

Thermische und raumklimatische Sanierung durch Passivhausfenster und Lüftungsanlage im Geschosswohnungsbau

**Endbericht
F 1487**

Fördernehmer:
Schöberl & Pöll OEG
Ybbsstraße 6/30, 1020 Wien
tel.: 01/726 45 66
fax.: 01/726 45 66-18
e-mail: office@schoeberlpoell.at

Autoren:
DI Helmut Schöberl
DI Christoph Lang
Radoslav Hanic

Gefördert aus den Mitteln des
Bundesministeriums für Wirtschaft,
Familie und Jugend – BMWFJ



Wien, Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangspunkte	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Problemstellung	3
1.3	Aufgabenstellung	4
1.4	Arbeitsschritte	4
2	Komponenten für die Passivhaussanierung	6
3	Projekt Belghofergasse	8
3.1	Ausgangssituation/Projektbeschreibung	8
3.1.1	Eckdaten	8
3.1.2	Fotos	8
3.1.3	Pläne	11
3.2	Bestandsaufnahme Haustechnik	16
3.3	THEWOSAN	16
3.4	Haustechnikplanung	19
3.4.1	Grundsätzliches	19
3.4.2	Lüftungskonzept	19
3.4.3	Fernwärme	20
3.5	Detailplanung Fenster	20
3.6	Flachdach und Dachgeschoss-Außenwände	21
3.7	Variantenberechnung (Vergleich konventionelle und Passivhausfenster/Lüftungsanlagen-Sanierung)	21
3.8	Ausschreibung	27
3.9	Luftdichtheit	27
3.10	Projektabbruch der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten	28
4	Projekt Rankweil-Übersaxnerstraße	28
4.1	Ausgangssituation/Projektbeschreibung	29
4.1.1	Gebäudekenndaten	29
4.1.2	Fotos	29
4.1.3	Sanierungsmaßnahmen	29
5	Projekt Jean-Paul-Platz (Nürnberg)	30
6	Auswertung des Heizwärmebedarfs	31
7	Feststellung der Sanierungskosten	32
8	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	35
	Ergänzende Literatur	36
	Abbildungsverzeichnis	38
	Tabellenverzeichnis	38
	Anhang	39

1 Ausgangspunkte

1.1 Einleitung

Eines der größten Energieeinsparpotenziale liegt im Gebäudebestand. Der größte Energieverlust des Gebäudebestands erfolgt, wie in Tabelle 1 ersichtlich, durch die Lüftung. Die Energieverluste durch die Lüftung sind im Gegensatz zur Außenwand in einigen Bauepochen sogar signifikant höher. Die weiteren, hier nicht angeführten Wärmeverluste, entstehen durch Transmission an Kellerdecke, Dach und Fenster.

	Jahrhundertwende	20er Jahre	50er Jahre	60er Jahre	Plattenbau
Lüftung	40 %	27 %	20 %	22 %	38 %
Wand	16 %	24 %	16 %	22 %	15 %

Tabelle 1: Typische Energieverluste der Wand und der Lüftung verschiedener Bauepochen [Wuppertal IKUE]

Die klassische Sanierung erfolgt im Prinzip durch Erhöhung des Dämmstandards und Austausch der Fenster und zieht oft hygienische Probleme wie Schimmelpilzbildung nach sich.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll gezeigt werden, dass durch Verwendung von Passivhauskomponenten, im konkreten Fall Passivhaus-Fenster in Kombination mit einer Passivhaus-Lüftungsanlage, auch weitere Sanierungsmöglichkeiten mit hohen Heizwärmebedarfseinsparungen bei gleichzeitiger Verbesserung der Raumluftqualität möglich werden. Zweifellos ist eine umfassende Sanierung inklusive Dämmung der Außenhülle der im Weiteren vorgestellten Sanierungsvariante vorzuziehen, doch gibt es Rahmenbedingungen, wie beispielsweise denkmalgeschützte Fassaden, wo eine thermische Sanierung der Fassade nur unter sehr hohem Aufwand, bzw. überhaupt nicht möglich ist und somit nach anderen Wegen zur Energieeinsparung gesucht werden muss.

Wie Kapitel 1.4 „Arbeitsschritte“ zu entnehmen ist, wurde das Bauvorhaben leider nicht wie geplant und ausgeschrieben umgesetzt, was zur Folge hat, dass in diesem Bericht, entgegen dem ursprünglichen Vorhaben, keine Beschreibungen der Ausführungsphase und Erfahrungsberichte über die tatsächliche Umsetzung der geplanten Sanierungsvariante enthalten sind.

1.2 Problemstellung

Die klassische Sanierung erfolgt im Prinzip durch Erhöhung des Dämmstandards und Austausch der Fenster, was folgende Probleme nach sich zieht:

- Erhöhtes Risiko für Schimmelbildung.
- De-facto-Verschlechterung der raumklimatischen und hygienischen Zustände der Wohnungen.
- Un-Kompatibilität zu hinkünftigen Entwicklungen in der Sanierung, da diese bei einem weiteren Sanierungsschritt oft wieder entfernt werden müssen, bzw. nicht darauf aufgebaut werden kann.
- Kein Einsatz von wesentlich energieeffizienteren Passivhauskomponenten.

- Fast keine Sanierung von mehrgeschossigen Häusern mit Eigentumswohnungen, da für eine Fassadensanierung die Mehrheit der Eigentümer zustimmen muss.
- Keine Sanierung denkmalgeschützter Fassaden. Beispielsweise ein Drittel des gesamten Wiener Gebäudebestands stammt aus der Zeit von 1848 bis 1918.

1.3 Aufgabenstellung

Eine Sanierung fast ausschließlich durch Einsatz von Passivhausfenster und einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung soll auf ihre Machbarkeit am Pilotprojekt Belghofergasse 1120 Wien überprüft werden. Hierbei soll die Planung und Ausführung begleitet, analysiert und forschungsmäßig unterstützt werden. Die Ergebnisse insbesondere der Kostenfeststellung werden ausgewertet und ausführlich dokumentiert.

1.4 Arbeitsschritte

Die Arbeitsschritte gliedern sich analog zur Planung und Ausführung des Sanierungsvorhabens Belghofergasse.

Unter „Standardplanung“ werden jene Bereiche die nichts mit dem Forschungsprojekt bzw. -ansatz zu tun haben z.B. Elektroteigleitungen verstanden. „Forschung“ beinhaltet beispielsweise die Bereiche Passivhausfenster, etc.

Da das Bauvorhaben nicht wie geplant und ausgeschrieben umgesetzt werden wird, veranschaulicht die letzte Spalte der nachfolgenden Tabelle, welche Arbeitsschritte abgeschlossen wurden.

Arbeitsschritte	Standardplanung Bereiche: Flach- u. Blechdachsanierung, Fassadenbeschichtung, Steigleitungen Elektro, Stiegenhausmalerei, Spengler Fenster, Regenrinne, Eingangs- portal, Allf., Lift	Forschung Bereiche: Passiv- hausfenster, Lüftungsanlage, Luftdichtheit	Abgeschlossen
1. Planung			
Bestandsaufnahme Haustechnik	nein	ja	ja
Ansuchen um THEWOSAN-Förderung	ja	ja	ja
Haustechnikplanung	nein ¹	ja	ja
Detailplanung Fenster	ja ²	ja	ja
Variantenberechnung	nein	ja	ja
Ausschreibung	ja	ja	ja
Luftdichtheit	nein	ja	ja
2. Durchführung			
Bauaufsicht/Baubetreuung/Abrechnung	ja	vorgesehen	nein
Bauaufsicht Haustechnik	nein	vorgesehen	nein
MieterInneninformation	nein	vorgesehen	nein
3. Auswertung, Kostenfeststellung und Dokumentation			
Auswertungen	nein	ja	ja
Kostenfeststellung	nein	ja	ja
Erfahrungsberichte	nein	vorgesehen	nein
Dokumentation (Endbericht)	nein	ja	ja

Tabelle 2: Arbeitsschritte des Forschungsvorhabens „Thermische und raumklimatische Sanierung durch Passivhausfenster und Lüftungsanlage im Geschosswohnungsbau“ und der Sanierung Belghofergasse

Detaillierte Beschreibung der ausgeführten Arbeitsschritte

1. Planung

- Bestandsaufnahme Haustechnik und örtliche Möglichkeiten künftiger Haustechnik
- Haustechnikplanung (Lüftung) inkl. Haustechnikausschreibung, Abstimmung mit Fernwärme
- Detailplanung Fenster (Produktspezifikation, Einbauvarianten, Parapet, Luftdichtheit, ...)
- Variantenberechnungen
- Ausschreibungsteil Passivhausfenster inkl. Erstellung von Einbauvarianten und Planbeigaben
- Luftdichtheit Relevanz, Planung und allfällige Ausschreibung (z.B. Wohnungseingangstüren)

3. Auswertung, Kostenfeststellung und Dokumentation

- Auswertungen (Heizwärmebedarf vor und nach der Sanierung)
- Kostenfeststellung/Kostenanschlag gemäß ÖNORM B 1801-1
- Endbericht

¹ Die Planung der Elektrosteigleitungen als auch eines allfälligen Lifts wurde durch das Österreichische Siedlungswerk abgewickelt.

² Niedrigenergiefenster

2 Komponenten für die Passivhaussanierung

Einleitend werden folgend die möglichen Komponenten für die Passivhaus-Sanierung vorgestellt.

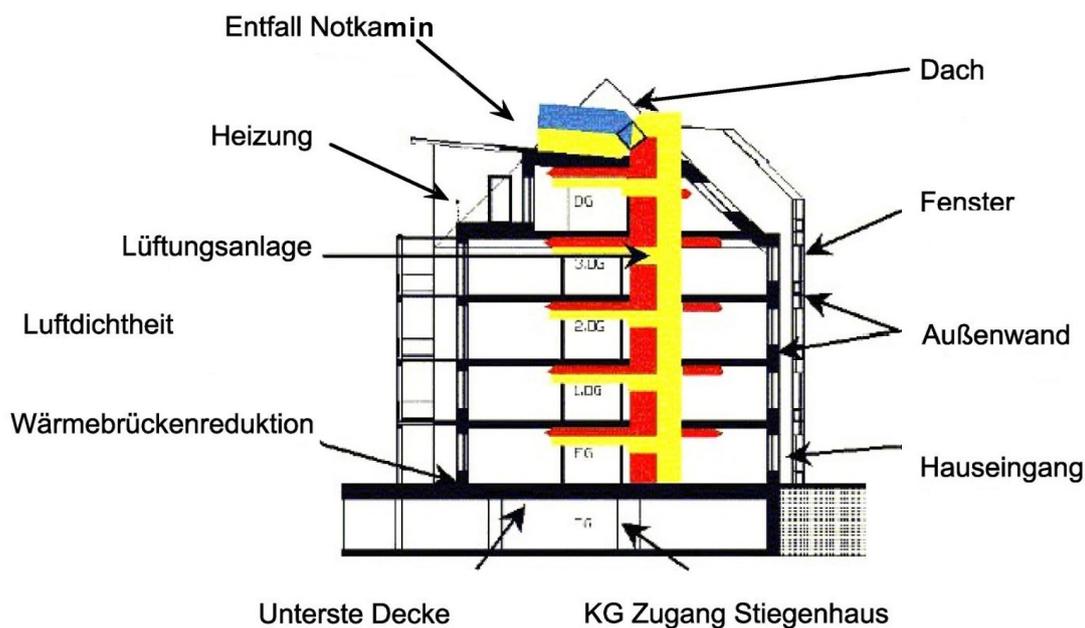


Abbildung 1: Komponenten für die Passivhaussanierung [Schöberl & Pöll OEG]

Die Passivhaus-Komponenten für die Sanierung sind im Wesentlichen mit jenen des Neubaus ident. Neben der Herstellung einer hochwärmedämmenden thermischen Gebäudehülle ist auch der Einbau einer besonders energieeffizienten Wohnraumlüftungsanlage mit hohem Wärmerückgewinnungsgrad als wesentliche Passivhaus-Komponente zu nennen. Um Disbalancen zu vermeiden und somit die optimale Funktion der Lüftungsanlage zu gewährleisten, sind die sorgfältige Einregulierung der Volumenströme und v. a. auch begleitende bauliche Maßnahmen zu Herstellung einer hohen Luftdichtheit der Gebäudehülle unablässig.

