

Erstes Mehrfamilien-Passivhaus im Altbau

Passivhausstandard und -komfort in der Altbausanierung am
Beispiel eines großvolumigen MFH in Linz

I. Domenig-Meisinger, A. Willensdorfer,
B. Krauss, J. Aschauer, G. Lang

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

21/2007

Impressum:

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

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

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

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Erstes Mehrfamilien-Passivhaus im Altbau

Passivhausstandard und -komfort in der Altbausanierung
am Beispiel eines großvolumigen MFH in Linz

Arch. DI Ingrid Domenig-Meisinger
Architekturbüro ARCH+MORE, Puchenau

Bmst. Ing. Alfred Willensdorfer
GIWOG Gemeinnützige Industrie- Wohnungsaktiengesellschaft, Leonding

DI Bernd Krauß
Planungsteam E-Plus, Egg

DI Mag. Johann Aschauer
gap-solar GmbH, Perg

Ing. Günter Lang
LANG consulting, Wien

Linz, März 2007

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

Motivation

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂-Emissionen dar. Dabei sollte allerdings auch die Chance genutzt werden, diese Gebäude gleich auf neuesten energetischen Standard und damit gesteigerten Komfort zu bringen. Dieses Projekt war die erste Sanierung eines Mehrfamilienwohnbaus auf Passivhaus Standard und übt damit große Vorbildwirkung aus!

Inhalt

Das Ausfindigmachen aller Einsparungspotentiale zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten und die Umsetzung als Pilotdemonstrationsprojekt des großvolumigen Wohngebäudes in Linz auf Passivhausstandard war mit Sicherheit ein Quantensprung im Bereich nachhaltiger Gebäudesanierungen.

Dieses Demonstrationsprojekt berücksichtigte die Aspekte eines nachhaltigen Gesamtanierungskonzeptes unter der Einbindung zukunftsweisender Sanierungsmethoden zur maximalen Energieeinsparung bei gleichzeitiger erheblicher Steigerung der Nutzungsqualität und Funktionalität.

Ziele

Mit der ersten Altbausanierung eines Mehrfamilienwohngebäudes auf Passivhausstandard in Österreich wurden konsequent alle Maßnahmen ergriffen, um auch bei einem bestehenden Gebäude bisher kaum erzielte Qualitäten von höchster Luftqualität, Komfort und Behaglichkeit bei gleichzeitig verschwindend geringem Energiebedarf zu erreichen.

Ziel dieses Demonstrationsprojektes war die Beispielwirkung für andere Altbauten.

- 1. Altbausanierung eines MFH auf Passivhaus Standard
- Optimiertes Lüftungs- und Haustechnikkonzept für beste Luftqualität
- Ökologische Sanierung mit nachwachsenden Rohstoffen
- Hoher Vorfertigungsgrad
- Sanierung ohne wesentlicher Beeinträchtigung der Bewohner

Methode der Bearbeitung

- Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard
- Berechnung von Ausführungsvarianten mit PHPP
- Vergleich und Analyse verschiedener Lüftungskonzepte
- Untersuchung unterschiedlicher dezentraler Warmwasseraufbereitungen
- Entwicklung von vorgefertigten Fassadenelementen mit eingebauten Fenstern und Kanalführung für kontrollierte Wohnraumlüftung zur thermischen Sanierung
- Einsatz der Solarwabenfassade in der Altbausanierung

Modernisierung eines mehrgeschossigen Wohnbaues mit 50 WE

Das Gebäude (errichtet 1957/58) wurde durch eine vorgefertigte hinterlüftete GAP Solarfassade, verstärkte Dach- und Kellergeschossdeckendämmung, Vergrößerung der bestehenden Balkone samt Parapetdämmung, Verglasung mit Passivhausfenster samt integriertem Sonnenschutz, neue Dacheindeckung sowie kontrollierte Wohnraum Be- und Entlüftung mit Einzelraumlüfter den Ansprüchen eines Passivhauses gerecht.

Moderne zukunftsorientierte Gesamtgestaltung von „Alten Objekten“. Verbesserung der Wohnqualität durch Erhöhung des Schallschutzes und gute Be- und Entlüftung durch qualitativ hochwertige Wohnraumeinzellüfter ohne Öffnen der Fenster möglich.

Mehrnutzung der vorhandenen Balkone durch Vergrößerung dieser, Einhausung durch Errichtung von wärme gedämmten Parapet und Seitenteil. Der Rest wurde mit Passivhausfenster bzw. mit Fixverglasung geschlossen. Durch die Lage des Objektes an der stark befahrenen Makartstrasse war eine qualitätvolle Benützung der Balkone wegen der enormen Verschmutzung und Lärmbelästigung bisher nicht möglich. Die Gesamtwohnnutzfläche wurde durch die Einhausung der Balkone von 2.755,68 m² auf 3.106,11 m² erhöht.

Ergebnisse/ Auswertung des Wärmeverbrauches nach der ersten Heizperiode

- Energiekennzahl Reduktion für Raumwärme von 179 kWh/m²a auf 13,3 kWh/m²a (bei praktisch erreichter Luftdichtheit $n_{50} < 1,30$ 1/h)
- Einsparung von 446.800 kWh/a – entspricht Faktor >10
- Verringerung des CO₂ Ausstoßes von ca. 160.000 kg/a auf 13.000 kg/a
- Mehrkosten zur Erreichung des Passivhausstandards ca. 27%
- Mehrkosten für Passivhaus u. ökologische Maßnahmen in Summe knapp 30%

Mieterinformation/Reaktionen

Während der Planungsphase wurden die MieterInnen bei diversen Mieterversammlungen über die geplante Passivhaussanierung informiert. Zunächst gab es große Bedenken, ob die Sanierung überhaupt erfolgreich sein kann, da doch in Österreich noch kein solches Bauvorhaben durchgeführt wurde. Nach mehreren Präsentationen und Aufklärungsgesprächen konnte eine Akzeptanz der MieterInnen herbeigeführt werden.

