausstoß reduziert, den ein Gebäude während der Nutzung durch Warmwasser oder Heizung produziert. Bei der Beurteilung der CO₂-Bilanz ist es relevant, auch jene CO₂-Emissionen zu berücksichtigen, die für die Herstellung der neu eingebrachten Ressourcen in Form von Dämmung oder Fensterglas entstehen. Dazu werden die CO₂-Emissionen mithilfe des Programmes Eco2soft mithilfe von Richtwerten aus der Datenbank baubook.at in der Bilanzgrenze 1 ermittelt. Der Bestand wird dabei als bereits abgeschrieben angenommen.

Für die Ökobilanzierung der Sanierungsvarianten werden in den Lebenszyklusphasen A1-A3 alle Umweltauswirkungen und Ressourcenverbräuche erfasst, die während der Rohstoffgewinnung, des Transportes und der Baustoffherstellung entstehen. Der Transport zur Baustelle (A4) und die Aufwände für den Bauprozess selbst (A5) werden in der Beurteilung nicht berücksichtigt. Diese Bilanzierung umfasst die Lebenszyklusphasen A1 bis A3:

- A1 (Rohstoffgewinnung) – Berücksichtigung aller Prozesse, die zur Gewinnung der für Bauprodukte benötigten Rohstoffe notwendig sind

- A2 (Transport) – Transport dieser Rohstoffe und Vorprodukte zu den Produktionsstätten der Baustoffe. Dabei werden Energieverbrauch und Emissionen abhängig von Transportmittel (z. B. LKW, Bahn, Schiff) und Transportdistanz bewertet.
- A3 (Produktion) – Erfassung aller Umweltauswirkungen der Herstellung der Bauprodukte und -komponenten, einschließlich Energieeinsatz, Emissionen und Produktionsabfällen.

Im Rahmen der Planung der Pilotwohnung wurden verschiedene Optionen zur Optimierung der Fenster hinsichtlich ihrer CO₂-Bilanz untersucht. Dabei zeigte sich, dass der Tausch auf 2-Scheiben-Isolierglas, Vakuumglas oder die Ertüchtigung bestehender Verglasungen durch eine zusätzliche Scheibe ähnliche CO₂-Emissionen verursachen, selbst wenn ab einer 3. Scheibe aufgrund des Gewichts ein Beschlagwechsel erforderlich ist. Der Wechsel auf 3-Scheiben-Isolierglas hingegen verdoppelt nahezu das Treibhauspotenzial der Herstellung. Unter Berücksichtigung der Nutzungsphase erweist sich das Vakuumglas aufgrund seines sehr guten Wärmedurchgangskoeffizienten (Ug-Werts) und des geringen Herstellungsaufwands als die nachhaltigste Variante. Allerdings fehlen bislang ausreichende Praxiserfahrungen und ökologische Langzeitdaten, weshalb weitere Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und Umweltwirkung des Vakuumglases notwendig sind.

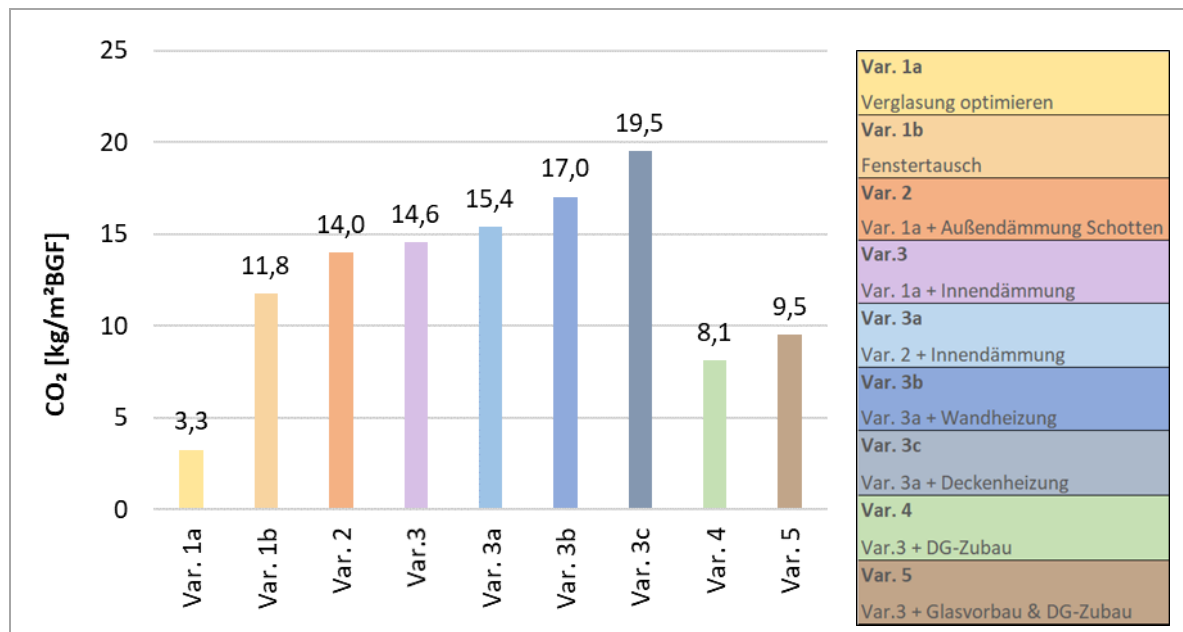
Tabelle 3: Vergleich der CO₂-Emissionen der Möglichkeiten zur thermischen Optimierung der bestehenden Verglasung, IBO

	Ug-Wert	Glas (70 % Glasanteil / m ² Fenster)	Beschläge (1,1 kg / m ² Fenster)
Scheibentausch 2-Scheiben-Isolierverglasung	~ 0,90 W/m ² K	21,4 kg CO ₂ /m ² Fenster	-
Σ 21,4 kg CO₂/m²Fenster			
Scheibentausch 3-Scheiben-Isolierverglasung	~ 0,70 W/m ² K	43 kg CO ₂ /m ² Fenster	10 kg CO ₂ /m ² Fenster
Σ 53 kg CO₂/m²Fenster			
Scheibentausch Vakuumglas	~ 0,50 W/m ² K	21,4 kg CO ₂ /m ² Fenster	
Σ 21,4 kg CO₂/m²Fenster			
Glasertüchtigung Ergänzung einer 3. Scheibe	~ 0,70 W/m ² K	11,8 kg CO ₂ /m ² Fenster	10 kg CO ₂ /m ² Fenster
Σ 21,8 kg CO₂/m²Fenster			

Alle Werte beziehen sich auf ein m² Fensterfläche. Die Daten basieren auf den Richtwerten der Datenbank baubook.at.
Annahmen aus Richtwerten und Abschätzung – Fundierte Zahlen für Vakuumglas fehlen (Annahme 2-Scheiben-Isolierverglasung)

Die Höhe der CO₂-Emissionen in der Herstellung hängt stark mit dem Materialbedarf zusammen. Die CO₂-Bilanz des Glastausches unterscheidet sich deutlich von dem Fenstertausch, da der Fensterrahmen und die Beschläge erhalten werden können. Außerdem hat die Scheibenanzahl eine hohe Auswirkung auf die CO₂-Bilanz von Fenstern. Bei den Varianten 3a bis 3c fällt auf, dass die Maßnahmen zur Herstellung der Decken- bzw. Wandheizung die CO₂-Emissionen erhöhen. Durch die Planung des Dachgeschoßes aus einer CLT-Konstruktion sinken die CO₂-Emissionen der Verdichtungsvarianten deutlich, da Kohlenstoff im Holz gespeichert und damit CO₂ langfristig gebunden wird.

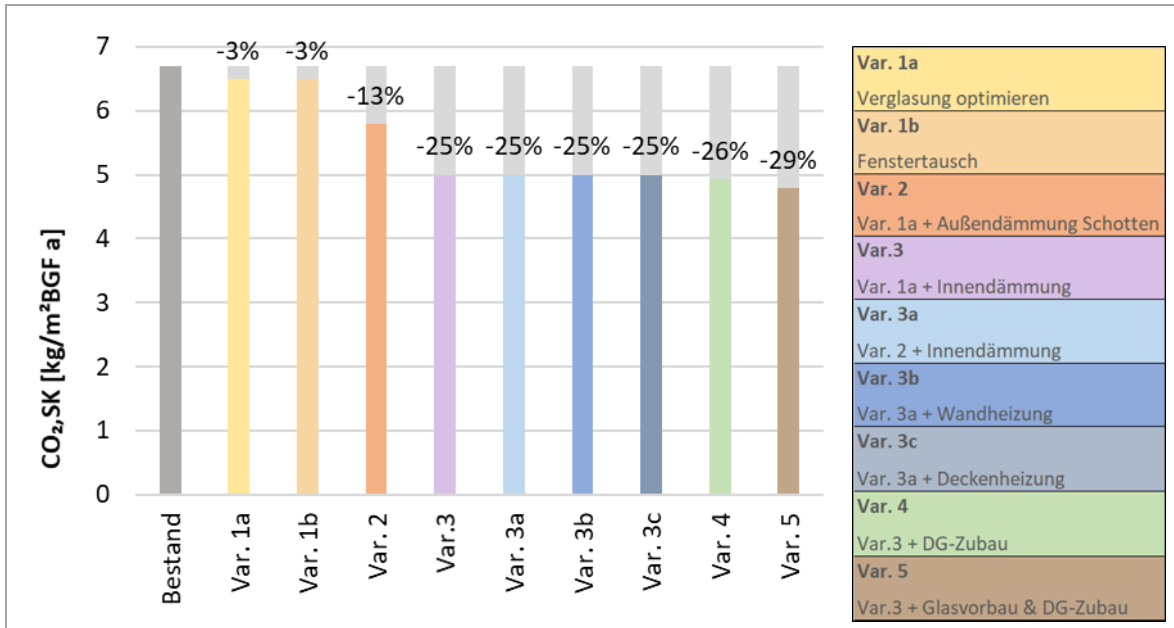
Abbildung 62: CO₂-Emissionen in der Herstellungsphase (A1-A3) der Sanierungsvarianten, IBO



Die Höhe der CO₂-Emissionen im Gebäudebetrieb (B6) werden aus der Energieausweisberechnung entnommen. Da das derzeitige Heizsystem auf Fernwärme basiert, ist es somit grundsätzliche ökologisch zu bewerten.

Insgesamt wird deutlich, dass ein höherer Sanierungsumfang langfristig zu einer deutlichen Verringerung der betrieblichen Emissionen führt. Kleinere Maßnahmen wie die Optimierung der Verglasung oder der Fenstertausch führen zu einer geringen Reduktion der Emissionen um etwa 3 %. Die Innendämmvarianten 3 bis 3c zeigen mit rund -25 % eine ähnlich hohe Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Betrieb. Besonders effektiv sind die Verdichtungsvarianten 4 und 5, die trotz der baulichen Erweiterung die spezifischen Emissionen nochmals deutlich senken.

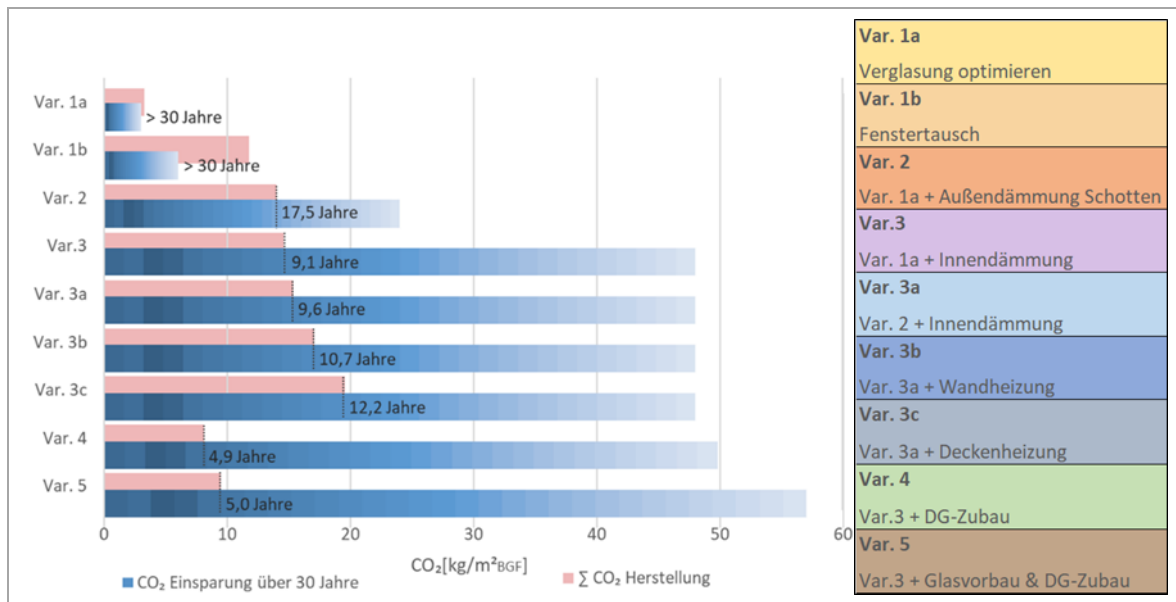
Abbildung 63: CO₂-Bedarf im Gebäudebetrieb (B6) der Sanierungsvarianten, IBO



Mithilfe der Bilanz soll die CO₂-Amortisationszeit bestimmt werden, also jene Zeit, die notwendig ist, um die CO₂-Emissionen, die bei der Baumaterial- bzw. Bauteilherstellung entstehen, durch die Einsparung von CO₂-Emissionen während der Nutzung wieder auszugleichen. Dazu werden die CO₂-Emissionen in die Herstellungsphase (A1-A3) mit der Reduktion der CO₂-Emissionen im Gebäudebetrieb (B6) über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren gegenübergestellt. In Abbildung 64 wird der CO₂-Ausstoß bei der Herstellung (rosa Balken) mit der CO₂-Einsparung (Blaue Balken) verglichen. Die CO₂-Einsparung wird über den gesamten Betrachtungsraum aufsummiert. Der Schnittpunkt der Herstellung und der Einsparung ergibt den Break-Even-Point. Also jene Dauer die notwendig ist, um den CO₂-Ausstoß der Herstellung durch das Eingesparte CO₂ zu kompensieren.

Während die Varianten 1a und 1b aufgrund geringer Einsparungen auch nach 30 Jahren keine Amortisation erreichen, kompensiert Variante 2 (Außendämmung Schotten) ihre Herstellungsemissionen nach rund 17,5 Jahren. Die Innendämmvarianten 3 bis 3c amortisieren sich deutlich schneller - nach etwa 9 bis 12 Jahren. Die besten Ergebnisse erzielen die Verdichtungsvarianten 4 und 5, deren CO₂-Emissionen bereits nach rund 5 Jahren durch die Einsparungen ausgeglichen werden. Insgesamt zeigt sich, dass umfangreichere Maßnahmen trotz höherem Anfangsaufwandes langfristig die beste Klimawirkung erzielen.

Abbildung 64: CO₂-Bilanz der Sanierungsvarianten über 30 Jahre, IBO



Thermischer Komfort - Zusammenfassung

Die vorliegenden Simulationsergebnisse zeigen, dass eine umfassende thermische Ertüchtigung bestehender Gebäude, bestehend aus Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Optimierung des Heizsystems sowie einem angepassten Lüftungsverhalten, wesentliche Verbesserungen im thermischen Komfort und in der Energieeffizienz bewirken kann. Insbesondere die Kombination von Innendämmung, thermischer Ertüchtigung der Fenster und der Nutzung von Flächenheizungen – wie Wand- oder Deckenheizungen – ermöglicht es, die angestrebten Komfortbedingungen auch unter Berücksichtigung zukünftiger klimatischer Veränderungen sicherzustellen.

Während gering dimensionierte Heizsysteme mit niedrigen Vorlauftemperaturen bei intensivem Lüftungsverhalten teilweise an ihre Grenzen stoßen, kann eine dichtere Auslegung der Flächenheizungen sowie eine angepasste Vorlauftemperatur diese Wärmeverluste ausgleichen und somit einen kontinuierlich hohen Komfort gewährleisten. Darüber hinaus werden voraussichtlich durch die prognostizierten milderen Winter der Heizwärmebedarf und damit die Energieeinsparungen zusätzlich unterstützt.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung einer integrativen Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, um den Anforderungen an zukünftige Gebäudestandards gerecht zu werden und gleichzeitig den Wohnkomfort für die Nutzerinnen und Nutzer nachhaltig zu verbessern.

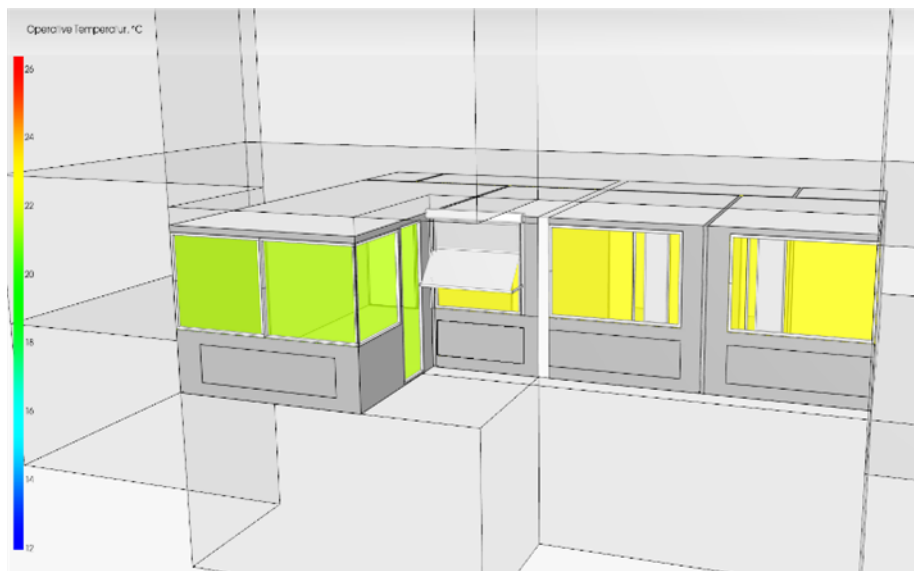
Bewertung der Haustechnik hinsichtlich thermischen Komforts

Das bestehende Heizungssystem weist mehrere Probleme auf: Besonders kritisch sind die hohen Wärmeverluste über die Fassaden entlang der Hauptleitungen, wodurch viel Energie verloren geht. Zudem fehlen wohnungsweise Absperrungen – die Hauptleitung verläuft vertikal durchs Gebäude, sodass beim Austausch einzelner Heizkörper die Leitungen eingefroren werden müssen. Auch die Schallübertragung über die Heizungsrohre beeinträchtigt den Wohnkomfort. Da die Mieter:innen keine eigenen Zähler besitzen, ist eine individuelle Verbrauchserfassung derzeit nicht möglich. Eine mögliche Verbesserung wäre die Nachrüstung wohnungsweiser Heizleitungsabsperrungen, um Wartung und Regelung zu vereinfachen.