Die möglichen thermischen Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle umfassen, wie bei der konventionellen Sanierung, Außenwand, Fenster, Kellerdecke und Dach.

Soll ein Gebäude nach der Sanierung als zuluftbeheizbares Passivhaus gemäß Definition des Passivhaus Instituts Darmstadt funktionieren ($\text{HWB} \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$, $\text{HL} \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$)³, ist besonderes Augenmerk auf die Reduktion der Wärmebrücken zu legen. Die Erfahrungen im Neubau haben gezeigt, dass wärmebrückenarme Konstruktionen auch im Geschosswohnbau vielfach ohne nennenswerten Mehraufwand machbar sind, jedoch bereits während der Planung entsprechend berücksichtigt werden müssen (Bsp.: wärmebrückenarme Durchdringung der tragenden Wände durch die Kellerdeckendämmung; wärmebrückenfreie Attika, etc.). Da bei der Sanierung die für die wärmebrückenarme Konstruktion relevanten baulichen Gegebenheiten bereits vorhanden sind und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand

³ EBF...Energiebezugsfläche: Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der Wohnnutzfläche innerhalb der thermischen Hülle (ohne Loggien) und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle (Haustechnik, Keller, allgemeine Gangflächen,...) zusammen.

kaum verbessert werden können, sind die Wärmebrücken bestmöglich zu verringern bzw. durch Mehraufwand bei den flächenhaften Dämmungen zu kompensieren.

Beim vorliegenden Forschungsbericht wird speziell die Passivhauskomponenten-Sanierung mittels PH-Fenster und PH-Lüftungsanlage behandelt.

Zur Veranschaulichung folgt eine grafische Gegenüberstellung der Sanierung mit PH-Fenster und PH-Lüftungsanlage zu einer konventionellen Sanierung.

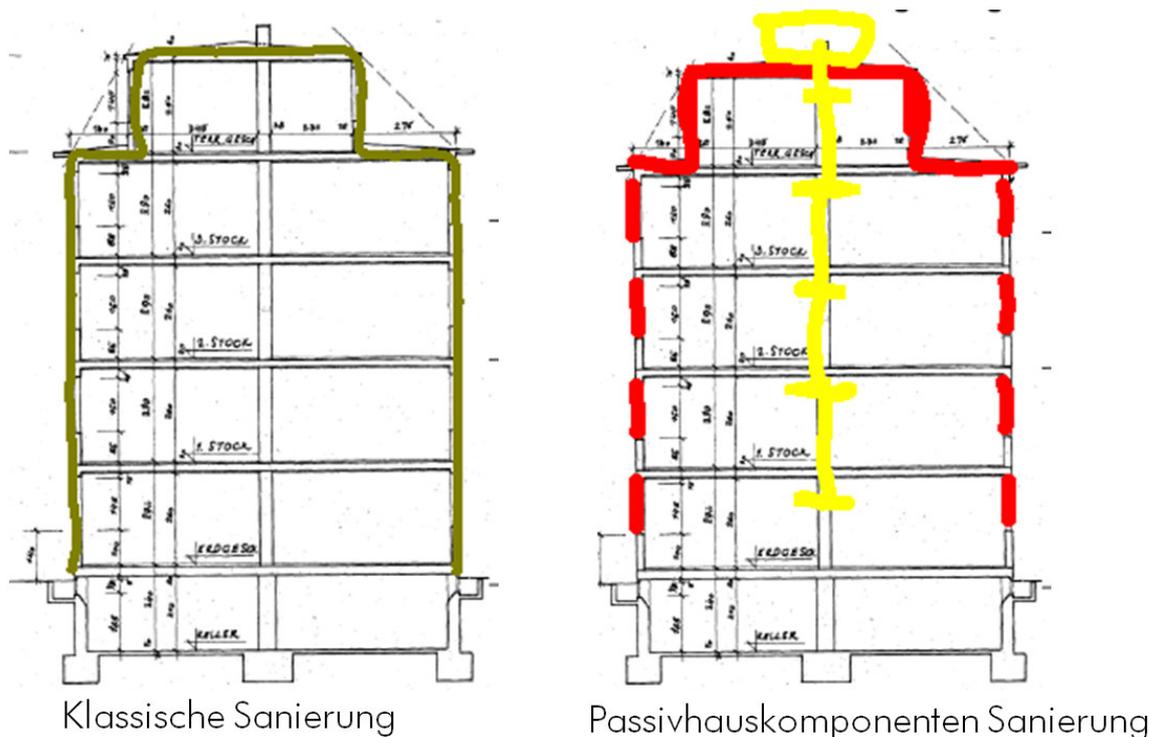


Abbildung 2: Gegenüberstellung von zwei Ansätzen [Schöberl & Pöll OEG]

Während bei der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten die oben genannten Maßnahmen zum Einsatz kommen können, werden bei der klassischen Sanierung meist nur die Außenwand- und Dachdämmungen sowie die Fenster erneuert. Ebenso kommt i.d.R. keine Wohnraumlüftungsanlage zur Ausführung. Diese Maßnahmen werden zwar auch bei der PH-Komponenten-Sanierung eingesetzt, der Unterschied liegt jedoch in der thermischen Qualität. Während bei der konventionellen Sanierung Außenwand-Dämmstärken von 10-15cm üblich sind, spricht man z.B. ab ca. 30cm von einer Passivhausdämmung. Konventionelle Fenster weisen U_w -Werte von ca. 1,3 bis bestenfalls 1,0 W/m^2K auf, wobei durchwegs 2-Scheiben-Verglasungen Verwendung finden. Bei der PH-Sanierung kommen 3-Scheibengläser mit gedämmten Rahmen zum Einsatz, deren U_w -Werte im Bereich von 0,8 W/m^2K und darunter liegen. Derartige Verglasungen können bei optimaler Orientierung und Verschattung sogar eine positive Energiebilanz aufweisen. Das bedeutet, über die Dauer der gesamten Heizperiode betrachtet überwiegen die solaren Gewinne über die Wärmeverluste.

3 Projekt Belghofergasse

3.1 Ausgangssituation/Projektbeschreibung

3.1.1 Eckdaten

Bauherr:	ÖSW - Österreichisches Siedlungswerk Gemeinnützige Wohnungsaktiengesellschaft
Baujahr:	1962
Wohnungen:	18
WNF:	844,76 m ²
BGF:	1.091,51 m ²
Umbauter Raum:	3.740,45 m ²
Verbaute Fläche:	230,03 m ²
Adresse:	1120 Wien, Belghofergasse 43, Schnellbahnstation Hetzendorf

3.1.2 Fotos



Abbildung 3: Fotos Belghofergasse – Ansichten [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]



Abbildung 4: Fotos Belghofergasse – Dach, Stiegenhaus [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]



Abbildung 5: Fotos Belghofergasse – Fenster [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]

3.1.3 Pläne

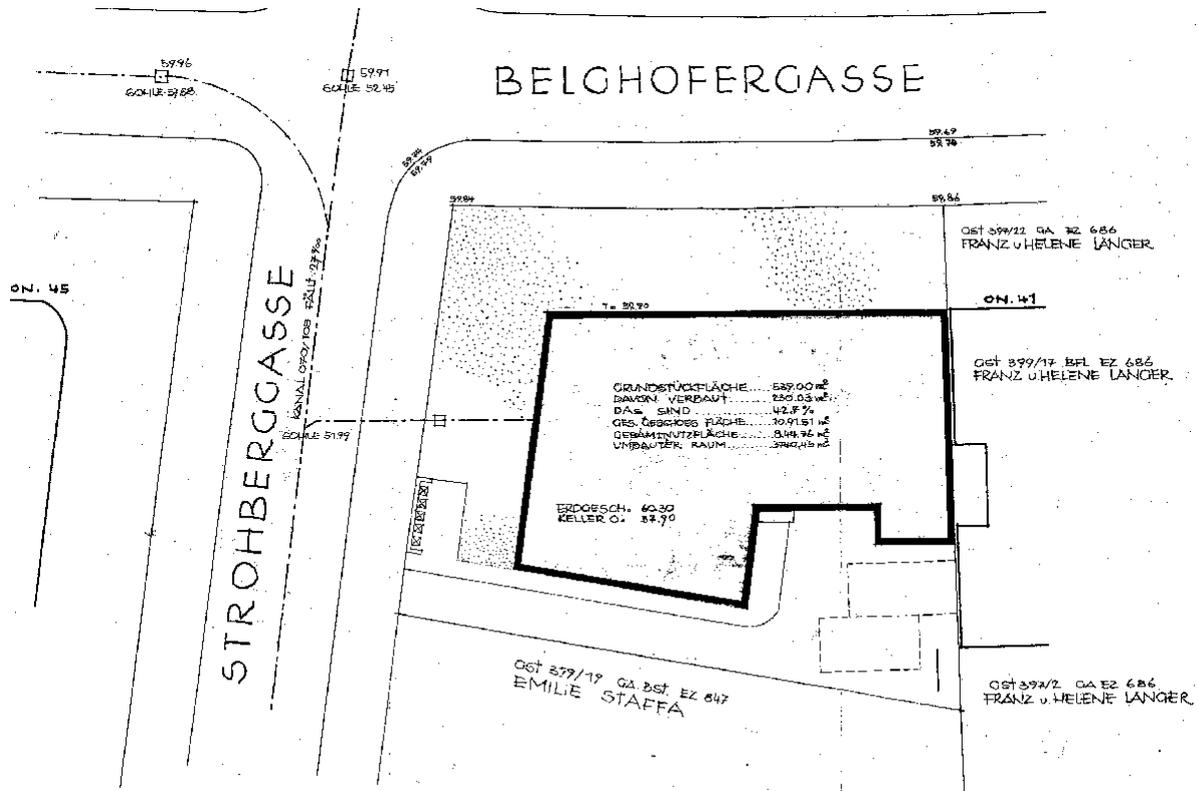


Abbildung 6: Lageplan Belghofergasse [Quelle unbekannt]

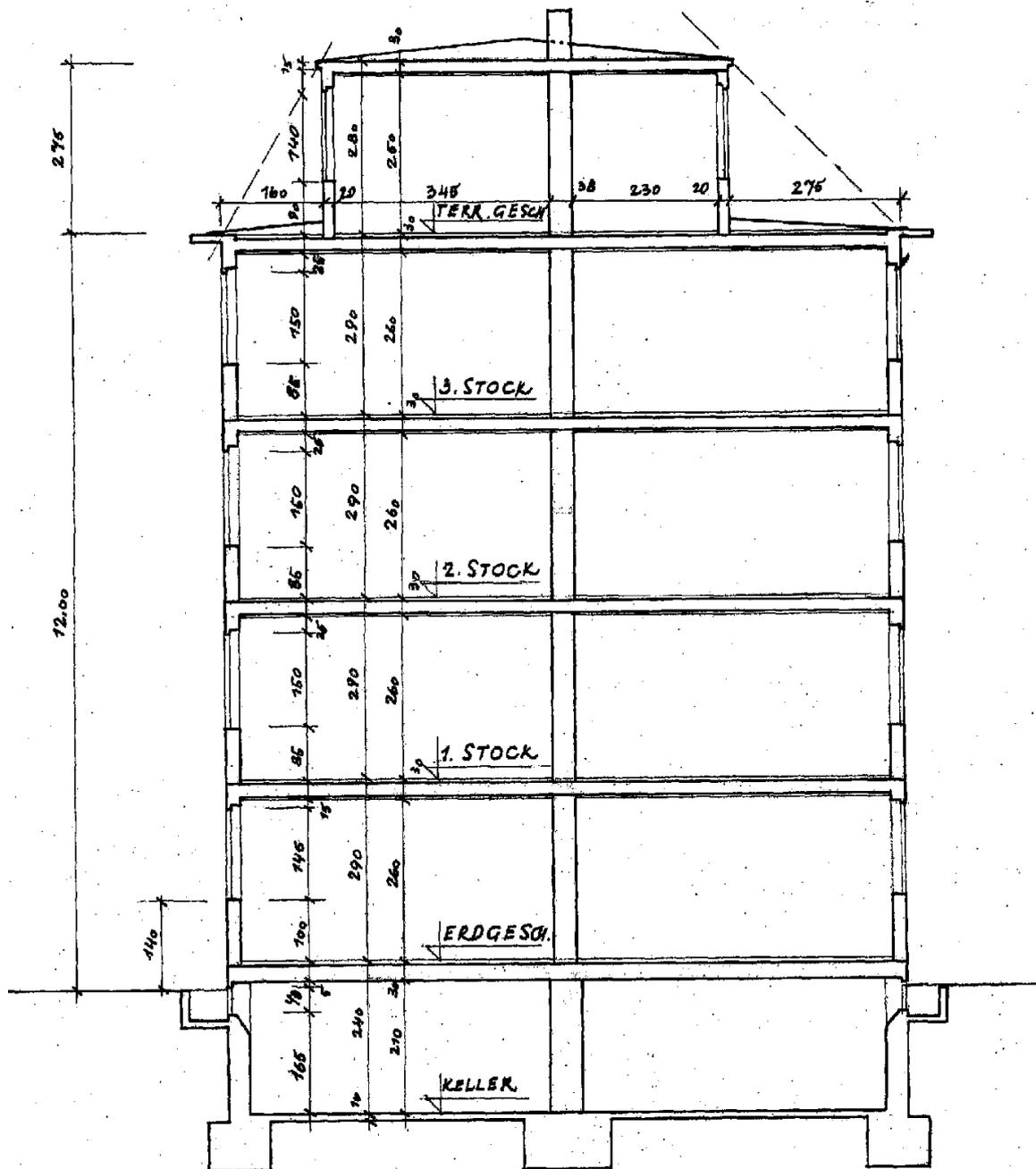


Abbildung 7: Bestandsschnitt Belghofergasse [Quelle unbekannt]

