

# Niedrigstenergiestandard in historischen Gebäuden – Innovative Sanierung von Gründerzeithäusern

## Nearly Zero Energy Standard in historical Buildings – Innovative refurbishment of Wilhelminian style buildings

Von Walter Hüttler, Johannes Rammerstorfer, Ursula Schneider, Helmut Schöberl, Wien

Mit 9 Abbildungen



Dipl. Ing.  
Walter Hüttler



Dipl.-Ing. (FH)  
Johannes Rammerstorfer



Arch. Dipl.-Ing.  
Ursula Schneider



Bmst. Dipl.-Ing.  
Helmut Schöberl

### Kurzfassung

Wirtschaftliche sowie energie- und klimapolitische Vorgaben erfordern neue Maßstäbe für die ganzheitliche Modernisierung von Gründerzeithäusern. Anhand mehrerer Demonstrationsobjekte im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ werden innovative Sanierungslösungen aufgezeigt und Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Rechtsrahmen und Nutzerzufriedenheit evaluiert. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass für die umfassende und hoch innovative Modernisierung von Gründerzeitgebäuden eine Reihe von innovativen und praxistauglichen Komponenten verfügbar sind, mit denen unter günstigen Rahmenbedingungen auch historische Gebäude auf Niedrigstenergie- oder Plusenergiestandard gebracht werden können sowie Systemlösungen, die gestalterisch angemessen und technisch-wirtschaftlich umsetzbar sind.

### Abstract

Historical buildings constructed in the late 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> century, so called “Gründerzeitgebäude” or “Wilhelminian style buildings” with typically decorated façades represent the main part of the building stock in Vienna. Economical and ecological guidelines demand new scales for the refurbishment of this building stock. The project cluster „Gründerzeit mit Zukunft“ demonstrates innovative solutions to modernise Wilhelminian style buildings in a systematic and integrated way. Several pilot projects show how technical, economical, legal and social barriers during the restoration process of historical buildings can be overcome. Refurbishment with latest technologies makes nearly zero energy standard or plus energy standard even for historical buildings possible.

### 1. Einleitung, Allgemeine Problemstellung

Als Gründerzeitgebäude werden Gebäude aus der Bauperiode zwischen 1848 und 1918 bezeichnet, die durch Außenwände aus Vollziegelmauerwerk mit hohen Wandstärken, aufwändig gestaltete Straßenfassaden, häufig mit Stuckornamenten, große Geschoßhöhen und Holzbalkendecken bzw. massive Gewölbe-

decken über dem Keller charakterisiert werden können. Betrachtet man den gründerzeitlichen Gebäudebestand in den Städten, dann reicht das Spektrum vom mehrgeschossigen Arbeiterwohnhaus in der Vorstadt – viele davon mit mittlerweile abgeräumten Fassaden – bis zum gründerzeitlichen Palais in der Innenstadt.

Österreichweit existieren mehr als 600.000 Wohnungen in Gebäuden aus der Bauperiode vor 1919, damit beträgt der Anteil des gründerzeitlichen Wohnungsbestands in Österreich insgesamt knapp ein Fünftel. Allein in Wien befinden sich 211.300 Hauptwohnsitzwohnungen in diesem Gebäudesegment. Von rund 35.000 Gebäuden, die in Wien vor 1919 errichtet wurden, stellen rund 20.000 klassische Gründerzeit-Zinshäuser im engeren Sinn dar. Die Erhaltung und Weiterentwicklung dieses Gebäudebestands ist daher aufgrund der hohen Anzahl an Gründerzeitwohnungen und des stark steigenden Wohnungsbedarfs auch eine zentrale wohnungs- und immobilienwirtschaftliche Aufgabe.

Dieser Aufgabe widmet sich das Projekt „Gründerzeit mit Zukunft“, das im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogramms Haus der Zukunft Plus des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert wird.<sup>1</sup> Anhand von mehreren Demonstrationsobjekten werden innovative Sanierungslösungen entwickelt, die modellhaft für Gründerzeithäuser angewendet werden können.<sup>2</sup>

### 2. Demonstrationsprojekte

Im Zuge des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ wurden bzw. werden mehrere Demonstrationsprojekte umgesetzt, um die Bandbreite unterschiedlicher innovativer Lösungen und deren Praxistauglichkeit zu zeigen.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Das Forschungs- und Umsetzungsprojekt „Gründerzeit mit Zukunft“ läuft seit 2009 und wird von Walter Hüttler / e7 koordiniert. Ergebnisse werden laufend auf der Website [www.gruenderzeitplus.at](http://www.gruenderzeitplus.at) veröffentlicht.

### 2.1. Demoprojekt **Wißgrillgasse** [abgeschlossen] (siehe Abb. 1)

*Faktor-8-Sanierung mit hocheffizientem Dachgeschoßausbau*

Bauherr: Ulreich Bauträger GmbH und Gassner & Partner  
Baumanagement GmbH

Architektur: Daneshgar Architects



Abb. 1: Demoprojekt Wißgrillgasse vor und nach der Sanierung (Foto: Gassner&Partner)

Fig. 1: Pilot Project Wißgrillgasse before and after refurbishment (Photo: Gassner&Partner)

- Hochwertige Gebäudehüllensanierung und Reduktion von Wärmebrücken
- Einsatz von verschiedenen Komfortlüftungssystemen (zentral und dezentral)
- CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung mit effizientem Haustechnikkonzept: Pellets-Zentralheizung mit Einbindung von fassadenintegrierten Solarkollektoren
- Errichtung einer PV-Anlage als Insellösung



### 2.2. Demoprojekt **Kaiserstraße** [abgeschlossen] (siehe Abb. 2)

*Sanierung eines denkmalgeschützten Gebäudes*

Bauherr: Kongregation der Mission vom heiligen Vinzenz von Paul (Lazaristen)

Architektur: akp Architekten Kronreif\_Trimmel & Partner



Abb. 2: Demoprojekt Kaiserstraße vor und nach der Sanierung (Foto: Kronreif\_Trimmel & Partner)

Fig. 2: Pilot Project Kaiserstraße before and after refurbishment (Photo: Kronreif\_Trimmel & Partner)

- Innendämmung bei der denkmalgeschützten Fassade mit Sichtziegelmauerwerk
- Denkmalschutzgerechte Sanierung der historischen Kastenfenster mit Passivhauselementen
- Einbau einer zentralen Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung
- Statische und thermische Sanierung des Dachstuhls unter Einhaltung von Denkmalschutzaufgaben