Im Rahmen einer durchgeführten thermischen Gebäudesimulation wurden verschiedene Sanierungsvarianten für eine repräsentative Wohnung in der Angeligasse 97–99 untersucht. Ziel war es, deren Einfluss auf den Wohnkomfort sowie die Effizienz von Wärmeabgabesystemen zu bewerten.

Die Berechnungen konzentrierten sich dabei auf den kritischsten (kältesten) Tag im Monat Januar – eine besonders herausfordernde Situation für Raumklima und Heizsystem. Um realistische und zugleich anspruchsvolle Bedingungen zu simulieren, wurde ein großzügiges Lüftungsverhalten (jeweils 30 Minuten Fensteröffnung um 06:00, 12:00 und 18:00 Uhr), angenommen. So konnten potenzielle Temperaturabfälle durch Lüftung gezielt bewertet und sowohl die Luftqualität als auch der thermische Komfort umfassend untersucht werden.

Abbildung 65: Zonenmodell einer repräsentativen Wohnung (o.M.), IBO



Ausgehend vom bestehenden Gebäudezustand wurden mehrere Sanierungsvarianten analysiert – sowohl mit als auch ohne Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes. Im Fokus standen dabei Varianten mit Innendämmung zusammen mit der energetischen Optimierung der Fenster. Ziel

war es, die Auswirkungen dieser Dämmmaßnahmen auf die Innenraumtemperatur und den damit verbundenen thermischen Komfort sowie den Heizenergieverbrauch zu bewerten.

- Bestand mit bestehenden Heizkörpern u. Vorlauftemperatur 70 °C
- Bestand mit bestehenden Heizkörpern u. Vorlauftemperatur 45°C
- mit Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster u. bestehenden Heizkörpern Vorlauftemperatur 70 °C
- mit Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster u. Wandheizung 150 W/m², Vorlauftemperatur 45 °C
- mit Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster u. Wandheizung 250 W/m², Vorlauftemperatur 55 °C
- mit Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster u. Deckenheizung 40 W/m², Vorlauftemperatur 35 °C

Zur besseren Einschätzung zukünftiger Anforderungen wurde für eine Variante zusätzlich eine Simulation mit Klimadaten für das Jahr 2050 durchgeführt. Dadurch konnten die Effekte des Klimawandels auf das Gebäude und die geplanten Maßnahmen realitätsnah abgeschätzt werden.

- Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster u. Wandheizung 150 W/m² und Vorlauftemperatur 45 °C

Für die durchgeführten Berechnungen wurden stündlich aufgelöste Wetterdaten für den Standort Wien verwendet. Diese Daten stammen aus der Klimadatenbank METEONORM und basieren auf langjährigen Messreihen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG).

Für die Beurteilung und den Vergleich des thermischen Komforts wird der kälteste Tag im Monat Januar als Referenz herangezogen. Wie in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich, fällt dieser innerhalb des betrachteten Messzeitraums auf den 4. Januar.

Abbildung 66: Außentemperatur im Monat Jänner, Halbsynthetischer Klimadatensatz Wien, IBO

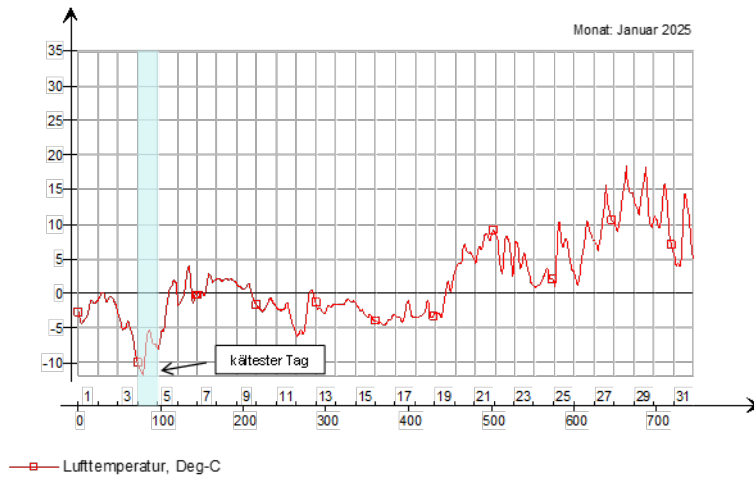
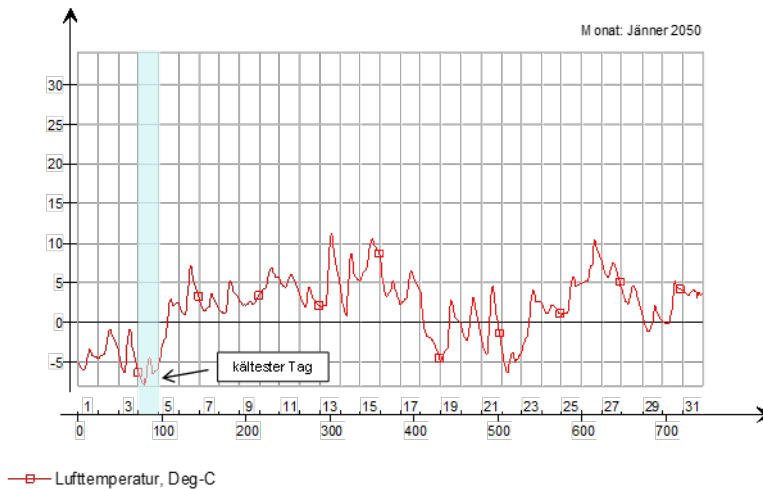


Abbildung 67: Außentemperatur im Monat Jänner im Jahr 2050 unter Berücksichtigung des prognostizierten Klimawandels und damit verbundener Temperaturerhöhung, IBO



Zur Bewertung des Einflusses der untersuchten Sanierungsmaßnahmen auf den thermischen Komfort wird das Raumklima gemäß ÖNORM EN 16798-1 untersucht. Die Beurteilung basiert auf die lt. Norm definierten Komfortklassen 1 bis 4, die sich an der operativen Raumtemperatur orientieren. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht der Vergleich zwischen dem unsanierten Gebäudebestand und den energetisch optimierten Zuständen.

Gemäß ÖNORM EN 16798-1 korrelieren die Komfortkategorien mit dem Ausmaß der Erwartungen der Gebäudenutzer an das Raumklima. Ein durchschnittliches Erwartungsniveau wird dabei als „mittel“ klassifiziert. Ein geringeres Erwartungsniveau ist zwar nicht mit gesundheitlichen Risiken verbunden, kann jedoch zu einer Verringerung des subjektiv empfundenen Komforts führen.

Tabelle 4: Kategorisierung des thermischen Komforts basierend auf der operativen Temperatur im Innenraum, IBO

Kategorie	Thermischer Komfort	Operative Temperatur
I	hoher Komfort	$\geq 21 \text{ °C}$
II	mittlerer Komfort	20 – 18 °C
III	moderater Komfort	18 – 16 °C
IV	Niedriger Komfort	$\leq 16 \text{ °C}$

Zur Beurteilung der Effizienz der Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf den Energieverbrauch wird die erforderliche Heizleistung in Watt [W] analysiert. Diese Kennzahl erlaubt Rückschlüsse auf den thermischen Energiebedarf des Gebäudes unter verschiedenen Klimabedingungen. Der Vergleich mit den Werten des unsanierten Bestands ermöglicht eine quantitative Bewertung der energetischen Verbesserung durch die getroffenen Maßnahmen.

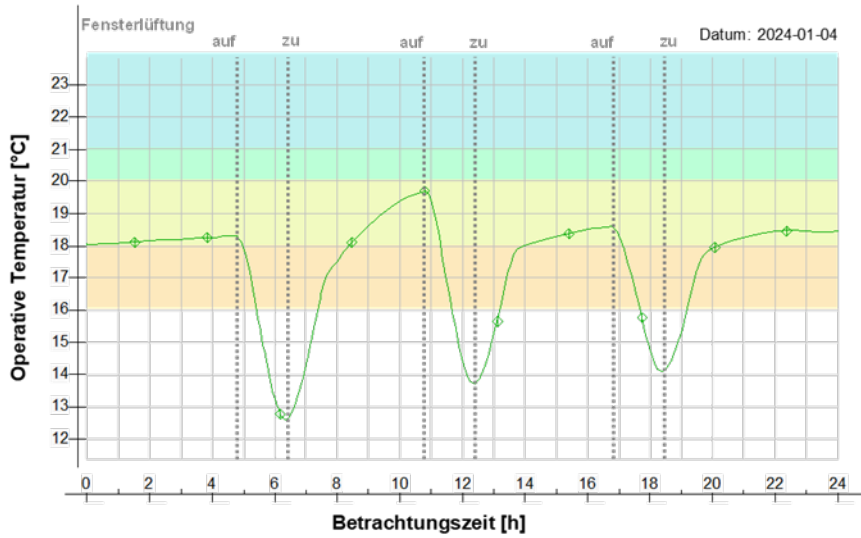
Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulationen analysiert und interpretiert. Der Fokus liegt auf der Bewertung der Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsmaßnahmen auf den thermischen Komfort und den Heizenergiebedarf. Dabei werden sowohl aktuelle Wetterdaten als auch standorttypische Kälte- und Hitzeperioden berücksichtigt, um die Gebäudeperformance unter realitätsnahen Bedingungen zu analysieren.

Besonderes Augenmerk gilt dem Vergleich zwischen dem unsanierten Gebäudebestand und energetisch verbesserten Varianten. Darüber hinaus wird der Einfluss reduzierter Vorlauftemperaturen – insbesondere im Hinblick auf die Eignung für Niedertemperatursysteme wie Wärmepumpen – untersucht. Die Ergebnisse zeigen, inwieweit einzelne Maßnahmen zur Effizienzsteigerung beitragen können und welche Grenzen im Hinblick auf den thermischen Komfort zu beachten sind.

Bestand mit bestehenden Heizkörpern (Vorlauftemperatur 70 °C)

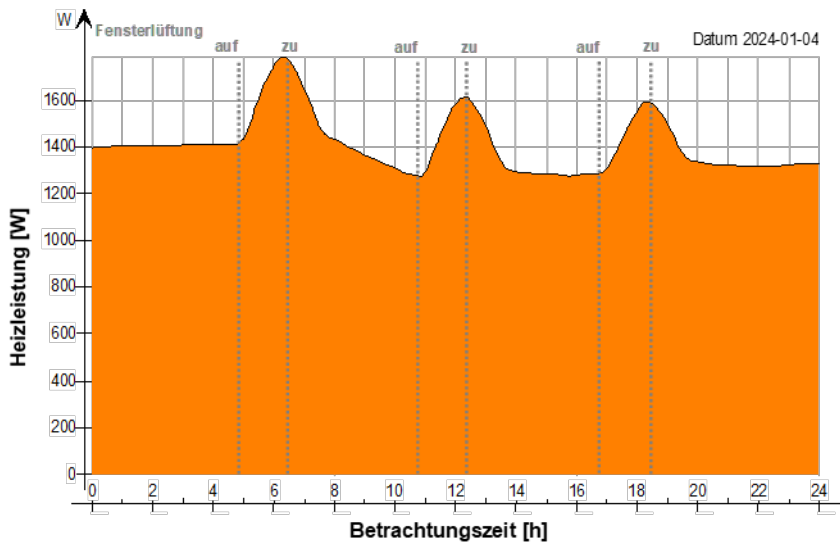
Die Simulationsergebnisse zeigen, dass das angenommene intensive Lüftungsverhalten insbesondere an kalten Tagen – wie dem 4. Januar – zu einer spürbaren Abnahme des thermischen Komforts führt. In diesen Zeiträumen kann der Wärmeverlust durch Lüftung nicht vollständig durch interne und solare Gewinne ausgeglichen werden. Es zeigt sich, dass die Temperatur generell im moderaten Bereich liegt, bis die Fenster geöffnet werden, und die Temperatur danach unterhalb des niedrigen Komforts sinkt. Nach dem Schließen der Fenster steigt die Temperatur und damit der thermische Komfort wieder in den moderaten Bereich an.

Abbildung 68: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Die Auswertung der Heizleistung macht deutlich, dass die maximal mögliche Heizleistung erforderlich ist, um den zusätzlichen Wärmebedarf infolge der Lüftung zu decken.

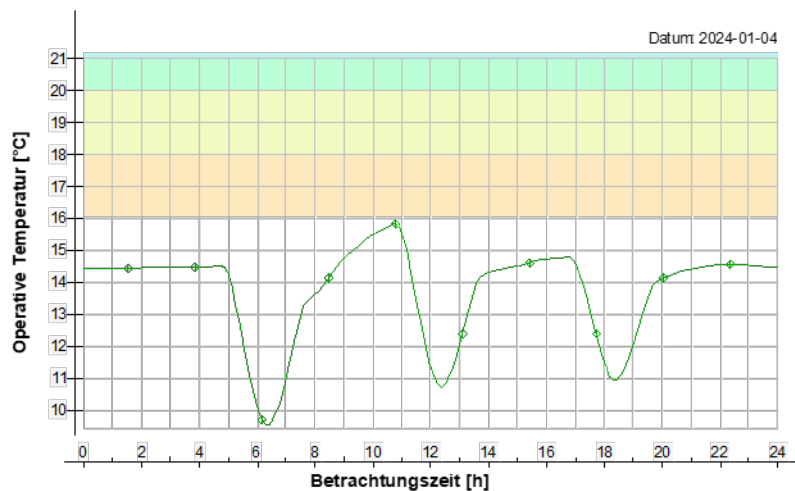
Abbildung 69: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Bestand mit bestehenden Heizkörpern (Vorlauftemperatur 45°C)

Eine Absenkung der Vorlauftemperaturen auf etwa 45 °C – wie sie für den effizienten Betrieb von Niedertemperaturheizsystemen, etwa Wärmepumpen, erforderlich ist – erweist sich ohne zusätzliche thermische Verbesserungen an Fenstern und Außenwänden als nicht ausreichend, um die Lüftungswärmeverluste im Wohnzimmer auszugleichen. Wie in nachfolgender Abbildung dargestellt, führt dies in der Simulation zu einer Unterschreitung der operativen Raumtemperatur auf unter 16 °C. Solche Bedingungen liegen deutlich außerhalb des empfohlenen Komfortbereichs und würden als thermisch unzureichend empfunden werden.

Abbildung 70: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster und bestehenden Heizkörpern (Vorlauftemperatur 70 °C)

Die durchgeführte thermische Ertüchtigung führt zu einem um etwa 2 °C höheren mittleren Temperaturniveau im Vergleich zum unsanierten Bestand, was mit einer entsprechenden Verbesserung des thermischen Komforts und zu einer Reduktion der notwendigen Heizleistung einhergeht. Der kontinuierliche Wärmebedarf sinkt dabei um 200 W - beispielsweise im Wohnzimmer von etwa 1.400 W auf 1.200 W und in den übrigen Zimmern von etwa 500 W auf 300 W. Die maximale Wärmeabgabe bleibt jedoch weiterhin hoch, da die durch Lüften bedingte Abkühlung der Raumluft ausgeglichen werden muss.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass trotz des vergleichsweisen begrenzten Umfangs der Sanierungsmaßnahme eine deutliche Energieeinsparung erreicht werden kann und gleichzeitig eine Verbesserung des thermischen Komforts für die Nutzerinnen und Nutzer eintritt.

Abbildung 71: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO

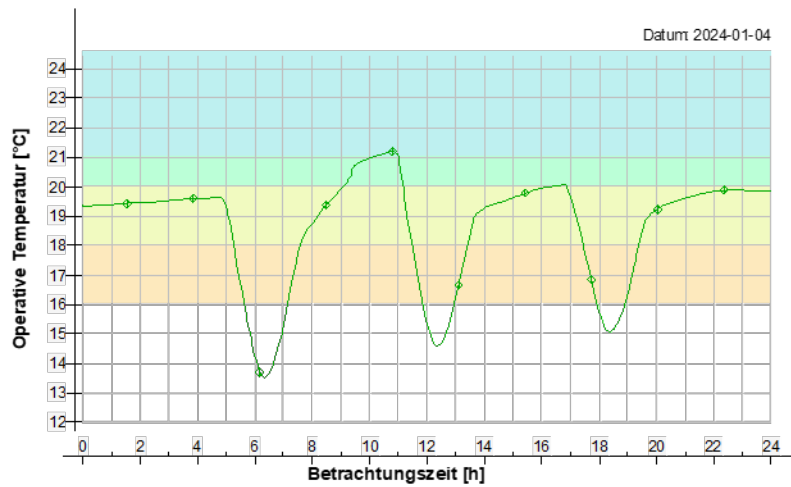
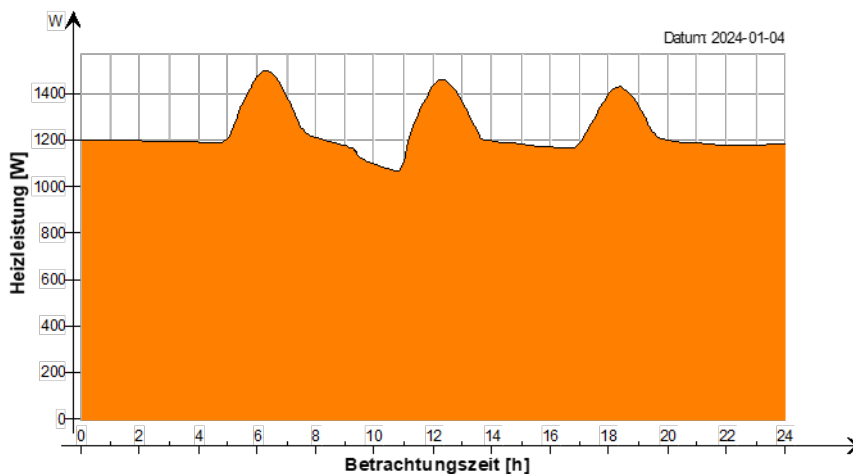


Abbildung 72: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster und Wandheizung 150 W/m² (Vorlauf-temperatur 45 °C)

Flächenheizsysteme bieten gegenüber konventionellen Heizkörpern den Vorteil, einen höheren Anteil an Strahlungswärme abzugeben, die vom menschlichen Körper als besonders behaglich empfunden wird. In der vorliegenden Simulation wurde eine Wandheizung in Kombination mit einer Innendämmung im Bereich der Parapete angenommen. Trotz der energetisch effizienten Auslegung der Wandheizung mit einer spezifischen Heizleistung von 150 W/m² und einer Vorlauf-temperatur von 45 °C können die Lüftungswärmeverluste unter den gegebenen Randbedingungen im Wohnzimmer nicht vollständig ausgeglichen werden.