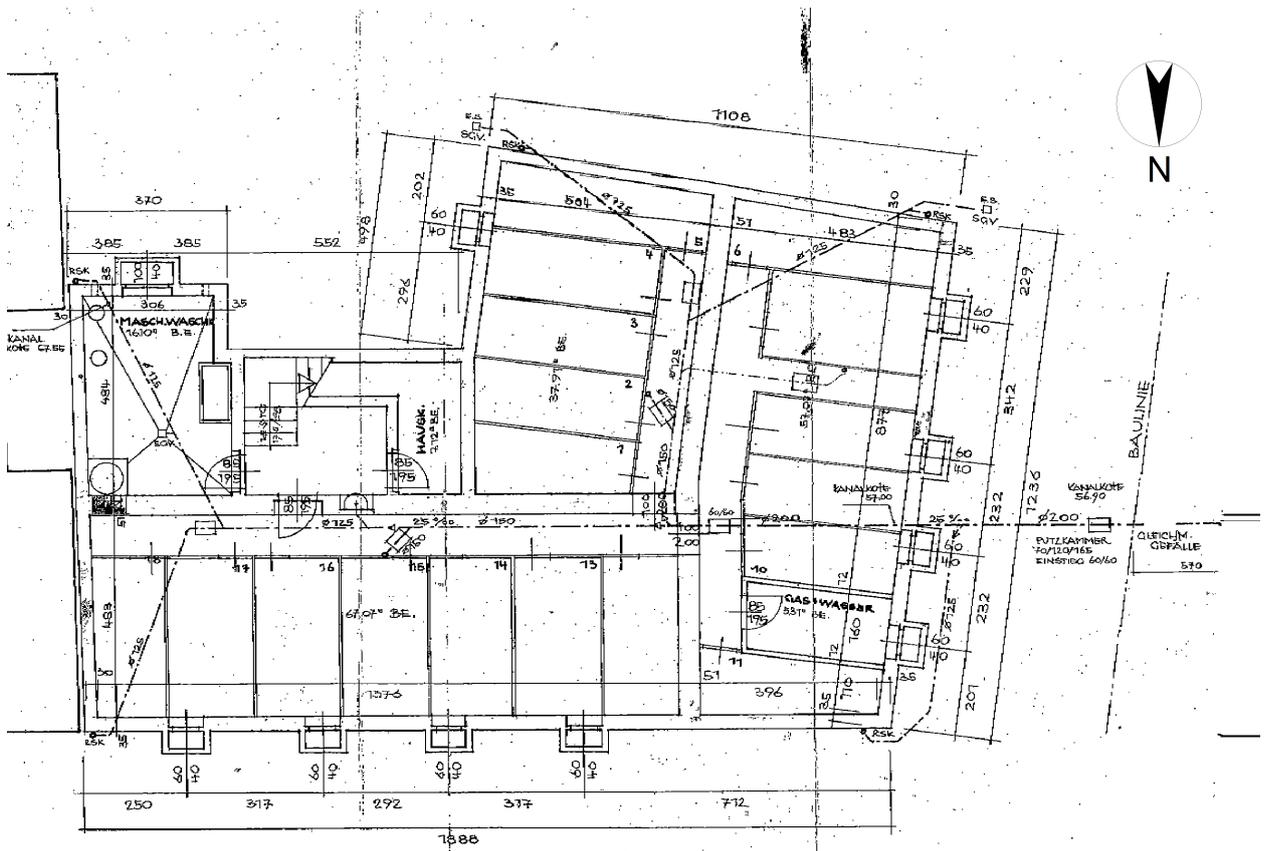


Abbildung 8: Bestandsgrundriss KG Belghofergasse [Quelle unbekannt]

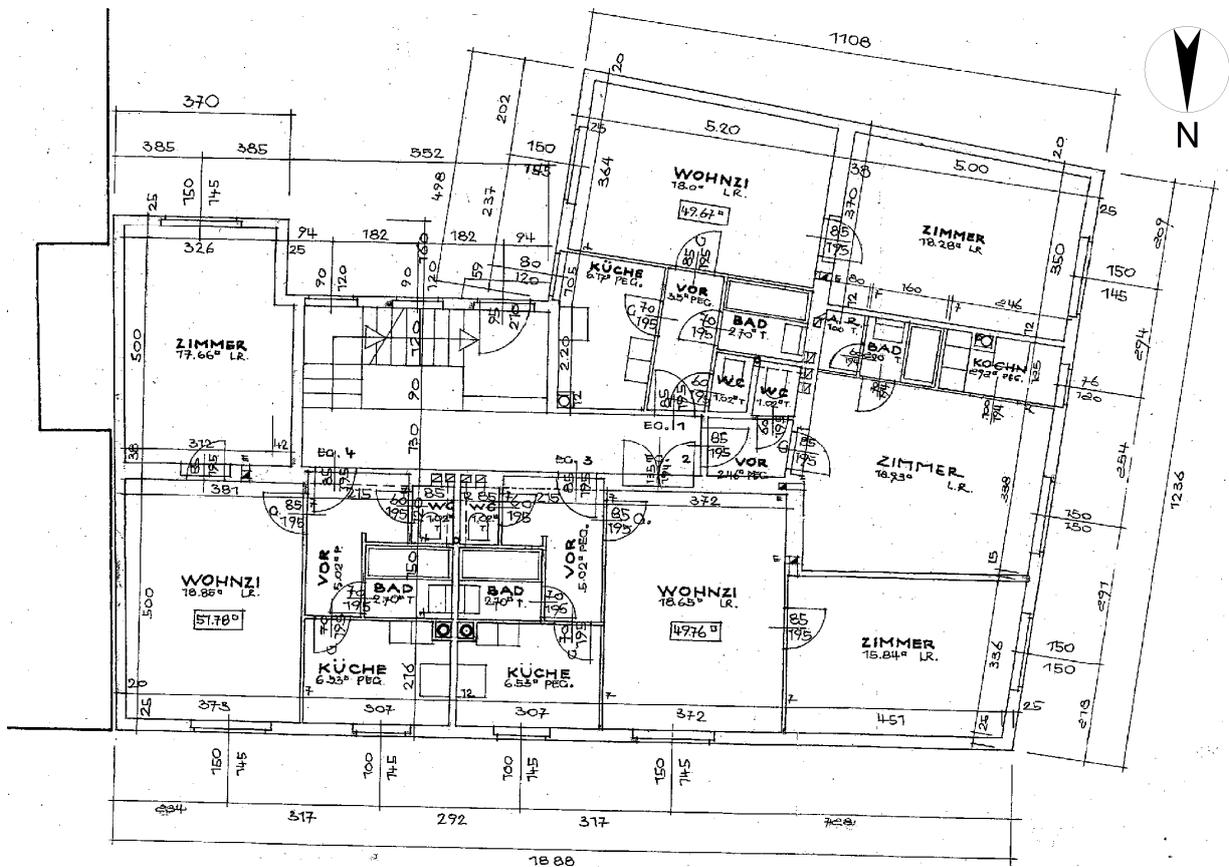


Abbildung 9: Bestandsgrundriss EG Belghofergasse [Quelle unbekannt]

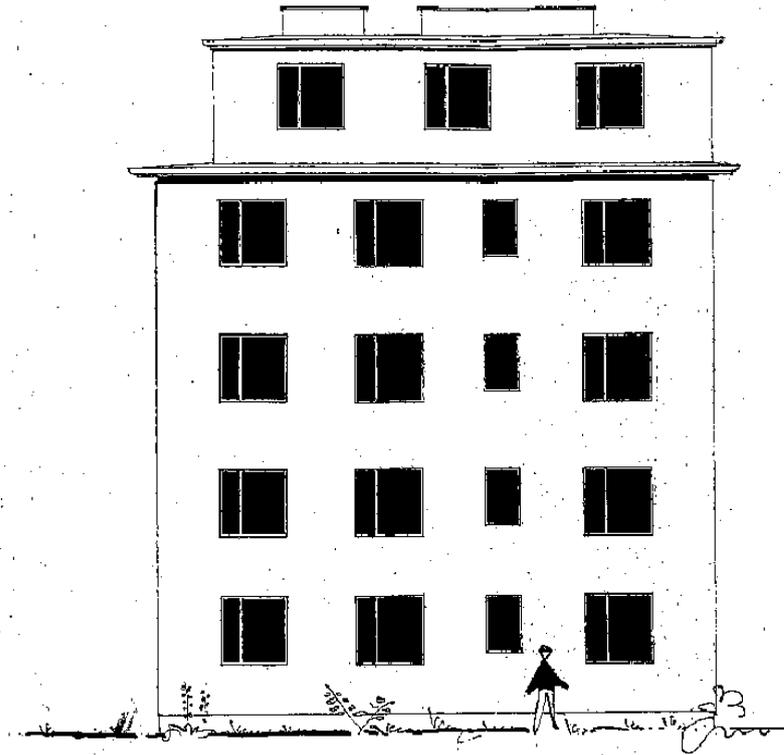


Abbildung 12: Bestandsansicht Strohberggasse [Quelle unbekannt]

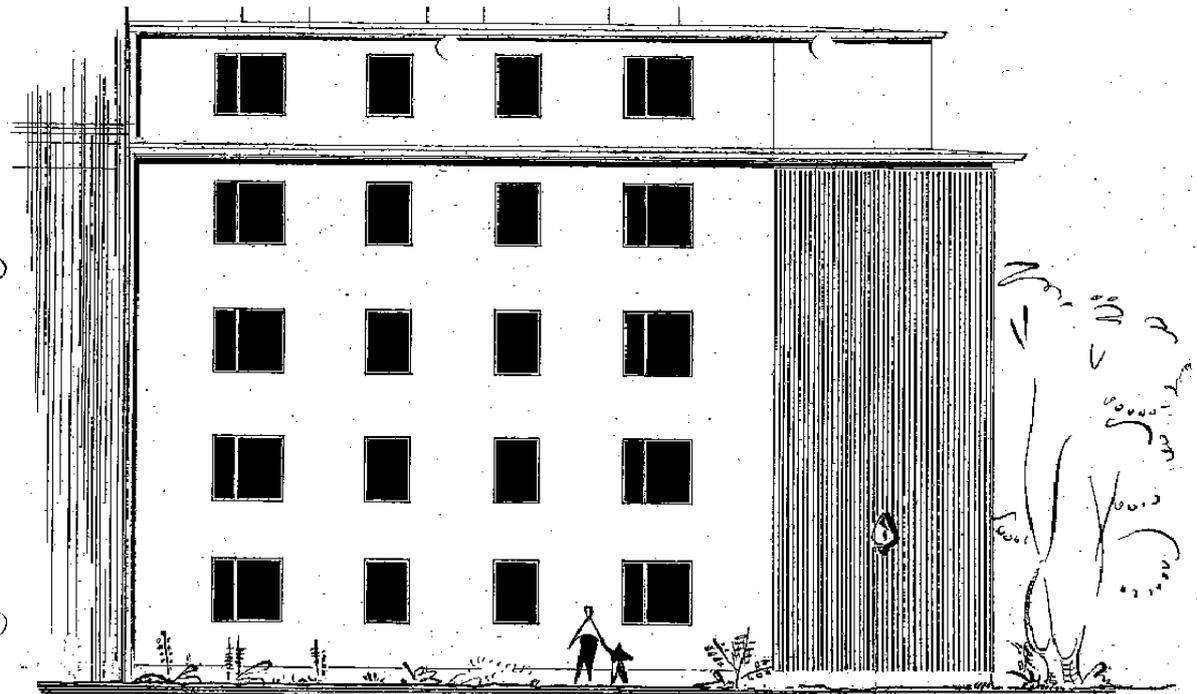


Abbildung 13: Bestandsansicht Belhofergasse [Quelle unbekannt]

