

Gründerzeit mit Zukunft

Demonstrationsprojekt Kaiserstraße Dokumentation und Monitoring

Autoren:

Johannes Rammerstorfer, Walter Hüttler, Manuel Krempl, Christoph Lugmeyer
(e7 Energie Markt Analyse)

Fritz Oettl (pos architekten)

Helmut Schöberl (Schöberl & Pöll)

Karin Sammer (ÖVI Österreichischer Verband Immobilitätstreuhändler)

Margarete Havel (Havel & Havel)

Paul Wegerer (TU Wien)

Eigentümer: **Kongregation der Mission vom heiligen Vinzenz von Paul (Lazaristen)**,
Pater Mag. Eugen Schindler CM

Generalplaner: **Trimmel Wall Architekten ZTGmbH**, Arch. Günther Trimmel, Arch. Isabella Wall

März 2017

Leitprojekt „**Gründerzeit mit Zukunft**“, Subprojekt 5 „**Dokumentation und Monitoring**“

Leitprojektmanagement: **Walter Hüttler** (e7 Energie Markt Analyse)

Gründerzeit mit Zukunft

Gesamtheitliche Modernisierung
von Gründerzeitgebäuden

Haus der Zukunft Plus ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt.

Impressum

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11/43
1020 Wien
Österreich

Telefon +43-1-907 80 26
Fax +43-1-907 80 26-10
office@e-sieben.at
<http://www.e-sieben.at>



Gründerzeit mit Zukunft

Demonstrationsprojekt Kaiserstraße

Dokumentation und Monitoring



Abbildung 1: Demonstrationsprojekt Kaiserstraße (Quelle: Oettl)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	3
2	Einleitung.....	6
3	Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen.....	7
3.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	7
3.1.1	Grundstück, Städtebau	8
3.2	Konzept der technischen Evaluierung	9
3.2.1	Checkliste für die Evaluierung.....	10
3.2.2	Checkliste als flexibles Werkzeug.....	10
3.3	Basisdaten	11
3.3.1	Rechtsform und Nutzung	12
3.3.2	Flächenbilanz	12
3.3.3	Kosten Übersicht	13
3.4	Technisch-funktionale Verbesserung	13
3.4.1	Technische Infrastruktur	13
3.4.2	Funktionale Verbesserungen	14
3.5	Bautechnische Maßnahmen.....	16
3.5.1	Fenster im Altbestand.....	16
3.5.2	Fassaden.....	18
3.5.3	Innendämmung.....	21
3.5.4	Schrägverglasung im Denkmalschutz.....	27
3.5.5	Geschoßdecken	29
3.5.6	Neuer Dachaufbau.....	30
3.6	Haustechnische Maßnahmen.....	31
3.7	Energetische Kennwerte	35
3.8	Abweichung zur Planung.....	45
3.8.1	Bauliche Maßnahmen.....	45
3.8.2	Haustechnische Maßnahmen	45
3.9	Lernerfahrungen.....	45
4	Ergebnis messtechnische Untersuchungen	46
4.1	Grundlegendes zum Monitoring.....	46

4.1.1	Monitoringkonzept	48
4.2	Komfortparameter	50
4.2.1	Behaglichkeit - Einzelauswertung der Referenzwohnungen.....	51
4.2.2	Komfortparameter Wohnungsvergleich.....	62
4.3	Energiebilanz	65
4.3.1	Stromverbrauch	65
4.3.2	Heizwärme.....	66
4.3.3	Endenergie und Primärenergie	67
4.4	Evaluierung Haustechnik.....	69
4.4.1	Lüftung	69
4.5	Ergebnisse Monitoring Innendämmung	72
4.5.1	Aufgabenstellung und Aufbau des Monitorings	72
4.5.2	Auswertung der Messergebnisse der Innendämmung	74
4.5.3	Ergebnisse der Schlagregenmessung	86
4.5.4	Wärmestrommessung.....	88
5	Kostenmonitoring	95
5.1	Investitionskosten.....	95
5.2	Kosten im laufenden Betrieb	97
5.3	Gesamtkostenbetrachtung über den Lebenszyklus	101
6	Sozialwissenschaftliche Evaluierung	104
6.1	Begleitung Sanierungsprozess	104
6.2	Ergebnisse der Befragung der MieterInnen	107
6.3	Schlussfolgerungen.....	112
7	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	113
7.1	Wohnrechtliche Ausgangssituation.....	113
8	TQB Gebäudezertifizierung	114
9	Verzeichnisse	117
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	117
9.2	Tabellenverzeichnis.....	121
9.3	Literaturverzeichnis	121

1 Zusammenfassung

Die Sanierung des denkmalgeschützten Gründerzeithauses in der Kaiserstraße ist eines von vier der im Rahmen des Haus der Zukunft Plus Leitprojekt „Gründerzeit mit Zukunft“ umgesetzten Demonstrationsprojekte. Das innovativ sanierte Gebäude wurde 2013 fertiggestellt und wird über 2 Betriebsjahre messtechnisch begleitet. Neben dem Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring und der technischen Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen erfolgt eine Kostenbetrachtung, die Evaluierung der NutzerInnenzufriedenheit, die Dokumentation der wohnrechtlichen Lösungsansätze sowie die Zertifizierung nach den Qualitätskriterien der ÖGNB.

▪ Architektur und Bautechnik

Das Projekt Kaiserstraße 7 liegt in einem typischen Wiener Gründerzeitviertel (7. Bezirk) und besteht aus dem nördlichen Teil des städtebaulichen Ensembles um die Lazaristenkirche. Der spezielle Nutzungsmix von Sozialeinrichtung für Obdachlose, Wohnnutzung für den Eigenbedarf und Vermietung erforderte einen komplexen Planungsprozess und funktionelle Adaptierungen, die den Umfang einer Standardsanierung überschreiten, wie beispielsweise der Einbau eines zweiten Liftes.

Die Hauptfassaden des Bestandes mit Klinkerflächen wurden denkmalgerecht saniert. Bei den historischen Fenstern wurden die Außenflügel belassen und die Innenflügel durch moderne Holzflügel mit Isolierglas ersetzt. Die historischen Fassaden wurden thermisch mit einer 5cm Innendämmung aufgewertet. Ein moderner Anbau ergänzt das Ensemble an der Westecke und verweist mit neuer Formensprache auf die historische Klinkerfassade.

Der Dachausbau wurde in zwei Geschoßen als hochwertige Mietwohnungen mit großzügigen Terrassen realisiert. Für die Belichtung in der historischen Dachfläche wurde eine innovative Lösung mit flächenbündigen Sonnenschutzlamellen entwickelt und realisiert.

Das Projekt Kaiserstraße kann als ambitioniertes Beispiel für eine hochwertige Sanierung unter den Auflagen des Denkmalschutzes betrachtet werden.

▪ Haustechnik und Energie

Die Kaiserstraße befindet sich im Versorgungsgebiet der Fernwärme, welche auch bereits vor der Sanierung zur Wärmeversorgung des Bestandsobjektes genutzt wurde. Der Dachgeschoßausbau sowie das gesamte dritte Obergeschoß werden über eine Fußbodenheizung mit Wärme versorgt. Das erste Obergeschoß sowie das Erdgeschoß werden ausschließlich über Heizkörper beheizt, wobei im 1. Obergeschoß teilweise Heizkörper erneuert wurden. Im Erdgeschoß wurde die bestehende Wärmeversorgung nicht saniert.

Die zentrale Lüftungsanlage mit WRG wurde im Kellergeschoß untergebracht.

Das Bestandsobjekt weist einen berechneten Heizwärmebedarf von knapp 132 kWh/m²a auf (EG: 147 kWh/m²a; 1.-3. OG: 125 kWh/m²a). Durch die Sanierungsmaßnahmen in Verbindung mit einem hochqualitativen Dachgeschoßausbau konnte der berechnete Heizwärmebedarf auf insgesamt 26,5 kWh/m²a, bezogen auf das Gesamtgebäude, reduziert werden. Der spezifische Bedarf je m² Bruttogrundfläche wurde damit trotz Gründerzeitfassade und Denkmalschutz um Faktor 5 reduziert, wodurch der Wert auch deutlich die für einen Neubau gültigen Anforderungen unterschreitet.

▪ **Messtechnische Evaluierung**

Monitoringergebnis Demonstrationsobjekte Gründerzeit mit Zukunft Spezifische Energietechnische Kenngrößen	
Objekt	Kaiserstraße
Anzahl Wohneinheiten	28
Gesamte Wohnnutzfläche inkl. DG Ausbau	2.750 m ²
Brutto-Grundfläche BGF lt. Energieausweis (inkl. DG Ausbau)	3.098 m ²
<i>Die BGF wird für alle folgenden spezifischen Kennwerte als Bezugsgröße herangezogen. Für die Berechnung von Primärenergieverbrauch und CO₂e- Emissionen wurden die Konversionsfaktoren entsprechend OIB Richtlinie 6 von 2011 herangezogen.</i>	
Messzeitraum	2013 - 2016
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis	26,5 kWh/m ² a
Heizwärmeverbrauch	46,9 kWh/m ² a
Heizwärmeverbrauch (bereinigt)	49,5 kWh/m ² a
Warmwasser Verbrauch (inkl. Speicher und Verteilverluste)	12,8 kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch inkl Hilfsstrom	62,4 kWh/m ² a
Haushaltsstromverbrauch	6,3 kWh/m ² a
Allgemeinstromverbrauch (ohne Hilfsstrom, ggfs. mit Aufzug)	2,0 kWh/m ² a
Stromverbrauch Aufzug [kWh/m ² a]	0,4 kWh/m ² a
Hilfsstromverbrauch Heizung	0,3 kWh/m ² a
Hilfsstromverbrauch Lüftung	2,4 kWh/m ² a
Endenergieverbrauch	71,1 kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch gesamt	125,3 kWh/m ² a
CO ₂ e-Emissionen	7,8 kg/m ² a
Anzahl Referenzwohnungen mit Messung Komfortparameter	3
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (T außen < 12°C)	22,6 °C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (T außen > 12°C)	25,7 °C
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	23,2 %
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	3,3 %

Die Detailuntersuchung der in der Kaiserstraße ausgeführten Innendämmung mit 5 cm Mineralschaumdämmplatte zeigt, dass bei den gegebenen Rahmenbedingungen über den Messzeitraum von drei Heizperioden keine kritischen Feuchtezustände im

Außenwandquerschnitt auftreten. Bei der durchgeführten Wärmestrommessung ergeben sich für zwei Messzeiträume dynamische U-Werte der sanierten Außenwand von 0,499 bzw. 0,502 W/m²K. Das 52 cm dicke Bestandsmauerwerk inklusive Verputz weist einen Bestands-U-Wert von 1,12 W/m²K auf. Es liegt somit eine Verbesserung des U-Werts von 0,62 W/m²K vor.

▪ **Kostenbetrachtung**

Die gesamten Errichtungskosten für das Sanierungsprojekt betragen rund 5.160.000 € (excl. USt.). Davon entfallen ca. 4.400.000 € auf die Bauwerkskosten (Rohbau, Technik, Ausbau). Die Differenz von 760.000 € beinhaltet sämtliche Honorare sowie die Baustelleneinrichtung. Das Verhältnis von Bauwerks- zu Errichtungskosten liegt bei 85%.

Die Bauwerkskosten gliedern sich in:

- | | | |
|------------|-----------------|------|
| ▪ Rohbau: | ca. 1.100.000 € | 25 % |
| ▪ Technik: | ca. 900.000 € | 20 % |
| ▪ Ausbau: | ca. 2.400.000 € | 55 % |

▪ **NutzerInnenzufriedenheit**

Die energietechnischen Aspekte des Wohngebäudes spielten bei der Entscheidung für die Wohnung für die NutzerInnen keine Rolle. Wichtige Entscheidungsgründe waren die Größe und die hochwertige Erstausrüstung der Wohnung (Holzfußboden, Einbauküche, Glastüren, Gegensprechanlage). Die Badezimmer wurden von einigen Befragten kritisiert, weil diese zu klein und zu dunkel seien. Mit der Erwärmung und Lüftung der Wohnungen in der kühleren Jahreszeit besteht hohe Zufriedenheit. Es gibt keine Störungen und Geräusche.

Die Überhitzung der Wohnungen im Sommer wird als unangenehm beschrieben (durch das Monitoring wurde eine Fehlfunktion des Heizregisters der Lüftungsanlage erkannt, von April bis Juli 2015 wurde die Zuluft beheizt).

Das Lüftungsverhalten hat sich gegenüber die Vorwohnungen subjektiv nur wenig geändert. In einer Wohnung mit Blick auf den Garten bleiben die Fenster an schönen Tagen tagsüber offen.

Obwohl die befragten MieterInnen keinen weiteren Informationsbedarf sehen, scheint es sinnvoll, nochmals Informationen zur Wohnraumlüftung, Heizung und Brandmeldesystem zu geben und auf das Verhalten bei Störfällen hinzuweisen.

▪ **Gebäudezertifizierung**

Der Schwerpunkt des Demonstrationsprojektes liegt auf der Umsetzung eines zeitgemäßen Wohnstandards auf einem hohen Qualitätsniveau und gleichzeitiger Vereinbarkeit anspruchsvoller energietechnischer Anforderungen und den Vorgaben durch den Denkmalschutz. Insgesamt wurden für das Demonstrationsprojekt Kaiserstraße 708 von 1.000 möglichen Punkten erreicht.

2 Einleitung

Im Fokus des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ steht die forcierte gesamtheitliche Modernisierung von Gründerzeitgebäuden unter Anwendung innovativer technischer und organisatorischer Lösungen. Dadurch soll die thermisch-energetische Qualität von zukünftigen Sanierungen deutlich verbessert und damit ein Beitrag zur Schaffung eines CO₂-neutralen Gebäudesektors geleistet werden. Im Zuge des Projekts werden multiplizierbare Konzepte sowie innovative technische und organisatorische Lösungen an 4 Objekten demonstriert.

Im Vordergrund des Demonstrationsprojekts Kaiserstraße stand die umfassende Sanierung des unter Denkmalschutz stehenden Gebäudes unter Anwendung innovativer Technologien zur Gewährleistung eines zeitgemäßen Wohnstandards mit hohem Wohnkomfort. Ziel war, mit der energetischen Sanierung des Bestandgebäudes und dem hocheffizienten Dachgeschoßausbau als Ganzes eine nachhaltige Systemlösung darzustellen, welche eine hohe Multiplizierbarkeit für eine Großzahl von Gründerzeithäusern aufweist.

Um Aussagen über die tatsächliche Performance des Gebäudes treffen zu können, wird das Objekt im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ für die Dauer von 2 Jahren einem technischen Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring unterzogen. Ziel des Subprojekts ist die Dokumentation und das begleitende Monitoring der Demonstrationsprojekte hinsichtlich der umgesetzten Maßnahmen und deren Kosten im Bau sowie im laufenden Betrieb und im Hinblick auf die energetischen Effekte sowie die Komfortbedingungen. Die Demonstrationsprojekte werden weiters auf die NutzerInnenzufriedenheit und die Erfahrungen mit den Sanierungsprozessen sozialwissenschaftlich begleitet, darüber hinaus werden die zur Umsetzung innovativer Sanierungsmaßnahmen erforderlichen wohnrechtlichen Lösungsansätze dokumentiert und Vorschläge für den Mietrechtsgesetzgeber und die Sanierungsförderung erarbeitet.

Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der Begleituntersuchung sowie die Lernerfahrungen bei der Umsetzung dargestellt und die Planungswerte mit der tatsächlichen Performance im Gebäudebetrieb verglichen. Der Monitoringbericht zeigt das breite Feld von technischen, rechtlichen und organisatorischen Maßnahmen auf, die bei der innovativen Sanierung der Kaiserstraße umgesetzt wurden.

Der Bericht richtet sich an Planer, Hausverwaltungen, Eigentümer und Investoren, die im Bereich der Sanierung von Gründerzeitgebäuden tätig sind.

3 Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen

Fritz Oetl (pos architekten), Manuel Krempl (e7)

3.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Im Rahmen des Leitprojektes sollten Demonstrationsgebäude realisiert werden. Die beabsichtigte Vorgangsweise war, diese potentiellen Bauprojekte in der Konzeptphase mit einer technischen Machbarkeitsstudie zu unterstützen, um das Innovationspotential aufzuzeigen und um die Auswirkungen auf die Energie- und CO₂-Bilanz abzuschätzen.

Das Projekt Kaiserstraße war insofern interessant, weil es zwei wesentliche Abweichungen von einem Standard-Gründerzeithaus aufweist:

1. Das Nutzungskonzept: es handelt sich im ausgebauten Zustand um ein Mischkonzept aus Eigennutzung, Vermietung und sozialer Einrichtung.
2. Das Objekt unterliegt dem Denkmalschutz und verlangte besondere Maßnahmen beim Dachausbau und bei Anbauten.

Ziel des Projektes war, einige innovative Lösungen im Bereich der Gebäudehülle des Altbestandes umzusetzen, wobei der Fokus auf der Erfüllung der Denkmalschutzaufgaben lag.

Datenauszug des Projektes Kaiserstraße:

Adresse: 1070 Wien, Kaiserstraße 7

Eigentümer: Kongregation der Mission vom hl. Vinzenz von Paul (Lazaristen)

Architekt: Architekt Kronreif & Partner ZT GmbH

Baujahr Bestand: ca. 1904

Anzahl Gebäude: der nördliche Flügel des Ensembles

Nutzfläche: Vor/ nach der Sanierung 2120 m² / 2750 m²

Anzahl Wohn- bzw. Nutzungseinheiten: Vor/ nach der Sanierung 32/ 28

Planungsbeginn: Februar 2010

Baubeginn: November 2011

Bauende: September 2013

3.1.1 Grundstück, Städtebau

Das Grundstück Kaiserstraße 7 liegt im 7. Wiener Gemeindebezirk, der stark von Gründerzeitbauten geprägt ist. Das sanierte Gebäude ist Teil eines größeren Ensembles zwischen Kaiserstraße 5-7 im Osten und der stark befahrenen Gürtelstraße im Westen. Das Ensemble befindet sich komplett in einer Schutzzone und steht unter Denkmalschutz.

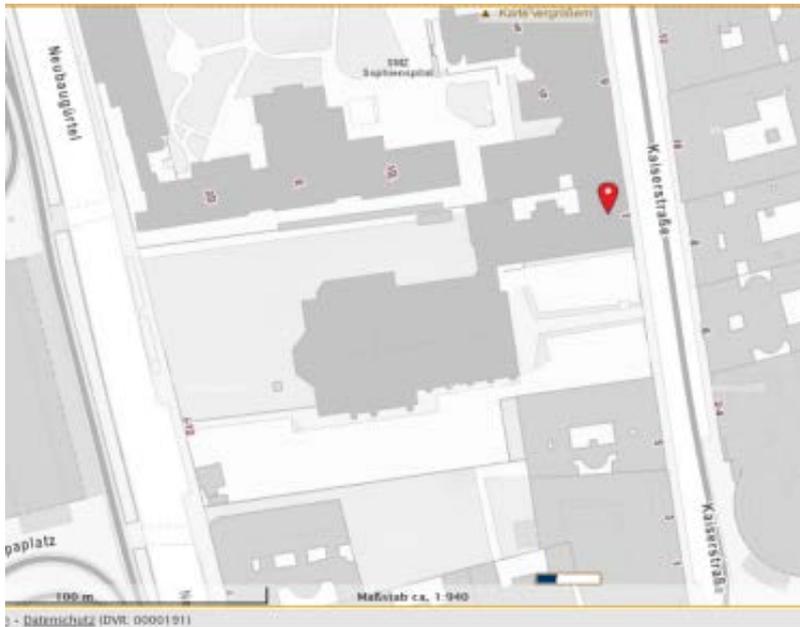


Abbildung 2: Lageplan des Ensembles Kaiserstraße 5-7 (Quelle: <http://www.wien.gv.at/stadtplan/>)

Es handelt sich um eine symmetrische Anlage mit zwei Flügelbauten, die den Vorplatz der Lazaristenkirche rahmen.



Abbildung 3: Ensemble Lazaristenkirche, rechts das sanierte Gebäude Kaiserstraße 7. (Foto: Oettl)

Der nordseitige Flügelbau war Gegenstand der Sanierung. Er stammt aus der spätgründerzeitlichen Bauperiode von 1884-1918, mit Baujahr 1904 und wurde von Architekt Cajetan Miserowsky entworfen¹.

Das sanierte Gebäude liegt an der Nordseite und hat eine überwiegend südseitige Orientierung der Aufenthaltsräume. Die Nordseite zum angrenzenden Sophienspital ist eine geschlossene Brandmauer. Die Schmalseite nach Westen geht auf den Privatgarten.



Abbildung 4: Südfront des sanierten Gebäudes Kaiserstraße 7 (Foto: Oettl).

3.2 Konzept der technischen Evaluierung

Das Konzept der Evaluierung wurde von pos architekten in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern in einem mehrstufigen Zyklus entwickelt

¹ <http://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>

3.2.1 Checkliste für die Evaluierung

In einem ersten Schritt wurde ein umfassender Themenkatalog gelistet und inhaltlich strukturiert. Hier sollen die wesentlichen technischen Elemente einer Gründerzeithaus-Sanierung mit den Kennwerten erfasst werden.

3.2.2 Checkliste als flexibles Werkzeug

Die Basisliste wurde dem Projektbetreiber übergeben und von diesem ausgefüllt. Aus den Lücken und Ergänzungen des Projektbetreibers ergaben sich Fragestellungen, die einerseits in einem persönlichen Interview (mit dem Planer) geklärt wurden und andererseits auch Anpassungen der Tabelle bewirkten. Die Checkliste wird als flexibles Werkzeug gesehen, das durch seine Grundstruktur eine weitgehende Vergleichbarkeit von Sanierungsprojekten ermöglicht. Gleichzeitig wird die Checkliste auf Grund der Spezifika von Einzelprojekten weiter entwickelt.

Themengruppen	Spezifikationen			
Basisdaten				
Kosten		bei Entwurf	bei Vergabe	nach Abrechnung
Erhaltungs-/ Verbesserungsmaßnahmen, allgemein			geplant	ausgeführt
Bautechnische Maßnahmen, Detail				
Haustechnische Maßnahmen				
Kennwerte Energie, Umwelt		geplant	ausgeführt	ausgeführt
Monitoring		geplant	ausgeführt	

Abbildung 5: Datenmatrix (Quelle: pos architekten, Oettl).

3.3 Basisdaten

Basisdaten				
Eigentümer Name	Kongregation der Mission vom hl. Vinzenz von Paul (Lazaristen)			
Eigentümer Anschrift	1070 Wien, Kaiserstraße 7			
Planungsbeginn	11.02.2010			
Baubeginn	28.11.2011			
Fertigstellung, gesamt	Sep.13			
Bezug durch Nutzer 3.OG	ab 01.03.2013			es sind bereits alle Wohnungen vermietet
Bezug durch Nutzer 1.DG		Vermietung läuft		
Grundstücksfläche	7832	m2		Gesamtliegenschaft inkl. Kirche lt.
bebaute Grundstücksfläche	2537	m2		Gesamtliegenschaft, Gebäude KA7+ Kirchengebäude+ Nebengebäude
bebaute Fläche Sanierter Teil	2546	m2		Bebaute Fläche durch neuen Lift vergrößert
Architekt:				
Architekt Kronreif & Partner ZT GmbH	1230 Wien, Johann Hörbiger Gasse 30			
Projektleiter: Arch. Günther Trimmel				
Mitarbeiter: Bruckner Nicole, BSc				

Abbildung 6: Kaiserstraße 7, Basisdaten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Folgende Anmerkungen scheinen für das weitere Gesamtverständnis relevant:

Die relativ lange Planungszeit von fast 2 Jahren erklärt sich aus dem komplexen Prozess der Projektentwicklung, in dem die Eigentümer, als nicht professionelle Bauleute, im Wechselspiel mit dem erfahrenen Architekten das Nutzungs- und Bewirtschaftungskonzept mehrmals den vor allem wirtschaftlichen Rahmenbedingungen anpassen mussten.

Die geringe Bebauungsdichte ist für Gründerzeitviertel völlig untypisch. Eine Bebauung von ca. 30% der Bodenfläche und eine Geschoßflächenzahl von ca. 1,6 liegen weit unter den sonst in Wiener Gründerzeitvierteln auftretenden Dichten von 2,7 bis 3,0.

Die etwas höhere bebaute Fläche resultiert aus einem kleinen viergeschossigen Anbau an der Südwestecke.

3.3.1 Rechtsform und Nutzung

Rechtsformen:		vor Sanierung	nach Sanierung	
	Mietwohnungen	0 WE	12 WE	nach Sanierung: 3.OG und Dg
	Heimplätze	17 WE	7 WE	.
	Eigennutzung Wohnen	12 WE	6 WE	EG+1.OG
	Eigennutzung sonstiges	3 NE	3 NE	Ausspeisung, Kapelle, Großküche

Abbildung 7: Kaiserstraße 7, Rechtsformen der Nutzungseinheiten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Der Vergleich vor und nach der Sanierung zeigt einerseits die starke Änderung der Gebäudenutzung und ist auch ein weiterer Hinweis auf die Komplexität der Projektabwicklung. Generell wurde die soziale und Eigennutzung praktisch halbiert und umgeschichtet auf vermietbare Einheiten, die durch den Dachausbau noch vergrößert wurden. Das Ziel dieser Umschichtung war wahrscheinlich die wirtschaftliche Notwendigkeit, die Sanierungs- und Ausbaurkosten stärker über laufende zusätzliche Erträge zu finanzieren.

3.3.2 Flächenbilanz

Die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist auch in den Nutzflächen gut ablesbar:

Nutzflächen m2	Altbau vor Sanierung	Altbau nach Sanierung	Zubau	Dachausbau	Gesamt nach Sanierung	
NF gesamt (m²)	2120	2120	55	575	2750	
Wohnnutzung	890	990	45	550	1585	Wohnungen, Zimmer, Heimplätze, Aufenthaltsräume, Aufenthaltsbereiche beheizt
Spezielle Nutzg.	600	500	10	0	510	Großküche, Mensa, Kapelle
Haus allg. unbeheizt	630	630	0	25	655	Erschließung, Stiege, Gänge, Lift, Kellerräume

Abbildung 8: Kaiserstraße , Flächenbilanz, Nutzflächen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

So wurde die Wohnnutzfläche um rund 78% erhöht, einen Großteil in Form der wirtschaftlich wertvollsten Dachgeschoße. Dies erklärt auch bereits eine der großen Herausforderungen dieses Sanierungskonzeptes: Es galt den wirtschaftlich wertvollen Dachausbau unter den Anforderungen des Denkmalschutzes zu lösen, insbesondere die Belichtungsanforderungen über die denkmalgeschützte Dachfläche haben letztlich eine der interessantesten neuen Lösungen gebracht. Siehe dazu im Detail das Kapitel Fenster.



Abbildung 9: Kaiserstraße 7, neu geschaffene Mietwohnung im Dachausbau (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

3.3.3 Kosten Übersicht

Die Bauwerkskosten liegen bei 4,4 Mio. Euro (exkl. USt.) und die Errichtungskosten bei 5,16 Mio. Euro (exkl. USt.) für die Sanierung des Bestandsgebäudes und den Dachgeschoßausbau. Bei einer gesamten Wohnnutzfläche im Bestand und DG von 2750 m² entspricht dies Bauwerkskosten von 1.600 Euro/m²WNF (exkl. USt) und Errichtungskosten von 1.876 Euro/m²WNF (exkl. USt.). Nebenkosten und Planungskosten haben einen Anteil von knapp 15% an den Errichtungskosten.

3.4 Technisch-funktionale Verbesserung

Hier werden jene Maßnahmen zusammengefasst, welche wesentlich zur Nutzungsqualität beitragen, die jedoch nicht in den technischen Einzelmaßnahmen gesondert besprochen werden.

3.4.1 Technische Infrastruktur

Die wesentlichen Maßnahmengruppen waren wie folgt:

Erhaltungs-/ Verbesserungsmaßnahmen, allgemein		geplant	ausgeführt
Technische Infrastruktur			
	Erneuerung Steigleitungen	ja	ja
	Erneuerung Leitungen in den Wohnungen	ja	ja
	Umbau best. Aufzug	ja	ja
	Einbau Aufzug	ja	ja

Abbildung 10: Kaiserstraße 7, Technische Infrastruktur Verbesserungen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Neben den auch sonst bei Sanierungen üblichen Standarderneuerungen der Versorgungsleitungen ist ein Hinweis auf das Thema Aufzug angebracht. Wie oben ersichtlich, wurde der bestehende Aufzug umgebaut und ein neuer Aufzug zusätzlich eingebaut. Dieser Mehraufwand erklärt sich aus der komplexen Nutzerstruktur, in der es zwei klar unterscheidbare Nutzergruppen gibt. Die Besucher der sozialen Einrichtungen in den unteren Geschossen und die Dauernutzer der vermieteten Wohnungen im 3. Obergeschoß und Dachgeschoß.

3.4.2 Funktionale Verbesserungen

Funktionale Verbesserungen		geplant	ausgeführt		Anmerkungen
	Fahrradraum	ja	ja		Abstellplätze im Innenhof vorhanden
	Gemeinschaftseinrichtungen	ja	ja		Speisesaal im Erdgeschoss
	Barrierefreiheit	ja	ja		barrierefreie Liftanlage ausgeführt
	Grundrissänderungen	ja	ja		Grundrissänderungen im Altbau
Freiraum, Verbesserung	vor Sanierung	geplant	ausgeführt	ausgeführt	Anmerkung zu Differenzen
	Anzahl WE	Anzahl WE	Anzahl der WE	NF m2	
Garten im EG					Der Pfarrgarten wird ausschließlich von den Lazaristen genutzt, spezielle Vereinbarungen für die Gartennutzung durch Mieter sind angedacht.
Terrasse	0	5	5	103,17	
Balkon	1	1	1	4,80	

Abbildung 11: Kaiserstraße 7, funktionale Verbesserungen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Die Grundrisse im Altbestand wurden ohne große Eingriffe in die Tragstruktur, lediglich durch Einbau von Leichtwänden für Nassräume angepasst.

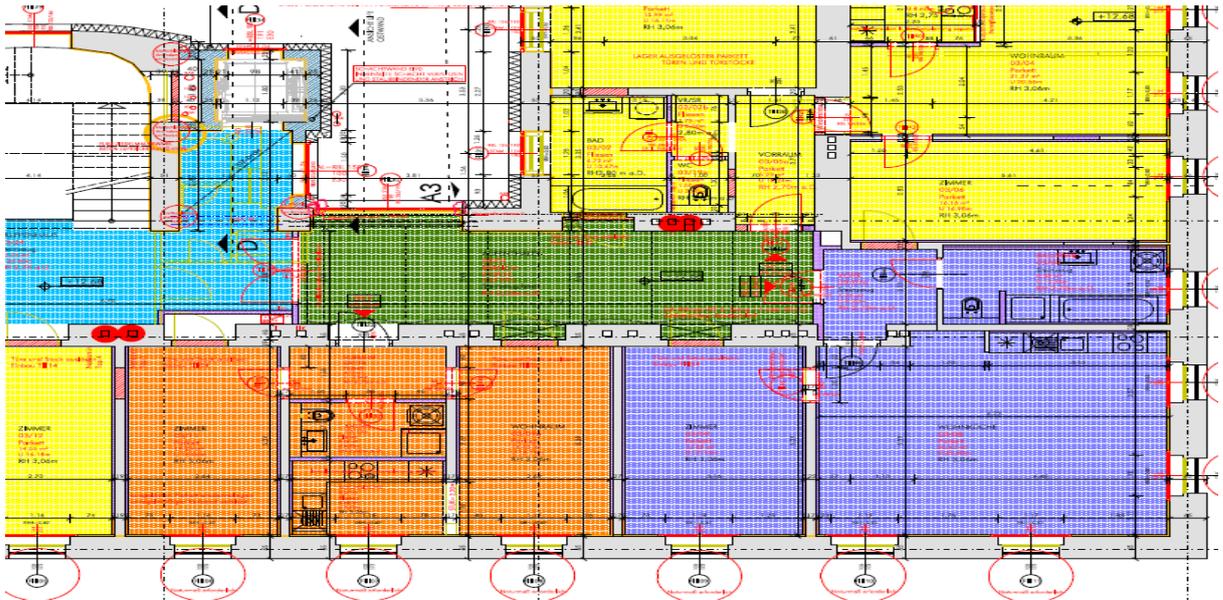


Abbildung 12: Ausführungsplan, 3. OG (Quelle: Architekt Kronreif & Partner)

Die statistische Verbesserung der privat zugeordneten Freiräume basiert auf dem neu ausgebauten Dachgeschoß mit den neu geschaffenen großen Terrassenflächen.

Die sonstigen Freiflächen des Grundstückes werden überwiegend als Parkplatz bewirtschaftet. Der bestehende Garten mit hohem Nutzwert im nordwestlichen Grundstücksteil ist für die Eigennutzung der Eigentümer reserviert.



Abbildung 13: Kaiserstraße 7, Privatgarten der Eigentümer (Foto: Oettl)

3.5 Bautechnische Maßnahmen

Nachfolgend werden die umgesetzten baulichen Maßnahmen entsprechend der Struktur der Evaluierungs-Checkliste dokumentiert und kommentiert.

3.5.1 Fenster im Altbestand

Dieses Projekt legt für die wesentliche thermische Aufwertung des klassischen Wiener Kastenfensters zwei Lösungen vor, die beide Varianten eines neuen Innenflügels darstellen.

Bei der ersten Variante ersetzt ein neues Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung den alten Innenflügel mit Einfachverglasung.

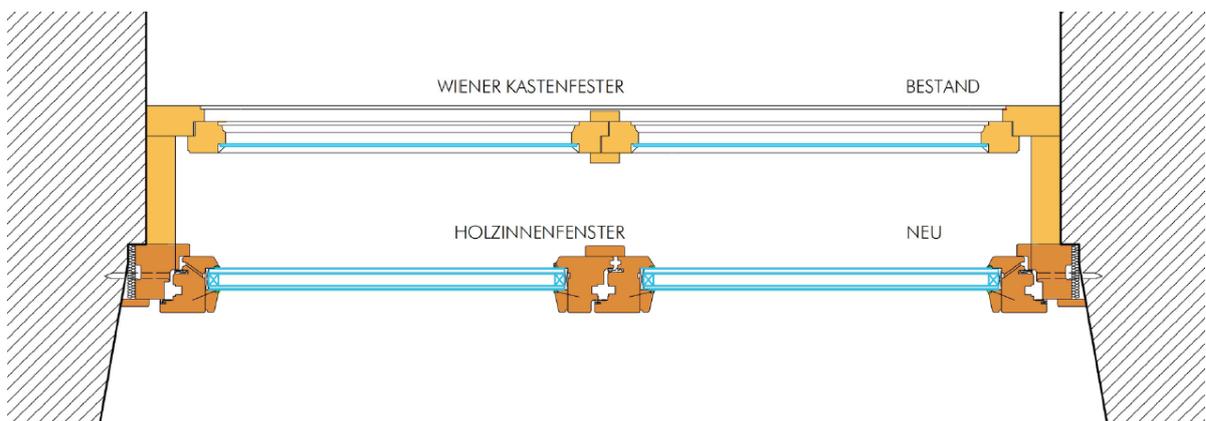


Abbildung 14: Kaiserstraße 7, Fenster im Bestand mit neuem Innenflügel (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Die besondere Herausforderung liegt hier in der Gewährleistung der vollen Öffenbarkeit der Außenflügel durch die genaue Beachtung der Drehgeometrie.



Abbildung 15: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuem Innenflügel, Öffenbarkeit (Foto: Oettl)

Die zweite Lösung setzt den neuen Innenflügel vollständig bündig mit der Innenwandflucht.

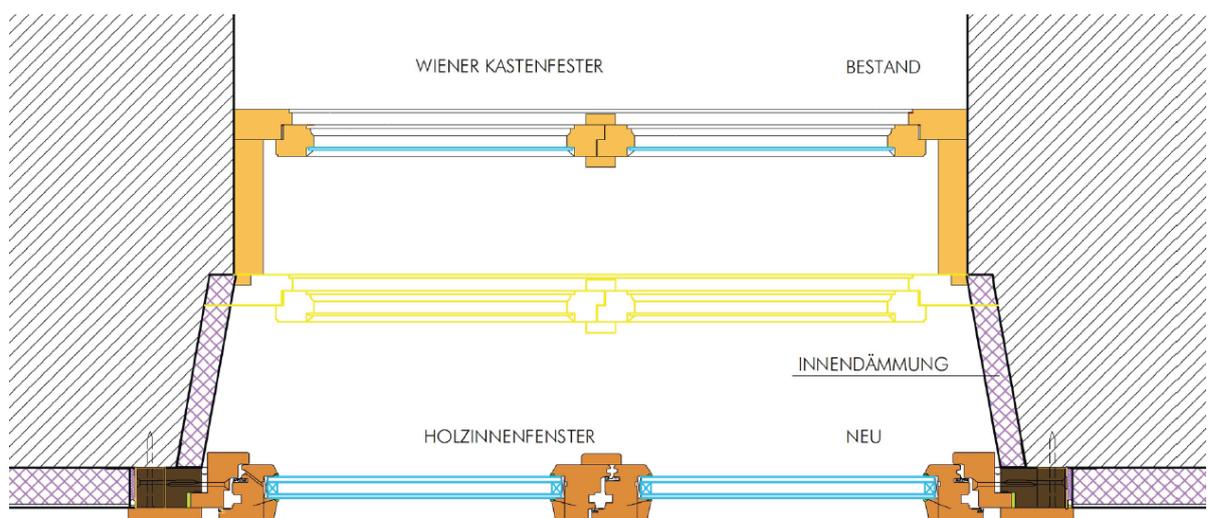


Abbildung 16: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuem Innenflügel bündig mit Innenwandflucht (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Diese Lösung nimmt Bezug auf die verbesserte thermische Situation durch Innendämmung und Laibungsdämmung und stellt für den Altbau eine neuartige technische und raumwirksame Lösung dar.



Abbildung 17: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuen innen bündigen Innenflügeln (Foto: Oettl).

Der Sonnenschutz wird bei den Altfenstern zwischen den Flügeln in bereits im Bestandssturz vorhandenen Rollläden-Nischen untergebracht.

3.5.2 Fassaden

Die denkmalgeschützten Fassaden zur Platzmitte hin wurden instand gesetzt und restauriert und von der Innenseite gedämmt. Die Fassaden ohne Zierteile wurden mit 20 cm WDV System gedämmt. Bei den Feuermauern konnte nach Verhandlungen mit den Grundstücksnachbarn auf konventionelles Wärmedämmverbundsystem von außen zurückgegriffen werden, welches mit 10 cm Mineralwolle ausgeführt wurde.

Fassaden		<i>geplant</i>	<i>geplant</i>	<i>ausgeführt</i>	<i>ausgeführt</i>
<i>Bauteil</i>	<i>System</i>	<i>Material</i>	<i>U gesamt, W/m²K</i>	<i>System, Material</i>	<i>U gesamt, W/m²K</i>
glatte Fassade					
	WDV	EPS-F	0,166	Capatect MF-Fassadendämmplatte	0,152
	hinterlüftete WD-Fassade	20cm Mineralische Dämmung	0,130	Mineralische Dämmung	0,130
Fassade mit Zierteilen					
	Innendämmung				
	Regelfall	5cm Kalziumsilikat-Platten	0,444	5cm Kalziumsilikat Platten	0,444
	Test in OG3/10	10 cm Multipor	0,297	10 cm Multipor	0,297
Feuermauer					
	Aussendämmung	10 cm MW-PT	0,191	10 cm MW-PT	0,191
Spezielle Details					
	Innendämmung der denkmalgeschützten Fassade mit Kalziumsilikatplatten			Siehe zeichnerische Darstellung im Anh.	

Abbildung 18: Kaiserstraße 7, Fassadenaufbauten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Besonders hervorzuheben sind zwei innovative Lösungen im Zusammenhang mit dem Denkmalschutz.

Die straßenseitigen Bestandsfassaden mit Klinkerfeldern (Riemchenfassade) waren wegen des Denkmalschutzes außenseitig für Wärmedämmmaßnahmen unangreifbar. Daher wurde in diesen Bereichen eine Innendämmung mit 5 cm Mineralschaumplatten (Multipor) angebracht. In einem Raum wurden testweise 10 cm Multiporplatten angebracht, welche einem Monitoring unterzogen werden. Siehe dazu auch die Machbarkeitsstudie zur thermischen und hygrischen Berechnung einer Innendämmung im historischen Kontext².

Im EG und im 1.OG wurde keine Innendämmung ausgeführt, da aufgrund der Nutzung während der Sanierungsphase nicht alle Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden können.

² Schöberl, Lang, Hofer: Thermische Sanierung von Gründerzeitgebäuden – Innendämmung, Hrsg. Haus der Zukunft, Dezember 2011.



Abbildung 19: Sanierte Fassade, Klinkerfeld (Foto: Oettl)

Bauteile	U-Wert Bestand	U- Wert min. Lt. Bauordn.	U-Werte Ausgeführt		Dämmmaßnahmen
AUSSENWAND DENKMAL- GESCHÜTZTE FASSADE	0,92	0,35	0,444 0,297	5cm 10cm	INNENDÄMMUNG KALZIUMSILIKATPLATTE
FEUERMAUER	1,19	0,35	0,201		10 CM MW-PT
AUSSENWAND HOFSEITIG	1,16	0,35	0,166		20 CM EPS-F
AUSSENWAND ZUBAU	-	0,35	0,13		20 CM MINERALISCHE DÄMMUNG = 0,035
STEILDACH	-	0,20	0,115		40 CM STEINWOLLE
DECKE ZU UNBEHEIZTEN DACHRAUM	0,90	0,20	-		

Abbildung 20: Bauphysikalische Kennwerte der Gebäudehülle (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

Weiters wurde in der nordwestlichen Ecke des Ensembles trotz Denkmalschutz ein kleinvolumiger Zubau mit einer zeitgemäßen Formensprache umgesetzt.



Abbildung 21: Kaiserstraße 7, Zubau in der Nordwestecke (Foto: Oettl)

Der Zubau interpretiert die Materialität der alten Klinkerfassaden mit der keramischen Deckschicht der hinterlüfteten Fassade neu.

3.5.3 Innendämmung

Verfasser: Helmut Schöberl (Schöberl&Pöll)

Durch die bauphysikalischen Berechnungen des Büros Schöberl & Pöll GmbH und die Informationsgespräche mit auf thermische Sanierung spezialisierten Unternehmen und deren Erfahrungen mit Innendämmmaterialien wurden mögliche Folgen unterschiedlicher

Innendämmsysteme beleuchtet, bewertet und auf Schadensrisiken geprüft. Dabei waren die wesentlichen Parameter für die Risikoabschätzung die Einflüsse von außen, wie Klima und Schlagregenbelastung, Einflüsse von innen, wie Raumlufffeuchte, und Nutzerverhalten sowie bauteilabhängige Einflüsse, wie Wasseraufnahme- und -speicherfähigkeit und Diffusionsverhalten der Konstruktion.

Die Untersuchungen vom Büro Schöberl & Pöll GmbH (Machbarkeitsstudie GdZ SP2) wurden mithilfe der Software Ham4D_VIE (hygrothermischen Simulationsberechnungen) der TU Wien durchgeführt. Die folgenden Darlegungen sind aus der Machbarkeitsstudie GdZ SP2³ entnommen.

