

# Sanierung Gründerzeit- gebäude Eberlgasse auf Passivhausstandard

H. Schöberl,  
J. Schleger,  
A. Kronberger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 3/2015

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Sanierung Gründerzeitgebäude Eberlgasse auf Passivhausstandard

Ing. Andreas Kronberger  
Andreas Kronberger Unternehmensberatung

DI Helmut Schöberl, DI Jakob Schleger  
Schöberl & Pöll GmbH

Wien, Juni 2014

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	8
Abstract .....	10
1 Einleitung.....	12
1.1 Aufgabenstellung des Leitprojektes „Gründerzeit mit Zukunft“ .....	12
1.2 Projektziel des Demonstrationsvorhabens „Eberlgasse“ .....	14
1.3 Definition Passivhaus und Passivhaus-Sanierung .....	14
1.3.1 Definitionen .....	14
1.3.2 Komponenten für die Passivhaus-Sanierung.....	16
2 Ausgangssituation Projekt Eberlgasse.....	17
2.1 Projektbeschreibung .....	17
2.1.1 Geschichte und Ausgangslage .....	17
2.1.2 Gebäudedaten vor Sanierung.....	17
2.1.3 Lage .....	18
2.1.4 Fotos Bestand .....	20
2.1.5 Bestandspläne .....	22
2.2 Allgemeine Sanierungsmaßnahmen .....	24
2.3 Dachgeschossausbau.....	26
3 Spezifika Passivhaus-Sanierung und Umsetzung Eberlgasse .....	27
3.1 Abschnittsweise Sanierung frei werdender Wohnungen .....	27
3.2 Thermische Gebäudehülle .....	27
3.2.1 Übersicht Wärmedurchgangskoeffizienten .....	27
3.2.2 Verlauf der thermischen Gebäudehülle und rechnerische Kompaktheit.....	29
3.2.3 Dämmung Fassade .....	32
3.2.4 Dämmung der Kellerdecke .....	34
3.2.5 Treppenhaus und Aufzug .....	35
3.2.6 Einbau der Passivhausfenster .....	38
3.3 Wärmebrücken im Bestand.....	42
3.4 Luftdichtheit im Bestand.....	48
3.5 Verschattung im Stadtgebiet .....	49
3.6 Lüftungskonzept .....	49
3.7 Haustechnik.....	53
3.7.1 Grundwasser-Wärmepumpe.....	53

3.7.2	Energieeffiziente Haushaltsgeräte .....	55
3.7.3	Fotovoltaikanlage .....	56
4	Bauwerkskosten und Mehrkosten .....	57
5	Monitoring.....	59
6	Ergebnisse .....	61
7	Zusammenfassung und Empfehlungen .....	65
8	Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis .....	66
8.1	Literaturverzeichnis.....	66
8.2	Abbildungsverzeichnis .....	68
8.3	Tabellenverzeichnis .....	70



## Kurzfassung

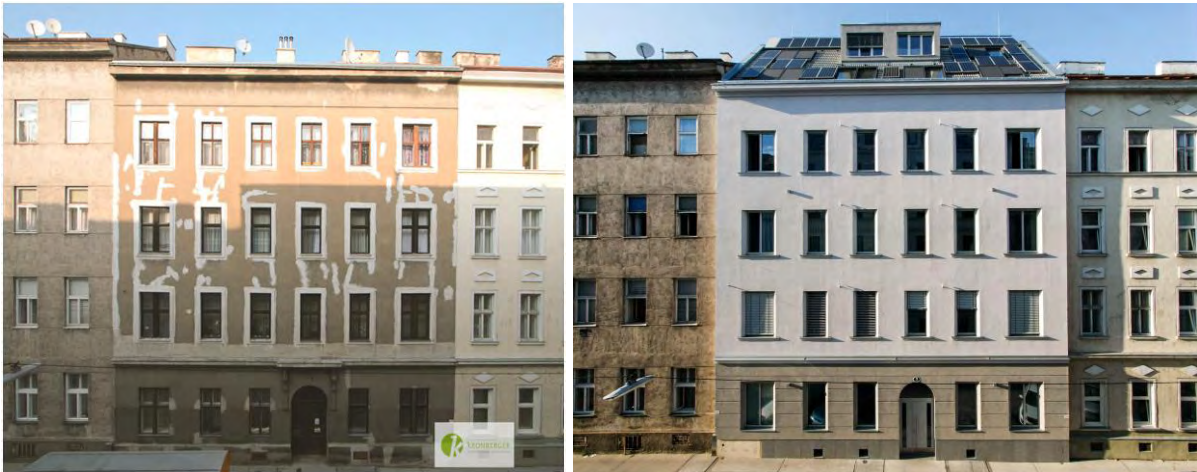


Abbildung 1: Straßenfassade vor und nach Sanierung [Quelle: Andreas Kronberger]

Das Demonstrationsprojekt Eberlgasse liegt im Alliiertenviertel in der Leopoldstadt (2. Wiener Gemeindebezirk). Im Jahre 1888 errichtet, stellte es vor Sanierung ein typisches Gründerzeithaus dar, welches die wechselvolle Geschichte dieser Stadt widerspiegelt.

Es wurde im Jahre 1944 von den rechtmäßigen Eigentümern, einem jungen Ehepaar namens Fiala, enteignet. Diese mussten bereits 1938 vor den Nationalsozialisten fliehen, und haben somit als Einzige Ihrer Familie in Südamerika überlebt. Im April 1945 haben 3 Bombentreffer schwere Schäden am Haus angerichtet. Die Liegenschaft wurde 1948 an das Ehepaar Fiala „rückgestellt“, der Wiederaufbau des beschädigten Hauses konnte erst im Jahre 1952 abgeschlossen werden. Leider wurde dabei auch die ursprünglich neoklassizistische Gründerzeitfassade abgeschlagen bzw. nicht wieder hergestellt. In den kommenden Jahrzehnten wurden lediglich kleinere Instandhaltungsmaßnahmen gesetzt, was dazu führte, dass bei Planungsbeginn 2009 ein erheblicher Investitionsrückstau vorhanden war.

### Ausgangssituation

Die bauliche Situation vor Sanierung war gekennzeichnet durch fehlende Barrierefreiheit, nicht mehr dem Stand der Technik entsprechende Versorgungsleitungen, hohem Heizenergiebedarf, unzeitgemäßen Wohnstandard sowie eindringender Feuchtigkeit am Dach.

### Motivation und Zielsetzungen

Aufbauend auf den Qualitäten des Gründerzeithauses, sollte moderner Bau- und Wohnstandard angeboten werden. In thermisch-energetischer Hinsicht der Lückenschluss zum Neubau gelingen, und erstmals weltweit, ein Gründerzeithaus in bewohntem Zustand, zum Passivhaus saniert werden. Zusätzlich zum Erreichen des Passivhausstandards sollten Bestwerte bei Primärenergie- und Endenergiebedarf erreicht werden.

## Methodische Vorgehensweise

Die Grundlage der Sanierung Eberlgasse war:

- Eine durchgreifende Bestandsanalyse, in der der tatsächliche Bauzustand aufgenommen wurde und Blower-Door-Tests des Bestandes sowie Wärmebildaufzeichnungen der äußeren Hülle als Basis dienten.
- Ein Energiekonzept, in dem unterschiedlichste Optionen wie Fernwärme, Pellets bzw. Hackschnitzel Kleinanlagen und Erdwärme geprüft wurden. Unter den gegenständlichen Voraussetzungen fiel die Wahl auf eine Kombination aus Grundwasserwärmepumpe mit Photovoltaikanlage.
- Anhand der Bestandsanalyse sowie des Energiekonzeptes wurden durch erfahrene Planer Dämmstoffdicken, Qualitäten von Fenstern und Türen, Anforderungen an die Haustechnik etc. definiert.
- Ein frühzeitiges Einbinden der BewohnerInnen mit Erhebung von Bedürfnissen und laufender Betreuung während der Bauzeit.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bei der Passivhaus-Sanierung Eberlgasse wurden alle EnerPHit-Kriterien für Passivhaus-Sanierungen gemäß Passivhaus Institut eingehalten. Gemäß PHPP-Berechnung wurden mit einem Heizwärmebedarf von  $14,8 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$ , einem Primärenergiebedarf von  $108 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$  und einer Heizlast von  $9,1 \text{ W}/\text{m}_{\text{EBF}}$  auch hinsichtlich dieser Kennwerte die wesentlich strengeren Passivhaus-Anforderungen für Neubauten gemäß Passivhaus Institut eingehalten.

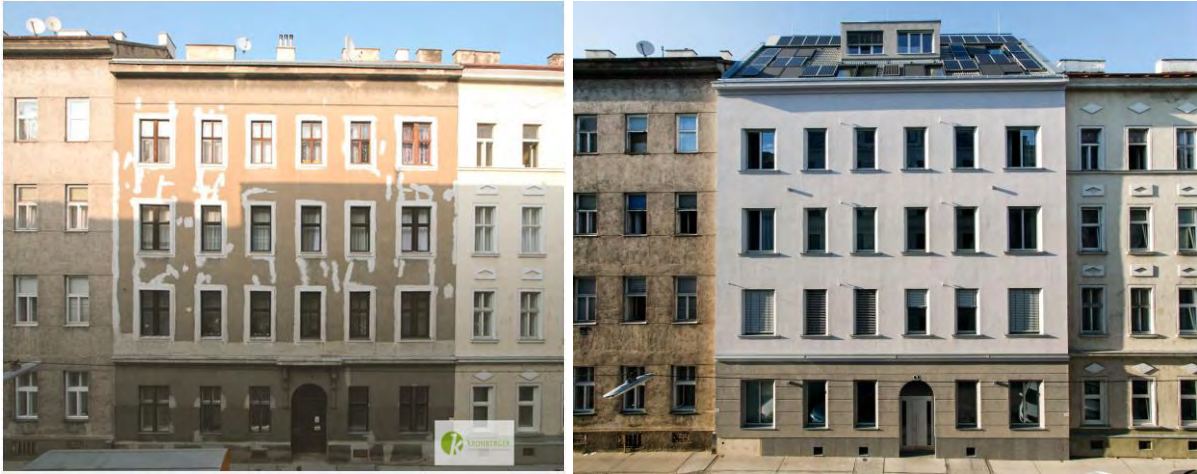
Zentrale Faktoren für das Gelingen waren einerseits die eingehende Analyse der Ausgangssituation, die Beauftragung von erfahrenen Planern und die frühzeitige Einbindung der MieterInnen und BewohnerInnen. In der Sanierung ist der Zustand der zumindest teilweise bewohnten Gebäude eine Standardsituation und erfordert eine genaue Koordinierung und Bauzeitenplanung.

In technischer Hinsicht sind der nachträgliche Einbau einer Wohnraumlüftung im Bestandsgebäude, die erforderliche Herstellung der Luftdichtheit sowie die Wärmebrückenminimierung die größten Herausforderungen.

Der ganzheitliche Denkansatz zur Verminderung aller energieverbrauchender Komponenten hat etwa dazu geführt, alle bestandsfreien Wohnungen mit kompletten Küchen mit den energieeffizientesten am Markt erhältlichen Elektrogeräten auszustatten. Die gesamte Beleuchtung des Stiegenhauses, der Loggien, Vorräume, Außenbeleuchtung etc. wurde ausschließlich mit LED Lampen ausgestattet. Auch der Personenaufzug wurde mit einem Energierückgewinnungssystem ausgestattet.

Die Mehrkosten für die Sanierung im Passivhausstandard gegenüber einer konventionellen Sanierung belaufen sich auf  $266 \text{ Euro}/\text{m}_{\text{WNF}}$ .

## Abstract



Picture 2: Street façade before and after renovation [Quelle: Andreas Kronberger]

The demo-project is situated in the „Allierviertel“ of Vienna`s second district. Built in 1888 the building represents a typical Viennese „Gründerzeithaus“ reflecting the city`s changing history.

In 1944 it was expropriated by the Nazi`s from the legal owners, a young married couple named Fiala. The couple already fled in 1938 to South America and became the only members of their family to survive. In April 1945 three bombs struck the building, causing immense damage.

The property, including the damaged building, was returned to the Fiala family in 1948. The renovation of the damaged building was completed in 1952 but the former neo-classical facade was not reconstructed. During the following decades the maintenance of the building was neglected, leading to an investment backlog in 2009, when the renovations planning process began.

### Starting point

The situation before the renovation was characterized by a lack of accessibility for people with disabilities, outdated utility lines, high heat energy consumption, no modern standard of living as well as a leaking roof.

### Motivation and Objectives

The aim of the renovation was to improve tenants living standards and to achieve the Passive House Standard for the first time in history with a “Gründerzeit” bulding that is occupied during the refurbishment.

In addition of achieving the Passive House Standard, another primary goal of the project was to dramatically reduce the primary energy demand.

## Methods

The basic concept of the Eberlgasse renovations included:

- a detailed current state analysis of the building,
- an energy strategy analysis that explored a variety of options such as community-heating, wood pellets and geothermal energy usage, resulted in an ideal solution of combining a groundwater heat pump with solar panels,
- based on the status analysis and the energy strategy an experienced planning team defined insulation thickness, thermal quality requirements for windows and doors, system requirements of the building services etc.,
- the inclusion of tenants in the planning process and ongoing assistance during the construction period.

## Results / Suggestions for future research

The passive-house renovation Eberlgasse meets all „EnerPHit“ criteria for passive house renovations in compliance with the Passive House Institute. According to PHPP calculations, a calculated heating demand of 14,8 kWh/(m<sub>EBF</sub>.a), a primary energy demand of 108 kWh/(m<sub>EBF</sub>.a) and a heat load of 9,1 W/m<sub>EBF</sub> even meet the more stringent passive house requirements for new buildings in compliance with the Passive House Institute.

Major contributing factors for success were the detailed current state analysis, the experienced planning team and the appropriate inclusion of tenants. A restoration process of a partially inhabited building requires a detailed coordination and time scheduling.

From a technical perspective the most challenging objectives to achieve were the subsequent installation of a ventilation system with heat recovery, the airtight surface of the building as well as reducing thermal bridges.

The integrated approach to reduced primary energy consumption led to the following additional investments:

- new kitchens equipped with the most energy efficient kitchen appliances,
- indoor and outdoor LED lighting system,
- energy recovery system for the vertical elevator.

The additional costs of the renovation to the Passive House Standard compared to conventional renovation amount to 266 Euros/m<sub>WNF</sub>.

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung des Leitprojektes „Gründerzeit mit Zukunft“

Als Gründerzeitgebäude werden üblicherweise Gebäude aus der Bauperiode zwischen 1848 und 1918 bezeichnet, die durch Außenwände aus Vollziegelmauerwerk mit hohen Wandstärken aufwändig gestaltete Straßenfassaden, häufig mit Stuckornamenten, große Geschosshöhen und Holzbalkendecken bzw. massive Gewölbedecken über dem Keller charakterisiert werden können. Betrachtet man den gründerzeitlichen Gebäudebestand in den Städten, dann reicht das Spektrum vom mehrgeschossigen Arbeiterwohnhaus in der Vorstadt – viele davon mit mittlerweile abgeräumten Fassaden – bis zum gründerzeitlichen Palais in der Innenstadt.





Gründerzeitgebäude sind sowohl durch ihre Menge als auch durch die kulturhistorische Prägung des Stadtbildes ein wesentlicher Teil des Baubestandes von Wien und vielen anderen Städten im ehemaligen habsburgischen Einflussbereich. Österreichweit existieren mehr als 600.000 Wohnungen in Gebäuden aus der Bauperiode vor 1919, damit beträgt der Anteil des gründerzeitlichen Wohnungsbestands in Österreich insgesamt knapp ein Fünftel. Allein in Wien befinden sich rund 249.000 Hauptwohnsitzwohnungen in diesem Gebäudesegment. Von rund 35.000 Gebäuden, die in Wien vor 1919 errichtet wurden, stellen ca. 20.000 klassische Gründerzeit-Zinshäuser im engeren Sinn dar.

Die Erhaltung und Weiterentwicklung dieses Gebäudebestands ist daher aufgrund der hohen Anzahl an Gründerzeitwohnungen und des stark steigenden Wohnungsbedarfs auch eine zentrale wohnungs- und immobilienwirtschaftliche Aufgabe. Dieser Aufgabe widmet sich das Projekt „Gründerzeit mit Zukunft“, das im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogramms Haus der Zukunft Plus des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert wird.