Abbildung 73: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO

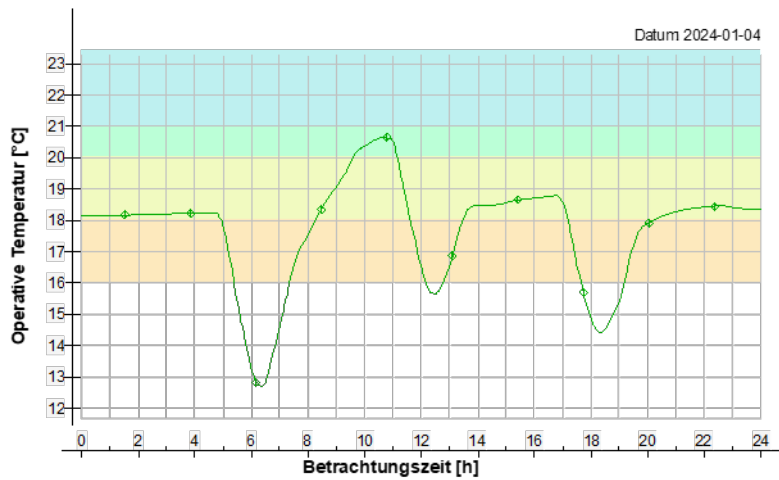
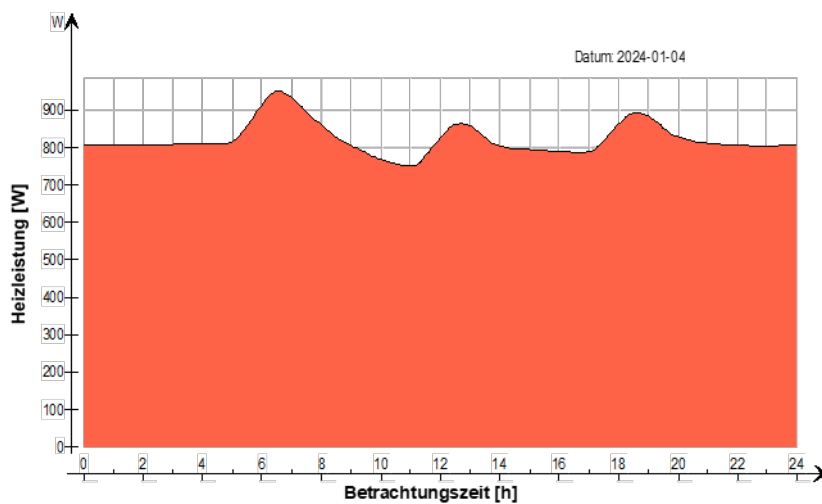


Abbildung 74: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster und Wandheizung 250 W/m² (Vorlauf-temperatur 55 °C)

Eine dichtere Auslegung (250 W/m²) und höhere Vorlauftemperatur (55°C) der Wandheizung ermöglichen es jedoch, einen hohen thermischen Komfort auch bei großzügigem Lüftungsverhalten zu erreichen. Durch die Maßnahmen kann die erforderliche Wärmeabgabe bereitgestellt werden, um auch bei intensivem Lüftungsverhalten einen hohen thermischen Komfort zu gewährleisten. Diese Anpassung kompensiert effektiv die Wärmeverluste, die durch das großzügige Lüftungsverhalten entstehen und bei niedrigerer Heizleistung sowie geringerer Vorlauftemperatur nicht ausreichend ausgeglichen werden konnten.

Abbildung 75: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO

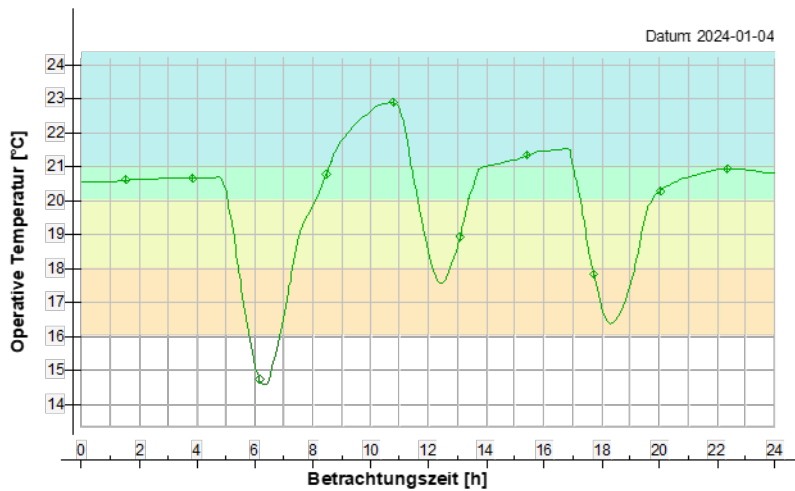
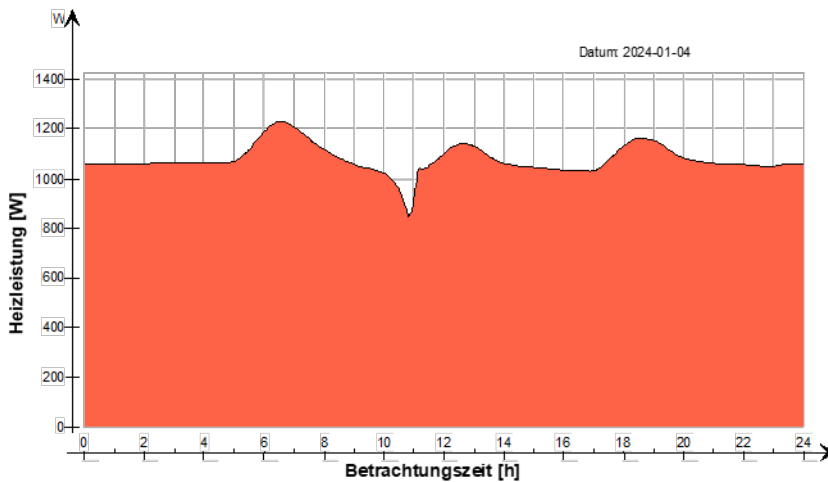


Abbildung 76: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster und Deckenheizung 40 W/m² (Vorlauf-temperatur 35 °C)

Eine Möglichkeit zur thermischen Aktivierung zusätzlicher Flächen im Raum stellt die Deckenheizung dar. Eine Deckenheizung mit einer spezifischen Heizleistung von 40 W/m² und einer Vorlauf-temperatur von 35 °C ist in der Lage, eine hohe thermische Behaglichkeit sicherzustellen. Für die kontinuierliche Aufrechterhaltung eines hohen thermischen Komforts, insbesondere während und unmittelbar nach Lüftungsphasen, wäre jedoch eine leicht erhöhte Leistungsabgabe im Wohnraum empfehlenswert.

Abbildung 77: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO

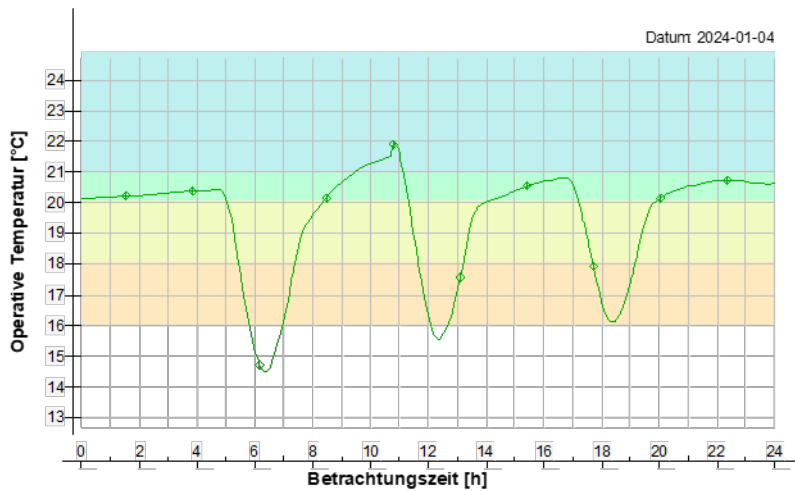
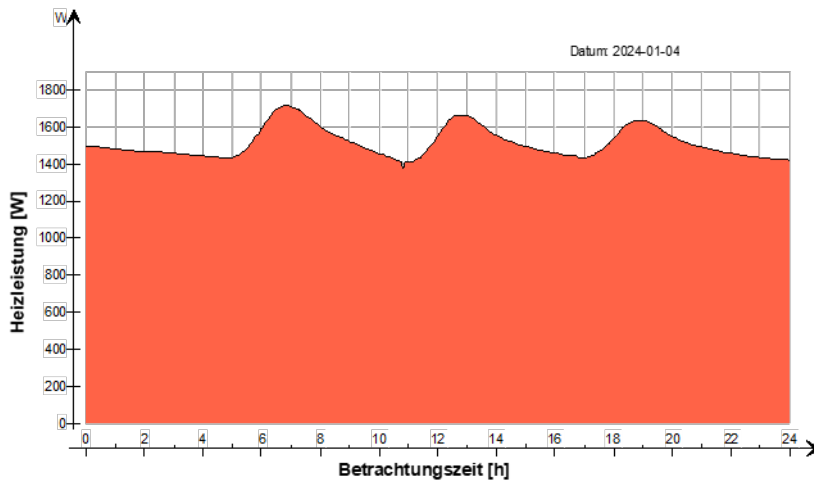


Abbildung 78: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



Innendämmung und thermische Ertüchtigung der Fenster und Wandheizung 150 W/m² und (Vorlauftemperatur 45 °C)

Unter Berücksichtigung der projizierten Klimadaten für das Jahr 2050 sowie eines reduzierten Lüftungsverhaltens (Fensteröffnung jeweils 15 Minuten um 06:00, 12:00 und 18:00 Uhr) kann eine Wandheizung mit einer spezifischen Heizleistung von 150 W/m² und einer Vorlauftemperatur von 45 °C ausreichend Wärme bereitstellen. Diese Wandheizung wird in Kombination mit Innendämmung und thermischer Ertüchtigung der Fenster eingesetzt. Dadurch kann ein ausreichender thermischer Komfort sichergestellt und die angestrebten Komfortbedingungen im Innenraum erreicht werden. Der Klimawandel mit mildereren Wintern, sowie eine Verringerung des Lüftungsverhaltens

führen zu einer Reduktion der notwendigen Heizlast, während gleichzeitig der thermische Komfort deutlich verbessert wird.

Abbildung 79: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO

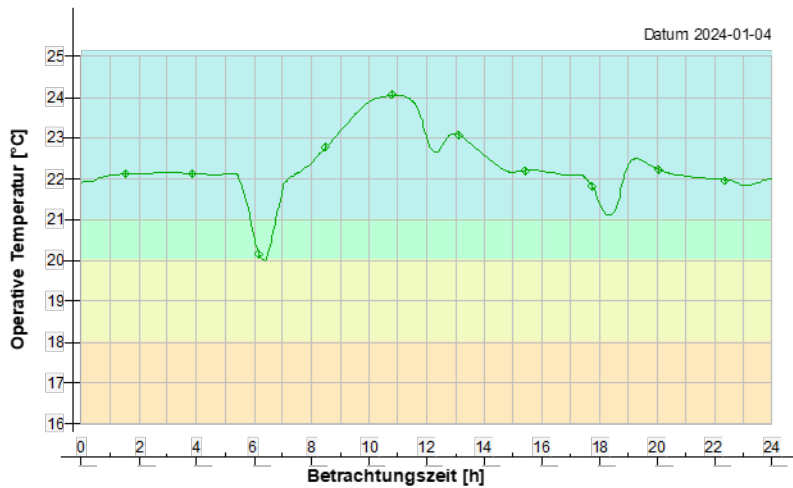
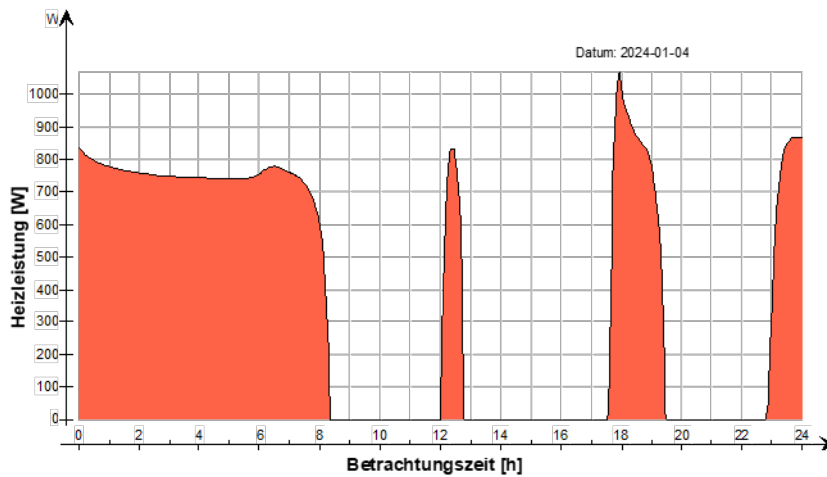


Abbildung 80: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO



4.4.1. Beitrag zu Ausschreibungszielen und -schwerpunkt

Das Sondierungsprojekt erbringt einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Ressourcen-, Material- und Energieeffizienz bei Fassadensanierungen des betrachteten Gebäudetypus. Der Wissensaufbau

bei den involvierten Akteuren unterstützt (meist genossenschaftliche) Eigentümer:innen von Wohnbauten dieser Bauperiode, Bewohner:innen der Sanierungsobjekte, Mieter:innen) und führt im Ergebnis zu einer positiven Klimawirkung und rascheren Dekarbonisierung des urbanen Gebäudebestands. Die zeitgemäße Optimierung der Wohnqualität in Gebäuden und Stadtquartieren aus den 1960er bis 80er Jahren, deren sanfte und bodenschonende Nachverdichtung sowie die Wertschätzung für die handwerkliche Leistung der Fassadengestaltung dieser Zeit ist als langfristige Wirkung der Realisierung von Sanierungen auf Basis der Projektergebnisse intendiert.

Innovative Sanierungsstrategie – Wiederverwendung und Ertüchtigung

Innovativ am vorliegenden Projekt ist die Untersuchung der Wiederverwertung bzw. die Ertüchtigung von Fassadenkomponenten und damit die Ersparnis der logistischen Aufwendungen (LKW-Fahrten, Lagerung, Vermarktung, etc.) und Entsorgung. Somit wird die Stadt in ihrer Authentizität erhalten, die erbrachte Handwerkskunst wertgeschätzt und Nutzung des bereits Vorhandenen intensiviert.

Durch Entwicklung einer zirkulären, thermischen Sanierungsstrategie für Systemfassaden kann ein relevanter Beitrag zu Gebäudesanierung und Klimaneutralität geleistet werden. Der Erhalt der Holzfenster und Fensterbeschläge wirkt sich positiv auf die CO₂ Bilanz aus, Anbringung einer mineralischen Innendämmschicht wahrt die Fassadenästhetik bei gleichzeitiger Verringerung des Heizenergieverbrauchs um ca. 50%. Zusätzlich wird ein Fassadenbegrünungssystem in das Sanierungskonzept integriert, um die Klimaresilienz zu erhöhen und Hitzeinseln zu vermeiden.

Fenster: Ertüchtigung statt Fenstertausch

Durch Ertüchtigung der Bestandfenster könnten ca. 1.675 Holzfenster erhalten werden, anstatt diese auszubauen, zu Verwertungsanlagen zu bringen und diese, wie heute noch üblich, dem Kreislauf zu entziehen (Holzrahmen werden als "Altholz, thermisch" klassifiziert und energetisch verwertet). Das Altglas kann für Re-Use. Gläser oder zu Produkten wie Glaswolle recycelt werden. Durch den Erhalt der Holzfenster verbessert sich die CO₂-Bilanz zusätzlich.

Impact: Allein die im Konsortium vertretene P4 (GESIBA) verfügt über 40 baugleiche Objekte mit mehr als 5.000 Wohneinheiten zur Anwendung der erarbeiteten Strategie. In Wien gibt es weitere 35.000 Objekte dieser Bauperiode, österreichweit geschätzt dreimal so viel.

Die durch die Sanierung mit dieser Strategie erzielbare CO₂ Einsparung liegt in einer Größenordnung von geschätzten 660t CO₂ in 30 Jahren, da diese Gebäude in Wien bereits Fernwärmeanschluss haben und relativ geringe CO₂-Ausstöße. In Summe ist jedoch der absolute CO₂-Ausstoß dadurch noch geringer – die Nicht-Erreichung der Energiestandards des Waschbetonfertigteils dadurch wenig problematisch. Besonders erwähnenswert: Bei Nachverdichtung am Dach und im Bestand beträgt die Amortisation des durch neue Materialien entstehendem CO₂ nur mehr 5 Jahre.

4.5. Synthese und Dissemination

4.5.1. Prüfung Übertragbarkeit

Im Rahmen des Arbeitspakets wurde die Übertragbarkeit des Sanierungskonzepts auf die beiden GESIBA-Liegenschaften in der Fernkorngasse 44 und 48 untersucht. Die Analyse der baulichen Merkmale ermöglichte es, die Übertragbarkeit der Sanierungsmethoden auf diese Liegenschaften zu untersuchen. Grundsätzlich ist die erarbeitete Strategie anwendbar. Obwohl die Fassadenmaterialien ähnlich sind, unterscheiden sich die Wandaufbauten und erfordern eine eigene, frühzeitige Bauteil-Untersuchung. Das Sanierungskonzept kann angepasst werden, die Finanzierung über Rücklagen und die Anwendung der Richtdetails ist in beiden Projekten möglich.

Es wurden variierenden Ausführungsarten von Waschbetonfertigteilen bei Bauteilöffnungen und -untersuchungen festgestellt. In den untersuchten Objekten befanden sich Holzfenster, die einen Glaswechsel erlauben. Fernkorngasse 48 besteht aus Waschbeton-Fertigelementen, die zwischen Schoten gespannt sind. Fernkorngasse 44 hat einen ähnlichen Aufbau, ist aber außen mit Metallblech verkleidet, ähnlich der Schotenverkleidung im Sondierungsprojekt Angeligasse. Da hier aber auch ein Zerlegen der Fassade nicht ausgeschlossen ist, wurde diese Liegenschaft nicht näher untersucht.

Die identifizierten Unterschiede führen zu einer differenzierten Betrachtung der Sanierungsmethoden, aber bieten auch wertvolle Erkenntnisse für zukünftige Projekte.