Die Berechnungen und Simulationen wurden für den Anschluss der Dippelbaumdecke und für den Anschluss der Tramtraversendecke an die Außenwand durchgeführt. Für das Innenklima wurde folgender Ansatz gewählt: das Innenklima basiert auf der ÖNORM B 8110-2⁴, welche eine relative Luftfeuchte von 55 % im Winter angibt. Es ist bei dauerhaftem Betrieb der kontrollierten Lüftungsanlage von einer Unterschreitung der Normfestlegung auszugehen. In den dynamischen Simulationsberechnungen hat sich aber gezeigt, dass die relative Luftfeuchte einen sehr hohen Einfluss auf die Tauglichkeit der Konstruktion hat. Generell besteht auch das Risiko, dass die Lüftungsanlage nicht erneuert oder eine Feuchterückgewinnung eingebaut wird.

Bei der Simulation wurde folgender Aufbau hinterlegt: Die Ziegelwand ist außen teilweise mit Riemchen und teilweise mit Kalkzementputz und einer Hydrophobierung und innen mit 1 cm Gipsputz versehen. Durch die Hydrophobierung wird die Schlagregenbelastung minimiert. Die Innendämmung (CaSi; 2,5 cm) wird auf den bestehenden Gipsputz aufgebracht.

An 10 maßgeblichen Punkten wurden Lufttemperatur und relative Luftfeuchte ausgewertet (Grafik exemplarisch für Tramtraversendecke):

³ Schöberl, H. et. al.: Gründerzeit mit Zukunft – Subprojekt 2: Grundlagen und Machbarkeitsstudien – Thermische Sanierung von Gründerzeitgebäuden – Innendämmung – Anhang F, Projektbericht im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“, Wien 2011

⁴ ÖNORM B 8110-2: „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2003

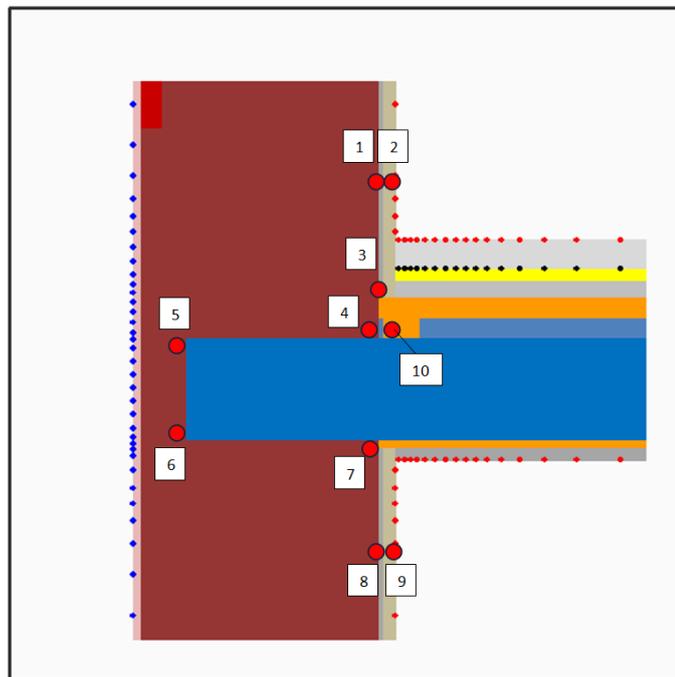


Abbildung 22: Tramtraversenanschluss, Schnitt durch den Steg des I-Trägers in HAM4D_VIE [GDZ11]

Die Auswirkungen der Innendämmung, der Verlauf der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte an 5 maßgebenden Auswertungspunkten werden in der folgenden Grafik dargestellt:

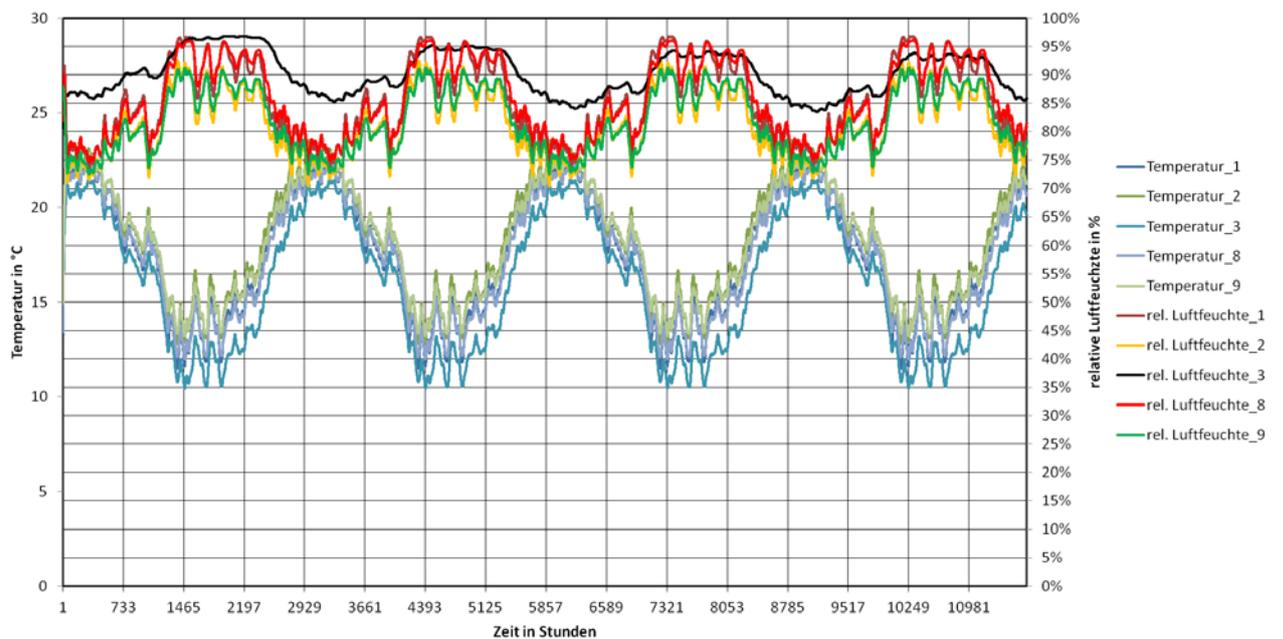


Abbildung 23: Tramtraversenanschluss, Verlauf von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte der Punkte 1, 2, 3, 8 und 9 berechnet mit HAM4D_VIE (Quelle: Schöberl&Pöll)

Punkte 1, 3, 8: Die Punkte 1, 3 und 8 liegen im Gipsputz und stellen die kritischsten Punkte dar. In der kalten Jahreszeit wird die relative Luftfeuchte von 95 % an einigen Tagen überschritten. Da das Kalziumsilikat kapillarleitfähig ist, wird das bereits teilweise anfallende Kondensat in den Innenraum transportiert. Im Punkt 3 ist im ersten Jahr noch die größte relative Luftfeuchte vorzufinden. In den folgenden Jahren sinkt diese immer weiter ab. Die kurzzeitige Überschreitung von 95 % relativer Luftfeuchte stellt die obere Toleranzgrenze dar.

Die Berechnungen ergaben unter diesen Randbedingungen eine maximale Dämmdicke bei kapillaraktivem Material von 2,5 cm.

Die bauphysikalischen Berechnungen der Fa. Xella Porenbeton wurden mit dem instationären Berechnungsprogramm WUFI-Pro 5.0 durchgeführt. Laut den WUFI-Simulations-Ergebnissen kommt es bei 8 cm Innendämmung in den folgenden Jahren zu keinem weiteren Anstieg des Wassergehalts im Mauerwerk. Die gesamte Wandkonstruktion trocknet in den trockenen Jahreszeiten ab, und es kommt in der Folge zu keiner erhöhten Feuchteansammlung in der Wandkonstruktion.

Als Schlussfolgerung aus den Berechnungen und den Erfahrungsberichten entschied sich der Bauherr für die Ausführung einer diffusionsoffenen Dämmsystems mit kapillaraktiver Mineraldämmplatte mit 5 cm Dämmdicke.

Die Produktwahl ist durch den Architekt auf die Ytong Multiporplatte (5 cm) gefallen. Die Fa. Xella gewährleistet die Funktionsfähigkeit der Dämmplatte und schließt eine Kondensatbildung bei der gewählten Dämmdicke von 5 cm aus.

Kalziumsilikat- und Mineraldämmplatten sind in ihrer Wirkung vergleichbar (diffusionsoffen, kapillaraktiv) und werden auf mineralischer Basis hergestellt. Kalziumsilikatplatten sind etwas schwerer (Rohdichte 220 bis 260 kg/m³) als Mineraldämmplatten (Rohdichte 115 kg/m³). Die Wärmeleitfähigkeit der Mineraldämmplatten (Wärmeleitfähigkeit 0,045 W/mK) ist etwas besser als die der Kalziumsilikatplatten (Wärmeleitfähigkeit 0,053 W/mK).

Eine Wandfläche in der Referenzwohnung 3 im 3.OG (Südwand Wohnraum) wurde mit 10 cm Multipor Innendämmung ausgeführt. Diese wird im Rahmen von GdZ SP5 von der TU Wien mittels integrierter Messfühler hinsichtlich eventueller Feuchteansammlungen dauernd überwacht. Darüber hinaus fließen die Ergebnisse in die Weiterentwicklung des Simulationswerkzeuges Ham4D_VIE der TU Wien ein.

Die neu verputzten Oberflächen bieten ausreichenden Haftgrund für die vollflächig mit Ansetzbinder applizierte Innendämmung und ermöglichen den notwendigen Flüssigkeitstransport.

Im Bereich der Regelgeschoßdecken wurden alle Schichten bis zur Bestandsschalung abgetragen. Die Innendämmung wurde von unten und oben an die bestehende Holzschalung herangeführt. Im Bereich der Decke und zwischen den Traversen wurde somit keine Innendämmung ausgeführt. Die Tramtraversendecke blieb bestehen und es wurde ein üblicher Bodenaufbau aufgebracht. Die Innendämmung wurde somit nicht hinter dem

Streichbalken über die gesamte Dicke der Decke durchgezogen, da dieser direkt an der Außenwand verläuft und somit nicht ausreichend Platz zur Verfügung stand. Darüber hinaus wurde die Innendämmung bewusst von unten und oben an die bestehende Holzschalung herangeführt. Im Bereich der Decke und zwischen den Traversen wurde somit keine Innendämmung ausgeführt. Dies hat einerseits den Vorteil, dass aufwendige Arbeiten für Öffnung, Dämmung und erneuten Verschluss der Decke entfallen. Zum anderen stellt der Entfall der Dämmung in der Deckenebene eine bewusste Wärmebrücke dar, die dazu beiträgt, eine ausreichend hohe Wärmemenge zu den kritischen Deckenauflagerpunkten und den direkt an Außenwand befindlichen Streichbalken zu leiten.

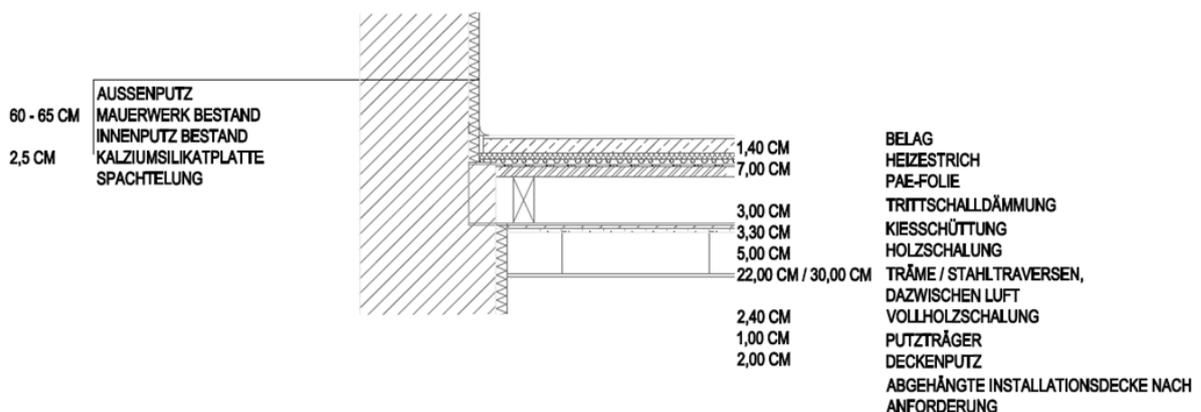


Abbildung 24: Ausführungsdetail Innendämmung Anschluss an Regelgeschoßdecke (Quelle:AKP)

Zur Entschärfung der Wärmebrücken bei Anschlüssen einer Innenwand an eine innengedämmte Außenwand wurden Mineralschaumdämmkeile appliziert. Diese Maßnahme wurde auch an den Gebäudedecken beim Übergang der Außen- und Innendämmungen vorgenommen.



Abbildung 25: Dämmkeil zur Entschärfung von Wärmebrücken (Quelle: Promat GesmbH)



Abbildung 26: Fotos von Innendämmungsherstellung (Quelle: Architekten Kronreif_Trimmel&Partner)

Zusammengefasst wurden folgende Ausführungsdetails und erforderlichen Arbeitsschritte bei der Umsetzung von Innendämmung in der Kaiserstraße berücksichtigt:

- Bei der Sanierung der Bereiche mit Außenputz und Fugen zwischen den Riemchen wurde auf eine besonders sorgfältige Ausführung geachtet. Rissbildungen wurden vermieden, da dadurch Feuchtigkeit hinter die hydrophobierte Oberfläche eindringen und somit zu Feuchteansammlungen und sogar Frostabplatzungen führen kann. Insbesondere auch bei Anschlussbereiche an Bleche usw. wurde darauf geachtet, dass die Fugen dicht geschlossen sind

- Es wurde eine diffusionsoffen Hydrophobierung angewendet. Hierbei ist insbesondere auf die Witterung und die Untergrundvorbehandlung geachtet worden.
- Die Innendämmung wurde gemäß den Herstellervorgaben satt und hohlraumfrei an den Untergrund appliziert, da ansonsten die kapillare Leitfähigkeit nach innen unterbunden gewesen wäre.
- Bestehende frostempfindliche Haustechnikleitungen in der innen gedämmten Außenwand wurden ins Gebäude innerhalb der Innendämmung verlegt.
- In der Innendämmung wurden keine E-Dosen, Haustechnikleitungen und dgl. angeordnet.

Die Innendämmung wird an drei unterschiedlichen Stellen im Gebäude messtechnisch begleitet und evaluiert. Die Ergebnisse des Monitorings über einen Zeitraum von drei Heizperioden sind unter Kapitel 4.5 dargestellt.

3.5.4 Schrägverglasung im Denkmalschutz

Die ausreichende Belichtung des zweigeschossigen Dachausbaus stellte wegen der riesigen geschlossenen denkmalgeschützten Dachfläche zur Südseite eine besondere Herausforderung dar. In Kooperation zwischen Denkmalamt und Planer konnte mit diesem Projekt eine exemplarische Lösung entwickelt und umgesetzt werden. Damit werden großflächige zweigeschossige vertikale Lichtbänder durch die spezielle Ausformung der außen liegenden Sonnenschutzlamellen in die Dachlandschaft integriert.



Abbildung 27: Kaiserstraße 7, Dachflächen, Belichtung (Foto: Oettl).

Die Sonnenschutzlamellen liegen außen bündig mit der Dachhaut und sind fix so eingestellt, dass horizontaler Ausblick und ausreichender Sonnenschutz in Balance sind. Die Außenreinigung der Glasflächen erfolgt jährlich mit speziellem Putzgerät.

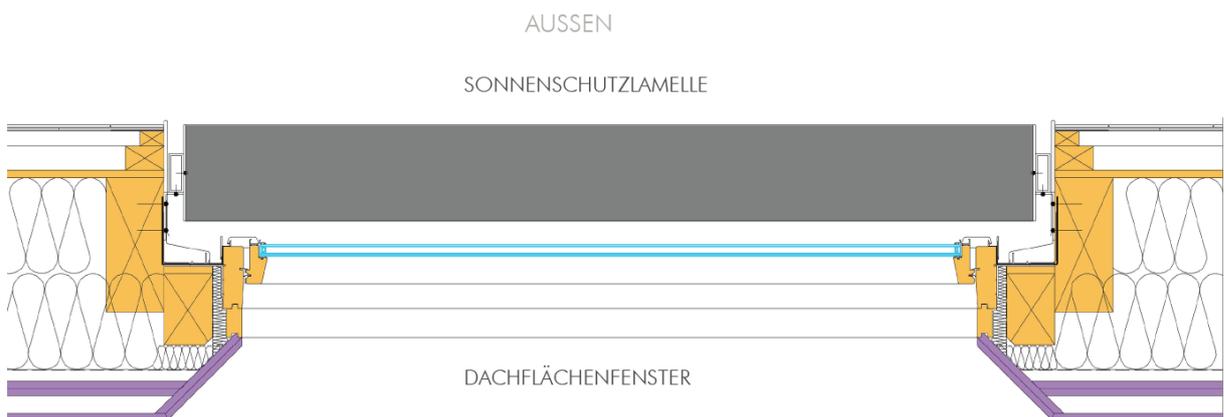


Abbildung 28: Kaiserstraße 7, Dachausbau, Lichtband mit außen liegenden Sonnenschutzlamellen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).



Abbildung 29: Kaiserstraße 7, Dachausbau, Lichtbänder in der Dachfläche, Blick nach außen (Foto: Oettl).

3.5.5 Geschoßdecken

Die Geschoßdecken im Altbestand erhielten durchgehend einen neuen Fußbodenaufbau entsprechend den Schallschutzanforderungen. Die oberste Geschoßdecke gegen den Dachausbau wurde im Bereich der Dippelbaumkonstruktion als Beton-Verbunddecke ausgeführt. Im Kellergeschoß mussten die Stahlträger des Ziegelkappengewölbes verstärkt und brandtechnisch geschützt werden.

Decken	System	Maßnahmen, Materialangaben	U gesamt, W/m ² °K	Maßnahmen, Materialangaben	U gesamt, W/m ² °K
Innendecken					
	Tram- Traversen Decke	neuer Fußbodenaufbau,	0,202	Steinwolle	0,202
		Fußbodenaufbau neu mit TS Dämmung		Trittschalldämmung MW-T	
	Tramdecke	Fußbodenaufbau neu mit TS Dämmung	0,202	Trittschalldämmung MW-T	0,202
oberste Geschoßdecke					
	Doppelbaumdecke	Deckenverstärkung mit	0,301	Beton-Verbunddecke,	0,301
	Tramdecke	Dämmung mit	0,240	Dämmung zwischen	0,240
Innendecke Galeriegeschoss					
	Tramdecke	Tramdeckenaufdoppel	0,136	Aufdoppelung:KVH 8/12cm,	0,136
Decke über unbeheiztem Keller					
	Stahlträger m. Ziegel- Gewölbekappen	Stahlträger unterfangen und Brandschutzverkl. Anbringen			

Abbildung 30: Kaiserstraße 7, Deckenaufbauten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

3.5.6 Neuer Dachaufbau

Die Silhouette des historischen Dachaufbaus musste für den Denkmalschutz unverändert erhalten bleiben. Die erhöhten Anforderungen für den Ausbau als Mietwohnungen wurden mittels statischer Verstärkung, 40 cm Wärmedämmung und Ausführung einer luftdichten Hülle erfüllt.



Abbildung 31: Kaiserstraße 7, neuer Dachaufbau (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).

3.6 Haustechnische Maßnahmen

Energieversorgung

Die Kaiserstraße befindet sich im Versorgungsgebiet der Fernwärme, welche auch bereits vor der Sanierung zur Wärmeversorgung des Bestandsobjektes genutzt wurde. Eine alternative Versorgung für das Objekt stand daher nicht zur Diskussion. Im Zuge der Arbeiten wurde die bestehende Umformerstation erneuert. Für die Heizwärmeversorgung sowie für die Brauchwassererwärmung stehen nachgeschaltet zwei getrennte Wärmetauscher zur Verfügung.



Abbildung 32: Wärmetauscher für Heizwärme und Brauchwasser (Quelle: e7)

Die Wärmetauscher haben je eine Leistung von rund 80 kW, Die Verteilung in die Geschöße erfolgt über einen zentralen Installationsschacht, welcher zwischen Stiegenhaus und Lift untergebracht ist.

Wärmeabgabe

Der Dachgeschoßausbau sowie das gesamte dritte Obergeschoß werden über eine Fußbodenheizung mit Wärme versorgt. Im dritten OG konnte die Fußbodenheizung aufgrund eines komplett neuen Fußbodenaufbaus mit Estrich auf einer Trittschalldämmung realisiert werden. Im zweiten Obergeschoß gibt es ein Mischsystem; in den Räumen mit Innendämmung wurde aufgrund der beschränkten Befestigungsmöglichkeit der Heizkörperkonsolen an den Wänden eine Fußbodenheizung ausgeführt. Die restlichen

Räume werden über Heizkörper versorgt. Das erste Obergeschoß sowie das Erdgeschoß werden ausschließlich über Heizkörper beheizt, wobei im 1. Obergeschoß teilweise Heizkörper erneuert wurden. Im Erdgeschoß wurde die bestehende Wärmeversorgung nicht saniert.

Die Kapelle wurde auf drei Seiten mit einer Wandheizung ausgestattet. Die vierte Wand steht aufgrund der Wandbemalung unter Denkmalschutz und wurde im Zuge der Sanierung wegen übermäßiger Verschmutzung restauriert. Die Wandheizung wurde mit dem Ziel installiert, einer erneuten Verschmutzung der Wandbemalung vorzubeugen. Da die Wärmeabgabe überwiegend über Strahlungsaustausch funktioniert, werden im Gegensatz zu den alten Konvektoren die konvektionsbedingten Luftbewegungen und somit der Transport von Verunreinigungen weitestgehend reduziert.

Warmwasser

Die Warmwasserversorgung erfolgt für den Dachgeschoßausbau, sowie für das zweite und dritte Obergeschoß über dezentrale Wohnungsstationen. Die Wohnungsstation ist eine vorgefertigte Einheit zur Versorgung von Heizflächen (Fußbodenheizung oder Radiatoren) und zur Warmwasserbereitung bei einem 2-Leiter-Netz. Die Station wird aus dem Heizungs-Vorlauf sowie aus dem Kaltwassernetz aus dem zentralen Installationsschacht gespeist. Dazu ist ein ganzjähriger Betrieb des Netzes erforderlich; durch die dezentrale Erwärmung werden eine eigene Warmwasser- und Zirkulationsleitung sowie die resultierenden Speicher- und Zirkulationsverluste eingespart. In den sanierten Wohnungen wurde zudem auf den Einsatz von wassersparenden Armaturen geachtet.

Das Erdgeschoß und das erste Obergeschoß werden zentral aus dem Technikraum versorgt. Die Verteilung erfolgt aus einem 1.000 l Brauchwasserspeicher im Kellergeschoß. Der Speicher wird über einen eigenen Wärmetauscher mit Fernwärme beladen.



Abbildung 33: Warmwasserspeicher im Haustechnikraum für Erd- und 1. Obergeschoß (Quelle: e7)

Lüftungsanlage

Ein ausreichender Luftwechsel wird bei bestehenden Gründerzeithäusern häufig durch natürliche Lüftung aufgrund von undichten Kastenfenstern gewährleistet, ein kontrollierter Luftwechsel liegt hier nicht vor. Für eine energieeffiziente Gebäudesanierung wie in der Kaiserstraße ausgeführt, ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle zur Minimierung der Infiltrationswärmeverluste sowie ein kontrollierter Luftwechsel Voraussetzung.

Durch Einbau von kontrollierten Lüftungssystemen können ein ausreichender Luftwechsel unter Reduktion der Lüftungswärmeverluste gewährleistet und gesundheitsschädigende Raumluftzustände sowie Tauwasser- bzw. Schimmelpilzbildung vermieden werden. Ein weiterer Entscheidungsgrund für den Einbau kontrollierter Lüftungsgeräte war die standortbezogene hohe Staub- und Lärmbelastung aufgrund der zentralen innerstädtischen Lage und der Nähe zum Gürtel mit hohem Verkehrsaufkommen.

Die Lüftungsanlage wurde im Kellergeschoß untergebracht. Die Außenluftansaugung erfolgt aus dem Innenhof, die Fortluft wird im Gebäude über einen Schacht über Dach geführt. Die Anlage verfügt über einen Plattenwärmetauscher mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 82,50% sowie über ein wassergespeistes Vorheizregister zur Frostsicherung. Die Zu- und Abluft wird in einem zentralen Schacht in die Geschoße verteilt. Die Außenluft wird mit einem Filter der Qualität F7 gefiltert, abluftseitig kommt ein F5 Filter zur Verwendung. An die Lüftungsanlage angeschlossen sind der gesamte Dachgeschoßausbau, das zweite und dritte Obergeschoß, das 1. Obergeschoß mit Ausnahme der, während der Sanierung bewohnten Räumlichkeiten, sowie das Flüchtlingswerk und der Speisesaal im Erdgeschoß.



Abbildung 34: Lüftungsanlage im Kellergeschoß (Quelle: e7)

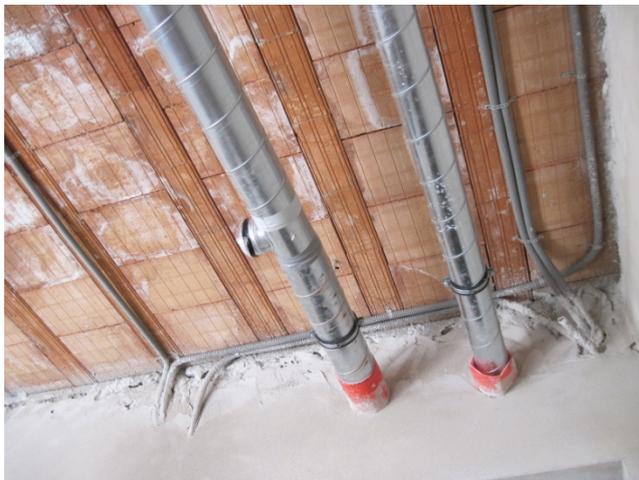


Abbildung 35: Impressionen Luftleitungsführung (Quelle: e7)

Die Komfortlüftungsanlage garantiert ein komfortables und hygienisch einwandfreies Innenraumklima. Die Luftverteilung aus dem Schacht zu den Wohnungen erfolgt baumförmig in der Zwischendecke. Im Allgemeinbereich über eine Revisionsöffnung zugänglich sind die sog. V-Boxen zur wohnungsweisen Luftmengenregulierung. Im Dachgeschoß sind diese Boxen in einer Zwischenwand verbaut über die Wohnungen zugänglich. Die V-Boxen

ermöglichen eine exakte Luftmengenregelung auch im Bereichen sehr geringer Luftmengen ohne Ventilatoren, wodurch insgesamt Luftvolumen und somit Antriebsenergie eingespart werden kann. Die Luftmenge kann individuell für jedes Top geregelt werden.



Abbildung 36: Volumenstromregelung über V-Box (Quelle e7)

Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage wird mit dem Verbrauch der Allgemeinflächen mit abgerechnet.

Belüftungssystem im Keller

Zur Trockenhaltung der Kellerräumlichkeiten wurde ebenfalls ein kontrolliertes Belüftungssystem ausgeführt. Die technisch bedingte Abwärme der Heizrauminstallationen wird den Allgemeinräumlichkeiten im Keller zugeführt, um die relative Luftfeuchtigkeit konstant niedrig zu halten.

3.7 Energetische Kennwerte

Die dargestellten Ergebnisse für Sanierung und Bestand (ohne EG) stammen, aus der Energieausweisberechnung vom technischen Büro kppk Ziviltechniker GmbH in 1070 Wien und wurden gemäß ON B8110-6 (Heizwärmebedarf), bzw. ON H 5057 (Endenergiebedarf) berechnet.

Heizwärmebedarf:

Das Bestandsobjekt weist einen berechneten Heizwärmebedarf von knapp 132 kWh/m²a auf (EG: 147 kWh/m²a; 1.-3. OG: 125 kWh/m²a). Durch die dargestellten Sanierungsmaßnahmen in Verbindung mit einem hochqualitativen Dachgeschoßausbau konnte der berechnete Heizwärmebedarf auf insgesamt 25 kWh/m²a, bezogen auf das Gesamtgebäude, reduziert werden. Der spezifische Bedarf je m² Bruttogrundfläche wurde damit trotz Gründerzeitfassade und Denkmalschutz um Faktor 5 reduziert, wodurch der Wert auch deutlich die für einen Neubau gültigen Anforderungen unterschreitet. Abbildung 37 zeigt den berechneten Heizwärmebedarf im Bestand sowie nach der Sanierung:

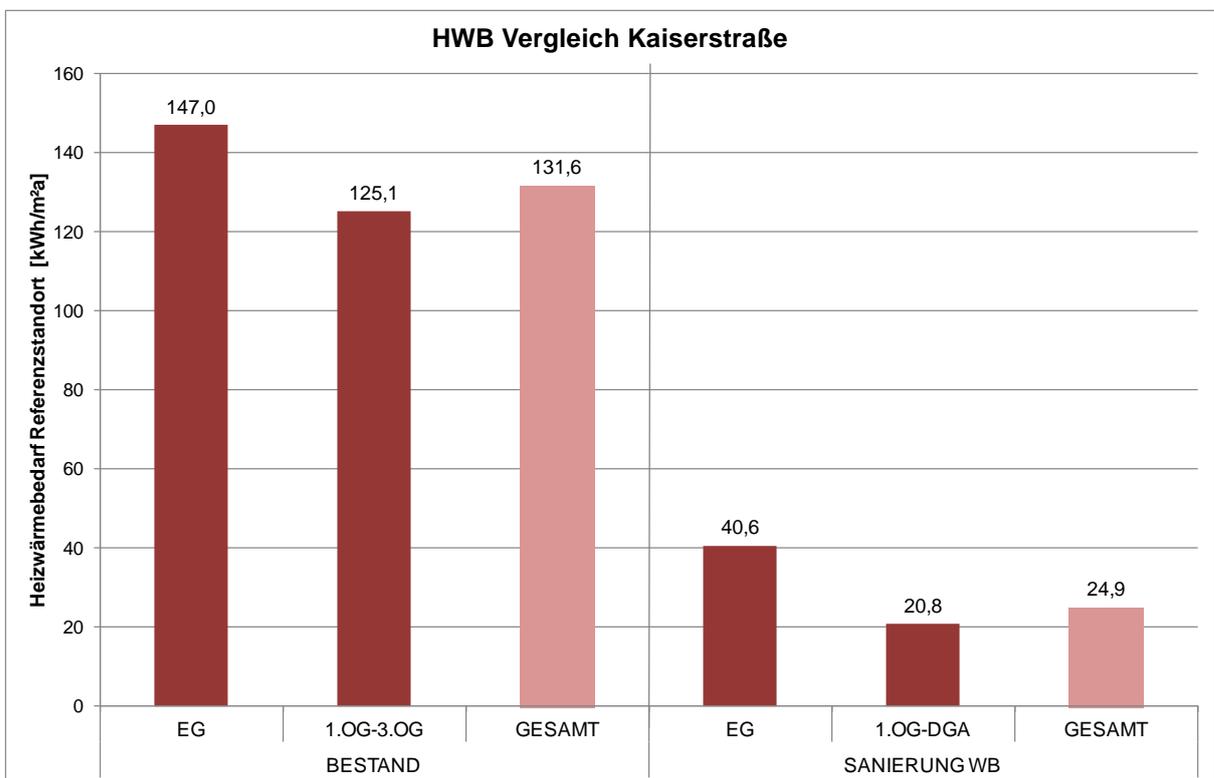


Abbildung 37 Heizwärmebedarf des Bestandes sowie der ausgeführten Sanierungsvariante getrennt nach Nutzungskategorien

Diese erhebliche Steigerung der energetischen Performance wurde maßgeblich durch die folgenden Sanierungsmaßnahmen am Bestand erreicht:

- hofseitiger Vollwärmeschutz mit 20cm Mineralwolle
- außen gedämmte Feuermauern mit 10cm Mineralwolle
- Innendämmung im 2. und 3.Obergeschos sowie teilweise im 1.Obergeschos mit 5 cm Mineraleisplatte (1 Testraum mit 10 cm)
- Sanierung der bestehenden Kastenfenster auf U_w 0,90 W/m²K

sowie in Kombination mit einem hochwertig gedämmten Dachgeschoßausbau und einer nachträglich installierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Der Heizwärmebedarf

konnte so für das Erdgeschoss auf knapp 40 kWh/m²a reduziert werden, das Obergeschoss inkl. Dachgeschossausbau erreicht rund 21 kWh/m²a.

Einfluss der Wärmebrücken:

In den dargestellten Berechnungen für den Heizwärmebedarf wurde der Leitwertzuschlag für Wärmebrücken pauschaliert beaufschlagt (vereinfachter Ansatz nach ÖNORM B8110-6:2010). Alternativ können Wärmebrücken auch detailliert über den längenbezogenen Korrekturkoeffizienten (Ψ - Wert) und der Wirklänge (L) nach folgender Formel berechnet werden.

$$L_{\psi} = \sum_j L_j \cdot \Psi_j \quad [\text{W/K}]$$

Formel 1 Leitwertzuschlag für Wärmebrücken (Quelle:

L_{ψ} ... Leitwertzuschlag für 2-dimensionale Wärmebrücken [W/K]

L_j ... Wirklänge [m]

Ψ_j ... längenbezogener Wärmebrückenkoeffizient für 2-dimensionale Wärmebrücken [W/mK]

Die Koeffizienten sind für sämtliche Konstruktionsdetails mittels Anhaltswerten aus der Norm, unter Zuhilfenahme von Wärmebrückenkatalogen oder durch Berechnung zu ermitteln. Allenfalls müssen Berechnungen den Grundlagen der ÖN EN ISO 10211 entsprechen.

Besonders bei der Anwendung einer Innendämmung ist der Einfluss von Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf konstruktionsbedingt höher. Der Zuschlag wird deshalb durch die pauschale Berechnung zumeist unterbewertet. Dies kann mit ein Grund für Abweichungen realer Verbräuche gegenüber den rechnerisch ermittelten Kennzahlen sein.

Maßgebliche Wärmebrücken sind:

1. Fenster- und Türanschlüsse
2. Außenwände zu
 - Kellerdecke
 - Dach (oberste Geschoßdecke)
 - Geschoßdecke
3. Auskragende Bauteile

Sowie bei Gebäuden mit Innendämmung die

4. Anbindung der Innenwand an
 - Außenwand

- Kellerdecke
- Dach (oberste Geschoßdecke)

Aus den genannten Gründen wurde auf Basis der Energieausweisunterlagen der Leitwertzuschlag für Wärmebrücken für die Gebäudeteile mit Innendämmung (1.OG – 3.OG) detailliert berechnet. Abbildung 38 stellt die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der Geschoße (exkl. Dachgeschoßausbau) für beide Berechnungsarten (pauschal und detailliert) gegenüber. Der Leitwert für Transmission durch die thermische Hülle beträgt rund 745 W/K. Bei der pauschalierten Berechnung wird ein Zuschlag für die Berücksichtigung der Wärmebrücken von 10% addiert. Der Leitwert für die Lüftungswärmeverluste liegt durch die kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung mit ca. 210 W/K auf einem geringen Niveau. Der Anteil der Lüftung an den gesamten Wärmeverlusten beträgt damit knapp 20%.

Bei der detaillierten Berechnung wird ein wärmebrückenbedingter Leitwert von knapp 140 W/K ermittelt. Der Zuschlag verdoppelt sich somit annähernd gegenüber dem Pauschalansatz auf insgesamt 19% des Transmissionsleitwerts. Die Zuschläge für die Deckenanschlüsse sind dabei für etwas mehr als die Hälfte verantwortlich. Dies begründet sich auch damit, dass die Innendämmung im Bereich der Decke nicht durchgehend ausgeführt wurde. Der Anteil der Fenster- und Türanschlüsse beträgt mehr als 50 W/K. Der Einfluss der Innenwandanschlüsse ist bedingt durch die ausgeführte Flankendämmung relativ gering.

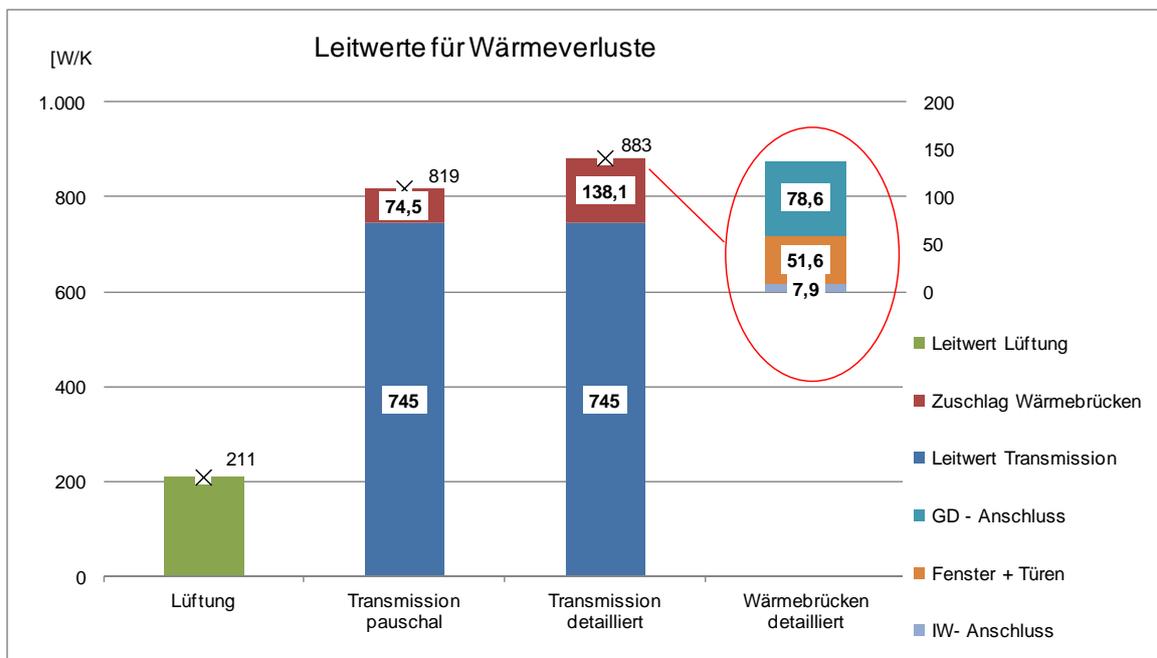


Abbildung 38 Gegenüberstellung der Leitwerte

Für die Ermittlung des Leitwertzuschlag wurden berechnet:

GD- Anschluss Anschluss der Geschoßdecken an die Außenwände

Fenster & Türen Fenster- und Türanschlüsse in der gesamten Außenhülle

IW- Anschluss Anschluss der Innenwände an die innen gedämmten Außenwände

Leitwerte für Lüftung und Transmission, sowie der Leitwertzuschlag wurden aus der Energiekennzahlberechnung entnommen

In der Energiekennzahlberechnung bedeutet die detaillierte Berechnung für die sanierten Obergeschoße ohne DGA einen berechneten Mehrbedarf von über 10%. Inklusive Dachgeschoßausbau erhöht sich der spezifische Heizwärmebedarf von 24,9 auf 26,4 kWh/m²a um über 1,5 kWh/m²a, dargestellt in Abbildung 39.

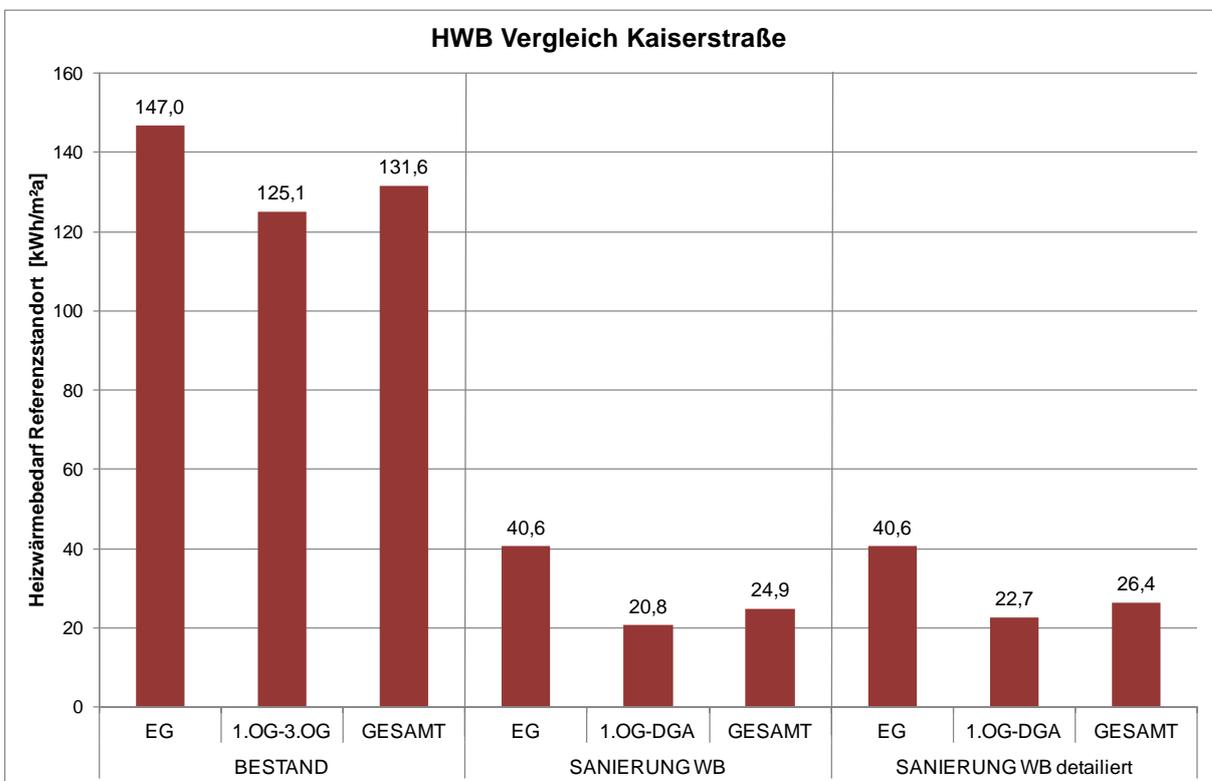


Abbildung 39 Heizwärmebedarf vor und nach der Sanierung mit pauschaliert und detailliert berechneten Wärmebrücken

Endenergiebedarf / Heizenergiebedarf:

Der Endenergiebedarf gemäß der aktuellen OIB- Richtlinie setzt sich zusammen aus dem Heizenergiebedarf (HEB) sowie dem Haushaltsstromverbrauch. Der HEB bildet die Summe aus Heizwärmebedarf (HWB), dem Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung (WWWB) dem Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) sowie dem Hilfsenergiebedarf (HE).

Tabelle 1: Zusammensetzung von Endenergiebedarf und Heizenergiebedarf

• Heizwärmebedarf	HWB	
• Warmwasserwärmebedarf	WWWB	Pauschalwerte: - 12,78kWh/m ² a Wohngebäude - 4,71kWh/m ² a Büronutzung
• Heiztechnikenergiebedarf	HTEB	Wärmeverluste des gesamten Haustechniksystems zur Raumwärme- (RW) und Warmwasser-(WW) Bereitstellung
• Hilfsenergiebedarf	HE	Elektrischer Energiebedarf für den Betrieb haustechnischer Anlagen (inkl. Lüftungsanlage)
HEIZENERGIEBEDARF	HEB	<i>Summe aus HWB, WWWB, HTEB, RW, HTEB, WW; HE</i>
5. Haushaltsstrombedarf	HHSB	<i>wurde in der folgenden Betrachtung nicht berücksichtigt!</i>
ENDENERGIEBEDARF	EEB	<i>Summe aus HEB und HHSB</i>

In Abbildung 40 ist der Heizenergiebedarf gemäß Definition nach OIB- Richtlinie 2011 dargestellt. Von der Darstellung des Endenergiebedarfs wird abgesehen, da der Vergleich der energetischen Performance des Gebäudes im Vordergrund stehen soll, ohne Berücksichtigung eines pauschalierten Haushaltsstrombedarfs.