Kurz vor Beendigung der Modernisierungsarbeiten wurde abermals zu einer Mieterversammlung eingeladen bei der sich die MieterInnen schon positiv über das Ergebnis äußerten. Es wurde nochmals das Wohnverhalten in einem Passivhaus erläutert. Die ersten Erfahrungswerte konnten bei dieser Veranstaltung ausgetauscht werden.

Bei der feierlichen Abschlussveranstaltung am 14.09.2006 wurde GIWOG das Zertifikat vom BVIT durch Herrn Dipl.- Ing. ZILLNER übergeben. Im Zuge dieser Veranstaltung dankten alle MieterInnen der örtlichen Bauleitung für den reibungslosen Ablauf der Modernisierungsarbeiten. Nicht nur eine enorme Senkung der Heizkosten, sondern auch das Abklingen und Verschwinden der starken

Stauballergie einer Mieterin, konnte seit Inbetriebnahme der Wohnraumlüftungsgeräte nachgewiesen werden.

„Das Wohnen ist wieder wohnenswert geworden.“

Schlussfolgerungen

Der Endbericht dieses Forschungsprojektes kommt zu der Schlussfolgerung, dass die Sanierung des sozialen Wohnbaus zu einer bedeutenden Verbesserung des Qualitätsstandards geführt hat.

Nicht zuletzt auf Grund der im Zuge der Projektentwicklung neu eingeführten Passivhaussanierungsförderung durch die OÖ. WBF in Verbindung mit den Mietzinsbildungsvorschriften des WGG wurden die Mehrkosten dieser vorbildlichen Sanierung so abgedeckt, dass unter Berücksichtigung der angesparten Instandhaltungsrückstellung in Verbindung mit der zusätzlichen Unterstützung durch das BMVIT für die Mieter keine monatlichen Mehrbelastungen entstehen. Die Einsparung der Heizkosten um 80-90% kommt somit zu 100% den MieterInnen zugute.

EXECUTIVE SUMMARY

Motivation

The thermally consistent redevelopment of old buildings can be seen as the most important contribution to an effective reduction of CO₂ emissions. But it also provides the opportunity to enhance the energetic standard and therewith the comfort of these building. This project was the first redevelopment of a multifamily residence on passive house standard and that is why it should be considered as an ideal example.

Content

The discovery of economically possible cost reductions and the implementation of the large- volume buildings in Linz based on passive house standard as a pilot project was a big step within the lasting building redevelopment industry.

This project includes all aspects of an effective concept of redevelopment in consideration of forward- looking methods of redevelopment. These methods lead to an at most saving of energy while the quality, usability and functionality are increased at the same time.

Aims

With the first redevelopment of a multifamily residence based on passive house standard in Austria all efforts have been made to enhance air quality, comfort and usability with the energy demand decreasing even of existing buildings where this has not been achieved before.

The aim of this project was to state an example for other old buildings.

- First redevelopment of an old building based on passive house standard
- Optimised ventilation and house automatic concept in order to obtain best air quality
- Ecological refurbishment with renewable raw materials
- Reasonable use of prefabricated materials
- Refurbishment without disturbance of residents

Methodology

- Alternative project outline based on passive house standard
- Calculation of possible constructions with PHPP
- Comparison and analysis of different ventilation concepts
- Examination of different decentral hot water conditioning
- Development of prefabricated parts of the façade with built-in windows and a duct system for controlled ventilation of the housing space
- Use of solar comb facades for redevelopment of old buildings

Modernisation of a multi- storey building with 50 accomodation units

Because of the prefabricated and ventilated GAP solar façade, an increased insulation of the ceiling on the roof and in the basement, an enlargement of existing balconies with parapet insulation, glazing with passive house windows with integrated sun protection, new roof covering and a controlled ventilation of the housing space with single room ventilators, the building (constructed in 1957/58) meets the requirements of a passive house.

Modern and future- orientated design of “old property”.

Enhancement of quality of living conditions is possible because of an increase of sound insulation and good ventilation through high quality single room ventilation even with closed windows.

Multiuse of existing balconies is possible, because of an enlargement and enclosure built with thermally insulated parapet and side frame.

The open spaces were closed with passive house windows and fixed glazing panels.

A qualitative use of the balconies was not possible so far, because of the immense contamination and noise exposure due to the location of the building close to the highly frequented Makartstrasse.

The total useable living area was increased from 2.755,68 m² to 3.106,11 m² thanks to the enclosure of the balconies.

Findings/Evaluation of heat consumption after the first period of heating

- Energy figure reduction of room temperature from 179kWh/ma to 13,3 kWh/ma (with a practically reached air density $n_{50} < 1,30$ 1/h)
- Saving of 446.800 kWh/a – comes to factor <10
- Reduction of CO₂ emissions from approx. 160.000 kg/a to 13.000 kg/a
- Additional costs to achieve passive house standard of approx. 27%
- Additional costs for passive house and ecological actions in total approx. 30%

Information of the tenants/Feedback

During the phase of planning the tenants were informed about the planned passive house refurbishment through organised meetings. As there has not been a similar project in Austria before, people were concerned whether such a refurbishment project can be successful at all. Thanks to presentations and clearing discussions we reached the acceptance of the tenants.

Shortly before refurbishment work was finished there was another meeting with the tenants, where the feedback about achievements so far was very positive. The way of living in a passive house was explained to them again and people had the opportunity to exchange experiences.

Finally GIWOG received the certificate of BMVIT from Mr. Zillner (Dipl.-Ing) at the final celebrations on the 14th of September 2006. During this event the tenants took the opportunity to thank the construction management of GIWOG for the smooth construction sequence.