- Separate Betrachtung der Gebäude
- Prüfung der Geometrie, Außenhaut
- Prüfung der Anpassbarkeit der Richtdetails

Die Richtdetails müssen an die Aufbauten angepasst werden. Wie in jedem Sanierungsprojekt muss eine biophysikalische Prüfung aufgrund der Geometrie des Gebäudes bzw. der Aufgabenstellung (Dachausbau, Nachverdichtung) durchgeführt werden

Bauteilöffnungen

- **Sondierungsprojekt Angeligasse 97-99:** Fertigteil aus raumseitig 16cm Hochlochziegel, verputzt, die mit einer 7cm Waschbetonschicht (außen) fest verbunden sind, Fertigteil schwebend in seitlichen Schoten als Brückenträger verhängt
- **Fernkorngasse 48:** ähnlicher Aufbau wie Angeligasse, Befestigung des Fertigteils mit Laschen, seith. an exponierten Schoten: Glasschaumauftrag
- **Fernkorngasse 44:** vorgehängte Blechfassade, unterscheidet sich maßgeblich vom monolithischen Fertigteil des Waschbetons. GESIBA plant Bauteilöffnung, wurde aber im Projektzeitraum nicht durchgeführt.

- **Marktgasse 31-35:** Objekt mit einer vorgehängten Waschbetonfassade, wurde der Vollständigkeit halber in die Untersuchung aufgenommen, da der ursprüngliche Ansatz für diese Art der Fassade entwickelt wurde.

Fernkorngasse 48

Bohrungen an den Außenwänden halfen, den Schichtenaufbau zu analysieren. Zudem erfolgte mittels Bewehrungsscanner eine gezielte Ortung der Auflagerpunkte der Waschbetonplatten, um die statischen und konstruktiven Gegebenheiten des Fassadensystems zu erfassen, leider ohne Erfolg.

Gemäß dem Bericht der Firma HOLLER GmbH aus dem Jahr 2012, der im Zusammenhang mit einer Schadensmeldung bezüglich einer Waschbeton-Fassadenplatte angefertigt wurde, ist das betroffene Fassadenbauteil als eine horizontal vorgehängte Fertigteilplatte mit einer Waschbetonoberfläche ausgeführt.

Das Fassadenfertigteillement weist eine Länge von circa 7,0 Metern sowie eine Höhe von circa 1,20 Metern auf. Das Bauteil ist als nichttragendes Fassadenelement konzipiert und dient ausschließlich der äußeren Gebäudehülle. Die Lastabtragung erfolgt konstruktiv über mechanische Verbindungsmittel an die tragende Stahlbetonstruktur.

Der Bauteilaufbau ist mehrschichtig konzipiert und entspricht typischen Fassadenfertigteilkonstruktionen der Errichtungsperiode. Die äußere Schicht bildet eine Waschbetonoberfläche, welche sowohl gestalterische als auch witterungstechnische Funktionen erfüllt. Dahinter folgt eine Schicht aus Lecabeton, die primär wärmetechnische Aufgaben übernimmt. Die innere Ausfachung des Elements ist als Hohlziegelfüllung ausgebildet, mit einer dokumentierten Schichtstärke von etwa 15 cm. Das Element wird raumseitig durch einen Innenputz abgeschlossen.

Die Befestigung der vorgehängten Fertigteilplatten erfolgt mittels Stahllaschen, welche jeweils an den Plattenenden angeordnet sind. Diese Verbindungselemente übernehmen die Funktion der Lastabtragung sowie der Lagesicherung des Fassadenelements (Holler_GmbH, 2012).

Abbildung 81: Detailaufnahme Montagelasche der vorgehängten Fertigteilplatte Befestigung nicht mehr kraftschlüssig“, (Holler_GmbH, 2012)



Im Rahmen der Begehung wurden durch das Projektteam die Fassadenelemente sowie die Aufbauten der Außenwände untersucht. Im Rahmen der Analyse wurde festgestellt, dass die konstruktiven Aufbauten in der vorliegenden Untersuchung zwar nicht vollständig mit den Aufbauten in der Angelgasse übereinstimmen, jedoch eine signifikante Übereinstimmung aufweisen. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann die entwickelte Sanierungsstrategie grundsätzlich auch auf die Wohnanlage Fernkorngasse 48 angewendet werden.

Abbildung 82: Untersuchung im Wohnzimmer, TU Wien + RfM Architektur



Im Wohnzimmer wurden sowohl die Außenwand als auch die Trennwand näher untersucht. Der Aufbau der Außenwand zeigt im Wesentlichen Übereinstimmung mit dem im Bericht aus dem Jahr 2012 dokumentierten Wandaufbau. Im Bereich der Trennwand wurde eine unterschiedliche konstruktive Ausbildung zwischen dem nach außen orientierten Wandteil (Schotenteil) und dem rein innenliegenden Wandteil festgestellt. Der nach außen orientierte Wandabschnitt ist auch von der Fassadenseite aus ablesbar. Für diesen Bereich wurde eine innenseitige Wärmedämmung mittels Schaumglas festgestellt.

Abbildung 83: Bauteilöffnung in der Küche, RfM Architektur



In der Küche wurde der Fußbodenaufbau geöffnet und analysiert. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass der Bodenaufbau dem in der Wohnanlage Angeligasse bekannten System ähnelt. Zudem wurde festgestellt, dass der Fassadenbereich als freistehende Konstruktion ausgeführt ist. Der Spalt zwischen Fassadenelement und Bodenaufbau ist weiterhin vorhanden, auch wenn der Bodenaufbau zwischenzeitlich zeitgemäß modernisiert wurde.

Abbildung 84: Stahlpunkte im Schlafzimmer, TU Wien



Im Schlafzimmer konnten zwei Stahlpunkte lokalisiert werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit konstruktiv bedingt sind und vermutlich im Zusammenhang mit der ursprünglichen Montage der Fassadenelemente stehen.

Marktgasse 31-35: Betonuntersuchung

Die Waschbetonplatten der Fassade in der Angeligasse waren nicht demontierbar. Seitens des Konsortiums bestand Interesse, demontierbare Fertigteile zu untersuchen. Folgende Fragen sollten geklärt werden:

- In welchem Zustand befindet sich der vorgehängte Waschbeton nach 50-60 Jahren an der Fassade?
- Eignen sich die Waschbetonplatten für ReUse?
- Können ggf. zusätzliche Lasten aufgenommen werden?

Zu diesem Zweck hat die TU Wien ein Gebäude gesucht, an dem entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Über Bau Karussell wurde die Baustelle der Volksschule Marktgasse identifiziert, an der im Zuge einer Sanierung Waschbetonplatten demontiert wurden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die geprüften Platten ausreichende Druck- und Biegezugfestigkeiten aufweisen C45/55 und damit grundsätzlich eine Wiederverwendung – nach Instandsetzung aufgrund Karbonatisierungsschäden (!) – möglich ist. Dennoch ist bei einer potenziellen Wiederverwendung im Rahmen einer Sanierung eine statische Überprüfung der Befestigungssys-

teme zwischen Platten und Tragstruktur zwingend erforderlich, insbesondere im Hinblick auf Windlasten, Eigengewicht und mögliche Verschiebungen in den Auflagerpunkten. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Projekt untersuchten Waschbetonplatten der Volksschule Marktgasse. Aufgrund der möglichen Unterschiede in Zusammensetzung, Alterung und Umgebungsbedingungen können diese Werte nicht pauschal auf andere Gebäude übertragen werden. Für eine zukünftige Wiederverwendung oder Sanierung von Waschbetonfassaden wird daher empfohlen, vergleichbare Material- und Karbonatisierungsprüfungen objektspezifisch erneut durchzuführen, um die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit im jeweiligen Kontext verlässlich zu beurteilen.

Untersuchung

Aufgrund unvorhersehbarer Verzögerungen erfolgte der Rückbau der Fassade jedoch nicht wie geplant im Juni, sondern erst im August. Entsprechend konnten die Materialprüfungen erst später durchgeführt werden, als ursprünglich im Antrag vorgesehen. Insgesamt wurden sechs Proben aus verschiedenen Himmelsrichtungen und Geschossen entnommen (siehe Bilddokumentation). Aus diesen Fassadenteilen wurden Prüfkörper ausgeschnitten, die auf Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Elastizitätsmodul (E-Modul) sowie Karbonatisierung untersucht wurden.

Abbildung 85: Volksschule Marktgasse - links: Ansicht Straße, rechts: Ansicht Hof, TU Wien



Abbildung 86: Volksschule Marktgasse - Aufhängungssystem, TU Wien



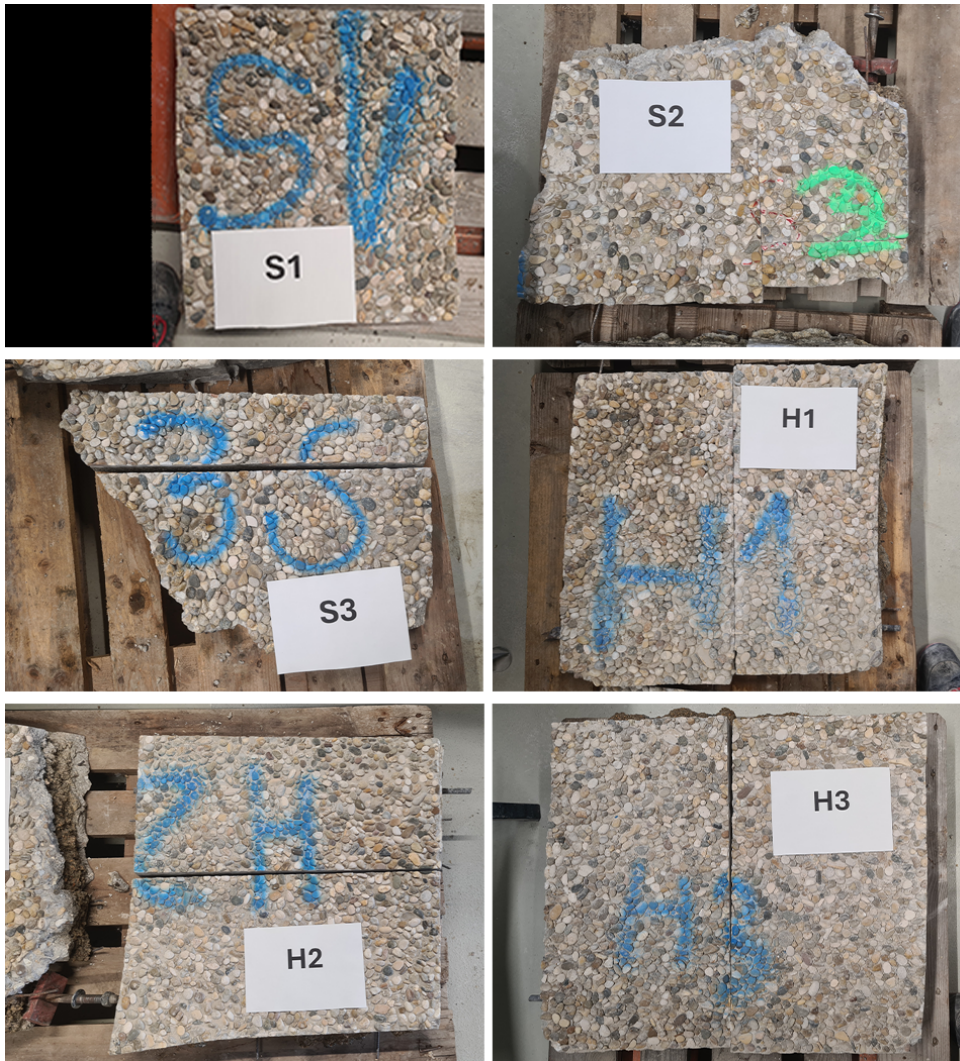
Probenahme und Ausgangssituation

Am 6. August 2025 wurden sechs Proben aus dem Bauvorhaben Volksschule Marktgasse (Markt-gasse 31–35, 1090 Wien) entnommen und ins Labor der TU Wien überführt. Es handelte sich um ca. 50 × 50 × 12 cm große Betonplatten (siehe Bilddokumentation), mit Ausnahme der Platten S2 und S3, die unregelmäßig geschnitten bzw. gebrochen waren.

Die Gesamtdicke der Platten betrug bei allen Proben ca. 12 cm, wobei die einzelnen Schichten in ihrer Dicke variieren. Jede Platte war dreischichtig aufgebaut:

- eine äußere Schicht aus Waschbeton,
- eine mittlere Schicht aus einem Beton-Holzfasern-Gemisch,
- eine innere Schicht aus Beton.

Abbildung 87: Proben S1, S2, S3, H1, H2, H3 von Marktgasse, TU Wien



Zusätzlich wurden zwei Dimensionen von Bewehrungs- bzw. Aufhängungselementen festgestellt: (siehe Fotodokumentation).

- Stäbe mit 4,5 mm Durchmesser, vermutlich Bewehrung,
- Stäbe mit 12 mm Durchmesser, die als Aufhängungsstangen interpretiert werden

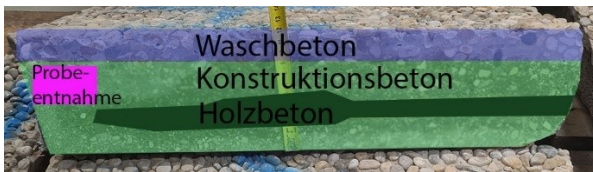
Abbildung 88: Stahlstäbe gefunden bei Fassadenplatten Marktgasse, TU Wien



Betonprüfung

Eine Probennahme war bei allen Probekörpern nur aus den Konstruktionsbeton möglich (siehe grünes Rechteck am Bild). Der Konstruktionsbeton wurde somit geprüft. Das Größtkorn ist offenbar GK4 mit einem variierenden Überkornanteil bis GK 8. Der Waschbeton besteht aus GK 22 eingebettet in eine Bindemittelmatrix wo kaum Sandkörner mit freiem Auge zu sehen sind. Der Kern der Platten besteht aus Holzbeton. Die Platten wurden vermutlich in einen Zug hergestellt und die unterschiedlichen Schichten Nass-in-Nass aufgebracht. Die Schichtdicken variieren sehr stark.

Abbildung 89: Skizze der Schichten der Fassadenplatte und des Ortes der Probeentnahme, TU Wien



Methode

Probekörperabmessungen: Prismen mit 4 x 4 x 16 cm³ (siehe Bilder)

Abbildung 90: Geschnittene Proben für Materialprüfung, TU Wien



Alle Flächen auf die später Prüflasten aufgebracht wurden, wurden geschliffen, um Einflüsse auf das Messergebnis durch Unebenheiten zu vermeiden.

Reihenfolge der Prüfungen:

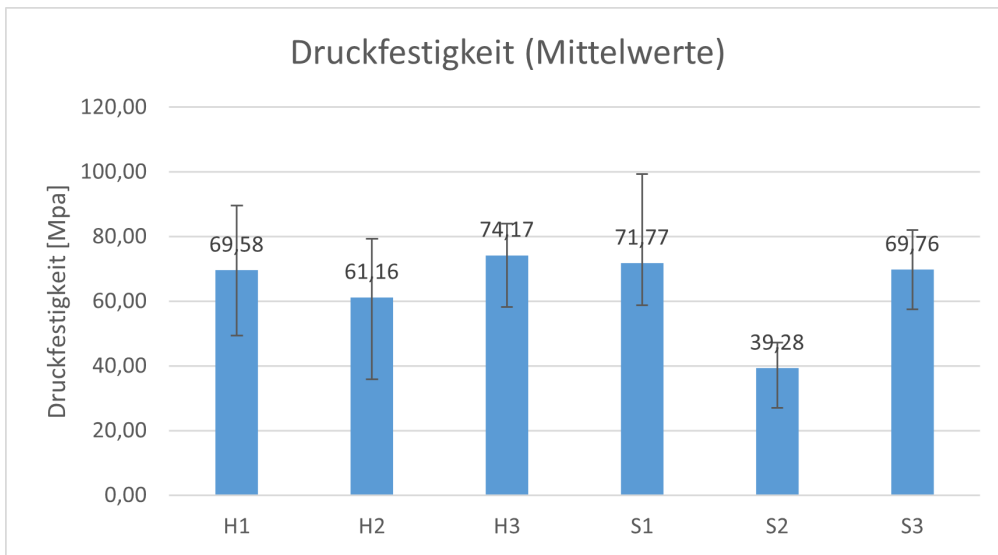
1. Abmessungen mit Schiebelehre
2. Bestimmung der Masse mit Waage
3. Berechnung der Rohdichte
4. Ermittlung des E-Moduls in Anlehnung an ÖNORM EN 12390-13:2021 Abschnitt 7.3.2 – Verfahren B – Bestimmung des stabilisierten Elastizitätsmoduls (diese Prüfung ist zerstörungsfrei)
5. Bestimmung der Biegezugfestigkeit in Anlehnung an ÖNORM EN 196-1:2016 Abschnitt 9.1 (dann hat man zwei Hälften des Prismas)
6. Bestimmung der Druckfestigkeit in Anlehnung an ÖNORM EN 196-1:2016 Abschnitt 9.2 (an beiden Hälften des Prismas)

Ergebnisse

Die untere Abbildung zeigt die mittleren Druckfestigkeiten der sechs untersuchten Waschbetonplatten (H1–H3, S1–S3). Die Werte bewegen sich zwischen 39,28 MPa und 74,17 MPa. Dabei weisen die Proben H3 (74,17 MPa) und S1 (71,77 MPa) die höchsten Festigkeiten auf, während die Probe S2 mit 39,28 MPa eine deutlich geringere Druckfestigkeit zeigt. Die Fehlerbalken geben die Streuung der Messergebnisse (Standardabweichung) wieder. Der mittlere Gesamtwert liegt bei rund 63 MPa, was einer Betonfestigkeitsklasse von C45/55 bis C50/60 entspricht.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die geprüften Waschbetonplatten überwiegend eine ausreichende Druckfestigkeit aufweisen, jedoch lokal deutliche Unterschiede zwischen den Proben bestehen, die auf unterschiedliche Alterungs- und Umwelteinflüsse zurückzuführen sein können.