Im Zuge dieses Leitprojektes wurden bzw. werden mehrere Demonstrationsprojekte umgesetzt, um die Bandbreite unterschiedlicher innovativer Sanierungslösungen und deren Praxistauglichkeit zu zeigen. Die nachfolgende Tabelle fasst Ziele und Inhalte der 4 Demonstrationsprojekte des Leitprojektes zusammen:

[AMA12]

Tabelle 1: Übersicht der „Gründerzeit mit Zukunft“- Demoprojekte (Stand Mai 2014)

Demoprojekt <b>Wißgrillgasse</b> [abgeschlossen]	Demoprojekt <b>David's Corner</b> [in Bau]	Demoprojekt <b>Kaiserstraße</b> [abgeschlossen]	Demoprojekt <b>Eberlgasse</b> [abgeschlossen]
<p><i>Faktor-8-Sanierung mit hocheffizientem Dachgeschossausbau</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochwertige Gebäudehüllensanierung und Reduktion von Wärmebrücken</li> <li>• Einsatz von verschiedenen Komfortlüftungssystemen (zentral und dezentral)</li> <li>• CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung mit effizientem Haustechnikkonzept: Pellets-Zentralheizung mit Einbindung von fassadenintegrierten Solarkollektoren</li> <li>• Errichtung einer Fotovoltaik-Anlage als Inselfösung</li> </ul>	<p><i>Hochwertige Sanierung eines Gründerzeitensembles</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudeübergreifende Energieversorgung mit Pellets und Errichtung einer solarthermischen Anlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung</li> <li>• Einbau einer zentralen Komfortlüftung für das gesamte Ensemble</li> <li>• Neugestaltung der abgeräumten Fassaden</li> <li>• Zeitgemäße Grundrisse und barrierefreie Erschließung</li> <li>• Liegenschaftsübergreifende Gestaltung der Hofflächen</li> </ul>	<p><i>Sanierung eines denkmalgeschützten Gebäudes</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innendämmung bei der denkmalgeschützten Fassade mit Sichtziegelmauerwerk</li> <li>• Denkmalschutzgerechte Sanierung der historischen Kastenfenster mit Passivhauselementen</li> <li>• Einbau einer zentralen Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung</li> <li>• Statische und thermische Sanierung des Dachstuhls unter Einhaltung von Denkmalschutzaufgaben</li> </ul>	<p><i>Erste Sanierung auf Passivhausstandard in Wien</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanierung der Fassade auf Passivhausqualität</li> <li>• Einbau von Passivhausfenstern</li> <li>• Hochwertige Dämmung der Kellerdecke</li> <li>• Einbau einer zentralen Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung</li> <li>• Energieversorgung durch Grundwasserwärmepumpe</li> <li>• Fotovoltaik</li> </ul>

## **1.2 Projektziel des Demonstrationsvorhabens „Eberlgasse“**

Das Ziel des Leitprojektes „Gründerzeit mit Zukunft“ ist die forcierte gesamtheitliche Sanierung von Gründerzeitgebäuden unter Anwendung innovativer technischer und organisatorischer Lösungen. Dadurch soll die thermisch-energetische Qualität von zukünftigen Sanierungen deutlich verbessert und damit ein Beitrag zu einer signifikanten CO<sub>2</sub>-Einsparung im Gebäudesektor geleistet werden.

Ziel des vorliegenden Demonstrationsprojektes, 1020 Wien Eberlgasse 3, ist es, anhand des typischen Gründerzeithauses mit glatter Fassade aufzuzeigen, dass mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten die Erreichung des Passivhausstandards (Definition nach Passivhaus Institut) auch in der Sanierung dieses in Wien weitverbreiteten Altbaubestand möglich ist. Dabei ist in thermisch-energetischer Hinsicht der Lückenschluss zum Neubau gelungen und erstmals in Österreich ein Gründerzeithaus zum Passivhaus saniert worden.

Somit weist das Gebäude sehr hohen Demonstrationscharakter auf, da gezeigt wird, dass auch bei historischen Gebäuden unter günstigen Ausgangsbedingungen der Passivhausstandard erreichbar ist.

Dies wurde anhand von bewährten Passivhaus-Komponenten wie hohen Dämmdicken, Passivhausfenstern und zentraler Wohnraumlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung umgesetzt.

## **1.3 Definition Passivhaus und Passivhaus-Sanierung**

### **1.3.1 Definitionen**

Der Passivhausstandard ist die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergie-Gebäudestandards. Während beim Niedrigenergiestandard lediglich der Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von der Kompaktheit eines Gebäudes begrenzt wird, befasst sich der Passivhausstandard mit allen wesentlichen Energieverbräuchen. Neben den thermisch-energetischen Haupt-Kriterien Heizwärmebedarf, Heizlast und Luftdichtheit, wird auch der Primärenergiebedarf als bedeutender Parameter aufgenommen. [SCH13]

Der Passivhausstandard wurde durch das Passivhaus Institut (PHI) in Darmstadt über die folgenden Kriterien definiert:

Tabelle 2: Passivhauskriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung gemäß Passivhaus Institut je m Energiebezugsfläche [PHI13a]

<b>Passivhauskriterien</b>	
Heizwärmebedarf	$\leq 15 \text{ kWh/m}_{\text{EBF.a}}$
ODER alternativ: Heizlast	$\leq 10 \text{ W/m}_{\text{EBF}}$
Luftdichtheit [ $n_{50}$ ]	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$
Primärenergiebedarf	$\leq 120 \text{ kWh/m}_{\text{EBF.a}}$

Bei Sanierungen ist die Einhaltung des Passivhausstandards gemäß Tabelle 2 mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand manchmal nicht möglich, da insbesondere aufgrund der vorhandenen baulichen Gegebenheiten oft kaum vermeidbare Wärmebrücken verbleiben. Der Einsatz von Passivhaus-Komponenten in der Sanierung beherbergt ein großes Potenzial hinsichtlich der Verbesserung von Behaglichkeit, Bauschadensfreiheit, Wirtschaftlichkeit und Energiebedarf.

Um auch bei der Sanierung einen optimalen Wärmeschutzstandard und den Einsatz von Passivhaus-Komponenten zu fördern, hat das Passivhaus Institut für Sanierungen einen eigenen Zertifizierungsstandard definiert ("EnerPHit - Zertifizierte Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten").

Für die Erlangung des EnerPHit-Zertifikats sind u. a. die nachfolgenden Anforderungen einzuhalten:

Tabelle 3: EnerPHit-Zertifizierungskriterien gemäß Passivhaus Institut [PHI13b]

<b>EnerPHit-Zertifizierungskriterien</b>	
Heizwärmebedarf [ $Q_H$ ]	$\leq 25 \text{ kWh/m}_{\text{EBF.a}}$
ODER alternativ zum HWB kann nachgewiesen werden, dass alle energetisch relevanten Bauteile, für die es vom Passivhaus Institut definierte Zertifizierungskriterien als „Passivhaus geeignete Komponente“ gibt, diese Kriterien einhalten.	
Primärenergiebedarf [ $Q_P$ ]	$\leq 120 \text{ kWh/m}_{\text{EBF.a}} + ((Q_H - 15 \text{ kWh}/(\text{ma})) * 1,2)$
Luftdichtheit [ $n_{50}$ ]	Grenzwert: $\leq 1,0 \text{ 1/h}$ Zielwert: $\leq 0,6 \text{ 1/h}$



Bei der Passivhaus-Sanierung Eberlgasse wurden gemäß PHPP-Nachweis alle Anforderungen der Tabelle 3 erfüllt. Auch die wesentlich strengeren Passivhaus-Kriterien für Neubauten gemäß Tabelle 2 wurden hinsichtlich Primärenergiebedarf, Heizlast und Heizwärmebedarf eingehalten.

### 1.3.2 Komponenten für die Passivhaus-Sanierung

Die Passivhaus-Komponenten für die Sanierung sind im Wesentlichen mit jenen des Neubaus ident: [SCH13]

- Hochwärmegedämmte opake Gebäudehülle (Außenwand, Kellerdecke und Dach) mit besonders niedrigen U-Werten,
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit,
- Minimierung der Wärmeverluste über die transparenten Bauteile (Dreifach-Wärmeschutzverglasung) bei gleichzeitiger Nutzung des solaren Energieeintrags,
- Besonders dichte Gebäudehülle zur Minimierung von ungewollten Lüftungswärmeverlusten,
- Wohnraumlüftungsanlage (Komfortlüftungsanlage) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Dabei wird die Wärme der Abluft zur Vorwärmung der Frischluft herangezogen.

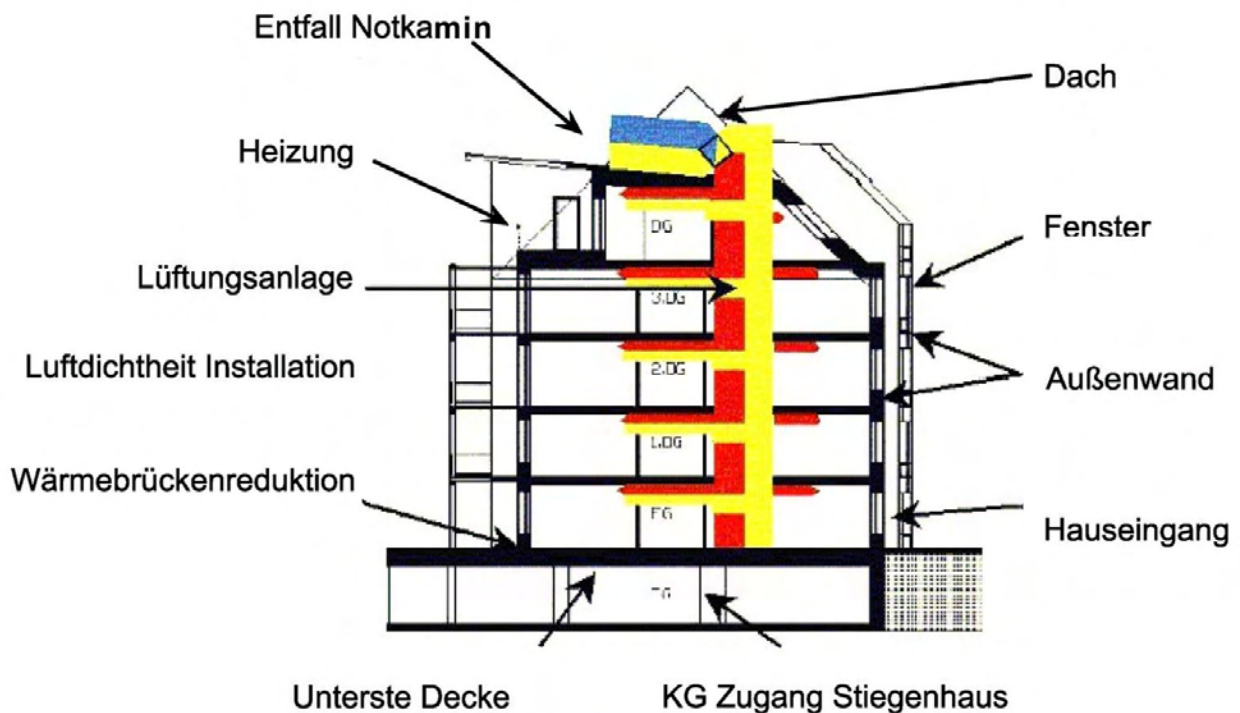


Abbildung 3: Komponenten für die Passivhaus-Sanierung [SCH09]

## 2 Ausgangssituation Projekt Eberlgasse

### 2.1 Projektbeschreibung

#### 2.1.1 Geschichte und Ausgangslage

Das gegenständliche Gebäude, 1020 Wien Eberlgasse 3, ist ein typisches Zinshaus der Wiener Gründerzeit. Es wurde im Jahr 1888 (Hochgründerzeit) als Straßentrakter mit, aus der Hoffassade, vorspringendem Stiegenhaus und einfachsymmetrischem Grundriss errichtet. Dem jungen Ehepaar Fiala gelang als Eigentümern der Liegenschaft Eberlgasse 3 im Jahre 1938 die Flucht vor den Nationalsozialisten. Die Enteignung der rechtmäßigen Eigentümer erfolgte 1944, kurz bevor im April 1945 drei Bombentreffer schwere Schäden am Haus anrichteten. Die Liegenschaft samt zerstörtem Gebäude wurden 1948 an das Ehepaar Fiala „rückgestellt“, gleichzeitig wurde auch ein Bauauftrag zum Wiederaufbau des beschädigten Hauses an die neuen, alten Eigentümer ausgestellt. Dieser Wiederaufbau konnte erst im Jahr 1952 abgeschlossen werden. Leider wurde dabei die ursprünglich neoklassizistische Gründerzeitfassade abgeschlagen bzw. nicht wieder hergestellt.

In dem mehr als 120 Jahre alten Bestandsgebäude waren 10 Wohneinheiten vorhanden, 40 % davon noch als Substandardeinheiten mit gemeinsam zu benutzender Toilette am Gang. Die Wasserversorgung führte teilweise noch über die ursprünglichen Bleileitungen, die Elektroinstallation ist eine Mischinstallation der verschiedensten Jahrgänge und Standards und ist zum Teil noch stoffummantelt.

Dieses typische Gründerzeithaus war Ausgangsbasis für die repräsentative Demonstration, dass mit, den heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten Passivhaus-Standard (Definition nach Passivhaus Institut) auch in der Sanierung historischer Gebäude erzielbar und folglich der Lückenschluss zum Neubau in thermisch-energetischer Hinsicht möglich ist. Dabei bot die gegebene Nord-Süd-Orientierung sowie die Situierung als Mittelhaus in Kombination mit der kompakten Bauweise und der nicht gegliederten Fassade hinsichtlich der thermisch-energetischen Sanierung gute Voraussetzungen zur Erreichung des Passivhausstandards nach Sanierung.

#### 2.1.2 Gebäudedaten vor Sanierung

Adresse:	1020 Wien, Eberlgasse 3
Eigentümer:	Ing. Andreas Kronberger, Dr. Robert Liska
Baujahr:	1888 (Wiederaufbau 1952)
Grundstücksfläche:	336 m
Bebaute Fläche:	221 m
Wohnnutzfläche:	585 m
Heizwärmebedarf - $HWB_{BGF}$ :	178,0 kWh/m (OIB)

### 2.1.3 Lage

Das Demonstrationsprojekt Eberlgasse liegt im Alliiertenviertel in der Leopoldstadt (2. Wiener Gemeindebezirk), unmittelbar angrenzend an die innerstädtischen Entwicklungsgebiete Nordwestbahnhof (44 Hektar) und Nordbahnhof (65 Hektar). Bis 2025 sollen auf diesen Arealen neue urbane Stadtteile mit hoher Wohn- Arbeits- und Lebensqualität entstehen, welche zukünftig die Gegend rund um die Eberlgasse aufwerten sollen.



Abbildung 4: Luftbildaufnahmen Eberlgasse [Quelle: Stadt Wien, bearbeitet von: Schöberl & Pöll GmbH]

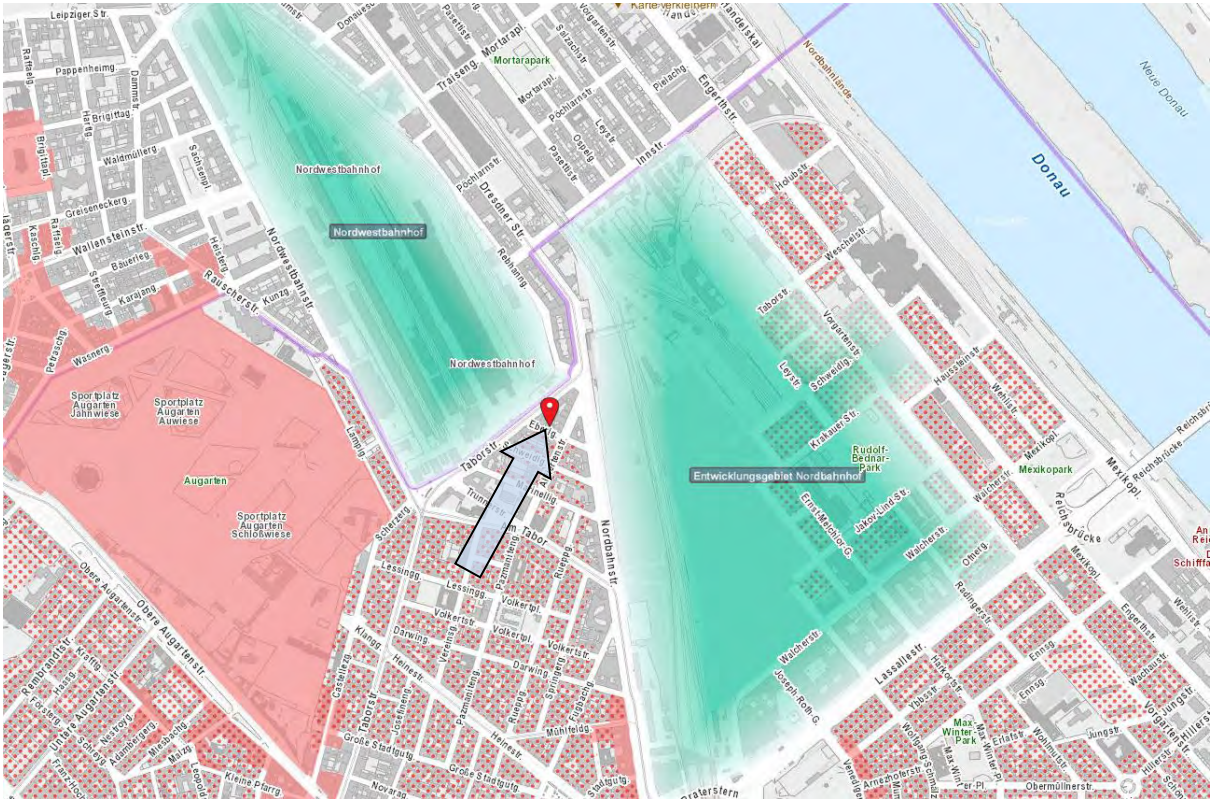


Abbildung 5: Stadtentwicklungsgebiete angrenzend an Eberlgasse [Quelle: Stadt Wien, bearbeitet von: Schöberl & Pöll GmbH]