Thanks to the implementing of the ventilation system a decrease of heating costs as well as the abatement of a tenant 's dust allergy were noticed.

“Living has become worth living again.”

Conclusion

The final report for this project comes to the conclusion that the refurbishment of the social housing based on passive house standard leads to an immense improvement of the quality standard.

That is why the tenant 's benefit up to 100% from the saving of heating costs between 80 and 90%.

During this project a promotion for the refurbishment based on the passive house concept was newly implemented through OÖ WBF. It is because of this promotion in connection with the rent regulation of WGG that the extra costs of this ideal refurbishment were held fairly low, so that there were no additional monthly charges for the tenants, also due to the saved maintenance provision in connection with the additional support of BMVIT.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	13
1.1	Ausgangssituation – Problembeschreibung	13
1.2.	Bedeutung des Projektes für die Programmlinie „Haus der Zukunft“	14
1.2.1	Folgeabschätzung in wirtschaftlicher Hinsicht.....	15
1.2.2	Folgeabschätzung in volkswirtschaftlicher Hinsicht.....	16-17
1.2.3	Folgeabschätzung in gesellschaftlicher Hinsicht.....	17
1.2.4	Folgeabschätzung in ökologischer Hinsicht.....	18-21
1.3	Schwerpunkte der Arbeit.....	22
1.3.1	Schwerpunkt – Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard.....	22
1.3.2	Schwerpunkt - Passivhaustaugliche Gebäudehülle.....	22
1.3.3	Schwerpunkt - Berechnung von Ausführungsvarianten mit PHPP.....	22
1.3.4	Schwerpunkt - Planung des Lüftungskonzeptes im Wohnungsbestand.....	23
1.3.5	Schwerpunkt – Warmwasseraufbereitung	23
1.4	Vorarbeiten zum Thema Altbausanierung auf Passivhausstandard	23
1.4.1	Vorarbeiten der ursprüngliche Sanierungsplanung.....	23
1.4.2	Theoretische allgemeine Vorarbeiten.....	23
2	Methodik und Datenerfassung.....	24
2.1	Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard.....	24
2.1.1	Analyse des bestehenden Wohngebäudes	24
2.2	Methodik der haustechnischen Bemessungen.....	24
2.2.1	Passivhausprojektierungspaket PHPP.....	24
2.2.2	Analyse Lüftungsvarianten und Gerätemarkt.....	24
2.2.3	Analyse der Warmwasserbereitung.....	24
3	Das Projekt	25
3.1	Projektbeschreibung.....	25
3.1.1	Projektvorstellung	26
3.1.2	Grundriss Regelgeschoss 1. – 4. Stock.....	27
3.2	Architektur.....	28
3.2.1	Zielsetzung Architektur + Sanierung.....	28-29
3.2.2	Grundrisse.....	30
3.2.2.1	Grundriss Regelgeschoss – Wohnungsverbände	30
3.2.3	Ansichten.....	31
3.2.3.1	Ostansicht – Straßenansicht Makartstraße	31
3.2.3.2	Westansicht Hofseite.....	32
3.2.3.3	Südansicht Hofseite.....	32
3.2.3.4	Nordansicht – Richard Wagner Straße	32
3.2.4	Schnitt durch Gebäudekomplex samt Balkoneinhausung.....	33
3.2.5	Details.....	34
3.2.5.1	Fensteranschlüsse	34
3.2.5.2	Fassadenschnitt Elementstoß.....	35
3.2.6	Sanierungsschritte thermische Gebäudehülle.....	35
3.2.7	Die Solarwabenfassade.....	36
3.2.7.1	Feststellung der Tragfähigkeit der Außenwände.....	37
3.2.7.2	Vermessung der bestehenden Fassade durch Laserscanning.....	38
3.2.7.3	Brandverhalten der Fassade.....	39

3.2.7.4	U-Werte der Bauteile.....	40
3.2.8	Einhausung Loggien, Balkone und Lift.....	41
3.2.9	Ostansicht, Südansicht, Nordansicht, Schnitt, Horizontalschnitt.....	42
3.2.10	Vertikalschnitt.....	43
3.3	Haustechnik.....	44
3.3.1	Studienschwerpunkte.....	44
3.3.2	Ausgangssituation.....	44
3.3.3	Ergebnisse PHPP-Berechnungen- Passivhaustauglichkeit	45
	Ergebnisübersicht Energiestudie BV Makartstraße Linz.....	46
3.3.4	Ergebnisbewertung PHPP-Ausführungsvariante.....	46
	Passivhausnachweis	47
	Energiekennwert Heizwärme.....	48
	Heizwärmelast	49
	Energiekennwerte Heizwärme Monatsverfahren	50
3.3.5	Ergebnisse Auswahl Lüftungsprinzip und Marktanalyse Lüftungsgeräte.....	51-52
	Gegenüberstellung/Marktanalyse Lüftungsgeräte	53
	Grafische Darstellung Wohnraumeinzellüftungsgeräte	54
3.3.6	Warmwasserbereitung.....	55-56
3.3.7	Heizwärmeverteilung.....	57
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	58
4.1	Lenkungseffekt durch neue Förderstufe in der Wohnbauförderung.....	58
4.2	Nettoerrichtungskosten pro m ² Wohnnutzfläche.....	58
4.3	Ergebnisse nach der ersten Heizperiode.....	58
4.3.1	Rahmenbedingungen.....	58
4.3.2	Standortklimadaten, Raumtemperatur- und Luftdichtheit	59
4.3.3	Verbrauchsaufzeichnung- u. entwicklung, Diskussion der Ergebnisse	60
4.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse und Darstellungen in Überblicksform.....	61-62
4.4	Stromsparmaßnahmen.....	63
4.5	Sommertauglichkeit.....	64
4.6	Ökologische Maßnahmen.....	64
4.7	Lüftungssysteme.....	65
4.7.1	Dezentrale, mechanische Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung.....	65
4.7.1.1	Bewertung dezentrales Lüftungssystem.....	65
4.8	Auszeichnungen	66
4.8.1	Erhaltene Preise und Auszeichnungen.....	66
4.8.2	Landesenergiepreis: Energie Star 2006.....	66
4.8.3	Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit, Kategorie Sanierung	67
4.8.4	Energie Globe 2006, Kategorie Erde.....	67
4.8.5	Diverse Fachtagungen, Exkursionen und Workshops	68
5	Bauzeit / Baustellendokumentation.....	69
5.1	Bauzeitplan	69
5.2	Baustellenfotos	70
6	Anhang	71
6.1	Energiekennwert – Heizwärme	71
6.2	Tabellen und Berechnungen	72-73
	Ausschnitte aus Veröffentlichungen in div. Fach- und Tageszeitungen beiliegend	