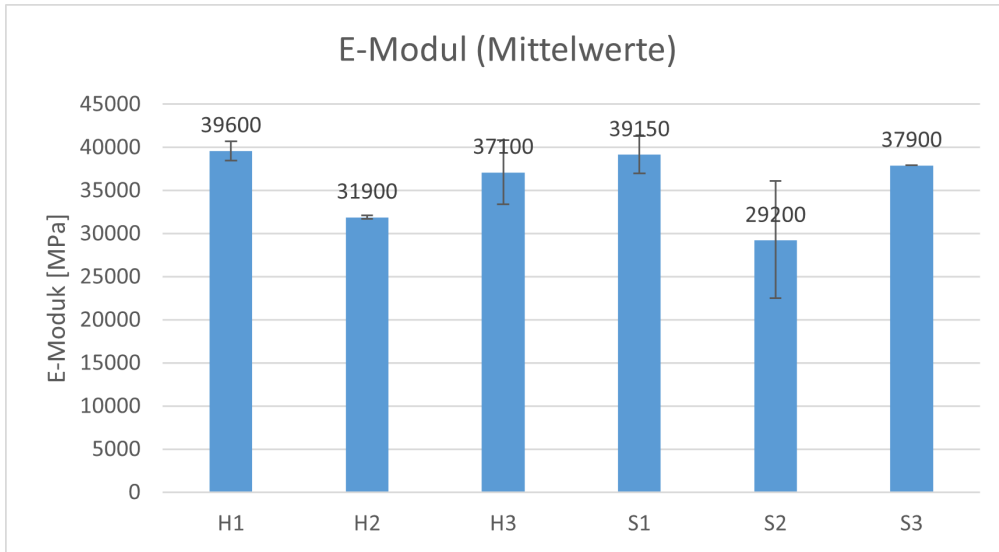
Abbildung 91: Mittelwerte der Druckfestigkeitsprüfung, TU Wien



Die untere Abbildung zeigt die ermittelten Mittelwerte des Elastizitätsmoduls (E-Modul) der sechs geprüften Waschbetonplatten (H1–H3, S1–S3). Die Werte liegen zwischen 29.200 MPa und 39.600 MPa. Der höchste Wert weist die Probe H1 mit 39.600 MPa auf, während die Probe S2 mit 29.200 MPa den niedrigsten Wert zeigt.

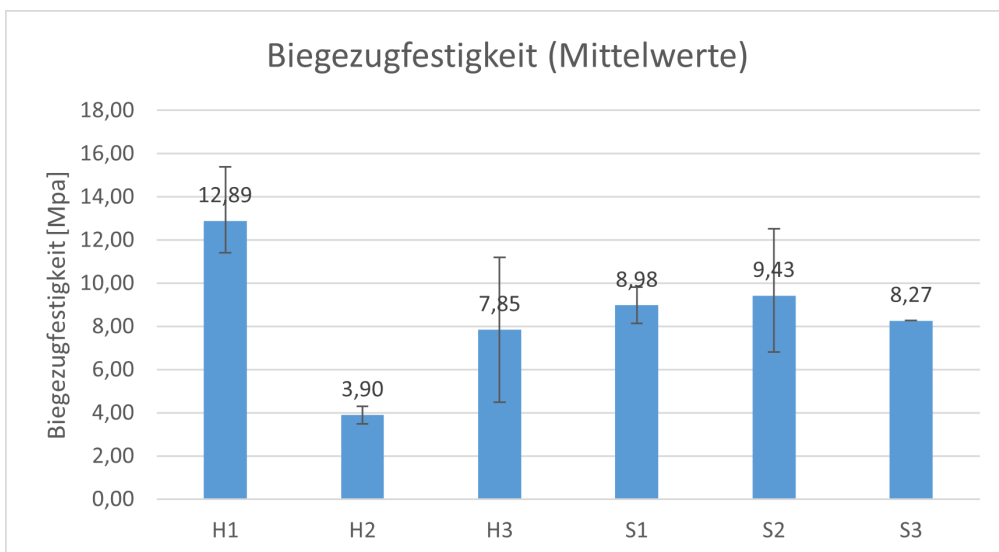
Die Ergebnisse liegen im für Beton dieser Altersklasse typischen Bereich und korrelieren gut mit den ermittelten Druckfestigkeiten. Der mittlere Gesamtwert von etwa 35.400 MPa bestätigt die Einschätzung einer Betonfestigkeitsklasse im Bereich C45/55 bis C50/60. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Proben deuten auf Unterschiede im Materialgefüge, in der Feuchtigkeitsverteilung sowie mögliche Alterungseinflüsse hin, die durch unterschiedliche Expositionsbedingungen an der Fassade verursacht sein können.

Abbildung 92: Mittelwerte der E-modul Prüfung, TU Wien



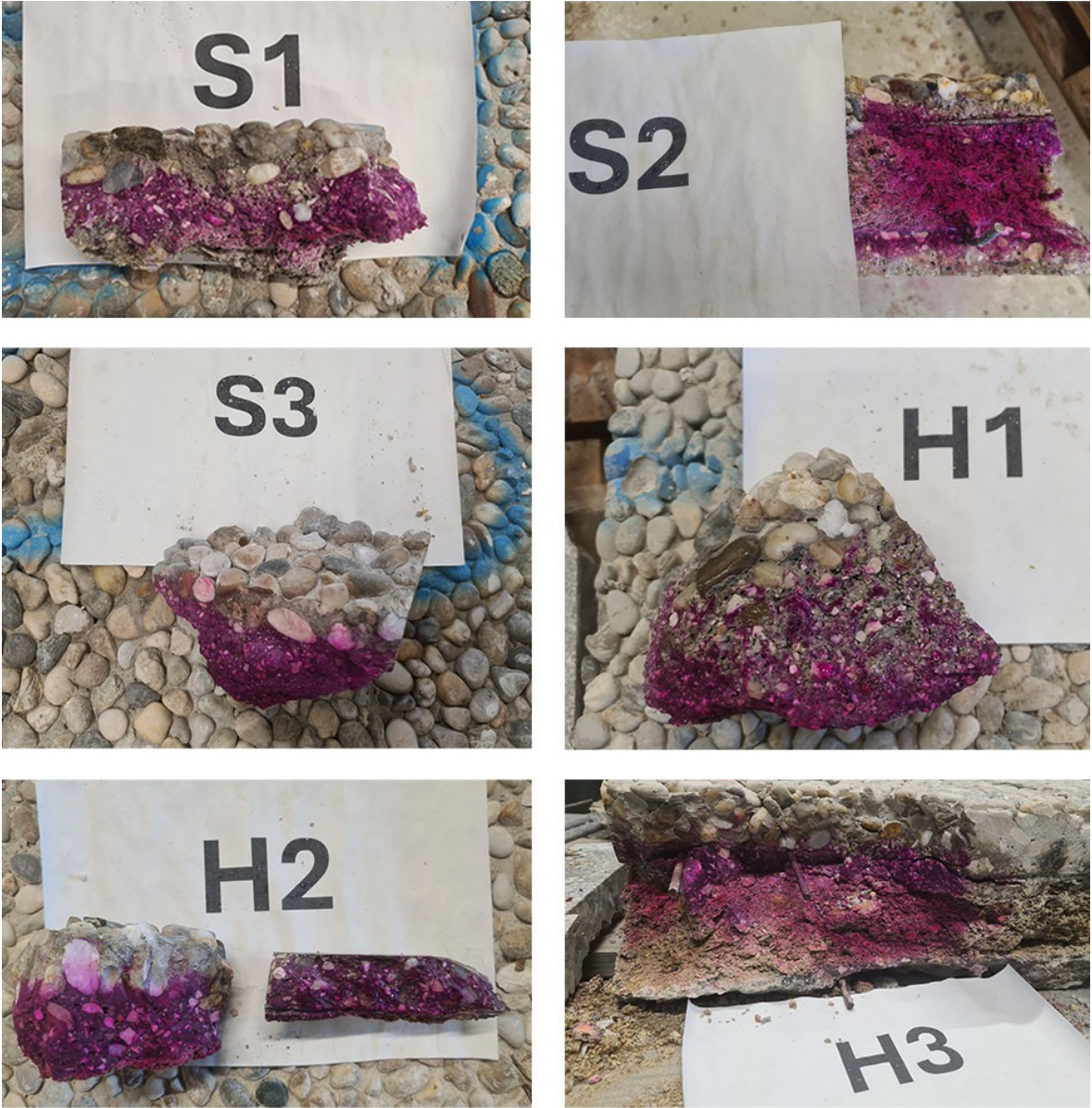
Das untere Diagramm zeigt die Mittelwerte der Biegezugfestigkeit der untersuchten Waschbetonplatten. Die Werte liegen zwischen 3,90 MPa (H2) und 12,89 MPa (H1). Der Mittelwert über alle Proben beträgt rund 8,55 MPa, was im erwarteten Bereich für Betone der Festigkeitsklasse C45/55 bis C50/60 liegt. Die Abweichungen zwischen den Proben lassen auf Unterschiede in der Exposition, den Materialzusammensetzungen oder dem Alterungszustand schließen. Besonders die Probe H1 zeigt eine deutlich höhere Festigkeit, während H2 auf eine lokal geringere Materialqualität oder stärkere Witterungseinflüsse hinweist. Die Streuung deutet auf unterschiedliche Materialqualitäten und Expositionsbedingungen hin, insgesamt zeigen die Proben jedoch eine gute Tragfähigkeit und ausreichende Beständigkeit.

Abbildung 93: Mittelwerte der Biegezugfestigkeit, TU Wien



Die Karbonatisierung mittels Phenolphthalein-Test wurde nur stichprobenartig durchgeführt. Der Waschbeton scheint vollständig karbonatisiert zu sein. Die Karbonatisierung des Kernbetons erscheint der Festigkeitsklasse angemessen, erreicht aber an einigen Stellen trotzdem schon die Bewehrung, siehe Bild von S2 und H3. Daher wird empfohlen, im Zuge einer zukünftigen Sanierung stichprobenartige Karbonatisierungsprüfungen an einzelnen Platten durchzuführen und bei Bedarf gezielte Instandsetzungsmaßnahmen vorzunehmen.

Abbildung 94: Phenolphthalein-Test, TU Wien



4.5.2 Stakeholder Workshop

Im Rahmen des Forschungsprojekts „*Favorite Facade ReUse*“ wurde am 25. September 2025 ein ganztägiger Workshop unter dem Motto „*Reuse, Reduce, Repair*“ veranstaltet. Ziel der Veranstaltung war es, die bisherigen Ergebnisse des Forschungsprojekts zu teilen, Erfahrungen aus Praxis und Forschung zusammenzuführen und mit den teilnehmenden Expert:innen in einen offenen Austausch zu treten. Gemeinsam wurde erörtert, wie Wiederverwendung, Reduktion und Reparatur im Fassadenbau gestärkt und in der Baupraxis verankert werden können.

Auftakt und Keynote

Nach der Begrüßung durch Ulla Unzeitig (Renowave.at) und Jutta Wörtl-Gössler (Räume für Menschen Architektur) eröffnete Wojciech Czaja den Workshop mit seiner Keynote „*Zirkuläres Bauen. Eine Liebeserklärung.*“ Er stellte den Kreislaufgedanken als zentrales Prinzip einer zukunftsfähigen Baukultur vor und betonte die emotionale wie materielle Bedeutung des Weiterbaus am Bestand.

Die Keynote bildete den inhaltlichen Rahmen für den Tag und leitete über zu den Fachvorträgen, die unterschiedliche Perspektiven aus Forschung und Praxis beleuchteten.

Erster Block – Forschung und Praxis

Der erste Vortragsblock widmete sich den Grundlagen und praktischen Erfahrungen im Umgang mit Bestandsfassaden:

- **Karin Schindler (GESIBA)** präsentierte im Beitrag „*Favorite Facade ReUse*“ eine umfassende bauliche Analyse sowie Vorgaben und Herausforderungen der Eigentümer.
- **Jutta Wörtl-Gössler (Räume für Menschen)** zeigte architektonische Potenziale im Sinne nachhaltiger Bestandsentwicklung auf und beleuchtete die Bedeutung des städtischen Kontexts.
- **Uli Machold (Räume für Menschen)** stellte Strategien zur Sanierung und Wiederverwendung der Elementfassade des Sondierungsprojekts vor, die Ausführung der Pilotwohnung inklusive einer Kostenbetrachtung.

Im Anschluss an diese Vorträge bot eine kurze Fragerunde Raum für fachlichen Austausch und Diskussion. Sie bildete zugleich den Übergang zu den ökologischen und sozialen Fragestellungen des zweiten Blocks.

Zweiter Block – Energie, Ökologie und Beteiligung

Im zweiten Teil des Workshops standen Energieeffizienz, Ökobilanz und Nutzer:innenbeteiligung in den Mittelpunkt:

- **Ines Mayer (IBO)** stellte die Energie- und CO₂-Bilanzen der Sanierungsvarianten vor und verglich ökologische Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen.
- **Azra Korjenic (TU Wien)** präsentierte Möglichkeiten der Fassadenbegrünung und Partizipation im Sanierungsprozess, wobei insbesondere der stufenweise Ausbau und soziale Einbindung diskutiert wurden.
- **Eva Sollgruber (TU Graz)** ergänzte die Perspektive mit der Beschreibung des Grazer Forschungsprojekts „Elements“ und gab Einblicke in aktuelle Studien zu Materialkreisläufen.

Thematische – Austausch und Vertiefung

In der anschließenden Diskussionsrunde an drei Thematischen wurden zentrale Fragestellungen vertieft:

- **Tisch 1 (IBO & GESIBA):** Vor- und Nachteile der Innendämmung, Leistbarkeit, Energiekennwerte und Auswirkungen auf das Stadtbild, sowie Herausforderungen bei der Mieter:innen-zustimmung.
- **Tisch 2 (TU Wien):** Begrünungsstrategien in stufenweisen Sanierungen und mögliche Verpflichtungen zur Begrünung im Bestand.
- **Tisch 3 (Räume für Menschen Architektur & IBO/M.Fellner):** Planungspotenziale im städtischen Kontext, gesetzliche Rahmenbedingungen, Vergabe- und OIB-Richtlinien sowie Fragen zur Bestandsentwicklung und Förderung
Die Ergebnisse wurden im Plenum anhand der erarbeiteten Flipcharts vorgestellt und zusammengefasst.

Besichtigung der Pilotwohnung im Sondierungsprojekt Angeligasse 97-99

Zum Abschluss des Workshops fand eine gemeinsame Besichtigung der Anlage statt. Dabei konnten die zuvor diskutierten Themen direkt am Objekt nachvollzogen werden. Die Führung bot Gelegenheit, theoretische Ansätze mit gebauten Beispielen zu verknüpfen und die Erkenntnisse des Tages anschaulich zu vertiefen.

Der Workshop „*Favorite Facade: Re Use, Reduce, Repair*“ zeigte eindrucksvoll, wie vielfältig die Potenziale des Weiterbauens am Bestand sind – sowohl in ökologischer als auch in sozialer und gestalterischer Hinsicht. Die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Planung und Praxis machte deutlich, dass nachhaltige Sanierungskonzepte nicht nur technische, sondern auch sozio-kulturelle Aufgaben darstellen.

Ergänzende Vorträge

Keynote von Wojciech Czaja

Abbildung 95: Keynote-Vortrag von Wojciech Czaja zu Beginn des Workshops- Foto: Renowave.at



Im Folgenden wird der inhaltliche Beitrag von Wojciech Czaja näher beleuchtet. Seine Keynote „*Zirkuläre Strategien für Fassaden – eine Liebeserklärung*“ bildete das emotionale und gedankliche Fundament des Workshops.

Wojciech Czaja eröffnete den Workshop mit einer Keynote, die er selbst als „Liebeserklärung“ an das zirkuläre Bauen bezeichnete. Sein Einstieg war bewusst emotional und bildhaft: Er zeigte eine Landschaft in Guangxi (China) – malerisch, fast touristisch –, um zu illustrieren, wie ästhetisch und poetisch der Umgang mit Bestand und Material sein kann. Von hier spannte er einen Bogen über mehrere Kontinente, um zu zeigen, dass Reuse, Recycling, Up- und Downgrading nicht Verzicht bedeuten, sondern neue Qualitäten erzeugen.

Czaja stellte eine Reihe von architektonischen Beispielen vor, die sich wie ein Atlas der Transformation lesen:

- **Guangxi (CN):** Ehemalige **Zuckerrohrfabrik**, heute **Hotel** mit 117 Zimmern – Bausubstanz weitgehend erhalten; Umbau durch **Vector Architects / Horizontal Space Design**.

- **Shenzhen (CN):** Ehemalige **Textilfärberei**, heute **Kultur- und Arbeitsort**; „Box-in-Box“-Prinzip zur thermischen Trennung und **Nachnutzung der Warmräume**.
- **Rotterdam (NL):** Ehem. **Stahlfabrik** zum Unternehmenssitz; **Haus-im-Haus-Prinzip, halb-konditionierte Zonen** – Akzeptanz von sommerlicher Wärme und winterlicher Kühle als neue Normalität.
- **Tilburg (NL)** – „Lokhal“: Lokhalle von 1932 als **Bibliothek/Sozialraum** (Civic Architects, Mecanoo u. a.); rauher Bestand + Vorhänge als **Mikroklima**, temperierte **Boxen in der Halle**.
- **Portland (US):** Ehem. **Tischlerei** als Büro „Skylab“; **reflektierende Folien** zur Lichtlenkung, **Holz-Meetingboxen** für akustische Rückzugsräume.
- **Berlin-Lichtenberg (DE):** Ehem. **Kohlefabrik**; Erhalt der **Stiegenhaustürme**, Nutzung als Büro „**San Gimignano Lichtenberg**“ (**Brandlhuber B+**) – poetischer Umgang mit Fragmenten.
- **Brüssel (BE):** **ROTOR** – Re-Use-Umbau mit **~95 % wiederverwendeten Bauteilen** (Treppen, Türen, Fenster, Stahl).
- **Basel (CH):** Ehem. **Coop-Weinlager** in Wohnen umgebaut, **Pilzstützen sichtbar** in Küchen und Wohnräumen.
- **Rotterdam (NL):** „**Der Gouverneur**“ – Neubau aus alten Materialien; Ziegel mit **Zuschlag aus zerkleinerten Sanitärkeramiken**.
- **Genf (CH):** „**Le Lignon**“ – denkmalgeschützte Großanlage aus den 1960ern, Sanierung bei laufendem Betrieb.

Er machte klar, dass zirkuläre Strategien nicht nur ökologische Effekte haben, sondern neue architektonische Typologien ermöglichen: „halb-konditionierte Räume“, temporäre Mikroklimata, hybride Nutzungen und sichtbare Materialgeschichten. Czaja betonte, dass gerade in Europa Komfort neu gedacht werden müsse: weniger dogmatischer Anspruch auf konstante 21 °C, mehr klimatische Toleranz – Pullover im Winter, leichte Kleidung im Sommer – als Mentalitätsfrage.

Ein zentrales Anliegen war „Bestand als Ressource“: Was hier an Bauteilen, Oberflächen und Handwerksspuren vorhanden ist, ist kein Problem, sondern der Rohstoff der nächsten Generation. Er verband das mit einem klaren Appell: „Umbau statt Neubau muss der Standard werden“ und verwies auf die Initiative „House Europe“, die bis 31. Januar 2026 eine Million Unterschriften sammeln will, damit das EU-Parlament über Umbauförderung als Standard berät.