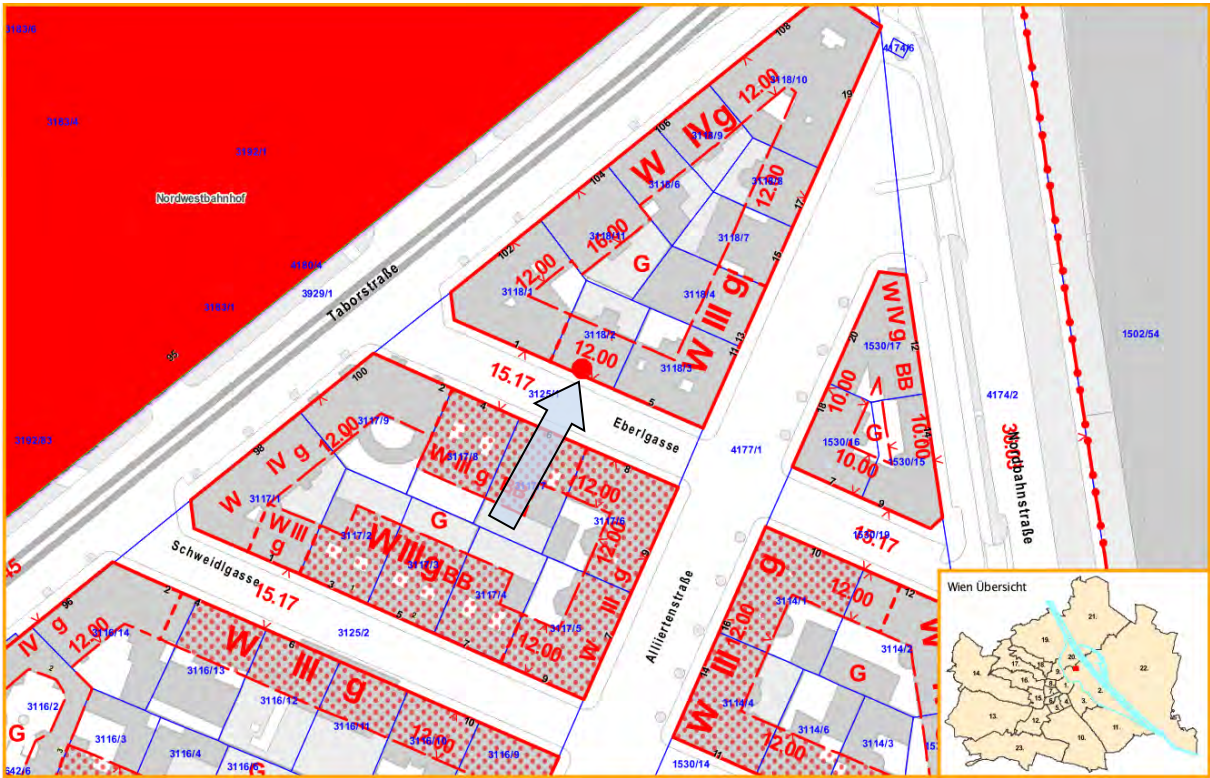


Abbildung 6: Flächenwidmungs- und Bebauungsplan Eberlgasse [Quelle: Stadt Wien, bearbeitet von: Schöberl & Pöll GmbH]

## 2.1.4 Fotos Bestand



Abbildung 7: Straßen- und Hofansicht Eberlgasse [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 8: Hofseitige Dachansicht Eberlgasse [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 9: Stiegenhaus Eberlgasse [Quelle: Andreas Kronberger]

Die vorhandenen Fenster waren unterschiedlichster Bauart, siehe Abbildung 10. Die einzigen originalen Holzkastenfenster waren im Bereich der Straßenfassade der Wohneinheit Top 3 erhalten geblieben. Jene nach dem Krieg konstruierten Holzkastenfenster waren eine Fehlkonstruktion. Da kein Wetterschenkel an den Fensterflügeln vorhanden war, sind diese relativ rasch morsch und unbrauchbar geworden, und wurden größtenteils bereits in den 70er Jahren gegen Kunststoffenster getauscht.



Abbildung 10: Unterschiedliche Fenstertypen, -konstruktionen und -baustoffe in Straßen- und Hoffassade [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 11: Zustand der noch vorhandenen Nachkriegsfenster vor der Sanierung [Quelle: Andreas Kronberger]

## 2.1.5 Bestandspläne

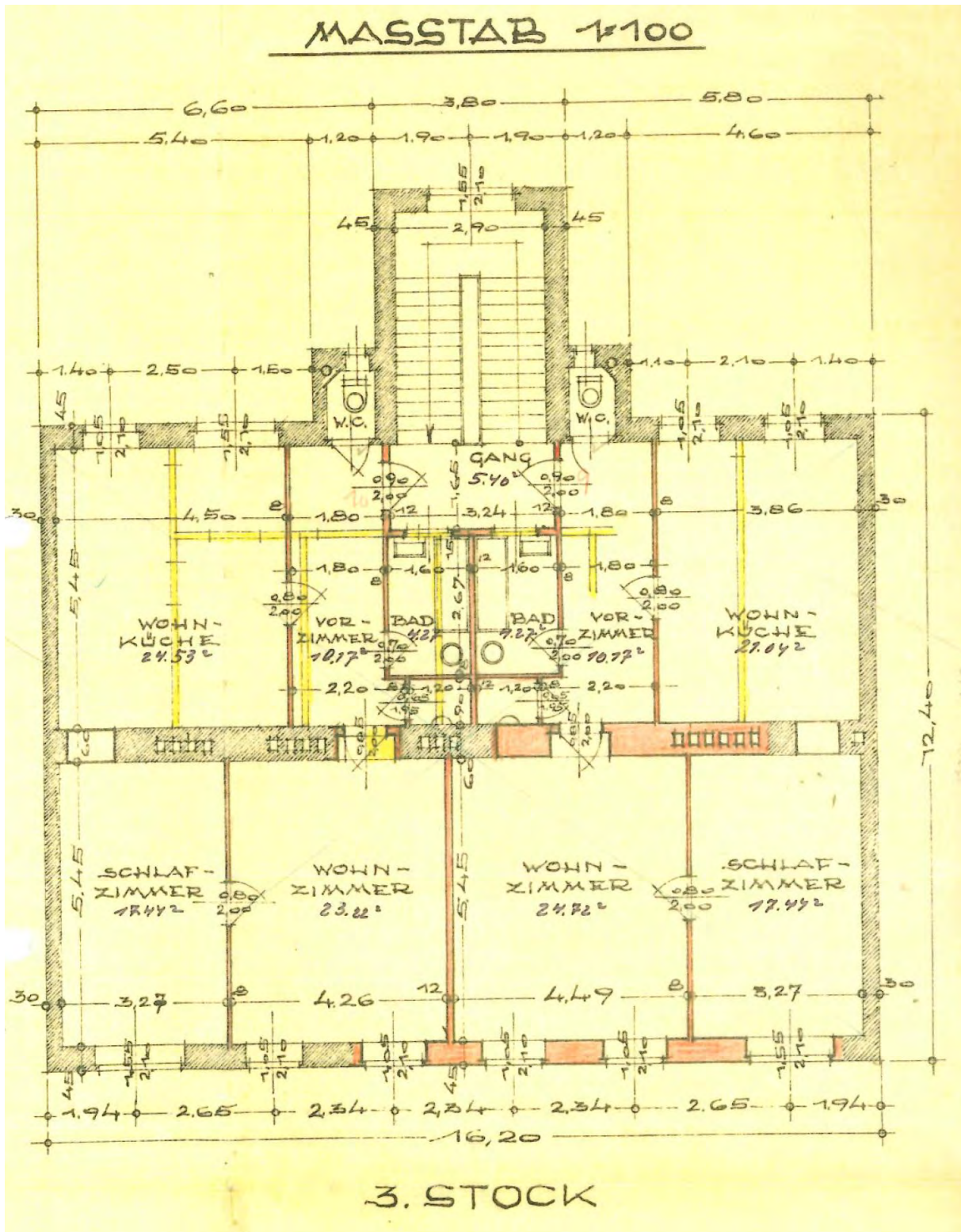


Abbildung 12: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandsgrundriss Eberlgasse [Quelle: Andreas Kronberger]

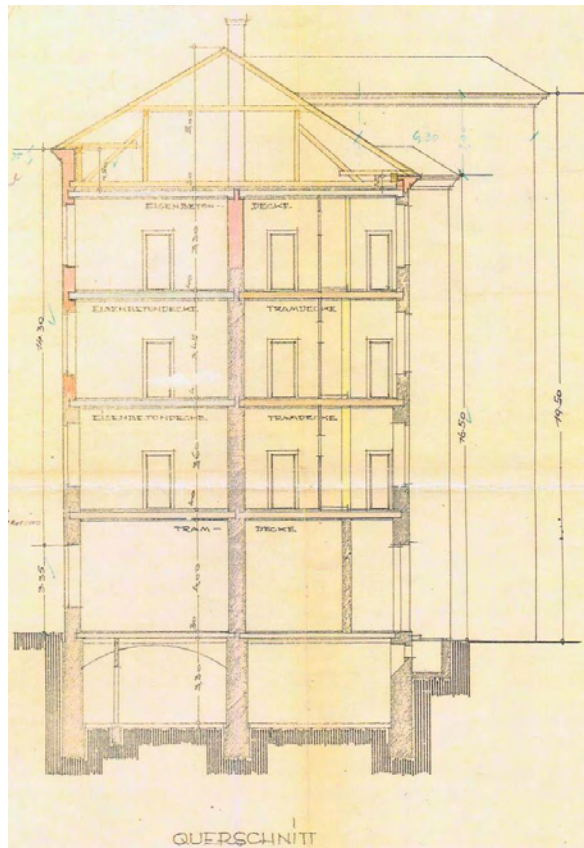


Abbildung 13: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandsschnitt Eberlgasse  
[Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 14: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandsansicht Straßenfassade Eberlgasse  
[Quelle: Andreas Kronberger]



## 2.2 Allgemeine Sanierungsmaßnahmen

Die folgenden zusätzlichen Sanierungsmaßnahmen wurden neben der unter Kapitel 3 beschriebenen Passivhaus-Sanierung durchgeführt:

Maßnahmen in den Kellerräumlichkeiten:

- Herstellen eines Betonkellerfußbodens statt des bisher bestehenden Lehmstampfbodens, obwohl dieser aus statischer Sicht nicht notwendig wäre. Dies dient gleichzeitig der Komfortsteigerung durch besser nutzbare Abstellmöglichkeiten im Keller. Außerdem wird die Sturzgefahr durch das Ersetzen des unebenen, gewachsenen Bodens gegen eine saubere und ebene Betonfläche verringert.
- Wiederherstellen der ursprünglichen Querlüftungsmöglichkeit des Kellers durch verschließbare Lüftungsöffnungen an den Außenwänden. Abbruch aller nichttragender Zwischenwände und Errichtung neuer Kellerabteile in einer Metalllamellen Konstruktion. Zusätzlich wurden in den Mittelmauern Kernbohrungen zur besseren Luftzirkulation zwischen straßen- und hofseitigen Kellerbereichen durchgeführt.

Maßnahmen zur barrierefreien Erschließung

- Diese wurden in Zusammenarbeit mit einer Bewohnerin, sowohl nach den geltenden Normen als auch nach individuellen Wünschen, wie zum Beispiel der barrierefreien Erreichbarkeit des Innenhofes, definiert:
- Einbau einer behindertengerechten Aufzugsanlage,
- Einbau von Rampen im Eingangsbereich sowie zum Innenhof zur Überwindung der bisher bestehenden Stufen,
- Neue und behindertengerechte Positionierung der Briefkastenanlage,
- Behindertengerechter Umbau der leer stehenden Wohnungseinheiten inklusive entsprechender Sanitäreinrichtungen.

Errichtung eines zentralen Versorgungsschachtes:

- Gesamter Tausch der Elektrotechnik des Gebäudes,
- Neue, bleifreie Frischwasserinstallation mit Verbrauchsmessgeräten für jede Wohnungseinheit,
- Tausch der gesamten Abwasserentsorgungsleitungen,

- Umstellung der verbliebenen zwei Gaskochstellen auf Ceranelektrokochfelder,
- Installationsführung der zentralen Wohnraumlüftung im neuen Schacht.

#### Komfortverbessernde Maßnahmen:

- Einbau einer Videogegensprechanlage,
- Installation von Festnetz-, Internet- und Satelliten-TV Anschluss,
- Errichtung von privaten Terrassen und Eigengärten für die Erdgeschosswohnungen,
- Errichtung von thermisch entkoppelten Balkonen/Loggien mit je etwa 4 m Nutzfläche für alle anderen Wohnungseinheiten.

#### Sicherheitstechnische Maßnahmen:

- Adaptierung aller brandschutztechnischen Einrichtungen auf einen zeitgemäßen Standard,
- Einbau von einbruchshemmenden Wohnungseingangstüren bei allen Wohnungen und neuem Hausschließsystem,
- Einbau einer Videoüberwachungsanlage,
- Rutschfester Fußbodenbelag im gesamten Treppenhausbereich,
- LED-Beleuchtung für die Zugänge, das Treppenhaus, die Kellerbereiche, den Innenhof sowie Terrassen bzw. Balkone/Loggien,
- Instandsetzen der Geländer im Treppenhaus.

#### Sonstige allgemeine Sanierungsmaßnahmen:

- Errichtung eines überdachten Fahrradabstell- und Müllplatzes,
- Komplette Maler- und Anstreicherarbeiten sowohl im Stiegenhaus und allen Wohneinheiten als auch an den Fassaden,
- Sanierung der Einfriedungsmauern im Innenhof,
- Sanieren der Hofabflüsse,
- Verschließen der bestehenden Fensteröffnungen vom Badezimmer zum Stiegenhaus in Abstimmung mit den jeweiligen Mietern,
- Einbau hochwertiger Küchen, ausgestattet mit den energieeffizientesten am Markt erhältlichen Haushaltsgeräten, in den bestandsfreien Wohnungen.

## 2.3 Dachgeschossausbau

Vor der Sanierung des Gebäudebestandes auf Passivhausstandard wurde ein Dachgeschossausbau mit 2 Wohneinheiten auf 2 Geschoßebenen mit einer Wohnnutzfläche von 214 m<sup>2</sup> errichtet. Die Umsetzung des frei finanzierten Projektes bot denkbar ungünstige Voraussetzungen. Die Grundriss-Situation mit dem relativ hohen Kniestock straßen- bzw. südseitig führte zu einer notwendigen nordseitigen Anordnung der Terrassenflächen. Dieser Umstand in Kombination mit dem allgemeinen Wunsch nach großen Verglasungen hin zu diesen Freibereichen limitierte die Erreichung derselben Energieeffizienz wie bei der Sanierung des Bestandes.

Durch den Einsatz von Dämmmaterialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit sowie hohen Dämmstoffdicken und von Fenstern mit 3-Scheiben-Isolierverglasung wird eine gute thermische Gebäudehüllenqualität erreicht. Zusätzlich wurde auch der Dachgeschossbereich an die zentrale Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, welche in den Wohneinheiten der Passivhaus-Sanierung für eine hohe Luftqualität sorgt (siehe Kapitel 3.6), angeschlossen. Aufgrund der Summe der Effizienzmaßnahmen ist für den Dachgeschossausbau die Einhaltung des Niedrigenergiestandards gemäß ÖNORM B 8110-1 (2011) leicht möglich.

Außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden) sind sowohl auf den nordseitigen als auch den südseitigen Fenstern des Dachgeschossausbaus montiert und bieten Schutz vor sommerlicher Überwärmung. Außerdem wird durch massive, 16 cm hohe Brettstapeldecken, welche durch ihre queraussteifende Wirkung den Stahlbedarf reduzieren, zusätzliche speicherwirksame Masse erreicht.

Begrünte Flachdächer über dem Lift- bzw. Stiegenhaus leisten einen positiven Beitrag zum Mikroklima.

## **3 Spezifika Passivhaus-Sanierung und Umsetzung Eberlgasse**

### **3.1 Abschnittsweise Sanierung frei werdender Wohnungen**

Aufgrund aufrechter Bestandsverhältnisse und der damit verbundenen Bewohnung einzelner Wohneinheiten musste die Sanierung des Demonstrationsgebäudes Eberlgasse abschnittsweise durchgeführt werden. 2 der 10 Wohneinheiten waren vor Baubeginn nicht bewohnt, 2 weitere Einheiten sind unmittelbar nach Sanierungsbeginn und 1 weitere aufgrund eines Todesfalls frei geworden. Durch die Zusammenlegung zweier Wohneinheiten zwecks Komfortverbesserung waren somit während der Sanierung 6 der ursprünglichen 10 Wohnungen belegt.

Die Planung des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Sanierungsmaßnahmen war eine logistische Herausforderung und die frühe und intensive Zusammenarbeit zwischen Planung, ausführenden Gewerken und BewohnerInnen war für das Gelingen der abschnittsweisen Sanierung wichtig. So konnten, einvernehmliche und individuelle Lösungen für die Sanierung der einzelnen belegten Wohneinheiten entwickelt werden. Im Zuge dieser Abstimmung wurde für jede bewohnte Einheit eine intensive Sanierungsphase über ein Zeitfenster von 3 Wochen vereinbart. Innerhalb dieses Zeitraums mussten die MieterInnen aus ihren Wohnungen ausziehen. Es wurden bereits sanierte Wohnungen als Ausweichquartier verwendet, Urlaube genutzt und einige der Mieter konnten für diesen Zeitraum bei Verwandten in der unmittelbaren Umgebung der Eberlgasse untergebracht werden.