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation – Problembeschreibung

In Österreich existieren rund 700.000 thermisch sehr schlechte Nachkriegswohnbauten. Die nachstehende Grafik macht sowohl die große Anzahl an Gebäuden als auch deren sehr hohen Endenergieverbrauch für Raumwärme im Betrachtungszeitraum 1945 - 1980 deutlich. 64% der für die Raumheizung eingesetzten Endenergie entfällt dabei auf bestehende Ein- und Zweifamilienhäuser, 36% auf Mehrfamilienhäuser.

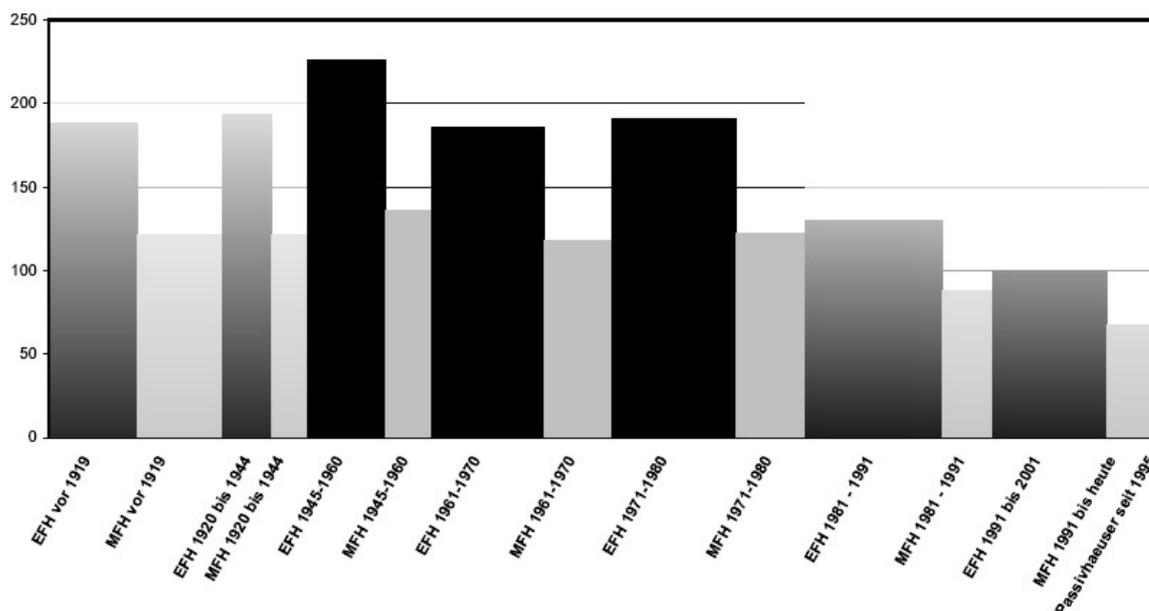


Abbildung: Wohnbau in Österreich, Quelle: Statistik Austria HWZ 1991; Grafik Krapmeier: schwarz = Einfamilienhäuser, grau = Mehrfamilienhäuser; aus dem Tagungsband „Althausanierung mit Passivhauspraxis“, 20032

Am höchsten ist der spezifische Endenergiebedarf (kWh/m² a) bei Bauten errichtet zwischen 1945 bis 1960, gefolgt von den Baualtersklassen 1919-1944 und 1961-1970. Hauptaugenmerk wäre dabei auf Wohnbauten der Jahre 1945 bis 1980 (siehe oben) zu richten, da hier, auf Grund der meist einfachen Fassadenstruktur, die kosteneffizient zu realisierenden Potentiale am größten sind.

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂-Emissionen dar. Dabei sollte allerdings auch die Chance genutzt werden, diese Gebäude gleich auf neuesten energetischen Standard und damit gesteigerten Komfort zu bringen. Dies gilt für Wohn- und Gewerbebauten ebenso, wie für Bürobauten und öffentliche Gebäude.

Das ökologische Passivhaus – dies gilt um so mehr auch für die Altbausanierung auf Passivhausstandard - wird in bisher kaum erreichter Qualität dem Wunsch nach Wohnqualität, Komfort und Behaglichkeit sowohl im Einfamilien- wie auch im Mehrfamilienhaus gerecht, aber auch bei öffentlichen und gewerblichen Bauten, und stellt derzeit das konsequenteste Konzept nachhaltigen Bauens dar.