Zum Schluss blickte er in die Materialforschung: Er zeigte die Vielfalt von Waschbeton-Platten, die in der DDR entstanden sind und heute Designpotenziale bergen, und präsentierte experimentellen Salzbeton, der CO₂ bindet, aber in CO₂-angereicherter Atmosphäre aushärten muss. Das war für ihn ein Symbol, dass auch radikal neue Materialien in einer Kreislaufwirtschaft ihren Platz finden können – vorausgesetzt, man denkt sie vom System her.

Seine Kernbotschaften lassen sich so zusammenfassen:

- **Bestand ist keine Last, sondern Ressource.**
- **Reuse, Recycling und Downgrading** können **ästhetisch, poetisch und funktional** überzeugen.
- **Komfort neu definieren** und **halb-konditionierte Räume** akzeptieren.
- **Vielfalt der Lösungen** zulassen – nicht ein System für alles.

- **Politische Rahmenbedingungen** wie House Europe nutzen, um **Umbau zum Standard** zu machen.

Damit setzte Czaja einen emotionalen, aber sehr fundierten Auftakt für den Workshop und lieferte einen internationalen Referenzrahmen, der die anschließenden Beiträge von Eigentümer:innen, Planer:innen und Forschenden kontextualisierte.

Vertiefung: Projekt „Elements“, TU Graz

Im Anschluss an die theoretischen und konzeptuellen Impulse wurde mit dem Projekt „*Elements*“ der TU Graz ein praktischer Forschungsansatz vorgestellt, der exemplarisch zeigt, wie Sanierungen im großvolumigen Wohnbaubestand der 1950-1970-Jahre umgesetzt werden können.

Eva Sollngruber (TU Graz, Institut für Gebäudelehre) berichtete über das Forschungsprojekt „*Elements*“ zu Sanierungen im Geschosswohnbau der 1960/70er in Graz. Das Konsortium (u.a. TU Graz – Nachhaltiges Bauen, Energieagentur Steiermark, Stadtlabor) arbeitet interdisziplinär an Ökobilanzen, Stakeholder-Einbindung und Nutzerintegration.

Bestand & Fassaden.

Eine breit angelegte Bestandserhebung identifizierte ~ 23 % des Grazer Gebäudebestands (Baujahre 1961–1980); der innerstädtische Geschosswohnbau bildet den Schwerpunkt. In Workshops (Eigentümer:innen, Bauunternehmen, Land/ Stadt, Forschung/Planung) wurden Sanierungsleitbilder diskutiert: weg von Wärmedämmverbund-Standardlösungen hin zu gestalterisch und baukulturell wertigen Sanierungen mit Re-Use.

Pilotgebäude & Fragestellungen.

Das Pilotobjekt (Eigentümerin KAGes; Arbeiter:innen-wohnungen nahe Klinikum) zeigt zwei Fassadentypen: Waschbeton (nicht hinterlüftet, konstruktive Unklarheiten → Sondierungen zu Statik/Schadstoffen) und Sichtbeton in Bretterschalung (baukulturell wertvoll, Innendämmung als Erhaltungsweg). Skepsis der Eigentümerin gegenüber Innendämmung im bewohnten Zustand wird adressiert (Prozess-/Bauablaufkonzept). Im Umfeld der Anlage bestehen baugleiche Gebäude, was Energiegemeinschaften, Zwischenquartiere (während Bau) und Nutzer:innen-Logistik erleichtern könnte. Ziel ist eine Umbaukultur 2.0: serielle Sanierung mit Verwendung bestehender Bauteile und Erhalt des Charakters.

4.5.3. Ergebnisse aus Thementischen

Round Tables – Themenschwerpunkt im Detail

Nach den Fachvorträgen boten die drei Thementische Gelegenheit, die zentralen Inhalte gemeinsam mit Expert:innen und Teilnehmenden zu diskutieren. Die Runden ermöglichten, theoretische Erkenntnisse in praxisnahe Strategien zu übersetzen.

Tisch 1 – Innendämmung, Leistbarkeit & Mieterzustimmung (IBO & GESIBA)

Am ersten Tisch stand die Frage der Innendämmung im Vordergrund, ihre Vor- und Nachteile, Auswirkungen auf Heizwärmebedarf (HWB), Stadtbild und Kosten. Die Diskussion knüpfte an die Präsentationen von Ines Mayer und Karin Schindler an. Besonders wichtig war der Aspekt, Sanierungen bei laufendem Betrieb durchzuführen, ohne Mieter:innen auszuquartieren. Dabei wurde deutlich, dass Mieterzustimmung eine der größten Herausforderungen darstellt. Diskutiert wurde, wie man Bewohner:innen frühzeitig und transparent informiert, damit sie sich mitgenommen fühlen. Beispiele waren Haustürgespräche, Multiplikator:innen, kleine Goodwill-Maßnahmen (z. B. Spielplätze). Auch soziale und kulturelle Unterschiede in großen Wohnhausanlagen kamen zur Sprache. Als Vorteil der Innendämmung wurde betont, dass sie flexibel wohnungsweise umgesetzt werden kann und bei Auszügen besonders gut funktioniert. In puncto Leistbarkeit ging es um die Deckelung des Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrags (EVP) und die Frage, wie Förderungen an neue Sanierungstypen angepasst werden können. Die Runde war sich einig, dass man bei jeder Maßnahme Technik, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz zusammendenken muss.

Tisch 2 – Begrünung bei stufenweiser Sanierung (TU Wien)

Der zweite Tisch behandelte Fassaden- und Dachbegrünung bei laufender Sanierung. Azra Korjenic und ihr Team stellten Ansätze vor, wie Schutz vor sommerlicher Überwärmung, Lärminderung und bessere Aufenthaltsqualität in großen Anlagen erreicht werden können. Diskutiert wurde, dass Begrünung auch bei stufenweiser Umsetzung möglich ist, von einzelnen Balkonen bis zu ganzen Fassaden.

Wichtige Fragen waren Pflege und Brandschutz (Abstände, Trog- und Kletterpflanzen, fassadengebundene Systeme) sowie rechtliche Rahmenbedingungen, z. B. ob eine Begrünung verpflichtend vorgeschrieben werden sollte. Mehrfach betont wurde die Beteiligung der Bewohner:innen: Wer kümmert sich um die Pflege? Welche Pflanzen wünschen sie? Welche Flächen sind geeignet? Korjenic verwies auf positive Beispiele aus Wien und laufende Forschung zu hinterlüfteten Begrünungssystemen.

Tisch 3 – Planungspotenziale, Gesetze & OIB-Richtlinien (Räume für Menschen & IBO)

Am dritten Tisch ging es um Planungspotenziale im Bestand, städtischen Kontext, Gesetze und Vergaberichtlinien. Teilnehmer:innen sprachen über Erfahrungen aus Graz (Projekt „Elements“) und Wien: flexible, demontierbare Grundrisse, Nachverdichtung, Dachgeschossausbau. Ein wichtiges Thema war die Korrelation von Denkmalpflegeleitfäden und OIB-Richtlinien, um Sanierungen zu erleichtern und nicht zu verteuern.

Maria Fellner vom IBO berichtete von einer neuen Kommission für Nachhaltigkeit, die sich für energieeffiziente Lösungen auch im Denkmalschutz interessiert. Die Gruppe identifizierte Dachgeschossausbau als größten Hebel für CO₂-Reduktion und Flächengewinn, betonte aber, dass Finanzierung, Sozialverträglichkeit und klare gesetzliche Rahmenbedingungen Voraussetzung sind.

Auch Materialfragen wurden angesprochen: Welche Baustoffe sind kreislauffähig, leistungsfähig und gesellschaftlich akzeptiert? Abschließend herrschte Einigkeit, dass Bestandsentwicklung und Umbaukultur systematisch verankert werden müssen, von Förderungen über Bauordnung bis zu Vergabeverfahren.

Abbildung 96: Workshopgruppe – Tisch 3: Planungspotenziale, Gesetze & OIB-Richtlinien (Räume für Menschen & IBO). - Foto: Renowave.at



Diese interdisziplinäre Zusammensetzung ermöglichte einen breiten fachlichen Dialog und zeigte, wie wertvoll die Vernetzung verschiedener Disziplinen für die Weiterentwicklung nachhaltiger Sanierungspraxis ist.

Der Workshop wurde von einer vielfältigen Gruppe an Fachleuten aus Architektur, Baupraxis, Forschung, öffentlicher Verwaltung und Wohnbauorganisationen besucht. Insgesamt waren Vertreter:innen von rund 30 Institutionen anwesend.

Aus dem Bereich Architektur und Planung waren zahlreiche Ziviltechniker:innenbüros sowie Planungs- und Architekturteams vertreten.

Forschung und Lehre wurden durch die TU Wien, die Technische Universität Graz sowie das IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie repräsentiert.

Der Bereich Wohnbau und Bauträgerwesen war stark vertreten, unter anderem durch die GESIBA sowie weitere gemeinnützige Bauträger, Wohnbaugesellschaften und große Bestandshalter.

Aus Industrie und Bauwirtschaft nahmen Hersteller, ausführende Unternehmen sowie spezialisierte Dienstleister entlang der Wertschöpfungskette teil.

Auch Vertreter:innen der Stadt Wien waren präsent, insbesondere aus bewilligungsrelevanten, prüfenden/zertifizierenden sowie förder- und strategierelevanten Dienststellen.

Darüber hinaus waren Beratungs- und Servicestellen sowie weitere interessierte Teilnehmer:innen vor Ort.

Insgesamt zeigte sich ein sehr breites Spektrum an Perspektiven – von wissenschaftlicher Forschung über praxisorientierte Planung bis hin zu bau- und verwaltungstechnischen Entscheidungsträger:innen.

Fazit:

Der Workshop „Favorite Facade: Re Use, Reduce, Repair“ hat gezeigt, dass die Zukunft des Bauens im respektvollen Umgang mit dem Bestand liegt. Zirkuläre Strategien, Wiederverwendung und Begrünung sind dabei nicht nur technische Maßnahmen, sondern Ausdruck einer neuen Baukultur, die ökologische Verantwortung, soziale Teilhabe und gestalterische Qualität verbindet.

Die vielfältigen Beiträge und Diskussionen machten deutlich, dass erfolgreiche Sanierungen interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordern – von Forschung und Planung über Verwaltung bis hin zu Bauträgern und Nutzer:innen. Nur wenn ökologische Innovation, ökonomische Machbarkeit und soziale Akzeptanz zusammengedacht werden, können nachhaltige Lösungen im großen Maßstab umgesetzt werden.

Als zentrales Ergebnis bleibt festzuhalten: Umbaukultur muss zur Regel, nicht zur Ausnahme werden. Dafür braucht es klare politische Rahmenbedingungen, gezielte Förderung, praxisorientierte Forschung und das gemeinsame Bewusstsein, dass Bestand eine Ressource ist – materiell, kulturell und sozial. Der Workshop hat dazu einen wichtigen Beitrag geleistet und den Dialog über eine ressourcenschonende Bauzukunft entscheidend vorangebracht.

4.6. Vorbereitung Demoprojekt

4.6.1. Angeligasse 97-99

Aufgrund der Untersuchungen, Analysen und ausgearbeiteten Lösungen eignet sich das Objekt Angeligasse hervorragend zur Umsetzung eines Demo-Projekts. Angenommen werden eine Beteiligung von 60% der Mietenden, 20% Preisnachlass der Ausführenden gegenüber den Kosten der Pilot-Wohnung. Der Neubau wird mit 3.500€/m² kalkuliert: 30% der möglichen Mehr-Flächen durch Schließen der Loggia-Vorsprünge angenommen, 100% Nachverdichtung am Dach. Die beschriebene Sanierungsstrategie wird umgesetzt.

Anwendung der innovativen Sanierungsstrategie FFR

- Innendämmung: 10 cm Multipor
- Glastausch: Vakuum-Isolierglas
- Verbesserung Brandschutz
- Kosten pro Wohnung: 17.700,00 €

Schätzkosten für Sanierung und Nachverdichtung

Die Schätzkosten basieren auf Kosten 1.600,00 € pro Laufmeter Fassade aufgrund der Kosten der Pilotwohnung. Kosten für den Umbau des Stiegenhauses sind nicht inbegriffen, diese könnten ev. nach Rücksprache mit der Förderstelle tw. in die Förderkosten des Neubaus gerechnet werden.

Stufe 1: Thermische Ertüchtigung

Hochrechnung auf 2.500,00 € Im Fassade	4.000.000,00 €
• Preisnachlass 20% aufgrund der Menge	<u>- 800.000,00 €</u>
	3.200.000,00 €
• 60%, Beteiligung: *0,6	1.920.000,00 €

Stufe 2: Nachverdichtung

Nachverdichtung Bestand, ca. 1000m²

Schließen der Loggia-Zwischenräume, 30%: 1.000 m ² à 3.500,00 €	<u>3.500.000,00 €</u>
	5.420.000,00 €

Ausbau des Daches: Prefab

Gefördert nach Neubau, Wohnnutzfläche: 3.500 m ² à 3.500,00 €	<u>12.250.000,00 €</u>
	17.670.000,00 €

Durch den Ausbau wird die Nachdämmung des Daches eingespart.

Es werden 4.500m² zusätzliche Wohnnutzflächen erzielt, mit neuem U-Bahnanschluss (2028).

4.6.2. Puffergasse 8-12 PuFFergasse ReUse

Aufgrund der positiven Rücklagsituation wählte die GESIBA (P4) die Liegenschaft Puffergasse 8-12, 1210 Wien zur Demonstration aus. 168 Wohneinheiten haben 9.900 m² WNF auf 4 Stiegen. Hitze der angrenzenden Außenräume lastet auf den Bewohner:innen.

Innovative Sanierungsstrategie – Variante aufgrund des Fertigteils:

Im Zuge der Vorbereitung des Demo-Projekts “PuFFergasse ReUse” wurde bei Sondierungsbohrungen festgestellt, dass der Waschbeton-Fertigteil aus massivem Stahlbeton besteht, während die Holzfensterbänder einen gleichartigen Aufbau wie in der Angeligasse aufweisen (Aufsatzrahmen). Das ermöglicht die Untersuchung einer Ausführung mit Außendämmung und neuartig integrierter Begrünung, die unter Schonung der Mietenden umgesetzt werden kann und das Fassadenbild unter Einhaltung der Struktur zeitgemäß grün und biodivers (kühle Stadt) interpretiert.

Grundrissadaptierung und Nachverdichtung

Die architektonischen Potenziale der Grundrissoptimierung und Nachverdichtung bergen ein hohes Potenzial zur Verbesserung der Wohnqualität und Modernisierung des Bestandes. Dieses Potenzial (z.B. Schließung des Zwischenraums zwischen den auskragenden Loggiabereichen) wird im Demoprojekt geprüft und mit den Bedürfnissen der Bewohner:innen abgestimmt. Im Erdgeschoss ist eine mögliche Belebung des Straßenraums das Ziel. Raumressourcen für Gemeinschaftsflächen bzw. nutzungsneutrale Räume werden, wo möglich, in die Planung integriert.

Dämmmaterial: Ökologisch, trennbar

Prüfung der Materialien: Die Strategie in der Pilotwohnung der Sondierung “Favorite Facade ReUse” setzte aufgrund des Brandschutzes auf Porenbeton und Glastausch. Im Demo-Projekt sollen noch nachhaltigere Lösungen untersucht, geprüft und möglichst angewendet werden. Dazu liefert das IBO entsprechende Bauteilsimulationen, Untersuchungen zur CO₂ Bilanz sowie zur Zirkularität der eingesetzten Baustoffe.

Energieversorgung neu

Die Umstellung der Heizung in ein flächiges, niedertemperiertes System spart Energie und bietet Heiz- und Kühlmöglichkeit. Im Zuge der Dämmung des Brüstungsbereichs wird überprüft, ob eine Wandheizung integriert werden kann. Die Anspeisung und Kühlmöglichkeiten mit Fernwärme über das bestehende Einrohrsystem werden geprüft.

Vertikalbegrünung und Partizipation

Kern des Projekts ist die Entwicklung modularer Systeme, die mit geringer technischer Einstiegschürde aufgebaut, transportiert und rückgebaut werden können. Mieter, die sich beteiligen möchten, können Module einfach abholen und selbst installieren, während für weniger engagierte Bewohner keine Verpflichtung entsteht.

Entwicklung des Begrünungspotenzials

Die Begrünung wird auf allen vorhandenen Potenzialflächen umgesetzt – von Innenhofflächen über Fassaden bis hin zu Dachflächen. Unter dem Leitbild der „**Essbaren Stadt**“ entstehen zusätzliche Flächen für Obst- und Gemüseproduktion. Die Kooperation mit der Universität Wien (LOI Florian Etl) gewährleistet eine biodiverse und robust bepflanzte Vertikalbegrünung, die langfristige ökologische Wirkung entfaltet.

Partizipative Prozesse

Um die wenig invasive Sanierung (die Bauzeit je Wohnung beträgt nur einige Tage) möglichst breit anzuwenden braucht es hohe Zustimmung der Bewohner:innen. Unterschiedliche Partizipationsprozesse werden vorbereitet und binden Bewohner:innen ab Planungsbeginn ein.

- Bewohner:innen werden frühzeitig über Sanierungsvarianten und deren Kosten informiert.
- Die Gestaltung der Vertikal-Begrünung bieten Potenzial zur Bewohner:innen-Einbindung
- Eine gendergerechte, integrierende Kommunikation ist für alle Personengruppen des geförderten Wohnbaus konzipiert.

Alle Informationen, Aktivitäten und Ergebnisse werden auch im umliegenden Stadtquartier und unter weiteren Hausverwaltungen gestreut, um eine erste Sensibilisierung für das Thema „sanfte Sanierung im Bestand“ zu erzielen.

5 Schlussfolgerungen

5.1. Bauteiluntersuchung

Schon während der Best-Practice Recherche und bei der Exkursion stellte sich heraus, dass es zur Zeit der Gebäudeerstellung eine Vielzahl von Ausführungsarten von Waschbetonfertigteilbauten gab. Waschbeton wurde in unterschiedlichen Ausführungen verbaut:

- Waschbeton als vorgehängte Fassadenplatte (Bsp: Volksschule Marktgasse)
- Fertigteile aus 20cm massiven Beton, mit Waschbetonoberfläche – innen 3cm gedämmt (Puffergasse 8)
- Fertigteile aus raumseitig 16cm Hochlochziegel, verputzt, die mit einer 7cm Waschbetonschicht fest verbunden sind und in den seitlichen Schoten als Brückenträger verhängt werden (Angeligasse 97-99)

Der Aufbau des Fertigteils im Sondierungsprojekt Angeligasse 97-99 entsprach nicht den angenommenen Begebenheiten, da die Struktur der Fassade nicht additiv war: Eine Trennung der Komponenten war nicht möglich, kein Anbringen eines außenliegenden Flächenheizsystems, kein Austausch und Erhöhung der Dämmschicht. Das Projektteam entwickelte eine alternative Sanierungsstrategie und setzte diese in einer Pilotwohnung im Objekt um.