Umfassende Informationen zum Thema Information und Betreuung von MieterInnen finden sich im Subprojekt 2 „Grundlagen und Machbarkeitsstudien“ des Leitprojektes „Gründerzeit mit Zukunft“. [AMA12]

### **3.2 Thermische Gebäudehülle**

#### **3.2.1 Übersicht Wärmedurchgangskoeffizienten**

Eine der wesentlichen Bausteine der Passivhaustechnologie ist die Verbesserung der thermischen Qualität der Hüllfläche eines Gebäudes. Es gilt die Transmissionswärmeverluste durch opake und transparente Bauteile, die an nicht beheizte Räume, Außenluft oder Erdreich grenzen, auf ein Minimum zu reduzieren, um den Heizwärmebedarf und die Heizlast des Gebäudes zu beschränken. [SCH13] Um dies zu erreichen, müssen die U-Werte von Außenbauteilen wie z. B. die Außenwände durch dem Passivhausstandard entsprechende Dämmstoffdicken verbessert und thermisch optimierte Fenster in Passivhausqualität eingebaut werden.

Die folgende Übersicht der thermischen Qualität der wärmeübertragenden Bauteile (Tabelle 4) zeigt die Gegenüberstellung des Bestands, die Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie 6

(Ausgabe Oktober 2011) und die Ausführung im Passivhausstandard beim Bauvorhaben Eberlgasse.

Tabelle 4: Übersicht thermische Qualität der Gebäudehülle des Bauvorhabens Eberlgasse 3.

<b>Bauteile</b>	<b>U-Werte [W/mK]</b>			<b>Dämmmaßnahmen</b>
	<b>Altbestand</b>	<b>Anforderung lt. OIB-RL 6</b>	<b>Ausführung Eberlgasse</b>	
<b>Außenwand</b>				
Außenwand ca. 45 cm Bestandsmauerwerk mit Außendämmung (WDVS)	1,12	0,35	0,09	32 cm EPS-F ( $\lambda = 0,031$ W/mK)
Außenwand ca. 60 cm Bestandsmauerwerk mit Außendämmung (WDVS)	0,93	0,35	0,09	32 cm EPS-F ( $\lambda = 0,031$ W/mK)
Außenwand Aufzug Betonschalsteine mit Außendämmung (WDVS)	Neubau	0,35	0,09	32 cm EPS-F ( $\lambda = 0,031$ W/mK)
Außenwand STGH gegen Erdreich Bestandsmauerwerk mit Außendämmung (Perimeter-Dämmung)	1,44	0,40	0,17	20 cm XPS-G ( $\lambda = 0,038$ W/mK)
<b>Innenwand</b>				
Innenwand STGH gegen Keller Bestandsmauerwerk mit Außendämmung	1,44	0,60	0,23	17,5 cm Holzwolle-Dreischicht-Dämmplatte ( $\lambda = 0,046$ W/mK)
<b>Fußboden</b>				
Fußboden Lift gegen Erdreich STB-Bodenplatte mit Außendämmung (Perimeter-Dämmung)	Neubau	0,40	0,15	24 cm XPS-G ( $\lambda = 0,038$ W/mK)
<b>Decke</b>				
Decke zu unbeheiztem Keller Bestandsdecke mit abgehängter Decke (dazwischen MW-W)	Lt. OIB-LF zu RL6: 1,25	0,40	0,13	i.M. 29 cm MW-W ( $\lambda = 0,039$ W/mK)
<b>Fenster und Türen</b>				
Fenster	Lt. OIB-LF zu RL6: 2,50	1,4	Mittelwert über alle Fenster: 0,73	
Eingangsportaal	Lt. OIB-LF zu RL6: 2,50	1,7	1,3	
Kellertür	-	2,5	1,4	

### 3.2.2 Verlauf der thermischen Gebäudehülle und rechnerische Kompaktheit

Der neuerrichtete Dachgeschossausbau ist nicht Teil der Passivhaus-Sanierung und wird in der Passivhaus-Berechnung nicht berücksichtigt. Das Gebäude ist Teil einer Straßenzeile, wodurch es beidseitig an eine ebenfalls bestehende Bebauung angrenzt. Die Gebäudehüllfläche gegen nicht beheizte Bereiche besteht daher aus der hof- und straßenseitigen Fassade, der Kellerdecke und dem Fußboden gegen Erdreich des neuerrichteten Liftschachtes. Diese thermische Gebäudehülle führt zu einem A/V–Verhältnis von 0,24 bzw. lc-Wert von 4,09, was sich positiv auf die Energiebilanz auswirkt.

Tabelle 5: Rechnerische Kompaktheit des Bauvorhabens Eberlgasse 3 ohne Berücksichtigung des Dachgeschossausbaus. Flächenangaben aus PHPP-Nachweis.

A....thermische Hüllfläche des konditionierten Gebäudes	949,50 m
V....konditioniertes Volumen	3887,59 m
Kompaktheit = $A / V$	0,24
lc....charakteristische Länge = $V / A$	4,09 m

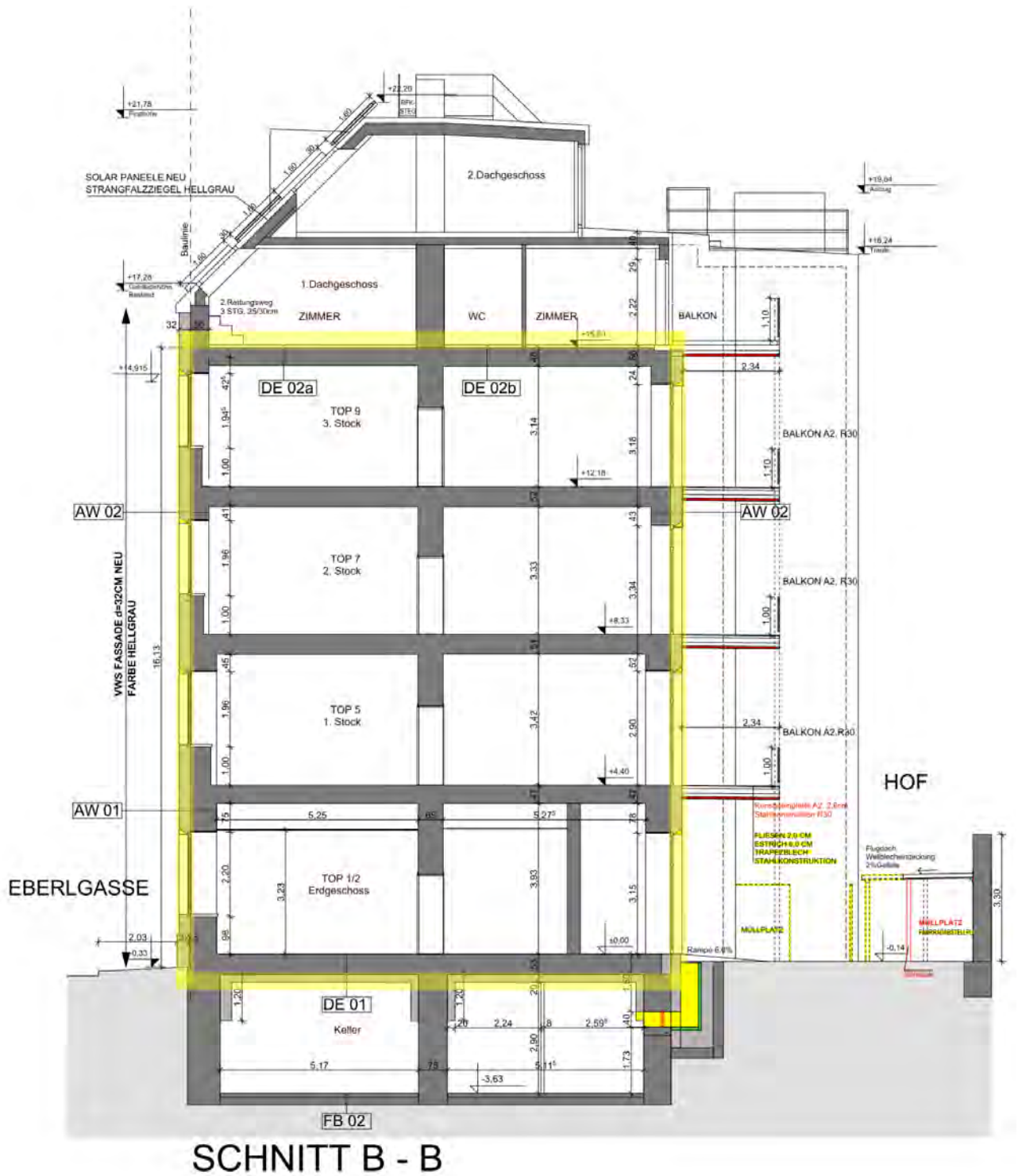


Abbildung 15: Gebäudeschnitt mit eingezeichnetem Verlauf der thermischen Gebäudehülle [Quelle: Ageres Baumanagement, bearbeitet von: Schöberl & Pöll GmbH]

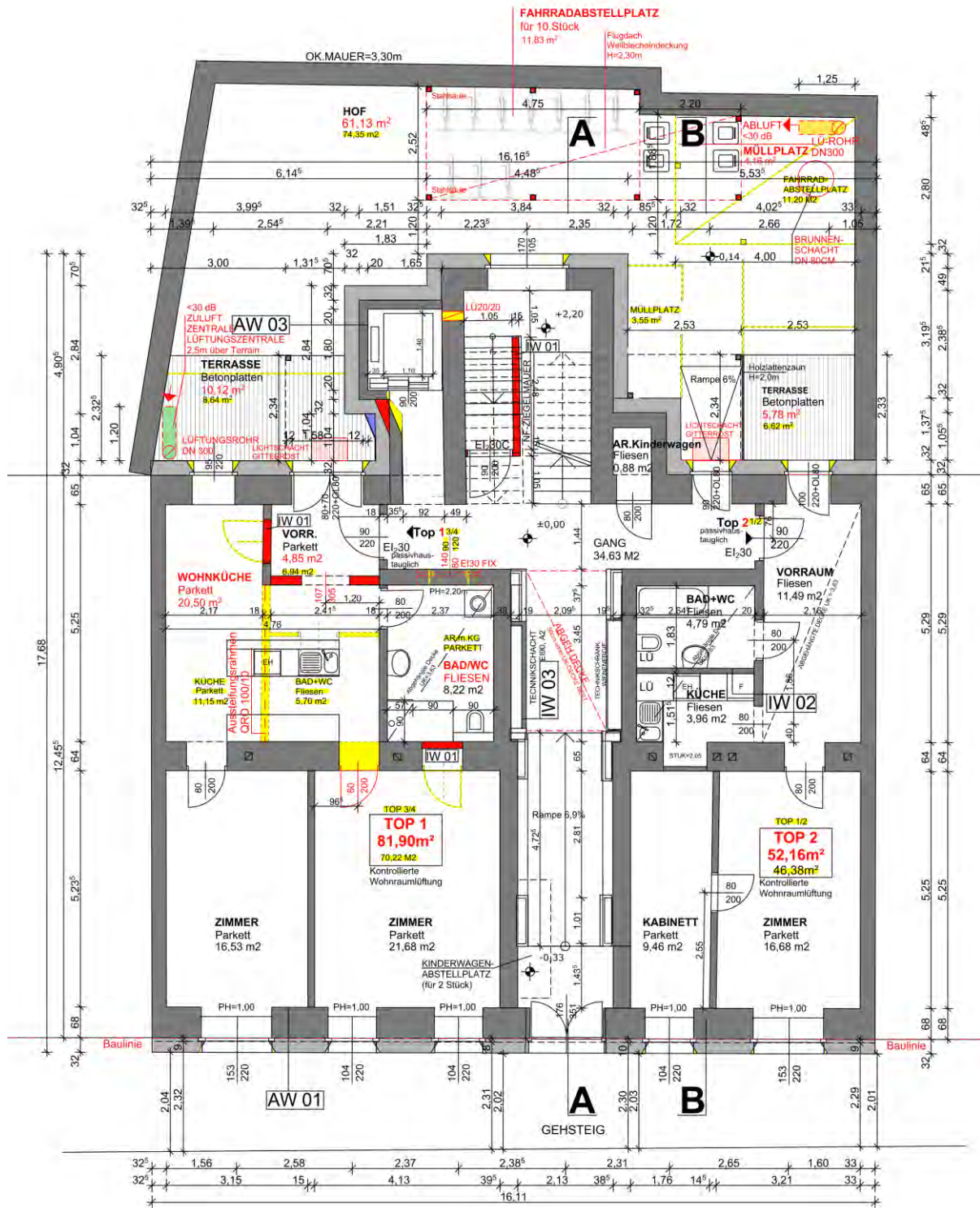


Abbildung 16: Grundriss Erdgeschoss [Quelle: Ageres Baumanagement]



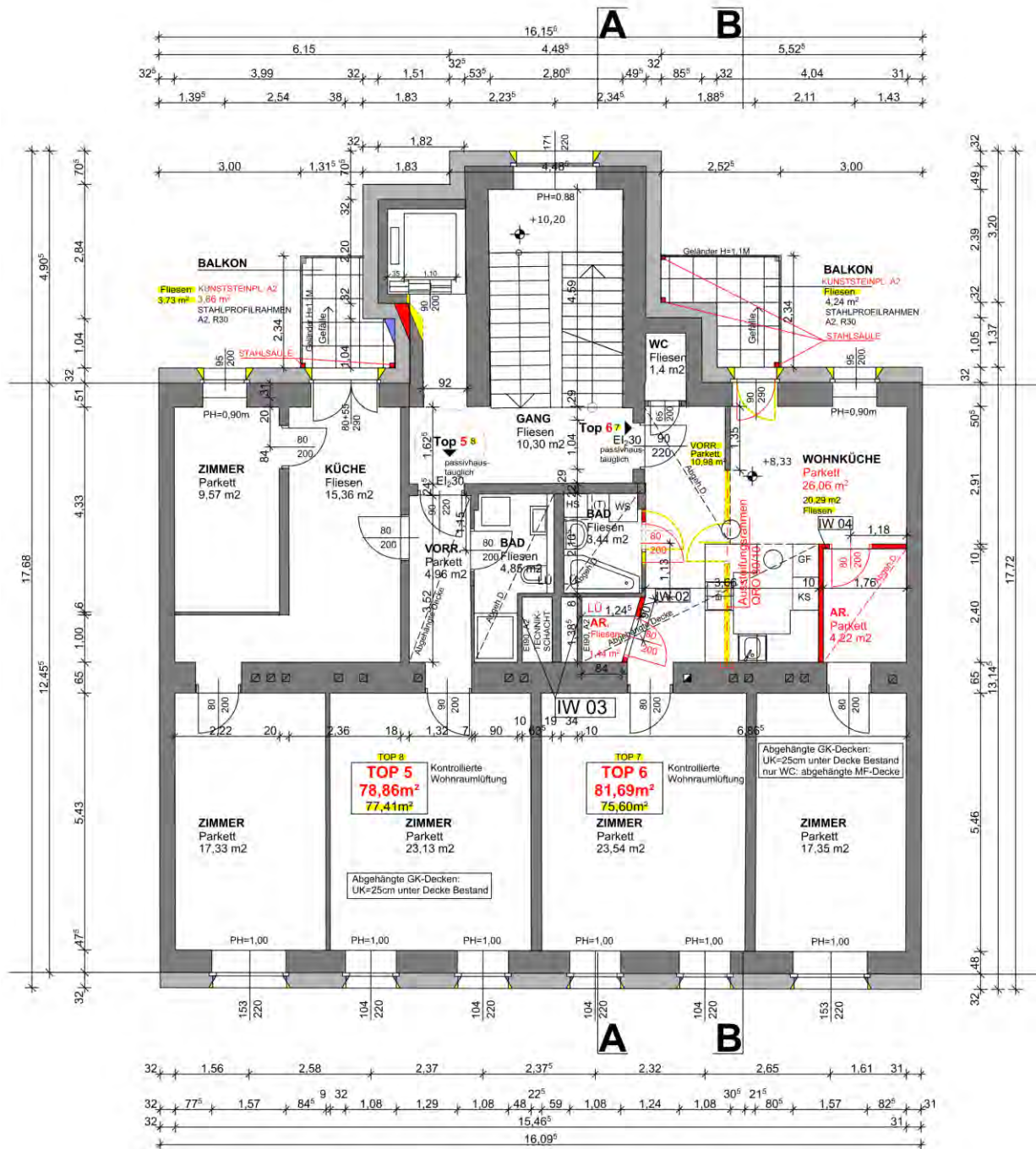


Abbildung 17: Grundriss 2.Obergeschoss [Quelle: Ageres Baumanagement]

### 3.2.3 Dämmung Fassade

Das Gründerzeitgebäude Eberlgasse wurde im Krieg beschädigt und 1952 wieder aufgebaut, ohne die Fassadengliederung wiederherzustellen. Diese glatte bzw. abgeräumte Fassade bot günstige Ausgangsbedingungen für die Sanierung hinsichtlich der Anbringung einer Außendämmung mit passivhaustauglichen Dämmstoffdicken.

Die existierenden Fassadenmauern aus Normalformatziegeln mit einer Dicke zwischen 45 cm und 70 cm wurden mit einem 32 cm starken Wärmedämmverbundsystem (WDVS) versehen und somit ein U-Wert von 0,09 W/mK erreicht. Als Dämmmaterial wurden EPS-

Fassadendämmplatten (EPS-F) mit einem Lambdawert von 0,031 W/mK eingesetzt. Im Sockelbereich wurden feuchtigkeits- und druckresistente Sockeldämmplatten verwendet.