Auf der linken Diagrammhälfte ist der Bestand, rechts das sanierte Gebäude, unterteilt in Erdgeschoß, Obergeschoße (saniert inkl. Dachgeschoßausbau) und das gesamte Objekt abgebildet. Im jeweils linken Balken sind die Parameter HWB, WWWB, HTEB und HE gestapelt dargestellt, im jeweils rechten Balken der HEB gebildet als Summe.

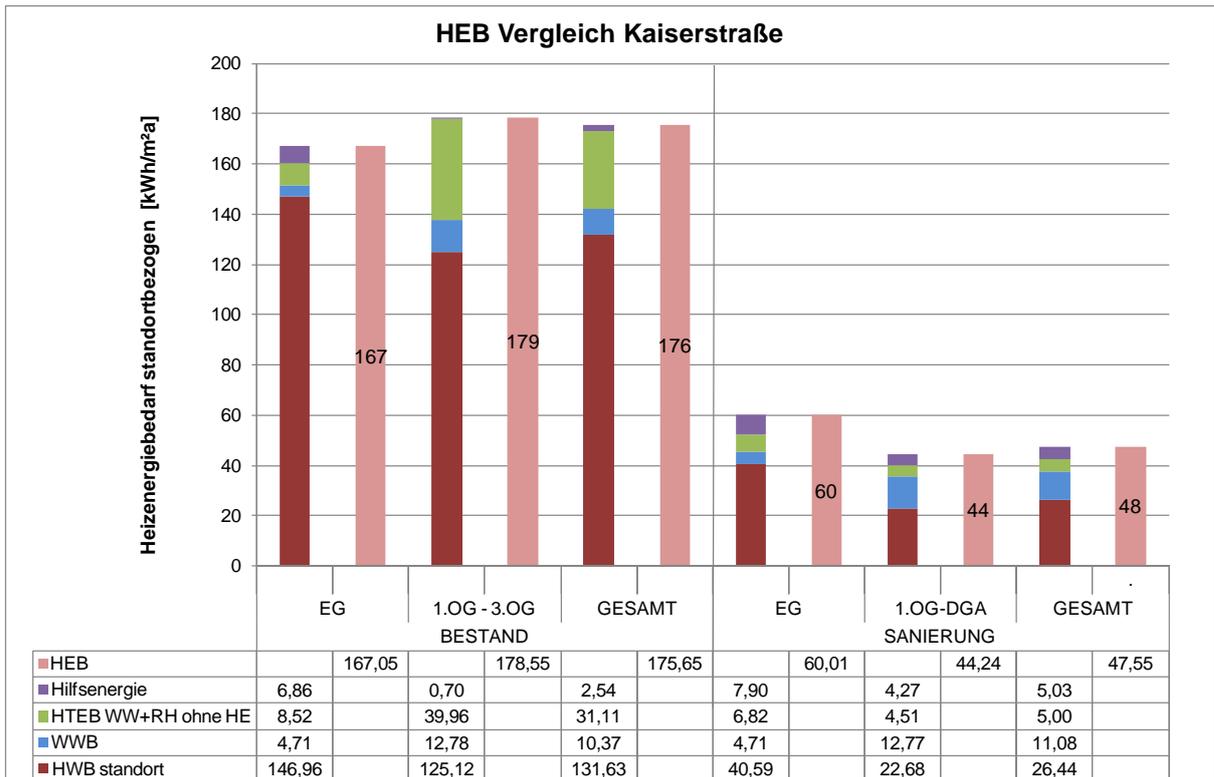


Abbildung 40: Heizenergiebilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung

Für das unsanierte Bestandsgebäude liegt der rechnerische Heizenergiebedarf bei 176 kWh/m²a, im sanierten Fall wird eine Reduktion auf 48 kWh/m²a erreicht. Die spezifische Einsparung bezogen auf die Bruttogrundfläche liegt für das Gesamtgebäude betrachtet bei rund 75%. Die wesentlichen Anteile werden durch die thermische Sanierung der Obergeschoße sowie durch den energieeffizienten Dachgeschoßausbau erreicht (HWB-Balken). Der spezifische Anteil für die Warmwasserbereitung bleibt entsprechend des Berechnungsansatzes über Pauschalwerte in der OIB- Richtlinie unverändert. Entsprechend dem geringeren Wärmebedarf (Summe HWB, WWWB) sowie die neu hergestellte Haustechnikanlage (inkl. gedämmte Leitungen, dezentrale Warmwasserbereitung) reduzieren sich zudem die Verluste (HTEB). Durch die kontrollierte Wohnraumlüftung wird einerseits der Heizwärmebedarf reduziert, andererseits erhöht sich der Hilfsenergiebedarf bedingt durch die erforderliche Antriebsenergie der Ventilatoren. Insgesamt wird durch die Lüftungsanlage eine Reduktion der Endenergiebedarf von rund 8,5 kWh/m²a erreicht. Der Anteil an elektrischer Energie liegt bei 5 kWh/m²a, bzw. knapp über 10%.

Primärenergiebedarf:

Der thermische Endenergiebedarf wird vor und nach der Sanierung mittels des vorhandenen Fernwärmeanschlusses gedeckt. Die Konversationsfaktoren werden für Strom entsprechend den Angaben der OIB- Richtlinie 6 (Strom – Österreich-Mix) bzw. für Fernwärme

entsprechend den Angaben der Technikonovelle 2012 der Stadt Wien, MA37, vom 07.01.2013 herangezogen.

Tabelle 2: Primärenergie- Konversionsfaktoren

Energieträger	Primärenergiefaktoren [kWh/KWh]	Quelle
Strom	2,62	OIB- Richtlinie 6: 2011
Fernwärme	0,33	Technikonovelle 2012 MA37

Auf Primärenergieebene (Abbildung 41) entspricht die berechnete prozentuale Einsparung beim thermischen Anteil jener aus Abbildung 40. Der höhere Bedarf an Hilfsenergie wirkt sich primärenergetisch aufgrund der aufwendigeren vorgelagerten Prozesse bei der Stromproduktion entsprechend negativ auf die Primärenergiebilanz aus. Insbesondere deshalb wurde bei der Auswahl des Lüftungsgeräts sowie der Haustechnik ein Augenmerk auf die Effizienz der eingesetzten Produkte wertgelegt.

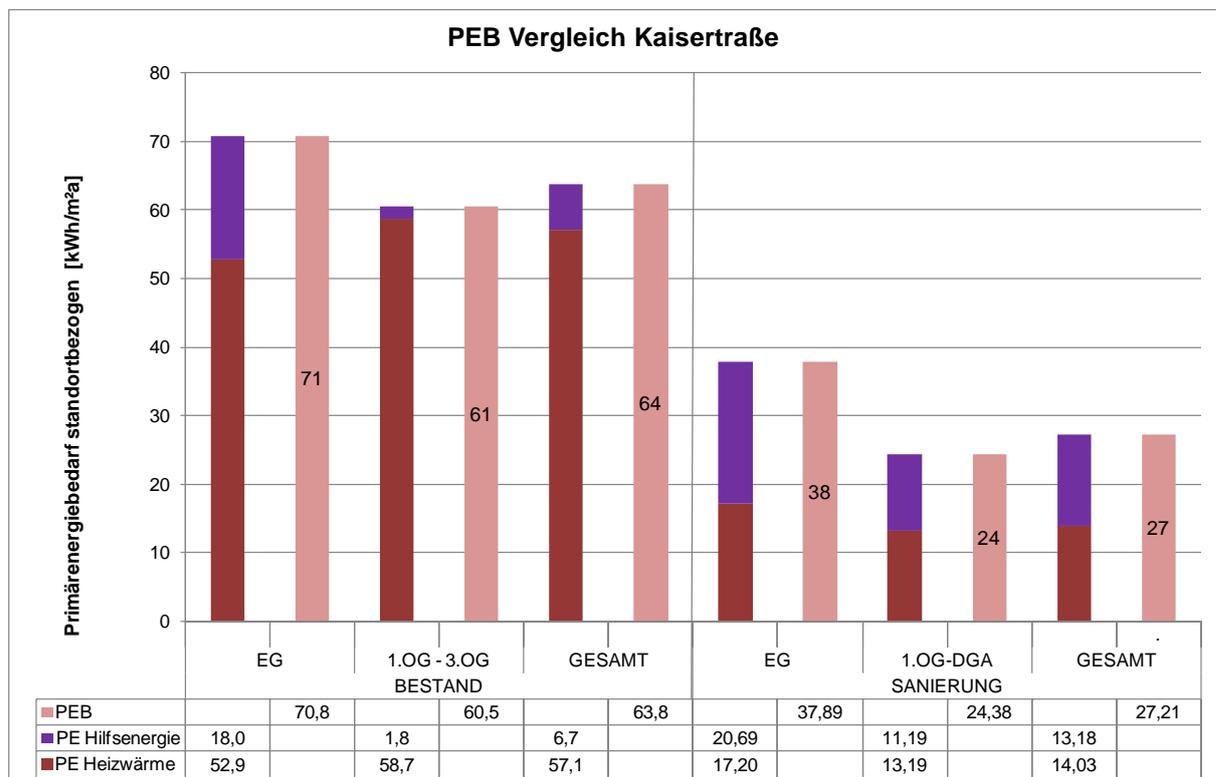


Abbildung 41: Primärenergiebilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung

Der rechnerische Primärenergiebedarf wird wie dargestellt von 64 kWh/m²a im Bestand auf 27 kWh/m²a reduziert. Aufgrund der Primärenergiefaktoren beträgt der Anteil an Hilfsenergie im sanierten Gebäude annähernd die Hälfte des gesamten Bedarfs.

CO₂- Emissionen:

Abbildung 42 zeigt den Vergleich der rechnerischen CO₂- Emissionen. Die dargestellten Rechenwerte wurden auf Basis des Heizenergiebedarfs sowie der CO₂- Konversionsfaktoren für Strom entsprechend den Angaben der OIB- Richtlinie 6 (Strom – Österreich-Mix) bzw. für Fernwärme entsprechend den Angaben der Techniknovelle 2012 der Stadt Wien, MA37, vom 07.01.2013 berechnet.

Tabelle 3 CO₂- Konversionsfaktoren

Energieträger	Emissionsfaktoren [g/KWh]	Quelle
Strom	417	OIB- Richtlinie 6: 2011
Fernwärme	20	Techniknovelle 2012 MA37

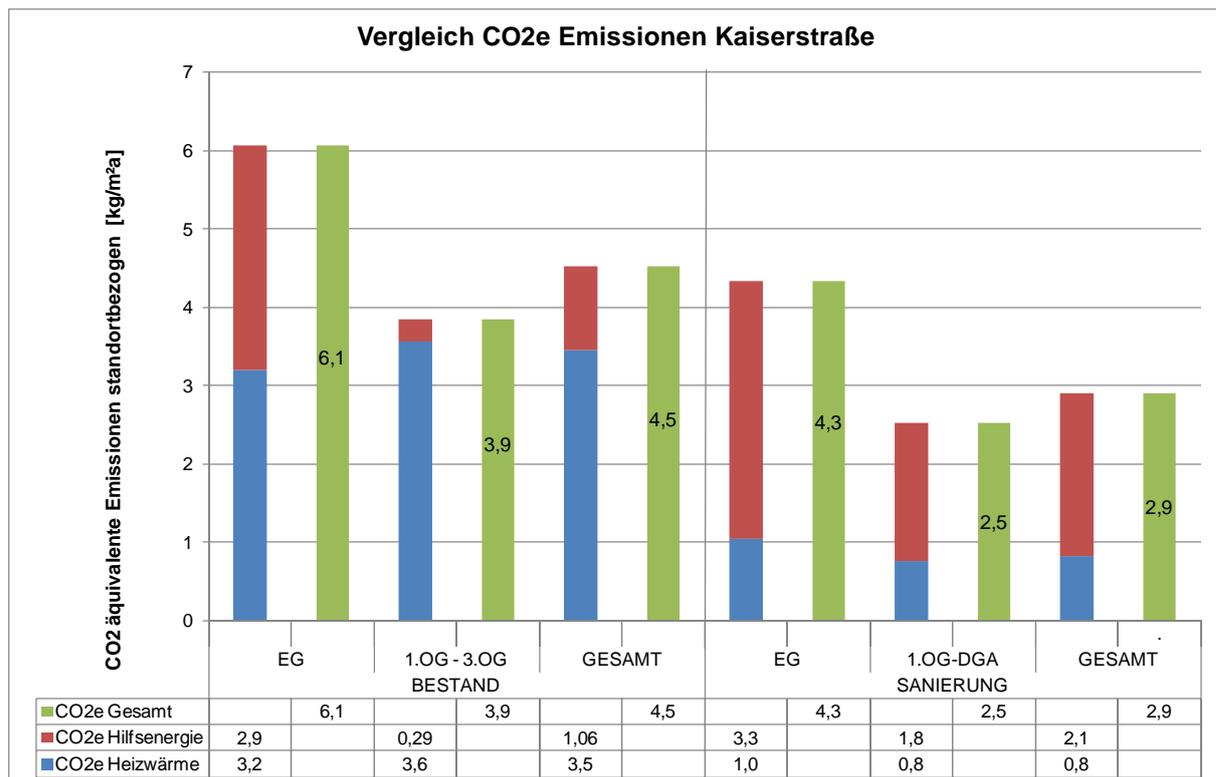


Abbildung 42: CO₂- Bilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung

Die Emissionsminderung je m² Bruttogrundfläche bezogen auf das Gesamtgebäude liegt bei über einem Drittel. Wie bei der primärenergetischen Darstellung ist die Einsparung im Wesentlichen Folge der Reduktion des Heizwärmebedarfs. Der Anteil aus der Hilfsenergie ist durch den Strombedarf der Lüftungsanlage höher. Die Gesamtemissionen belaufen sich für

das sanierte Gebäude auf 2,90 kg/m²a. Trotz deutlich gesteigerter Wohnnutzfläche durch die Schaffung neuer Wohnungen wird in absoluten Zahlen nicht mehr CO₂ emittiert.

Zusammenfassung:

Abbildung 43 zeigt eine abschließende Gegenüberstellung der oben gezeigten Ergebnisse zur energetischen Performance der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen.

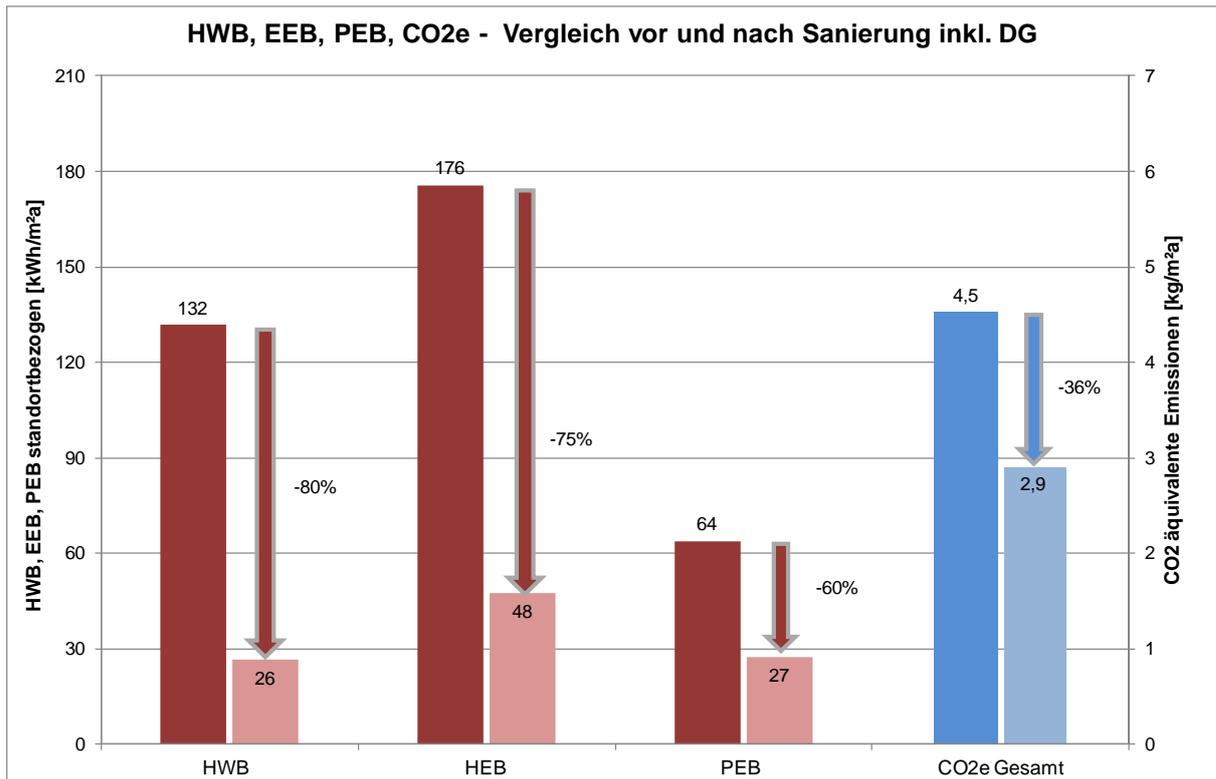


Abbildung 43: Gegenüberstellung der Einsparungen

Der rechnerische Heizwärmebedarf wird von 132 kWh/m²a auf rund 26 kWh/m²a gesenkt. Durch konventionelle wie innovative Dämmmaßnahmen, einen hocheffizienten Dachgeschoßausbau sowie durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurde eine 80 %ige Reduktion erreicht. Beim Heizenergiebedarf inkl. Berücksichtigung von Warmwasser, Wärmeverlusten und Hilfsenergien entspricht die Reduktion rund 75%. Aufgrund der bestehenden Fernwärmeversorgung des Bestandes wurde kein Energieträgerwechsel durchgeführt. Primärenergetisch beträgt die Einsparung aufgrund der höheren Hilfsenergien und der schlechteren primärenergetischen Bilanz elektrischer Energie in Summe über 60%. Rechnerisch werden durch die gesamten Umbau- und Sanierungsmaßnahmen spezifische Einsparungen von über 35% erreicht, und somit trotz gesteigerter Wohnfläche nicht mehr CO₂ emittiert.

3.8 Abweichung zur Planung

3.8.1 Bauliche Maßnahmen

Entsprechend der Dokumentation von Architekt Kronreif & Partner wurden alle Maßnahmen wie geplant umgesetzt.

3.8.2 Haustechnische Maßnahmen

Die haustechnischen Maßnahmen wurden wie geplant umgesetzt. Die Wandheizung in der Kapelle wurde erst im Laufe der Sanierung geplant und umgesetzt.

3.9 Lernerfahrungen

Die relevanteste Erkenntnis aus dem Projekt Kaiserstraße ist, dass komplexe Sanierungsprojekte nur mit einer durchgängig ambitionierten Planungsmannschaft und mit einem aufgeschlossenen Auftraggeber realisierbar sind. Dieser Fall zeigt auch, dass selbst bei einem relativ unerfahrenem Eigennutzer-Eigentümer ein erfahrener Planer ein Sanierungsprojekt zu außergewöhnlichen Lösungen führen kann.

Besonders die Komplikation des strengen Denkmalschutzes für Fassade und Dachlandschaft zeigt, dass ein ambitionierter Architekt innovative Lösungen mit allgemeiner Anwendbarkeit aus den vermeintlichen Erschwernissen entwickeln kann.

Einer der Schlüssel für die Wirtschaftlichkeit ist die Ausweitung der Nutzfläche um 30 % und die Adaption der Nutzflächen an gut vermietbaren Standard, hier wiederum besonders wertvoll die neu geschaffenen Dachgeschoßflächen von 575 m².

Der wesentliche Beitrag des Projektes Kaiserstraße scheint, dass selbst unter den komplexen Bedingungen des Denkmalschutzes qualitativ hochwertige Sanierungen innovative, zeitgemäße Lösungen ermöglichen.

4 Ergebnis messtechnische Untersuchungen

Johannes Rammerstorfer, Christoph Lugmeyer (e7), Helmut Schöberl (Schöberl & Pöll), Siegfried Manschein (Manschein)

4.1 Grundlegendes zum Monitoring

a) technischer Aufbau

Die Monitoringzentrale befindet sich im Technikraum der Lüftungszentrale im Keller. Der Monitoring-Schaltschrank beinhaltet die CPU (Prozessor), welche das Monitoring steuert und die Daten auf Ihrer Festplatte speichert.

b) Fühlereinsatz

Es wurden in diesem Monitoring sowohl aktive (0-10 V Eingänge) als auch passive (Widerstandsmessung) Fühler eingesetzt. Bei der Stromzählung wurden S/O Impulszähler verwendet. Es wurden Fühler der Firma Thermokon Sensortechnik GmbH (Deutschland) eingesetzt.

Typen:



Kabeltemperaturfühler:

passiv (Widerstand) /

Messelement PT1000 /

Genauigkeit +/-1% vom Messbereich /

verschiedene Messbereiche: -50°C - 50°C / -10°C - 120°C



Außenfühler und Kanalfühler:

aktiv (0-10 V Ausgänge) /

Spannungsversorgung 24 VDC oder 24 VAC /

Messelement kapazitiv /

Genauigkeit Temperatur +/-0,3% vom Messbereich (MB: -20°C bis +80°C)

Genauigkeit rel. Feuchte +/- 3% vom Messbereich (MB: 5%-95% / Arbeitsbereich 0-100%)

kombinierter Fühler : CO₂/Raumtemperatur/relative Feuchte:

aktiv (0-10 V Ausgänge) /

Spannungsversorgung 24 VDC oder 24 VAC /

CO₂: Messelement NDIR (non dispersive infrared) /

Genauigkeit : CO₂ +/-40ppm +4% vom Messwert
(Messbereich 0-2000 ppm)

Temperatur: Genauigkeit: +/- 1% vom Messbereich (MB:
0-50°C)

relative Feuchtigkeit: Genauigkeit: +/- 3% vom
Messbereich (MB: 20-80%)



Abbildung 44 : Eingesetzte Fühler in der Wißgrillgasse (Quelle: Firma Thermokon)

c) Wärmemengenzählung:

Bei der Wärmemengenzählung wurden Splitwärmemengenzähler (Engelmann) eingesetzt. Diese bestehen aus einem Volumenmessteil, dem Rechenwerk und dem Temperaturfühlerpaar. In den Rücklauf des Heizkreises wird das Volumenmessteil montiert. Zur Messung der Vorlauftemperatur wird der Vorlauffühler in eine fest montierte Vorlauftauchhülse geschraubt und plombiert. Das Rechenwerk wird an einer geeigneten Position an der Wand angeschraubt.



Abbildung 45: Wärmemengenzähler Fa. Engelmann

4.1.1 Monitoringkonzept

In Abbildung 46 ist das Monitoringkonzept schematisch vereinfacht dargestellt. Zusammengefasst wurden folgende Parameter erfasst:

- Komfortparameter (T, rel.F., CO₂) in 4 Wohneinheiten
- Temperatur und rel. Feuchte bei zentraler Lüftungsanlage (ABL, FOL, AUL, ZUL)
- Wärmemenge gesamt Heizung und Warmwasser
- Hilfsstromverbrauch Lüftung und Heizung
- Wärmemenge Heizung und Warmwasser der Referenzwohnungen (Manuelle Auslesung)
- Stromverbrauch aller Wohneinheiten, Allgemeinstrom und Aufzug (Manuelle Auslesung)

Monitoringkonzept:
Kaiserstrasse

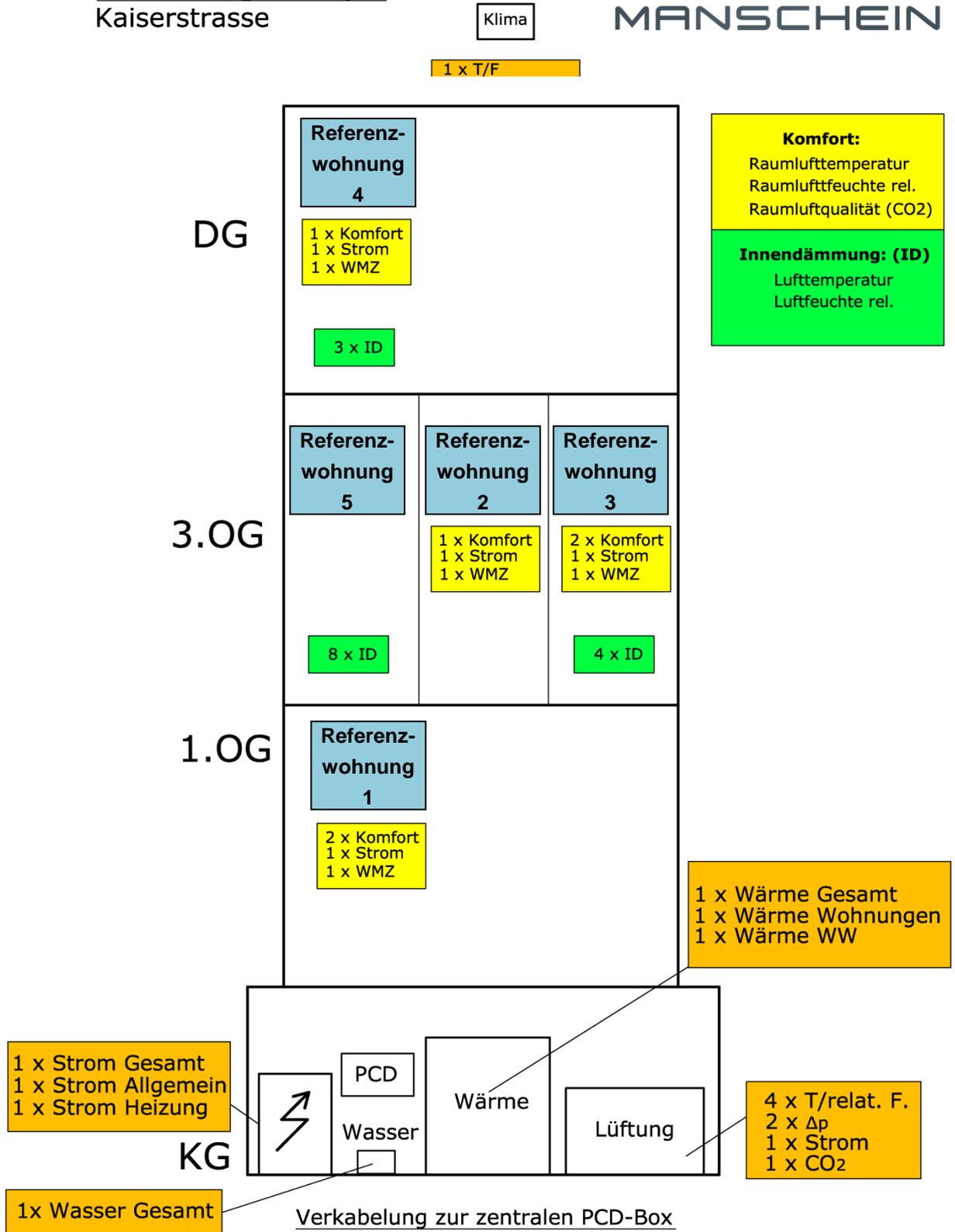


Abbildung 46: Schematische Darstellung Monitoringkonzept Kaiserstraße

4.2 Komfortparameter

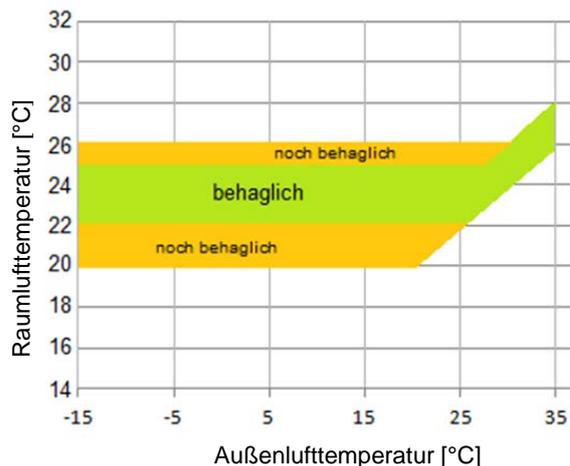
In der Heizungs- und Klimatechnik bezeichnet Behaglichkeit den Luftzustandsbereich, in dem sich der Mensch am wohlsten fühlt. Da Behaglichkeit subjektiv empfunden wird, gibt es keine strengen physikalischen Grenzen, sondern einen Behaglichkeitsbereich, in dem sich der Mensch am wohlsten fühlt.

Die drei bedeutendsten Einflussfaktoren sind

- die thermische Behaglichkeit
- die Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit
- die Luftreinheit (CO₂-Gehalt)

Folgende Darstellungsformen werden bei den Auswertungen angewandt:

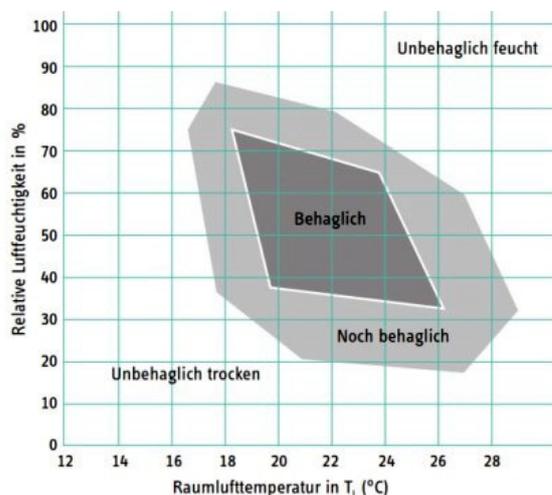
a) Darstellung thermische Behaglichkeit



Die thermische Behaglichkeit wird bei den folgenden Auswertungen nach DIN 1946-2 dargestellt. In dem dort definierten Behaglichkeitsfeld wird die Raumlufttemperatur der Außenlufttemperatur gegenübergestellt. Der grün hinterlegte Bereich ist als "behaglich" und der orange hinterlegte Bereich als "noch behaglich" definiert. Bei Außentemperatur bis 30°C liegen Raumtemperaturen über 26°C nicht im Behaglichkeitsfeld.

Abbildung 47: Behaglichkeitsfeld nach Din1946-2 (Quelle: eigene Darstellung)

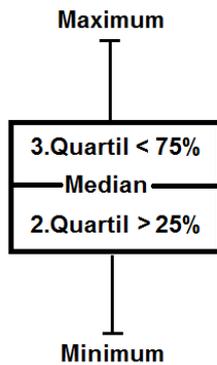
b) Darstellung Behaglichkeit in Bezug auf Raumluftfeuchtigkeit



Für die Darstellung der Behaglichkeit in Bezug auf Raumluftfeuchte wurde das Behaglichkeitsfeld nach Leusden und Freymark gewählt. Diese stellt die relative Raumluftfeuchtigkeit der Raumlufttemperatur gegenüber. Zu trockene Raumluft über einen längeren Zeitraum kann zu einer Reizung der Schleimhäute und Atemwege führen.

Abbildung 48: Behaglichkeitsfeld nach Leusden und Freymark (Quelle: Leusden und Freymark)

c) Darstellung CO₂ - Konzentration



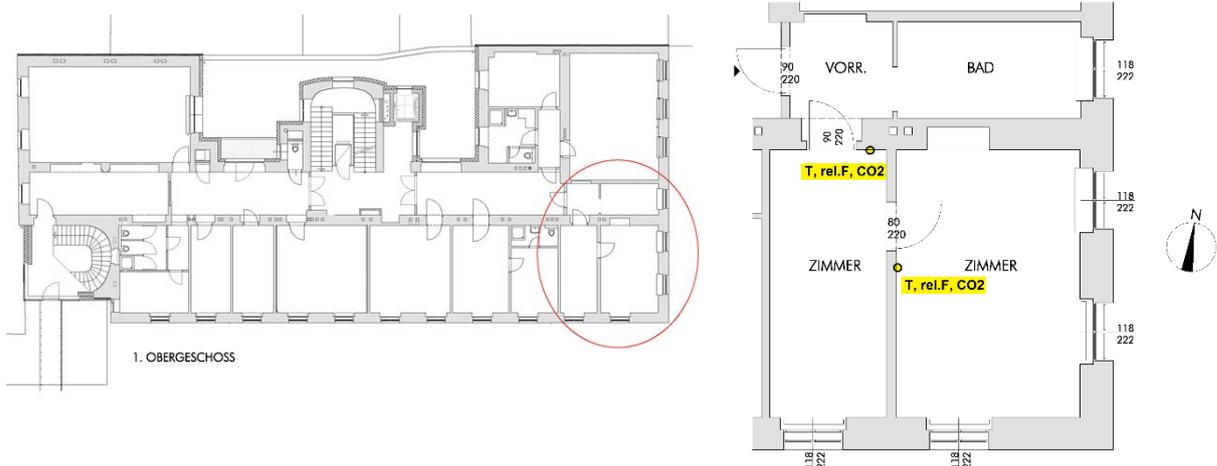
Für die Darstellung der CO₂-Konzentration, welche als Indikator für die Gesamtmenge an Emissionen und Geruchstoffen in der Raumluft dient, wurde ein Boxplot-Diagramm gewählt (Diese Darstellungsform wird im Folgenden auch bei anderen Analysen angewandt). Das Diagramm stellt die Extremwerte (Minimum und Maximum), den Median (50 % der Datenwerte sind kleiner oder gleich diesem Kennwert) und das obere und untere Quartil dar. Dies ermöglicht die Darstellung der Verteilung über die Spannweite. Die Häufigkeit des Überschreitens der Pettenkofer-Zahl (1000ppm) wird zusätzlich angeführt.

Abbildung 49: Erläuterung Boxplot Diagramm (Quelle: eigene Darstellung)

4.2.1 Behaglichkeit - Einzelauswertung der Referenzwohnungen

In den folgenden Graphen werden für jede einzelne Referenzwohnung die Behaglichkeitsparameter des 1. Messjahres von Jänner 2014 bis Dezember 2014 dargestellt. Die Messdaten sind lückenlos im 15 min Intervall (gemittelt) verfügbar.

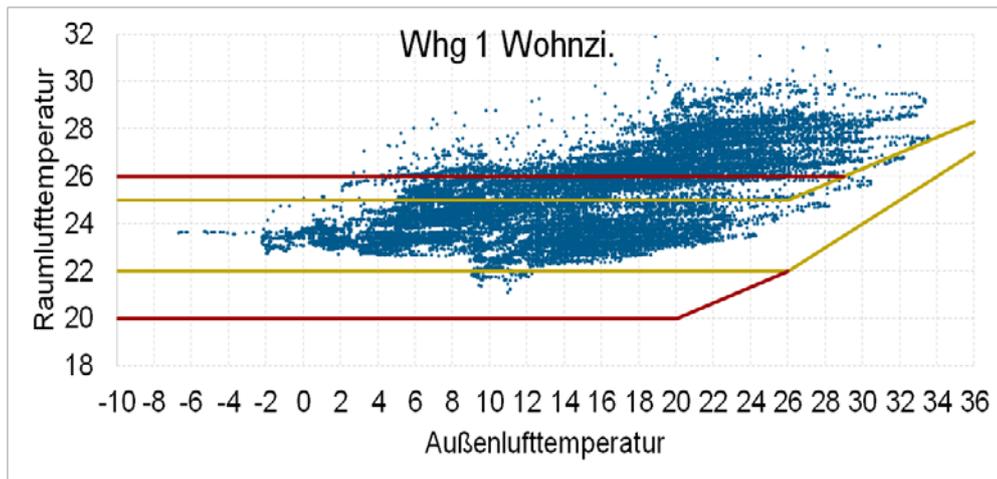
Referenzwohnung 1 (Auswertung 1. Messjahr 2014)



Die Wohnung befindet sich im ersten Stock, als Eckwohnung ist diese in Richtung Südost orientiert.

Wohnzimmer:

a) Thermische Behaglichkeit



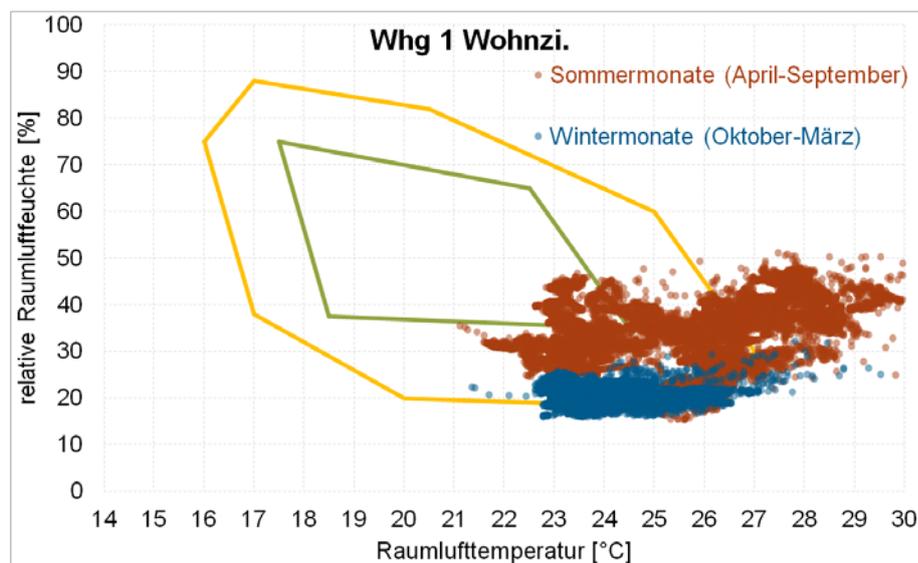
Winter:

Die Messwerte liegen mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld, jedoch wurden auch Messwerte über 26°C gemessen. Dies könnte an der Südausrichtung liegen. Am kältesten Tag liegt die Raumlufttemperatur bei 23,6°C. Die geringste Temperatur in der Heizperiode beträgt 21,4°C.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen viele Werte außerhalb des Behaglichkeitsfeldes. Grund dafür könnte die südseitige Ausrichtung der Wohnung sein.

b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit



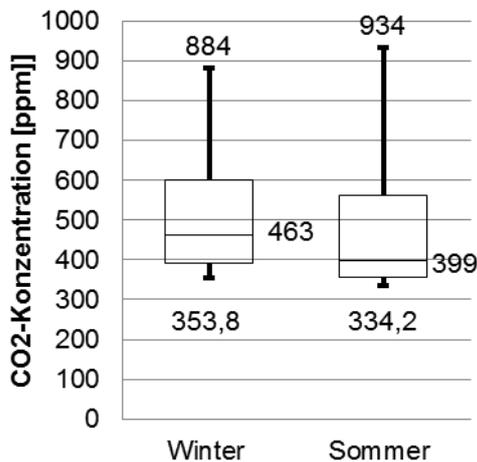
Winter:

Die relative Luftfeuchtigkeit ist sehr niedrig bei doch recht hohen Temperaturen. Wahrscheinlich wird diese Wohnung nur selten bewohnt, dadurch kommt es kaum zu einem Feuchteanstieg.

Sommer:

In den Sommermonaten sind die relativen Feuchtigkeitswerte ebenfalls sehr niedrig und reichen teilweise bis 15%, steigen jedoch kaum höher als 50%.

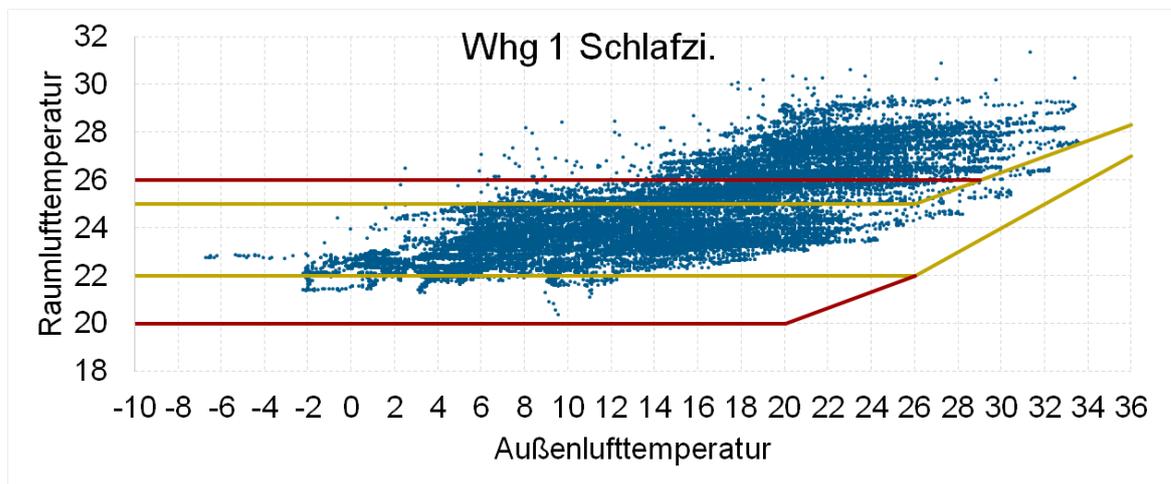
c) CO₂ Konzentration



Der Median der CO₂ Konzentration liegt im Sommer bei 399ppm, im Winter bei 463ppm. Die Häufigkeit einer Überschreitung der CO₂ Konzentration von 1000ppm (Pettenkofer Grenze) in dieser Wohnung liegt bei 0,1%.

Schlafzimmer:

a) Thermische Behaglichkeit



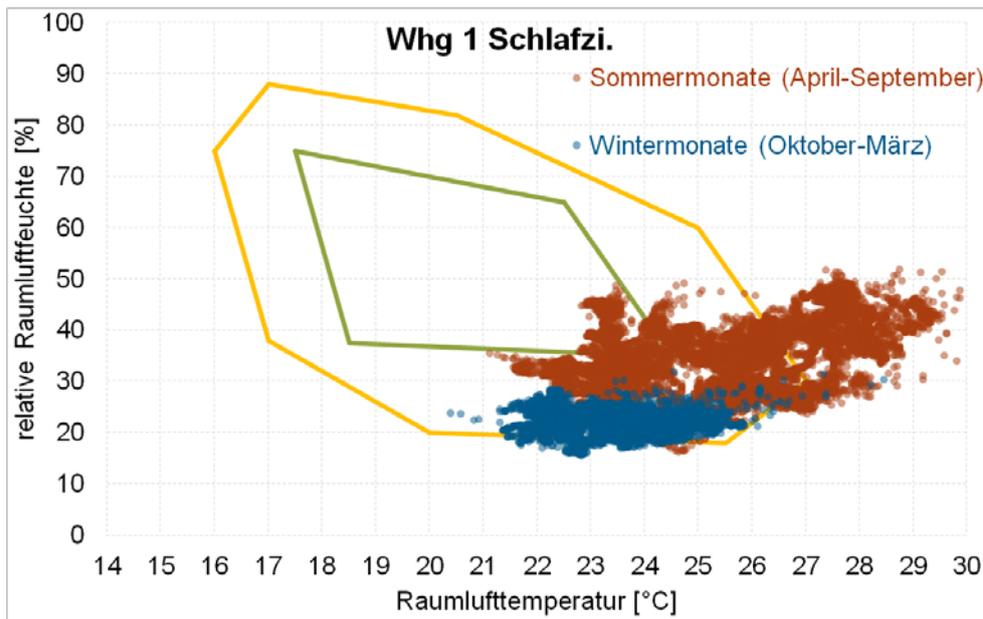
Winter:

Die Messwerte liegen auch im Schlafzimmer mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld und weisen einen ähnlichen Verlauf wie im Wohnzimmer auf. Gesamt gesehen ist es um etwa 1°C kühler als im Wohnzimmer. Am kältesten Tag liegt die Raumlufttemperatur bei 22,8°C. Die geringste Temperatur in der Heizperiode beträgt 20,4°C.