Im Projektverlauf wurde klar, dass genaue Bestandsuntersuchung die wichtigste Grundlage für das Sanierungskonzept ist. Gerade in den 1950 - 1970er Jahren wurde experimentiert. Daher bilden Bauteilöffnungen, Analyse der Baustoffe sowie eine Schadstoffanalyse die Grundlage für alle weiteren Schritte. Auf dieser Basis erkannte man, dass die ursprünglich angedachte Sanierungsstrategie geändert werden musste, da die Waschbetonplatten nicht abnehmbar sind. Daraus resultierte die Verwendung von Innendämmungen mit mineralischen, kapillaraktiven Materialien, um die charakteristische Waschbetonplatten-Fassaden zu erhalten und gleichzeitig energetische Verbesserungen zu ermöglichen. Diese Strategie kann bei Wohnungswechsel unkompliziert angewendet werden, und wird von der GESIBA so übernommen. Durch den Einsatz von Perlite-Dämmplatten oder Glas-schaumplatten kann sich die CO₂-Bilanz weiter verbessern.

Erhalt der Holzfenster und Glastauch: Da in allen betrachteten Beispielen Holzfenster eingebaut wurden, sollen diese jedenfalls erhalten werden. Der Tausch der Verglasung ist ökonomisch, da um 50% günstiger als der Einbau eines neuen Fensters und ökologisch sinnvoll. Die als Holz hergestellte Wiener Kastenfenster haben mitunter eine Lebensdauer von 150 Jahre und mehr, während Kunststofffenster nach etwa 30 Jahren vollumfänglich entsorgt werden müssen.

In einem nächsten Schritt sollte geprüft werden, ob

- Potenziale zur Nachverdichtung vorhanden sind und zusätzlich leistbarer Wohnraum geschaffen werden kann, ohne die Versiegelung zu erhöhen.
- durch Aktivierung der Mietenden sich deren Bereitschaft erhöht, an einer Sanierung teilzunehmen.

Der Energieverbrauch kann durch breite Anwendung relevant sinken, und in Kombination mit Grundrissadaptierungen steigt die Wohnqualität. Beide Maßnahmen sind im Portfolio des Projektteams enthalten und schaffen attraktive Arbeitsfelder.

5.2. Weiterbearbeitung und Impact

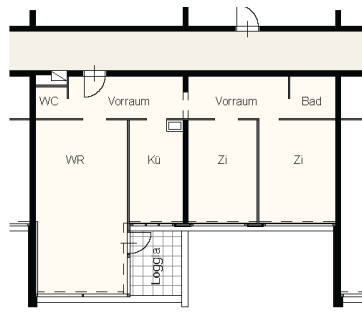
Die Ergebnisse werden genutzt, um Sanierungskonzepte und Sanierungen in baugleichen Projekten der GESIBA und anderer Bauträger weiterzuentwickeln. Allein die im Konsortium vertretene P4 (GESIBA) verfügt über 40 Objekte mit mehr als 5.000 Wohneinheiten zur Anwendung der erarbeiteten Strategie. In Wien gibt es weitere 35.000 Objekte dieser Bauperiode, österreichweit geschätzt dreimal so viel. Die Sanierungsstrategie ist somit auf ca. 100.000 Gebäude anwendbar und erzielt ca. 60% Einsparung des HWB, je nach Heizquelle der Liegenschaften ein enormes CO₂-Einsparpotenzial.

Holistische Betrachtung der Liegenschaft: Aufgrund der angewendeten Strategie wurde ein holistischer Ansatz zur Bewertung der Liegenschaft angewendet. Die abgegrenzte Betrachtung der Fassade wurde deswegen im Projektverlauf auf die gesamte Liegenschaft erweitert. Bilanzierungen zeigen (vgl. Kap.4.3.), dass durch Entwicklung des Nachverdichtungspotenzials die CO₂-Amortisation auf 5 Jahre sinkt.

5.3. Grundrissvarianten und Nachverdichtung im Bestand

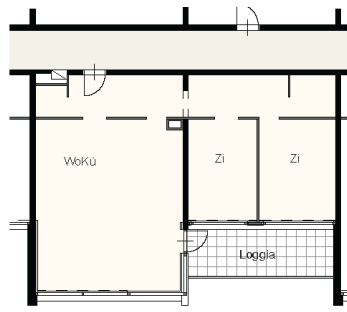
Geringe Umplanungen und Änderung der Grundrisskonfiguration ermöglichen einen modernen Wohnstandard und unterschiedlichen Wohnungsgrößen, die im Zuge einer Brauchbarmachung vor Neuvermietung oder als generelles Angebot an die Mietenden umgesetzt werden könnten. Optimierung werden die Grundrisse durch Vermeidung langer Gänge, Zusammenlegung von Küche und Wohnzimmer und Schließung der Loggien und Umgestaltung in einen Pufferraum.

Abbildung 98: Grundrissvarianten Pilotwohnung, RfM Architektur

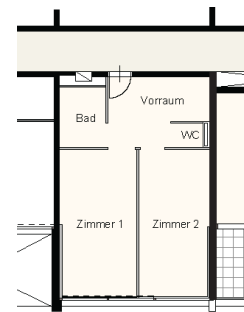


Bestand

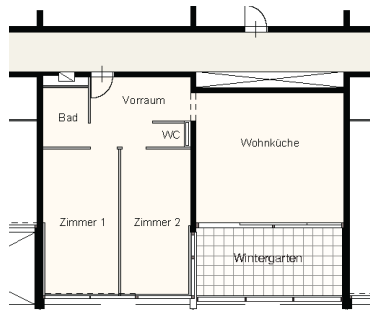
Wohnungsgröße: 74 m²



WHG: 90 m²

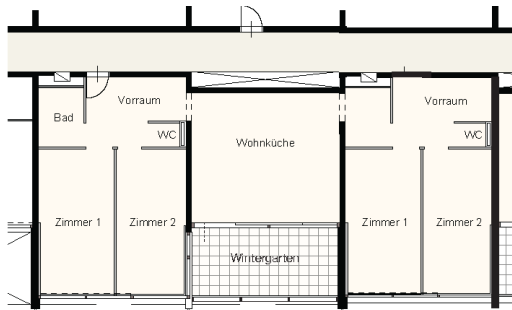


mögliche Balkonfläche
Klein-WHG: 45 m²



mögliche Balkonfläche

WHG: 90 m², Aufteilung neu



mögliche Balkonfläche

WG-taugliche WHG: 135 m²

Einbeziehung von Loggien und Erkerzwischenräume schafft zusätzlich 2.500m² Wohnraum.

5.4. Nachverdichtung am Dach

Nachverdichtung am Dach generiert zusätzlichen Wohnraum und verhindert dadurch weitere Versiegelung des Stadtraums. Durch die günstige Widmung am Standort besteht die Möglichkeit, bis zu 2 Geschossen zusätzlich an Fläche dazuzugewinnen.

Abbildung 99: Nachverdichtung Potentialuntersuchung, RfM Architektur

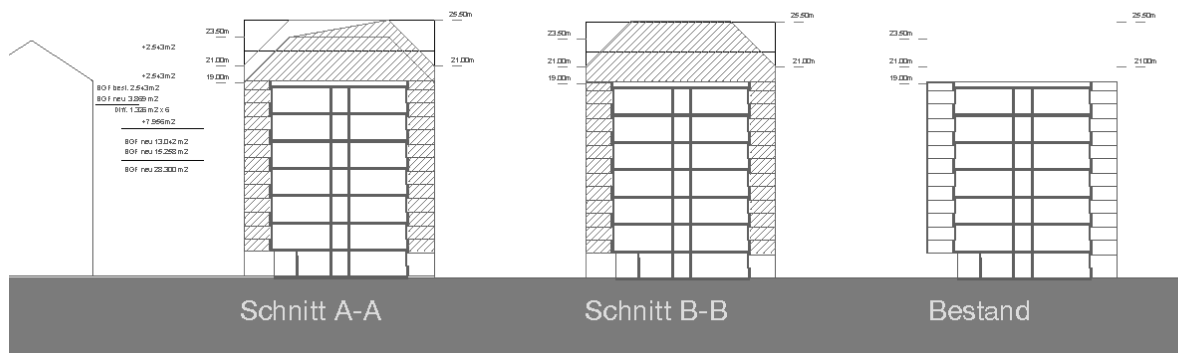


Abbildung 100: Dachaufsicht mit Stiegenhauskernen, Studie RfM Architektur

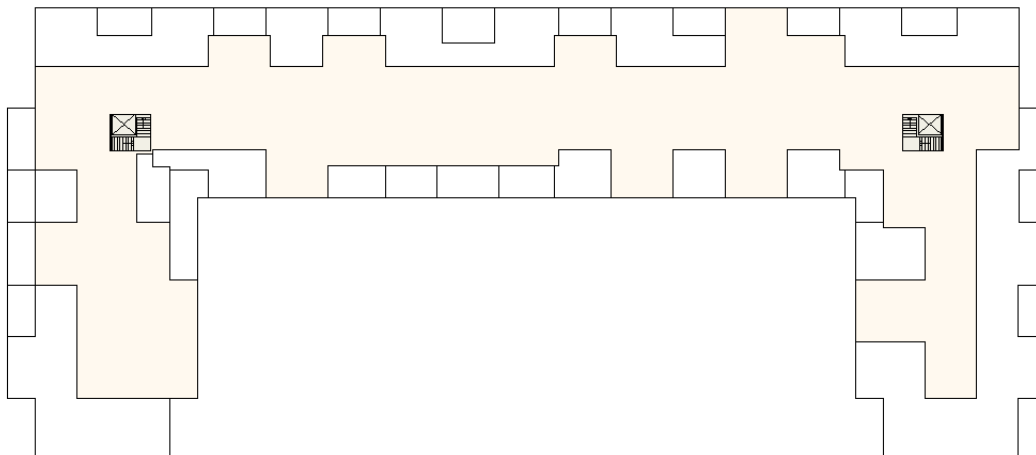


Abbildung 101: Fassade Innenhof, RfM Architektur

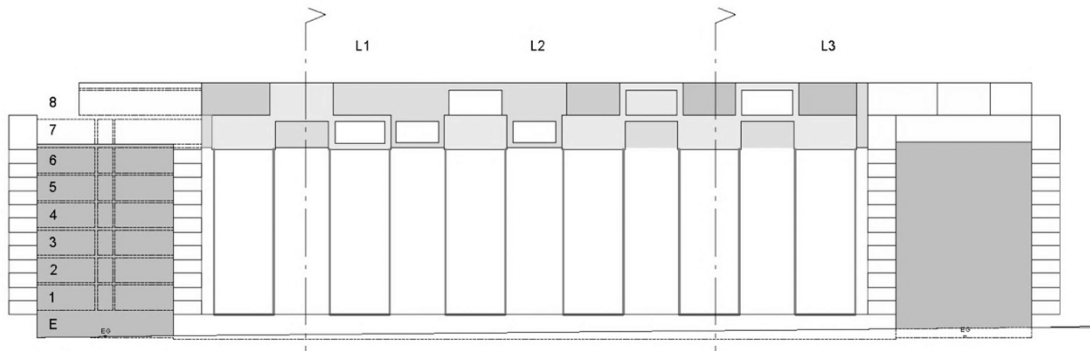


Abbildung 102: Grundrissvarianten, Maisonette-Lösungen für Dachausbau, RfM Architektur



Das Nachverdichtungspotenzial am Dach beträgt ca. 3.500 m² Wohnnutzfläche. Zusammen mit dem Nachverdichtungspotenzial des Bestandes entstehen 6.000 m² zusätzlicher Wohnraum, 50% zusätzlicher Wohnraum.

Die gesamte Anlage verfügt damit über 18.000m² WNF im gut erschlossenen Bestand.

Zielgruppen: Die Erkenntnisse sind relevant für Architekt:innen, Energieberater:innen, Bauphysiker:innen, Wohnbauträger, Interessenvertretungen wie der Verband gemeinnütziger Wohnbauträger (GBV), zt-Kammer W/NÖ/Bgld., Landes- und Bundespolitik und Behörden, die nachhaltige Lösungen anstreben, innovative Sanierung planen bzw. Klimaziele setzen.

Herausforderungen und Handlungsbedarf bestehen vor allem

- bei der Einhaltung von Gesetzen, Bauordnungen, Fördervoraussetzungen (OIB-Richtlinien, U-Werte, Erbringung bauphysikalischer Nachweise).
- der Integration der Mieter:innen in den Prozess
- bauphysikalischen Risiken, die eine wohnungsweise Sanierung mit sich bringen kann. Die realisierte Pilotwohnung bringt dazu erste Erkenntnisse
- die Nachverdichtungen von Sanierungsprojekten zu forcieren, da Nachhaltigkeit relevant verbessert, zusätzlich Wohnraum in gut erschlossenem Stadtkörper geschaffen und Boden geschützt wird.

Die Projektergebnisse wurden in Fachkreisen präsentiert und bieten großes Potenzial für eine breitere Anwendung energieeffizienter Sanierungslösungen im Gebäudebestand.

Der hohe Anteil an Arbeitsstunden bei Reparatur/Wiederverwendung ist zwar volkswirtschaftlich positiv, kann sich aber in Zusammenhang mit hohen Personalkosten negativ auf die Umsetzung auswirken und wird in AP4 untersucht.

Die aktuell stark steigenden Materialpreise im Baubereich könnten die ökonomische Darstellung des Projekts unterstützen. Die Wirtschaftlichkeit der innovativen Sanierungsstrategie wird im AP4 auf Grundlage der erarbeiteten Ergebnisse und Pläne geprüft. Kosten werden erhoben für die technisch und wirtschaftlich optimierte Gesamtlösung, und die Machbarkeit bewertet (siehe Kap. 4.1)

6 Ausblick und Empfehlungen

6.1. Weiterführende Forschungsfragen

Im Zuge der Bearbeitung haben sich weiterführende Forschungsfelder aufgetan. So kann ein für die Förderung erforderlicher U-Wert der Wandelemente nicht erreicht werden, obwohl die Energieeinsparung, die durch Fensterertüchtigung und Innendämmung entsteht, mehr als 60% beträgt.

6.1.1. Förderbedingungen anpassen

Mit der in der Pilotwohnung aufgebrauchten 10cm Innendämmung werden die Förderstandards nicht erreicht. Um eine rasche Verbesserung des Bestandes zu erwirken, müssen vor allem für die untersuchte Gebäudetypologie, die nicht einfach außen gedämmt werden kann, neue Fördermodell entwickelt werden, um die Liegenschaftseigentümer:innen bei der Sanierung zu unterstützen. Wie in den bauphysikalischen Berechnungen dargestellt wurde, kann eine Kombination von Maßnahmen zu einer deutlichen CO₂-Reduktion beitragen, ohne das herkömmliche Richtwerte eingehalten werden müssen. Hier ist zu empfehlen, den absoluten CO₂-Ausstoß des Gebäudes im Betrieb betrachten, und diesen auf die m²-Wohnnutzfläche umzurechnen (Vgl. Hardau II, Schweiz -> Minergie-Standard). Die für Förderung vorgeschriebenen U-Wert für Außenwandbauteile werden nicht erreicht, jedoch würde die dringend benötigte Förderung – gerade im sozialen Wohnbau, wie dem Untersuchungsprojekt – die Dekarbonisierung beschleunigen. Durch die Versorgung mit Fernwärme ist der CO₂-Ausstoß jedenfalls gering und wird um weiter 61% reduziert. Gespräche mit dem wohnfond wien wurden vereinbart.

6.1.2. Verpflichtung zur Duldung von Sanierungsmaßnahmen und moderaten Mietzinsanhebungen, abgedeckt durch Subjektförderung

Mietgesetze übernehmen den wichtigen Schutz der Bewohnenden, zementieren im Gegenzug aber einen Zustand ein, der Klimaschutz und auch Wohnenden keine Entfaltung ermöglicht. Zu überlegen ist, ob Personen, die gefördert werden, d.h. von der Gesellschaft finanzierten Wohnraum nutzen, im Gegenzug verpflichtet sein sollen, gesamtgesellschaftliche Ziele wie Klimaschutz mitzutragen – z.B. einkommensgestaffelt. Auf bundesstaatlicher Ebene finden derzeit Gespräche statt, die das MRG hinsichtlich Klimaschutz durchleuchten.

6.1.3. Weiterverwendung von Gläsern aus Bestandfenstern

Das Auseinandernehmen von Isolierglasscheiben ist derzeit technisch nicht einfach, da die Glasverbände möglichst dauerhaft sein sollen und das im Zwischenraum eingebrachte Gas nicht entweichen soll. Deshalb wird Isolierglas nach ca. 20-30 Jahren entsorgt, bestenfalls recycelt. Bei der Produktion von Glas sind hohe Temperaturen notwendig, das Zuführen von Altglas bei der Produktion verbessert zwar die CO₂ Bilanz, dennoch ist das Recyclen eines Produktes, das theoretisch 100 Jahre haltbar ist zu hinterfragen, um diese länger nutzen zu können.

Nur fünf Floatglas-Hersteller stellen weltweit Fenstergläser her und sich am Re-Use bestehender Scheiben nicht interessiert. Auch für spezialisierte Glasfirmen (Fa. Binder, Wien) ist eine Wiederverwendung und Ertüchtigung eines 30-jährigen Isolierglases nicht attraktiv. Das Öffnen des Glasverbundes wird als schwierig eingestuft, der Transport als zu aufwendig, das Waschen als Problem gesehen – unter Hinweis auf Gewährleistung wird die Variante nicht angeboten. Die Gewinnspanne ist bei einem üblichen 3-scheibigen Isolierglas vermutlich deutlich höher, das Risiko übernehmen die Glashersteller. Ein Floatglas mit Recycling-Anteil wird teurer verkauft als ein aus Rohstoffen hergestelltes Glas. Ein Start-Up konnte am Ende des Berichtszeitraums identifiziert werden „Urban Matter“, das sich auf die Wiederverwendung von Glas spezialisiert.

6.2.Überlegungen zur Finanzierung

Die Herausforderung liegt in der finanziellen Ausgangslage der Liegenschaft, die derzeit keine großen Investitionen zulässt. Wenn ca. 60% der Bewohner:innen (114 WHG) sich bereit erklären würden, ihre Wohnung sanieren zu lassen würde das inkl. Brandschutztüren im Gangbereich zu Kosten von ca. 2.400.000 € führen. Bei einer Nachverdichtung des Bestandes der Loggia-Zwischenräume sind zusätzlich ca. 3.500.000 € aufzubringen. Für den Dachausbau ist mit weiteren 14.000.000 € zu rechnen, die aber über Förderungen finanziert werden können.