Die etwas über den üblichen Passivhaus-Neubauten hinausgehenden Dämmdicken von 32 cm sind damit begründet, dass das Passivhauskriterium der weitgehenden Wärmebrückenfreiheit bei einigen Wärmebrücken aufgrund der Gegebenheit des Bestandes nicht erfüllt werden konnten (siehe Kapitel 3.3). Die damit verbundenen Wärmeverluste wurden durch eine Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle und damit höheren Dämmstoffdicken kompensiert.

Für die Sanierung der Straßenfassade mit Passivhausdämmstoffdicken war eine behördliche Genehmigung erforderlich, da in Wien laut Bauordnung die *„nachträgliche Anbringung einer Wärmedämmung an nicht gegliederten Fassaden rechtmäßig bestehender Gebäude außerhalb von Schutzzonen und Gebieten mit Bausperre“* [BAU10a] nur bis 16 cm über Fluchtlinien und in Abstandsflächen nicht bewilligungspflichtig ist. [BAU10b] Der Entwurf der Novelle 2014 der Wiener Bauordnung sieht eine Erhöhung der Dicke der nachträglich zulässigen Anbringung einer Wärmedämmung von 16 auf 20 cm über Fluchtlinie und in Abstandsflächen vor (Stand Mai 2014). Sanierungen mit Passivhausdämmstoffdicken werden, sofern die Novelle mit dieser Änderung in Kraft tritt, weiterhin nicht bewilligungsfrei sein.

Das Anbringen der Dämmung erfolgte beim Projekt Eberlgasse in zwei Lagen. Die erste Lage mit einer Dicke von 8 cm wurde mittels Montagedübel und Verklebung auf den Bestandsputz fixiert. An diese wurde eine zweite 24 cm dicke Lage in Randwulst-Streifen-Verfahren geklebt, siehe Abbildung 18. Die Montageweise in Kombination mit der versetzten Verlegung der beiden Dämmplatten reduziert montagebedingte Wärmebrückenverluste.



Abbildung 18: Randwulst-Streifen Verklebung der zweiten Dämmstofflage  
[Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

In Abbildung 19 ist der geschossweise angeordnete Brandschutzriegel aus Mineralwolle ersichtlich.



Abbildung 19: Zweilagige Fassadendämmung und geschossweiser Brandschutzriegel  
[Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

### 3.2.4 Dämmung der Kellerdecke

Die Trenndecke zum unbeheizten Keller wurde an der Unterseite gedämmt und weist einen U-Wert von im Mittel  $0,13 \text{ W/mK}$  auf. Um einen bündigen Anschluss der Dämmung besonders im Bereich der „Platzdecken“ zu gewährleisten, wurde mit flexiblen Kellerdämmplatten aus Mineralwolle (MW-W) mit einer durchschnittlichen Dicke von 29 cm und einem Lambdawert von  $0,039 \text{ W/mK}$  gearbeitet. Die Montage erfolgte mit Hilfe von abgehängten Deckensystemen, welche mit der Wärmedämmung ausgelegt wurden (Abbildung 20).



Abbildung 20: Dämmung der Kellerdeckenunterseite [Quelle: e7-Energie Markt Analyse]

Zur Verbesserung der Wärmebrückensituation wurde eine 20 cm dicke Kragendämmung über eine Höhe von ca. 1,2 m an den Innenwänden und der Innenseite der Außenmauer des Kellergeschosses angebracht, siehe Kapitel 3.3.



Abbildung 21: Kragendämmung aus Mineralwolle [Quelle: Ageres Baumanagement]

### 3.2.5 Treppenhaus und Aufzug

Bei der Sanierung Eberlgasse wurde die gesamte Erschließung, sowohl das Treppenhaus als auch der neu errichtete barrierefreie Lift, in die thermische Gebäudehülle integriert und wie die restlichen Fassadenflächen gegen Außenluft mit 32 cm EPS-F ( $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ ) Fassadendämmplatten versehen.

Die an das Erdreich anschließende Stahlbeton Bodenplatte des Aufzugsschachtes wurde an der Unterseite mit 24 cm XPS-G ( $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ ) gedämmt. Zur Sicherstellung der optimalen Dämmstofflage erfolgte die Verlegung der Dämmplatten auf einer Sauberkeitsschicht. Wesentlicher Vorteil einer außengedämmten Bodenplatte ist es, einen vollkommen wärmebrückenfreien Anschluss an die Außenwände des Aufzugsschachtes auszubilden.



Abbildung 22: Dämmung der Bodenplatte des neuen Aufzugsschachtes [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 23: Neuer Aufzugschacht aus Betonschalsteinen [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 24: Neue Aufzugskabine [Quelle: Andreas Kronberger]

Die Erschließung des Kellers erfolgt über eine luftdicht ausgeführte Brandschutztür im Erdgeschoss. Eine lückenlose Führung der Dämmebene um das Treppenhaus war in diesem Bereich aufgrund der Bestandssituation nicht wirtschaftlich durchführbar. Die thermische Abschottung zum Kellerbereich erfolgte sowohl über die Unterseitendämmung eines Treppenlaufs als auch über Kragendämmungen im Keller. Dabei wurden jeweils 17,5 cm dicke Holzwolle-Dreischicht-Dämmplatten mit einem Lambda-Wert von 0,046 W/mK angebracht. Um die Wärmebrückensituation zu verbessern, wurde zusätzlich die Unterseitendämmung des Treppenlaufes an der Innenseite der Außenwand gegen Erdreich über eine Höhe von ca. 1,2 m hinabgeführt und der Perimeterbereich an der Außenseite mit 20 cm feuchteresistentem XPS-G ( $\lambda = 0,038$  W/mK) gedämmt (siehe auch Kapitel 3.3).

### 3.2.6 Einbau der Passivhausfenster

Alle Bestandsfenster innerhalb der thermischen Gebäudehülle wurden durch hochwertige Fenster in Passivhausqualität ersetzt. Die eingesetzten Fenster in Holz-Aluminium-Ausführung haben die folgenden thermischen Eigenschaften:

- 3-Scheiben-Isolierverglasung:  $U_g = 0,53$  W/mK
- Rahmen:  $U_f$  (i.M) = 0,91 W/mK
- Wärmebrückenverlustkoeffizient - Glasrand:  $\Psi_i = 0,031$  W/mK
- Gesamtenergiedurchlassgrad: g-Wert = 0,47
- Rahmenanteil an Fensterfläche: im Mittel ca. 30 %

Durch gezielte Zusammenstellung der einzelnen Elemente kann für die Gesamtkonstruktion der Fenster und neu zu schaffenden Balkontüren ein passivhaustauglicher U-Wert von rund 0,73 W/mK erreicht werden. Eine außen liegende Verschattung der Fenster der südseitigen Fassade bietet Schutz gegen sommerliche Überhitzung.

Analog zum Neubau ist bei der Passivhaus-Sanierung von Altbauten ein wärmebrückenarmer und dauerhaft luftdichter Fenstereinbau von großer Bedeutung. Die Fenster sollten vor dem bestehenden Mauerwerk in die Dämmebene positioniert werden, sodass der hochisolierende Fensterrahmen an das Wärmedämmverbundsystem anschließt und eine durchgehende Dämmebene gebildet wird. Zur Wärmebrückenreduktion der Einbausituation gilt es darüber hinaus den Fensterstock so weit wie möglich zu überdämmen. [FEI98, FEI03, SCH13]

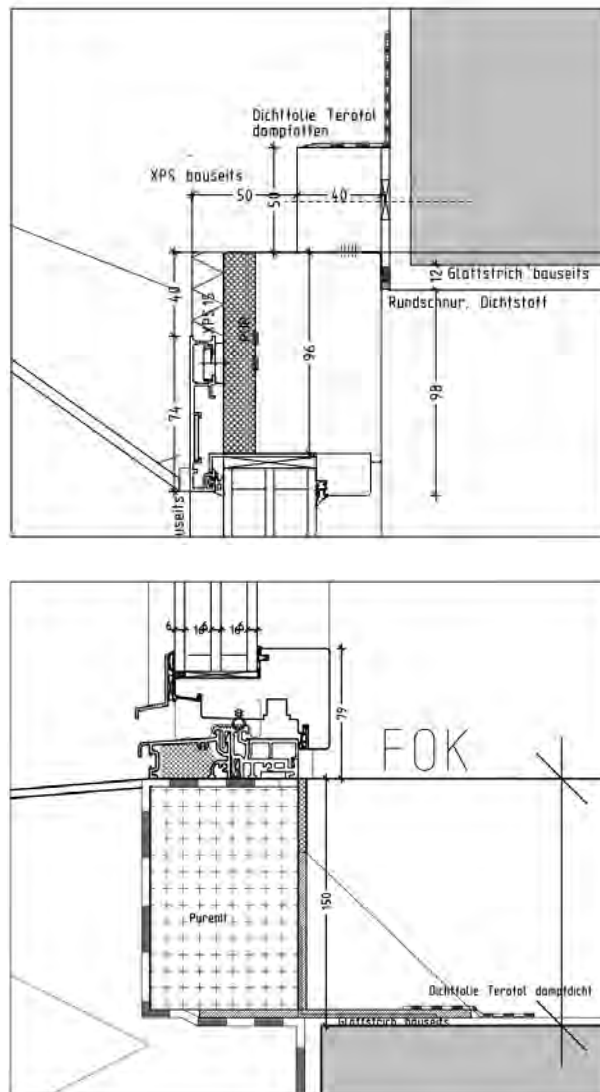


Abbildung 25: Vertikalschnitt Fensteranschluss beim Projekt Eberlgasse [PSP Holz GmbH]

Beim Demonstrationsprojekt Eberlgasse wurden die Fensterprofile vor der Ebene des Wandbildners und mit geringem Versatz bzw. Überstand (ca. 5 cm) von der Außenputzkante der Rohbauöffnung angeordnet. Die so ausgebildete Einbaufuge gewährleistet einen schalltechnisch korrekten Einbau. Die Fenstermontage selbst erfolgte von außen durch Verschraubung der Fensterstöcke mit dem Mauerwerk. Die Fuge zwischen Stock und Mauerwerk wurde allseitig mit HFKW-freiem PU-Schaum ausgefüllt. Für die Ausbildung eines dauerhaft luftdichten Fenstereinbaus wurde vor der Montage ein Glattstrich bis zur Klebefläche der äußeren winddichten Abklebung hergestellt. So wird sowohl für den inneren luft- und dampfdiffusionsdichten Anschluss zwischen Fenster und Innenputz (Rundschnur und Dichtstoffuge) als auch für den äußeren winddichten und dampfdiffusionsoffenen Bauanschluss an der Stockaußenseite (Dichtfolie mit Selbstklebestreifen) ein ordnungsgemäßer Untergrund geschaffen. Vor dem Abkleben erfolgte eine fachgerechte Untergrundvorbehandlung (Primer) zur Staubbindung.

Der passivhaustaugliche Fensteranschluss ermöglicht es den Wärmebrückenzuschlag des Fenstereinbaus vernachlässigbar gering zu halten.





Abbildung 26: Fensterabbruch (links) und Glatzstrich (rechts) [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 27: Fenstermontage vor das Mauerwerk (links) und winddichter Fensteranschluss (rechts) [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

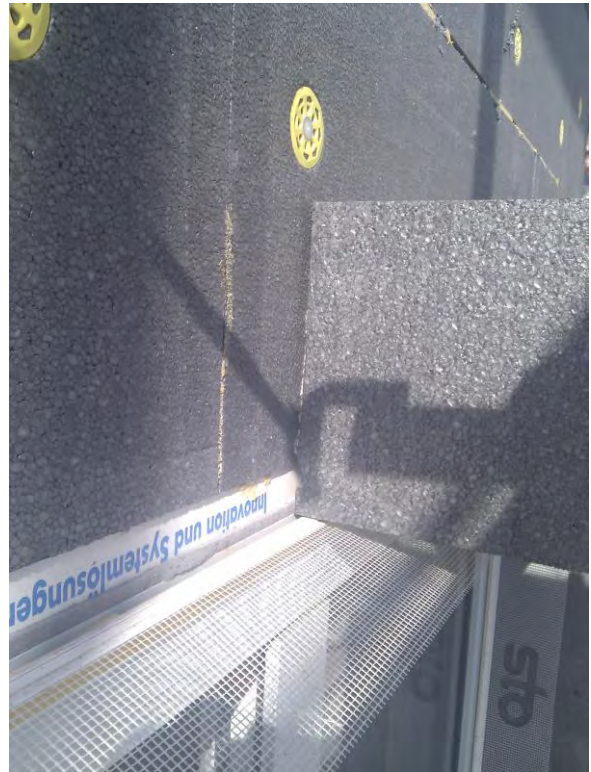


Abbildung 28: Positionierung der Fenster in der Dämmebene (links) und Überdämmung des Fensterstockes (rechts) [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Die zweite Lage der Wärmedämmung überdeckt den Fensterstock um ca. 7 cm. Durch die Überdämmung des Fensterstockes würde es zu einer höheren Laibungs-Verschattung kommen, welche durch eine leichte Abschrägung der Dämmung im Bereich der Fensterlaibung kompensiert wurde. An der dünnsten Stelle der Abschrägung beträgt die Dämmdicke ca. 10 cm (siehe Abbildung 30). Die Abschrägung des WDVS führt zu einer Verbesserung der Belichtungssituation und erhöht die jährlichen passiven Solarerträge.



Abbildung 29: Abschrägung der Dämmung im Bereich der Fensterlaibung [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]



Abbildung 30: Detail der Abschrägung der Dämmung im Bereich der Fensterleibung  
[Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

### 3.3 Wärmebrücken im Bestand

Der Reduktion von Wärmebrücken muss bei einer Passivhaus-Sanierung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Wärmebrückenfreie bzw. wärmebrückenarme Konstruktionen verringern nicht nur die Transmissionswärmeverluste über die Bauteilflächen der thermischen Gebäudehülle, sondern vermeiden auch die Gefahr von Schimmelbildung infolge zu geringer Innenoberflächentemperaturen.

In der Sanierung gibt es aufgrund der bereits vorhandenen baulichen Gegebenheiten Detailknoten, die mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand kaum wärmebrückenfrei ausgeführt werden können und z. B. durch Mehraufwand bei den flächenhaften Dämmungen kompensiert werden müssen.

Einzelne Ausführungsmöglichkeiten von Detailknoten bei Sanierungen mit Passivhaus-technologien liefert beispielsweise [SCH13b].

Beim Passivhaus Eberlgasse sind insbesondere die nachfolgenden Wärmebrücken von Bedeutung:

Tragende Außenwand - Kellerdecke (OHNE Kragendämmung außen / MIT Kragendämmung innen)

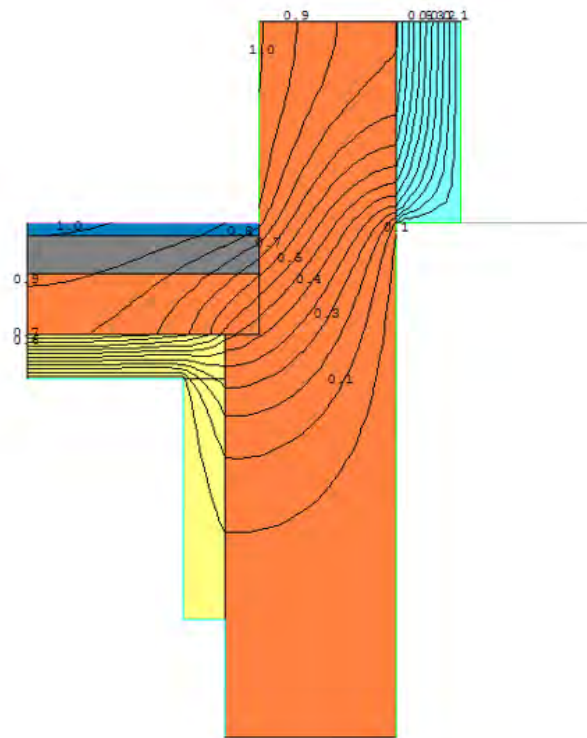


Abbildung 31: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Außenwand – Kellerdecke (ohne Kragendämmung außen und mit Kragendämmung innen) [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Aufgrund des relativ hohen Wärmebrückenverlustkoeffizienten ( $\psi_a^1 = 0,604 \text{ W/mK}$ ) ist der in Abbildung 31 dargestellte Außenwand-Kellerdecken-Anschluss, welcher sich beim Objekt Eberlgasse entlang der Straßenfassade ergibt, die bedeutendste lineare Wärmebrücke des Demonstrationsprojektes. Gemäß PHPP-Berechnung liegt der Anteil dieser Wärmebrücke am gesamten Transmissionswärmeverlust bei ca. 7,5 %.

Dieser in der Altbausanierung besonders kritische Detailanschluss ist weit entfernt von den Zielen des wärmebrückenfreien Konstruierens ( $\psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$ ) und ein typisches Beispiel dafür, dass gewisse Anschlüsse nicht mit vertretbarem Aufwand wärmebrückenfrei sanierbar sind. Die Schwierigkeit besteht hierbei insbesondere in der Herstellung der äußeren (straßenseitigen) Kragendämmung. Hierfür wäre ein umfangreicher Aushub inkl. Neuherstellung des Gehsteiges erforderlich, was neben den erforderlichen Behörden-Bewilligungen vor allem auch einen unverhältnismäßig hohen finanziellen Aufwand bedeutet hätte.