Sommer:

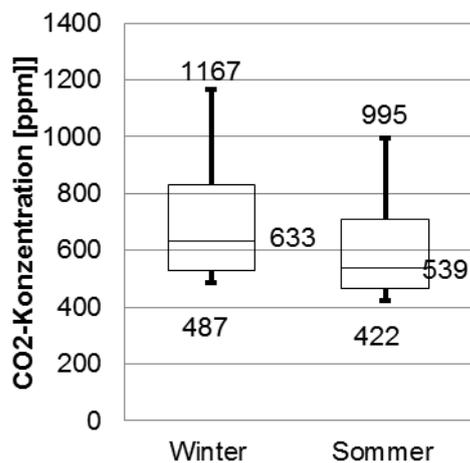
In den Sommermonaten liegen viele Werte außerhalb des Behaglichkeitsfeldes. Grund dafür könnte, wie im Schlafzimmer, die südseitige Ausrichtung der Wohnung sein.

b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit



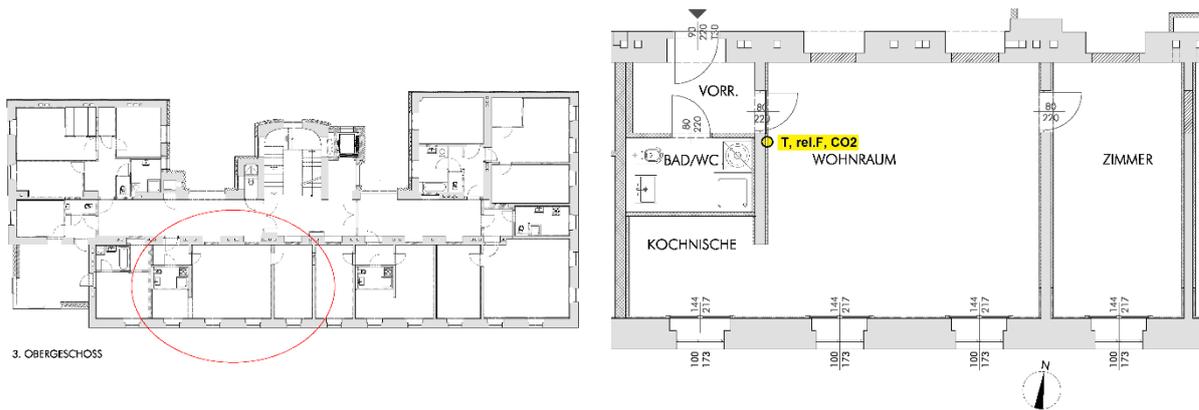
Die Luftfeuchtigkeitswerte im Schlafzimmer sind ähnlich wie jener im Wohnzimmer.

c) CO₂ Konzentration



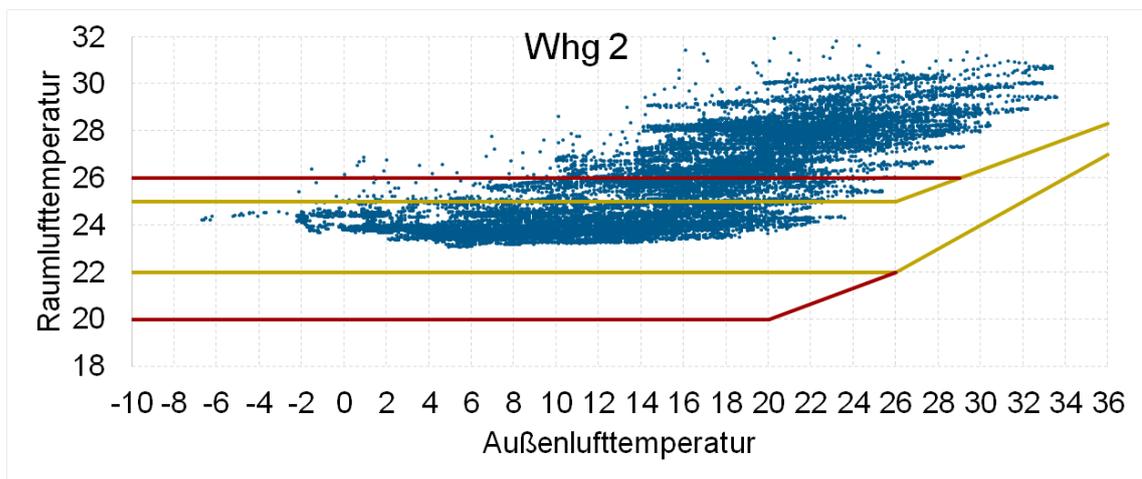
Der Median der CO₂ Konzentration liegt im Sommer bei 539 ppm, im Winter bei 633ppm. Im Vergleich zum Wohnzimmer liegt eine geringfügig höhere CO₂ Konzentration vor. Die Häufigkeit einer Überschreitung der CO₂ Konzentration von 1000ppm (Pettenkofer Grenze) liegt jedoch nur bei 0,2%.

Referenzwohnung 2 (Auswertung 1. Messjahr 2014)



Die Wohnung befindet sich im 3. Obergeschoß, alle Fenster sind nach Süden orientiert. Die Wohneinheit wird an drei Seiten von angrenzenden Wohneinheiten bzw. vom Gang umgeben. Belüftet wird die Einheit über die zentrale Lüftungsanlage. Die Zuluft erfolgt in den Wohnräumen und die Abluft in Küche sowie Badezimmer.

a) Thermische Behaglichkeit



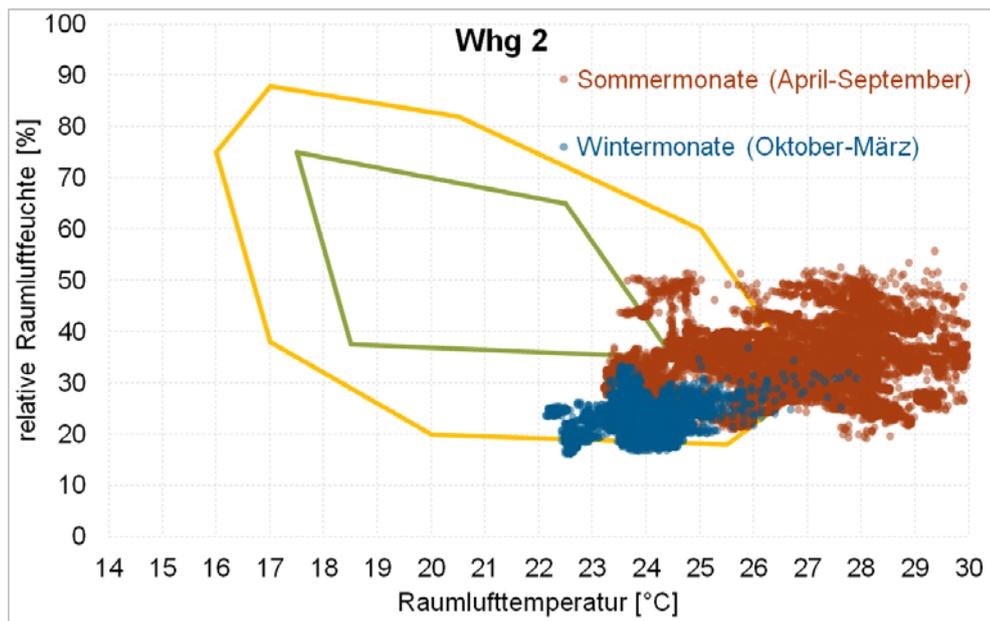
Winter:

Die Messwerte liegen mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld, jedoch wurden auch Messwerte über 26°C gemessen. Dies könnte an der Südausrichtung liegen. Am kältesten Tag liegt die Raumlufttemperatur bei 24,2°C. Die geringste Temperatur in der Heizperiode beträgt 23,0°C.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen viele Werte außerhalb des Behaglichkeitsfeldes. Grund dafür könnte die südseitige Ausrichtung der Wohnung sein. Die Bewohner dieser Einheit haben ebenfalls angegeben, dass die Wohnung im Sommer sehr heiß sei.

b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit



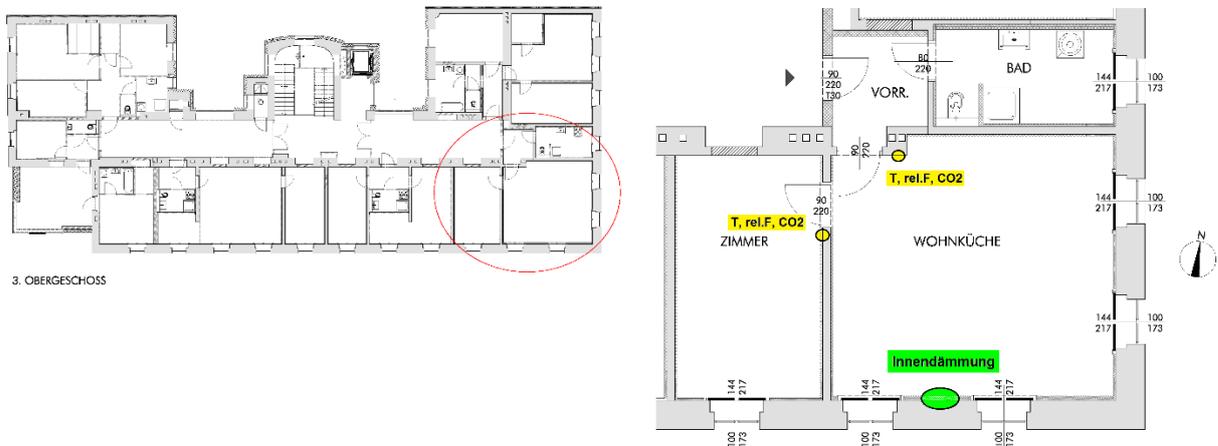
Winter:

Die relative Luftfeuchtigkeit ist eher niedrig bei doch recht hohen Temperaturen. Diese Wohnung wird von einem Erwachsenen ständig bewohnt. Die Werte steigen jedoch nicht über 35% und befinden sich größtenteils innerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

Sommer:

In den Sommermonaten sind die relativen Feuchtigkeitswerte ebenfalls niedrig und liegen zwischen 20% und 55%. Viele Werte liegen aufgrund der hohen Lufttemperatur außerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

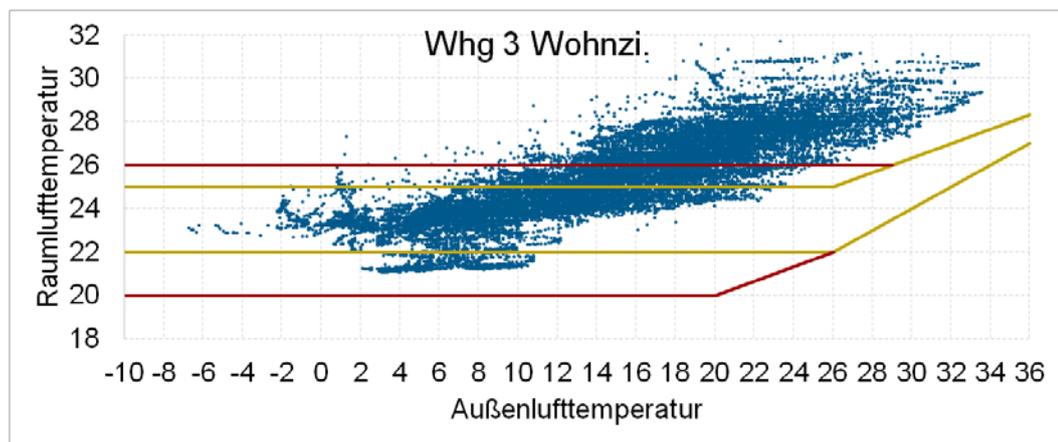
Referenzwohnung 3 (Auswertung 1. Messjahr 2014)



Die Eckwohnung befindet sich im 3. Obergeschoß und ist nach Südosten ausgerichtet. Die Wohnräume werden über die zentrale Lüftungsanlage belüftet. Zudem wurde eine Innendämmung angebracht.

Wohnzimmer:

a) Thermische Behaglichkeit



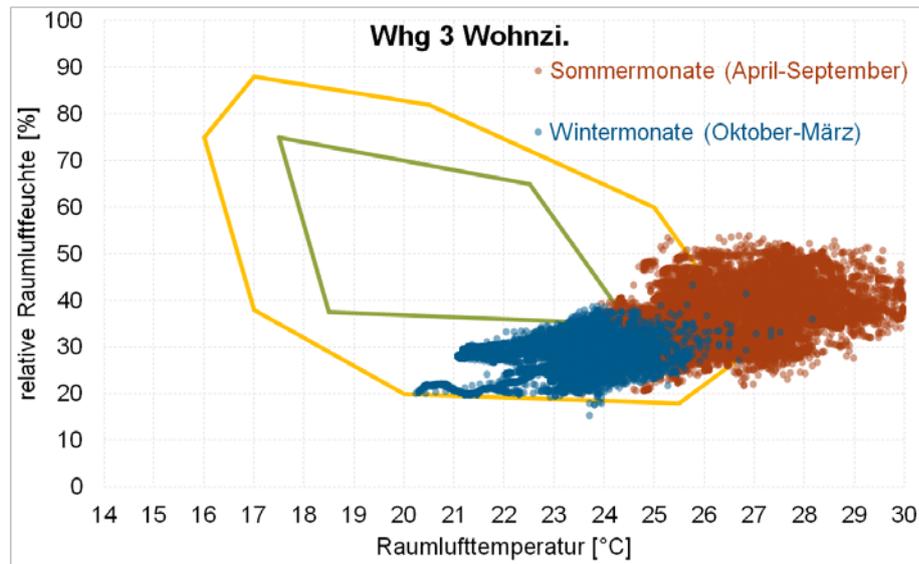
Winter:

Die Messwerte liegen mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld, jedoch wurden auch Messwerte über 26°C gemessen. Dies könnte an der Südausrichtung liegen. Am kältesten Tag liegt die Raumlufttemperatur bei 23,1°C. Die geringste Temperatur in der Heizperiode beträgt 21,0°C.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen viele Werte außerhalb des Behaglichkeitsfeldes. Grund dafür könnte die südseitige Ausrichtung der Wohnung sein. Die Bewohner dieser Einheit haben ebenfalls angegeben, dass die Wohnung im Sommer sehr heiß sei.

b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit



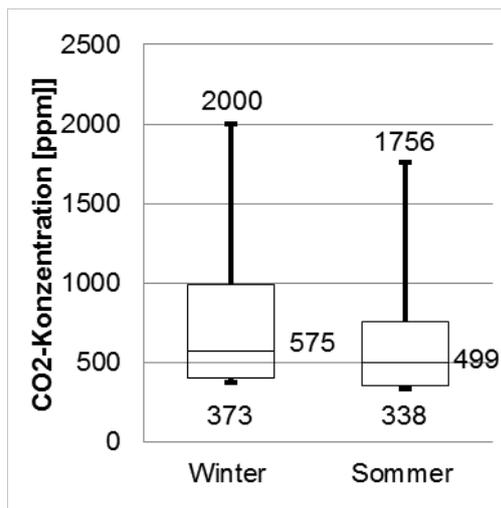
Winter:

Die relative Luftfeuchtigkeit ist eher niedrig. Die Werte steigen nicht über 40% und befinden sich größtenteils innerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen die relativen Feuchtigkeitswerte zwischen 20% und 55%. Viele Werte liegen aufgrund der hohen Lufttemperatur außerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

a) CO₂ Konzentration

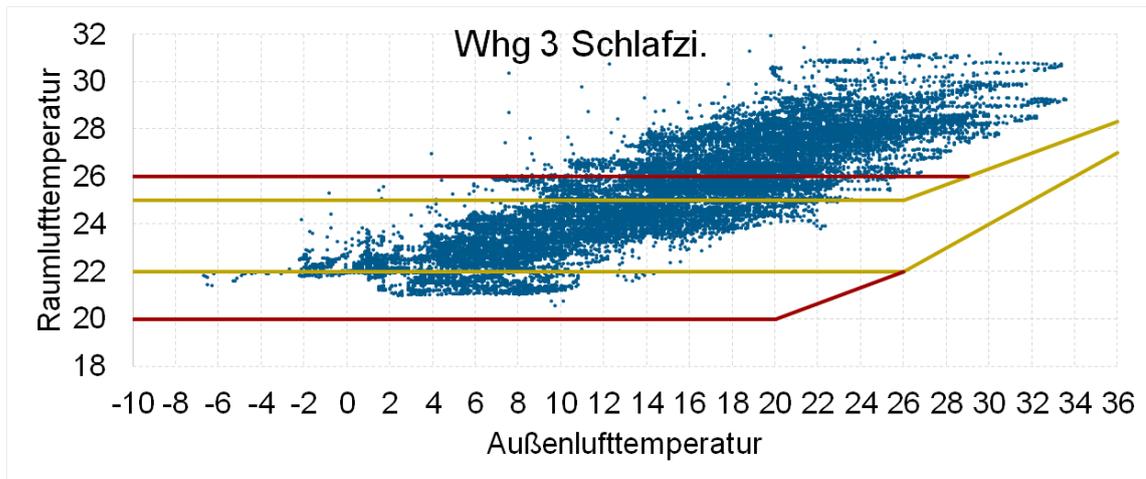


Der Median der CO₂ Konzentration liegt im Sommer bei 499 ppm, im Winter bei 575ppm. Die Häufigkeit einer Überschreitung der CO₂ Konzentration von 1000ppm (Pettenkofer Grenze) liegt jedoch nur bei 2,4%.

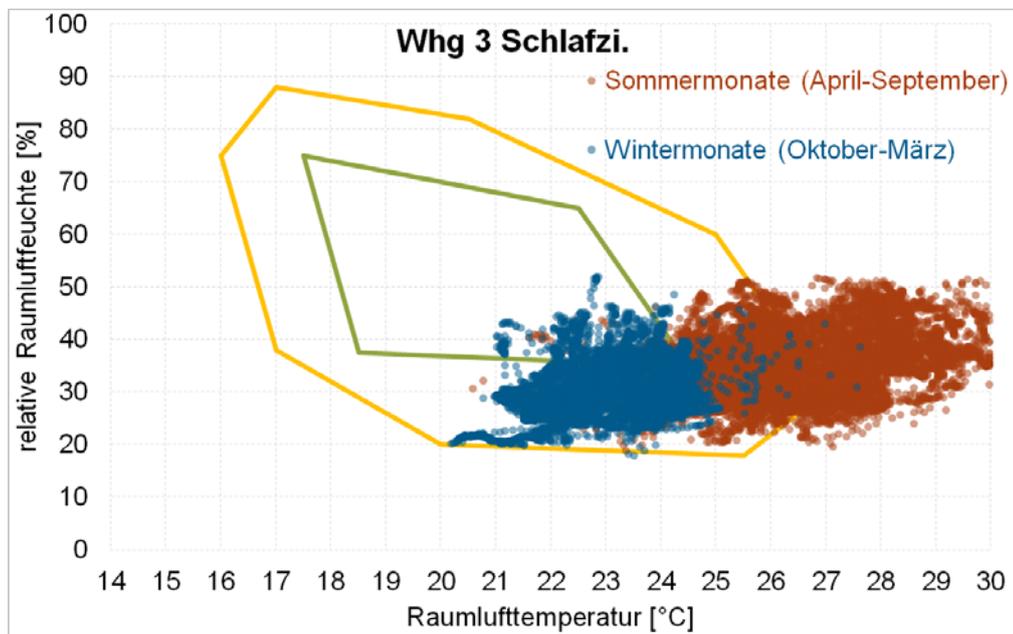
Schlafzimmer:

Die beiden Diagramme für das Schlafzimmer sind denen des Wohnzimmers sehr ähnlich:

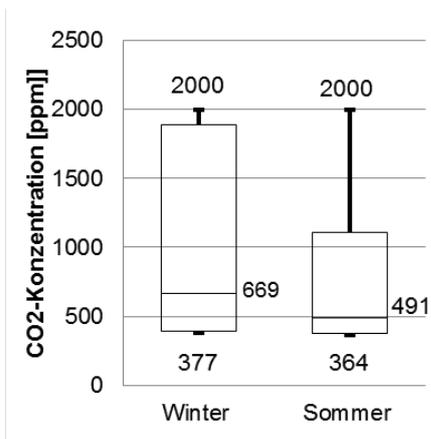
a) Thermische Behaglichkeit



b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit

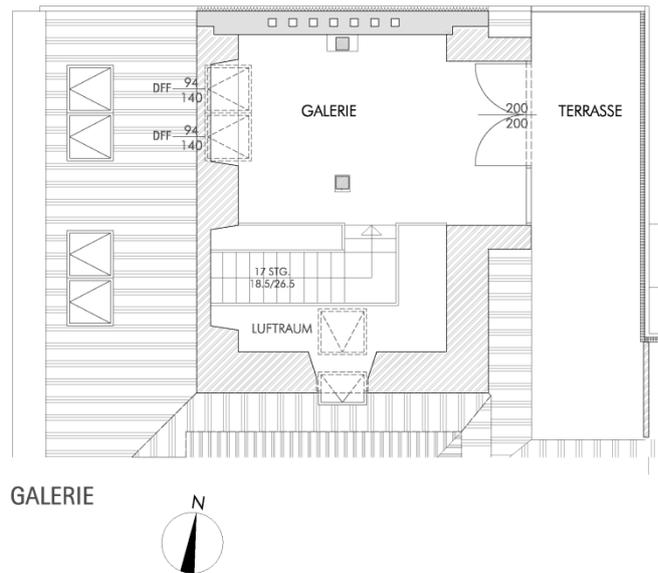
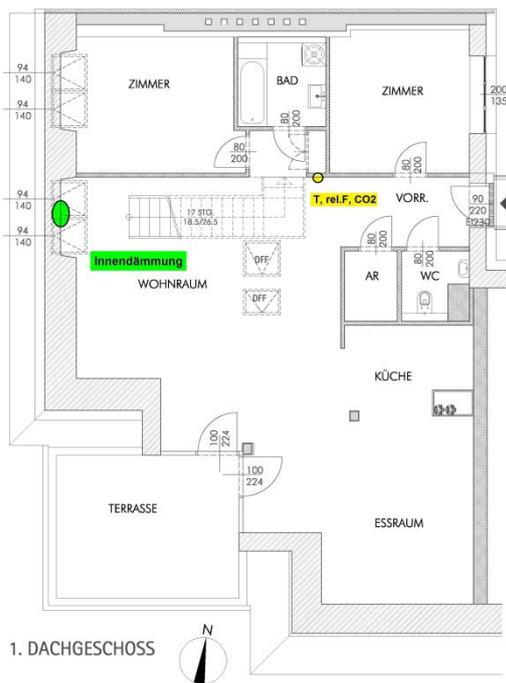
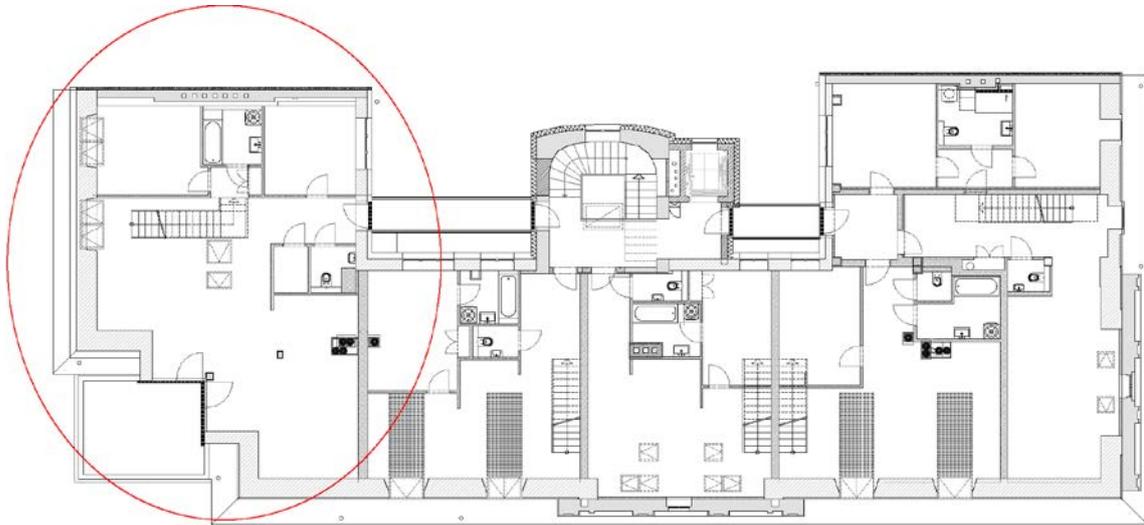


a) CO₂ Konzentration



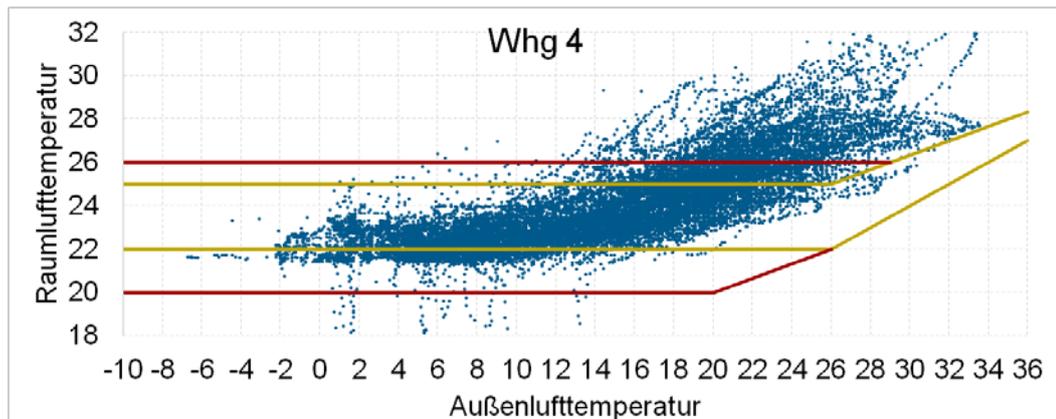
Der Median der CO₂ Konzentration liegt im Sommer bei 491 ppm, im Winter bei 669 ppm. Im Vergleich zum Wohnzimmer liegt eine höhere CO₂ Konzentration vor. Die Häufigkeit einer Überschreitung der CO₂ Konzentration von 1000 ppm (Pettenkofer Grenze) liegt jedoch nur bei 15,3%.

Referenzwohnung 4 (Auswertung 1. Messjahr 2014)



Die Eckmaisonettewohnung liegt im Dachgeschoß, die im unteren und oberen Geschoß jeweils Außenflächen, welche nach Osten, Süden und Westen orientiert sind, besitzt. Selbst der Zugang zur Wohnung liegt im Freien. Belüftet wird diese Einheit ebenfalls über die zentrale Lüftungsanlage.

a) Thermische Behaglichkeit



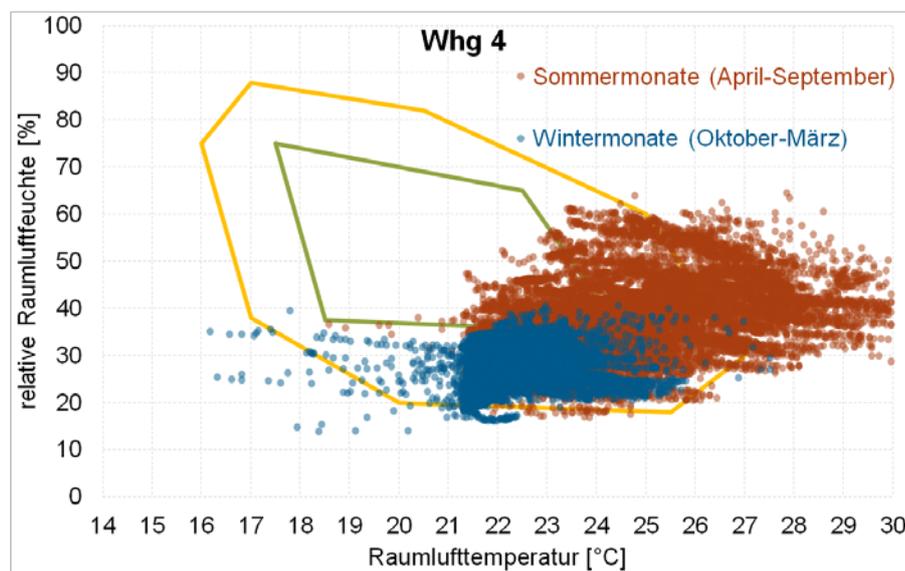
Winter:

Die Messwerte liegen mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld, einzelne Werte wurden unter 20°C gemessen. Diese könnten durch Fensterlüftung entstanden sein. Am kältesten Tag liegt die Raumlufthtemperatur bei 21,7°C. Die geringste Temperatur in der Heizperiode beträgt 16,2°C.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen viele Werte außerhalb des Behaglichkeitsfeldes. Grund dafür könnte die exponierte Lage der Wohnung sein.

b) Behaglichkeit in Bezug auf Luftfeuchtigkeit



Winter:

Die relative Luftfeuchtigkeit ist eher niedrig. Die Werte steigen nicht über 40% und befinden sich größtenteils innerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

Sommer:

In den Sommermonaten liegen die relativen Feuchtigkeitswerte zwischen 20% und 65%. Viele Werte liegen aufgrund der hohen Lufttemperatur außerhalb des Behaglichkeitsfeldes.

4.2.2 Komfortparameter Wohnungsvergleich

Die folgenden Grafiken beschreiben den geordneten Verlauf der CO₂-Konzentration, der Raumlufttemperatur und der relativen Raumluftfeuchte in den Referenzwohnungen. Zu den CO₂-Messungen sei angemerkt, dass die Fühler in allen Referenzwohnungen im Wohnbereich und nur in zwei Wohnungen zusätzlich ein zweiter Fühler im Schlafbereich angebracht wurden, und aufgrund der geringeren Anwesenheitszeit im Wohnbereich die CO₂-Konzentrationskurven deutlich niedriger liegen als z.B. in Schlafräumen. Bekanntermaßen hat das Nutzerverhalten den größten Einfluss auf die Komfortparameter CO₂-Konzentration und relative Feuchte, welche Auskunft über die Raumluftqualität geben. Obwohl alle Wohneinheiten mit zentraler Komfortlüftung ausgestattet sind, zeigen sich beim Vergleich des CO₂-Gehalts der Referenzwohnungen Unterschiede, welche auf die Wohnungsbelegung und -nutzung zurück zu führen sind. Besonders auffällig sind die Werte aus dem Schlafzimmer in Wohnung 3. Knapp 15% der Werte liegen über 1.000 ppm. Wohnung 1 und 2 bleiben über den gesamten Betrachtungszeitraum unter 1.000 ppm.

Geordneter Verlauf d. CO₂ Konzentration Kaiserstr. - 2. Messjahr

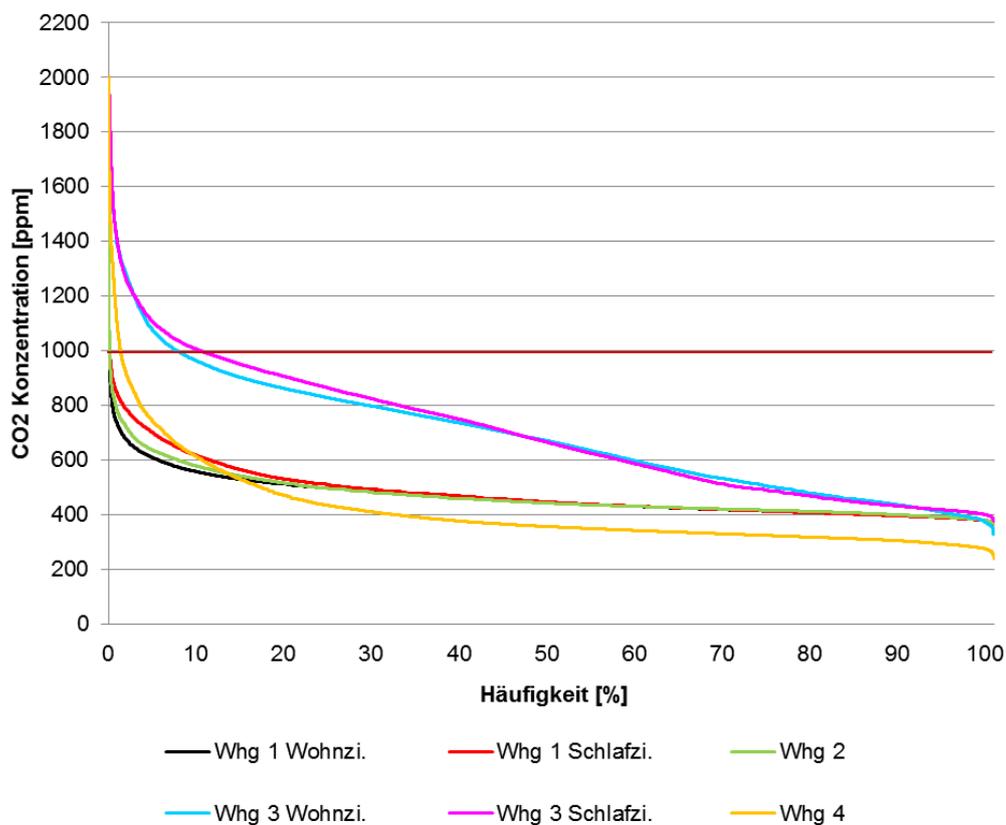


Abbildung 50: Geordneter Verlauf CO₂ Konzentration

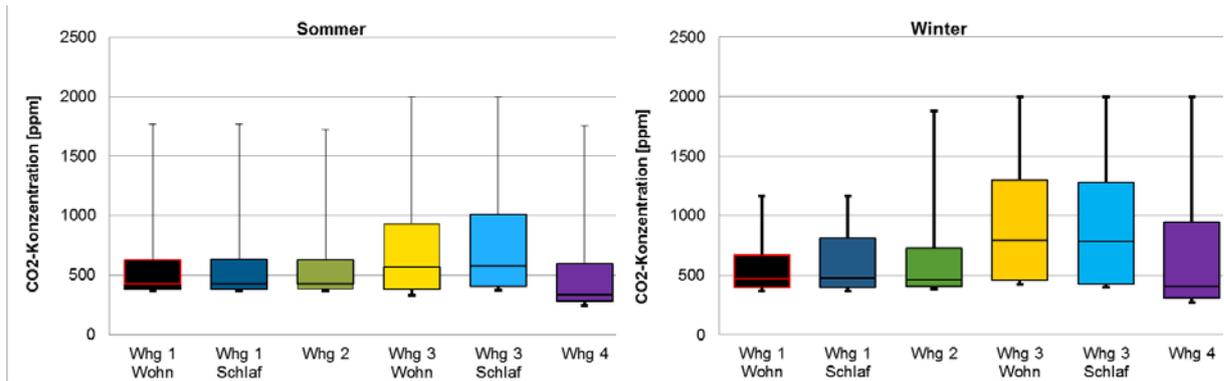


Abbildung 51: Box-Plot Darstellung CO2 Konzentration der Referenzwohnungen

Die geordneten Luftfeuchtigkeitsverläufe zeigen, dass im Durchschnitt rund 50% der Werte zwischen 20% und 30% relative Luftfeuchte liegen und die Luft sehr trocken scheint. Der Anteil von relativer Luftfeuchte über 40% ist in fast allen Wohnungen kleiner 20% und es wurden kaum Werte über 60% relativer Luftfeuchte aufgezeichnet.

Geordneter Verlauf d. rel. Luftfeuchte Kaiserstr. - 2. Messjahr

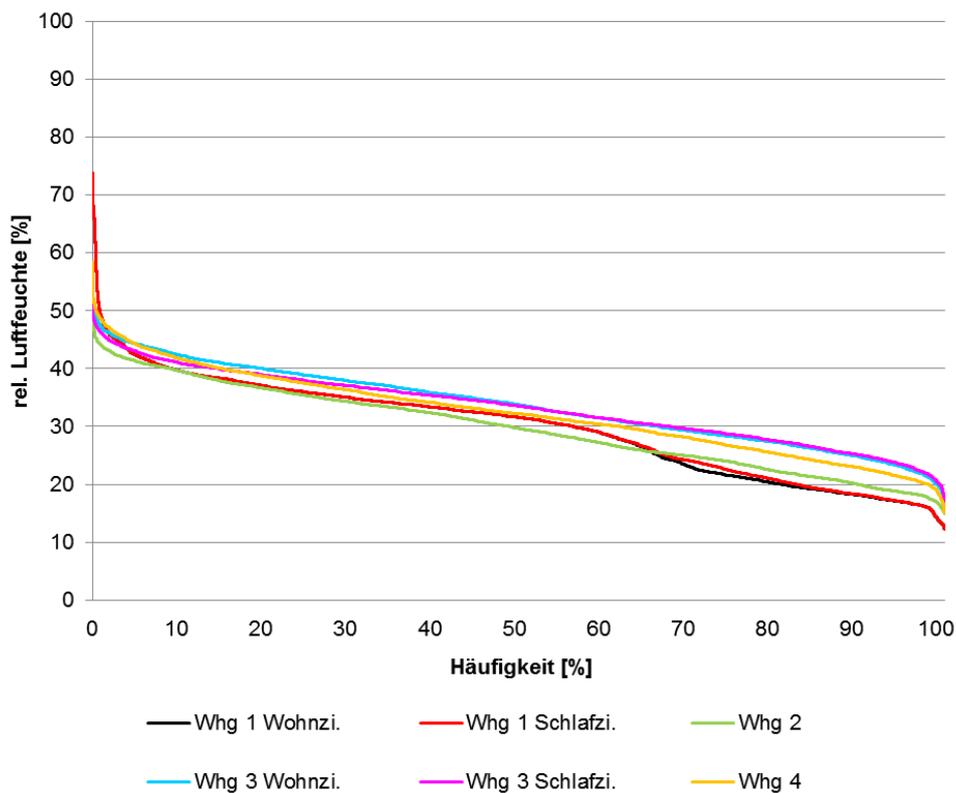


Abbildung 52: Geordneter Verlauf relative Luftfeuchte

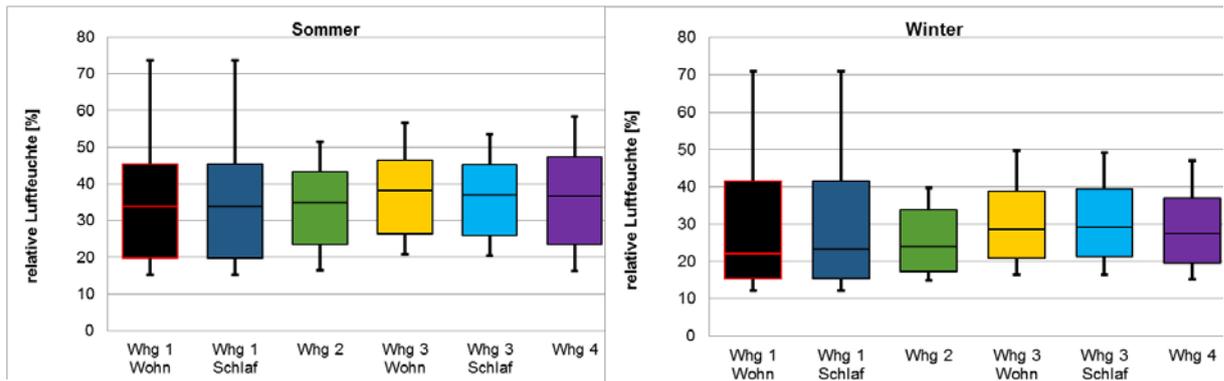


Abbildung 53: Box-Plot Darstellung rel. Luftfeuchte der Referenzwohnungen

Bei den geordneten Temperaturverläufen ist mit 15% bis 40% die Häufigkeit von Lufttemperaturwerten über 26°C sehr hoch. Es wurde ebenfalls von einigen Mietern bestätigt, dass die Wohnungen im Sommer sehr warm seien.

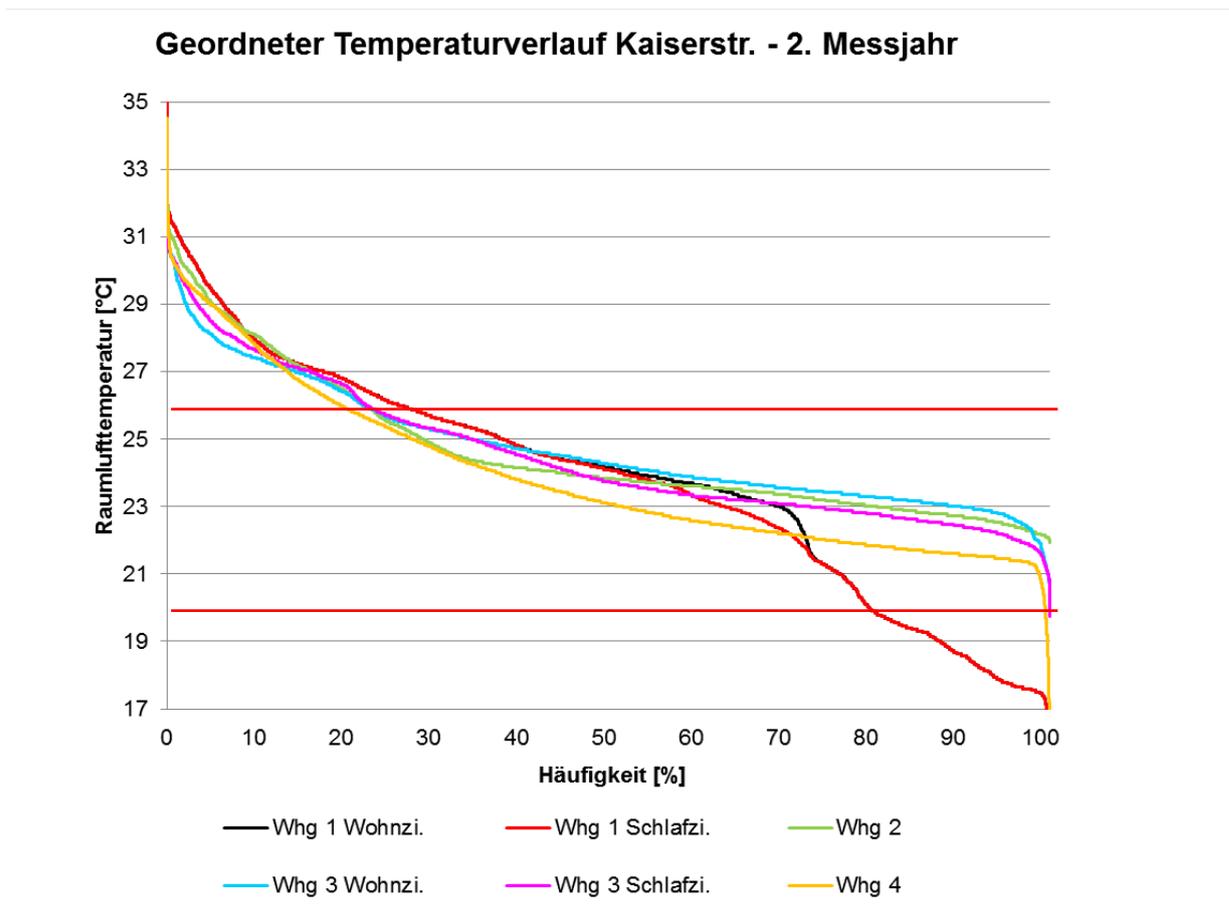


Abbildung 54: Geordneter Verlauf Raumlufttemperatur

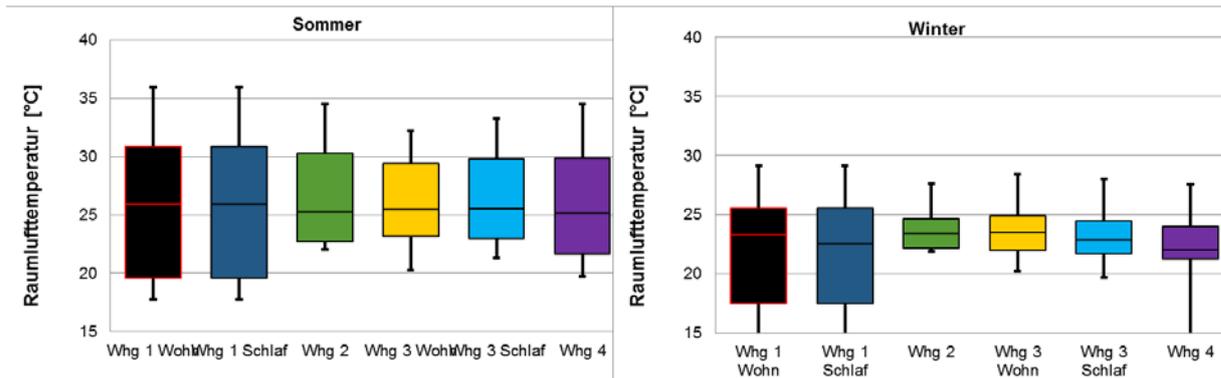


Abbildung 55: Box-Plot Darstellung Raumlufttemperatur der Referenzwohnungen

4.3 Energiebilanz

4.3.1 Stromverbrauch

Der gesamte Stromverbrauch (inkl. Haushaltsstrom) beträgt in der Kaiserstraße im 1. Messjahr in Summe 32,2 MWh. Bezogen auf 3.098 m²_{BGF} sind das 10,2 kWh/m²_{BGFa}. Im 2. Messjahr lag der gesamte Stromverbrauch bei rund 35 MWh (11,3 kWh/m²_{BGFa}). Die Lüftungsanlage und der Haushaltsstromverbrauch der Lüftungsanlagen wiesen einen erhöhten Verbrauch gegenüber dem Vorjahr auf. Der Allgemeinstrom teilt sich auf Grund der unterschiedlichen Nutzung in Allgemeinstrom Mischnutzung für die gesamten Geschoße EG bis 2.OG und Allgemeinstrom Wohnnutzung für die Gangbeleuchtung im 3.OG und DG. Die Kategorie Allgemeinstrom EG bis 2.OG verbraucht immerhin 18% des Gesamtstromverbrauchs, wobei sich der Allgemeinstrom in den oberen zwei Geschoßen gerade einmal auf 2% beläuft. Der Haushaltsstromverbrauch hält einen Anteil von 57%. Der spezifische Haushaltstrombedarf beträgt 5,9 kWh/m²_{BGFa}. Der Hilfsstromverbrauch für die zentrale Lüftungsanlage beträgt 5.155 kWh im Jahr, beziehungsweise 1,7 kWh/m²_{BGFa}.