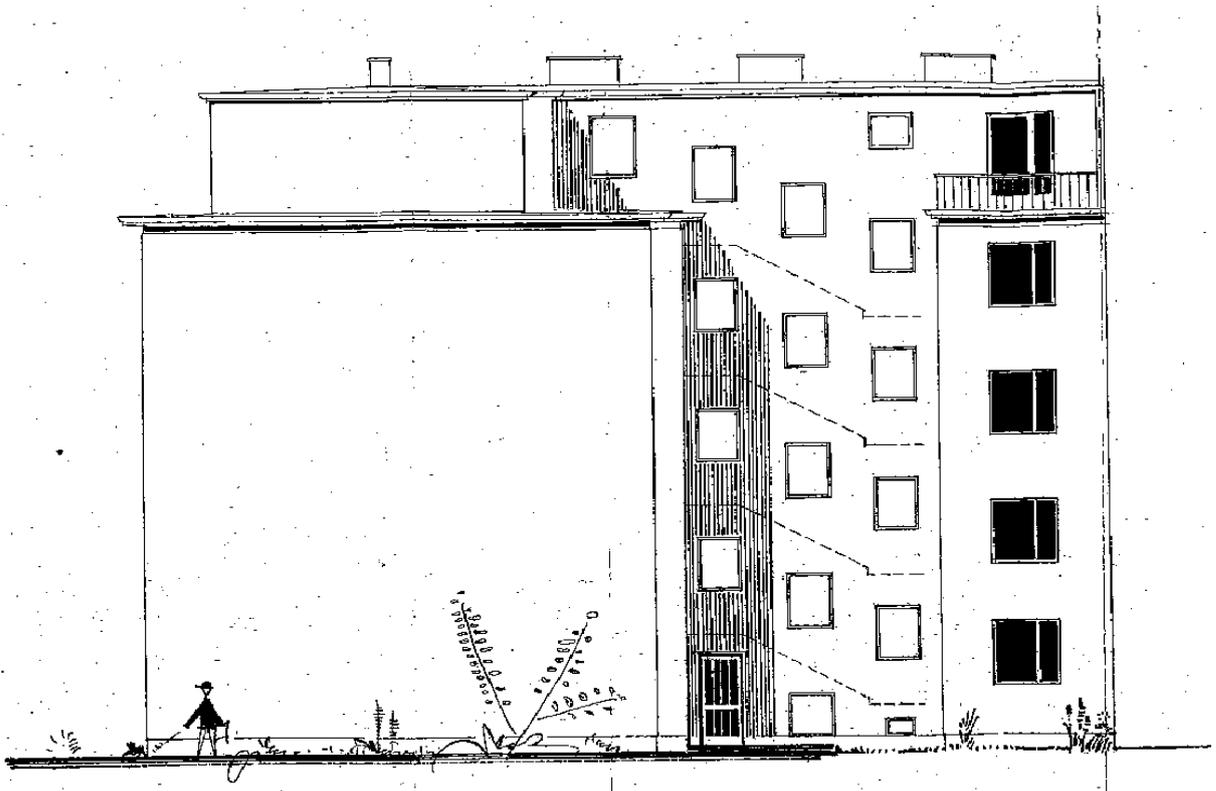


Abbildung 14: Bestandshofansicht [Quelle unbekannt]

3.2 Bestandsaufnahme Haustechnik

Die Bestandsaufnahme Belghofergasse 43 ist im Dezember 2005 erfolgt.

3.3 THEWOSAN

Die Einreichung umfasst gemäß Vorgaben des Wohnfonds_Wien folgende Punkte:

1. Förderungsansuchen
2. Grundbuchauszug
3. Topografie
4. Sanierungskonzept (s.o.) und Fotodokumentation
5. Kostenschätzung
6. Energiezahlenermittlung Bestand
7. Energiezahlenermittlung Modernisierung
8. Planunterlagen

Der positive Vorprüfbericht der Wohnbauförderstelle gemäß § 56 Abs.2 WWFSG 89 vom 3.7.2006 wurde von wohnfonds_wien am 5. Juli 2006 an den Förderwerber ÖSW übermittelt (siehe Anhang).

Es folgt eine Beschreibung des baulichen Bestandes und der geplanten Sanierungsmaßnahmen:

Gebäudekenndaten vor der Sanierung:

- Außenwände:
KG – Terrassengeschoss: Die Außenwände bestehen aus 25 bzw. 20 cm starkem Durisolmauerwerk. Innen ist ein ca. 1,5 cm starker Gipsputz aufgetragen, außen ein ca. 2,0 cm starker Kalkzementputz.
- Kellerdecke:
Diese besteht aus einer Rippendecke. Die Platte hat eine Dicke von ca. 8 cm, die Unterzüge haben eine Breite von 11 cm und eine Höhe von 16 cm. Der Achsabstand beträgt ungefähr 58 cm. Das Kellergeschoss ist unbeheizt.
- Dach:
Das Dach ist ein Stahlbetonflachdach mit einer bituminösen Abdichtung.
- Fenster:
Der überwiegende Teil der Fenster ist noch im Originalzustand. Diese Holzfenster haben eine Zweischeibenverbundverglasung.
- Stiegenhausverglasung und Hauseingangstür:
Die Stiegenhausverglasung besteht aus einzelnen Holzfenstern mit Zweischeibenverbundverglasung, die Stiegenhauseingangstüre besteht aus einem Metallrahmen mit einer Einfachverglasung aus Drahtglas.
- Wohnungseingangstüren:
Die Wohnungstüren sind mit Holztürläblättern ausgeführt.
- Beheizung:
Die Beheizung des Gebäudes erfolgt in den meisten Fällen mit Gaskonvektoren, ansonsten mit Gasetagenheizungen. Die Warmwasserversorgung erfolgt ebenfalls wohnungsweise.
- Lüftungssystem:
Die Lüftung erfolgt bisher als freie Lüftung mittels Lüftungsschächten in den fast ausschließlich innenliegenden Sanitärräumen (Bad, WC) sowie über die Fenster.

Thermisch-energetische Sanierungsmaßnahmen:

Bauliche Maßnahmen zur thermischen Verbesserung

- Außenwände:
Die vorhandenen Außenwände des Dachgeschosses erhalten ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit 30 cm starkem expandiertem Polystyrol. Die übrigen Außenwände erhalten ein WDVS mit 8 cm starkem expandiertem Polystyrol.
- Fenster:
Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzfenstern – sogenannten Passivhausfenstern. Der U-Wert dieser Fenster beträgt 0,8 W/m²K. Es sollen Holz/Alufenster der neuesten Generation zum Einsatz kommen. Ferner werden auch die Innen- und Außenfensterbänke

getauscht. Die Innenfensterbänke werden aus kunststoffbeschichteten Platten, die Außenfensterbänke aus Titan Zink ausgeführt.

- **Stiegenhausverglasung:**
Der Stiegenhausbereich befindet sich sowohl im IST-Stand als auch im SOLL-Stand im nicht beheizten Zustand. Um die thermischen Eigenschaften des Stiegenhauses als „Pufferraum“ zu verbessern und von einer alternativ angedachten Dämmung der an das Stiegenhaus angrenzenden Wohnungstrennwände absehen zu können, wird die Verglasung des Stiegenhauses ebenfalls maßgeblich verbessert (U-Wert 0,8 W/m²K).
- **Hauseingangstür:**
Die thermischen Eigenschaften der Hauseingangstür werden analog zur Stiegenhausverglasung verbessert. Es soll ein Alu-Portal mit Isolierverglasung eingebaut werden (U-Wert 1,5 W/m²K), welches auch wesentlich zur Verbesserung der Luftdichtheit des Stiegenhauses beitragen wird.
- **Wohnungseingangstüren:**
Die Wohnungseingangstüren werden, um ein einwandfreies Funktionieren der geregelten Wohnraumlüftung zu gewährleisten, im benötigten Ausmaß gegen In- und Exfiltration abgedichtet.
- **Flachdach DG:**
Im Bereich des Flachdaches wird im Zuge der Erneuerung der Feuchtigkeitsisolierung auch Wärmedämmung verlegt. Die Gesamtstärke der Wärmedämmung beträgt 40 cm EPS. Die Ausbildung erfolgt als Warmdach.
- **Flachdach 3.OG:**
Im Bereich der rückspringenden Vordächer (Blechdächer) wird ebenfalls eine 40 cm starke Wärmedämmung (EPS) aufgebracht. Die Ausbildung erfolgt wie oben. Die vorhandene Terrasse bleibt erhalten und erhält im Zuge der Sanierung 10 cm Wärmedämmung.
- **Weitere Baumaßnahmen:**
Sämtliche übrigen Arbeiten im Fassadenbereich, die zum Teil für die Herstellung der Fassadensanierung, bzw. -dämmung erforderlich sind, wie z.B. der Erneuerungsanstrich an den Kellerfenstern und die Adaptierung der Fenstergitter und Terrassengeländer, sowie die Erneuerung der Regenabfallrohre.

Anlagentechnische Maßnahmen und raumklimatische Verbesserungen

Im Zuge der Sanierung soll eine hocheffiziente Wohnraumlüftungsanlage errichtet werden.

Es wird von folgendem System ausgegangen:

- **Kontrollierte Wohnlüftung mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung.**
Wärmebereitstellungsgrad ca. 82%, geringe Stromaufnahme, spezifische, elektrische Leistungsaufnahme <0,4 Wh/m³.
- **Lüftung nach dem Querströmungsprinzip:** Zuluft wird in Wohn- und Schlafzimmer eingebracht, Abluft aus Küche, Bad und WC abgesaugt. Die Überströmung von Zuluftzonen zu Abluftzonen erfolgt über die Flure. Zwischen den Räumen müssen Überströmöffnungen (z.B. gekürztes Türblatt mit 15 mm Spaltbreite) vorhanden sein.

- Anlage mit zentralem Lüftungsgerät zur Außenaufstellung auf dem zu sanierenden Flachdach über dem Dachgeschoss.
- Erschließung der Geschosse über zentrale Lüftungsschächte im Stiegenhaus. Anschluss der Wohneinheiten je Geschoss über Lüftungsrohre Unterkante Decke (UKD) bis zur Wohnungstrennwand im Stiegenhaus. Verzug der Zuluft- und Abluftleitungen in den Wohnungen im Flur unter der Decke. Mit Kernlochbohrungen werden die Räume erschlossen. Abluft- und Zuluftventile werden an den Innenwänden montiert. Zuluftrohre in der Raumecke der Durchgangszimmer könnten in Trockenbauweise zu verkleiden werden.
- Die Lüftungsanlage kann stufenweise in die Wohnungen eingebaut werden. Je nach Vermietungssituation werden die Zu- und Abluftrohre bis in den Flur nach der Wohnungstrennwand gebaut und stillgelegt. Bei einem Mieterwechsel kann die Lüftungsinstallation fortgesetzt und in Betrieb genommen werden.
- Eine besondere Situation stellen auch diverse Wand- und Oberschränke der MieterInnen dar, die eine Rohrmontage in die Zu- und Ablufträume verhindern. Vorstellbar ist eine Teilinstallation der Lüftungsanlage, die bei einem Mieterwechsel vollendet wird. Vorübergehend könnte ein dezentrales Einzelraum-Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung in der Außenwand eingebaut werden, um ggf. Bauschäden durch mangelhaftes Lüften vorzubeugen.