Das Kriterium der weitest gehenden Wärmebrückenfreiheit kann beim Außenwand-Kellerdecken-Anschluss nur über eine Verbindung der Dämmebenen der Außenwand- und Kellerdeckendämmung erreicht werden. Beim Passivhausneubau wird hierfür, neben der

---

<sup>1</sup> Wärmebrückenverlustkoeffizient auf Außenmaße bezogen

Außenwand-, der Kellerdecken- und der Perimeterdämmung, die tragende Konstruktion soweit als möglich reduziert. Das gelingt durch Auflösen der Wand zu einzelnen lastabtragenden Ministützen, in der Regel als „Stahlbetonhöcker“ ausgebildet. Zwischen den Höckern sorgen Produkte mit geringer Wärmeleitfähigkeit (z. B. XPS-G oder Porenbeton) für eine thermische Entkopplung bzw. für eine Verbindung der beiden Dämmebenen. Bei einem Anteil der lastabtragenden Höcker über ca. 30% ist jedoch zu prüfen, ob eine Kragendämmung die energetisch bessere Lösung ist.[SCH13] Auch eine Kombination aus „Höcker“ und verminderter Kragendämmung kann sich im Einzelfall als sinnvolle Variante herausstellen.

Zur Verbesserung der Wärmebrückensituation sollte in der Sanierung zumindest die Kellerdeckendämmung soweit als möglich an der Innenseite der Außenmauer des Kellergeschosses hinabgeführt werden. Die „Hals-, bzw. Kragendämmung“ der Kellerdeckendämmung ist an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Die konkreten Anforderungen an Dicke, Höhe und Wärmeleitfähigkeit des Materials der Kragendämmung (z. B. zur Erreichung eines gewissen Psi-Wertes der Wärmebrücke), sind im Einzelfall festzulegen. Bei der Passivhaus-Sanierung Eberlgasse wurde eine 20 cm dicke vlieskaschierte Kellerdämmplatte (MW-W) an der Innenseite der Außenwand über eine Höhe von ca. 1,2 m hinabgezogen und verdübelt.

Tragende Außenwand - Kellerdecke (mit Kragendämmung außen und innen)

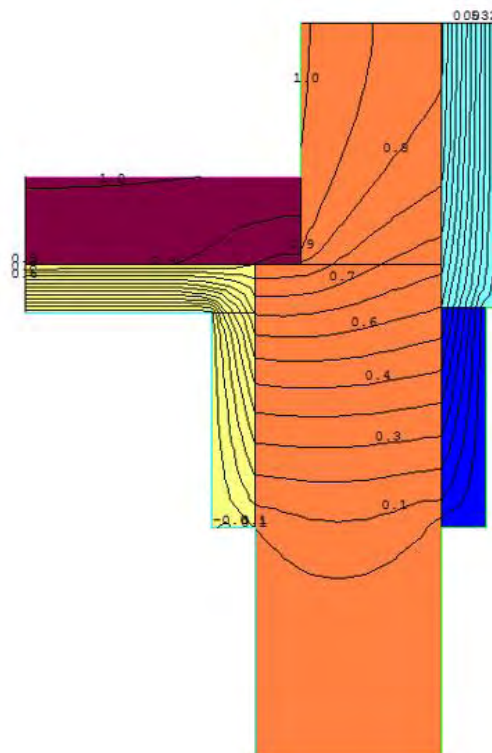


Abbildung 32: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Außenwand – Kellerdecke (mit Kragendämmung außen und innen) [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Zur Verbesserung der Wärmebrückensituation wurde entlang der Hoffassade, neben der Kragendämmung an der Innenseite der Außenmauer des Kellergeschosses zusätzlich der Perimeterbereich gedämmt. Als Dämmmaterial kamen 20 cm dicke XPS-G Hartschaumplatten ( $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ ) zum Einsatz. Diese wurden über eine Höhe von ca. 1,5 m ins Erdreich eingebunden.



Abbildung 33: Perimeterdämmung entlang der Hoffassade vor Korrektur der optimalen Ausführung [Quelle: Ageres Baumanagement]

Durch die zusätzliche Perimeterdämmung wurde bei diesem Detailanschluss ein Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\psi_a$  von  $0,189 \text{ W/mK}$  erreicht, was einen Anteil der Wärmebrücke am gesamten Transmissionswärmeverlust von ca. 1,4 % bedeutet.

Neben der Reduktion der Wärmebrückenverluste verhindert diese Maßnahme insbesondere das Auftreten von Schimmelbildung an den Außenwänden der Erdgeschossräume durch zu geringe Innenoberflächentemperaturen.

## Tragende Innenwände - Kellerdecke

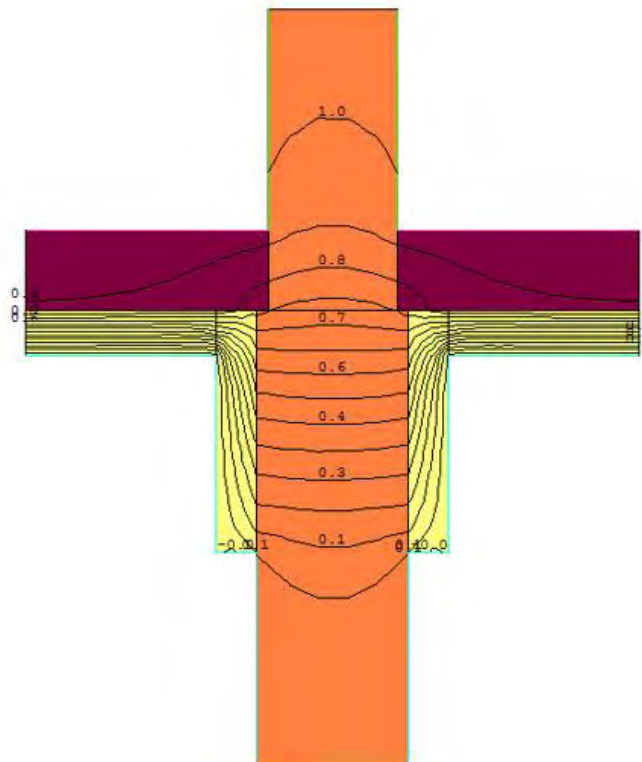


Abbildung 34: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Innenwand – Kellerdecke [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Auch die tragenden Kellerinnenwände wurden beidseitig mit einer 20 cm dicken Kragendämmung aus Mineralwolle (MW-W mit  $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ ) versehen. Diese wurde über eine Höhe von 1,2 m ab der Rohdeckunterkante angebracht. Abbildung 34 zeigt beispielhaft die Ausbildung dieser Wärmebrücke beim Projekt Eberlgasse anhand einer 75 cm dicken Innenwand im Kellergeschoss mit darüber liegender Zwischenwand im Erdgeschoss. Mit einem Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\psi_a = 0,213 \text{ W/mK}$  liegt der Anteil am berechneten Gesamttransmissionswärmeverlust bei ca. 3,0 %.

## Tragende Außenwand - Feuermauer

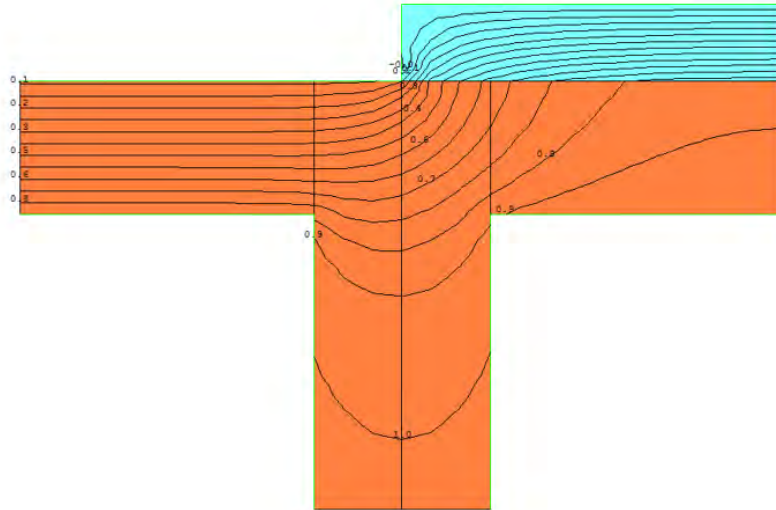


Abbildung 35: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke Außenwand – Feuermauer  
[Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Im Anschlussbereich der gedämmten Außenwand an die ungedämmten Außenfassaden der Nachbargebäude kommt es über die Feuermauern ebenfalls zu maßgeblichen Wärmeverlusten (Abbildung 35). Ohne Dämmung der Außenwände der Nachbargebäude ist auch dieses Detail nicht wärmebrückenfrei sanierbar.

Die Wärmebrückenberechnung ergab einen außenmaßbezogenen Leitwertzuschlag von  $\psi_a = 0,181 \text{ W/mK}$ . In der Wärmebrückenberechnung wurden sowohl das Nachbargebäude als auch das eigene Gebäude als beheizt berücksichtigt. Der Verlust der berechneten Wärmebrücke bezieht sich daher auf beide Gebäude. Diese Verluste der Wärmebrückenberechnung müssen auf beide Gebäude aufgeteilt werden. Dem eigenen Gebäude wurden, auf der sicheren Seite liegend 75 % des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ( $\psi_a = 0,136 \text{ W/mK}$ ) zugeordnet. Unter dieser Annahme beträgt der Anteil dieser linearen Wärmebrücke an den gesamten Transmissionswärmeverlusten bei ca. 4,3 %.

Summiert sind allein die vier erläuterten Wärmebrücken für ca. 16,2 % des gesamten Transmissionswärmeverlustes beim Passivhaus Eberlgasse verantwortlich. Dieser Anteil unterstreicht die enorme Bedeutung der Reduzierung von Wärmeverlusten durch Wärmebrücken für die Erreichung des Passivhausstandards in der Altbausanierung.



### 3.4 Luftdichtheit im Bestand

Beim Bauvorhaben Eberlgasse war die Herstellung der Luftdichtheitsebene erwartungsgemäß ein langwieriger, sukzessiver Prozess. Ausgehend von einer Luftdichtheit der Gebäudehülle des Bestandsgebäudes in einem Bereich von 5 bis 8 h<sup>-1</sup>, waren zahlreiche Blower-Door-Messungen gemäß ÖNORM EN 13829<sup>2</sup> mit dazwischen liegenden Verbesserungsarbeiten für den Nachweis des n<sub>50</sub>-Zielwertes notwendig. Zur Verbesserung der Luftdichtheit wurden unter anderem auch die bestehenden Kaminstränge mit Beton ausgefüllt.

Eine der ersten Messungen einer Wohneinheit (Top 1-2) ergab eine Luftwechselrate n<sub>50</sub> von 1,6 h<sup>-1</sup>. Die während der Luftdichtheitsmessung durchgeführte Leckagensuche führte zum Ergebnis, dass insbesondere im Bereich von Elektroinstallation, abgehängten Decken, Vorsatzschalen in Sanitärbereichen, bei Durchdringungen von Lüftungsröhren und an Estrichfugen Undichtheiten vorhanden waren. Die Abbildungen 36 und 37 zeigen beispielhaft Leckagestellen in der Luftdichtheitsebene des Passivhauses Eberlgasse.

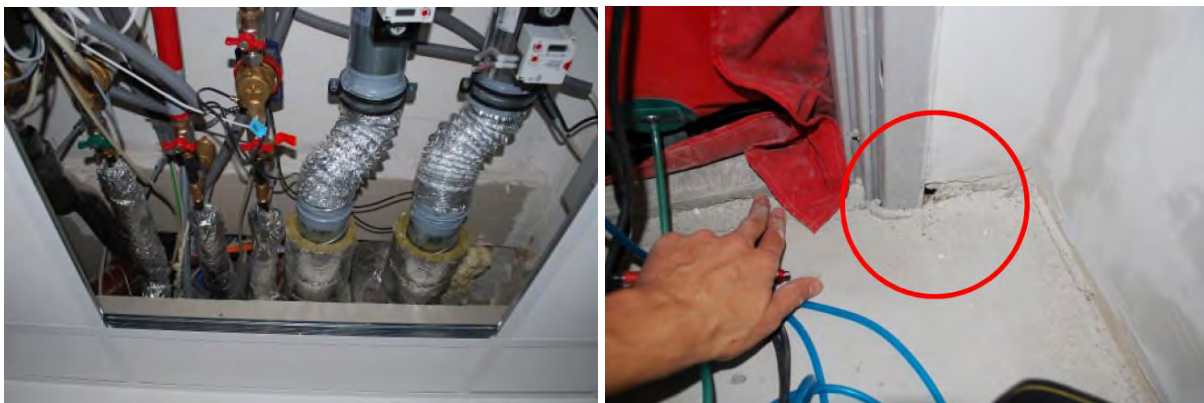


Abbildung 36: Fehlendes Weichschott beim Schachtabschluss (links) und Lufttritt im Bereich der Türzarge (rechts) [Quelle: Ingenieurbüro Filos]



Abbildung 37: Lufttritt am Spülkastendrucker (links) und unzureichende Verputzung von Durchbrüchen (rechts) [Quelle: Ingenieurbüro Filos]

<sup>2</sup> Wird hinkünftig durch ÖNORM EN ISO 9972 ersetzt und durch die ÖNORM B 9972 ergänzt.

Die festgestellten Leckagen wurden anschließend fachgerecht abgedichtet und erneut Messungen durchgeführt. Bei diesen wurde vorerst ein  $n_{50}$ -Wert von  $0,87 \text{ h}^{-1}$  erreicht und nach erneuter Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen, insbesondere an der Luftdichtheit der Elektroinstallationen, wurde in einem letzten Messdurchgang ein  $n_{50}$ -Wert  $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$  für die Wohneinheit erreicht und somit die Mindestanforderung an den Luftdichtheitswert von Passivhäusern nachgewiesen.

Das Demonstrationsprojekt Eberlgasse hat trotz eines vorhandenen, detaillierten Elektrodichtheitskonzeptes aufgezeigt, dass die Planung und Herstellung einer umlaufend lückenlosen Luftdichtheitsebene bei Sanierungen ein Höchstmaß an Genauigkeit erfordert und umfangreiche Kontrollen vor Ort erfordert. Hinzu kommt der Umstand, dass in der Sanierung diverse Bestands-Leckagen nicht oder nur mit enormem Aufwand verbessert werden können (z. B. Anschluss Bestandsdecke an Außenmauer, usw.).

### **3.5 Verschattung im Stadtgebiet**

Zur Erreichung des Passivhausstandards sind bei einer Sanierung im dicht verbauten Stadtgebiet Kompensationsmaßnahmen aufgrund der verschattungsbedingten verminderten solaren Erträge notwendig. Als Kompensationsmaßnahmen wurden in der Eberlgasse vorrangig auf erhöhte Dämmstoffdicken und verbesserte Passivhausfenster mit einem U-Wert von im Mittel  $0,73 \text{ W/m K}$  zurückgegriffen.

### **3.6 Lüftungskonzept**

Neben der Verbesserung der thermischen Hülle (vgl. Kapitel 3.2) ist bei einer Sanierung auf Passivhausniveau, der nachträgliche Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ein weiterer unverzichtbarer Baustein. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung minimiert die Lüftungswärmeverluste, ohne welchen der geringe Heizwärmebedarf von Passivhäusern nicht erreichbar wäre. Neben dem energetischen Aspekt sorgt die Lüftungsanlage für den erforderlichen hygienischen Luftwechsel sowie für die Regulierung der Luftfeuchtigkeit durch Anpassung der Luftmengen.

Beim Projekt Eberlgasse wurde ein Konzept mit zentraler Lüftungsanlage umgesetzt. Das zentrale Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher ist im Keller, außerhalb der thermischen Gebäudehülle, situiert. Von der Haustechnikplanung wurde eine spezifische Leistungsaufnahme  $\leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$  und ein effektiver, trockener Wärmebereitstellungsgrad von ca. 82 % angegeben. Eingesetzt wurde ein Außenluftfilter der Klasse F7 und ein Abluftfilter der Klasse F5. Für die Dimensionierung der Lüftungsanlage wurde ein Frischluftbedarf von  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  je Person herangezogen.

Die Außenluftansaugung und Fortluftausblasung befinden sich in den gegenüberliegenden Ecken des Innenhofes. Durch deren Positionierung (siehe Abbildung 38) wird der

Mindestabstand gemäß ÖNORM EN 13779 (2007) eingehalten und eine Rezirkulation und Wiederansaugung von Fortluft über die Außenluftansaugung verhindert.