1.2 Bedeutung des Projektes für die Programmlinie „Haus der Zukunft“

Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ hat gerade zum Thema Passivhaus eine Vielzahl von Forschungsprojekten laufen, da es mit Abstand den zukunftsweisendsten und sehr nachhaltigen Baustandard darstellt. Zudem ist das Passivhaus für den Bauherrn in der Bewirtschaftung höchst wirtschaftlich und stellt durch seine enormen Einsparungspotentiale für die Volkswirtschaft große Vorteile dar. Während sich der Passivhausstandard im Neubau von der Pilotphase hin zum Baustandard entwickelt, steht in der wesentlich komplexeren Altbausanierung der Passivhausstandard erst ganz am Anfang.



Großvolumiger Wohnbau

Makartstr. 30, 32, 34 -
Richard Wagner Straße 6
4020 Linz/OÖ



50 Wohneinheiten
50 – 68 m²/WE
3.106,11 m² Gesamt
WNF

Hauptziel dieses Demonstrationsprojektes ist die erstmalige Realisierung der Altbausanierung auf Passivhausstandard im mehrgeschossigen sozialen Wohnbau in Österreich und der damit erreichte enorme Energieverbrauchssenkung und erhebliche Steigerung des Komfortgewinns.

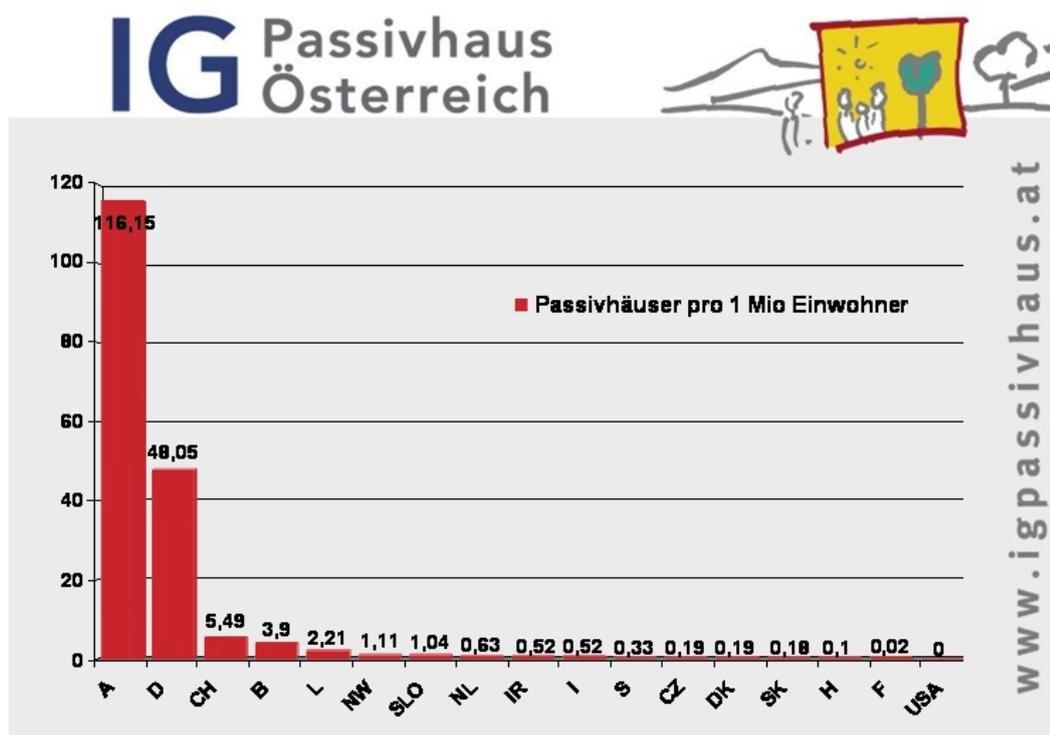
Der Entwicklungsbedarf ist in diesem Bereich dementsprechend groß:

- Thermische Altbausanierung stellt den Schwerpunkt zukünftiger Bautätigkeiten dar
- Vor allem auch in EU – Beitrittsländern (Exportchance)
- Sammlung von Erfahrungen mit Haustechnikkomponenten für die Altbausanierung im Passivhausstandard im bewohnten Bestand
- Entwicklung von Holzleichtbauelementen für die thermische Fassadensanierung als Alternative zu bestehenden VWS-Systemen am Beispiel von Solarfassaden.
- Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ im Bereich der Altbausanierung, wurde im Regierungsprogramm 2007 u.a. festgeschrieben, dass bis 2020 alle Nachkriegsbauten energetisch saniert sein sollen
- Im EU-Energieeffizienzplan 2007 spielt die thermische Sanierung des Gebäudebestandes ebenfalls eine der tragenden Rollen.
- Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ im Bereich der Altbausanierung, wurde in Vorarlberg per 1.1.2007 mit den Gemeinnützigen Bauträgern für den Erhalt der Wohnbauförderung vereinbart, alle Nachkriegswohnbauten mind. auf 30 kWh/m²a thermisch zu verbessern.

1.2.1 Folgeabschätzung in wirtschaftlicher Hinsicht

- Betriebskostensparnis bei Heizkosten um den Faktor 10
- Multiplizierbarkeit des Projektes auf den Großteil aller Nachkriegswohnbauten
- Durch die hohe Qualitätssicherung bei der Bauausführung ist mit einem zusätzlichen Arbeitsmarktbedarf von rund 8% zu rechnen
- Neuer zukunftssträchtiger Markt für die am Projekt beteiligten Unternehmen und Planer / Konsulenten
- Wesentliche Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft und Spitzenreiterposition in Europa im großen Zukunftssektor der Altbaumodernisierung mit Passivhauskomponenten

Die Umsetzung des Niedrigstenergie- und Passivhausstandards auch in der Altbausanierung ist Grundvoraussetzung zur Erreichung der politischen Klimaschutzziele und gleichzeitig eine große Chance für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung unter voller Rücksichtnahme auf ökologische Rahmenbedingungen.