3.4 Haustechnikplanung

3.4.1 Grundsätzliches

Die Wohnungslüftung erfolgt mit Wärmerückgewinnung. In Abhängigkeit der örtlichen Situation und haustechnischer Gegebenheiten wird entschieden, ob eine dezentrale wohnungsweise Lösung, ein Kompaktlüftungsgerät, eine zentrale Lüftungszentrale oder eine andere Lösung sinnvoll ist. Beispielsweise bei sehr kleinen durchschnittlichen Wohnungsgrößen von unter 50 Quadratmeter ist eine zentrale Wärme- und Warmwasserversorgung sinnvoll. Heizung und Warmwasser werden je nach MieterInnenwunsch an die Fernwärme neu angebunden. Die Zuluft wird über ein möglichst kurzes Luftrohrsystem und über Luftventile in die Wohnräume geleitet. Die Frischluftzufuhr ist individuell steuerbar. Der Energieträger zur Wärmeerzeugung wird ebenfalls aufgrund der Gegebenheiten entschieden, kann aber jeder Energieträger sein.

3.4.2 Lüftungskonzept

Neben der Reduzierung der Transmissionswärmeverluste durch verbesserte Wärmedämmung im Vordach-/Flachdachbereich und Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung müssen dazu auch die Lüftungswärmeverluste gesenkt werden. Dies ist nur über eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung möglich.

Es wird vorgeschlagen, in die Gebäude eine kontrollierte Wohnungslüftung als Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung zu installieren. Neben der Sicherstellung einer ausreichenden Lüftung kann somit auch der Energiebedarf für die Beheizung deutlich gesenkt werden.

Es wird von folgendem System ausgegangen:

- Kontrollierte Wohnungslüftung mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Wärmebereitstellungsgrad ca. 82,5%, geringe Stromaufnahme, spezifische, elektrische Leistungsaufnahme $<0,4 \text{ Wh/m}^3$.

- Lüftung nach dem Querströmungsprinzip (Zonenprinzip): Zuluft wird in Wohn- und Schlafzimmer eingebracht, Abluft aus Küche, Bad und WC abgesaugt. Die Überströmung von Zuluftzonen zu Abluftzonen erfolgt über die Flure. Zwischen den Räumen müssen Überströmöffnungen (z.B. gekürztes Türblatt mit 15 mm Spaltbreite) vorhanden sein.
- Anlage mit zentralem Lüftungsgerät zur Außenaufstellung auf dem zu sanierenden Flachdach über dem Dachgeschoss.
- Erschließung der Geschosse über zentrale Lüftungsschächte im Stiegenhaus. Anschluss der Wohneinheiten je Geschoss über Lüftungsrohre Unterkante Decke (UKD) bis zur Wohnungstrennwand im Stiegenhaus. Verzug der Zuluft- und Abluftleitungen in den Wohnungen im Flur unter der Decke. Mit Kernbohrungen werden die Räume erschlossen. Abluft- und Zuluftventile werden an den Innenwänden montiert. Zuluftrohre in der Raumecke der Durchgangszimmer könnten in Trockenbauweise verkleidet werden.
- Die Lüftungsanlage kann stufenweise in die Wohnungen eingebaut werden. Je nach Vermietungssituation werden die Zu- und Abluftrohre bis in den Flur nach der Wohnungstrennwand gebaut und stillgelegt. Bei einem Mieterwechsel kann die Lüftungsinstallation fortgesetzt und in Betrieb genommen werden.

3.4.3 Fernwärme

Geplant ist die Errichtung eines zentralen Wärmeversorgungssystems mit Fernwärme einschließlich Verteilsystem im gesamten Haus. Auf Wunsch der einzelnen Mietparteien ist der Anschluss der jeweiligen Wohnungen an dieses zentrale Wärmeversorgungssystem einschließlich Errichtung der Verteilleitungen und Radiatoren in den Wohnungen und verbrauchsbezogener Abrechnung von Warmwasser und Heizung möglich.

3.5 Detailplanung Fenster

Die alten Fensterelemente aus der Erbauungszeit werden gegen passivhaustaugliche Fenster ausgetauscht. Der U_w -Wert der Passivhausfenster wird üblicherweise unter $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegen. Der Einfluss einer oft dünneren Mauer im Parapetbereich könnte allfällig wärmetechnisch verbessert werden.

Folgende Maßnahmen wurden für die thermische Sanierung durch Passivhaus-Fenster vorgesehen:

Fenster

Einbau von dreiglasigen Wärmeschutzfenstern - sogenannten Passivhausfenstern. Der U-Wert dieser Fenster beträgt $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Es sollen Holz/Alufenster der neuesten Generation zum Einsatz kommen.

Stiegenhausverglasung

Um die thermischen Eigenschaften des Stiegenhauses als „Pufferraum“ zu verbessern, wird die Verglasung des Stiegenhauses ebenfalls maßgeblich verbessert (U-Wert $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Hauseingangstür

Die thermischen Eigenschaften der Hauseingangstür werden analog zur Stiegenhausverglasung verbessert. Es soll ein Alu-Portal mit Isolierverglasung eingebaut werden (U-Wert $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

3.6 Flachdach und Dachgeschoss-Außenwände

Im Bereich des Flachdaches wird im Zuge der Erneuerung der Feuchtigkeitsisolierung auch Wärmedämmung verlegt. Die Gesamtstärke der Wärmedämmung beträgt 40 cm EPS. Die Ausbildung erfolgt als Warmdach.

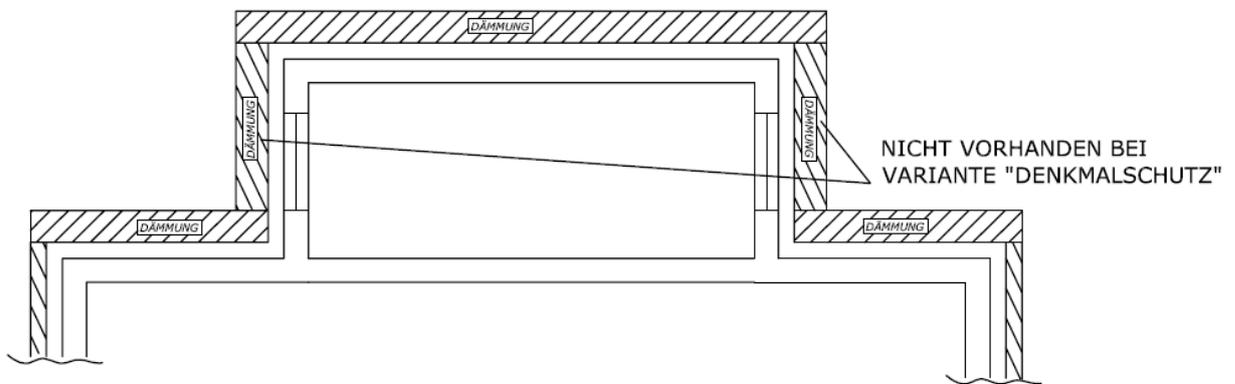
Die vorhandenen Außenwände des Dachgeschosses erhalten eine WDVS-Fassade mit 30 cm starkem expandiertem Polystyrol. Die geringen Außenwand-Flächen des Staffelgeschosses sollen im Zuge der Herstellung der Dämmung der Dachflächen ebenfalls gedämmt werden, um eine aufwendige nachträgliche Adaptierung und Zerstörung der neuen Dachflächen zu vermeiden.

3.7 Variantenberechnung (Vergleich konventionelle und Passivhausfenster/Lüftungsanlagen-Sanierung)

Neben den Kosten der verschiedenen Sanierungsmodelle werden die Varianten zuerst in Bezug auf die Leistungsfähigkeit betreffend Energieeffizienz miteinander verglichen.

Beim BVH Belghofergasse wurden die HWB-Werte für zwei Szenarien ausgewertet. Zum einen wurde davon ausgegangen, dass das Staffelgeschoss komplett (je nach Variante Dach und/oder Wände) saniert wird, zum anderen wurden die entsprechenden HWB-Werte ohne Sanierung der Dachflächen ermittelt.

STAFFELGESCHOSS SANIERT



DACHFLÄCHEN BESTAND

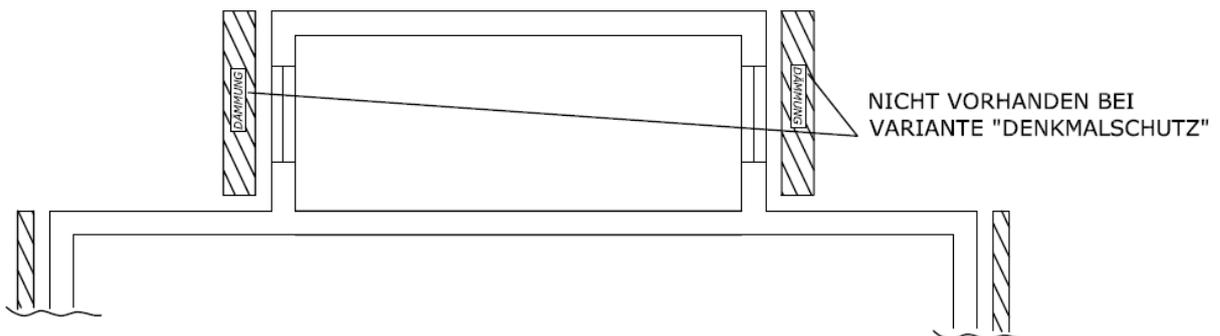


Abbildung 15: Vereinfachte Darstellung der zwei Hauptgruppen der untersuchten Sanierungsvarianten – „Staffelgeschoss saniert“ bzw. „Dachflächen Bestand“ [Schöberl & Pöll OEG]

Es folgt eine kurze Erläuterung der einzelnen, hinsichtlich HWB-Verbesserung untersuchten, Sanierungsvarianten:

Staffelgeschoss saniert:

- Klassische Sanierung:
 - Fassadendämmung: 8cm
 - Dachdämmung: 20cm
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: ---

- Sanierung mit Passivhauskomponenten und 8cm Fassadendämmung:
 - Fassadendämmung DG: 30cm
 - Fassadendämmung Sonstige: 8cm
 - Dachdämmung: 40cm
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

- Sanierung mit Passivhauskomponenten und 16cm Fassadendämmung:
 - Fassadendämmung DG: 30cm
 - Fassadendämmung Sonstige: 16cm
 - Dachdämmung: 40cm
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

- Sanierung mit Passivhauskomponenten ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz):
 - Fassadendämmung DG: ---
 - Fassadendämmung Sonstige: ---
 - Dachdämmung: 40cm
 - Kellerdeckendämmung: 20cm
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

- Sanierung auf Passivhausstandard:
 - Fassadendämmung DG: 30cm
 - Fassadendämmung Sonstige: 30cm
 - Dachdämmung: 40cm
 - Kellerdeckendämmung: 20cm
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

Dachflächen Bestand:

- Klassische Sanierung:
 - Fassadendämmung: 8cm
 - Dachdämmung: ---
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: ---

- Sanierung mit Passivhauskomponenten und 8cm Fassadendämmung:
 - Fassadendämmung DG: 30cm
 - Fassadendämmung Sonstige: 8cm
 - Dachdämmung: ---
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

- Sanierung mit Passivhauskomponenten und 16cm Fassadendämmung:
 - Fassadendämmung DG: 30cm
 - Fassadendämmung Sonstige: 16cm
 - Dachdämmung: ---
 - Kellerdeckendämmung: ---
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

- Sanierung mit Passivhauskomponenten ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz):
 - Fassadendämmung DG: ---
 - Fassadendämmung Sonstige: ---
 - Dachdämmung: ---
 - Kellerdeckendämmung: 20cm
 - Fenster: $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Wohnraumlüftungsanlage: η_{WRG} ca. 82%

Wie nachfolgend im Kapitel 6 ausführlich gezeigt wird, ist der innovative Sanierungsansatz der Verwendung von Passivhaus-Fenstern, kontrollierter Wohnraumlüftung und Passivhausdämmung des Dachgeschosses beispielsweise für Gebäude mit denkmalgeschützten Fassaden energetisch in etwa in derselben Größenordnung wie eine konventionelle Sanierung.