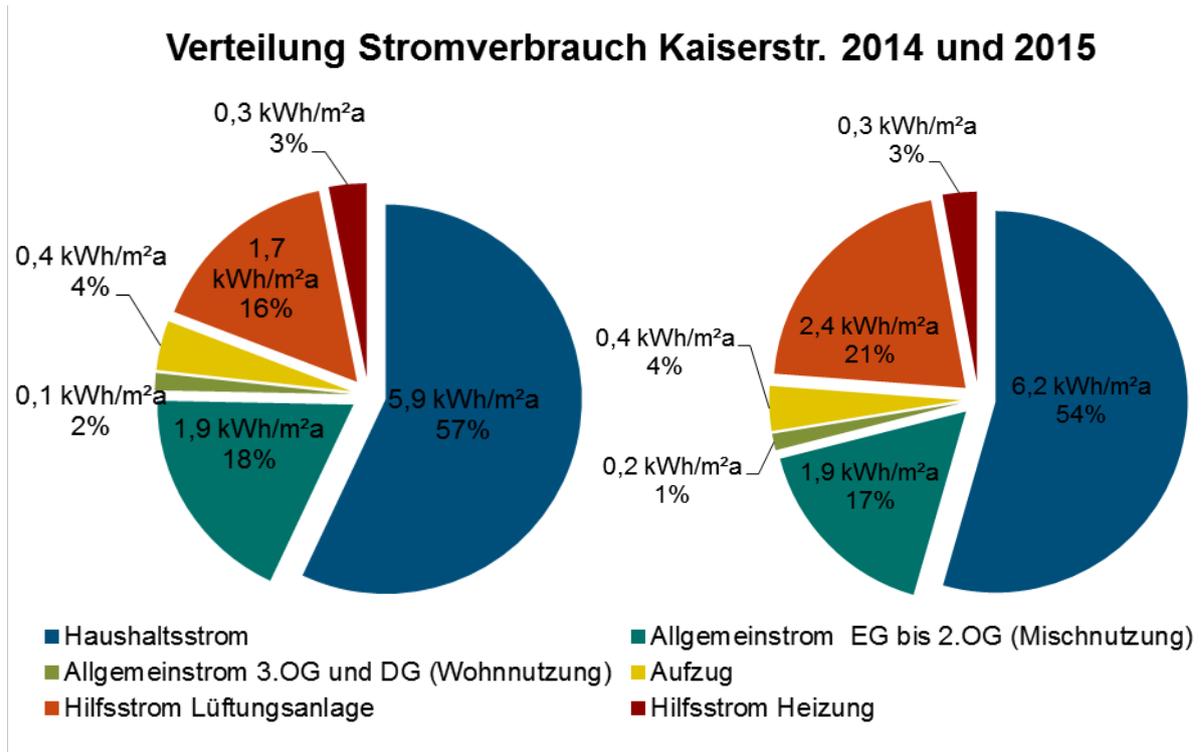


Abbildung 56: Verteilung Stromverbrauch im 1. Messjahr (2015)

4.3.2 Heizwärme

Der gemessene Heizwärmeverbrauch (Fernwärme) in der Kaiserstraße beinhaltet die gelieferte Wärmemenge für alle Wohneinheiten ab 2.OG (Zähler bei Pufferspeicher im Keller, Wohnungsübergabestationen für Heizwärme und WW bei jeder Wohneinheit), die Wärmemenge für das Nachheizregister der Lüftungsanlage (inkl. Verteilverlusten) und die Wärmemenge für Erdgeschoß bis 1. OG (Bestandsheizung). Der Heizwärmeverbrauch betrug im 1. Messjahr 2014 167,5 MWh kWh (54,0 kWh/m²_{BGFA}). Im 2. Messjahr lag der Heizwärmeverbrauch bei 145,4 MWh (46,9 kWh/m²_{BGFA}).

Der im Energieausweis berechnete Heizwärmebedarf (HWB) beschreibt jene Nutzenergie die zur Konditionierung eines Gebäudes auf 20°C Raumtemperatur erforderlich ist. Verteilverluste, Speicherverluste oder Bereitstellungsverluste sind in dieser Systemgrenze nicht inkludiert. Diese Systemgrenze kann jedoch nicht messtechnisch erfasst werden.

Der gemittelte HWB der Bestandsgeschoße und des neu ausgebauten Dachgeschoßes nach OIB Berechnungsmethode beträgt 26,5 kWh/m²a (mit Berücksichtigung von Wärmebrückenverlusten).

In weiterer Folge wird der direkte Vergleich des berechneten Heizwärmebedarfs mit dem gemessenen Heizwärmeverbrauch angestellt.

Die spezifischen Angaben von HWB und HWV beziehen sich auf die im Energieausweis angegebene BGF von 3098 m² (Bestandsgeschoße + DG).

- gemessener Heizwärmeverbrauch im 2. Messjahr:

$$\text{HWV}_{\text{gemessen}} = 46,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGFa}})$$

Um sowohl eine Klima- als auch eine Raumtemperaturbereinigung der Messdaten gewährleisten zu können, wurden die standortbezogenen Heizgradtage in einem ersten Schritt klimabereinigt. Die Summe der Heizgradtage beträgt 2780, im Energieausweis wird mit HGT am Standort von 3460 Kd kalkuliert. Nach der Auswertung der gemessenen Raumtemperaturen (Mittelwert 22,6°C) werden in einem zweiten Schritt die Heizgradtage auf diese erhöhte Anforderung korrigiert. Bei einer Heizgrenztemperatur von 12°C liegen die raumtemperatur- und klimabereinigten HGT bei 3272 Kd.

HGT Wien, Messdaten 2. Bezirk, 2015	
HGT 20/12 lt EAW	3460
HGT 20/12, 2015	2780
HGT 22,6/12, 2015	3272

Unter Berücksichtigung dieser veränderten Randbedingungen kann über folgende Berechnungsmethode

$$\text{HWV}_{\text{Referenz Wien}} = \text{HWV}_{\text{gemessen}} * (\text{HGT}_{\text{Referenz Wien}} / \text{HGT}_{\text{RT, Messzeitraum}})$$

der $\text{HWV}_{\text{Referenz Wien}}$, welcher die gesamtbereinigte Wärmeabgabe für Heizung darstellt, bestimmt werden.

Der bereinigte Heizwärmeverbrauch beträgt:

- bereinigter Heizwärmeverbrauch im 2. Messjahr:

$$\text{HWV}_{\text{Referenz Wien}} = 49,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGFa}})$$

Die Sanierung in der Kaiserstraße weist einen HWB lt. Energieausweisberechnung von rund 26,5 kWh/m²_{BGFa} auf. Der gemessene Heizwärmeverbrauch beträgt temperatur- und klimabereinigt 49,5 kWh/m²_{BGFa} und liegt somit deutlich über dem theoretischen Wert. Es ist davon auszugehen, dass der Effekt von Wärmebrücken bei Innendämmung im Berechnungsverfahren des Energieausweises zu wenig berücksichtigt wird. Ein weiterer Grund in dem erhöhten Verbrauch liegt möglicherweise an dem Bestandsheizsystem von EG und 1. OG. Dieses wird auf hohem Temperaturniveau betrieben.

4.3.3 Endenergie und Primärenergie

Bei Betrachtung der Heizenergie (Heizwärme und Warmwasserbereitung inkl. aller Speicher- und Verteilverlusten sowie Hilfsstrom) liegt der Verbrauch im 1. Messjahr um 21,6 kWh/m²_{BGFa} höher als der Bedarf. Im 2. Messjahr liegt der erhöhte Verbrauch geg. Bedarf bei 14,8 kWh/m²a. Grund dafür war unter anderem ein defektes Magnetventil beim Heizregister der Lüftungsanlage (siehe Kapitel Evaluierung Haustechnik).

Der reale Endenergieverbrauch (Heizenergie und Strom für alle Nutzungen) liegt nur mehr geringfügig über dem berechneten Wert. Hier kompensieren die geringeren Stromverbrauchswerte den höheren Verbrauchswert für Heizen und Warmwasser.

Der geringeren Stromverbräuche haben auch Auswirkung auf die Primärenergie-Bilanz (Konversionsfaktoren lt. OIB RL6). Der PEB liegt knapp unter 140 kWh/m²a. Die Primärenergie basierend auf dem realen Verbrauch liegt mit rund 135 kWh/m²a im 1. Messjahr knapp 3,5% unter der Empfehlung, da die Konversionsfaktoren für den Strom größer sind als jene für Fernwärme. Im 2. Messjahr beträgt der Primärenergieverbrauch 125 kWh/m²a.

Die CO_{2e} Emissionen (Konversionsfaktoren lt. OIB RL6) nach Energieausweisverfahren betragen 13,8 kg/m²a. Im realen Betrieb betragen die CO_{2e} Emissionen 7,8 kg/m²a.

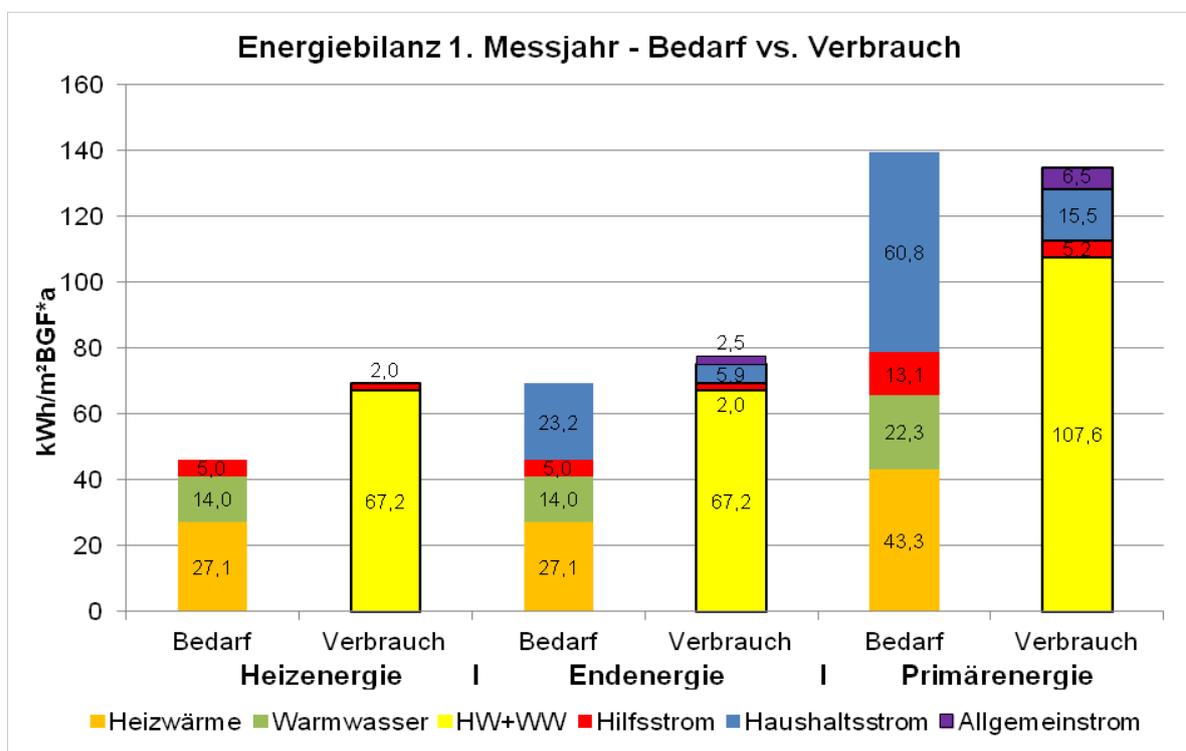


Abbildung 57: Energiebilanz 1. Messjahr

Aufgrund der gemeinsamen Messung von Heizwärme und Wärme für Warmwassererzeugung, konnte der Heizwärmeverbrauch im 1. Messjahr nicht Heizgradtage bereinigt werden.

Für das 2. Messjahr wurde Zählerleinrichtungen nachgerüstet um den WW-Verbrauch detailliert zu erfassen.

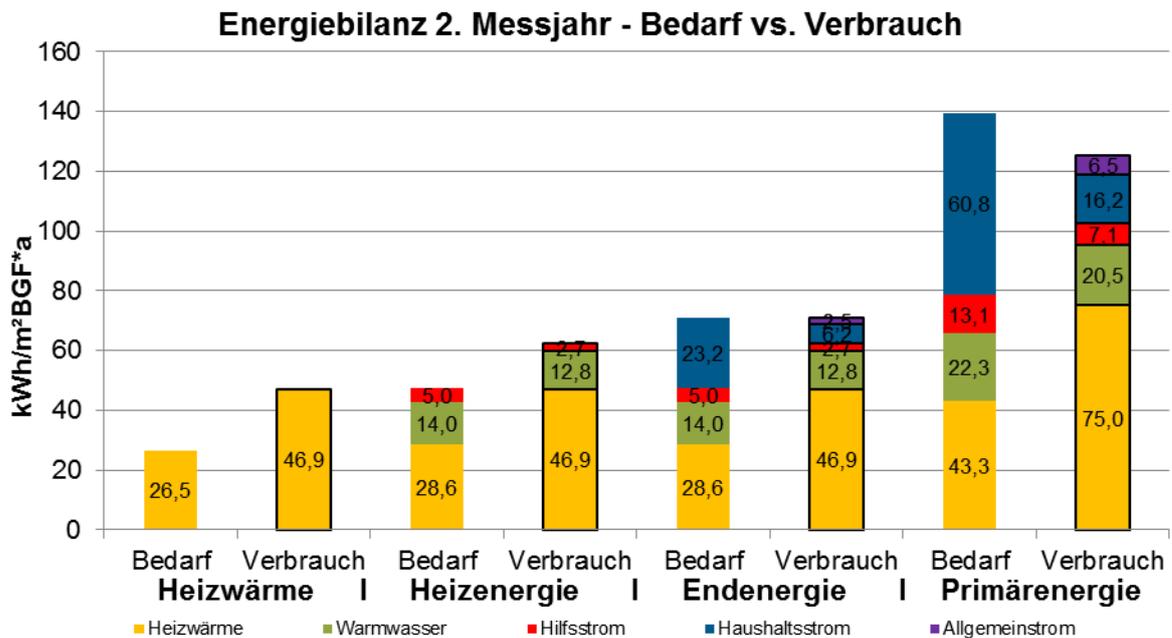


Abbildung 58: Energiebilanz Kaiserstraße 2. Messjahr (Grafik e7)

4.4 Evaluierung Haustechnik

4.4.1 Lüftung

Wärmeverbrauch Lüftungsanlage

Aufgrund einer Fehlfunktion des Regelventils für das Heizregister der Lüftungsanlage im Zeitraum von 29.4.2014 bis 22.7.2014 wurde die Zuluft zum Teil auf über 40°C aufgeheizt. Die Fehlfunktion dauerte knapp 3 Monate an. Die hohe Raumlufttemperatur in diesem Zeitraum wurde auch bei der NutzerInnenbefragung als negativ angemerkt.

Der durchschnittliche wöchentliche Verbrauch von Ende Jänner bis Ende April (Winter) betrug rund 80kWh, hochgerechnet auf eine gesamte Heizperiode ergibt dies einen Bedarf von rund 2.000 kWh/a. Der tatsächliche Verbrauch im Jahr 2014 lag jedoch bei 29.258 kWh/a. Der Mehrverbrauch lag somit bei rund 27.250kWh/a, dies entspricht einem spezifischen Verbrauch von 8,8 kWh/m²BGFa.

Im Jahr 2015, bei fehlerfreier Funktion des Regelventils, lag der Verbrauch an Fernwärme für das Heizregister der Lüftungsanlage bei 3.890 kWh/a. Dies erklärt die Reduktion des Heizwärmeverbrauchs im Jahr 2015 gegenüber 2014.

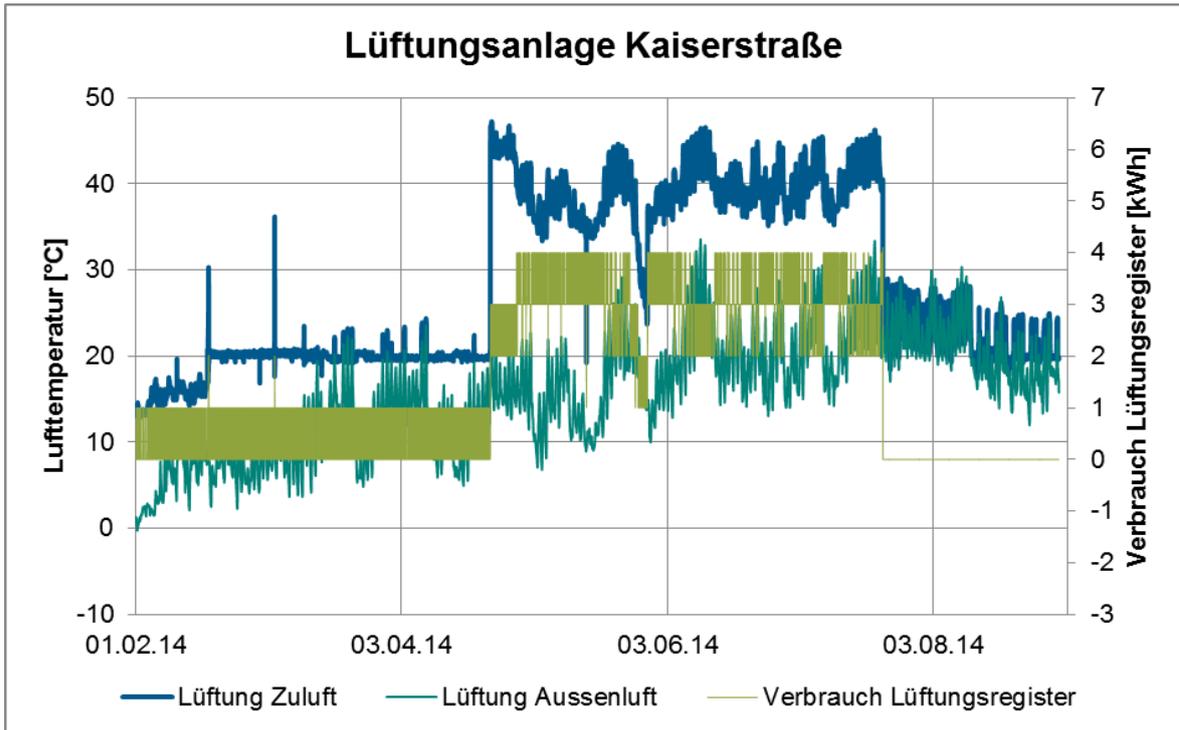


Abbildung 59: Temperaturverlauf Zuluft und Außenluft sowie Wärmeverbrauch des Heizregisters der Lüftungsanlage

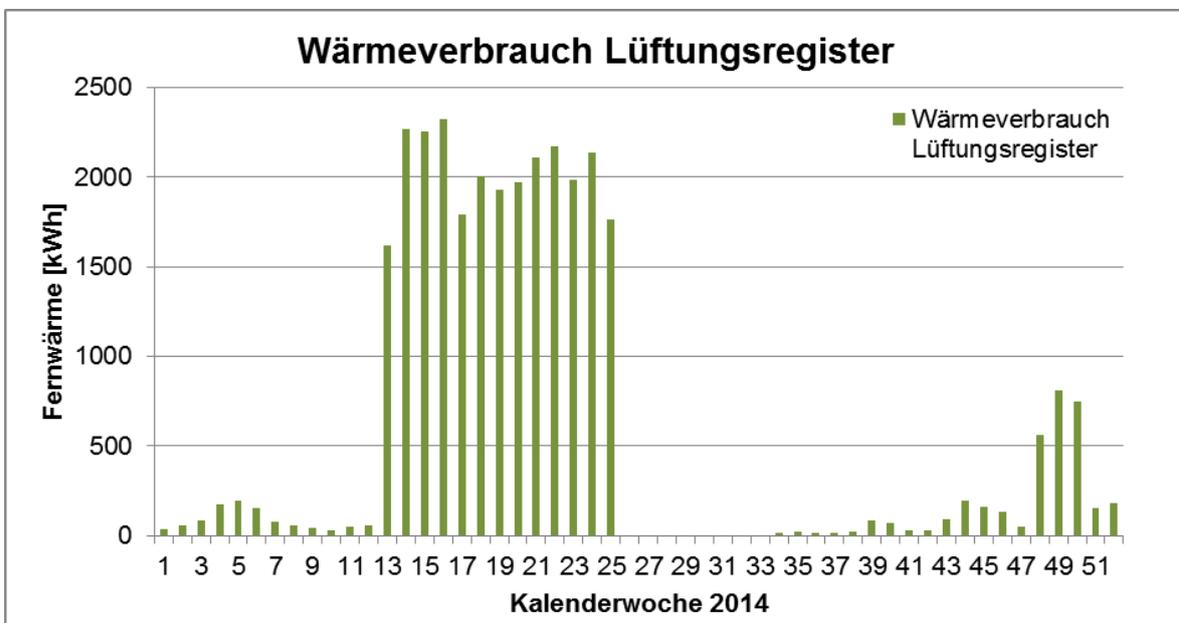


Abbildung 60: Wöchentlicher Wärmeverbrauch des Lüftungsregisters

Stromverbrauch Lüftung

Kenndaten Lüftungsgerät lt. Hersteller	
Gerät	Exhausto V350 HLEC
Nennluftmenge	2685 m ³ /h
Leistungsaufnahme Zu- und Abluftventilator	1,051 kW
Jahresdurchschnitt Stromverbrauch SFP	0,383 W/(m ³ /h)

Der Hersteller gibt die Leistungsaufnahme der Ventilatoren mit 1,05 kW an. Gemessen wurde eine durchschnittliche Leistungsaufnahme im ersten Betriebsjahr von 0,8 kW und im zweiten Betriebsjahr von 0,99 kW. Es ist ein Anstieg des Stromverbrauchs zu erkennen. Die Gründe können unter anderem ein zu langes Intervall des Filtertausches sein. Trotz des Anstiegs des Verbrauchs weist die Anlage eine sehr gute Elektroeffizienz mit einem gemessenen SFP von 0,37 W/(m³/h) auf.

Messzeitraum	Jahresstrom- verbrauch	durchschnittliche Leistungsaufnahme	spez. Stromverbrauch (SFP bezogen auf Nennluftmenge)
1.4.2014 bis 31.3.2015	7037,62 kWh/a	0,80 kW	0,30 W/(m ³ /h)
1.4.2015 bis 31.3.2016	8678,55 kWh/a	0,99 kW	0,37 W/(m ³ /h)

4.5 Ergebnisse Monitoring Innendämmung

Paul Wegerer (TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz)

4.5.1 Aufgabenstellung und Aufbau des Monitorings

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Auswertung von Messdaten an einer Innendämmung im Gebäude Kaiserstraße 7, 1070 Wien. Die Daten wurden von der Firma Manschein aufgezeichnet und vom Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz der TU Wien ausgewertet. Es handelt sich dabei um Temperatur- und Feuchtemesswerte an 15 Messstellen innerhalb der Konstruktion. Das Raumklima in Top 7 wurde vom Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz gemessen.

Außerdem wurde eine Wärmestrommessung durchgeführt, woraus der Wärmedurchgangskoeffizient der innengedämmten Wand berechnet wurde. Auf Basis des gemessenen Temperaturprofils in der Wand kann auf den U-Wert der Bestandskonstruktion rückgeschlossen werden, wodurch ein Vergleich von nicht gedämmtem Bestand und der sanierten, gedämmten Konstruktion angestellt werden kann. Das Hauptziel der In-situ-Messungen war die Überwachung der Innendämmung in Bezug auf Funktionstüchtigkeit und Dauerhaftigkeit.

Die Montage der Sensoren in der Konstruktion erfolgte am 6.9.2012 durch die Firma Manschein unter Berücksichtigung eines vorgegebenen Messkonzepts. Zu diesem Zeitpunkt waren die Umbauarbeiten am Gebäude in vollem Gang, wodurch der Einbau der Sensoren in die Konstruktion ohne künstliche Öffnungen oder Durchdringungen erfolgen konnte. Das Monitoring der Innendämmung startete nach Bezug der Wohnungen Mitte Dezember 2013 und lieferte Messdaten bis Anfang April 2016. Im Herbst 2014 kam es zu einem mehrwöchigen Ausfall des Datenloggers, weshalb keine Messdaten für diesen Zeitraum vorliegen.

Die Messungen wurden in drei markanten Bauteilen durchgeführt: Im 3. OG wurde in Wohnung Top 7 eine 5 cm dicke Innendämmung angebracht. Die Messpunkte befinden sich dort im Bereich der Westfassade. Aufgrund der exponierten Lage wurde in diesem Bereich auch der Einfluss von Schlagregen auf die Innendämmung untersucht. Die straßenseitige Wohnung Top 11 wurde mit einer an der Südseite applizierten, 10 cm dicken Innendämmung ausgestattet. Die folgenden Abbildungen skizzieren die ungefähren Sensorpositionen.

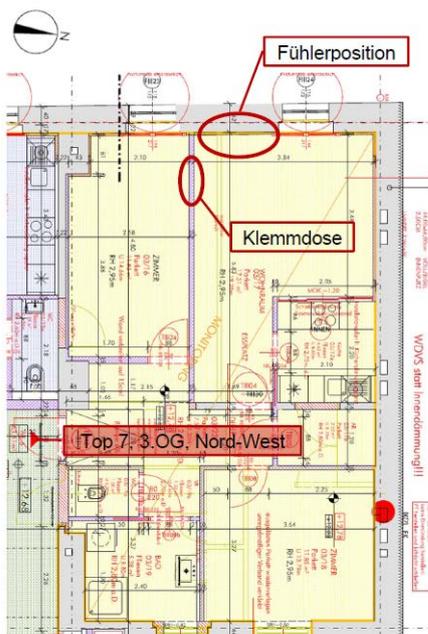


Abbildung 61: Sensorpositionen Top 7

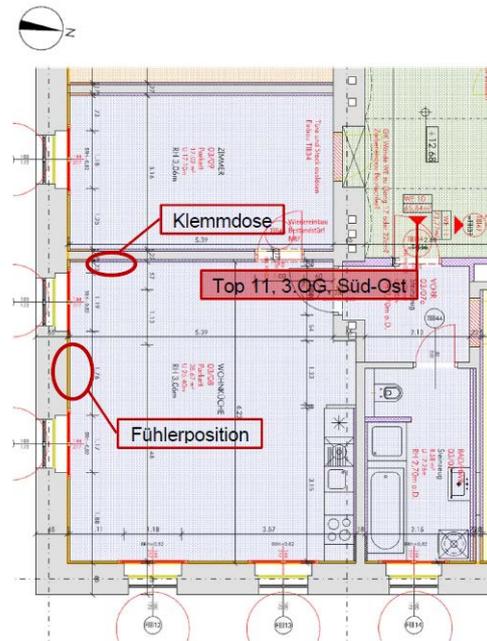


Abbildung 62: Sensorpositionen Top 11

In den Wohnungen Top 7 und Top 11 kam eine Innendämmung aus Mineralschaumplatten zum Einsatz. Die Platten wurden vollflächig auf den Innenputz geklebt. In Top 11 wurden zwei 5 cm dicke Platten übereinander geklebt. Die Montage der Sensoren erfolgte an beiden Konstruktionen im Bereich einer ungestörten Wandmitte, d.h. ohne Wärmebrückeneinfluss, um ein eindimensionales Temperatur- bzw. Feuchtefeld voraussetzen zu können.

In der Wohnung Top 13 wurde im Bereich des Kniestockes eine ca. 30 cm dicke Innendämmung aus Mineralwolle hergestellt. Aufgrund der geringen Kniestockhöhe und der Dicke des Gesimses nahe dem Deckenaufleger kann hier von einer starken Wärmebrückenwirkung ausgegangen werden, wodurch kein eindimensionaler Wärmestrom zu erwarten war. Diese Messstellen dienen somit ausschließlich zur Dokumentation und Überwachung der Konstruktion.

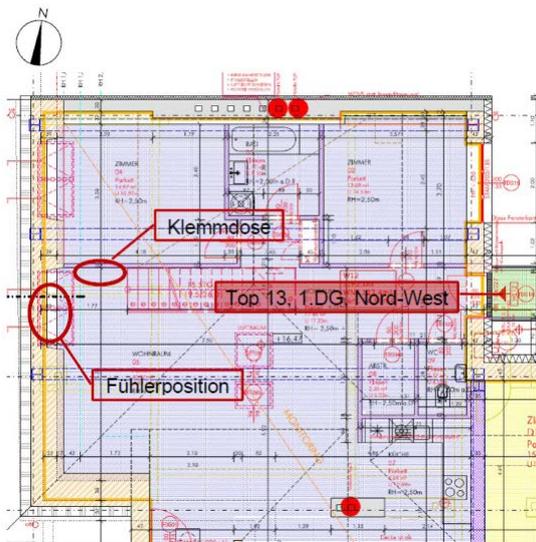


Abbildung 63: Sensorpositionen Top 13

Die Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Innendämmung erfolgte über die gemessene relative Luftfeuchte zwischen Dämmung und Bestandskonstruktion. Dazu wurden Bewertungen nach [SED03], [KEH13] und [THE09] herangezogen.

4.5.2 Auswertung der Messergebnisse der Innendämmung

Ergebnisse Top 7

In der Wohnung Top 7 wurden in der nach Westen orientierten Außenwand fünf Sensoren über den Wandquerschnitt verteilt eingebaut. Aufgrund des Ziegelmusters (Abbildung 64) der ca. 45 cm dicken Außenwand mussten unterschiedliche Ziegellagen angebohrt werden, um sicherzustellen, dass jeder Sensor luftdicht in einem Ziegel und nicht in einer Lagerfuge liegt. Die Bohrlöcher wurden anschließend mit PU-Schaum luftdicht verschlossen, damit der Luftraum um den Sensor möglichst klein ist und somit eine bestimmte Schichttemperatur gemessen werden konnte. Die Sensorpositionen 1 bis 4 befinden sich in Wandtiefen von 7, 17, 27 und 37 cm gemessen von der inneren unverputzten Wandoberfläche. Dadurch ergeben sich annähernd gleiche Sensorabstände im Wandquerschnitt. Der Sensor 5 sitzt zwischen Innendämmung und Putz und somit an jener Stelle, an der aufgrund des Temperaturprofils eine Taupunktunterschreitung am wahrscheinlichsten zu erwarten ist. In Abbildung 65 ist die genaue Lage aller Sensoren dokumentiert.

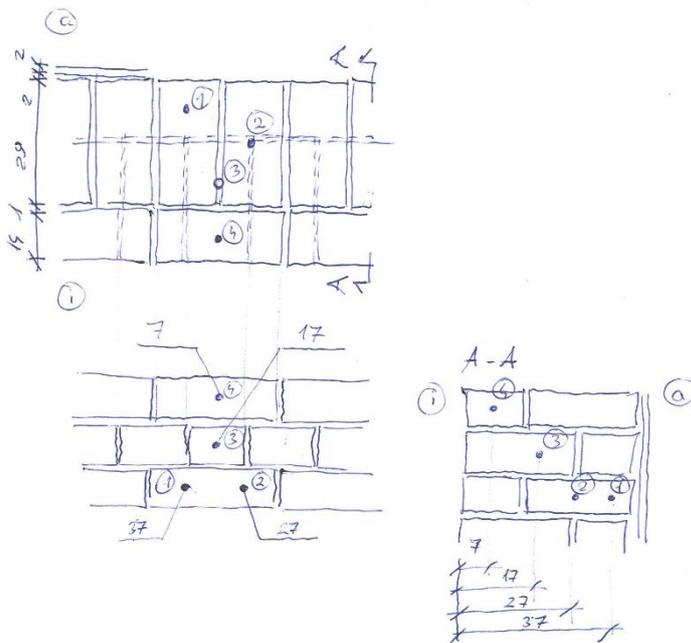


Abbildung 64: Ziegelmuster der Außenwand im Bereich von Top 7

Wie bereits erwähnt, befindet sich dieser Wandbereich ausreichend weit entfernt von Fensterlaibungen und Deckenanschlüssen, um einen eindimensionalen Temperatur- und Feuchtgradienten erwarten zu können. Die Wärmestrommessung wurde daher ebenfalls in diesem Bereich durchgeführt (siehe Abschnitt 3).

Die Sensoren 6 und 7 liegen im Deckenanschlussbereich der Außenwand und wurden zur Dokumentation und Überprüfung der Dauerhaftigkeit der Innendämmung montiert. Da die Deckenkonstruktion in diesem Bereich des Gebäudes aus Stahltraversen besteht, ist die

Gefahr von Holzverrottung nicht gegeben. Dennoch wurde am parallel zur Außenwand laufenden Streichbalken der Sensor 7 montiert, um mögliche feuchteproblematische Zustände in diesem Bereich zu erfassen. Sensor 8 liegt in der abgehängten Decke neben dem Auslass der Lüftungsanlage.

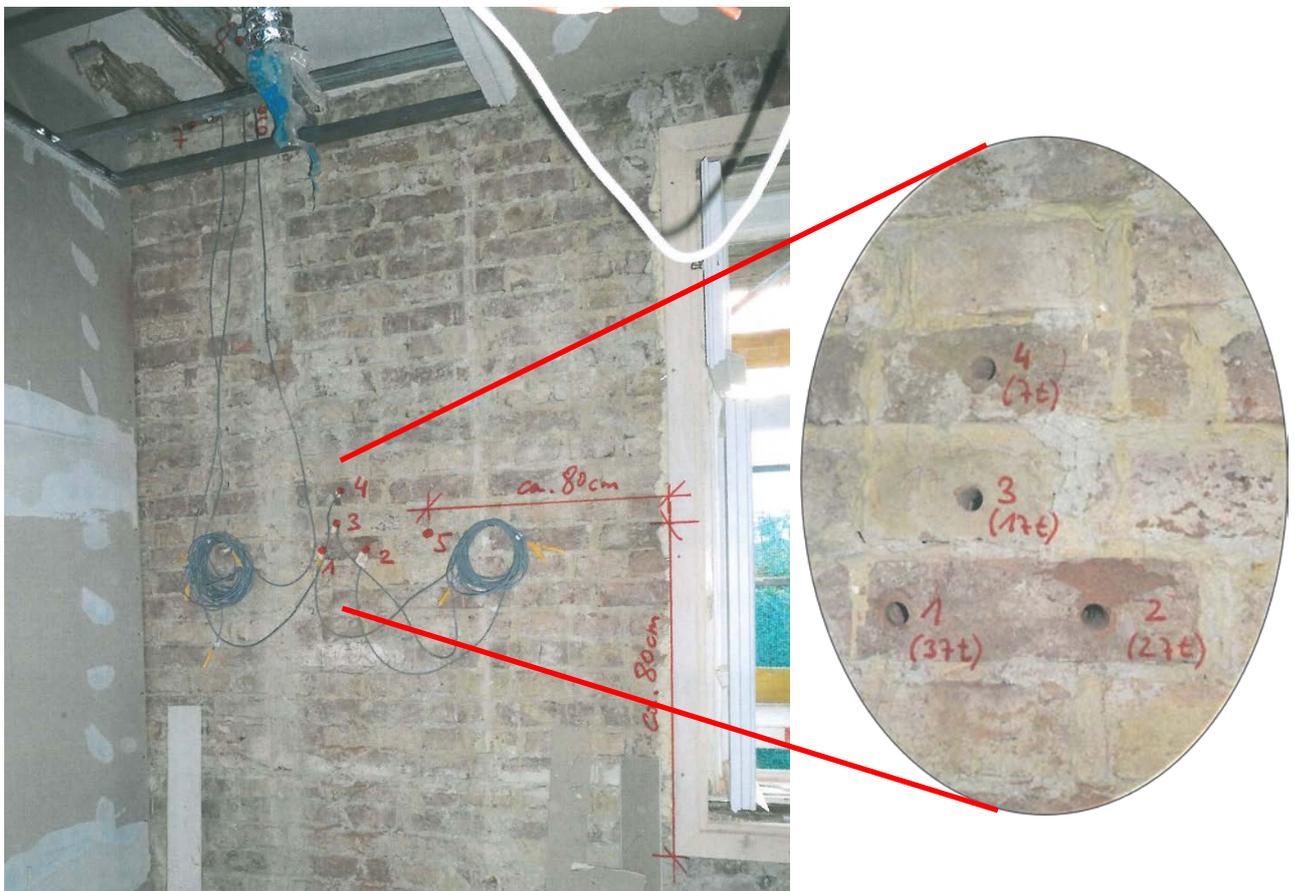


Abbildung 65: Sensorpositionen im Wandquerschnitt von Top 7

Die folgenden Abbildungen Abbildung 66 und Abbildung 67 zeigen die Klimazustände in der Wandkonstruktion über den gesamten Messzeitraum. Die drei Winter- und die zwei Sommerperioden sind deutlich erkennbar. Außerdem sind die Temperatur- bzw. Feuchtegradienten über die Wanddicke sichtbar. Vor allem während der Wintermonate ist das Temperaturfeld in der Ziegelwand (S1 bis S5) deutlich ausgeprägt. Aufgrund der westlichen Orientierung der Außenwand und der damit verbundenen hohen solaren Einstrahlung auf die Außenoberfläche treten während der Sommermonate in den äußeren Mauerwerksschichten Temperaturen bis über 50 °C auf. Im Sommer 2015 sind die Hitzeperioden deutlich erkennbar. Die Funktionstüchtigkeit der Innendämmung wird hauptsächlich durch die relative Luftfeuchte bestimmt. In Abbildung 67 sind die Messwerte der relativen Luftfeuchte über die gesamte Messdauer dargestellt. Dabei sind vor allem die Wintermonate von Interesse. Die Messwerte erreichen zu keinem Zeitpunkt kritische Werte gemäß [KEH13] und [VII10]. Außerdem ist eine stetige Abnahme der Maximalamplitude jedes Jahres um ca. 5% pro Jahr erkennbar.

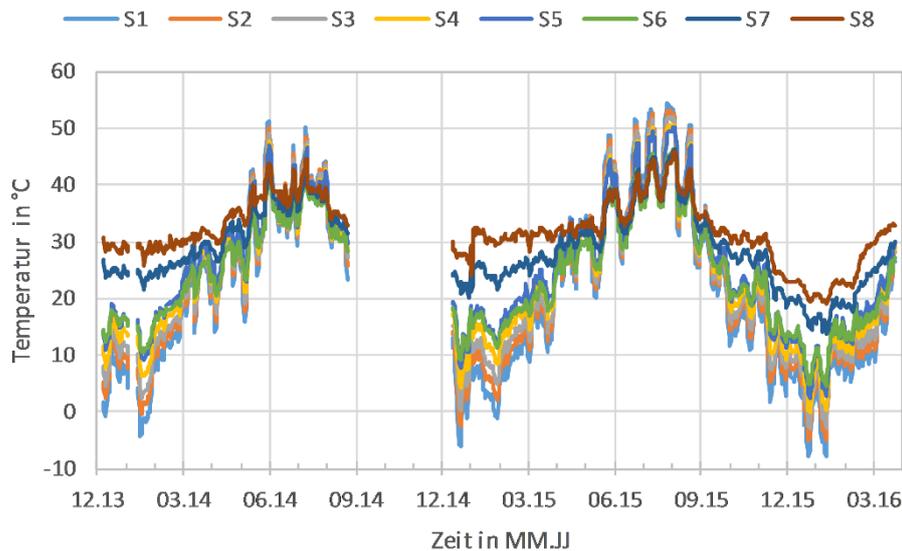


Abbildung 66: Temperaturverlauf an den Messstellen S1 bis S8

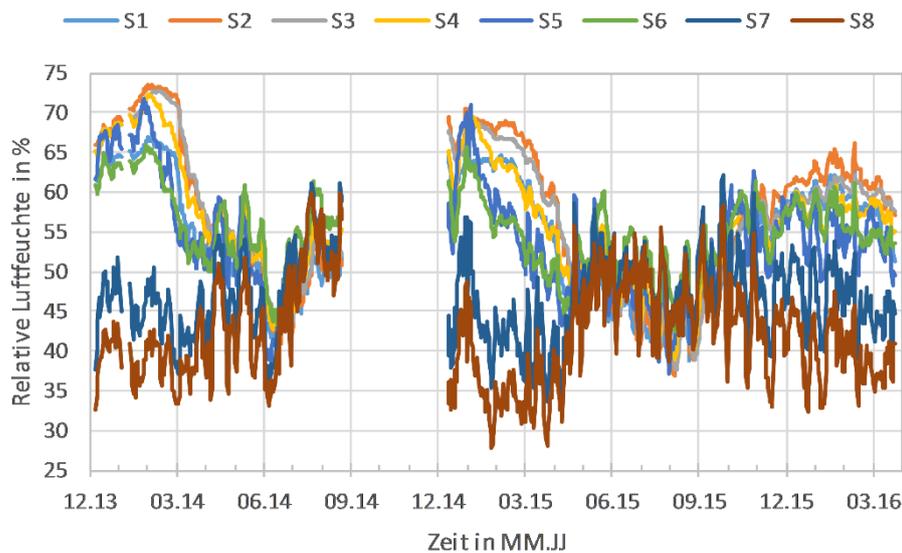


Abbildung 67: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S1 bis S8

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Funktionstüchtigkeit einer Innendämmung ist das vorherrschende Innenklima [WEG10], [WEG12]. Im Speziellen beeinflusst die Raumlufffeuchte die Feuchtezustände an der kalten Seite der Dämmung. Das Klima im maßgeblichen Raum der Wohnung Top 7 wurde in der Winterperiode 2014/15 temporär gemessen. In Abbildung 68 sind die Verläufe von Temperatur und relativer Luftfeuchte dargestellt. Hinsichtlich der Raumtemperatur sind am 13.1.2015 ein Minimum und ein nachfolgender Anstieg auf 24 °C zu beobachten. Auf Nachfrage bei den Bewohnern von Top 7 wurde am 13.1.2015 die Wunschtemperatur am Heizungsthermostat erhöht. Die Raumlufffeuchte ist im gesamten Messzeitraum schwankend. Die Feuchtespitzen sind aber nur von kurzer Dauer, woraus eine geringe mittlere Raumlufffeuchte resultiert.