Grafik: Internationale Auswertung der Passivhäuser bezogen auf Einwohner

Quelle: Zwischenbericht „Haus der Zukunft“ Projekt „1000 Passivhäuser in Österreich“

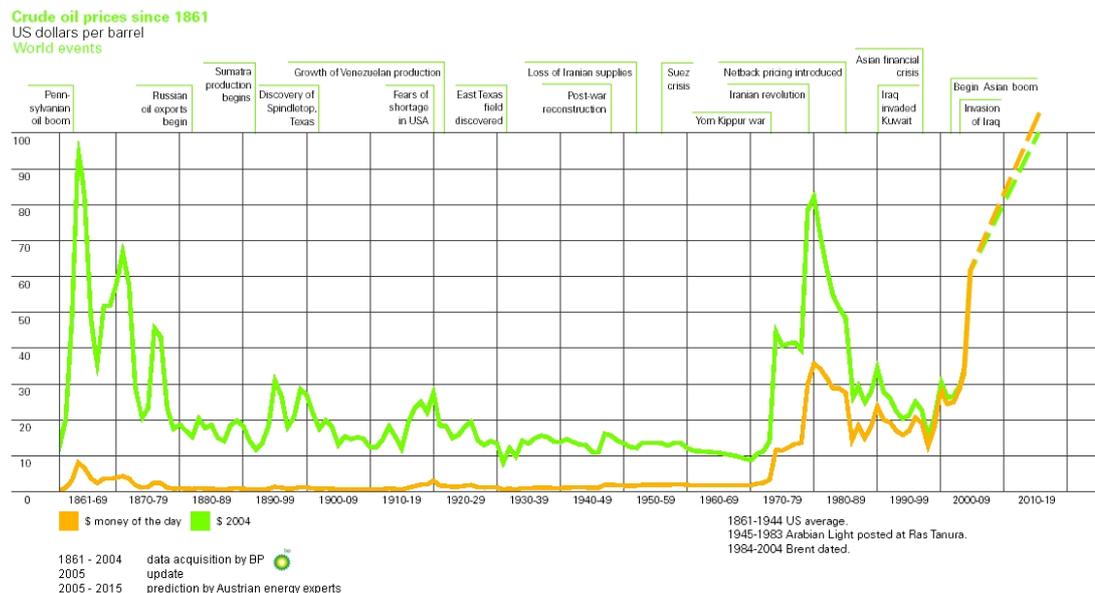
Österreich ist heute im Neubau von Passivhäusern weltweit bereits mit großem Abstand führend. Diese Vorreiterrolle gilt es auch in der Altbausanierung zum Passivhaus zu erlangen.

Dieser damit verbundene Wettbewerbsvorteil der österreichischen Wirtschaft soll der österreichischen Bauwirtschaft und Bauindustrie zusätzliche Exportchancen sichern, gerade auch in Hinblick auf die Osterweiterung.

1.2.2 Folgeabschätzungen in volkswirtschaftlicher Hinsicht

- Schaffung von Know-How und Kompetenz in Österreich in der wichtigsten Zukunftsbranche im Gebäudesektor
- Schaffung und längerfristige Sicherung von Arbeitsplätzen durch Innovation
- Exportmöglichkeit in andere europäische Länder (bzw. ehemaliges Osteuropa / EU-Beitrittsländer) bzw. Auswirkung auf Handels- und Leistungsbilanz
- Beispiel für Reduktion des Energieeinsatzes und damit der Energieimportabhängigkeit (Öl, Gas) bei Errichtung und Nutzung eines großvolumigen Bauprojektes

Aus Energiepolitischer Sicht befinden wir uns an einem absoluten Wendepunkt. Während über ein Jahrhundert der Ölpreis sehr konstant war, mit Ausnahme der beiden relativ kurzen Ölkrisen, ist nun die Energiepreisentwicklung in einer nachhaltigen dramatischen Aufwärtsentwicklung. Dies ist primär auf das Erreichen des „Oil peak“, im speziellen auf den enorm gesteigerten Nachfragemarkt in den boomenden Ländern China und Indien, zurück zu führen.



Quelle: BP Annual Report 2004

Die dramatische Kostenentwicklung am Energiesektor spricht eindeutig für den Passivhausstandard im Neubau und besonders in der Altbausanierung.

Die beste Vorsorgesicherung mit dem Passivhaus

Der Erdölexperte Matthew Simmons, früherer Experte der Energie-Task-Force um Vizepräsident Dick Cheney, teilte am 23.07.05 im Interview dem Schweizer Tages-Anzeiger in New York mit, er widerspricht der Meinung, dass 105 Dollar eine Preisspitze sein wird. Schon diesen Winter dürfte die Nachfrage das Angebot um 2 bis 5 Millionen Fass Öl pro Tag übersteigen. Engpässe sind praktisch sicher. Wir müssen in den kommenden Jahren mit einem Ölpreis von 200 bis 250 Dollar pro Fass rechnen.

Die erheblichen Preissteigerungen beim Öl werden zwangsläufig auch bei allen anderen Energieträgern, auch erneuerbaren Energien, schon rein aus

marktwirtschaftlichen Gründen zu Preissteigerungen führen, wie dies 2006 sich bei den Pellets mit einer über 40%-igen Preissteigerung deutlich zeigte.

Es ist also gerade aus sozial- und volkswirtschaftlicher Sicht ein Gebot der Stunde, neben einer signifikanten Steigerung der thermischen Sanierungsraten gleichzeitig auf eine wesentliche Steigerung der thermischen Sanierungsqualität zu achten. Die sukzessive Sanierung auf Passivhausstandard, und damit die volle Ausschöpfung der auch wirtschaftlich sinnvollen Einsparungspotentiale, ist die beste Vorsorge gegen die drohenden hohen Energiepreise, und gleichzeitig die beste Vorsorgesicherung.