Diese Gleichwertigkeit korrespondiert auch auf der Ebene der Kosten (siehe Tabelle 3). Die Kosten der Sanierung mit Passivhaus-Fenstern und Passivhaus-Lüftungsanlagen liegen lediglich um ca. 10% über denen einer konventionellen Sanierung, wenn auf eine Verkleidung der Lüftungsleitungen in Wohnungen und auf den Stiegenpodesten Wert gelegt werden sollte.

Mehrkosten des innovativen Ansatzes entstehen bei:

- dem Einbau einer mechanischen Lüftung
- der Verkleidung der Lüftungsleitungen mit Gipskarton. (Diese Maßnahme ist in ihrer Notwendigkeit durchaus zu diskutieren. Es gibt Projekte in Wien, die darauf bewusst verzichten.)
- der Passivhausdämmung des Dachgeschosses
- der stärkeren Dämmung des Daches
- der Verwendung von Fenstern mit einem U-Wert von 0,8 statt 1,3 W/m²K
- und der Verwendung eines besser gedämmten Portals sowie bei
- dem Abdichten der Wohnungseingangstüren.

Minderkosten für den innovativen Ansatz resultieren aus:

- dem Entfall der Fassadendämmung. Die Fassade wird mit Ausnahme des Dachgeschosses nicht renoviert. Kosten für Gerüst, Vorbereitungsarbeiten, Dämmung und Putz werden eingespart.
- dem Erhalt der Förderung für den Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage.

In der nachfolgenden Tabelle wurde die THEWOSAN-Förderung noch nicht berücksichtigt.

Bauteil	Konventionelle Sanierung		Sanierung mit Passivhauskomponenten ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz)	
	Kosten		Kosten	
	Summe	/ m ² WNFL	Summe	/ m ² WNFL
Fassade	123.598,70	146,31	0,00	0,00
Dach	101.157,33	119,75	118.036,38	139,73
Fenster	40.209,31	47,60	46.841,59	55,45
Eingangsportal	2.158,00	2,55	3.252,00	3,85
mech. Lüftung	2.000	2,37	84.880,00	100,48
Luftdichtigkeit Wohnungseingänge	-	-	2.916,00	3,45
GK-Verkleidung Lüftungsleitungen	-	-	28.963,00	34,29
Balkonverglasung / Gitter	20.705,00	24,51	20.705,00	24,51
Honorare / Nebenkosten	56.000,00	66,29	48.669,78	57,61
Summe Kosten	345.828,34	409,38	373.134,95	441,71
Reduktion Heizwärmebedarf	45 kWh/m²a		56 kWh/m²a	

Tabelle 3: Kostenvergleich mit gegliederten Kostenstellen der energetischen Sanierung für zwei energetisch (fast) gleichwertige Varianten.

[ÖSW Preisbasis 2007, VOGEWOSI Preisbasis 2006, Schöberl & Pöll OEG]

3.8 Ausschreibung

Nach dem positiven Vorprüfbericht wurde mit der Ausschreibung des Sanierungsvorhabens begonnen. Die Angebote der Ausschreibung wurden ausgewertet.

Bei den Passivhausfenstern haben vier Firmen Angebote gelegt.

Bei den Baumeisterarbeiten (inkl. Vollwärmeschutz) haben sechs Firmen Angebote gelegt. Aus den Angeboten der Baumeisterarbeiten können drei 3 Varianten ausgewertet werden:

1. Verputzen der Fassade ohne thermischer Verbesserung der Außenwand.
2. Wie vor, nur mit 8 cm EPS um in die beste Förderstufe der THEWOSAN-Förderung zu gelangen.
3. Wie vor, nur mit Passivhausdämmstoffstärken von 30 cm.

In den Flachdacharbeiten sind unter anderem die Dachdämmungen zur Erreichung der THEWOSAN-Förderung inkludiert. Vier Firmen haben Angebote abgegeben.

Für die Passivhauslüftungsanlage haben vier Firmen Angebote gelegt.

Angebote an Tischlereien zur Verbesserung der Luftdichtheit der Wohnungseingangstüren wurden ebenfalls eingeholt. Die Verbesserung der Luftdichtheit ist eine flankierende Maßnahme zur Passivhauslüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung.

3.9 Luftdichtheit

Nach dem Austausch der Fenster ist mit einer deutlich verbesserten Dichtheit der Außenhülle zu rechnen. Das ist sowohl durch den luftdichten Einbau an der Anschlussfuge von Fensterstock und Wandbildner, als auch durch die deutlich höhere Dichtheit zwischen Flügel und Stock (bis zu drei Dichtungsebenen) zu erklären.

Meist muss zusätzlich der Einbau von luftdichten Wohnungseingangstüren erfolgen. Die Luftdichtheit von Türen wird durch vierseitige Dichtungen und, je nach geforderter Größe der Luftdichtheit, zusätzlich durch Absenk- oder Bürstendichtungen zum Boden gewährleistet. In Abhängigkeit der Luftdruckdifferenzen zwischen dem obersten Geschoss und dem Stiegenhauseingangsbereich könnte bei einer zu hohen Durchströmung des Stiegenhauses, ausgelöst durch Wind und thermischen Auftrieb, eine luftdichte Ausgestaltung der Stiegenhauseingangstür bzw. der Gangfenster als flankierende Maßnahme notwendig sein. Die Decken und Wände sollen ebenfalls möglichst luftdicht sein, was ggf. Nachbesserungen an der Gebäudehülle erforderlich macht.

In der Ausschreibung wurde definiert, dass die Luftdichtheit bzw. die einzuhaltende Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz mit dem Wert von $n_{50} \leq 1,0/h$ vom Auftragnehmer mittels „Blower-Door“-Test nachzuweisen ist. Erforderliche provisorische Abdichtungen, sowie Leckagen welche bei den Messungen festgestellt werden, sind in einem Protokoll festzuhalten und nachträglich dauerhaft abzudichten. Bei negativen Prüfwerten sind die Messungen, nach Behebung aller vorgefundenen Leckagen, bis zum angestrebten Zielwert zu wiederholen.

Nach Einbau der Fenster und Fenstertüren sowie Abdichtung der Wohnungseingangstür in einer Musterwohnung ist die Qualität der Luftdichtheit durch einen Drucktest zu prüfen, bevor die Arbeiten am übrigen Gebäude ausgeführt werden. Das Messergebnis für die Luftwechselrate bei 50 Pa muss in dieser Musterwohnung deutlich unter dem Zielwert von $n_{50}=1,0$ 1/h liegen, da zusätzliche Leckagen zu erwarten sind (Installationen, etc.).

Nach Fertigstellung des Gebäudes sind ca. drei weitere Luftdichtheitsmessungen durchzuführen, um gemeinsam mit der MA25 festzustellen, dass die Luftdichtheit (n_{50} -Wert) von 1,0 1/h unterschritten wird.

Exkurs:

Bei den Decken von Gründerzeitbauten gibt es üblicherweise Probleme mit der Luftdichtheit. Eine Neuverlegung eines Fußbodenbelags mit Einbau einer luftdichten Ebene schafft hier die notwendige Luftdichtheit.

3.10 Projektabbruch der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

Die Sanierung erfolgt gemäß Schreiben des ÖSW vom 30. Juli 2008 nicht mit Passivhaus-Komponenten. Es folgt ein Auszug aus dem oben genannten Schreiben:

„Leider müssen wir Ihnen mitteilen, dass die innovative Sanierung mit Passivhauskomponenten nicht ausgeführt werden kann, da dies zu einer sehr hohen Mehrbelastung der MieterInnen gegenüber einer konventionellen thermischen Sanierung führen würde.“

Exkurs:

Erfolgt durch einen Mieter oder mehreren Mietern keine Zustimmung, so wird ein Zustimmungsverfahren bei der zentralen Schlichtungsstelle der MA 16 nach § 14 Abs. 2 und 5 WGG eingeleitet.

4 Projekt Rankweil-Übersaxnerstraße

Um eine größere Datenbasis für die Kosten der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten zu erhalten, wurde das Projekt Rankweil-Übersaxnerstraße in das Forschungsvorhaben aufgenommen.

Bei diesem Bauvorhaben handelt es sich im Gegensatz zum Projekt Belghofergasse energetisch um eine vollständige Passivhausanierung.

4.1 Ausgangssituation/Projektbeschreibung

4.1.1 Gebäudekenndaten

Bauherr:	VOGEWOSI - Vorarlberger gemeinnützige Wohnungsbau- und Siedlungsgesellschaft mbH
Baujahr:	1977
Wohnungen:	16
WNF:	1.315,08 m ²

4.1.2 Fotos



Abbildung 16: Fotos Rankweil-Übersaxnerstraße [VOGEWOSI]

4.1.3 Sanierungsmaßnahmen

Das Projekt Rankweil-Übersaxnerstraße ist ein ausgeführtes Beispiel für eine sogenannte „Faktor 10-Sanierung“, bei der der HWB auf ca. ein Zehntel des Bestands-Wertes verringert wurde. Das wurde durch die folgenden Maßnahmen erreicht:

- Hochwertige Dämmung der thermischen Gebäudehülle:
 - Fassade
 - Dach
 - Kellerdecke
- Fenstertausch (3-fach-Verglasung),
- Einbau von hocheffizienten Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung,
- Minimierung der Wärmebrücken,
- Verbesserung der Luftdichtheit des Gebäudes,
- Tausch der Rollladenkästen (wärmegeämmte Rollladenkästen),
- Umrüstung auf optimierte Wärmeerzeugung,
- WW-Bereitung mittels Solarenergie.

5 Projekt Jean-Paul-Platz (Nürnberg)

Zwecks internationalem Vergleich wurde die Auswertung des Projekts Jean-Paul-Platz in Nürnberg in das Forschungsvorhaben aufgenommen. Im Vorplanungsstadium zur 3-Liter-Haus-Sanierung des Bauvorhabens Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg wurde eine Energie- und Kostenberechnung durchgeführt und nach Komponenten aufgelöst. Das Ergebnis wird in der folgenden Abbildung dargestellt:

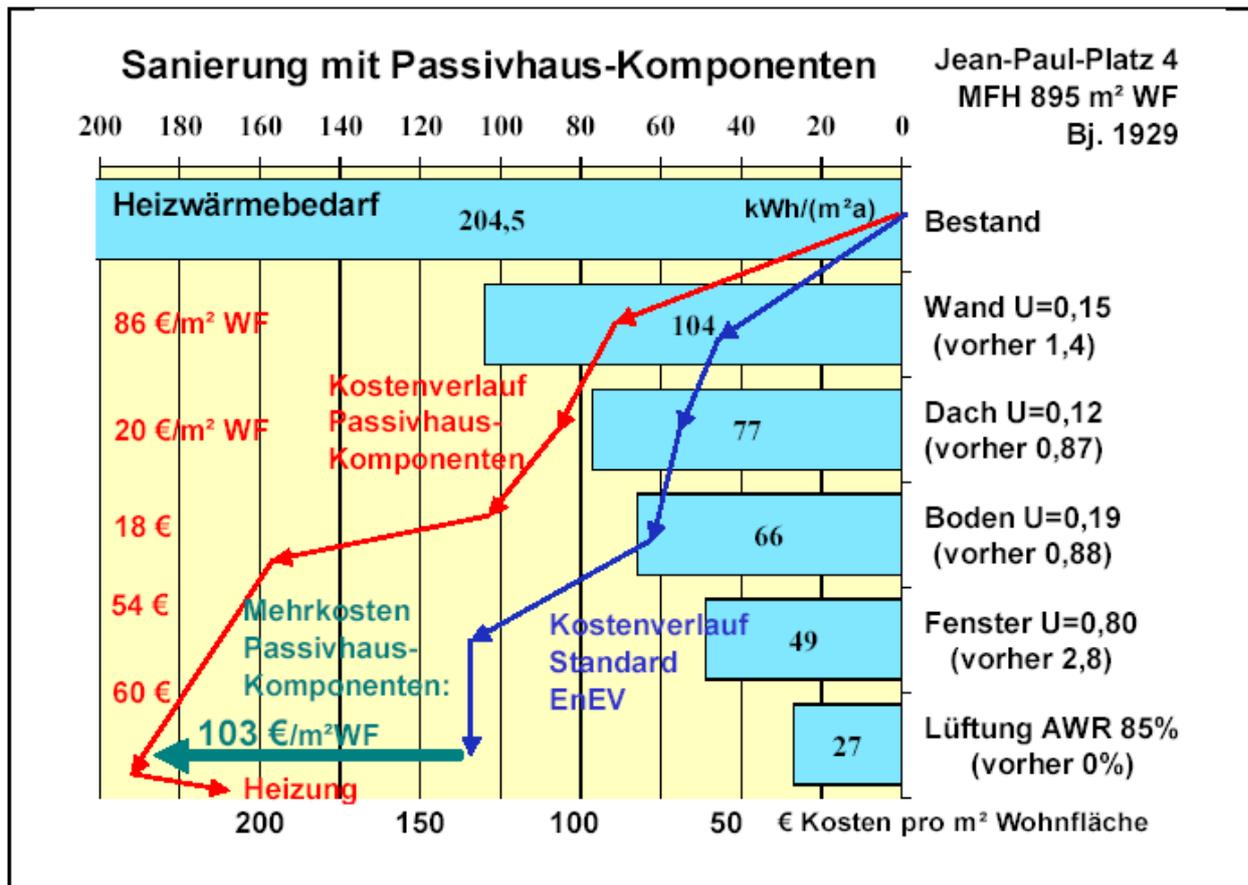


Abbildung 17: Vorplanungs-Ergebnis BV Jean-Paul-Platz in Nürnberg: Verlauf von Energieeffizienz und resultierenden Mehrkosten (Planung ohne Solarthermie-Anlage) [Dr.-Ing. Burkhard Schulze Darup Architekt Nürnberg, www.zukunftshaus.info download 30.1.2009]