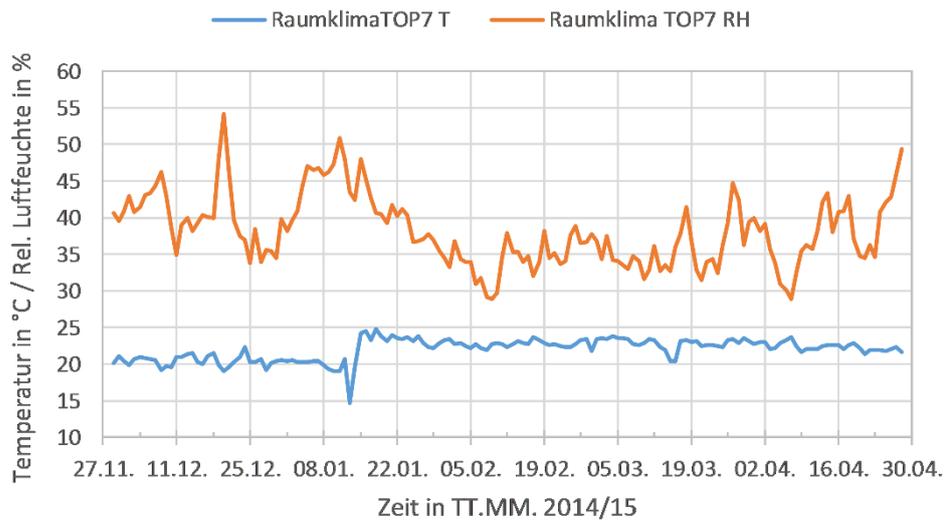


Abbildung 68: Raumklima in Top 7 angrenzend zum relevanten Außenwandquerschnitt; T und RH im Winter 2014/15

Aus den folgenden beiden Abbildungen Abbildung 69 und Abbildung 70 wird deutlich, dass ein Vergleich des Raumklimas (grün) mit den Messwerten in der Außenwand bzw. hinter der Dämmebene keinen direkten Zusammenhang liefert. Der Vergleich mit dem Außenluftklima zeigt einen geringfügigen zeitlichen Versatz der Temperaturverläufe, was auf die Speichermasse des Mauerwerks zurückzuführen ist. Außerdem ist ab Mitte März ein deutlicher Unterschied zwischen Außenlufttemperatur und Bauteiltemperatur aufgrund der erhöhten solaren Einstrahlung erkennbar.

Die relative Luftfeuchte des Außenklimas hat keinen Einfluss auf die Zustände im Mauerwerk. Der abnehmende Trend der Kurven ist auf den damit einhergehenden Temperaturanstieg zurückzuführen.

Das hier dargestellte Außenklima wurde von der Wetterstation des Instituts für Meteorologie der Universität für Bodenkultur [KLI16] herangezogen, da am Objektstandort in der Kaiserstraße kein repräsentatives Außenklima gemessen wurde. Die vor Ort gemessenen Daten der Lüftungsanlage sind für die dargestellten Wandbereiche ungeeignet.

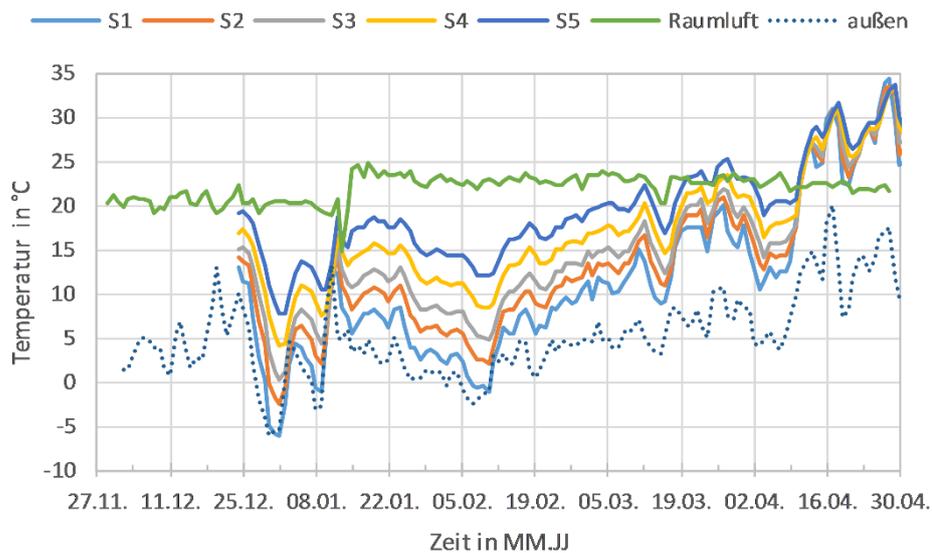


Abbildung 69: Verlauf der Temperaturen an den Messstellen S1 bis S5 sowie des Raumklimas im Winter 2014/15

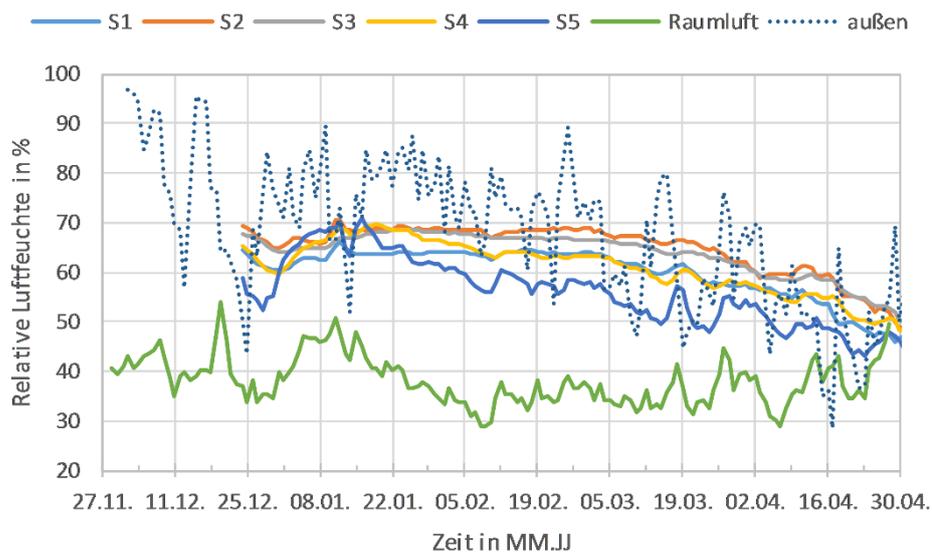


Abbildung 70: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S1 bis S5 sowie des Raumklimas im Winter 2014/15

Wie bereits erwähnt, führt die solare Einstrahlung auf die westlich orientierte Fassade zu großen temporären Temperaturschwankungen sowohl im Sommer als auch im Winter. Dadurch stellt sich ein dynamisches Temperaturfeld im Wandquerschnitt ein, das nur bei einer geringen oder keiner solaren Einstrahlung annähernd linear wird. Wintertage mit Hochnebelwetter ohne Windbelastung sind die idealen Klimarandbedingungen für die Messung eines gleichmäßigen Temperaturgradienten im Wandquerschnitt. Diese Zeitspannen werden auch für die Auswertung der Wärmestrommessung herangezogen (vgl. Abschnitt 3).

Die folgende Abbildung 71 zeigt das Temperaturfeld im Wandquerschnitt an jenem Tag im Winter 2014/15 mit dem stärksten Temperaturgradienten. Es ist erkennbar, dass der Gradient in der außenliegenden Ziegelwand deutlich flacher ist als in der innenliegenden Dämmschicht. Da in der Messung nur einzelne Punkte im Querschnitt erfasst wurden, ist das Temperaturfeld nur punktiert idealisiert angedeutet. Gleiches gilt für die Verteilung der relativen Luftfeuchte in Abb. 12.

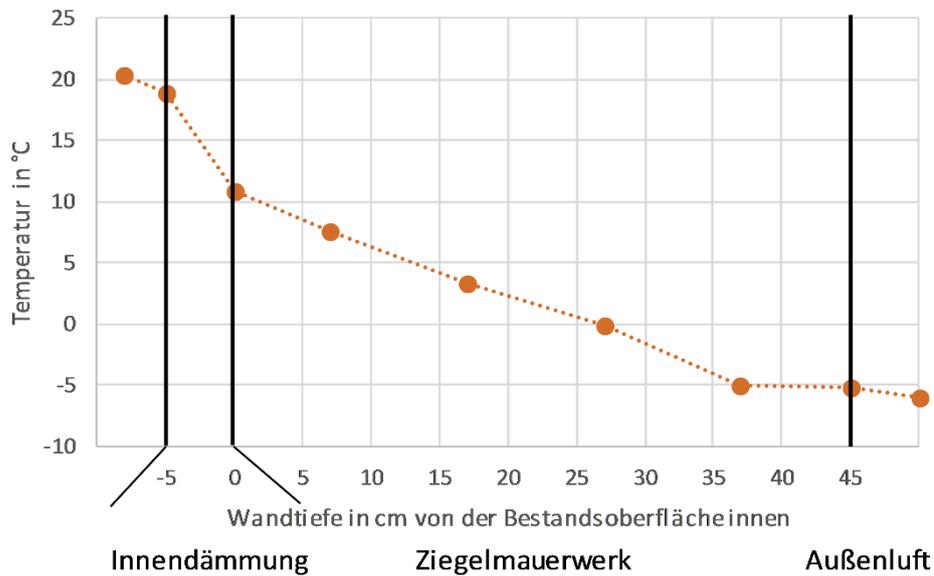


Abbildung 71: Temperaturfeld im Winter im Wandquerschnitt zum Zeitpunkt des stärksten Gradienten (30.12.2014)

Grundsätzlich wird bei einer innengedämmten Außenwand der Taupunkt in der Konstruktion nach innen verschoben [WEG10]. Die relative Luftfeuchte erreicht in der Schicht zwischen Dämmung und Bestandskonstruktion ein Maximum, da die Außenwand infolge der Dämmung abkühlt. In den vorliegenden Messungen wurden nicht kritische Feuchtezustände im Außenwandquerschnitt dokumentiert, die beispielhaft in Abbildung 72 anhand des maximalen Feuchtefeldes im Winter 2014/15 dargestellt sind.

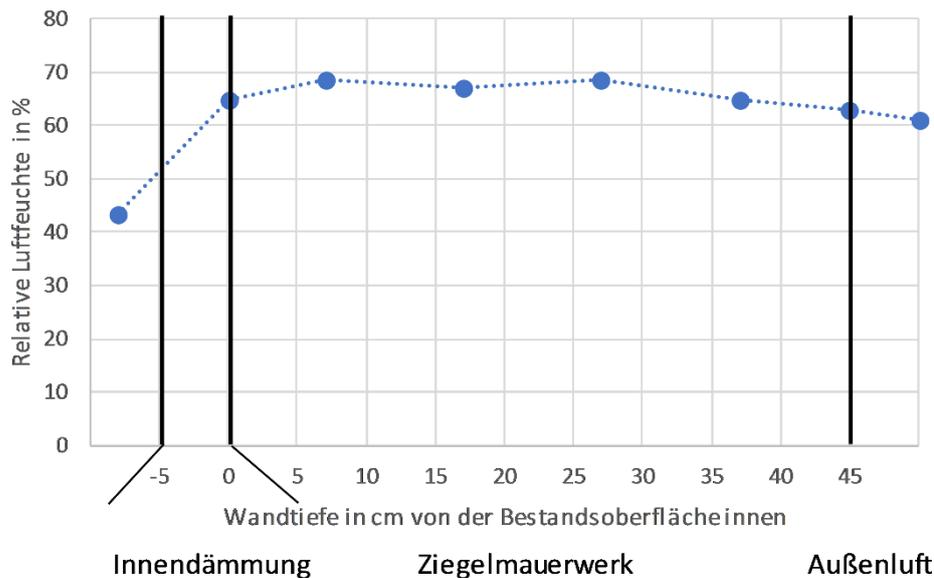


Abbildung 72: Verteilung der maximalen relativen Luftfeuchte im Winter im Wandquerschnitt (13.1.2015)

Ergebnisse Top 11

An der nach Süden orientierten Fassade der Wohnung Top 11 wurde nicht wie in Top 7 der gesamte Wandquerschnitt messtechnisch erfasst, sondern nur ein Sensor (S15) in der Wandfläche zwischen Innenputz und Innendämmung angeordnet. Unter der Annahme, dass der äußere Wandaufbau jenem an der Westfassade entspricht, kann auch hier der U-Wert abgeschätzt werden. Außerdem wird für die Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Innendämmung – wie bereits erwähnt – hauptsächlich die Grenzschicht zwischen Bestand und Innendämmung herangezogen.

Dieser Bereich des Gebäudes ist von besonderem Interesse, weil der Fassadenbereich mit einer 10 cm dicken Innendämmung versehen wurde. Dadurch lassen sich die Transmissionswärmeverluste der Außenwand deutlich reduzieren. Gleichzeitig steigt jedoch das Risiko für Tauwasserbildung in der Konstruktion, da das Mauerwerk außerhalb der Dämmung während der Wintermonate stärker abkühlt.

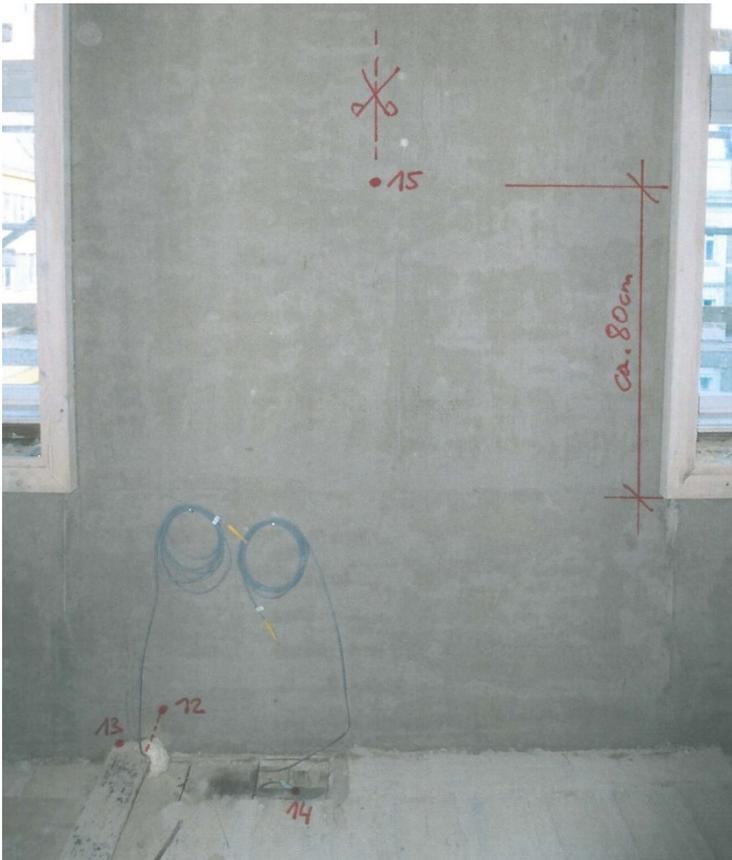


Abbildung 73: Sensorpositionen in Top 11

Daher wurde bei diesem Bauteil speziell auf die Feuchtebelastung der Stahltraverse bzw. auf den Einfluss der Wärmebrücke eingegangen. Dazu wurde ein Sensor (S12) an das Ende des Auflagerbereichs einer Stahltraverse gesetzt. Ein anderer Sensor (S13) wurde direkt an der Grenzschicht der Innendämmung zum Bodenanschluss appliziert. Der Sensor S14 wurde zwischen Streichbalken und Bestandswand montiert, um eine mögliche Feuchtebelastung des Holzes nahe der kalten Außenwand zu erkennen.

Die Messdaten der vier Sensoren in diesem Bauteil zeigen über die gesamte Messdauer keine kritischen Werte. Betrachtet man die Temperaturverläufe in Abbildung 75, kann man erkennen, dass während der

Wintermonate einerseits die Sensoren S12 und S15, andererseits S13 und S14 ähnliche Werte anzeigen. Daraus lässt sich schließen, dass direkt hinter der Innendämmung ähnlich niedrige Temperaturen herrschen wie am Traversenende. Gleichzeitig verursacht der nicht gedämmte Deckenanschlussbereich einen Energieeintrag in die Außenwand, sodass die Temperaturen im Deckenhohlraum neben dem Streichbalken ähnlich den Temperaturen im Bereich der Stahltraverse und der Innendämmung sind. In diesem Fall wirkt sich diese Wärmebrücke positiv auf die Dauerhaftigkeit der Holzbauteile im Deckenanschlussbereich aus. Dies lässt sich aus den Aufzeichnungen der relativen Luftfeuchte in diesem Bereich ablesen, da die Messwerte hier durchwegs unter 55 % RH liegen.



Abbildung 74: Sensor S14 an der Außenseite des Streichbalkens

Der Sensor S15, der hinter der Innendämmung liegt, zeigt während der Wintermonate einzelne Spitzen der relativen Luftfeuchte an, wobei auch hier niemals kritische Werte erreicht wurden. Die Interpretation dieser Spitzenwerte gestaltet sich schwierig, da in Top 11 kein Innenklima aufgezeichnet wurde. Die Werte resultieren jedoch vermutlich aus einer Kombination aus feuchtem Innenklima und geringen Außenlufttemperaturen.

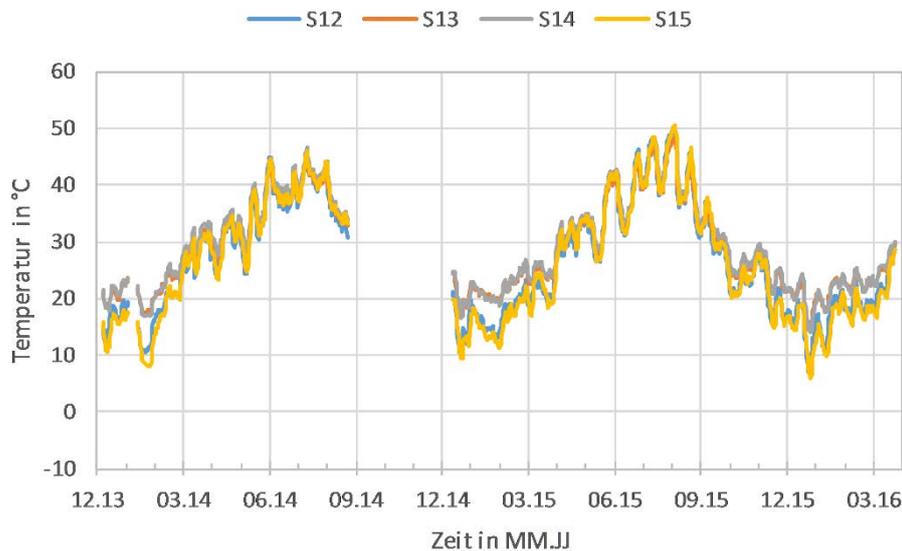


Abbildung 75: Temperaturverlauf an den Messstellen S12 bis S15

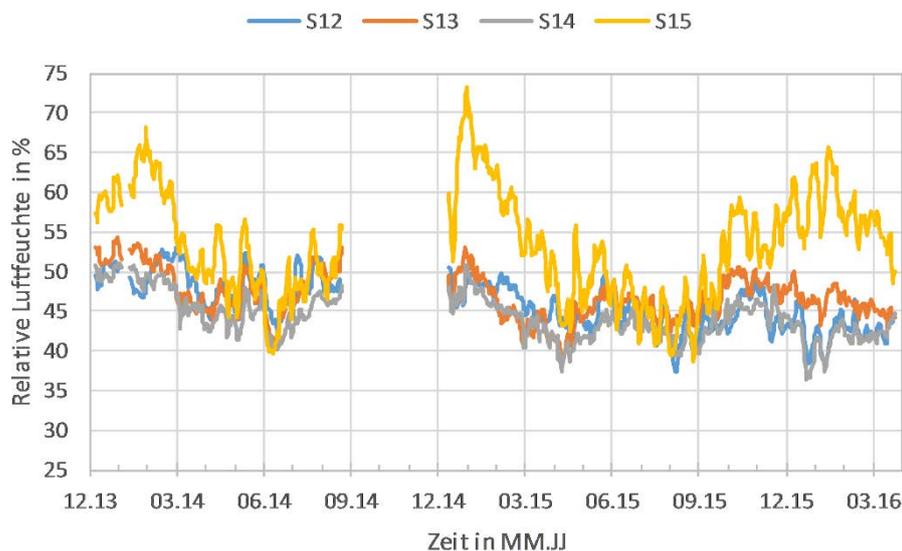


Abbildung 76: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S12 bis S15

Ergebnisse Top 13

Die Wohnung Top 13 befindet sich im 1. Dachgeschoß und verfügt an der Westfassade über ein Drenpelmauerwerk. In diesem Bereich wurde die bestehende Außenwand mit einer ca. 30 cm dicken Innendämmung aus Mineralwolle mit innenliegender Dampfbremse und

Installationsebene versehen. Da innenliegende Dämmungen mit dieser Dämmstärke grundsätzlich als kritisch einzustufen sind, wurde hier eine punktuelle Überwachung maßgeblicher Stellen durchgeführt. Es wurden drei T/RH-Sensoren montiert, wobei die Positionen S9 und S10 an der kalten Seite der Innendämmung und die Position S11 an der warmen Seite der Innendämmung liegen. Die folgende Abbildung 77 verdeutlicht die genaue Lage der Sensoren. Nach dem Einbau des Messequipments wurde die Konstruktion von der ausführenden Baufirma ordnungsgemäß und luftdicht wiederhergestellt.



Abbildung 77: Lagebezeichnung der Sensoren S9 bis S11 am Drempelmauerwerk

Die Messergebnisse aus den drei Winterperioden zeigen einerseits die unterschiedlichen Temperaturniveaus an der Innen- und an der Außenseite der Dämmung, andererseits sind auch die damit verbundenen Unterschiede in der relativen Luftfeuchte deutlich erkennbar. Während an der warmen innenliegenden Seite der Dämmung im Winter durchwegs geringe relative Luftfeuchten vorherrschen, sind an der Außenseite der Dämmung höhere Werte mit Spitzen von bis zu 75 % RH feststellbar. Die folgende Abbildung 78– 1 und 2 zeigen die gemessenen Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchte.

Aufgrund der westlichen Orientierung dieses Bauteils sind in den Sommermonaten hohe Temperaturen im gesamten Wandquerschnitt zu verzeichnen. Dabei zeigen sich die Hitzeperioden im Sommer 2015 ähnlich deutlich wie in den Ergebnissen von Top 7. Betrachtet man die absolute Luftfeuchte an den drei Sensorpositionen (siehe Abb. 18 – 3), ist eine Anfeuchtung während der Sommermonate feststellbar. Die relative Luftfeuchte bleibt aufgrund der hohen Temperaturen jedoch gering, wodurch keine Gefahr für Schimmelpilzwachstum an der Konstruktion besteht.

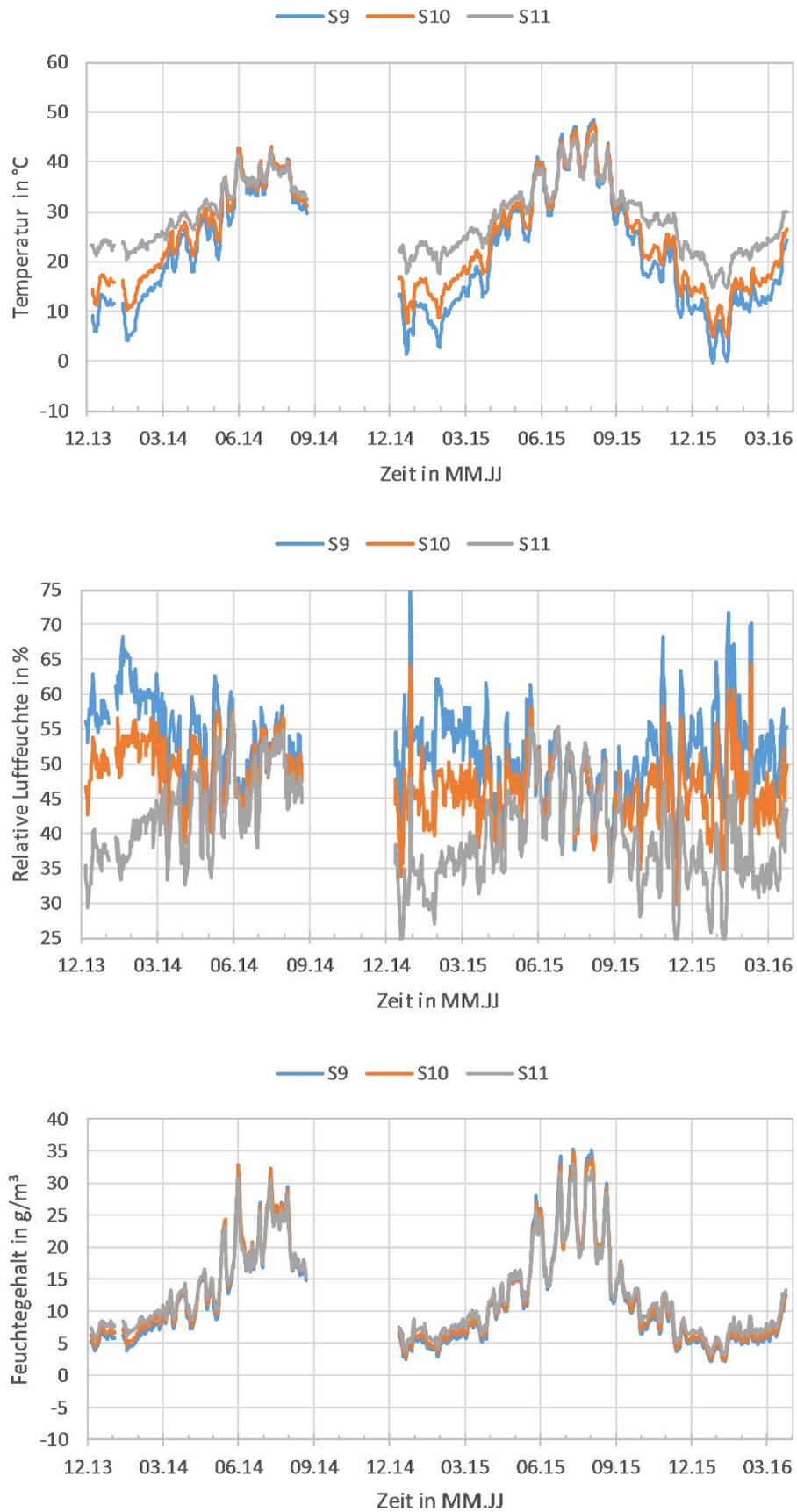


Abbildung 78: Verläufe über die gesamte Messdauer von Temperatur (oben), relativer Luftfeuchte (Mitte) und Feuchtegehalt (unten)

4.5.3 Ergebnisse der Schlagregenmessung

Die nach Westen orientierte Fassade der Wohnung Top 7 ist freistehend, da keine Häuser unmittelbar gegenüber liegen (Abbildung 79). Aufgrund der Hauptwindrichtung während Niederschlägen war davon auszugehen, dass die Westfassade verstärkt durch Schlagregen beansprucht wird und dass dies Auswirkungen auf die innenliegende Dämmung haben könnte. Daher wurde von März 2014 bis Mai 2015 eine Schlagregenmessung durchgeführt. Die Abbildung 80 zeigt den Schlagregenschlagmesser an der Fassade von Top 7. Da dieser im fertigen Zustand des Gebäudes betrieben wurde und auch wieder abgebaut werden musste, konnte er nur nahe einer Fensteröffnung und nicht auf einer ungestörten Wandfläche montiert werden. Die Nähe zum Fenster bzw. zur Fensterlaibung bringt jedoch Störeinflüsse mit sich, da Wind und Regen in diesen Bereichen verwirbelt werden.



Abbildung 80: Schlagregenschlagmesser an der Fassade von Top 7, 3. Obergeschoß

Abbildung 79: Freifläche vor der schlagregenbelasteten Fassade von Top 7

Aufgrund der vielen möglichen Störgrößen bei einer Schlagregenmessung wurden bei der Auswertung der Normalregen, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit als Referenzgrößen herangezogen. Diese Messdaten wurden jedoch nicht vor Ort erhoben,

sondern von der Wetterstation der Universität für Bodenkultur aufgezeichnet [KLI16]. Da die Fassade nach Westen orientiert ist, werden Regenereignisse aus Süden bis Norden mit unterschiedlicher Intensität berücksichtigt. In Abbildung 81 und Abbildung 82 sind auf der primären Werteachse der summierte Schlagregen (blau) aus der Messung vor Ort sowie auf der sekundären Werteachse die Normalregenmenge (orange), die mittlere Windgeschwindigkeit (grau) und die Windrichtung (gelb) zwischen Süden und Norden aufgetragen. Trotz der deutlichen Entfernung der beiden Messstandorte und der unterschiedlichen Topografie kann ein Zusammenhang zwischen den Regenereignissen und der Schlagregenmenge bei entsprechender Windrichtung hergestellt werden.

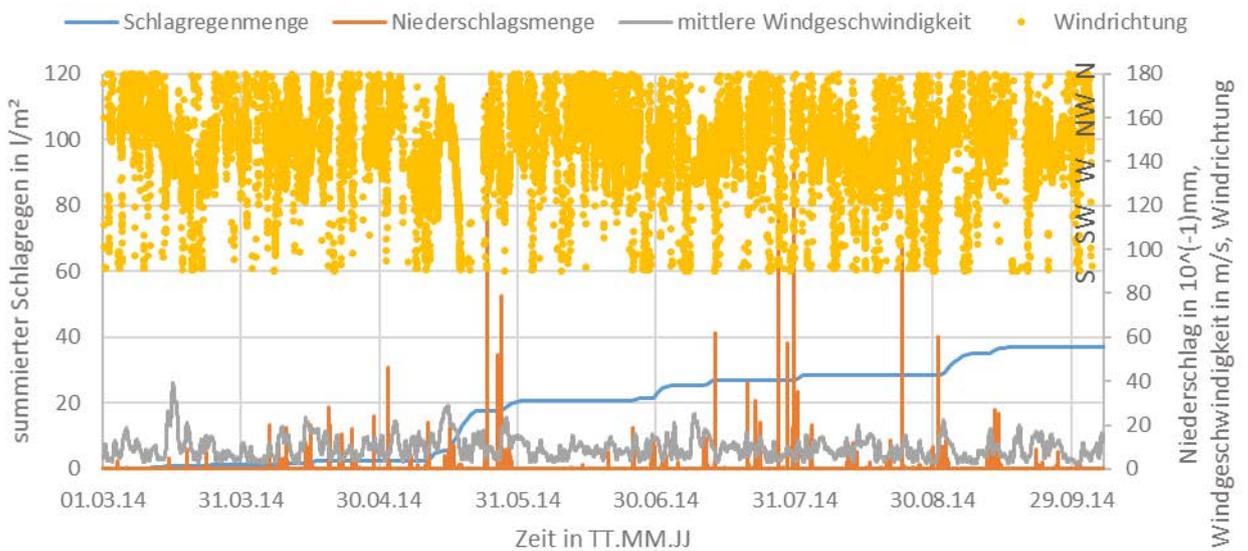


Abbildung 81: Normalregen, summierter Schlagregen und Windrichtung im Sommerhalbjahr

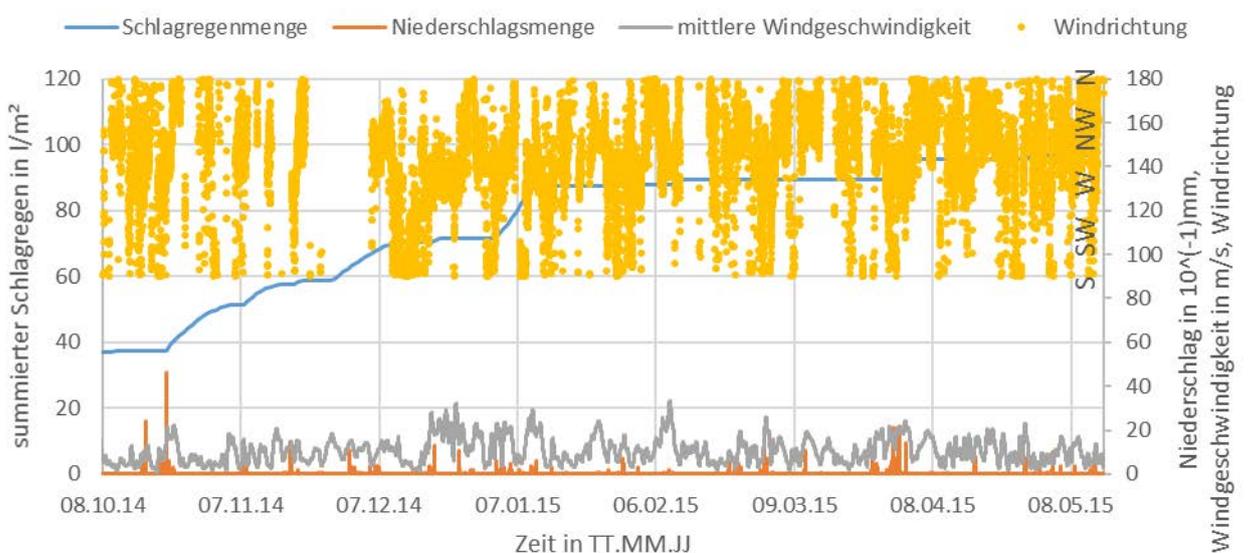


Abbildung 82: Normalregen, summierter Schlagregen und Windrichtung im Winterhalbjahr

Aus den gewonnenen Messdaten geht jedoch nicht hervor, ob der auf die Fassade aufgetroffene Regen vom Putz tatsächlich aufgenommen wurde oder abgeronnen bzw. abgeprallt ist. Ein Vergleich mit den Messdaten der relativen Luftfeuchte im Wandquerschnitt verdeutlicht, dass kein Zusammenhang zwischen Regenereignis und Feuchtegehalt der Wand erkennbar ist.

4.5.4 Wärmestrommessung



Abbildung 83: Wärmestrommessfolie an der inneren Wandoberfläche (oben)
Außenwandoberfläche (rechts)

Zur Bestimmung des tatsächlichen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Außenwand wurde in der Wohnung Top 7 eine Wärmestrommessung durchgeführt. Dazu wurden eine Wärmestrommessfolie zur Messung der Wärmestromdichte q an die innere Wandoberfläche und Temperaturfühler zur Bestimmung des Temperaturgefälles an die innere und äußere Wandoberfläche geklebt. Abbildung 83 zeigt die Innen- bzw. Außenoberfläche des Versuchsbauteils. Es handelt sich dabei um denselben Wandquerschnitt, in dem die T/RH-Messung an der Innendämmung vorgenommen wurde.

Aufgrund der Orientierung der Außenwand nach Westen sind vor allem in den Nachmittags- und Abendstunden große Schwankungen der Oberflächentemperatur zu verzeichnen. Für die Auswertung des Wärmestroms können daher nur ausgewählte Zeitabschnitte herangezogen werden. Außerdem wird für die Berechnung des U-Werts ein mehrwöchiger Zeitraum betrachtet und ein summierter Mittelwert gebildet. In Abbildung 84 sind die gemessenen Verläufe der Temperatur an der Außenoberfläche der Wand sowie der

Wärmestromdichte über den gesamten Messzeitraum von Anfang März 2014 bis Ende April 2015 dargestellt. Dabei sind die Temperaturspitzen aufgrund solarer Einstrahlung auf die Fassade deutlich zu erkennen.

Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten wurden zwei Zeiträume mit geringer solarer Einstrahlung gewählt. Optimaler Weise sollte die Oberflächentemperatur annähernd der Lufttemperatur plus einem definierten Übergangswiderstand entsprechen. Die gewählten Auswertungszeiträume erstrecken sich über November/Dezember 2014 (6 Wochen) und Teile von Jänner und Februar 2015 (4 Wochen). Während dieser Zeit herrschte fast durchgehend nebeliges Wetter, wodurch weder eine solare Einstrahlung, noch starke Temperaturschwankungen an der Fassade auftraten. Kurzzeitige Temperaturspitzen wurden in der Auswertung bewusst weggelassen.

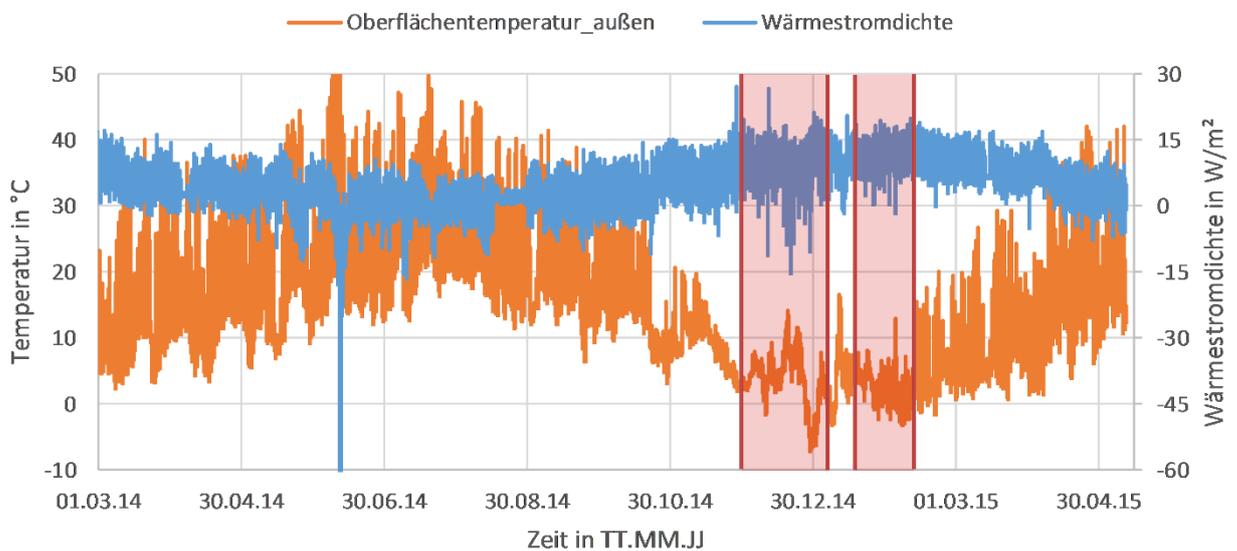


Abbildung 84: Verlauf der Oberflächentemperatur an der Außenseite der Versuchswand sowie Verlauf der Wärmestromdichte jeweils über die gesamte Messdauer; Auswertzeiträume rot markiert

Aus den gewonnenen Daten wurde der U-Wert unter Berücksichtigung der Übergangswiderstände gemäß EN ISO 6946 und nach folgender Formel berechnet:

$$q = -\lambda \cdot \frac{T_{eo} - T_{io}}{d} = -\frac{1}{R_t} \cdot (T_{eo} - T_{io}) \quad (2)$$

mit

- q Wärmestromdichte in W/m²
- λ Wärmeleitfähigkeit in W/mK
- T_{eo} Temperatur an der Außenoberfläche in °C
- T_{io} Temperatur an der Innenoberfläche in °C
- d Dicke der Wand in m
- R_t Wärmedurchlasswiderstand des Wandaufbaus in m²K/W

Durch Umformen des Zusammenhanges und Hinzufügen der Übergangswiderstände von $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ ergeben sich punktuelle, zeitlich begrenzte Werte für einen dynamischen Wärmedurchgangskoeffizienten:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_t + R_{se}} \quad (3)$$

mit

U dynamischer Wärmedurchgangskoeffizient in $\text{W/m}^2\text{K}$

R_{si} Übergangswiderstand Innenoberfläche

R_{se} Übergangswiderstand Außenoberfläche

Erst durch eine Aufsummierung über mehrere Wochen kann ein mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient angegeben werden. Auf den folgenden Seiten sind die Messergebnisse der zwei Messzeiträume anhand von Oberflächentemperatur, Wärmestromdichte und daraus berechnetem U-Wert dargestellt.