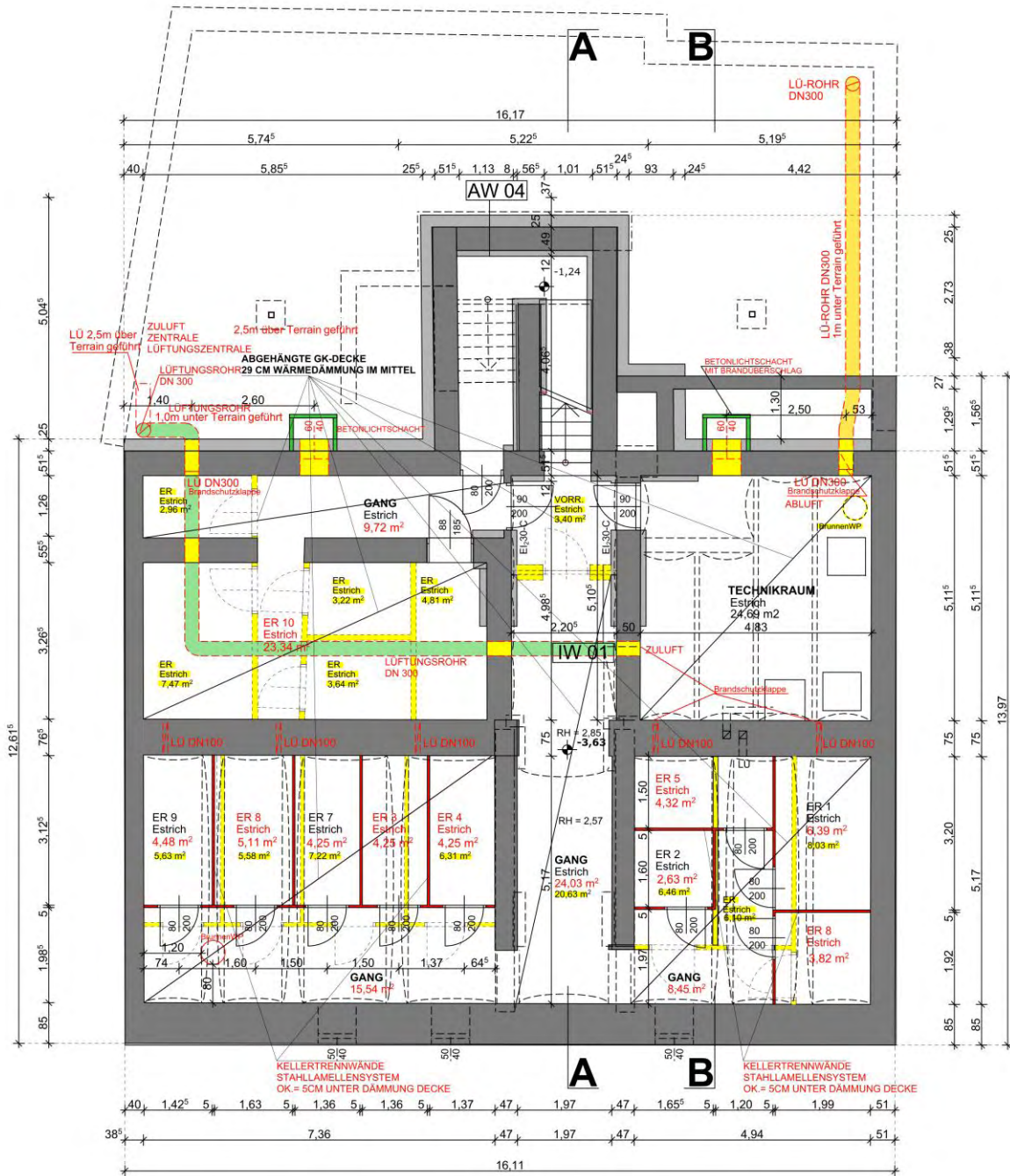


Abbildung 38: Grundriss Kellergeschoß mit Lage der haustechnischen Komponenten [Quelle: Ageres Baumanagement]



Abbildung 39: Zentrales Lüftungsgerät im Keller [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 40: Außenluftansaugung im Hof [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Eine besondere Herausforderung war die Herstellung des Lüftungsleitungsnetzes, da im Gegensatz zum Neubau, beim Altbau die Nachrüstung von Zu- und Abluftrohrsystem aufgrund der gegebenen Bausubstanz oft schwierig ist. Insbesondere die Lösungsfindung für die vertikale Führung der Lüftungskanäle durch die einzelnen Geschosse war mit großem Aufwand verbunden. So verhinderte zum Beispiel eine in der Decke verbaute Eisenbahnschiene kurzfristig den Baufortschritt.



Abbildung 41: Steigschacht für vertikale Luftleitungsführung [Quelle: Ageres Baumanagement]

Für die Versorgung der einzelnen Wohnung mit vorerwärmter Frischluft musste letztlich ein Installationsschacht errichtet werden. Dieser führt in unmittelbarer Nähe der Sanitäreinrichtungen zentral durch die Regelgeschoße, wodurch die Leitungswege kurz gehalten werden konnten. In den Bädern und WCs waren bereits im Bestand praktisch überall abgehängte Decken vorhanden. Die zusätzlich notwendigen Deckenabhängungen von etwa 25 cm im Bereich der Vorräume stellen im Altbaubereich bei vorhandenen Raumhöhen von 3,20 bis 4,00 Metern keine Einschränkung für die NutzerInnen dar.

Die individuelle Wohnungsregelung erfolgt mittels getrennter Steuergeräte für Heizung und Lüftung. Beim Projekt Eberlgasse werden die in Abbildung 42 ersichtliche Bedieneinheit zur Luftmengensteuerung und elektronische Raumthermostate zur Temperaturregelung eingesetzt.



Abbildung 42: Regelung Lüftung und Heizung [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

## 3.7 Haustechnik

### 3.7.1 Grundwasser-Wärmepumpe

Die Wärmebereitstellung für Raumheizung und Warmwasser erfolgt kombiniert und zentral mit einer Grundwasser-Wärmepumpe im nicht konditionierten Keller. Diese speist die erzeugte Wärme in einen 1.000 Liter Lastausgleichsspeicher für den Heizkreis und einen indirekt beheizten 1.000 Liter Warmwasserspeicher ein. Die thermische Nutzung des Grundwassers musste wasserrechtlich bewilligt werden.



Abbildung 43: Grundwasser-Wärmepumpe und Wärmespeicher für Heizkreis und Warmwasserversorgung [Quelle: Andreas Kronberger]

Eine aufwendige Errichtung des Förder- und Schluckbrunnens im Kellergeschoss war für die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle erforderlich. Ohne maschinelle Unterstützung mussten hierfür die Arbeiter in die Erde graben und die Brunnen mittels Brunnenringen aus Beton zusammensetzen.



Abbildung 44: Grabungsarbeiten Brunnen [Quelle: Andreas Kronberger]

Die Leistung der Wärmepumpe wurde auf 32 kW ausgelegt.

Das Heizungskonzept der Eberlgasse basiert nicht auf die klassische Passivhausidee der reinen Luftheizung, sondern es wurden zusätzlich wassergeführte Heizkörper in allen Räumen angeordnet. Deren Wärmeversorgung erfolgt über das Heizungswarmwasser aus dem Speicher.

Bei einem Passivhaus müssen die Heizradiatoren nicht zwingend im Parapetbereich von Fenstern platziert sein, sondern können prinzipiell beliebig situiert werden. Aus Gründen der Leitungsminimierung wurden die Heizkörper beim Passivhaus Eberlgasse in der Nähe der Verteilschächte platziert, beispielsweise über den Türen (Abbildung 45).



Abbildung 45: Anordnung eines Heizradiators über der Tür beim Projekt Eberlgasse [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

### **3.7.2 Energieeffiziente Haushaltsgeräte**

Energieeffiziente und hochenergieeffiziente Haushaltsgeräte und der Einsatz von LED-Beleuchtung reduzieren den Strombedarf des Gebäudes. Für das Passivhaus Eberlgasse wurde bei der Auswahl der elektrischen Geräte auf die Minimierung des Stromverbrauches geachtet. Der Einsatz von effizienten Haushaltsgeräten in Mietwohnungen durch die Hauseigentümer ist auch bei Passivhäusern leider nicht die Regel, aber eine wichtige Maßnahme zur weiteren primärenergetischen Optimierung von Passivhäusern.





Abbildung 46: Neu eingebaute Küche, ausgestattet mit hochenergieeffizienten Haushaltsgeräten [Quelle: Andreas Kronberger]

### 3.7.3 Fotovoltaikanlage



Abbildung 47: Fotovoltaikanlage am Dach [Quelle: Andreas Kronberger]

Beim Passivhaus Eberlgasse wurde am südlich orientierten Dach eine Fotovoltaikanlage errichtet. Die Anlage mit einer gesamten Modulfläche von 50 m erreicht eine Leistung von 7,8 kWp.

## 4 Bauwerkskosten und Mehrkosten

Die geplanten Bauwerkskosten für die Passivhaus-Sanierung Eberlgasse wurden durch eine öffentliche Ausschreibung mit 939.727 Euro (exkl. Ust.) ermittelt. Zusätzlich wurden Gesamtplanungskosten von 123.956 Euro (exkl. Ust.) angesetzt. Die ermittelten Errichtungskosten laut Ausschreibung betragen daher 1.063.683 Euro (exkl. Ust.). Bei einer Wohnnutzfläche im Bestand von 618,43 m<sup>2</sup> entspricht dies 1.720 Euro/m<sub>WNF</sub> (exkl. Ust.).

Die tatsächlichen Bauwerkskosten gliedern sich wie folgt:

▪ Außenwand:	103.120 EUR (exkl. Ust.)
▪ Kellerdecke:	27.997 EUR (exkl. Ust.)
▪ Oberste Geschoßdecke (fiktiv):	22.499 EUR (exkl. Ust.)
▪ Fenster und Türen:	113.147 EUR (exkl. Ust.)
▪ Wohnungsumbauten:	254.611 EUR (exkl. Ust.)
▪ Sonstige hausseitige Maßnahmen:	150.992 EUR (exkl. Ust.)
▪ Fotovoltaikanlage <sup>3</sup> :	16.707 EUR (exkl. Ust.)
▪ Heizung und Sanitär <sup>3</sup> :	142.785 EUR (exkl. Ust.)
▪ Lüftungsanlage <sup>3</sup> :	58.675 EUR (exkl. Ust.)
▪ E-Technik <sup>3</sup> :	82.844 EUR (exkl. Ust.)
▪ Aufzugsanlage <sup>3</sup> :	71.749 EUR (exkl. Ust.)

Die gesamten tatsächlichen Bauwerkskosten betragen somit 1.045.126 Euro (exkl. Ust.). Inklusive der tatsächlichen Kosten für Planung und Baubetrauung in der Höhe von 141.480 Euro (exkl. Ust.) ergeben sich Errichtungskosten von 1.186.606 Euro (exkl. Ust.). Die Summe liegt ca. 11,6 % über den veranschlagten Kosten von 1.063.683 Euro (exkl. Ust.). Die Kostenüberschreitung ist im Wesentlichen auf die folgenden drei Bereiche zurückzuführen:

- Inhomogenität der Bausubstanz hinsichtlich der Errichtung des zentralen Hausinstallationsschachtes (z. B. einzelnen Eisenbahnschiene in Bestandsdecke)
- Maßnahmen am allgemeinen Zustand des Bestandes (z. B. Befall mit Hausschwamm, Sanierung von Tramköpfen etc.).

---

<sup>3</sup> Die Kosten wurden entsprechend dem zugeordneten Nutzflächenanteil des Dachgeschoßes bereinigt

- Nachträgliche Herstellung der Barrierefreiheit im Bestand in Kombination mit Luftdichtheit (z. B. Wohnungseingangstüren ohne Bodenstaffel)

Die Mehrkosten für die Sanierung im Passivhausstandard gegenüber einer konventionellen Sanierung belaufen sich auf 164.773 Euro bzw. 266 €/m<sup>2</sup><sub>WNF</sub>.

## 5 Monitoring

Im Zuge des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ (Koordination durch e7 Energie Markt Analyse GmbH) erfolgt die Dokumentation und das begleitende Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring der Eberlgasse über einen Zeitraum von zwei Jahren. Um Aussagen über die tatsächliche Performance der Eberlgasse und der einzelnen eingesetzten Technologien treffen zu können, wird das Demonstrationsgebäude einer intensiven Begleitforschung unterworfen, welche folgende Dimensionen umfasst:

- Erfassung der Ressourcen- und Energieverbrauchsstruktur (15 min Werte) im Gebäude und Gegenüberstellung mit den Berechnungen
  - Wärmemengen für Heizung und Warmwasser
  - Stromverbrauch für zentrale Wärmepumpe, Grundwasserpumpen, Allgemeinflächen, Hilfsstrom für Lüftungsanlage und Haustechnik, Haushaltsstrom & Stromerzeugung Fotovoltaikanlage
  - Kalt und Warmwasserverbrauch
  - Klimadaten am Standort
- Betriebsmonitoring, Erkennen von Schwachstellen im Betrieb und Optimierung der haustechnischen Anlagen
- Vergleich von Komfortparametern von zwei ausgewählten Wohnungen mit unterschiedlicher Lage und Exposition (Erfassung von Raumlufttemperatur, Raumluftfeuchte und CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft in einem Intervall von 15 min)
- Dokumentation der Kosten der innovativen Sanierungsmaßnahmen für Investition und im laufenden Betrieb
- Sozialwissenschaftliche Begleitung durch Bewohnerbefragung (Zufriedenheit mit der Sanierung, insbes. mit den umgesetzten innovativen Maßnahmen)
- Dokumentation der wohn- und förderrechtlichen Erkenntnisse und Lösungsansätze
- Zertifizierung nach dem Gebäudebewertungssystem TQB

Da es sich beim gegenständlichen Projekt um ein auch in der Sanierungsphase bewohntes Gebäude handelte, gab es eine zeitliche Übergangsphase wo sowohl die neue Haustechnik für die sanierten Wohnungen als auch noch die ursprüngliche Haustechnik für die noch nicht sanierten Wohneinheiten in Betrieb waren. Seit 1. März 2014 sind jedoch alle Wohnungseinheiten an das neue Haustechniksystem angeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt wurde mit der messtechnischen Erfassung begonnen.

Die zusammenfassende Auswertung und Darstellung der Ergebnisse der Begleitforschung erfolgt nach der 2-jährigen Evaluierung. Der umfassende Monitoringbericht wird auf der Projekthomepage [www.gruenderzeitplus.at](http://www.gruenderzeitplus.at) und auf der Webpräsenz des Forschungsprogramms „Haus der Zukunft PLUS“ ([www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)) veröffentlicht.

## 6 Ergebnisse



Abbildung 48: Luftbildaufnahme der abgeschlossenen Sanierung Eberlgasse [Quelle: Stadt Wien]

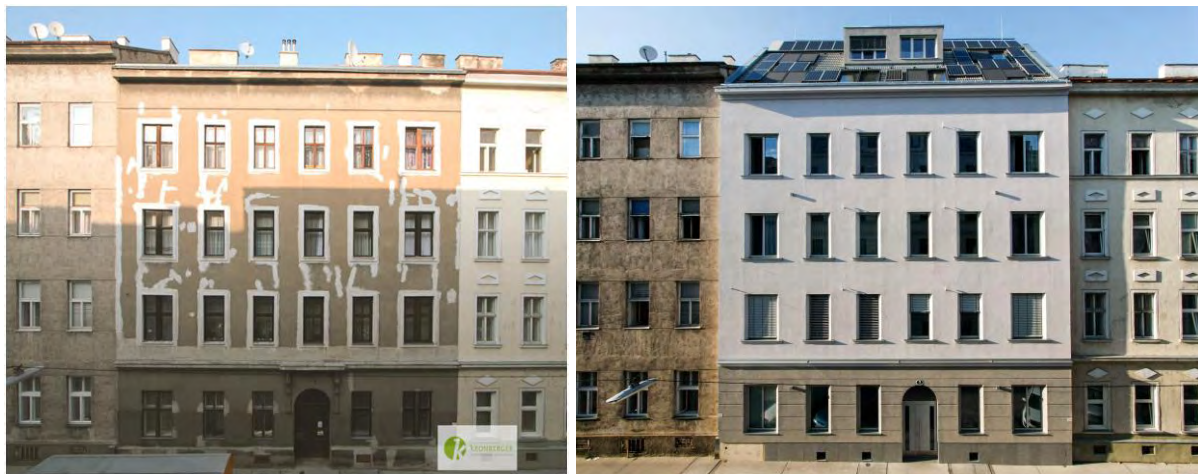


Abbildung 49: Straßenfassade vor und nach Sanierung [Quelle: Andreas Kronberger]



Abbildung 50: Hoffassade vor und nach Sanierung [Quelle: Andreas Kronberger]

Das Ziel des Demonstrationsprojektes Eberlgasse, die Sanierung im Passivhausstandard, konnte erreicht werden. Tabelle 6 fasst die Ergebnisse der Passivhaus-Sanierung Eberlgasse zusammen:

Tabelle 6: Zusammenfassung Ergebnisse Passivhaus-Sanierung Eberlgasse

Gebäudekenndaten	Vor der Sanierung	Nach der Sanierung
Wohnungen	10 Wohneinheiten (EG: 4 WE / RG: 2x3 WE)	10 Wohneinheiten (EG: 2 WE / RG: 2x3 WE / DG: 2 WE)
Wohnnutzfläche (WNF):	585 m	848 m (inkl. 230 m Dachgeschossausbau)
Brutto-Grundfläche (BGF):	901 m (Wohnnutzung)	1.277 m (Wohnnutzung inkl. 331,5 m DG-Ausbau)
Heizwärmebedarf:	177,6 kWh/m <sub>BGF,a</sub> (OIB)	7,55 kWh/m <sub>BGF,a</sub> (OIB) 14,8 kWh/m <sub>a</sub> (PHPP)
Primärenergiebedarf	Keine Ermittlung	108 kWh/ma (PHPP)
Heizlast	Keine Ermittlung	9,1 W/m (PHPP)

Die Sanierung musste aufgrund aufrechter Bestandsverhältnisse abschnittsweise durchgeführt werden. Insbesondere die intensive Zusammenarbeit zwischen Planung,

ausführenden Gewerken und BewohnerInnen und die daraus resultierenden individuellen Lösungen für die einzelnen Wohneinheiten sorgten für eine hohe Akzeptanz unter den BewohnerInnen und waren für das Gelingen der abschnittswisen Sanierung verantwortlich.