Die blauen Balken veranschaulichen den Bestands-Heizwärmebedarf mit ca. 205 kWh/m².a und die entsprechenden Verbesserungen des HWB durch den additiven Ansatz von verschiedenen thermisch-energetischen Sanierungsmaßnahmen. Wie zu erkennen ist, kann bei Ansatz einer hochwärmedämmenden Gebäudehülle samt PH-Fenstern und einer Lüftungsanlage mit hohem Wärmerückgewinnungsgrad ein HWB von ca. 27 kWh/m².a erreicht werden. Das entspricht einer Verbesserung um 87%, also im Wesentlichen einer Faktor 10-Sanierung.

Die roten Pfeile zeigen die aufsummierten Kosten der jeweiligen Sanierungsmaßnahmen (PH-Komponenten). Der unterste rote Pfeil mit der Bezeichnung „Heizung“ weist darauf hin, dass bei gleichzeitiger Erneuerung der Heizungsanlagen, durch die thermisch energetischen Verbesserungen, ein deutlich reduziertes Heizungssystem zu Einsatz kommen kann, was gegenüber einer herkömmlichen Erneuerung mit Minderkosten verbunden ist.

Die blauen Pfeile zeigen die Kostensituation bei den entsprechenden Sanierungsmaßnahmen auf EnEV-Niveau (Energieeinspar-Verordnung der BRD: geringerer Dämmstandard, keine Wohnraumlüftungsanlage). Die Differenz zwischen den Kosten mit PH-Komponenten und den EnEV-Kosten sind die Mehrkosten für die Sanierung mit PH-Komponenten.

6 Auswertung des Heizwärmebedarfs

Die nachfolgende Tabelle stellt die verschiedenen Möglichkeiten der thermischen Sanierung und deren Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf bei den Projekten Wien-Belghofergasse und Rankweil-Übersaxnerstraße dar.

	Wien - Belghofergasse ¹⁾		Rankweil - Übersaxnerstraße
	Staffelgeschoss saniert ³⁾	Dachflächen Bestand ³⁾	
Bestand	144 kWh/m ² BGF.a	144 kWh/m ² BGF.a	200 kWh/m ² BGF.a
Klassische Sanierung	45 kWh/m ² BGF.a	97 kWh/m ² BGF.a	48 kWh/m ² BGF.a
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ und 8cm Fassadendämmung	29 kWh/m ² BGF.a	82 kWh/m ² BGF.a	-
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ und 16cm Fassadendämmung	23 kWh/m ² BGF.a	77 kWh/m ² BGF.a	-
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz)	56 kWh/m ² BGF.a	111 kWh/m ² BGF.a	-
Sanierung auf Passivhausstandard	11 kWh/m ² BGF.a 14 kWh/m ² EBF.a	-	- 13 kWh/m ² EBF.a
¹⁾ HWB-Ermittlung mittels hwb02h bzw. mittels PHPP ²⁾ Passivhaus-Fenster und Passivhaus-Lüftungsanlage ³⁾ Für nähere Erläuterung siehe Abbildung 15			

Tabelle 4: Heizwärmebedarf bei verschiedenen Maßnahmen [ÖSW, VOGEWOSI, Schöberl & Pöll OEG]

Die Differenz zum Heizwärmebedarf des Bestandes (ca. 144 kWh/m²a) beträgt bei einer klassischen Sanierung (Fenster und Dämmung mit Niedrigenergie-Standard) ca. 99 kWh/m²a.

Bei einer kombinierten Lösung (8cm EPS-Dämmung an der Fassade, Passivhaus-Fenster, kontrollierte Wohnraumlüftung und Sanierung der Dachflächen) beträgt die Differenz ca. 115 kWh/m²a bzw. bei denselben Rahmenbedingungen mit 16cm Fassadendämmung ca. 121 kWh/m²a.

Bei einer innovativen Verwendung von Passivhaus-Fenstern, kontrollierter Wohnraumlüftung und Passivhausdämmung des Dachgeschosses wird, trotzdem die Fassade nicht saniert wird, eine HWB-Verringerung von ca. 88 kWh/m²a erreicht. Diese Variante könnte v.a. bei denkmalgeschützten Fassaden von Interesse sein.

Bei einer Sanierung auf Passivhausstandard (30 cm Fassadendämmung, 40cm Dachflächendämmung, Passivhaus-Fenster und kontrollierte Wohnraumlüftung) beträgt die Differenz ca. 133 kWh/m²a.

Wie die Auswertung zeigt, hat die Dachflächensanierung einen sehr maßgeblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis der thermischen Sanierung. Werden die Dachflächen nicht thermisch verbessert, werden nur deutlich geringere HWB-Einsparungen erzielt.

Die Variante mit 16cm Fassadendämmung stellt ein Spezifikum des Wiener Baurechts dar. In der Wr. Bauordnung (in Kraft seit dem 12.07.2008, Artikel V, Abs. 5) ist festgelegt, dass bei Gebäuden, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der Bauordnungsnovelle LGBl. für Wien Nr. 33/2004 bereits bestehen, Wärmedämmungen bis 16cm über Fluchtlinien und in Abstandsflächen vorragen dürfen.

Diese Bestimmung verdeutlicht, dass die Sanierung mit Passivhausdämmstoffstärken im Fassadenbereich nicht überall möglich ist, bzw. die Inanspruchnahme von behördlichen Genehmigungen erforderlich macht.

7 Feststellung der Sanierungskosten

Die Kosten beim Projekt Belghofergasse stammen aus den Ausschreibungsangeboten der Bestbieter der jeweiligen Gewerke. In den Angeboten wurden Alternativpositionen vorgesehen. Aus den Alternativpositionen wurden die Kosten der Maßnahmenvarianten berechnet. Bei den Kosten beim Projekt Übersaxnerstraße handelt es sich um abgerechnete Kosten nach Abschluss sämtlicher Arbeiten.

In der Tabelle 5 sind die Bau- und Nebenkosten der verschiedenen Sanierungsvarianten angegeben. Wie erwartet, steigen die Kosten mit dem Sanierungsaufwand an. Die THEWOSAN-Förderung wurde nicht in Abzug gebracht. Die wohnnutzflächenbezogenen Kosten der konventionellen Sanierung sind bei beiden angeführten Projekten in etwa gleich. Beim gegenständlichen Projekt Belghofergasse wurden auch Kostenvarianten unter Beibehaltung des Dachbestandes angeführt. Im vorigen Kapitel wurde gezeigt, dass ohne die thermische Verbesserung des Dachbestandes (Belghofergasse) nur geringere HWB-Einsparungen erzielt werden können. Die Kosten für die thermische Sanierung des Dachbestandes betragen beim gegenständlichen Projekt rund 140 EUR/m²_{WNFL}. Bei der Durchführung der Dachsanierung wird eine zusätzliche Einsparung (zusätzlich zu den anderen

thermischen Sanierungsmaßnahmen) von knapp 55 kWh/m²_{BGF}.a am Heizwärmebedarf erzielt.

Beim Projekt Belghofergasse werden neben den thermischen Sanierungsmaßnahmen auch thermisch nicht relevante Sanierungsarbeiten an den Balkonen durchgeführt. Die Kosten dieser Arbeiten betragen ca. 25 EUR/m²_{WNFL}. Daraus resultiert, dass die eigentlichen Mehrkosten für den Passivhaus-Standard zwischen ca. 200 und 260 EUR/m²_{WNFL} liegen. Die gesamten Bau- und Nebenkosten der Sanierung auf den Passivhaus-Standard liegen zwischen ca. 600 und 700 EUR/m²_{WNFL}.

	Wien - Belghofergasse		Rankweil - Übersaxnerstraße
	Staffelgeschoss sanier ²⁾	Dachflächen Bestand ²⁾	
	[Euro / m ² WNFL]	[Euro / m ² WNFL]	[Euro / m ² WNFL]
Bestand	-	-	-
Klassische Sanierung	409,38	289,63	400,60
Sanierung mit Passivhaus- komponenten¹⁾ und 8cm Fassadendämmung	584,27	423,59	-
Sanierung mit Passivhaus- komponenten¹⁾ und 16cm Fassadendämmung	610,66	449,98	-
Sanierung mit Passivhaus- komponenten¹⁾ ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz)	441,71	281,02	-
Sanierung auf Passivhausstandard	702,96	-	604,35
Mehrkosten Passivhaus-Standard	ca. 260	-	ca. 200
¹⁾ Passivhaus-Fenster und Passivhaus-Lüftungsanlage			
²⁾ Für nähere Erläuterung siehe Abbildung 15			

Tabelle 5: Bau- und Nebenkosten für alle Maßnahmen (thermische und sonstige Maßnahmen) [ÖSW Preisbasis 2007, VOGEWOSI Preisbasis 2006, Schöberl & Pöll OEG]

	Wien - Belghofergasse ¹⁾				Rankweil - Übersaxnerstraße	
	Staffelgeschoss saniert ³⁾		Dachflächen Bestand ³⁾			
	Kosten	HWB	Kosten	HWB	Kosten	HWB
Bestand	-	320,0 %	-	320,0 %	-	416,7 %
Klassische Sanierung	100,0 %	100,0 %	70,7 %	215,6 %	100,0 %	100,0 %
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ und 8cm Fassadendämmung	142,7 %	64,4 %	103,4 %	182,2 %	-	-
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ und 16cm Fassadendämmung	149,2 %	51,1 %	109,9 %	171,1 %	-	-
Sanierung mit Passivhauskomponenten²⁾ ohne Fassadendämmung (Var. Denkmalschutz)	107,9 %	124,4 %	68,6 %	246,7 %	-	-
Sanierung auf Passivhausstandard	171,7 %	24,4 %	-	-	150,9 %	24,0 %
Mehrkosten Passivhaus-Standard	+71,7 %	-	-	-	+50,9 %	-
¹⁾ HWB-Ermittlung mittels hwb02h bzw. mittels PHPP ²⁾ Passivhaus-Fenster und Passivhaus-Lüftungsanlage ³⁾ Für nähere Erläuterung siehe Abbildung 15						

Tabelle 6: Vergleich der Bau- und Nebenkosten (thermische und sonstige Maßnahmen) sowie des Heizwärmebedarfes bei den verschiedenen Maßnahmenvarianten [ÖSW Preisbasis 2007, VOGEWOSI Preisbasis 2006, Schöberl & Pöll OEG]

In der Tabelle 6 ist eine Übersicht der Kosten und der thermischen Auswirkungen von verschiedenen Sanierungsmaßnahmen zu sehen. Wie zu erkennen ist, steigen bei zusätzlicher Anwendung von Passivhauskomponenten und gleichbleibender Fassadendämmung die Kosten um ca. 40% an, wobei der HWB um ca. 40% sinkt.