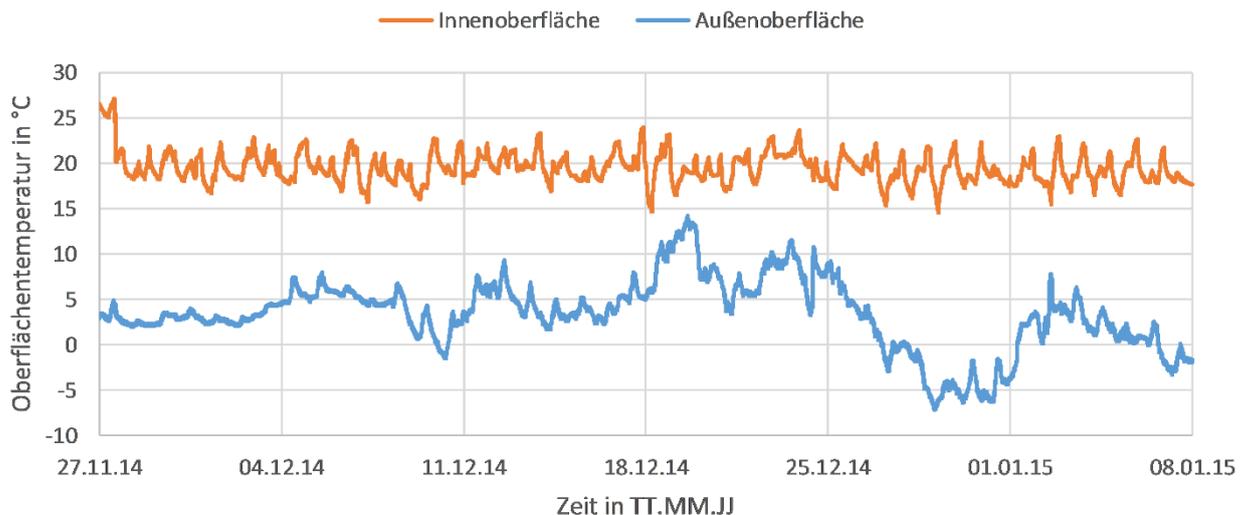


Abbildung 85: Gemessene Oberflächentemperaturen innen und außen im Messzeitraum 1 (Dezember 2014)

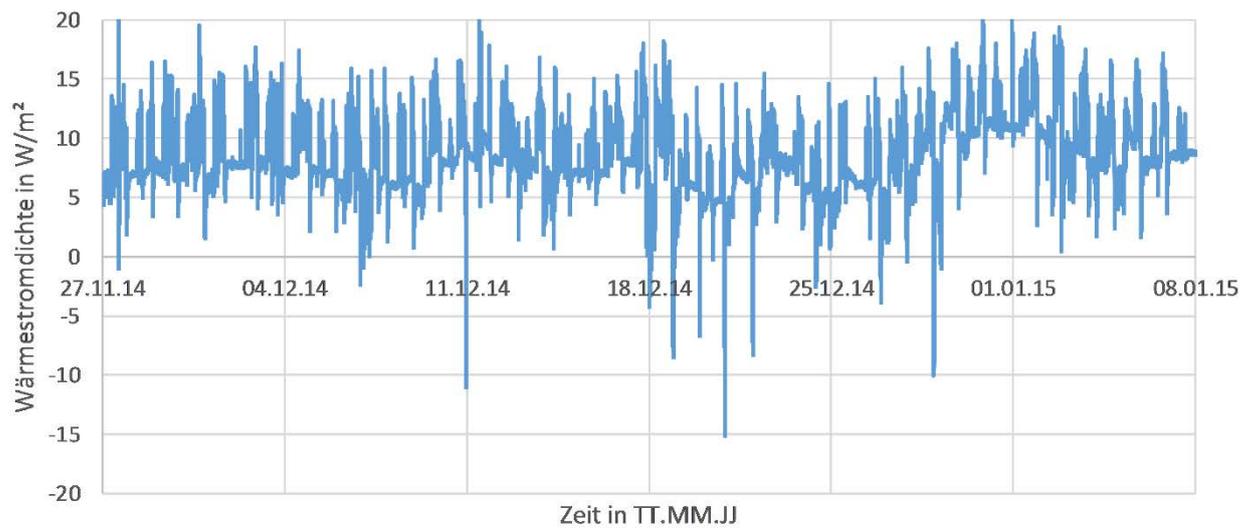


Abbildung 86: Gemessene Wärmestromdichte im Messzeitraum 1 (Dezember 2014)

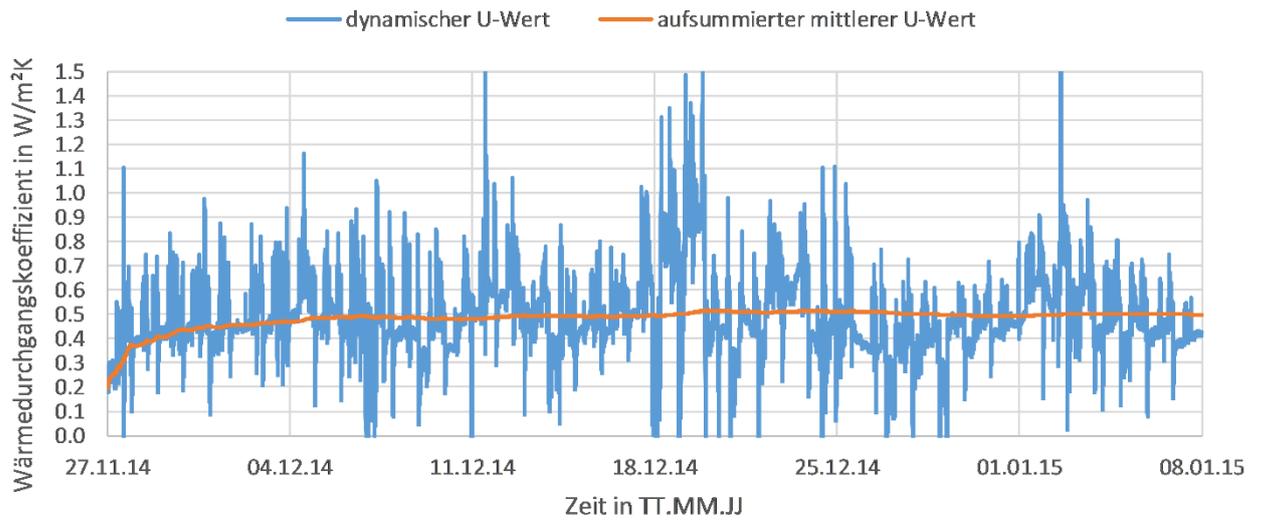


Abbildung 87: Berechneter Wärmedurchgangskoeffizient im Messzeitraum 1 (Dezember 2014)

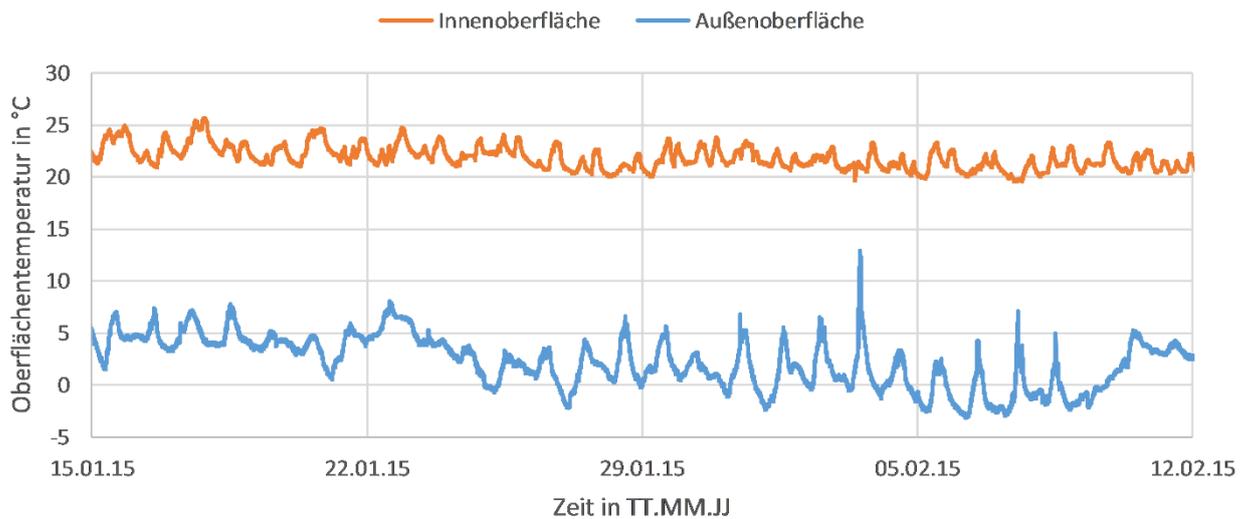


Abbildung 88: Gemessene Oberflächentemperaturen innen und außen im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015)

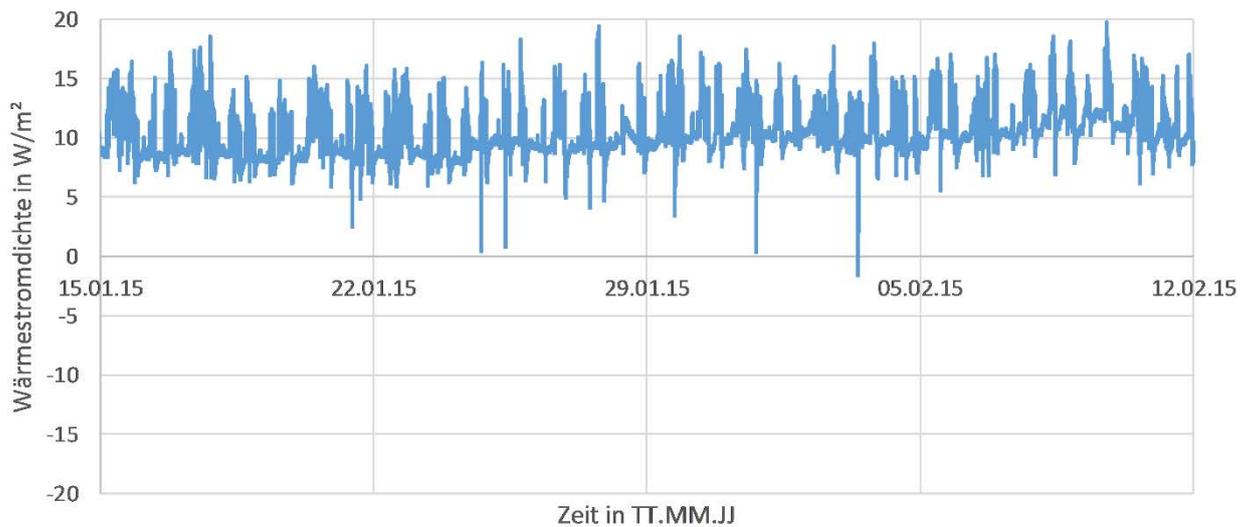


Abbildung 89: Gemessene Wärmestromdichte im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015)

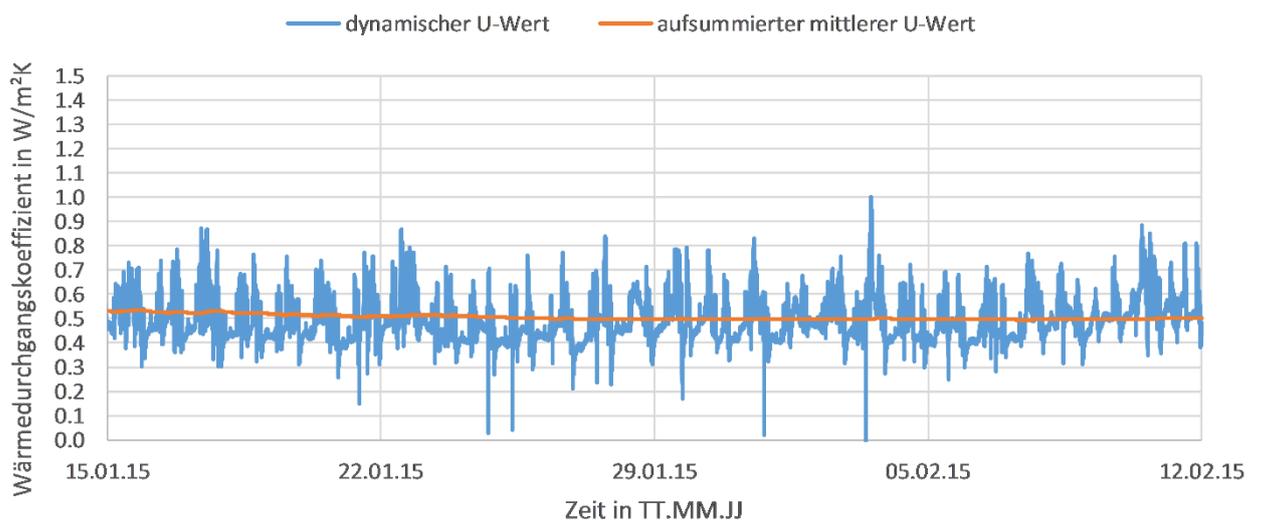


Abbildung 90: Berechneter Wärmedurchgangskoeffizient im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015)

Aus den Berechnungen der beiden Messzeiträume ergeben sich somit dynamische U-Werte von 0,499 bzw. 0,502 W/m²K.

Da für die Auswertungen keine Messergebnisse des nicht gedämmten Wandquerschnitts verfügbar sind, wird im Folgenden der U-Wert der ursprünglichen Konstruktion rückgerechnet. Als Basis für diese Berechnungen werden 5 cm Dämmdicke mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,045 W/mK und 52 cm Mauerwerk inklusive Verputz mit einer mittleren Wärmeleitfähigkeit von 0,76 W/mK angenommen [MAS16]. Wird von den Messdaten und dem langzeitgemittelten U-Wert der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschichte abgezogen, ergibt sich ein Bestands-U-Wert von 1,12 W/m²K.

Tabelle 4: Rückrechnung des Bestands-U-Wertes aus den Messdaten unter Abzug von R_t der Dämmschicht

	Dämmdicke d in m	λ in W/mK	R_t in m^2K/W
Wärmedurchgangskoeffizient U gemittelt in W/m^2K	0,499	0,05	0,045
Wärmedurchlasswiderstand R_t gemittelt in m^2K/W	1,836		Differenz R_t
			0,724
		U-Bestand =	1,12 W/m^2K

Die direkte Berechnung des U-Wertes der Bestandskonstruktion unter Berücksichtigung der oben erwähnten Annahmen [MAS16] liefert einen U-Wert von 1,17 W/m^2K . Daraus ergibt sich eine gute Übereinstimmung von den Annahmen aus der Literatur und der durchgeführten Messung.

Tabelle 5: Berechnung des Bestands-U-Wertes mit einer angenommenen Wärmeleitfähigkeit nach [MAS16]

Bestandswand				
	Dicke d in m	λ in W/mK	R_t	U-Bestand
Mauerwerk und Putz	0,52	0,76	0,684	1,17 W/m^2K

In der Wohnung Top 11 wurde wie in Abschnitt 2.2 beschrieben eine 10 cm dicke Innendämmung installiert. Für diese Konstruktion liegen keine Wärmestrommessungen vor, doch kann der U-Wert auf Basis der gewonnenen Daten aus Top 7 abgeschätzt werden. Unter der Annahme, dass die Bestandskonstruktion an der Südfassade von Top 11 denselben Aufbau hat wie an der Westfassade, kann der U-Wert mit 10 cm Innendämmung berechnet werden. Es ergibt sich ein U-Wert von 0,32 W/m^2K . Dieser Wert erfüllt somit die Anforderungen der OIB-Richtlinie 6 für Außenwände, die mit einem Grenzwert von 0,35 W/m^2K angegeben sind.

5 Kostenmonitoring

Im Rahmen des Kostenmonitorings wurden sowohl die Investitionskosten der umgesetzten innovativen Maßnahmen als auch deren laufende Kosten im Betrieb dokumentiert. Auf Basis dieser Daten wurden Lebenszykluskostenberechnungen durchgeführt.

5.1 Investitionskosten

Die Darstellung der Investitionskosten erfolgt anhand eines einheitlichen Kostenstrukturasters gemäß ÖNORM B 1801-1 (1995), welcher in der Grundlagenstudie des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ entwickelt wurde. Dabei liegt der Fokus auf den Kosten, die für eine energieeffiziente und innovative Gebäudesanierung relevant sind. Kosten von Standardmaßnahmen, wie die der Sanierung der Wohnungen, werden dokumentiert, jedoch nicht detailliert analysiert.

Als Datengrundlage für die Investitionskosten diente die Endabrechnung des Sanierungsprojekts. Die erforderlichen Daten, die im Unterschied zur hier verwendeten Gliederung nach Bauelementen entlang der einzelnen Gewerke vorliegen, werden in die zur Verfügung gestellte Vorlage eingetragen. Für die Vergleichbarkeit zwischen den zu analysierenden Demonstrationsprojekten muss sichergestellt sein, dass eine einheitliche Abgrenzung der einzelnen Kostenpositionen vorgenommen wird. So sind beispielsweise die Baustellengemeinkosten bei den einzelnen Elementen anteilig zu berücksichtigen.

Die gesamten Errichtungskosten excl. USt. für das Sanierungsprojekt betragen rund 5.160.000 €. Davon entfallen ca. 4.400.000 € auf die Bauwerkskosten (Rohbau, Technik, Ausbau). Die Differenz von 760.000 € beinhaltet sämtliche Honorare sowie die Baustelleneinrichtung. Das Verhältnis von Bauwerks- zu Errichtungskosten liegt bei 85%.

Die Bauwerkskosten gliedern sich in:

- | | | |
|------------|-----------------|------|
| ▪ Rohbau: | ca. 1.100.000 € | 25 % |
| ▪ Technik: | ca. 900.000 € | 20 % |
| ▪ Ausbau: | ca. 2.400.000 € | 55 % |

Rohbau

Die gesamten Rohbaukosten betragen rund 1.100.000 €. Diese umfassen die Sanierung des Daches unter Denkmalschutzaufgaben (~150.000 €), die umseitige Dämmung der Außenwände (500.000 €) sowie die Modernisierung, bzw. den teilweisen Austausch der Fenster (320.000 €) und den Zubau (95.000 €) sowie die Dämmung von Außendecken und sonst. Kleinflächen.

Folgende maßnahmenspezifische Kostendaten wurden erhoben:

Maßnahme	Invest.-Kosten	Spezif. Invest.-Kosten	Bezugsfläche
▪ Innendämmung mit Mineraldämmplatte 5cm	65.000 EUR	144 EUR/m ²	450 m ²
▪ WDVS: Außendämmung mit Mineralwolle 10cm	58.000 EUR	118 EUR/m ²	490 m ²
▪ WDVS: Außendämmung mit Mineralwolle 20cm	86.000 EUR	147 EUR/m ²	585 m ²
▪ Fensterlösung Denkmalschutz	116.000 EUR	865 EUR/m ²	134 m ²
▪ 3- Scheiben Fenster Holz- Alu	42.000 EUR	1.200 EUR/m ²	35 m ²
▪ 2- Scheiben Fenster Holz- Alu	83.000 EUR	870 EUR/m ²	95 m ²
▪ Lichtbänder im Dachgeschoß inkl. Sonnenschutzlamellen	81.000 EUR	10.800 EUR/m ²	7,5 m ²
▪ Sanierung Dach (exkl. Gaupen)	123.000 EUR	123 EUR/m ²	ca. 1.000 m ²

Technik

Die gesamten Technikkosten betragen rund 900.000 €. Diese beinhalten die Neuinstallation einer zentralen Lüftungsanlage inkl. Verteilung (~150.000 €), die Adaptierung des bestehenden Fernwärmeanschlusses sowie Neuinstallationen für die Wärmeübergabe, die Sanitärausstattung sowie die Aufzugsanlagen (~130.000 €).

Folgende maßnahmenspezifische Kostendaten wurden erhoben:

Maßnahme	Invest.-Kosten	Spezif. Invest.-Kosten	Bezugsfläche
▪ Heizungsinstallation Wohneinheiten (Anbindung, Wohnungsstation, Fußbodenheizung)	105.000 EUR	80 EUR/m ²	~ 1.300 m ²
▪ Sanitäre Einrichtung inkl. Wasserverteilung i.d. Whg.	60.000 EUR	46 EUR/m ²	~ 1.300 m ²
▪ Lüftungsanlage inkl. Luftverteilung	153.000 EUR	56 EUR/m ²	~ 2.750 m ²
▪ Neuinstallation Elektrotechnik	300.000 EUR	110 EUR/m ²	~2.750 m ²
▪ Aufzugsanlagen	128.000 EUR	47 EUR/m ²	~2.750 m ²

Ausbau

Die gesamten Ausbaukosten betragen rund 2.400.000 €. Darunter fällt einerseits der gesamte Wohnungsausbau im Dachgeschoß (1.300.000 €) sowie andererseits die teils umfassende Bestandssanierung (z.B. 3.OG) und sämtliche Instandsetzungsarbeiten.

Folgende maßnahmenspezifische Kostendaten wurden erhoben:

▪ Wohnungsausbau Dachgeschoß	2.200 EUR/m ²
▪ Wohnungssanierung inkl. Grundrissänderungen, etc.	1.300 EUR/m ²
▪ Wohnungsinstandsetzung	650 EUR/m ²

5.2 Kosten im laufenden Betrieb

Der Schwerpunkt der Kostenerhebung liegt auf der Ver- und Entsorgung (Energie, Wasser, Filter etc.) sowie bei den sogenannten „Technischen Dienstleistungen“ (Wartung, Inspektion, Messung etc.). Allgemeine laufende Kosten als Teil der Betriebskosten, die unabhängig von der Umsetzung innovativer Maßnahmen und unabhängig von der thermisch-energetechnischen Ausführung sind, werden nicht dargestellt, da sich diese Kosten bei Gebäuden mit Standardsanierungen oder unsanierten Gebäuden nicht unterscheiden sollten.

Zentrale Datengrundlage für die Darstellung der laufenden Kosten ist zukünftig die von der Hausverwaltung zur Verfügung gestellte Betriebs- und Heizkostenabrechnung sowie Originalrechnungen (in Kopie) für wesentliche Elemente.

Für die Darstellung der Energie- und Ressourcenkosten werden die Daten aus dem Monitoring herangezogen. Folgende Faktoren sind zu berücksichtigen:

- Einige Abrechnungszeiträume (z.B. Wasser und Allgemeinstrom) fallen zumindest zum Teil mit der Bauphase zusammen. Eine eindeutige Zuordnung zur Nutzungsphase ist dadurch nicht oder nur bedingt möglich.
- Gerade bei neu besiedelten Gebäuden liegen u.a. durch einen erst im Lauf der Zeit reduzierten Leerstand bestenfalls Erfahrungswerte ähnlicher Objekte vor, sodass die Abrechnungen der ersten Jahre als sehr unsicher eingestuft werden müssen.
- Im Gebäude existieren verschiedene Nutzungszonen. Eine „echte Wohnnutzung“ liegt nur im 3. Obergeschoß sowie im Dachgeschoßausbau vor. Im zweiten Obergeschoß sind vorwiegend Patres-Wohnungen (Wohnheim) untergebracht. Das Erdgeschoß sowie das 1. Obergeschoß sind halböffentlich. In vielen Fällen ist keine exakte Trennung der Messdaten zu den Nutzungstypen möglich.

Es wird daher an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der gewählte Verteilungsschlüssel, angeführt im jeweiligen Unterpunkt, nicht zwangsläufig mit der Aufteilung im Zuge der Abrechnung übereinstimmt.

Energieverbrauch und Energiekosten

Aus den gemessenen Werten für die zentrale Wärmeversorgung lässt sich eine erste Indikation für die Kosten der Wärmebereitstellung für Raumwärme und Warmwassererwärmung ableiten. Die abgerechneten Wärmebereitstellungskosten errechnen sich aus einem Grundpreis und einem Energiepreis, festgelegt durch die Fernwärme Wien, wobei Grundpreis und Energiekosten je nach Wärmeliefervertrages in Abhängigkeit von Objekt und Anschlussleistung variieren und daher objektspezifisch zu betrachten sind, nachdem die erste Abrechnung vorliegt.

Am Fernwärmezähler wurde ein Gesamtverbrauch von 208.290 kWh abgelesen. Spezifisch auf die gesamte Nutzfläche ergibt sich somit ein Wärmeverbrauch von 75,75 kWh/m²a (inkl. Warmwasser). Als Gesamtkostenindikation kann somit von Wärmebereitstellungskosten von rund 21.000 Euro ausgegangen werden, bei einem angenommen resultierenden Energietarif von 10 Cent/kWh. Dies entspricht knapp 7,6 Euro je m² Nutzfläche, bzw. 0,63 EUR je m² und Monat.

Im Bereich der Wohnnutzung werden die einzelnen Einheiten individuell abgerechnet. Dazu ist jede Wohneinheit mit Verrechnungszählern (Durchflusszähler) ausgestattet. Für die Mieter ist zudem ein anteiliger Verbrauch aus der Differenz aus Gesamtwärmemenge und der Nutzwärmemenge fällig.

Wasser und Abwasser

Der Kaltwasserverbrauch für das Gesamtobjekt beträgt rund 2.500 m³. Geht man von diesem Verbrauch aus, dann lassen sich die jährlichen Kosten für Wasser und Abwasser mit 4.500 €⁵ berechnen. Bezogen auf die Nutzfläche betragen die jährlichen Kosten für Wasser und Abwasser somit 1,63 € je m² und Jahr, bzw. 0,14 € je m² und Monat. Damit liegen diese Kosten deutlich unterhalb der Größenordnung des Wiener Durchschnitts, wobei die Schwankungsbreite der Kosten für Wasser und Abwasser in den einzelnen Wiener Gemeindebezirken erheblich (0,18 € bis 0,37 € je m² und Monat) ist. Der vergleichsweise geringe Verbrauch erklärt sich aber vorrangig durch die gemischte Nutzung. Der Anteil der Wohnungen kann nur mit Hilfe der Abrechnungsunterlagen eruiert werden.

⁵ Wasserpreis: 1,80 €/m³ Quelle: <https://www.wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen/wasserwerk/wasseranschluss/wassergebuehr.html>

Elektrischer Strom

Liftstrom

Der elektrische Strom für den Betrieb des Liftes wird mit einem eigenen Zähler gemessen und gesondert vom Energieversorger abgerechnet.

Aus dem Energieverbrauchsmonitoring kann in der Auswertungsperiode vom 28.01.2014 bis 28.01.2015 ein Liftstromverbrauch von insgesamt 1.323 kWh abgelesen werden. Damit ergibt sich ein monatlicher Verbrauch von rund 110,25 kWh. Es wird nochmals angemerkt, dass sich dieser Zeitraum teilweise noch mit der Baustellenphase überschneidet.

Umgelegt auf Kosten ergeben sich bei spezifischen Stromkosten von 18 Cent/kWh jährlich rund 238 €.

Allgemeinstrom

Der Allgemeinstrom wird entsprechend der Nutzung in die Zonen EG – 2.OG sowie 3.OG und Dachgeschoß differenziert.

Für die Auswertungsperiode ergibt sich ein Stromverbrauch zu 458 kWh für die Allgemeinbereiche im 3.OG und im DG, bzw. zu 5.902 kWh für die Nichtwohnnutzung. Für die Wohnnutzung ergibt sich somit ein spezifischer Verbrauch von rund 38 kWh pro Monat. Ausgehend von einem Stromtarif von 18 Cent je kWh ist von einem jährlichen Kostenanteil von 82,5 € (0,08 €/m²), bzw. 6,8 €/M (0,7 Cent/m²*M) auszugehen. Es ist anzumerken, dass zur Vergleichbarkeit mit anderen Objekten auch der anteilige Stromverbrauch für die Heizwärmeversorgung (siehe unten) eingerechnet werden müsste.

Der Stromverbrauch für die Allgemeinbereiche EG – 2.OG wiederum beinhalten zusätzlich den Stromverbrauch in den Nutzungseinheiten (Wohnheim, Küche, etc.). Eine vergleichbare Kennzahl zu anderen Objekten kann daher nicht abgeleitet werden.

Lüftungsanlagen

Untersucht wurde u.a. der Strombedarf für die zentrale Lüftungsanlage, welche die Gebäudebereiche von EG bis zum Dachgeschoß versorgt. Eine Unterteilung in Wohn- und Nichtwohnbereiche ist nicht möglich. Der Gesamtstromverbrauch der Lüftungsanlage beläuft sich zu 5.155 kWh für das Abrechnungsjahr. Damit ergeben sich jährliche Stromkosten von 928 €, bzw. monatliche Kosten von 77 €.

Eine spezifische Aufteilung auf m² Nutzfläche ist aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die Luftmengen nicht sinnvoll möglich. Bezogen auf die Gesamtluftmenge beträgt die Auslegungsluftmenge für die Wohnnutzung etwas mehr als die Hälfte. Umgelegt auf die Wohnnutzfläche ergeben sich somit anteilige Stromkosten von indikativ 0,54 €/m²a, bzw. 4,6 Cent/m² und Monat.

Hilfsstrom Haustechnik

Zudem wurde der Hilfsstrom für den Betrieb der haustechnischen Anlagen extra gezahlt. Dabei ergibt sich eine Strommenge von 1.003 kWh. Eine Aufteilung auf die Wohn- und Nichtwohnbereiche kann mittels Flächenschlüssel erfolgen. Für die Wohnnutzung ergibt sich so ein Anteil von 372 kWh.

Haushaltsstrom

Die einzelnen Wohneinheiten werden jede für sich mit dem Energieversorger abgerechnet. Abrechnungen liegen somit nicht vor. Die Zähler befinden sich jedoch im Keller und wurden händisch abgelesen. Der Gesamtstrombedarf aller Haushalte beläuft sich demnach auf rund 15.700 kWh im Jahr. Dieser ist jedoch nur bedingt aussagekräftig, da zu Beginn der Ableseperiode noch nicht alle Wohnungen vollständig bezogen waren. Dennoch ergibt sich ein spezifischer Verbrauch von 17,17 kWh/m²a.

Ausgehend von einem Stromtarif von 18 Cent je kWh betragen die durchschnittlichen Stromkosten für Haushaltsstrom 3,1 € je m² Wohnfläche pro Jahr, bzw. monatlich 26 Cent/m² Wohnnutzfläche.

Betriebs- und Wartungskosten

Abrechnungen für die Betriebs- und Wartungskosten der haustechnischen Anlagen lagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vor und werden mit der Erstellung des zweiten Monitoringberichts nachgereicht.

Zusammenfassung der Kosten für den laufenden Betrieb

Tabelle Zusammenstellung Monitoringdaten und voraussichtliche Kosten:

Energieverbrauch		
28.01.14 – 28.01.15		
Wärmeverbrauch gesamt	208.290 kWh	7,60 €/m ² a
Wasser und Abwasser		
Wasserverbrauch gesamt	2.500 m ³	1,64 €/m ² a
Elektrischer Strom		
Allgemeinstromverbrauch Whg,	458 kWh	0,08 €/m ² a
Hilfsstrombedarf anteilig	372 kWh	0,07 €/m ² a
Liftstromverbrauch	1.323 kWh	0,09 €/m ² a
Strom Lüftungsanlage	2.784 kWh	0,54 €/m ² a
Zwischensumme elektr. Stom	4.937 kWh	0,78 €/m²a
Haushaltsstrom	15.700 kWh	3,10 €/m ² a

5.3 Gesamtkostenbetrachtung über den Lebenszyklus

Die Investition in eine umfassende thermisch-energetechnische Sanierung von Gebäuden geht üblicherweise einher mit einer Reduktion des Energieverbrauchs. Damit verbunden sind reduzierte Energiekosten. Das betrifft im Wesentlichen die Heizenergie, aber in vielen Fällen auch den Verbrauch elektrischen Stroms (Einsatz energieeffizienter Beleuchtung in den Allgmeinflächen, etc.). Je nach Umsetzung der technischen Maßnahmen können sich jedoch auch Erhöhungen einzelner Kostenfaktoren einstellen. So wird durch den (erstmaligen) Einbau von Liftanlagen ein neuer Energieverbraucher geschaffen. Moderne Haustechnik ist auf den Einsatz von Steuer- und Regelungstechnik angewiesen, zahlreiche Umwälzpumpen sind für Heizung und Warmwasserversorgung unumgänglich und Lüftungsanlagen benötigen Strom für die Luftumwälzung.

Zur wirtschaftlichen Bewertung der Demonstrationsprojekte im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ wird eine Lebenszykluskostenberechnung und -analyse (Life Cycle Cost Analysis, LCCA) vorgenommen. Diese Berechnung ist sowohl für die klima:aktiv-Deklaration als auch für den TQB-Nachweis erforderlich bzw. vorgesehen. Diese LCCA

erfolgt gemäß ÖNORM M 7140 (Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode) mit Hilfe von vorhandenen Tools.

Zur Berechnung wurde das Tool „econ calc“ in der Version 2.0.1, herausgegeben durch das Energieinstitut Vorarlberg, verwendet. Berechnet wurden 3 Varianten:

- 1. Variante ohne mechanische Lüftung und ohne Innendämmung
- 2. Variante ohne Innendämmung, aber mit mechanischer Lüftungsanlage
- 3. Variante wie ausgeführt, mit Innendämmung und mechanischer Lüftung

Als Kostengrundlage dienten einerseits die erhobenen und oben dargestellten Investitionskosten. Andererseits wurden die Kosten für den laufenden Betrieb einerseits auf Basis vorhandene Benchmarks aus vergleichbaren Projekten angenommen, sowie energierelevante kosten aus den in der Planung erstellten Variantenstudien abgeleitet.

Folgende Grafiken zeigen die Ergebnisse im Überblick:

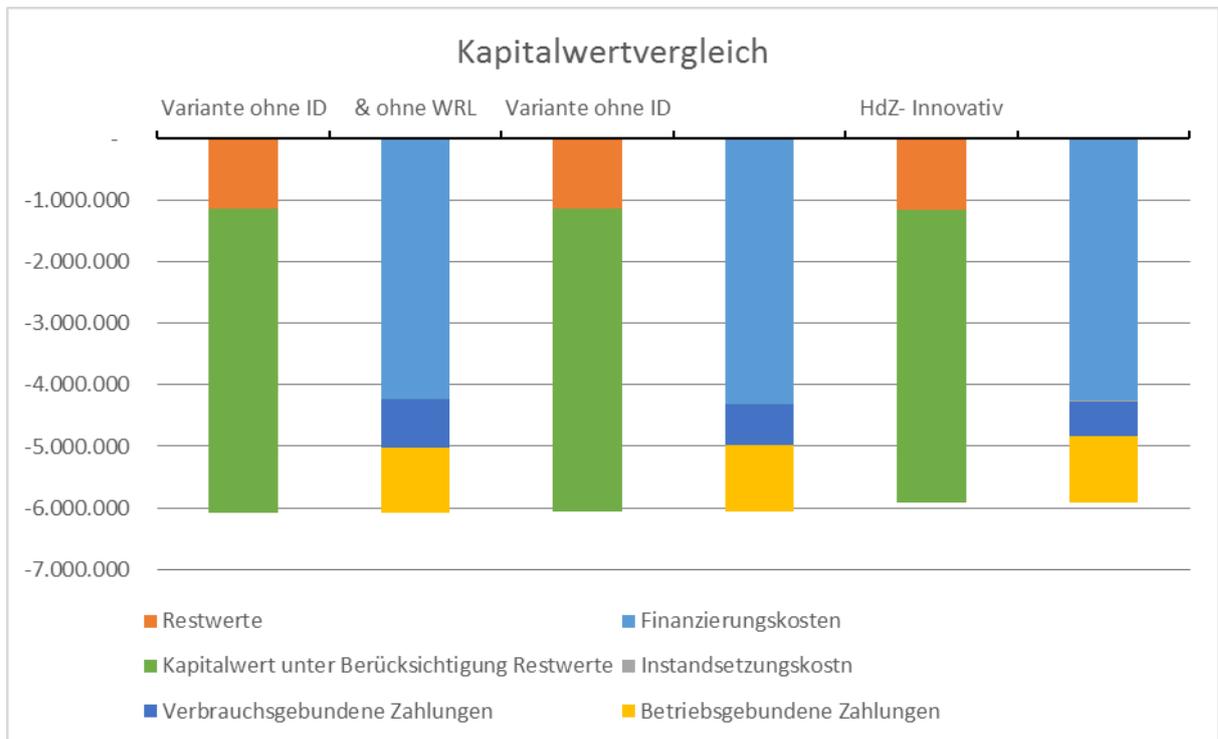


Abbildung 91: Kapitalwertvergleich nach Kapitalwertmethode, Berechnung mit econ calc, eigene Darstellung

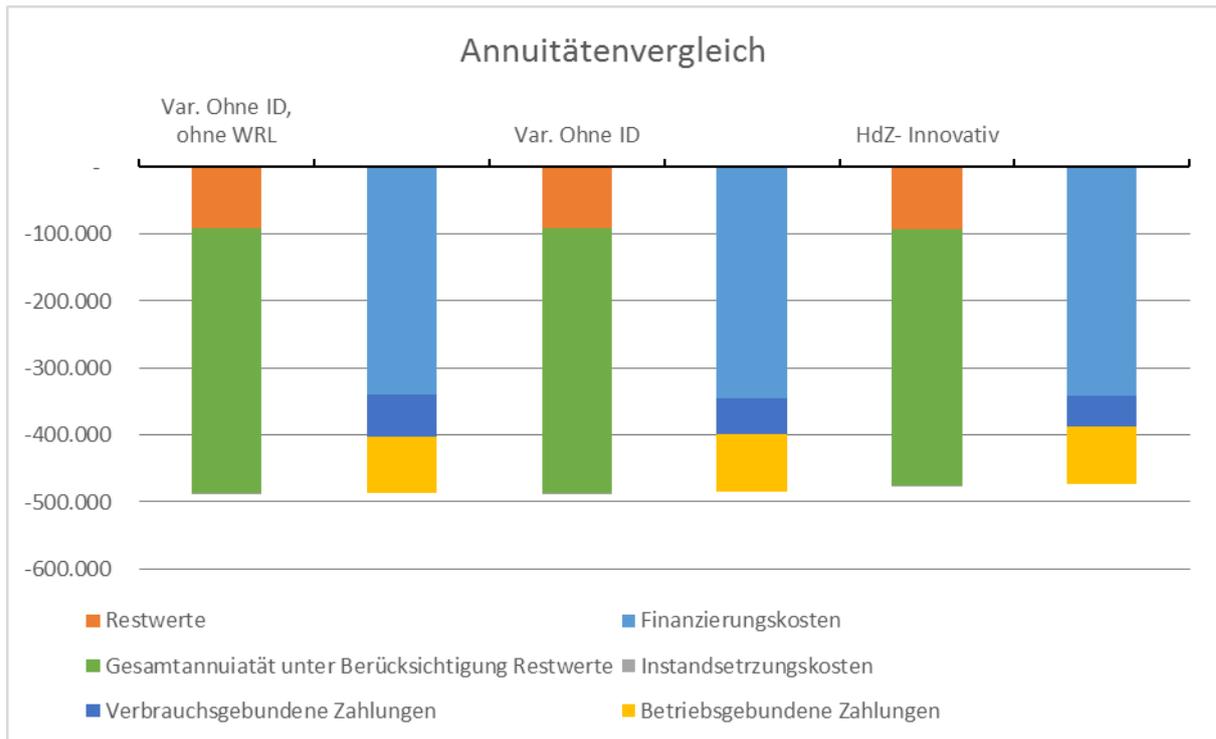


Abbildung 92: Annuitätenvergleich nach Kapitalwertmethode, Berechnung mit econ calc, eigene Darstellung

Die Berechnung zeigt, dass nach Ende des gewählten Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren die geringsten Gesamtkosten bei der ausgeführten Variante 3 vorliegen, jedoch die Kostenunterschiede nur marginal ausfallen. Bezogen auf die Nutzfläche liegen ergibt sich eine Differenz von knapp 3 € pro m² Nutzfläche und Jahr.

6 Sozialwissenschaftliche Evaluierung

Margarete Havel, Havel und Havel

Die sozialwissenschaftliche Begleitung des Demonstrationsprojektes Kaiserstraße stützt sich auf qualitative persönliche Gespräche mit den beteiligten Akteuren und telefonische Interviews mit den MieterInnen. Während der Sanierung wurden der Eigentümerversorger und der Architekt entlang eines Gesprächsleitfadens interviewt, nach der Sanierung wurden Gespräche mit Architekt und zwei Vertretern der ausführenden Firmen geführt. (Irlinger GmbH, Haustechnik; Czernohorsky GmbH, Elektroinstallationen). Rund 12 Monate nach Bezug aller Wohnungen wurden die MieterInnen telefonisch befragt.

Die Erhebungsphase dauerte mit Unterbrechungen vom Juni 2012 bis November 2014.

6.1 Begleitung Sanierungsprozess

Aus Sicht des Eigentümerversorgers und des Architekten vor der Sanierung

Am 12.6.2012 fand ein persönliches Gespräch mit dem Vertreter des Eigentümers, Pater Schindler, statt. Das Gebäude wird vom Eigentümer, der Lazaristengemeinschaft, im Rahmen des Flüchtlingswerks, dem Verein für Erwachsenenkatechumenate sowie der Pfarre genutzt. Im Erdgeschoß befinden sich eine Küche, in der auch für obdachlose Personen gekocht wird, kleinere Büroräume und ein großer Raum. Die Entscheidungsfindung, in welcher Form das Gebäude nach der Sanierung genutzt werden soll, dauerte etwas länger, wie Pater Schindler ausführte. Zuerst dachte die Lazaristengemeinschaft an eine Kooperation mit der Caritas oder einer studentischen Organisation zur Errichtung von Wohnplätzen. Schließlich fiel die Entscheidung u.a. auch aus wirtschaftlichen Überlegungen für die Herstellung von elf „normalen“ Mietwohnungen. Die Kooperation mit dem Architekturbüro wurde sehr positiv beschrieben. Für den Eigentümerversorger war die Sanierung nach neuesten Erkenntnissen wichtig, „alles was Energie sparen hilft, ist sinnvoll“ sagte Pater Schindler. Mit den alltäglichen Behinderungen, wie Staub, Lärm und Wasserschäden, mussten er und vier weitere Personen, die auch während der Sanierung dort wohnten, fertig werden.

Architekt Trimmel vom Architekturbüro AKP wurde am 9.8.2012 interviewt. Als größtes Problem bei der Planung nannte er die lange Entscheidungsphase aufgrund der unklaren Nutzung in Zukunft. Ein großer Vorteil für die Sanierung und alle Beteiligten war die Bestandsfreiheit des Gebäudes. Neben den Patres gab es keine Mieter, die mietrechtliche Einsprüche gegen die Sanierung einbringen konnten. Der Architekt hatte daher nur einen Ansprechpartner, den Vertreter der Lazaristengemeinschaft. Obwohl es bei der Sanierung eines alten Gebäudes immer wieder Unsicherheiten gäbe, gab es aus Sicht des Planers

keine gravierenden Probleme, das geplante Konzept konnte im Großen und Ganzen durchgeführt werden.

Die Kooperation mit dem Denkmalamt bezeichnete der Planer als konstruktiv. Es musste eine Dachflächenlösung ausgearbeitet werden, um die Dachgeschoß-Wohnungen ausreichend zu belichten, ohne die Einheit der Dachfläche zu zerstören. Die Holzkastenfenster sollten erhalten werden, die äußeren Flügel wurden saniert, die Innenflügel durch neue ersetzt. Das Anbringen der Wärmedämmung der Feuermauern mit Gerüstung und Zufahrt über das Sophienspital konnte problemlos durchgeführt werden, da mit dem Spitalserhalter Stadt Wien ein gutes Einvernehmen bestand.

Zum Zeitpunkt des Interviews war noch nicht entschieden, inwieweit das Erdgeschoß in die Sanierung miteinbezogen würde.

Aus Sicht der beteiligten Akteure nach der Sanierung

Knapp eine Jahr später, am 15.5.2013 mit der Fertigstellung der Sanierung, führten wir nochmals ein Gespräch mit Architekt Trimmel. Die Heimförderung über den wohnfonds der Stadt Wien war zu diesem Zeitpunkt abgerufen, vom Altstadterhaltungsfonds sei nur ein Teil bezahlt. Der Planer meinte, der Bauherr sei sehr zufrieden, das Erdgeschoß, das 1. OG und 2. OG werden für soziale Zwecke genützt, die Wohnungen im 3. OG und Dachgeschoß werden vermietet.

Rückblickend seien viele Planungsschritte umsonst gemacht worden, weil Planungsänderungen aufgrund von Änderungen des Konzepts notwendig waren. Jedoch ab Baubeginn gab es keine Änderungen mehr. Das geplante Sanierungskonzept wurde um die Sanierung der Küche, der Kapelle und der Büros ergänzt.