2.3. Demoprojekt **David's Corner** [in Bau]  
(siehe Abb. 3)

*Hochwertige Sanierung eines Gründerzeitensembles*

Bauherr: Condominium Immobilien GmbH  
Architektur: Treberspurg & Partner

- Gebäudeübergreifende Energieversorgung und Errichtung einer solarthermischen Anlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung
- Einbau einer zentralen Komfortlüftung für das gesamte Ensemble
- Neugestaltung der abgeräumten Fassaden
- Zeitgemäße Grundrisse und barrierefreie Erschließung
- Liegenschaftsübergreifende Gestaltung der Hofflächen

2.4. Demoprojekt **Molkereistraße** [Konzept]  
(siehe Abb. 4)

*Gründerzeitgebäude mit hoher aktiver Solarenergie-Nutzung*

Bauherr: Eigentümergemeinschaft  
Architektur: the next ENTERprise – architects

- Aktive Nutzung der Solarenergie durch Einbau einer fassadenintegrierten thermischen Solaranlage und einer Photovoltaikanlage
- Bauteilaktivierung Kellerdecke als Pufferspeicher
- Wärmeversorgung über Geothermiefensonde
- Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung im Bestand
- Zentrale Komfortlüftungsanlage im DG
- Dämmung mit ökologischen Materialien

2.5. Demoprojekt **Eberlgasse** [in Bau]  
(siehe Abb. 5)

*Erste Sanierung auf Passivhausstandard in Wien*

Bauherr: Eigentümergemeinschaft  
Planung: Andreas Kronberger

- Sanierung der Fassade auf Passivhausqualität
- Einbau von Passivhausfenstern und -türen
- Hochwertige Dämmung der untersten Geschoßdecke
- Einbau einer zentralen Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung
- Energieversorgung durch Grundwasserwärmepumpe
- Überwiegende Deckung des WP-Strombedarfs durch Photovoltaik

**3. Technische Lösungen**

Für die innovative Sanierung von Gründerzeitgebäuden wurden im Rahmen des Projekts „Gründerzeit mit Zukunft“ Grundlagenstudien zu wichtigen anwendungsorientierten Fragen erstellt. Die Machbarkeitsstudien zu den Themen Innendämmung, Lüftungsanlage und Plus-Energie stellen unter anderem eine wichtige Grundlage für diesen Artikel dar. Die Machbarkeitsstudien und weitere Informationen stehen unter [www.gruenderzeitplus.at](http://www.gruenderzeitplus.at) als Download zur Verfügung.

3.1. Innendämmung

3.1.1. Aufgabenstellung

Bei historischen Gebäuden mit erhaltungswürdigen Fassaden ist eine Innendämmung oft die einzige Möglichkeit für eine Verminderung der Transmissionswärmeverluste. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass das Thema Innendämmung sowohl in der



Abb. 3: Demoprojekt David's Corner: Sanierung eines Gründerzeitensembles (Foto: Condominium)

Fig. 3: Pilot Project David's Corner: Modernisation of three historical buildings located next to each other (Photo: Condominium)



Abb. 4: Demoprojekt Molkereistraße, Innovative Sanierung mit hoher aktiver Solarenergie-Nutzung (Foto: the next ENTERprise)

Fig. 4: Pilot Project Molkereistraße: Innovative refurbishment with photovoltaic and solar thermal power units (Photo: the next ENTERprise)



Abb. 5: Demoprojekt Eberlgasse, erste Sanierung auf Passivhausstandard in Wien (Foto: Kronberger)

Fig. 5: Pilot Project Eberlgasse: First refurbishment in Vienna in passive house standard (Photo: Kronberger)

Planung als auch in der Ausführung mangels detaillierter Fachkenntnisse nicht mit der notwendigen Sorgfalt behandelt wird. Grundsätzlich ist eine Außendämmung der Innendämmung vorzuziehen, da eine Innendämmung generell mit einer Reihe von Nachteilen verbunden ist: Verminderung der Nutzfläche, Verringerung der speicherwirksamen Masse, Reduzierung des Trocknungspotenzials der Außenwände aufgrund des verminderten Wärmeeintrags, eingeschränkte Möglichkeit der Leitungsführung an den Außenwänden, Gefahr der Verschlechterung des Schallschutzes der Außenwände durch Resonanzfrequenzverschiebungen in den hörbaren Bereich, Verlagerung des Taupunktes vom äußeren in den inneren Bereich der Außenwand bzw. allgemein die Veränderung der hygrothermischen Zustände in der Außenwand sowie Wärmebrücken, die nur mit erhöhtem Aufwand zu beherrschen sind, wie z.B. die Anschlüsse der Innen- an die Außenwände.

Dennoch ist eine Innendämmung in manchen Fällen erforderlich, speziell bei der thermischen Sanierung von denkmalgeschützten Fassaden. Häufige Anwendung findet die Innendämmung auch bei nur gelegentlich beheizten Räumen, aufgrund der kürzeren Aufheizzeit. Darüber hinaus bietet die Innendämmung die Möglichkeit einer schrittweisen Sanierung ohne Zusatzkosten (z.B. Gerüst) [WTA Merkblatt, 2009].

### 3.1.2. Lösungsansätze

Vor der Planung und Ausführung einer Innendämmung muss eine gründliche Bestandsaufnahme stehen. Erster Schritt ist eine Begehung vor Ort, um sich ein detailliertes Bild von der bauphysikalischen Gesamtsituation machen zu können. Neben dem allgemeinen Zustand der Bestandskonstruktion sind der Feuchtezustand der relevanten Bauteile (Schlagregenbelastung und weitere Feuchtebelastungen wie z.B. aufsteigende Feuchte) sowie die raumklimatischen Belastungen zu erfassen.

Sind Balkenköpfe vorhandener Tramdecken oder ähnliche feuchtetechnisch kritische Punkte vorhanden oder zu erwarten, sollte jedenfalls auch eine – zumindest stichprobenartige – Öffnung und Überprüfung dieser Stellen erfolgen. Nur so kann eine verlässliche Aussage über den Ist-Zustand getroffen werden auf deren Basis die Innendämmungsmaßnahmen festgelegt werden [WTA Merkblatt, 2009].

Grundsätzlich stehen folgende Innendämmungssysteme zur Verfügung [M. Getz, 2005]:

- Dampfdiffusionsdichte Systeme;
- Dämmsysteme mit Dampfbremse/feuchteadaptiver Dampfbremse;
- Dampfdiffusionsoffene und kapillaraktive Systeme.

Erfahrungsgemäß haben sich kapillaraktive bzw. diffusionsoffene Systeme als praxistauglich bewährt. Zu den dampfdiffusionsoffenen Systemen zählen z.B. Kalziumsilikatplatten, Dämmputze, Schilfrohrplatten mit Lehmputz oder Mineralschaum-, Holzfasern- und Korkdämmplatten [R. Oswald, 2011]. Dampfdiffusionsoffene Systeme können in der Tauperiode Feuchtigkeit aufnehmen und speichern. Bei den kapillaraktiven Systemen wird das Tauwasser in die Verdunstungszonen transportiert und somit zu hohe Feuchtigkeitsgehalte vermieden.