Der Einfluss der Dachsanierung ist ebenfalls deutlicher zu sehen. Wird das Dach nicht saniert, beträgt die Kostenersparnis, je nach Variante, ca. 30% - 40%, der Heizwärmebedarf steigt jedoch im Gegensatz dazu um ca. 120% an.

Die Mehrkosten für den Passivhaus-Standard (unter Vernachlässigung der thermisch nicht relevanten Sanierungsmaßnahmen) liegen zwischen ca. 50% und 70% der Kosten der konventionellen Sanierung.

8 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Mehrkosten für die Sanierung auf Passivhaus-Standard liegen bei den beiden Projekten zwischen 200 und 260 Euro/m² Wohnnutzfläche. Das entspricht etwa 50% bis 70% Mehrkosten gegenüber der klassischen Sanierung.

Durch die Sanierung mit Passivhauskomponenten werden darüber hinaus auch die raumklimatischen und hygienischen Zustände der Wohnungen wesentlich verbessert.

Vorteile:

- Kompatibilität zu hinkünftigen Entwicklungen in der Sanierung,
- wesentliche raumklimatische und hygienische Verbesserungen der Wohnungen,
- Vermeidung des Risikos für Schimmelbildung zufolge unzureichender Lüftung.

Anwendungsgebiete der Sanierung mit Passivhaus-Fenster und -Lüftungsanlage:

- Sanierung denkmalgeschützter Fassaden,
- Sanierung von einzelnen Wohnungen, beispielsweise bei mehrgeschossigen Eigentümshäusern,
- stufenweise Sanierung.

Besonders die Kombination aus Fenster- und Lüftungssanierung führt zu einer wesentlichen Reduktion des Heizwärmebedarfs ohne ungünstige Innenklimazustände. Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft führt dabei zu einem weitestgehenden Wegfall der Lüftungswärmeverluste. Der stetige aber dennoch individuell regelbare Zu- und Abluftstrom sorgt für den notwendigen Raumluf austausch.

Beim reinen, klassischen Fenstertausch kommt es durch die hohe Luftdichtheit und einem nicht angepassten NutzerInnenverhalten (keine vermehrte Fensterlüftung) vielfach zu problematisch hohen Raumlufffeuchtigkeiten, wodurch Schimmelpilzschäden auftreten können. Ebenso verhält es sich bei energetischen Komplettsanierungen mit Fenstertausch und Dämmung der thermischen Hülle.

Bei Passivhausfenstern legt der enorme Preisrückgang – vgl. Marktstudie des Forschungsprojektes „Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau“ – in den Fällen, wo eine Dämmung der Gebäudehülle nicht möglich ist, eine Passivhaus-Fenster-Sanierung in Kombination mit einem Lüftungskonzept nahe.

Die raumklimatisch-thermische Sanierung könnte auch wohnungsweise, z.B. durch einzelne EigentümerInnen oder MieterInnen, durchgeführt werden.

Die Kompatibilität zu künftigen Sanierungsmethoden, z.B. dickere Wärmedämmung, Vakuumdämmung, Plusenergiehaus, etc. ist dabei optimal gewährleistet.

Durch die passivhaustauglichen Fenster wird auch eine Verbesserung der Behaglichkeit erreicht. Im Gegensatz zu konventionellen Fenstern weisen Passivhaus-Fenster deutlich höhere Innenoberflächentemperaturen auf, wodurch ein Kaltluftabfall an der Innenseite der Fenster verhindert wird. Eine weitere Optimierung der Behaglichkeit könnte durch entsprechende Anordnung der Heizflächen oder einer seitlichen Beströmung der Außenwand durch die Luftheizung erfolgen.

Ergänzende Literatur

- Clausnitzer, K.-D., u.a.: „Systemvergleich (Vollkosten): Ersatz alter dezentraler Heizungs- und Warmwasserbereitungssysteme im Mietwohnungsbau unter besonderer Berücksichtigung des Energiesparens und regenerativer Energien“, Bremer Energie-Institut, erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag, April 2004
- Domenig-Meisinger, I., Willensdorfer, A., Krauß, B., Aschauer, J., Lang, G.: „Erstes Mehrfamilien-Passivhaus im Altbau. Passivhausstandard und -komfort in der Altbauanierung am Beispiel eines großvolumigen MFH in Linz“, Forschungsprojekt der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Linz, März 2007
- Eizinger, C., Lehner, U., Wagner-Pinter, M., Die Bewältigung des Sanierungsbedarfes im Wiener Gebäude- und Wohnungsbestand“, Synthesis Forschungsgesellschaft, Forschungsvorhaben gefördert aus den Mitteln der Wiener Wohnbauforschung, April 2001
- Emmerich, W., Garrecht, H., Hildebrandt, O., u.a.: „EnSan-Projekt Karlsruhe-Goerdelerstraße. Integrale Sanierung auf Niedrigenergie-Standard unter Einschluss moderner Informations- und Regelungstechnik und Beeinflussung des Nutzerverhaltens“, herausgegeben durch die Volkswohnung GmbH Karlsruhe, 2004
- Enseling, A., Greiff, R., Hinz, E.: „Erneuerung älterer Wohnungsbestände in Stufen“, Forschungsarbeit im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung für das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Endbericht, Bonn 2003
- Feist, W., u.a.: Solar-supported integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat supply systems. Sanierung einer Plattenbauanierung in Ungarn. Sanierungsprojekt mittels EU-Förderung.
- Friedrich, U.: „Fenster optimal einbauen“, BINE Informationsdienst projektinfo 10/03, herausgegeben durch Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, 2003
- Levermann, E.-M.: „Energetische Altbauten modern sanieren“, herausgegeben durch Fachinformationszentrum Karlsruhe, GmbH und BINE Informationsdienst Bonn
- Manz, H., u.a.: "State-of-the-art" von Einzelraumlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung; EMPA, HTA Luzern, Forschungsprojekt des Bundesamtes für Energie, Dübendorf 2001
- Münter, M.: „Gebäude sanieren – Hochhaus-Wohnanlage“, BINE Informationsdienst projektinfo 12/04, herausgegeben durch Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, 2004

- Pfluger, R., Feist, W., u.w.: „Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung“, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser - Phase III, Protokollband Nr. 24, Passivhausinstitut, Darmstadt 2003
- Pfluger, R., Schnieders, J., Kaufmann, B., Feist, W.: „HIWIN - Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand“ Anhang zum Teilbericht A (Bauphysikalische Untersuchungen und Optimierung des Baukörperanschlusses), Passivhausinstitut, Darmstadt Mai 2003
- Richter, W., u.a.: „Bewertung von dezentralen, raumweisen Lüftungsgeräten für Wohngebäude sowie Bestimmung von Aufwandszahlen für die Wärmeübergabe im Raum infolge Sanierungsmaßnahmen“, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Bereich Technische Gebäudeausrüstung, Forschungsbericht gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, März 2004
- Schnieders, J., Pfluger, R., Feist, W. u.w.: „Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum“, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser - Phase III, Protokollband Nr. 23, Passivhausinstitut, Darmstadt 2003
- Schöberl, H., Bednar, T., u.a.: „Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau“, Insbesondere Marktanalyse Passivhausfenster (23 Angebote), Forschungsprojekt der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Wien 2004.
- Schulze-Darup, B.: „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“, umsetzungsorientiertes Forschungsvorhaben mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Koordination: Schulze Darup; Partner: PHI Darmstadt, ZEBAU Hamburg, IEMB Berlin und vier Industriepartner, 2003-2004
- Späth, T., u.a.: „Vom Altbau zum Passivhaus. Vorbildliche energetische Wohnhausbauprojekte in Mittelfranken“, herausgegeben vom Netzwerk BAU und ENERGIE, 1. Auflage, Juli 2003
- Stani, M.: Wärmedurchgang verschiedener Einbausituation von Passivhausfenster im Altbau, Österreichische Bauzeitung, Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien 2001
- Steinmann, M.: Tagungsband der 6. Europäischen Passivhaus-Tagung, Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie, Muttenz bei Basel 2002, Kapitel Sanierungen, 3 verschiedene Wohnprojekte.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komponenten für die Passivhaussanierung [Schöberl & Pöll OEG]	6
Abbildung 2: Gegenüberstellung von zwei Ansätzen [Schöberl & Pöll OEG]	7
Abbildung 3: Fotos Belghofergasse – Ansichten [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]	8
Abbildung 4: Fotos Belghofergasse – Dach, Stiegenhaus [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]	9
Abbildung 5: Fotos Belghofergasse – Fenster [ÖSW, Schöberl & Pöll OEG]	10
Abbildung 6: Lageplan Belghofergasse [Quelle unbekannt]	11
Abbildung 7: Bestandsschnitt Belghofergasse [Quelle unbekannt]	12
Abbildung 8: Bestandsgrundriss KG Belghofergasse [Quelle unbekannt]	13
Abbildung 9: Bestandsgrundriss EG Belghofergasse [Quelle unbekannt]	13
Abbildung 10: Bestandsgrundriss RG Belghofergasse [Quelle unbekannt]	14
Abbildung 11: Bestandsgrundriss DG Belghofergasse [Quelle unbekannt]	14
Abbildung 12: Bestandsansicht Strohberggasse [Quelle unbekannt]	15
Abbildung 13: Bestandsansicht Belghofergasse [Quelle unbekannt]	15
Abbildung 14: Bestandshofansicht [Quelle unbekannt]	16
Abbildung 15: Vereinfachte Darstellung der zwei Hauptgruppen der untersuchten Sanierungsvarianten – „Staffelgeschoss saniert“ bzw. „Dachflächen Bestand“ [Schöberl & Pöll OEG]	22
Abbildung 16: Fotos Rankweil-Übersaxnerstraße [VOGEWOSI]	29
Abbildung 17: Vorplanungs-Ergebnis BV Jean-Paul-Platz in Nürnberg: Verlauf von Energieeffizienz und resultierenden Mehrkosten (Planung ohne Solarthermie-Anlage) [Dr.-Ing. Burkhard Schulze Darup Architekt Nürnberg, www.zukunft-haus.info download 30.1.2009]	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Typische Energieverluste der Wand und der Lüftung verschiedener Bauepochen	3
Tabelle 2: Arbeitsschritte des Forschungsvorhabens „Thermische und raumklimatische Sanierung durch Passivhausfenster und Lüftungsanlage im Geschosswohnungsbau“ und der Sanierung Belghofergasse	5
Tabelle 3: Kostenvergleich mit gegliederten Kostenstellen der energetischen Sanierung für zwei energetisch (fast) gleichwertige Varianten	26
Tabelle 4: Heizwärmebedarf bei verschiedenen Maßnahmen	31
Tabelle 5: Bau- und Nebenkosten für alle Maßnahmen (thermische und sonstige Maßnahmen)	33
Tabelle 6: Vergleich der Bau- und Nebenkosten (thermische und sonstige Maßnahmen) sowie des Heizwärmebedarfes bei den verschiedenen Maßnahmenvarianten	34

Anhang

- THEWOSAN:
 - Sanierungskonzept
 - Kostenschätzung
 - Vorprüfbericht Wohnfonds_Wien

- HWB-Berechnungen:
 - Bestand

 - Staffelgeschoss saniert:
 - klassische Sanierung
 - 8cm AW-Dämmung, PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage
 - 16cm AW-Dämmung, PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage
 - PH-Standard - 30cm AW-Dämmung, PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage
 - PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage ohne Fassadensanierung (Var. Denkmalschutz)

 - Dachflächen Bestand:
 - klassische Sanierung
 - 8cm AW-Dämmung, PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage
 - 16cm AW-Dämmung, PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage
 - PH-Fenster, PH-Lüftungsanlage ohne Fassadensanierung (Var. Denkmalschutz)

Dieser Anhang wird separat publiziert und ist beim Forschungsträger sowie beim BMWFJ, Abt. III / 9 - Wohnbauforschung, 1011 Wien, Stubenring 1 (Mail: peter.wagner@bmwfj.gv.at) erhältlich.