Die größten Herausforderungen waren Staub, Lärm, Stromabschaltungen und Wasserschäden für die Nutzer des Erdgeschoßes und der Wohnungen der Patres im 1.OG. Die Kooperation mit dem Denkmalschutz wurde nochmals positiv erwähnt, aber der Diskussionsprozess zur Thematik Lichtbänder am Dach dauerte mehr als ein Jahr. Die Themen Klinkerfassade, Außenflügel der Kastenfenster und Erkerzubau seien kein Problem für den Denkmalschutz gewesen. Die Lifte vom Erdgeschoß ins Dachgeschoß wurden behindertengerecht ausgeführt. Der Lift in der Stiegen spindle geht vom Keller in das 2. OG und ist nicht behindertengerecht. Die DG-Wohnungen sind durch die Dachterrassen im Innenhof sehr aufgewertet. Ab dem 3. OG haben die Wohnungen Fußbodenheizung u.a. aufgrund der Fensterlösung und der Innendämmung. Es wurde auch ein neuer Fußbodenaufbau mit Trittschalldämmung, Schüttung, Estrich gemacht. Die kontrollierte Wohnraumlüftung wurde im 2.OG, 3.OG und DG eingebaut und kann nicht abgeschaltet werden. Eine Mindestlüftung läuft immer. Der Strom für den Betrieb der Lüftungsanlagen ist in den Betriebskosten enthalten. In jedem Geschoß befinden sich Warmwasserübergabestationen, im Keller ist die Fernwärmestation. Die MieterInnen erhielten bei Bezug der Wohnung eine Mieterinformation, in der auch das Thema Innendämmung erklärt wurde. Die Innendämmung darf nicht durch Wandmontagen verletzt werden.

Der Planer beschreibt das Projekt als absolut positiv trotz des Mehraufwands. Die Qualitätssicherung ist der Mehraufwand im Vergleich zur normalen Sanierung eines Gründerzeitgebäudes.

Am 9.10.2013 führten wir ein Telefonat mit Herrn Gotzi, Mitarbeiter der Haustechnik-Firma Irlinger GmbH, und befragten ihn entlang eines Gesprächsleitfadens. Die Sanierung der Kaiserstraße unterschied sich von anderen Sanierungsprojekten insofern, als dort ein Mix von Installationen geplant war. Das Dachgeschoß wurde wie andere DG-Ausbauten gemacht, das 2.OG und 3.OG wurden thermisch saniert; aufgrund der Innendämmung durften keine Installationen in der Wand geführt werden. Die besonderen Herausforderungen sah Herr Gotzi in den unterschiedlichen Ausführungen. Im Erdgeschoß gab es eine Bestandsveränderung mit Ventilaustausch bei Heizkörpern, in den 2.OG und 3.OG wurde eine Trockenbauheizung eingebaut, die Kapelle bekam nachträglich eine Wandheizung, dafür wurden Nachtragsangebote eingeholt.

Auch bei der Lüftung gab es einen Mix. Für die gesammelte Wohnraumlüftung steht ein Gerät im Keller, von dem aus die Lüftungsleitungen in die Wohnungen geführt werden.

Schwierig sei es für die Haustechnikfirma gewesen, da bei Übernahme des Auftrags noch nicht absehbar war, was alles saniert werden sollte. Das Konzept war ursprünglich ein Heim, dann doch ein Wohnhaus. Die Ausschreibung sei daher für ein anderes Konzept gemacht worden. Dann wurde die Ausschreibung auf das geänderte Konzept angepasst, wobei zu diesem Zeitpunkt noch immer nicht klar war, was wirklich umgesetzt werden würde. Die Haustechnikfirma bekam einen Pauschalauftrag, „zum größten Teil war es möglich, alles abzudecken“.

Für Herrn Gotzi war das Architekturbüro der Ansprechpartner. Er erinnert sich an Besprechungen, an denen weitere Personen teilnahmen. Es sei darum gegangen, die Messstellen einzurichten, um nach Bezug Monitoring-Daten zu sammeln und später auswerten zu können. Grundsätzlich sei in diesem Gebäude mit Denkmalschutz sehr viel passiert, was bei normalen Sanierungen von Gründerzeithäusern nicht gemacht werde. Besonders was das Raumklima und die Energieeffizienz betreffen, sei das Ergebnis sicher positiv zu bewerten.

Am 10.10.2013 führten wir ein telefonisches Interview mit Herr Kornfeld, Mitarbeiter der ausführenden Elektro-Firma Czernohorsky GmbH. Herr Kornfeld hatte noch keine Erfahrung mit der Sanierung von Gründerzeithäusern. Das schwierigste sei die alte Bausubstanz gewesen, da die Befestigung der Rohre an den Decken vor allem in dem Gewölbe nicht einfach war. Als besondere Herausforderung sah Herr Kornfeld auch die Verlegung der Kabel von der Zentrale zu den Monitoring-Messstellen und die Verkabelung der Wohnraumlüftung und der Thermostate. Änderungen während der Bauzeit gab es, aber die seien bewältigbar gewesen. Finanziell sei es ein schlechtes Projekt gewesen, weil es 2010 ausgeschrieben wurde und dann viele Änderungen vom Konzept Wohnheim bis zum Wohnhaus bearbeitet werden mussten, meinte der Befragte. Bis zum Baubeginn seien die

Preise zu gering gewesen, zusätzlich die Schwierigkeiten mit der alten Bausubstanz, dafür brauchte die Firma viel mehr Zeit. Persönlich sah Herr Kornfeld die Sanierung von Gründerzeithäusern sehr positiv.

6.2 Ergebnisse der Befragung der MieterInnen

Im November 2014 wurden die MieterInnen mit einem Schreiben über die geplante Erhebung im Rahmen des Forschungsprojekts Gründerzeit mit Zukunft informiert und anschließend telefonisch befragt. Da die Fallzahl der befragten Personen so klein ist, sind Prozent-Ergebnisse nicht aussagekräftig. Insgesamt konnten fünf Personen am 28. und 29. 11. 2014 telefonisch erreicht und befragt werden.

Alle Wohnungen sind neu bezogen und unterliegen der Rechtsform Mietrecht. Fünf Wohnungen von den insgesamt 11 vermieteten Wohnungen konnten in die Erhebung einbezogen werden. Es wurden drei Frauen und zwei Männer interviewt, vier Personen sind jünger als 45 Jahre, eine Person ist älter. Drei Wohnungen wurden im Zeitraum vom Februar 2013 bis Juli 2013 bezogen, zwei Wohnungen in den Monaten Oktober und November 2013. Drei Wohnungen sind unter 65 m² groß und liegen im 3.OG, zwei Wohnungen sind größer als 80 m² und befinden sich im Dachgeschoß.

Das Wohnhaus - Beurteilung der Innovation

Vier befragte Personen stimmen der Aussage zu, dass das Wohnhaus innovativ und fortschrittlich ist. Die neuen Wohnungen im Denkmalschutztem Haus, „der Charme des Altbaus verbunden mit neuen Wohnungen“, die Fußbodenheizung, Fernwärme, Wohnraumlüftung und die „Doppelfenster“ werden als Begründungen genannt. Das Wohnhaus wird von einer Person als nicht innovativ beurteilt, weil ins Heiz- und Lüftungssystem nicht eingegriffen werden kann.

Zufriedenheit mit der Wohnung

Die fünf befragten Personen sind mit der Wohnsituation insgesamt sehr und eher zufrieden. Die höchste Zufriedenheit besteht mit der Lage der Wohnung im Wohnhaus, dann mit der Größe der Wohnung, der Sonneneinstrahlung im Winter. Weniger gut bewertet (mit Note drei von der Notenskala 1 bis 5) werden von jeweils drei Befragten der Grundriss und das Badezimmer bzw. die Badezimmer-Ausstattung. Jeweils zwei befragte Personen sind mit der Sonneneinstrahlung im Sommer und mit den Miet- und Betriebskosten nur halb/halb zufrieden. Eine mittlere Benotung gab es noch für die „Ausstattung Einbauküche“.

Auf die offene Frage, was an der Wohnung besonders geschätzt wird, wurden folgende Aspekte genannt:

„Helligkeit, gute Wärmedämmung, daher wenig zu heizen“

„Helligkeit, Ruhe im Haus, Größe der Wohnung, Preis, Lage“

„Lage 7. Bezirk, Aufteilung (der Räume, Verf.), Ausstattung“

„Offenheit, Dachbalken“

Beurteilung energietechnische Ausstattung

Drei befragte Personen sind mit der energietechnischen Ausstattung sehr zufrieden, jeweils eine Person eher zufrieden und halb/halb zufrieden. Jeweils eine mittlere Benotung gab es für die technische Ausstattung, die Heizung und Wohnraumlüftung.

Vier befragte Personen sind mit der Heizung sehr und eher zufrieden. Eine befragte Person kritisiert, dass im Schlafzimmer der Boden zu warm sei, weil sich dort der Thermostat befindet. Beim Reduzieren der Wärme sinkt auch im Wohnzimmer die Temperatur.

Eine zweite Person berichtet: „Die Badezimmerheizung ist nicht regelbar, wenn im Wohnzimmer die Temperatur angenehm ist, dann ist das Bad zu warm, wenn die Temperatur im Bad angenehm ist, dann ist das Wohnzimmer zu kühl“.

Kritisch werden folgende Aspekte genannt:

„Energie- und Stromkosten sind nicht nachvollziehbar, kein eigener Zähler für Wohnung, Fa. Ista schickt Rechnung, muss ich akzeptieren“.

Tab. Zufriedenheit mit einzelnen Technologien (sehr zufrieden=1, eher zufrieden=2, halb/halb=3, eher nicht zufrieden=4, gar nicht zufrieden=5)

	Mittelwert
Zufriedenheit mit energietechnischer Ausstattung (Wärmedämmung, Fensterqualität)	1,6
Zufriedenheit mit Beheizung (Fernwärme)	1,8
Zufriedenheit mit Wohnraumlüftung	2,2

Quelle: L&R Datafile 'HdZ BewohnerInnenbefragung Eberlgasse-Kaiserstrasse 2014', bearbeitet Havel

Beurteilung Teil-Aspekte der Wohnung

Am höchsten ist die Zufriedenheit mit der Lage der Wohnung im Gebäude und der Erreichbarkeit mit dem Lift. Dann folgen die Zufriedenheit mit dem Eingangsbereich und dem Stiegenhaus sowie mit der Helligkeit der Räume. Die Wohnung insgesamt und das Raumklima werden weniger hoch bewertet, der Mittelwert liegt jedoch deutlich unter 2. Am schlechtesten schneidet die Ausstattung des Badezimmers ab. Es wird als zu klein, zu dunkel und als zu warm – d.h. Heizung ist dort nicht gut regelbar – beschrieben.

Tab. Zufriedenheit mit Teil-Aspekten der Wohnung (sehr zufrieden=1, eher zufrieden=2, halb/halb=3, eher nicht zufrieden=4, gar nicht zufrieden=5)

	Mittelwert
Zufriedenheit mit Lage der Wohnung im Gebäude (Stockwerk, DG)	1
Zufriedenheit mit Erreichbarkeit der Wohnung per Lift	1

Zufriedenheit mit Eingangsbereich und Stiegenhaus	1,4
Zufriedenheit mit Helligkeit der Räume	1,4
Zufriedenheit mit Wohnung insgesamt	1,6
Zufriedenheit mit Raumklima	1,8
Zufriedenheit mit Wohnungsausstattung Badezimmer	2,6

Quelle: L&R Datafile 'HdZ BewohnerInnenbefragung Eberlgasse-Kaiserstrasse 2014', bearbeitet Havel

Kontrollierte Wohnraumlüftung

Nur eine Person ist mit der Wohnraumlüftung sehr zufrieden, drei weitere Personen sind eher zufrieden und eine Person nur halb/halb.

Die Wohnraumlüftung ist im Normalbetrieb in zwei Wohnungen auf Stufe 2 und in zwei Wohnungen auf Stufe 1 gestellt. Bei längerer Abwesenheit wird die Wohnraumlüftung auf Stufe 1 zurückgedreht. Wenn mehrere Personen anwesend sind, dann wird auf Stufe 3 oder höher gestellt.

Zwei Personen berichten von Störungen der Wohnraumlüftung:

„Die Raumlüftung funktionierte nicht, es gab eine Störung, da war Wochenende und niemand konnte die Lüftung stoppen, zwei Tage lang strömte kalte Luft ein. Wir können die Raumlüftung nicht Temperatur-regeln, nur wie stark es bläst“.

„Lüftungsanlage blinkt ab und zu nicht, schaltet sich selbst aus, ich schalte sie in der Wohnung wieder ein. Bei Störungen kann ich den Herrn Pfarrer anrufen, wenn er nicht da ist, dann die Hausverwaltung“.

Das Lüftungsverhalten über die offenen Fenster wird von drei Personen als normal bezeichnet und im Vergleich zur Vorwohnung ohne Unterschied erlebt. Zwei befragte Personen geben an, dass sie sehr wohl über die Fenster in der Früh und am Abend lüften, aber im Vergleich zur Vorwohnung weniger die Fenster öffnen.

Das Raumklima bzw. die Luft wird von allen befragten Personen als sehr gut, frisch, angenehm, durchaus gut bezeichnet, die Luftfeuchtigkeit von vier Personen als normal, von einer Person eher trocken.

Zwei Personen hören die Wohnraumlüftung, aber finden die Geräusche nicht störend.

Tab. Lüftungsverhalten

	Kaiserstrasse
	Anzahl
es wird ganz normal gelüftet	1
Lüften über offene Fenster, mache keinen Unterschied	1

Lüften über offene Fenster, vor dem Schlafen gehen und in der Früh, im Vergleich zu früher weniger	1
Öffnen der Fenster, wir schauen in den Garten, haben Fenster sehr oft offen	1
über Fenster, im Vergleich zur früheren Wg sicher weniger	1

Quelle: L&R Datafile 'HdZ BewohnerInnenbefragung Eberlgasse-Kaiserstrasse 2014'

Information über Wohnhaus und Haustechnik

Die MieterInnen erhielten mit der Unterzeichnung des Mietvertrages eine Mieterinformation, die vom Architekturbüro AKP erstellt wurde. Der Inhalt umfasst erstens allgemeine Information über die Sanierung des unter Denkmalschutz stehenden Objektes, das für die NutzerInnen folgende Vorteile bietet:

- Minimierte Heizkosten
- Minimierte Energiekosten
- Hoher Wohnkomfort
- Optimales Raumklima

Zweitens eine Information über Innendämmung und Sicht- und Sonnenschutz, drittens Informationen über Haustechnik und viertens das Thema Monitoring für ausgewählte Wohnungen.

Zwei befragte Personen berichten, dass sie zu einem Info-Abend eingeladen waren bzw. einen persönlichen Termin mit dem Architekten hatten, bei dem sie über die Besonderheiten der Wohnung informiert wurden: „Komplette Mappe erhalten, Termin mit Architekten, persönliches Gespräch und Information über Besonderheiten der Wohnung“;

„Es gab einen Info-Abend, der vom Hr. Pfarrer moderiert wurde, zwei Personen von einer Firma gaben Grundinformationen über Dämmung, Lüftung, Heizung, und wir bekamen ein Handout. Der Architekt war kurz dabei“.

Zwei weitere Personen berichten, nur eine schriftliche Information bzw. ein Beiblatt mit dem Mietvertrag erhalten zu haben, aber sie keine Zeit gehabt hätten, diese Information durchzulesen. Eine befragte Person bezeichnet sich als Zweitmieter, die nur etwas über die Küche erhielten und eine Information wie die Lüftung funktioniert, aber keine technischen Anleitungen. Im Zuge der Vermietung wird auch ein Makler erwähnt, der zu den technischen Besonderheiten des Gebäudes und der Wohnung keine Informationen gegeben haben soll: „Man hat uns nicht informiert, keine Funktion wurde erklärt“, „Der Makler hätte einem alles zeigen können“, „Es wäre toll gewesen, die Lüftung hatte eine Störung, zwei Tage strömte kalte Luft ein, wir konnten es nicht abstellen, weil die Lüftungsanlage auch auf niedrigster Stufe arbeitet. Wir sollten wissen, wie man die Anlage abdreht. Der Feuersalarm war auch schon zweimal, der läuft dann eine halbe Stunde, es war aber niemand erreichbar, der diesen abdrehen konnte.“

Obwohl es hier offenbar Mangel an Informationen gab, verneinten alle Personen die Frage, ob sie noch ein weiteren Informationen interessiert seien.

Tab. Anmerkungen zu Informationen zu Gebäude und Haustechnik

	Kaiserstrasse
	Anzahl
wir waren Zweitmieter, haben nur etwas über die Küche erhalten, wie Lüftung funktioniert, keine technischen Anleitungen	1
Vermieter ist nicht darauf eingegangen, Information liegt vielleicht beim Mietvertrag, hatte keine Zeit, uns wurde nur gesagt, es gibt Messstellen in der Wohnung, d.h. jede Zigarette, die ich rauche, wird dann aufgezeichnet	1
komplette Mappe erhalten, Termin mit Architekten , persönliches Gespräch und Information über Besonderheiten der Wohnung	1
keine mündliche Information, nur Beiblatt mit Mietvertrag	1
es gab einen Info-Abend, der vom Hr. Pfarrer moderiert wurde, 2 Pers. von Fa. Irlinger gaben Grundinformation über Dämmung, Lüftung, Heizung, und wir bekamen handout. Architekt war nur kurz dabei. Es sollte noch 2. Termin geben für Brandmelder, ich weiß nicht ob der je stattgefunden hat.	1
Gesamt	5

Quelle: L&R Datafile 'HdZ BewohnerInnenbefragung Eberlgasse-Kaiserstrasse 2014',

Überhitzung der Wohnung im Sommer, Sicht- und Sonnenschutz

In zwei Wohnungen wird die Überhitzung der Wohnung im Sommer als großes und sehr großes Problem beschrieben. In einer Wohnung wurden nicht nur wärmedichte Sonnenschutzrollos montiert sondern auch eine Klimaanlage eingebaut: „Es war so heiß, wir ließen eine Klimaanlage einbauen, die nur im Sommer temperaturabhängig läuft, bevor wir von der Arbeit heimkommen, dann wird die Raumtemperatur runter gekühlt. Wenn es draußen über 30 Grad hat, dann dauert es etwa 3-4 Stunden bis die Wohnung abgekühlt ist“.

Innenwärmedämmung

Für die im 3.OG wohnenden befragten Personen wird das Verbot der Wandmontage von einer Person als Einschränkung erlebt: „Das Verbot der Wandmontage aufgrund der Innendämmung war schon ein Problem, da wir nicht so viele Wände haben. Auch mit Kabeln und Steckdosen war es schwierig“.

Monitoring, Messstelle in Wohnung

Die Messstelle in einer Wohnung wird als optische Störung beschrieben, aber aufgrund der temporären Befristung von einem Jahr akzeptiert.

6.3 Schlussfolgerungen

Trotz der oben beschriebenen Probleme und kritischen Anmerkungen sind die befragten Personen mit der Wohnsituation sehr zufrieden. Dabei spielt die Lage im Bezirk eine besondere Rolle. Jeweils zwei Personen wollen so lange wie möglich hier wohnen, bzw. in absehbarer Zeit ist kein Umzug geplant. Eine Person kann die künftige Entwicklung nicht abschätzen.

Die energietechnischen Aspekte des Wohngebäudes spielten bei der Entscheidung für die Wohnung keine Rolle. Wichtige Entscheidungsgründe waren die Größe und die hochwertige Erstausrüstung der Wohnung (Holzfußboden, Einbauküche, Glastüren, Gegensprechanlage). Die Badezimmer von einigen Befragten kritisiert, weil diese zu klein und zu dunkel seien.

Die Regelung der Fußbodenheizung dürfte nicht optimal eingestellt sein, weil der Thermostat in einer Wohnung im Schlafzimmer montiert ist, dort aber kühlere Temperaturen gewünscht werden, sodass das Wohnzimmer dann zu kühl ist. Das Badezimmer wird als zu warm beschrieben.

Mit der Erwärmung und Lüftung der Wohnungen in der kühleren Jahreszeit besteht hohe Zufriedenheit. Es gibt keine Störungen und Geräusche.

Die Überhitzung der Wohnungen im Sommer wird als unangenehm beschrieben. Trotz der Montage eines Sonnenschutzrollos baute ein Mieter eine Klimaanlage ein.

Das Lüftungsverhalten hat sich subjektiv gegenüber dem in den Vorwohnungen nur wenig geändert. In einer Wohnung mit Blick auf den Garten bleiben die Fenster an schönen Tagen tagsüber offen.

Kritische Bemerkungen betreffend mangelhafter Schallisolierung zu den Nachbarwohnungen (oben und nebenan) werden sowohl in den Dachgeschoß- als auch in den Bestandswohnungen gemacht.

Die Informationsbroschüre, die die MieterInnen mit dem Mietvertrag erhielten, wurde nicht von allen Personen gelesen. Sie hätten sich eine mündliche persönliche Einschulung gewünscht. Ein Makler dürfte auf die energietechnischen Besonderheiten der Wohnung nicht eingegangen sein.

Obwohl die befragten MieterInnen keinen weiteren Informationsbedarf sehen, scheint es sinnvoll, nochmals Informationen zur Wohnraumlüftung, Heizung und Brandmeldesystem zu geben und auf das Verhalten bei Störfällen hinzuweisen.

7 Rechtliche Rahmenbedingungen

Karin Sammer, ÖVI

7.1 Wohnrechtliche Ausgangssituation

Das Sanierungsprojekt Kaiserstraße verlief aus wohnrechtlicher Sicht - letztlich bedingt auch durch die Nutzung des Gebäudes - weitgehend friktionsfrei.

Das unter Denkmalschutz stehende Klostergebäude der Kongregation der Mission vom hl. Vinzenz von Paul dient als Wohnheim mit Pfarrhof den Patres zur Betreuung von Obdachlosen und Flüchtlingen und wird bis einschließlich des 2. Obergeschosses auch weiterhin in dieser Nutzung stehen. Die Nutzung des überwiegenden Teils des Gebäudes (etwa 3/5 der Nutzfläche) erfolgt demnach von der Pfarre und der von ihr betriebenen Sozialeinrichtungen. Im Zuge der Sanierung sind im 3. Geschoss sowie im ausgebauten Dachgeschoss insgesamt 12 Wohnungen geschaffen worden, die zur Vermietung vorgesehen sind. Dabei sind die sich aus mietzinsrechtlicher Sicht ergebenden Beschränkungen des Mietzinses bei der gegenständlichen Liegenschaft vergleichsweise vernachlässigbar, da für die im Dachgeschoss neu errichteten Wohnungen überhaupt eine Teilausnahme vom Mietrechtsgesetz (§ 1 Abs 4 Z 2 MRG) vorliegt, wodurch der Mietzins keinen mietrechtlichen Beschränkungen unterliegt und frei vereinbart werden kann, und für die zur Vermietung stehenden Wohnungen im sanierten Bestandsgebäude als Obergrenze der angemessene Mietzins (gem. § 16 Abs 3 MRG) zur Anwendung gelangt, der sich an einem orts- und marktüblichen Mietzins orientiert.

Auch die Zustimmung der Nachbarliegenschaftseigentümer für die über die Grundstücksgrenze ragende Außendämmung der Feuermauer erwies sich bei vorliegendem Sanierungsprojekt als problemlos und erfolgte seitens der Grundnachbarn vorbehaltlos.

8 TQB Gebäudezertifizierung

Im Rahmen von „Gründerzeit mit Zukunft“ und in Zusammenarbeit mit dem Haus der Zukunft plus Projekt „Monitor+“ wurde eine Gebäudezertifizierung mit Total Quality Building (TQB) nach den Qualitätskriterien der ÖGNB (Österreichischen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) durchgeführt. Ziel der Zertifizierung ist eine ganzheitliche Darstellung des Gebäudes nach definierten Nachhaltigkeitskriterien. Darüber hinaus wurde das Gebäude nach den Kriterien von klima:aktiv zertifiziert. Der Strukturaufbau der beiden Bewertungssysteme wurde in enger Abstimmung zueinander entwickelt, wobei die Bewertung nach TQB das detailliertere System darstellt. Entgegen der klima:aktiv Gebäudedeklaration gibt es bei den energetischen Zielwerten von TQB keine Unterscheidung zwischen Neubau und Sanierung.

Der Schwerpunkt des Demonstrationsprojektes liegt auf der Umsetzung eines zeitgemäßen Wohnstandards auf einem hohen Qualitätsniveau bei gleichzeitiger Vereinbarkeit anspruchsvoller energietechnischer Anforderungen und den Vorgaben durch den Denkmalschutz. Insgesamt wurden für das Demonstrationsprojekt Kaiserstraße 708 von 1.000 möglichen Punkten erreicht. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bewertung nach der ÖGNB im Detail dargestellt. Die Deklaration gliedert sich in folgende fünf Kriterienkategorien, mit jeweils 200 maximal zu erreichenden Qualitätspunkten:

- A. Standort & Ausstattung
- B. Wirtschaft und technische Qualität
- C. Energie & Versorgung
- D. Gesundheit & Komfort
- E. Ressourceneffizienz

A	Standort & Ausstattung	200	116
---	------------------------	-----	-----

Das Objekt profitiert durch die zentrale Lage mit guter verkehrstechnischer Anbindung und Nahversorgung, sowie der trotzdem vorhandenen großzügigen objektbezogenen Grünflächen bei den standortbezogenen Punkten. Wesentliche Einbußen in der Bewertung erfolgten bei der Ausstattung aufgrund mangelnder Barrierefreiheit (50 Punkte). Dies ist vor allem auch auf die Voraussetzungen im Zuge einer Sanierung zurückzuführen.

B	Wirtschaft & technische Qualität	200	140
---	----------------------------------	-----	-----

Durch entsprechende Planungsarbeit mit integrealem Ansatz, die Betrachtung unterschiedlicher Sanierungsvarianten mit Lebenszykluskostenanalyse wurden viele Punkte in dieser Kategorie erreicht. Honoriert wurden zudem auch einzelne Maßnahmen in der

Baustellenabwicklung. Punktabzüge gab es vorrangig bei jenen Kriterien, die durch die Tatsache einer Bestandssanierung nur eingeschränkten Handlungsspielraum zulassen, z.B. bei dem Kriterium „statisches Konzept“ konnte die Höchstpunktezahl nicht erreicht werden. Zusätzliche Brandmelde- und Löscheinrichtungen wurden ebenfalls nicht ausgeführt, was eine Punktereduktion zur Folge hatte.

C	Energie & Versorgung	200	167
---	----------------------	-----	-----

In der Kategorie „Energie & Versorgung“ wurde bei den Zielwerten nicht zwischen Neubau und Sanierung unterschieden, was trotz ambitionierten Maßnahmen zu einem Nachteil in der Bewertung von Sanierungsobjekten geführt hat. Besonders deutlich wurde dies bei den Kriterien Heizwärmebedarf und Luftdichtheit der Gebäudehülle. Betreffend die Kriterien Energieaufbringung, Wasserbedarf und Wasserqualität schnitt die Kaiserstraße sehr gut ab.

D	Gesundheit & Komfort	200	98
---	----------------------	-----	----

Hoher Komfort für die NutzerInnen war ein wesentliches Kriterium der Zieldefinition in der Planungsphase. Im Kriterium Raumluftqualität schnitt das Gebäude sehr gut ab. Punkteeinbußen gab es in den Kriterien thermischer Komfort aufgrund der Einschränkungen bezüglich Dämmdicke bei der Innendämmung sowie beim Schallschutz, welche durch die Bestandsdecken, bzw. Innenwände bedingt ist.

E	Baustoffe & Konstruktion	200	187
---	--------------------------	-----	-----

Da es sich um ein Bestandsgebäude handelt erreichte das Objekt hinsichtlich Umwelteffizienz und Entsorgungsindikator der Gebäudekonstruktion die Höchstpunktezahl. Durch Vermeidung von kritischen Stoffen wie HFKW und PVC bei den neu eingebrachten Baustoffen und der Verwendung von regional verfügbaren Produkten konnten zusätzliche Qualitätspunkte generiert werden.

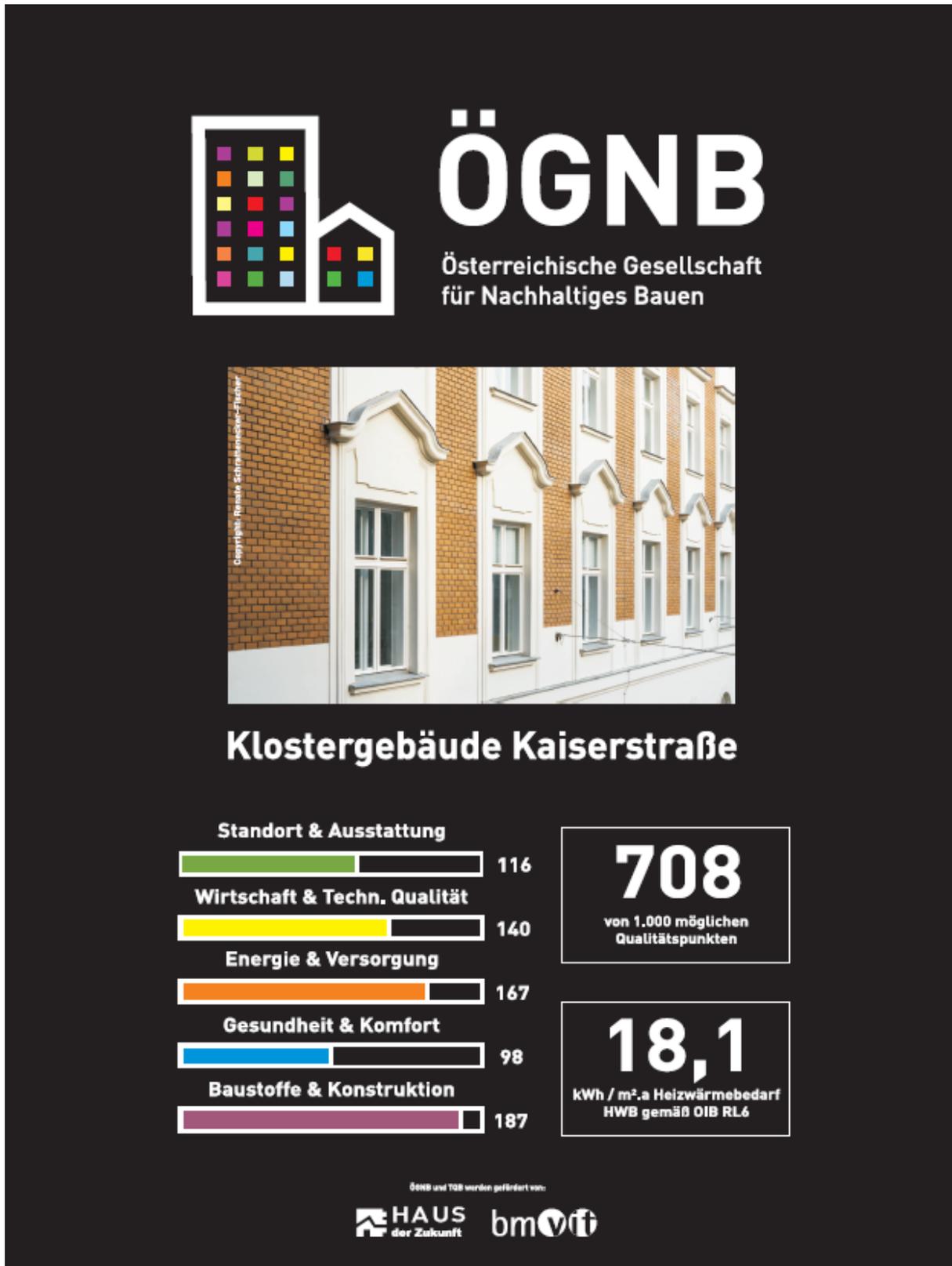


Abbildung 93 TQB- Plakette Sanierung Klostergebäude Kaiserstraße 7

9 Verzeichnisse

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Demonstrationsprojekt Kaiserstraße (Quelle: Oettl)	3
Abbildung 2: Lageplan des Ensembles Kaiserstraße 5-7 (Quelle: http://www.wien.gv.at/stadtplan/)	8
Abbildung 3: Ensemble Lazaristenkirche, rechts das sanierte Gebäude Kaiserstraße 7. (Foto: Oettl).....	9
Abbildung 4: Südfront des sanierten Gebäudes Kaiserstraße 7 (Foto: Oettl).	9
Abbildung 5: Datenmatrix (Quelle: pos architekten, Oettl).....	11
Abbildung 6: Kaiserstraße 7, Basisdaten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	11
Abbildung 7: Kaiserstraße 7, Rechtsformen der Nutzungseinheiten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	12
Abbildung 8: Kaiserstraße , Flächenbilanz, Nutzflächen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).	12
Abbildung 9: Kaiserstraße 7, neu geschaffene Mietwohnung im Dachausbau (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	13
Abbildung 10: Kaiserstraße 7, Technische Infrastruktur Verbesserungen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	14
Abbildung 11: Kaiserstraße 7, funktionale Verbesserungen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	14
Abbildung 12: Ausführungsplan, 3. OG (Quelle: Architekt Kronreif & Partner)	15
Abbildung 13: Kaiserstraße 7, Privatgarten der Eigentümer (Foto: Oettl).....	16
Abbildung 14: Kaiserstraße 7, Fenster im Bestand mit neuem Innenflügel (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	16
Abbildung 15: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuem Innenflügel, Öffenbarkeit (Foto: Oettl).....	17
Abbildung 16: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuem Innenflügel bündig mit Innenwandflucht (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).	17
Abbildung 17: Kaiserstraße 7, Bestandsfenster mit neuen innen bündigen Innenflügeln (Foto: Oettl).....	18
Abbildung 18: Kaiserstraße 7, Fassadenaufbauten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner). ...	19
Abbildung 19: Sanierte Fassade, Klinkerfeld (Foto: Oettl).....	20

Abbildung 20: Bauphysikalische Kennwerte der Gebäudehülle (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	20
Abbildung 21: Kaiserstraße 7, Zubau in der Nordwestecke (Foto: Oettl)	21
Abbildung 22: Tramtraversenanschluss, Schnitt durch den Steg des I-Trägers in HAM4D_VIE [GDZ11].....	23
Abbildung 23: Tramtraversenanschluss, Verlauf von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte der Punkte 1, 2, 3, 8 und 9 berechnet mit HAM4D_VIE (Quelle: Schöberl&Pöll).....	23
Abbildung 24 Ausführungsdetail Innendämmung Anschluss an Regelgeschoßdecke (Quelle:AKP).....	25
Abbildung 25: Dämmkeil zur Entschärfung von Wärmebrücken (Quelle: Promat GesmbH) .	26
Abbildung 26: Fotos von Innendämmungsherstellung (Quelle: Architekten Kronreif_Trimmel&Partner)	26
Abbildung 27: Kaiserstraße 7, Dachflächen, Belichtung (Foto: Oettl).....	28
Abbildung 28: Kaiserstraße 7, Dachausbau, Lichtband mit außen liegenden Sonnenschutzlamellen (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).	28
Abbildung 29: Kaiserstraße 7, Dachausbau, Lichtbänder in der Dachfläche, Blich nach außen (Foto: Oettl).	29
Abbildung 30: Kaiserstraße 7, Deckenaufbauten (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).....	30
Abbildung 31: Kaiserstraße 7, neuer Dachaufbau (Quelle: Architekt Kronreif & Partner).	30
Abbildung 32 Wärmetauscher für Heizwärme und Brauchwasser (Quelle: e7).....	31
Abbildung 33 Warmwasserspeicher im Haustechnikraum für Erd- und 1. Obergeschoß (Quelle: e7).....	33
Abbildung 34 Lüftungsanlage im Kellergeschoß (Quelle: e7)	34
Abbildung 35 Impressionen Luftleitungsführung (Quelle: e7)	34
Abbildung 36 Volumenstromregelung über V-Box (Quelle e7)	35
Abbildung 37 Heizwärmebedarf des Bestandes sowie der ausgeführten Sanierungsvariante getrennt nach Nutzungskategorien	36
Abbildung 38 Gegenüberstellung der Leitwerte.....	38
Abbildung 39 Heizwärmebedarf vor und nach der Sanierung mit pauschaliert und detailliert berechneten Wärmebrücken.....	39
Abbildung 40 Heizenergiebilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung	41
Abbildung 41 Primärenergiebilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung.....	42
Abbildung 42 CO2- Bilanz Kaiserstraße 7 vor und nach der Sanierung	43
Abbildung 43 Gegenüberstellung der Einsparungen	44

Abbildung 44 : Eingesetzte Fühler in der Wißgrillgasse (Quelle: Firma Thermokon)	47
Abbildung 45: Wärmemengenzähler Fa. Engelmann	47
Abbildung 46: Schematische Darstellung Monitoringkonzept Kaiserstraße	49
Abbildung 47: Behaglichkeitsfeld nach Din1946-2 (Quelle: eigene Darstellung).....	50
Abbildung 48: Behaglichkeitsfeld nach Leusden und Freymark (Quelle: Leusden und Freymark)	50
Abbildung 49: Erläuterung Boxplot Diagramm (Quelle: eigene Darstellung).....	51
Abbildung 50: Geordneter Verlauf CO ₂ Konzentration	62
Abbildung 51: Box-Plot Darstellung CO ₂ Konzentration der Referenzwohnungen	63
Abbildung 52: Geordneter Verlauf relative Luftfeuchte	63
Abbildung 53: Box-Plot Darstellung rel. Luftfeuchte der Referenzwohnungen.....	64
Abbildung 54: Geordneter Verlauf Raumlufttemperatur.....	64
Abbildung 55: Box-Plot Darstellung Raumlufttemperatur der Referenzwohnungen.....	65
Abbildung 56: Verteilung Stromverbrauch im 1. Messjahr (2015).....	66
Abbildung 57: Energiebilanz 1. Messjahr	68
Abbildung 58: Energiebilanz Kaiserstraße 2. Messjahr (Grafik e7).....	69
Abbildung 59: Temperaturverlauf Zuluft und Außenluft sowie Wärmeverbrauch des Heizregisters der Lüftungsanlage.....	70
Abbildung 60: Wöchentlicher Wärmeverbrauch des Lüftungsregisters.....	70
Abbildung 61: Sensorpositionen Top 7 Abbildung 62: Sensorpositionen Top 11	73
Abbildung 63: Sensorpositionen Top 13	74
Abbildung 64: Ziegelmuster der Außenwand im Bereich von Top 7	75
Abbildung 65: Sensorpositionen im Wandquerschnitt von Top 7.....	75
Abbildung 66: Temperaturverlauf an den Messstellen S1 bis S8	76
Abbildung 67: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S1 bis S8	77
Abbildung 68: Raumklima in Top 7 angrenzend zum relevanten Außenwandquerschnitt; T und RH im Winter 2014/15.....	78
Abbildung 69: Verlauf der Temperaturen an den Messstellen S1 bis S5 sowie des Raumklimas im Winter 2014/15	79
Abbildung 70: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S1 bis S5 sowie des Raumklimas im Winter 2014/15	79
Abbildung 71: Temperaturfeld im Winter im Wandquerschnitt zum Zeitpunkt des stärksten Gradienten (30.12.2014).....	80

Abbildung 72: Verteilung der maximalen relativen Luftfeuchte im Winter im Wandquerschnitt (13.1.2015)	81
Abbildung 73: Sensorpositionen in Top 11	82
Abbildung 74: Sensor S14 an der Außenseite des Streichbalkens.....	82
Abbildung 75: Temperaturverlauf an den Messstellen S12 bis S15.....	83
Abbildung 76: Verlauf der relativen Luftfeuchte an den Messstellen S12 bis S15	83
Abbildung 77: Lagebezeichnung der Sensoren S9 bis S11 am DREMPELMAUERWERK	84
Abbildung 78: Verläufe über die gesamte Messdauer von Temperatur (oben), relativer Luftfeuchte (Mitte) und Feuchtegehalt (unten)	85
Abbildung 79: Freifläche vor der schlagregenbelasteten Fassade von Top 7.....	86
Abbildung 79: Schlagregensmesser an der Fassade von Top 7, 3. Obergeschoß	86
Abbildung 81: Normalregen, summierter Schlagregen und Windrichtung im Sommerhalbjahr	87
Abbildung 82: Normalregen, summierter Schlagregen und Windrichtung im Winterhalbjahr	87
Abbildung 83: Wärmestrommessfolie an der inneren Wandoberfläche (oben) Außenwandoberfläche (rechts)	88
Abbildung 84: Verlauf der Oberflächentemperatur an der Außenseite der Versuchswand sowie Verlauf der Wärmestromdichte jeweils über die gesamte Messdauer; Auswerteziträume rot markiert	89
Abbildung 85: Gemessene Oberflächentemperaturen innen und außen im Messzeitraum 1 (Dezember 2014).....	90
Abbildung 86: Gemessene Wärmestromdichte im Messzeitraum 1 (Dezember 2014)	91
Abbildung 87: Berechneter Wärmedurchgangskoeffizient im Messzeitraum 1 (Dezember 2014)	92
Abbildung 88: Gemessene Oberflächentemperaturen innen und außen im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015)	92
Abbildung 89: Gemessene Wärmestromdichte im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015)	93
Abbildung 90: Berechneter Wärmedurchgangskoeffizient im Messzeitraum 2 (Jänner, Februar 2015).....	93
Abbildung 61 Kapitelwertvergleich nach Kapitalwertmethode, Berechnung mit econ calc, eigene Darstellung	102
Abbildung 62 Annuitätenvergleich nach Kapitalwertmethode, Berechnung mit econ calc, eigene Darstellung	103
Abbildung 63 TQB- Plakette Sanierung Klostergebäude Kaiserstraße 7	116

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zusammensetzung von Endenergiebedarf und Heizenergiebedarf	40
Tabelle 2 Primärenergie- Konversionsfaktoren	42
Tabelle 3 CO ₂ - Konversionsfaktoren	43
Tabelle 4: Rückrechnung des Bestands-U-Wertes aus den Messdaten unter Abzug von R _t der Dämmschicht.....	94
Tabelle 5: Berechnung des Bestands-U-Wertes mit einer angenommenen Wärmeleitfähigkeit nach [MAS16]	94

9.3 Literaturverzeichnis

- [KEH13] Kehl, Daniel: Feuchtetechnische Bemessung von Holzkonstruktionen nach WTA – Hygrothermische Auswertung der anderen Art, Beitrag in Holzbau – die neue quadriga, Kastner Verlag, Wolnzach 2013.
- [SED03] Sedlbauer, Klaus; Krus, Martin: Schimmelpilze in Gebäuden – Biohygrothermische Berechnungen und Gegenmaßnahmen. In: Cziesielski, Erich (Hg.): Bauphysik-Kalender 2003. Berlin 2003, S. 435-530.
- [THE09] Thelandersson, Sven; Isaksson, Tord: Modelling of onset of mould growth for wood exposed to varying climate conditions. Paper prepared for the 40th Annual Meeting Beijing, China 24-28 May 2009.
- [VII10] Viitanen, H.; Toratti, T.;Makkonen, L. Peuhkuri, R.; Ojanen, T.;Ruokolainen, L.; Räsänen, J.: Towards modelling of decay risk of wooden materials; European Journal of Wood and Wood Products, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2010.
- [WEG10] Wegerer, Paul: Beurteilung von Innendämmsystemen – Langzeitmessung und hygrothermische Simulation am Beispiel einer Innendämmung aus Schilfdämmplatten. Diplomarbeit am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien 2010.
- [WEG12] Wegerer, Paul; Neusser, Maximilian; Bednar, Thomas: Auswirkungen der Luft(un)dichtheit auf die Feuchtebelastung von Konstruktionen mit Innendämmsystemen, 7th International Symposium on Building and Ductwork Air Tightness in Practice, May 11-12, 2012, Stuttgart, Germany.
- [MAS16] MASEA Datenbank vom 3.10.2016, Wärmeleitfähigkeit für Kalkzementputz und Mauerwerk
<http://www.masea-ensan.de/>
- [KLI16] Klimadaten der Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie,
<https://meteo.boku.ac.at/wetter/mon-archiv/2015/201504/201504.html>
- EN ISO 6946 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2007