Für Innendämm-Materialien sind die Diffusionsoffenheit und insbesondere die kapillare Leitfähigkeit von größter Bedeutung. Somit kann Feuchtigkeit, die einerseits durch Regenbelastung und unzureichenden Witterungsschutz der äußeren Putzschichten und andererseits durch Kondensation an der Trennschicht von Innendämmung und Wandbildner auftritt, rasch abgeleitet werden.

Durch die beiden genannten Eigenschaften kann die in die Konstruktion eingedrungene Feuchte nicht nur nach außen, sondern

auch nach innen transportiert werden, ohne durch eine Dampfbremse oder -sperre behindert zu werden. Zusätzlich verringert die Feuchtebewegung den Wasserdampfdruck und somit auch die Wahrscheinlichkeit von Kondensation [C. Hecht, 2001].

Trotz der positiven Eigenschaften von kapillaraktiver Innendämmungen sei darauf hingewiesen, dass dieses System nicht grundsätzlich als tauglich anzusehen sind, sondern deren Einsatzmöglichkeit immer anhand des konkreten Bauvorhabens untersucht werden muss.

### 3.1.3. Anwendung in der Praxis

Bei dem im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ umgesetzten Demonstrationsgebäude Kaiserstraße wurde eine Detailanalyse des Gebäudes sowie der Möglichkeiten für eine Innendämmung durchgeführt [H. Schöberl et al., 2011]. Das Objekt unterliegt dem Denkmalschutz und wird zukünftig als Wohngebäude und teilweise als Verwaltungsgebäude genutzt. In jenen Bereichen, wo im Zuge der thermischen Sanierung eine Innendämmung ausgeführt wird, gibt es zwei Deckentypen: Dippelbaumdecke und Tramtraversendecke.

Da bei einer Innendämmung die Gefahr einer Schädigung des Auflagerbereichs der Dippelbaumdecke und des Streichtrams bei der Tramtraversendecke mit steigender Dämmdicke zunimmt, ist das Hauptziel des Nachweisverfahrens die Ermittlung der maximal zulässigen Innendämmdicke sowie der erforderlichen Zusatzmaßnahmen (insbesondere Wärmebrückendämmung, Hydrophobierung der Fassade, etwaiger Wärmeenergieeintrag zu Balkenköpfen, Verringerung von Wärmebrücken durch entsprechende „Kragen- oder Halsdämmungen“) ohne eine Schädigung zufolge kumulierender Feuchte befürchten zu müssen.

Die hygrothermischen Simulationsberechnungen wurden mit der Software HAM4D\_VIE, die am Institut für Hochbau und Technologie – Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz der TU Wien entwickelt wurde, durchgeführt. Dieses Programm löst numerisch, unter Berücksichtigung vorgegebener Randbedingungen, die Gleichungen des gekoppelten Wärme-, Feuchte- und Lufttransports in porösen Baustoffen [P. Wegerer, 2010].

Für die Simulation wurden Klimadaten von Wien und ein sinusförmiges Innenklima angesetzt, das eine relative Luftfeuchte von 55% im Winter aufweist. Zwar ist aufgrund der kontrollierten Lüftungsanlage – die im Zuge der Gesamtsanierung nachgerüstet wird – davon auszugehen, dass die relative Luftfeuchte im Realbetrieb geringer ist. In den dynamischen Simulationsberechnungen hat sich aber gezeigt, dass die relative Luftfeuchte einen sehr hohen Einfluss auf die Tauglichkeit der Konstruktion hat. Aus diesem Grund wird unter Berücksichtigung von etwaigen Nutzungsänderungen oder Nutzerfehlerverhalten ein auf der sicheren Seite liegendes Innenklima gewählt.

Zur Berechnung müssen jeder Schicht Materialdaten mit den thermischen und hygrischen Eigenschaften zugewiesen werden. Sie wurden hauptsächlich aus der MASEA Datenbank entnommen, einer Materialdatensammlung für die energetische Altbausanierung, zur Verfügung gestellt vom Fraunhofer Institut. Für die Analysen wurde die Fassade, die Bereiche mit Riemchen und Außenputz aufweist, als saniert mit einer flächendeckenden Hydrophobierung zur Reduktion des Wasseraufnahmekoeffizienten, angenommen. Weiters wird die Innendämmung direkt auf den im Bestand vorhandenen Innenputz aufgebracht, eventuell vorhandene Tapeten o.Ä. müssen entfernt werden, da sie den Flüssigkeitstransport unterbrechen würden und keinen ausreichenden Haftgrund für die vollflächig mit Ansetzbinder applizierte Innendämmung darstellen würden. Im Bereich der Zwischendecken und zwischen den Traversen wird keine Innendämmung ausgeführt. Diese bewusste Wärmebrücke trägt dazu

bei, eine ausreichend hohe Wärmemenge zu den kritischen Deckenauflagerpunkten und den direkt an der Außenwand liegenden Streichbalken zu leiten.

Am Beispiel der Tram-Traversen-Decke wurden an 10 maßgeblichen Punkten Lufttemperatur und relative Luftfeuchte für ein kapillaraktives Innendämmsystem mit Kalziumsilikatplatte ausgewertet (siehe Abb. 6 und Abb. 7).

Die Punkte 1, 3 und 8 liegen im Innenputz 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. Am 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 maximale Dämmstärke wird daher auf 2,5 cm begrenzt. Die Temperaturschwankung in diesem Punkt beträgt 11,7°C.

Nach den Auswertungen von HAM4D\_VIE besteht bei 2,5 cm Innendämmung für keinen der betrachteten Punkte Schimmelgefahr. Selbiges gilt für die Konstruktion mit Dippelbaumdecke. Wird bei gleichen Randbedingungen eine Konstruktion mit 5 cm Innendämmung analysiert, so ergibt sich in den kritischen Punkten eine relative Feuchte von 100% über die Dauer von 2 Monaten in der kalten Jahreszeit.