Laut Prognose des WIFO vom 31.08.05 wurde für 2006 in Österreich ein Wirtschaftswachstum von 1,9%, bei einem durchschnittlichen Rohölpreis von \$50.-/Barrel, prognostiziert. Bei einem für 2006 angenommenen durchschnittlichen Rohölpreis von jedoch \$100.-/Barrel hätte das Wirtschaftswachstum jedoch nur noch 0,9% betragen. Tatsächlich lag 2006 der durchschnittliche Rohölpreis bei rund \$70.-/Barrel.

Gemäß Presseaussendung der WKÖ vom 5.3.07 wird auf Grund der mit der EU vereinbarten Regelungen zur Reduktion der Treibhausemissionen bis 2020 um 20% bzw., wenn anderer Länder wie USA und China mitmachen, um 30% Selbstverpflichtung der EU, bei einem weiteren Zögern von engagierten Maßnahmen zur Energieeinsparung mit horrenden Kosten für den Kauf von Verschmutzungsrechten gerechnet. So könnten bei Nichthandeln für Österreich jährlich Strafzahlungen von bis zu 3,8 Mrd. € drohen.

Wie in diesem Bericht ausgeführt wird, könnten alleine mit diesem Geld anstatt Strafzahlungen für lediglich ein Jahr, sämtliche Wohnungen in allen Österreichischen Landeshauptstädten mit Ausnahme Wiens, St. Pölten und Innsbruck thermisch auf Passivhausstandard saniert werden. Für diese Berechnung wurden Mehraufwendungen bei der Sanierung von € 140.-/m² zugrunde gelegt.

1.2.3 Folgeabschätzung in gesellschaftlicher Hinsicht

In gesellschaftlicher Hinsicht stellt die technische Machbarkeit von Niedrigstenergie- und Passivhausstandard in der Altbausanierung eine Schlüsselrolle bei diesem Projekt dar. Das Projekt soll zeigen, dass gerade auch im sozialen Wohnbau, noch dazu bei Vollbelegung der Mietwohnungen, eine derartig konsequente Sanierung trotzdem auf die Akzeptanz der Mieter stößt. Vor allem bringt es den Mietern auch eine wesentliche Verbesserung der Wohnhygiene und Verringerung der Straßenlärmbelästigung in exponierten Wohngebieten. Die Finanzierbarkeit ist im Rahmen des Mietrechts mit Unterstützung der neu eingeführten Passivhausförderung in der Altbausanierung, der angesparten Instandhaltungsrückstellung und in Verbindung mit der Zusatzförderung durch das BMVIT ohne monatliche Mehrbelastungen gegenüber einer konventionellen Sanierung umsetzbar. Aus den im Zuge dieses Pilotprojektes gewonnenen Erfahrungen, sollen auch Einsparungspotentiale erforscht werden, die es ermöglichen sollen, diesen zusätzlichen Förderungsbedarf zu minimieren.

Damit soll Wohnbauträgern und Immobilienmaklern speziell auch in Hinblick auf die steigende Bedeutung der Energieverbrauchswerte durch den Europäischen Gebäudepass, die Höherwertigkeit thermisch optimierter Gebäude aufgezeigt werden.

Die Heizkosten haben sich laut Austrian Energy Agency innerhalb eines Jahres bei Heizöl extra leicht um 30% mit Stand Juli 2005 erhöht, Gas wurde 2006 um 11% teurer. Energie ist mittelfristig faktisch zu einem unkalkulierbaren Risiko geworden, welches gerade Bewohner von Sozialwohnungen finanziell schwer trifft.

Die Sanierung auf Passivhausstandard wie bei gegenständlichem Projekt und die damit verbundene dramatische Reduzierung des Energiebedarfs hat enorm positive sozialpolitische Auswirkungen:

- Versorgungssicherheit + Unabhängigkeit von unsicheren Energieimporten
- Verbesserung der Handelsbilanz
- Senkung der Inflationsrate
- Steigerung der sozialen Zufriedenheit und Gesundheit
- Erhebliche Reduzierung der Schadstoffbelastungen außerhalb und innerhalb von Räumen (z.B. Feinstaub- und Straßenlärmbelastungen)
- Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen
- u.v.m.

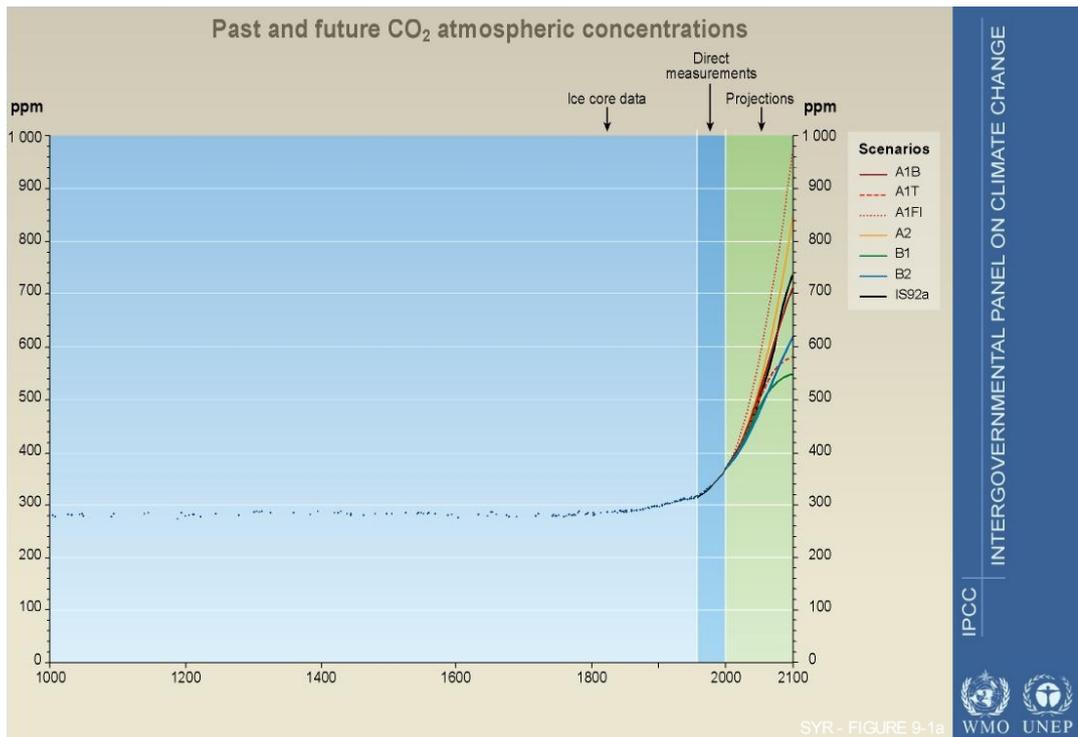
1.2.4 Folgeabschätzung in ökologischer Hinsicht