Eine gute Strategie der Wiener Stadtpolitik ist die Durchmischung von Wohnenden im geförderten Wohnbau: damit werden soziale Brennpunkte entschärft. Dennoch ist zu bemerken, dass manche Liegenschaften mit geringer Rücklage Jahrzehnte lang nicht saniert werden kann. Im WGG ist die Ansparung einer Sanierung anscheinend nicht vorgesehen, obwohl Immobilienentwickler mit einer Periode von 30 Jahren rechnen.

- **WGG: Ansparung von Sanierung**, z.B. 50% des Neuwerts innerhalb von 30 Jahren
- **Rücklagen:** Die Rücklagen zwischen Liegenschaften verschiebbar zu machen
- **Vom Einkommen abhängige Mietzins-Anhebung** einführen, damit Personen mit höherem Einkommen mehr zur Sanierung beitragen.
- **Eigenmittel** der Wohnbauträger für die Bedeckung fehlender Sanierungskosten einsetzen

6.3. Attraktivierung der sanierten Bestandsgebäude und Stadtquartiere nachverdichten

Für eine weit gestreute Ausrollung der neuartigen Sanierungsstrategie wird die Wahrnehmung der sanierten Bestandsgebäude und Stadtquartiere im Hinblick auf ihre Authentizität und gestalterische Originalität verbessert, die sich in gesteigerter Wertschätzung für den Gebäudebestand der 1960er-80er Jahre abbilden und dem nachhaltig sanierten Wohn- und Lebensraum neue Attraktivität verleiht.

Interdisziplinärer Planungsteams: Die Kooperation der verschiedenen Fachplanungen von Beginn des Projekts ermöglicht die Bewertung der Maßnahmen aufgrund anfallender Kosten, Energie- und CO₂-Einsparungen, Verlängerung des Lebenszyklus, Erhöhung des Wohnkomforts, etc. Durch Darstellung der Wechselwirkungen werden die Vorteile der Sanierungsstrategie verdeutlicht.

Weiterverwendung von Gläsern aus Bestandfenstern bzw. Ertüchtigung einer Isolierglasscheibe: Das Auseinandernehmen von Isolierglasscheiben ist derzeit technisch nicht einfach, da die Glasverbände möglichst dauerhaft sein sollen und das im Zwischenraum eingebrachte Gas nicht entweichen soll. Deshalb wird Isolierglas nach ca. 20-30 Jahren downgegradet und recycelt. Bei der Produktion von Glas sind hohe Temperaturen notwendig, das Zuführen von Altglas bei der Produktion verbessert zwar die CO₂ Bilanz, dennoch ist das Recyclen eines Produktes, das theoretisch 100 Jahre haltbar ist zu hinterfragen, um diese länger nutzen zu können.

Hohes Replikationspotenzial: Bei erfolgreichem Abschluss des Demo-Projekts ist ein hohes Potenzial für ein Ausrollen der innovativen Favorite Facades Sanierungsstrategie gegeben. Die erarbeitete Sanierungsstrategie kann bei baugleichen Bestandsgebäuden österreichweit zur Anwendung kommen.

Um die Sanierung nicht nur bei einem Mieterwechsel durchzuführen, sondern großflächiger, wäre es sinnvoll, die Mietenden frühzeitig durch soziologische Begleitung einzubinden und ihnen durch Anreize wie Ausmalen der Wohnung etc. die Umbauarbeiten in ihren Wohnungen schmackhaft zu machen.

Dadurch wird ein grundsätzliches Verständnis für den sanften, ressourcenschonenden Stadtumbau innerhalb der Stadtgesellschaft geschaffen.

Alle Informationen, Aktivitäten und Ergebnisse werden auch im umliegenden Stadtquartier und unter weiteren Hausverwaltungen gestreut, um eine erste Sensibilisierung für das Thema „sanfte Sanierung im Bestand“ zu erzielen. Hausverwaltungen aus dem mehrgeschossigen, geförderten Wohnbau werden ebenso adressiert.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glasaufbau der begutachteten Fenster, Fa. Wöhrer.....	40
Tabelle 2: Veranschaulichung des Wärmedurchlasswiderstandes R bei unterschiedlichen Dämmdicken, IBO.....	56
Tabelle 3: Vergleich der CO ₂ -Emissionen der Möglichkeiten zur thermischen Optimierung der bestehenden Verglasung, IBO.....	92
Tabelle 4: Kategorisierung des thermischen Komforts basierend auf der operativen Temperatur im Innenraum, IBO.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Foto von den Wohnkomplexen Hardau II , Bullingerstraße in Zürich, TU Wien	14
Abbildung 2: Foto des Toni-Areals in Zürich, TU Wien.....	15
Abbildung 3: Foto des Wohnhauses Egilseestraße in Basel, TU Wien	17
Abbildung 4: Foto der Liegenschaft, RfM Architektur.....	18
Abbildung 5: Bestandsplan Grundriss Liegenschaft, Archiv GESIBA, Planverfasser Architekt DI Harry Glück.....	19
Abbildung 6: Bestandsplan Grundriss Regelwohnung, RfM Architektur	19
Abbildung 7: Sanierungsstrategie Wrap & Prefab, RfM Architektur	22
Abbildung 8: Grafik Sanierung konventionell - innovativ, RfM Architektur.....	23
Abbildung 9: Wohnungsgrundriss mit Eintragung der Probebohrungen, RfM Architektur+MA39+TU	30
Abbildung 10: Fassadenaufbau, RfM Architektur	31
Abbildung 11: Anschluss Brüstung zur Innenwand, RfM Architektur	32
Abbildung 12: Brüstung Loggia, RfM Architektur.....	33
Abbildung 13: Brüstung Loggia, RfM Architektur.....	34
Abbildung 14: Holzwand zur Loggia, RfM Architektur	34
Abbildung 15: Sturzbereich Loggiaverbau, RfM Architektur.....	35
Abbildung 16: Eckverbindung Außenwand Wohnzimmer, RfM Architektur	36
Abbildung 17: Bodenanschluss, RfM Architektur.....	36
Abbildung 18: Brüstungsecke Loggia, RfM Architektur.....	37
Abbildung 19: Fassadenschnitt Bestand, RfM Architektur	38
Abbildung 20: Fassadenschnitt Bestand, RfM Architektur	38
Abbildung 21: Plan von Pilotwohnung mit Kennzeichnung der Fenster, Fa. Wöhler.....	39
Abbildung 22: links - Schnitt nach BT-Untersuchung, Mitte - Schnitt V1, rechts - Schnitt V3, RfM Architektur	46
Abbildung 23: Grundriss Regelwohnung Varianten, RfM Architektur	47
Abbildung 24: Oberflächentemperatur im Bereich der Stahlbeton-Schotte im ungedämmten Bestand, IBO.....	50
Abbildung 25: Wärmestrom im Bereich der Stahlbeton-Schotte im ungedämmten Bereich, IBO... 51	
Abbildung 26: Wärmestrom bei Einsatz der Innendämmung ohne Flankendämmung: Schnittdarstellung ev. ändern, IBO	52
Abbildung 27: Grenzfeuchte bei Einsatz der Innendämmung, IBO.....	53
Abbildung 28: Grenzfeuchte bei Einsatz der Innendämmung, IBO.....	54
Abbildung 29: Isoplethenmodell zur Beurteilung der Schimmelpilzfreiheit der inneren Bauteiloberfläche, IBO	55
Abbildung 30: Ansicht Angeligasse 97-99, TU Wien	57
Abbildung 31: Ansichten - links: Hof, rechts: Gußriegelstraße, TU Wien	57
Abbildung 32: Ansicht Braunspergengasse, TU Wien	58
Abbildung 33: Sonnenverlauf Juni (www.sonnenverlauf.de, 2025)	59
Abbildung 34: Sonnenverlauf Dezember (www.sonnenverlauf.de, 2025)	59

Abbildung 35: Wohnungsgrundriss Pilotwohnung Bestand, RfM Architektur.....	65
Abbildung 36: Kostenaufstellung, Firma Wöhler.....	67
Abbildung 37: Pilotwohnung, Renowave	68
Abbildung 38: Pilotwohnung, IBO	68
Abbildung 39: Schnitt Wohnzimmer - Innendämmung auf Rohdecke, RfM Architektur.....	69
Abbildung 40: Schnitt Zimmer - Innendämmung auf Bestandsestrich, RfM Architektur	70
Abbildung 41: Grundriss - Brandschutzertüchtigung zur Nachbarwohnung, RfM Architektur	71
Abbildung 42: Schnittansicht - Wohnungstrennwand und Fensteransicht, Brandschutz, RfM Architektur	72
Abbildung 43: Pilotwohnung Wohnzimmer nach Sanierung, RfM Architektur	73
Abbildung 44: Pilotwohnung Sturz- und Brüstungsbereich, RfM Architektur	73
Abbildung 45: Skizze Begrünungsflächen, Bild links unten: (GrünstattGrau, kein Datum), Bild rechts Oben: (25074), Bilder von Angeligasse 97-99: TU Wien	74
Abbildung 46: Inspirationsbilder Kletterpflanzen, Bild Links: (Eberle, kein Datum), Bild Rechts: (GrünstattGrau, kein Datum))	76
Abbildung 47: Inspirationsbild Kletterpflanzen, (Rataplan, kein Datum)	76
Abbildung 48: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Hardmuthgasse, TU Wien	77
Abbildung 49: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Angeligasse, TU Wien.....	77
Abbildung 50: Begrünte Fassade Einsiedlergasse 2, 1050 Wien, (GrünstattGrau, kein Datum)	80
Abbildung 51: Begrünte Fassade Hietzinger Kai 131, 1130 Wien, Archiv TechMetall GmbH.....	80
Abbildung 52: Begrünte Fassade Wiedner Hauptstrasse 150, 1040 Wien, (View, kein Datum).....	81
Abbildung 53: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Hardmuthgasse, TU Wien	81
Abbildung 54: Visualisierung Begrünungsvorschlag, Ansicht von Angeligasse, TU Wien.....	82
Abbildung 55: Inspirationsbilder Balkonbegrünung; Bild links: (25073) Bild rechts: (todyga, kein Datum).....	83
Abbildung 56: Unterschiedliche Klettergerüste für die Pflanzen, Bild links: (25071), Bild Mitte: (25072) ,Bild rechts: (rousselco, kein Datum)	84
Abbildung 57: Unterschiedliche Kletterpflanzen Varianten bei Balkonen, Bild Links: (Exterieures, kein Datum), Bild Mitte: (2507), Bild Rechts: (archiLAURA, kein Datum).....	85
Abbildung 58: Blumengarten an der Balkonwand (https://ecocation.org/vertical-herb-garden- ideas/ , kein Datum)	86
Abbildung 59: Darstellung der untersuchten Sanierungsvarianten, IBO	89
Abbildung 60: Reduktion des Heizwärmebedarfs des Gebäudes, IBO	90
Abbildung 61: Reduktion des Fernwärmebedarfs des Gebäudes im Vergleich zur Bruttogrundfläche, IBO	91
Abbildung 62: CO ₂ -Emissionen in der Herstellungsphase (A1-A3) der Sanierungsvarianten, IBO ...	93
Abbildung 63: CO ₂ -Bedarf im Gebäudebetrieb (B6) der Sanierungsvarianten, IBO	94
Abbildung 64: CO ₂ -Bilanz der Sanierungsvarianten über 30 Jahre, IBO	95
Abbildung 65: Zonenmodell einer repräsentativen Wohnung (o.M.), IBO.....	96
Abbildung 66: Außentemperatur im Monat Jänner, Halbsynthetischer Klimadatensatz Wien, IBO	98
Abbildung 67: Außentemperatur im Monat Jänner im Jahr 2050 unter Berücksichtigung des prognostizierten Klimawandels und damit verbundener Temperaturerhöhung, IBO.....	98

Abbildung 68: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	100
Abbildung 69: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	100
Abbildung 70: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	101
Abbildung 71: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	102
Abbildung 72: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	102
Abbildung 73: Tagestemperatur im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	103
Abbildung 74: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	103
Abbildung 75: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	104
Abbildung 76: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	104
Abbildung 77: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	105
Abbildung 78: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	105
Abbildung 79: Tagestemperaturverlauf im Bezug zum thermischen Komfort (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	106
Abbildung 80: Tagesverlauf der notwendigen Heizleistung (4. Jän. Wohnzimmer), IBO	106
Abbildung 81: Detailaufnahme Montagelaste der vorgehängten Fertigteilplatte Befestigung nicht mehr kraftschlüssig“, (Holler_GmbH, 2012)	110
Abbildung 82: Untersuchung im Wohnzimmer, TU Wien + RfM Architektur	111
Abbildung 83: Bauteilöffnung in der Küche, RfM Architektur	112
Abbildung 84: Stahlpunkte im Schlafzimmer, TU Wien	113

Abbildung 85: Volksschule Marktgasse - links: Ansicht Straße, rechts: Ansicht Hof, TU Wien



.....	114
Abbildung 86: Volksschule Marktgasse - Aufhängungssystem, TU Wien	115
Abbildung 87: Proben S1, S2, S3, H1, H2, H3 von Marktgasse, TU Wien.....	116
Abbildung 88: Stahlstäbe gefunden bei Fassadenplatten Marktgasse, TU Wien	117
Abbildung 89: Skizze der Schichten der Fassadenplatte und des Ortes der Probeentnahme, TU Wien	117
Abbildung 90: Geschnittene Proben für Materialprüfung, TU Wien	118
Abbildung 91: Mittelwerte der Druckfestigkeitsprüfung, TU Wien	120
Abbildung 92: Mittelwerte der E-modul Prüfung, TU Wien.....	121
Abbildung 93: Mittelwerte der Biegezugfestigkeit, TU Wien	121
Abbildung 94: Phenolphthalein-Test, TU Wien.....	122

Abbildung 95: Keynote-Vortrag von Wojciech Czaja zu Beginn des Workshops- Foto: Renowave.at



..... 125
Abbildung 96: Workshopgruppe – Tisch 3: Planungspotenziale, Gesetze & OIB-Richtlinien (Räume für Menschen & IBO). - Foto: Renowave.at



..... 129

Abbildung 97: Workshopgruppe – Tisch 1: Innendämmung, Leistbarkeit & Mieterzustimmung (IBO & GESIBA). - Foto: Renowave.at..... 130

Abbildung 98: Grundrissvarianten Pilotwohnung, RfM Architektur 137

Abbildung 99: Nachverdichtung Potentialuntersuchung, RfM Architektur 138

Abbildung 100: Dachaufsicht mit Stiegenhauskernen, Studie RfM Architektur 138

Abbildung 101: Fassade Innenhof, RfM Architektur 139

Abbildung 102: Grundrissvarianten, Maisonette-Lösungen für Dachausbau, RfM Architektur..... 139

Abbildung 103: Schnitt Zimmer - Innendämmung auf Bestandsestrich, RfM Architektur 155

Abbildung 104: Pilotwohnung Wohnzimmer nach Sanierung, RfM Architektur 155

Abbildung 105: CO₂-Bilanz der Sanierungsvarianten über 30 Jahre, IBO 155

Literaturverzeichnis

(kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://www.fassadengruen.de/schwarzaeugige-susanne.html>

(kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://tinypartments.com/balcony-privacy-ideas/>,

(kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://www.ykkap.co.jp/consumer/products/articles/4955>

(kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://hyggeandhome.de/stadtgarten/>,

(kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://ecobrooklyn.com/living-wall/types-of-green-facades-and-living-walls/>

(kein Datum). Von www.sonnenverlauf.de abgerufen

(15. 02 2026). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Waschbeton#cite_note-2 abgerufen

archiLAURA. (kein Datum). Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://pin.it/3MWX3RABp>

Brenneisen, S. (2006). *Biodiversität auf Flachdächern – ökologische Ausgleichsflächen in der Stadt.*

Eberle, T. (kein Datum). Abgerufen am 04. 07 2025 von https://www.archdaily.com/778909/sun-path-house-christian-wassmann?ad_medium=gallery

Exterieures, S. (kein Datum). *Pinterest*. Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://pin.it/5twpmuhJD>

FLL, F. L. (2018). *Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen.*

GrünstattGrau. (kein Datum). Abgerufen am 04. 07 2025 von <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/>

GrünstattGrau. (kein Datum). Abgerufen am 04. 07 2025 von <https://gruenstattgrau.at/projekt/citycenter-amstetten/>

Holler_GmbH. (2012). *Bericht 02. Orth/Donau.*

<https://ecocation.org/vertical-herb-garden-ideas/>. (kein Datum). Abgerufen am 18. 03 2025

Köhler, M. (11 2008). Green facades – A view back and some visions. *Urban Ecosystems*, S. 423-436.

todyga, t. (kein Datum). *Pinterest*. Abgerufen am 25. 11 2025

OIB-RL2. (2023). OIB Richtlinie 2- Brandschutz.

OIB-RL6. (2023). OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz.
https://www.oib.or.at/wp-content/uploads/richtlinien/richtlinie_2023/oib-rl_6_ausgabe_mai_2023.pdf.

ÖNORM B8110-7. (2013). *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte*.

Rataplan. (kein Datum). Abgerufen am 04. 07 2025 von <https://rataplan.at/projekt/zedlitzhalle-im-netz.html>

Reinprecht, C. (2005). Der lange Arm der Sanften Stadterneuerung. In T. W. Press (Hrsg.), *Soziales Wohnen in Wien : Ein transdisziplinärer Dialog* (S. 69-74). Wien.

rousselco. (kein Datum). *Pinterest*. Abgerufen am 08. 07 2025 von <https://pin.it/25F2Jd8AU>

Stadt Wien Baupolizei, K. B. (2023). Fassadenbegrünung- brandschutztechnische Anforderungen. Wien.

Ulrich, R. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224 (4647), 420-421.

View, G. M. (kein Datum). Abgerufen am 04. 07 2025

Wärmeschutzrechenwerte, K. (1979). *Katalog für empfohlene Wärmeschutzrechenwerte von Baustoffen und Baukonstruktionen aus dem Jahr 1979*. Republik Österreich (Hrsg.).

Weiler, S., & Scholz-Barth, K. (2009). *Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*.

WTA-Merkblatt. (2014). WTA Merkblatt 6-5: Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. WTA e.V. (Ed.). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

WTA-Merkblatt. (2024). WTA Merkblatt 6-3: Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos. WTA e.V. (Ed.). 11. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

www.sonnenverlauf.de. (kein Datum).

www.sonnenverlauf.de. (04. 07 2025).

www.sonnenverlauf.de. (04. 07 2025).