Sensitivitätsanalysen bei Betrachtung des homogenen Bauteilaufbaus und unter Annahme von 40% relativer Feuchte des Innenraumklimas zeigen, dass bei den gewählten Annahmen 5 cm Innendämmung möglich sind. Darüber hinaus wurden Berech-

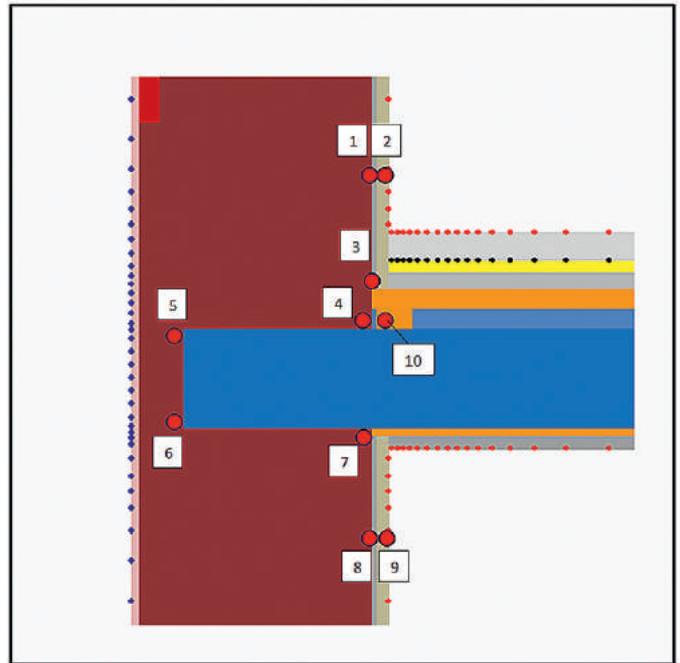
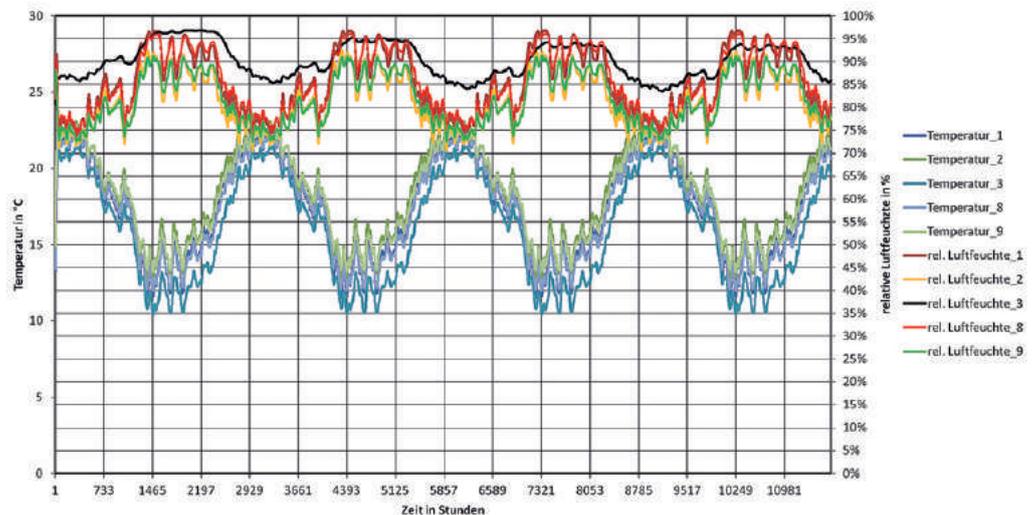


Abb. 6: Tramtraversenanschluss: Maßgebliche Punkte Tramtraversenanschluss bei der hygrothermischen Simulationsberechnung, Schnitt durch den Steg des I-Trägers in HAM4D\_VIE (Quelle: Schöberl et al., 2011)

Fig. 6: Connection cross beam: Relevant points for hygrothermal simulation with HAM4D\_VIE (Source: Schöberl et al., 2011)

Abb. 7: Tramtraversenanschluss: Verlauf von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte der Punkte 1, 2, 3, 8 und 9 berechnet mit HAM4D\_VIE

(Quelle: Schöberl et al., 2011)  
Fig. 7: Connection cross beam: Characteristics of air temperature and air moisture for the metering points 1, 2, 3, 8 and 9 calculated with HAM4D\_VIE  
(Source: Schöberl et al., 2011)



nungen von Produktherstellern durchgeführt die Konstruktionen mit 8 cm Innendämmung ohne eine Schädigung der Bausubstanz versprechen.

Für den Bauherrn stellt sich hier die Frage, welches Nachweisverfahren bildet die Realität am verlässlichsten ab und welche Lösung garantiert eine langfristige Schadensfreiheit. Diese Frage kann auf Basis des derzeitigen Stands der Technik und aufgrund der unterschiedlichen Rechenverfahren nur bedingt beantwortet werden.

Beim Objekt Kaiserstraße entschied sich der Bauherr unter Gewährleistung des Herstellers für 5 cm kapillaraktive Mineral-

schaum-Dämmplatten (weisen gleiche Materialeigenschaften wie Kalziumsilikatplatten auf), da im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ das Feuchteverhalten der Konstruktion detailliert überwacht wird (siehe Abb. 8). Neben dem im Rahmen des Leitprojekts obligatorischen Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring werden in der Kaiserstraße auch Temperatur- und Feuchteverlauf einzelner Konstruktionspunkte aufgezeichnet und überwacht. Die Erkenntnisse über das Bauteilverhalten fließen wiederum in die Weiterentwicklung der Software HAM4D\_VIE ein, um zukünftigen Bauherrn noch verlässlichere Aussagen zur Bauteilsicherheit einer Konstruktion geben zu können.



Abb. 8: Demonstrationsprojekt Kaiserstraße: Ausführung der Innendämmung (Foto: Kronreif\_Trimmel & Partner)

Fig. 8: Pilot Project Kaiserstraße: Construction internal insulation (Photo: Kronreif\_Trimmel & Partner)

### 3.2. Lüftung

#### 3.2.1. Aufgabenstellung

Der Luftaustausch zwischen Innen- und Außenluft ist erforderlich, um den Innenraum mit Frischluft zu versorgen und um Geruchsstoffe, Schadstoffe, Wasserdampf und ausgeatmetes CO<sub>2</sub> abzutransportieren. Die geforderte Luftwechselrate kann durch Fensterlüftung oder durch den Betrieb einer mechanischen Lüftungsanlage erreicht werden.

Die Festlegung eines Mindestluftwechsels erfolgt mit dem Ziel, Gefahren für Mensch und Bausubstanz zu vermeiden. Dementsprechend sind sowohl gesundheitsschädigende Raumluftzustände, als auch Tauwasser- bzw. Schimmelpilzbildung zu vermeiden. Es kann zwischen einem Mindestluftwechsel hinsichtlich bauphysikalischer Notwendigkeit und einem Bedarfsluftwechsel für einen raumluftthygienischen Komfort unterschieden werden. Der Bedarfsluftwechsel liegt im Regelfall geringfügig höher als der bauphysikalisch notwendige Mindestluftwechsel.