Die energetische Performance des Gründerzeitgebäudes Eberlgasse wurde durch die Sanierung mittels bewährter Passivhaus-Komponenten wie hochwärmegedämmter thermischer Gebäudehülle, Fenstern in Passivhausqualität, Wärmebrückenoptimierung, luftdichte Gebäudehülle und einer Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung deutlich verbessert. In Abbildung 51 ist die energetische Bewertung hinsichtlich des Heizwärmebedarfs des unsanierten Bestands, der Anforderung an größere Renovierungen von Wohngebäuden (gemäß OIB-Richtlinie 6 (Ausgabe Oktober 2011)) und des sanierten Passivhaus Eberlgasse dargestellt:

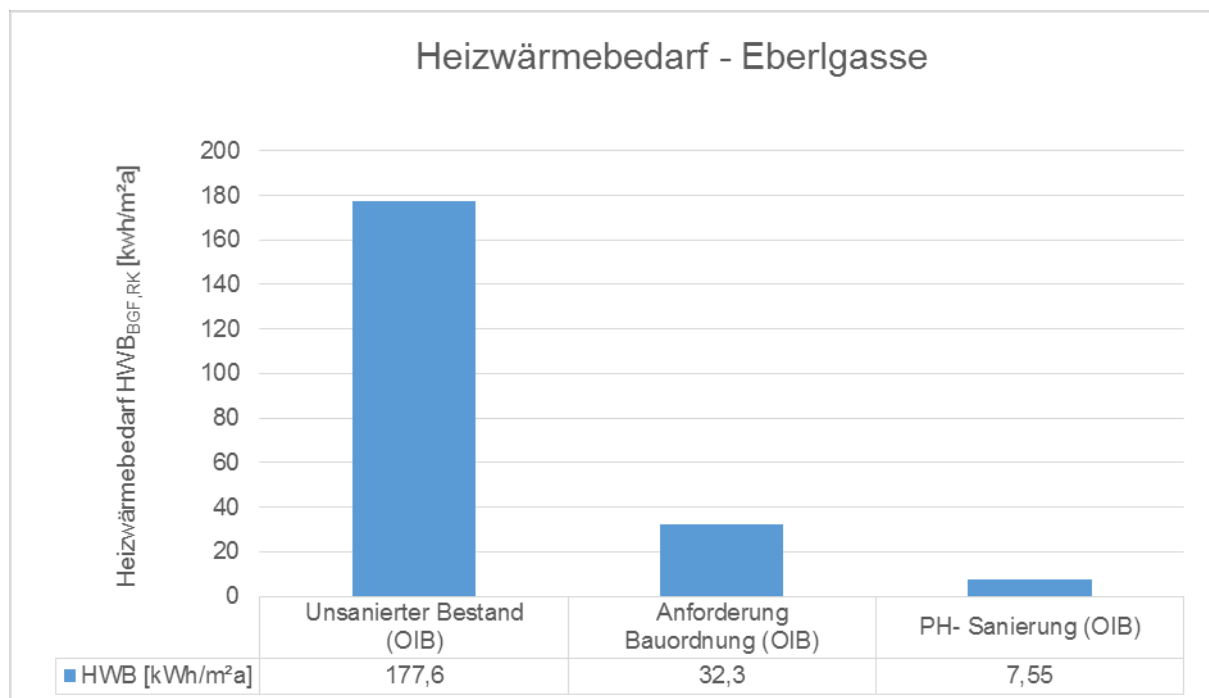


Abbildung 51: Vergleich Heizwärmebedarf [kWh/m<sup>BGF</sup>\*a] unsaniertes Bestand, Anforderung gemäß OIB Richtlinien 6 (Ausgabe 2011) und saniertes Passivhaus Eberlgasse [Quelle: Schöberl & Pöll GmbH]

Das sanierte Passivhaus Eberlgasse hat einen Heizwärmebedarf Berechnungsmethode des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB) von ca. 7,55 kWh/(m<sup>BGF</sup>.a)<sup>4</sup> bzw. 14,8 kWh/(m<sup>EBF</sup>.a) nach Berechnung gemäß Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP).

Gegenüber den unsanierten Gebäudebestand wurde durch die Sanierung im Passivhaus-Standard der Heizwärmebedarf um ca. 165 kWh/(m<sup>BGF</sup>.a) bzw. über 90 % reduziert. Auch

<sup>4</sup> Wert entspricht dem Energieausweis der Einreichung. Zum Berichtslegungszeitpunkt lag der Energieausweis der Fertigstellung vom Passivhaus Eberlgasse noch nicht vor.



die baurechtlichen Anforderungen an den Heizwärmebedarf gemäß OIB- Richtlinie 6 werden um ca. 70% unterschritten.

Durch ein über den derzeit üblichen Sanierungsstandard hinausgehendes Effizienzmaßnahmenpaket in Form des Einsatzes hochenergieeffizienter Haushaltsgeräte und LED-Beleuchtung sowie der Nutzung erneuerbarer Energiequellen durch eine Grundwasser-Wärmepumpe und Fotovoltaikanlage wurden weitere Einsparungen im Bereich der Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen erzielt.

Neben den positiven ökologischen und energetischen Effekten wurden durch die Sanierungsmaßnahmen die Wohnbehaglichkeit sowie der Wohnkomfort gesteigert und somit ein zeitgemäßer Wohnstandard geschaffen.

Zusammenfassend waren für die gelungene Passivhaus-Sanierung Ebergasse im Wesentlichen die nachfolgenden Komponenten verantwortlich:

- Abschnittsweise Sanierung der einzelnen Wohneinheiten in individueller Abstimmung mit den BewohnerInnen,
- Hochwärmegeämmte Ausführung der opaken Gebäudeteile (Straßen-, Hoffassade und Kellerdecke),
- Einbau von Fenstern in Passivhausqualität (Holz-Aluminium Konstruktion mit 3-Scheiben-Isolierverglasung),
- Reduzierung von Wärmeverlusten durch wärmebrückenfreie bzw. wärmebrückenarme Ausführung von Detailknoten,
- Herstellung einer luftdichten Gebäudehülle im Bestand,
- Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung.

## 7 Zusammenfassung und Empfehlungen

Das Bauvorhaben Eberlgasse hat gezeigt, dass auch die thermisch-energetisch Sanierung von Gründerzeithäusern im Passivhausstandard realisierbar ist. Durch Einhaltung der Kriterien des Passivhaus Instituts (PHI) gemäß Tabelle 2 hinsichtlich Primärenergiebedarf, Heizlast und Heizwärmebedarf, wurde das wesentlich strenger definierte Niveau von Passivhaus-Neubauten nachgewiesen. Mit dieser Sanierung ist erstmals für ein gründerzeitliches Gebäude in Österreich der Lückenschluss zum hochwertigen Neubau in thermisch-energetischer Sicht gelungen. Somit weist das Gebäude sehr hohen Demonstrationscharakter auf, da gezeigt wird, dass auch bei historischen Gebäuden der Passivhausstandard möglich ist.

Das repräsentative Demonstrationsprojekt in der Eberlgasse zeigt durch die Verwendung bewährter Passivhauskomponenten multiplizierbare Lösungen auf, die für eine Vielzahl von historischen Gebäuden angewendet werden können und leistet so einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Stadterneuerung.

Aus dem Planungs- und Ausführungsprozess des Projektes Eberlgasse ergaben sich die folgenden Empfehlungen und Erkenntnisse für künftige Passivhaus-Sanierungen:

- Die Einhaltung der Passivhaus-Kriterien ist nur mittels einer bautechnisch sehr detaillierten Auseinandersetzung mit dem Sanierungsobjekt zu bewerkstelligen. Hier sind weitere Entwicklungen von Detaillösungen wie beispielsweise [SCH13b] notwendig.
- Entwicklung verbesserter technischer Lösungsansätze für die Herstellung einer umlaufend lückenlosen Luftdichtheitsebene im Bestand.
- Entwicklung noch effizienterer Lüftungsanlagen im Hinblick auf die Wärmerückgewinnung und die Stromeffizienz.
- Die Einhaltung des Passivhaus-Grenzwertes im Bereich des Primärenergiebedarfs von  $120 \text{ kWh/m}_{\text{EBF}} \cdot \text{a}$  ist unter Berücksichtigung aller Verbraucher und Beibehaltung der Bestandsgeräte im Regelfall erreichbar. Für eine weitere primärenergetische Optimierung sind über den herkömmlichen Standard hinausgehende Entwicklungen zu setzen, insbesondere im Bereich der Haushaltsgeräte und anderer Haustechnikkomponenten.

## 8 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

### 8.1 Literaturverzeichnis

- [AMA12] Amann, C. et al.: Gründerzeit mit Zukunft. Subprojekt 2: Grundlagen und Machbarkeitsstudien. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Wien, Juni 2012
- [BAU10a] Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien), idF. LGBl. Nr. 46/2010. §62a, Abs. 1, Pkt. 31. Wien, 2010
- [BAU10b] Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien), idF. LGBl. Nr. 46/2010. Artikel V, Abs. 5. Wien, 2010
- [FEI98] Feist, W. et al.: Passivhaus – Fenster. Protokollband Nr. 14. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II. Darmstadt: Passivhaus Institut, 1998
- [FEI99] Feist, W. et al.: Wärmebrückenfreies Konstruieren. Protokollband Nr. 16. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II. Darmstadt: Passivhaus Institut, 1999
- [FEI03] Feist, W. et al.: Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung. Protokollband Nr. 24. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III. Darmstadt: Passivhaus Institut, 2003
- [FEI01] Feist, W. (Hrsg.): CEPHEUS-Projektinformationen, Technischer Endbericht Nr. 22: CEPHEUS- Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung. Stadtwerke Hannover, 2001. <http://www.enercity.de/myenercity/passivhaus/index.html>
- [FEI07] Feist, W. et al.: Passivhaus Projektierungs Paket 2007 – Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt: Passivhaus Institut, Juni 2007
- [FEI09] Feist, W. et al.: Schrittweise Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. Protokollband Nr. 39. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase IV. Darmstadt: Passivhaus Institut, 2009
- [OEN10] ÖNORM B 8110-6: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“. Ausgabe: 2010-01-01
- [PHI13a] Passivhaus Institut (Hrsg.): Zertifiziertes Passivhaus. Zertifizierungskriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung. Stand 13.05.2013. [http://www.passiv.de/downloads/03\\_zertifizierungskriterien\\_wohngebaeude\\_de.pdf](http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_wohngebaeude_de.pdf)
- [PHI13b] Passivhaus Institut (Hrsg.): EnerPHit und EnerPHit+i. Zertifizierungskriterien für die Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. Stand 13.05.2013. [http://www.passiv.de/downloads/03\\_zertifizierungskriterien\\_enerphit\\_de.pdf](http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_enerphit_de.pdf)
- [SCH09] Schöberl, H. et al.: Thermische und raumklimatische Sanierung durch Passivhausfenster und Lüftungsanlage im Geschosswohnungsbau. Wohnbauforschung, BMWFJ - Endbericht Projekt F 1487. Wien, Juli 2009

- [SCH10] Schöberl, H. et al.: Zielgruppengerechte Verbreitung sowie aktiver Wissenstransfer von gebauten wärmebrückenfreien und -armen Passivhaus-Konstruktionen. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Wien, Mai 2010
- [SCH13] Schöberl, H. et al.: Kostengünstige mehrgeschossige Passivwohnhäuser. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2013
- [SCH13b] Schöberl, H.: Sanierung mit Passivhaustechnologie vom Baumeister – abgesicherte Planungsunterlagen. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Wien, Februar 2013

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Straßenfassade vor und nach Sanierung .....	8
Picture 2: Street façade before and after renovation.....	10
Abbildung 3: Komponenten für die Passivhaus-Sanierung .....	16
Abbildung 4: Luftbildaufnahmen Eberlgasse.....	18
Abbildung 5: Stadtentwicklungsgebiete angrenzend an Eberlgasse .....	19
Abbildung 6: Flächenwidmungs- und Bebauungsplan Eberlgasse.....	19
Abbildung 7: Straßen- und Hofansicht Eberlgasse .....	20
Abbildung 8: Hofseitige Dachansicht Eberlgasse.....	20
Abbildung 9: Stiegenhaus Eberlgasse .....	20
Abbildung 10: Unterschiedliche Fenstertypen, -konstruktionen und -baustoffe in Straßen- und Hoffassade .....	21
Abbildung 11: Zustand der noch vorhandenen Nachkriegsfenster vor der Sanierung .....	21
Abbildung 12: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandsgrundriss Eberlgasse .....	22
Abbildung 13: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandschnitt Eberlgasse .....	23
Abbildung 14: Wiederaufbauplan 1948 - Bestandsansicht Straßenfassade Eberlgasse .....	23
Abbildung 15: Gebäudeschnitt mit eingezeichnetem Verlauf der thermischen Gebäudehülle .....	30
Abbildung 16: Grundriss Erdgeschoß .....	31
Abbildung 17: Grundriss 2.Obergeschoß.....	32
Abbildung 18: Randwulst-Streifen Verklebung der zweiten Dämmstofflage .....	33
Abbildung 19: Zweilagige Fassadendämmung und geschoßweiser Brandschutzriegel.....	34
Abbildung 20: Dämmung der Kellerdeckenunterseite .....	35
Abbildung 21: Kragendämmung aus Mineralwolle .....	35
Abbildung 22: Dämmung der Bodenplatte des neuen Aufzugschachtes.....	36
Abbildung 23: Neuer Aufzugschacht aus Betonschalsteinen .....	37
Abbildung 24: Neue Aufzugskabine.....	37
Abbildung 25: Vertikalschnitt Fensteranschluss beim Projekt Eberlgasse .....	39
Abbildung 26: Fensterabbruch (links) und Glatzstrich (rechts).....	40
Abbildung 27: Fenstermontage vor das Mauerwerk (links) und winddichter Fensteranschluss (rechts) .....	40
Abbildung 28: Positionierung der Fenster in der Dämmebene (links) und Überdämmung des Fensterstockes (rechts) .....	41
Abbildung 29: Abschrägung der Dämmung im Bereich der Fensterleibung .....	41
Abbildung 30: Detail der Abschrägung der Dämmung im Bereich der Fensterleibung .....	42
Abbildung 31: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Außenwand – Kellerdecke (ohne Kragendämmung außen und mit Kragendämmung innen) .....	43
Abbildung 32: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Außenwand – Kellerdecke (mit Kragendämmung außen und innen) .....	44
Abbildung 33: Perimeterdämmung entlang der Hoffassade vor Korrektur der optimalen Ausführung.....	45
Abbildung 34: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke tragende Innenwand – Kellerdecke ..	46

Abbildung 35: Isothermen-Darstellung. Wärmebrücke Außenwand – Feuermauer.....	47
Abbildung 36: Fehlendes Weichschott beim Schachtabschluss (links) und Lufteintritt im Bereich der Türzarge (rechts).....	48
Abbildung 37: Lufteintritt am Spülkastendrucker (links) und unzureichende Verputzung von Durchbrüchen (rechts).....	48
Abbildung 38: Grundriss Kellergeschoß mit Lage der haustechnischen Komponenten .....	50
Abbildung 39: Zentrales Lüftungsgerät im Keller .....	51
Abbildung 40: Außenluftansaugung im Hof.....	51
Abbildung 41: Steigschacht für vertikale Luftleitungsführung .....	52
Abbildung 42: Regelung Lüftung und Heizung.....	53
Abbildung 43: Grundwasser-Wärmepumpe und Wärmespeicher für Heizkreis und Warmwasserversorgung.....	53
Abbildung 44: Grabungsarbeiten Brunnen.....	54
Abbildung 45: Anordnung eines Heizradiators über der Tür beim Projekt Eberlgasse .....	55
Abbildung 46: Neu eingebaute Küche, ausgestattet mit hochenergieeffizienten Haushaltsgeräten .....	56
Abbildung 47: Fotovoltaikanlage am Dach.....	56
Abbildung 48: Luftbildaufnahme der abgeschlossenen Sanierung Eberlgasse .....	61
Abbildung 49: Straßenfassade vor und nach Sanierung .....	61
Abbildung 50: Hoffassade vor und nach Sanierung .....	62
Abbildung 51: Vergleich Heizwärmebedarf [kWh/mBGF*a] unsanierter Bestand, Anforderung gemäß OIB Richtlinien 6 (Ausgabe 2011) und saniertes Passivhaus Eberlgasse .....	63

### 8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der „Gründerzeit mit Zukunft“- Demoprojekte (Stand Mai 2014) .....	13
Tabelle 2: Passivhauskriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung gemäß Passivhaus Institut je m Energiebezugsfläche .....	15
Tabelle 3: EnerPHit-Zertifizierungskriterien gemäß Passivhaus Institut .....	15
Tabelle 4: Übersicht thermische Qualität der Gebäudehülle des Bauvorhabens Eberlgasse 3. .....	28
Tabelle 5: Rechnerische Kompaktheit des Bauvorhabens Eberlgasse 3 ohne Berücksichtigung des Dachgeschoßausbaus. Flächenangaben aus PHPP-Nachweis. ....	29
Tabelle 6: Zusammenfassung Ergebnisse Passivhaus-Sanierung Eberlgasse .....	62