Aus Normen und Untersuchungen lässt sich ableiten, dass eine anhaltende Überschreitung der relativen Luftfeuchte von 80% an der Bauteiloberfläche über 5 Tage ein unzulässig starkes Schimmelwachstum hervorrufen kann. Bei hoher Raumluftfeuchte und geringem Luftwechsel kann es vermehrt zu Schimmelwachstum kommen. Ein erhöhter thermischer Standard der Gebäudehülle wirkt sich aufgrund der höheren Oberflächentemperatur der Bauteile positiv auf die Vermeidung von Schimmelwachstum aus. Die langfristige Vermeidung von Schimmelschäden kann jedoch nur durch ausreichenden Luftwechsel gewährleistet werden. Die bauphysikalisch notwendige Luftwechselrate liegt im Bereich 0,2 bis 0,6 pro Stunde.

Ein ausreichender Luftwechsel tritt bei historischen Gebäuden häufig durch natürliche Lüftung aufgrund von undichten Kastenfenstern auf, von einem kontrollierten Luftwechsel kann hier jedoch nicht gesprochen werden. Durch Luftundichtheiten in der Gebäudehülle sind – abhängig von verschiedenen Faktoren wie lokalen und saisonalen Witterungsverhältnissen (Wind, Sommer/Winter, ...) und der Lage der Fenster – minimale Luftwechselraten nahe Null bis zum mehrfachen Austausch des Raum-

luftvolumens pro Stunde möglich. So kann zwar einerseits eine kontinuierliche Abfuhr der überschüssigen Luftfeuchtigkeit und Luftschadstoffe gewährleistet werden kann, jedoch andererseits ein nicht mehr vertretbarer Energieverlust mit dem unkontrollierten Luftwechsel verbunden sein.

Bei der thermischen Gebäudesanierung wird durch Fenstertausch und Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle automatisch die Luftdichtheit verbessert und der unkontrollierte Luftaustausch reduziert. Zur sicheren Vermeidung von Schimmelschäden wird daher eine aktive Lüftung bei erhöhtem Baustandard tendenziell zu einem Muss.

Der real auftretende Luftwechsel bei Fensterlüftung wird individuell von den Bewohnern gewählt, so dass für sie eine behagliche Raumluftqualität vorherrscht. Das Lüftungsverhalten hängt erfahrungsgemäß von unterschiedlichen Parametern wie Außenklima, Tageszeit, Jahreszeit, Wohnungsgröße und Wohnungsbelegungsdichte ab. Der tatsächliche Luftwechsel kann nicht „verordnet“ werden und weicht in vielen Fällen sehr stark von den Mindestanforderungen zur Schimmelvermeidung ab. Bei 5-10 Minuten Stoßlüftung kann der Raumluftinhalt einmal vollständig ausgetauscht werden. Um einen 0,33-fachen Luftwechsel zu erreichen, müssten demnach mindestens alle drei Stunden die Fenster geöffnet werden, auch in der Nacht. Erfolgen zwei Stoßlüftungen am Tag, so sind dies zwei Luftwechsel auf 24h oder ein durchschnittlicher Luftwechsel von weniger als 0,1 h<sup>-1</sup> [PHI]. Gleich wie beim natürlichen Luftaustausch durch Undichtheiten kann reine Fensterlüftung einerseits zu einem unbehaglichen Raumklima und andererseits zu erhöhten Energieverlusten führen.

Darüber hinaus kann durch unkontrollierten Luftaustausch aufgrund von Undichtheiten in der Gebäudehülle oder Fensterlüftung keine hygienische Mindestversorgung mit Frischluft gewährleistet werden. Zu geringe Versorgung der Innenräume mit Frischluft wirkt sich negativ auf Raumluftqualität bzw. Behaglichkeit aus.

#### 3.2.2. Lösungsansätze

Der Einbau einer mechanischen Wohnraumlüftung stellt eine mögliche Lösung der dargestellten Problematik dar. Durch eine mechanische Lüftungsanlage kann ein komfortables und hygienisch einwandfreies Innenraumklima aufgrund eines kontinuierlichen, bedarfsgeregelten Luftwechsels und durch eine effiziente Wärmerückgewinnung eine Reduktion von Lüftungswärmeverlusten gewährleistet werden. Dem gegenüber stehen jedoch der Platzbedarf bzw. der technische Aufwand, um die Lüftungsanlage in ein bestehendes Gebäude zu integrieren, der Bedarf an elektrischem Strom für den Antrieb der Lüftungsanlage sowie die laufenden Wartungserfordernisse.

Dennoch stellt die Installation einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung eine wesentliche Komponente zur Gewährleistung der langfristigen Bauteilsicherheit und zur Erreichung eines zeitgemäßen Wohnstandards bei der Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes dar.

Neben der zentralen Komfortlüftung gibt es noch eine Reihe an semi-zentralen, dezentralen oder raumweisen Lösungen zur mechanischen Belüftung von Räumen. Unterschiedliche Systemvarianten mit ihren Vor- und Nachteilen wurden anhand einer Machbarkeitsstudie für das „Gründerzeit mit Zukunft“ Demonstrationsgebäude Wißgrillgasse analysiert [B. Jörg et al., 2011].

Bei semi-zentralen bzw. zentralen Komfortlüftungsanlagen erfolgt die Filterung der Außenluft und effiziente Wärmerückgewinnung aus der Abluft zentral für das gesamte Objekt. Die individuelle Regelung der Luftmenge erfolgt bei semizentralen Anlagen jedoch durch dezentrale Stützventilatoren je Wohnein-

heit, welche z.B. durch Luftqualitätsfühler gesteuert werden. Hierdurch lassen sich die individuell benötigten Luftmengen je Wohneinheit sehr genau erreichen. Bei zentralen Anlagen wird die individuelle Luftmenge für jede Wohneinheit mittel Volumenstromklappen gesteuert. Vorteil der semi-zentralen Lösung ist, dass hier der zentrale Ventilator kleiner dimensioniert werden kann, da dieser durch wohnungsweise Ventilatoren unterstützt wird. Durch die wohnungsweisen Ventilatoren entfallen die bei zentralen Anlagen eingesetzten Volumenstromregler, wodurch die Drosselverluste wesentlich geringer ausfallen, was sich in geringerem Stromverbrauch niederschlägt. Nachteilig zeigt sich bei zentralen Anlagen die aufwändige Integration in das Bestandsgebäude aufgrund des nötigen Platzbedarfs verursacht durch Leitungsführung und Geräteaufstellung z.B. im Keller oder am Dach.

Bei dezentralen Systemen wird für die jeweilige Bestandswohnung ein Kompaktlüftungsgerät vorgesehen. Die Außenluft kann pro Wohneinheit direkt von außen angesaugt werden, oder über einen zentralen Außenluftschaft. Selbiges gilt für die Fortluftführung. Wohnungsweise Lüftungsgeräte sind zwar einfacher in ein Bestandsgebäude zu integrieren, aufgrund der Anzahl der Einzelgeräte ergeben sich für das gesamte Objekt betrachtet ein erhöhter Wartungs- und Instandhaltungsaufwand. Zudem sind bei individueller Außenluft- und Fortluftführung für jede Nutzungseinheit Durchdringungen der Gebäudehülle erforderlich, die wiederum Fehlerquellen hinsichtlich Wärmebrückenfreiheit und Luftdichtheit darstellen.

Einzelraum-Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung werden für jeden Raum separat installiert. Vorteil der Geräte ist neben den geringeren Investitionskosten die Stromeffizienz, da keine Druckverluste aufgrund der Leitungsführung zu überwinden sind. Jedoch sind Einzelraumgeräte hinsichtlich ihres max. Luftvolumenstroms beschränkt, dadurch müssen bei sehr großen Räumen gegebenenfalls mehrere Geräte pro Wohnraum installiert werden. Nachteilig erweisen sich bei diesem System der niedrige Wärmerückgewinnungsgrad, die meist schlechte Filterqualität, der hohe Wartungsaufwand aufgrund der Vielzahl an Geräten und darüber hinaus die erhöhte Lärmentwicklung direkt im Wohnraum.

### 3.2.3. Anwendung in der Praxis

Welches Lüftungskonzept aus Sicht eines Bauträgers oder Eigentümers für das jeweilige Gebäude am geeignetsten ist, sollte durch eine möglichst objektive Bewertung und Abwägung der relevanten Entscheidungskriterien erfolgen. Entscheidungskriterien für oder gegen ein Lüftungskonzept können unter anderem der nötige Platzbedarf, die Elektroeffizienz oder der Wärmerückgewinnungsgrad eines Geräts, die Bedienungs-freundlichkeit und Komfortparameter, Wartungserfordernisse sowie Investitionskosten und vor allem die Bauteilsicherheit durch kontrollierten Luftwechsel sein.

Dabei kann eine Nutzwertanalyse ein geeignetes Instrument zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei mehreren Alternativen darstellen. Vorteil der Nutzwertanalyse ist die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsfindung. Darüber hinaus können durch diese Methode Kriterien, die auf den ersten Blick nicht unbedingt vergleichbar sind, in eine vergleichbare Form gebracht werden.

## 3.3. Plus-Energie

### 3.3.1. Aufgabenstellung

Eine konsequente Weiterentwicklung von hocheffizienten Gebäuden stellen sogenannte Plusenergiegebäude dar. Dabei wird das Gebäude zum Kraftwerk. Die im Gebäude benötigte Energie wird vor Ort erzeugt. In der aktuellen Ausschreibung des For-

schungsprogramms Haus der Zukunft Plus sind Plusenergiegebäude folgendermaßen definiert: „Unter „Plusenergiegebäude“ wird ein Gebäude verstanden, dessen jährlicher Primärenergieverbrauch vor dem Hintergrund höchster Energieeffizienz unter der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie liegt. Unter „vor Ort“ wird innerhalb der Grenzen der Siedlung oder des Gebäudes bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft verstanden“.

Eine einheitliche Definition des Begriffs Plusenergiegebäude liegt derzeit jedoch nicht vor. Zudem gibt es ähnlich gelagerte Gebäudekonzepte und Ansätze, deren Unterscheidung zum Plusenergiegebäude weitgehend unklar ist wie zum Beispiel Netto-Nullenergie-Haus, Energie-Plus Haus, CO<sub>2</sub>-neutrales Haus, Nullemissionshaus, Energieautonomes Gebäude, Energieautarkes Gebäude, Sonnenhaus oder Solaraktivhaus, u.ä. [A.J. Marszala, 2010].

Die zu den unterschiedlichen Gebäudekonzepten vorliegenden Forschungsarbeiten behandeln vor allem, welche Systemgrenzen (Gebäude, Grundstück, Siedlung) beim jeweiligen Gebäudestandard einzuhalten sind, welche Bilanzierungsverfahren (Nutzenergie, Endenergie, Primärenergie) anzuwenden sind und in welchem Bilanzierungszeitraum (Jahresbilanz, Monatsbilanz, Stundenbilanz) das Plus an Energie vorliegen muss. Ausgehend von diesen strategischen Entscheidungen folgen viele technische Fragestellungen (Effizienztechnologien, Speichertechnologien, Energieerzeugungsanlagen, Gebäudeintegration) die gelöst werden müssen, um einen Plusenergiestandard realisieren zu können. Nicht zu Letzt müssen die genannten Aspekte einer ökonomischen Analyse unterzogen werden, um das optimale Gebäudekonzept für die individuellen Anforderungen finden zu können.

Gegenwärtig befinden sich Plusenergiegebäude in der Demonstrationsphase, es ist jedoch zu erwarten, dass in den nächsten Jahren das Konzept der Plusenergiegebäude – zumindest in Teilbereichen – zunehmend vom Markt aufgegriffen wird.

### 3.3.2. Lösungsansätze

Für Bauherren, Planer und Ausführende stellt es vor allem bei der Sanierung eine große Herausforderung dar, den Standard eines Plusenergiegebäudes in der Baupraxis zu erreichen. Eine Umsetzung gestaltet sich als schwierig und/oder kostspielig, wenn der Plusenergiestandard nicht bereits von Beginn des Planungsprozesses in die ersten Überlegungen integriert wird. Die nachträgliche Verbesserung der thermischen Qualität des Gebäudes und die Integration erneuerbarer Energien in einer späteren Planungsphase führen zu suboptimalen technischen und in der Regel nicht kosteneffizienten Lösungen.

Das Energiekonzept als zentrales Element muss daher von den frühesten Planungsphasen an mitentwickelt werden. Ausgehend von Energie-Bedarfsberechnungen, muss geprüft werden, wie der Plusenergiestandard technisch und wirtschaftlich am besten umsetzbar ist.

Im Vordergrund des Plusenergie-Konzepts steht eine radikale Reduktion des Energiebedarfs durch Optimierung der Energieeffizienz des Gebäudes (z.B. im Sinne des Passivhauskonzepts unter Nutzung der passiven Solareinträge). Intelligente Strategien zur natürlichen Belichtung durch Tageslichtlenkung, kontrollierten Belüftung oder natürliche Nachtlüftung zur Kühlung des Gebäudes leisten einen wesentlichen Beitrag. Eine weitere konsequente Reduktion des Energiebedarfs muss durch den Einsatz hocheffizienter Gebäudetechnik, Beleuchtung und Verbrauchsgeräte des Nutzers gewährleistet sein. Der Einfluss des Nutzerverhaltens muss bereits in der Planung berücksichtigt werden. Ein zusätzliches Maßnahmenpaket betrifft die Integration von erneuerbaren Energieträgern in das Plusenergie-Konzept. Dabei spielen intelligente Regelungstechnik und Lastmanagement zunehmende eine Rolle [R. Bointner et al., 2012].

3.3.3. Anwendung in der Praxis

Am Beispiel des Gründerzeithauses Lerchenfelder Gürtel 1 (siehe Abb. 9) in Wien, wurde im Zuge einer Machbarkeitsstudie die Möglichkeit der Realisierung des Plusenergie-Standards geprüft [U. Schneider et al., 2011]. In der Studie sollte eruiert werden, ob es trotz schwieriger Randbedingungen wie der dichten Verbauung der innerstädtischen Lage (GFZ = 4,30) und der daraus resultierenden Beschattung möglich ist, für das Gebäude Plus-Energie-Standard zu erreichen. Zusätzlich wurde die Untersuchung auf einen fiktiven, urbanen Standort unterschiedlicher Orientierung ausgedehnt um allgemeinere Ergebnisse zur Frage: „ist Plusenergiestandard in dicht bebauten Gründerzeitvierteln möglich?“ zu erhalten.

Das typische Gründerzeithaus mit 4 Geschossen weist Bauklasse III und IV auf und hat damit, wie die meisten Häuser dieser Art in zentraler Lage noch ein Aufstockungspotenzial für 1–2 Dachgeschosse. Aus einem zuvor erstellten Sanierungskonzept geht hervor, dass mit einer effizienten Sanierungsmaßnahmen und dem Dachgeschoßausbau der Passivhausstandard zu erreichen ist. Wird die Straßenfassade aus Gründen des Ensembleschutzes nicht gedämmt, so ist dennoch ein Niedrigstenergiehausstandard möglich [U. Schneider et al., 2008].

Neben der thermischen Qualität der Gebäudehülle wird dem Objekt ein entsprechendes Nutzerverhalten für Gastronomie, Büro- sowie Wohnnutzung und hocheffiziente Geräteausstattung zur Kalkulation eines realistischen Gesamtenergiebedarfs zu Grunde gelegt. Im weiteren Schritt wurden Ertragsimulationen unterschiedlicher Varianten der Einbindung von Photovoltaik dem jährlichen Primärenergiebedarf des Gebäudes inkl. aller Nutzungen gegenübergestellt und die mögliche Deckung bilanziert.

In der vorliegenden Studie wurde die Relevanz der Dachfläche für den maximalen PV Ertrag nachgewiesen. Dachflächen weisen die geringste Anfälligkeit hinsichtlich Verschattungen durch Nachbargebäude auf und können relativ vollflächig mit PV Modulen flacher Neigung belegt werden. Bei flachen Neigungen bis 15° spielt die Orientierung wenig Rolle, sodass auch Nordorientierungen hinsichtlich der Lageeffizienz zugelassen werden können.

Es wurde klar herausgearbeitet, dass eine Variante mit dem Konzept der geknickten Dachflächen, die auf Flächenmaximierung setzt, gegenüber einer Variante mit klassischer Aufständering und kompletter vertikaler Fassadenbelegung nicht nur gestalterisch, sondern auch bezüglich des Ertrages bessere Werte aufweist. (13% mehr Ertrag bei 7,5% weniger Modulfläche). Dieser Unterschied wird noch verstärkt, wenn man das Beispielgebäude in einen anderen Kontext mit höherer Verschattung und/oder schlechterer Orientierung setzt.

Es konnte nachgewiesen werden, dass bei geschicktem Architektorentwurf nicht nur ausreichend Fläche für PV-Nutzung zur Erreichung des Plusenergiestandard zur Verfügung steht, sondern zusätzlich noch alle Dachwohnungen mit Terrassen ausgestattet werden können und eine Gemeinschaftsdachterrasse ausgebildet werden kann.

Für dieses typische Gründerzeithaus mit relativ kleinen Wohnungen (dadurch eher höherer Stromverbrauch), Büros mit relativ hoher Belegungsdichte (13 m<sup>2</sup>/Person) und einem Cafebetrieb in EG und UG kann der gesamte Primärenergiebedarf (Wärme und Strom) bilanziert über ein Jahr durch den auf der eigenen Gebäudehülle zur Verfügung gestellten PV-Strom gedeckt werden. In der Primärenergiebilanz wirkt sich die angenommene Fernwärmeversorgung von Gründerzeitvierteln aufgrund ihres günstigen Konversionsfaktors sehr wesentlich aus. Obwohl bei ungedämmter Straßenfassade der Heizwärmebedarf im Bereich von 25 kWh/m<sup>2</sup>\*a BGF bleibt, kann auch bei dieser Variante der

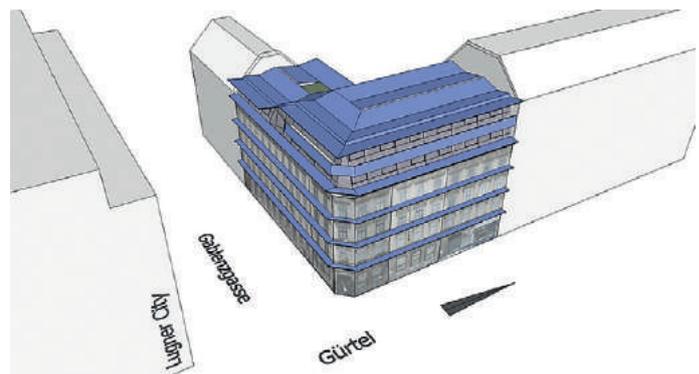


Abb. 9: Variantenstudie Plusenergiehaus: Optimierung Dachfläche für Photovoltaik (Quelle: U. Schneider et al., 2011)

Fig. 9: Feasibility study plus-energy-building: Optimisation of roof surface area for photovoltaic system (Source: U. Schneider et al., 2011)

gesamte Jahresenergiebedarf mit dem auf der Gebäudehülle produzierten PV-Strom primärenergetisch substituiert werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in dicht verbauten urbanen Bereichen (E + 5) mit primärenergetisch günstiger Versorgung durch umweltfreundlich erzeugte Fernwärme gründerzeitliche Wohn- bzw. Bürohäuser selbst in ungünstig orientierten Lagen die gesamte im Gebäude erforderliche Energie auf der Hülle bereitzustellen in der Lage sind, dies unter Beibehalten der gründerzeitlichen Fassade und trotz großzügiger Terrassenflächen auf dem Dach.

3.4. Monitoring

Um Aussagen über die tatsächliche Performance des Gebäudes und der einzelnen eingesetzten Technologien treffen zu können, müssen Gebäude einem technischen Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring unterzogen werden. Neben der Messung von Energieverbräuchen und Komfortparametern können im Zuge eines umfassenden Monitorings auch die Nutzerzufriedenheit und die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen evaluiert werden.

Aus Bauträger- und Eigentümersicht stellt das Monitoring ein wichtiges Instrument der Qualitätssicherung mit vielfachem Nutzen dar. Neben der höheren Sicherheit bei Inbetriebnahme und Abnahme des Gebäudes führt die laufende Optimierung der Betriebsführung zu einer Reduktion der Betriebskosten, was die Vermietbarkeit des Gebäudes verbessert. Darüber hinaus fließen die Lernerfahrungen und Erkenntnisse über das Verhalten des Gebäudes direkt in zukünftige Projekte ein.

Im Zuge des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“ erfolgt die Dokumentation und das begleitende Monitoring der Best Practice Beispiele über einen Zeitraum von zwei Jahren. In den einzelnen Demonstrationsprojekten werden erstmals hoch innovative Sanierungsmaßnahmen auf gründerzeitliche Gebäude angewendet und einer intensiven Begleitforschung unterworfen, die folgende Dimensionen umfasst:

- Dokumentation der umgesetzten technischen Sanierungsmaßnahmen, insbesondere der innovativen Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Haustechnik
- Dokumentation der Kosten der innovativen Sanierungsmaßnahmen für Investition und im laufenden Betrieb
- Monitoring der Energieverbräuche und zentraler Komfortparameter über zwei Jahre inkl. Auswertung und Optimierung der Betriebsführung
- Sozialwissenschaftliche Begleitung durch Bewohnerbefragung (Zufriedenheit mit der Sanierung, insbes. mit den umgesetzten innovativen Maßnahmen)

- Zertifizierung nach dem Gebäudebewertungssystem TQB
- Zusammenfassende Auswertung und Darstellung der Ergebnisse, Schlussfolgerungen hinsichtlich Weiterentwicklung der Wohnbauförderung

#### 4. Schluss

Anhand von mehreren Demonstrationsprojekten in Wien wird gezeigt, dass für die hoch innovative Modernisierung von Gründerzeitgebäuden praxistaugliche technische Lösungen zur Verfügung stehen. Damit können zeitgemäße und hochwertige Sanierungen umgesetzt werden. Ein detailliertes Monitoring hinsichtlich Energieverbrauch, Komfortparameter, Kosten und Praxistauglichkeit der eingesetzten Komponenten bildet die Basis für die laufende umfassende Evaluierung der Projekte.

#### Literatur

- [1] R. Bointner et al., 2012; Bointner et al.: Gebäudeintegration – Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung, Haus der Zukunft, 2012
- [2] M. Getz, 2005; Getz, M.: Problematik der Innendämmung von Außenwandmauerwerk mit festen Dämmstoffen, Diplomarbeit TU Wien, 2005
- [3] C. Hecht, 2001; Hecht, C.: Bauphysikalische Bewertung ausgewählter Sanierungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Paraffinen und kapillar leitfähigen Dämmstoffen, TU Wien, 2001
- [4] B. Jörg et al., 2011; Jörg, B.; Rammerstorfer, J.: Lüftungsanlagen in Gründerzeitgebäuden – Machbarkeitsstudie im Rahmen des Leitprojekts „Gründerzeit mit Zukunft“, 2011
- [5] A.J. Marszala, 2010; Marszala, A.J.; Heiselberg, P.; Bourrelle, J.S.; Musall, E.; Voss, K.; Sartori, I.; Napolitano, A.: Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies, Energy and Buildings, 2010
- [6] R. Oswald 2011; Oswald, R.; Zöllner, M.; Liebert, G.; Sous, S.: Energetisch optimierte – Baupraktische Detaillösungen für Innendämmungen unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung von April 2009, Fraunhofer IRB-Verlag, 2011

- [7] PHI; Passivhaus Institut Darmstadt; [http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus\\_D/Lueftung\\_Ergaenzungen.html](http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Lueftung_Ergaenzungen.html)
- [8] U. Schneider et al., 2008; Schneider, U. et al.: Machbarkeitsstudie zur Verbesserung der Wohnqualität mit Passivhauskomponenten am Beispiel des Wohnhauses Lerchenfelder Gürtel 1, 2008.
- [9] U. Schneider et al., 2011; Schneider, U.; Zelger, T.; Böck, M.; Holweck, A.: Weidinger Plus – Machbarkeitsstudie Plusenergiestandard für das Gründerzeithaus Cafe Weidinger, 2011
- [10] H. Schöberl et al., 2011; Schöberl, H.; Lang, C.; Hofer, R.: Thermische Sanierung von Gründerzeitgebäuden – Machbarkeitsstudie Innendämmung, 2011
- [11] P. Wegerer, 2010; Wegerer, P.: Beurteilung von Innendämmsystemen – Langzeitmessung und hygrothermische Simulation am Beispiel einer Innendämmung aus Schilfdämmplatten, Diplomarbeit TU Wien, 2010
- [12] WTA Merkblatt, 2009; WTA Merkblatt 6-4: „Innendämmung nach WTA – Planungsleitfaden“, Fraunhofer IRB-Verlag, Ausgabe: 05.2009/D

Dipl.-Ing. Walter Hüttler  
e7 Energie Markt Analyse GmbH  
Theresianumgasse 7/1/8, A-1040 Wien  
[www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rammerstorfer  
e7 Energie Markt Analyse GmbH  
Theresianumgasse 7/1/8, A-1040 Wien  
[www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)

Arch. Dipl.-Ing. Ursula Schneider  
pos architekten ZT-KEG  
Maria Treu Gasse 3/15, A-1080 Wien  
[www.pos-architecture.com](http://www.pos-architecture.com)

Bmst. Dipl.-Ing. Helmut Schöberl  
Schöberl & Pöll GmbH  
Lassallestraße 2/6-8, A-1020 Wien  
[www.schoeberlpoell.at](http://www.schoeberlpoell.at)

## Multipor Mineraldämmplatten in der Innendämmung

Ideal für bauphysikalisch optimale Lösungen  
bei der Innendämmung von Außenwänden

- homogen
- hoch wärmedämmend
- nicht brennbar
- diffusionsoffen
- umweltfreundlich: natureplus-zertifiziert
- feuchteregulierend, keine Dampfsperre erforderlich
- schnell, einfach und ausführungssicher verlegt



## YTONG ist für Sie durchs Feuer gegangen – und dabei ganz cool geblieben!

YTONG-Brandwand  
Verbundstein 24 cm  
unverputzt REI-M 90

YTONG-Zwischenwand  
Verbundstein 10 cm  
unverputzt EI 180

YTONG zur Brandabschottung  
Planstein 7,5 cm  
unverputzt EI 90