- Keine Verbundwerkstoffe
- Recyclierbarkeit der eingesetzten Baustoffe
- Minimierung des Energieverbrauches um Faktor 10
- richtungweisender Beitrag zum Klimaschutz

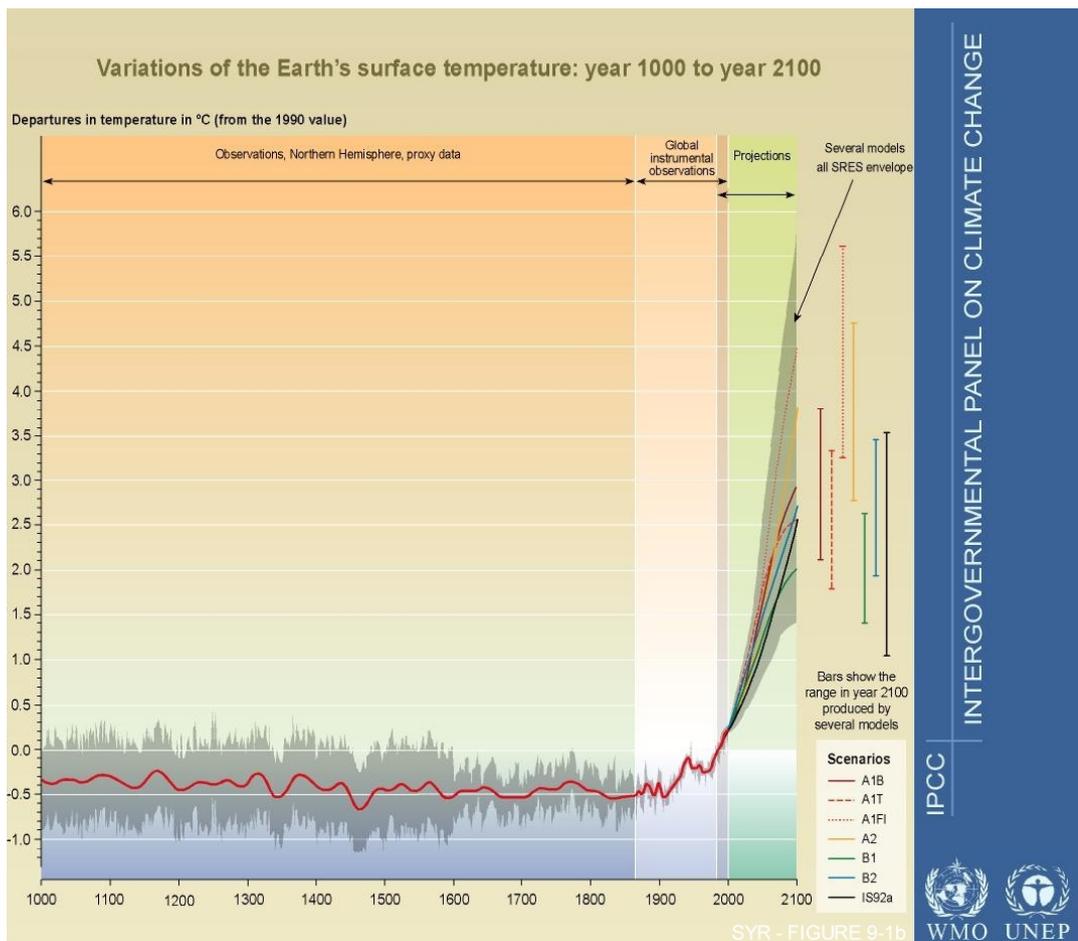
Klimarelevante Folgeabschätzungen:

Wie der IPCC Bericht bereits 2001 klar gemäß nachstehender Diagramme aufgezeigt hat, entwickeln sich alle Szenarien durch die weiter steigenden CO₂-Emissionen auf eine dramatische Klimaveränderung hin. Auch der Hurrikan "Katrina", welcher in bisher noch nie da gewesenen Ausmaß der Zerstörung gerade die Millionenmetropole New Orleans binnen weniger Stunden vernichtet und einen Schaden von 100 Milliarden Dollar verursacht hat, ist nur ein kleiner Vorgeschmack der künftigen Klimaänderung.

Um die CO₂ Konzentration in der Atmosphäre auf einen Wert von 480ppm und den bereits in Gang gesetzten Klimawandel auf max. 2°C Erhöhung zu begrenzen, ist es laut Aussage der Wissenschaftler als auch Politiker zwingend erforderlich, dass die CO₂ Emissionen bis 2050 um rund 80% reduziert werden!



Quelle: IPCC 2001 - CO₂ Konzentration in der Atmosphäre



Quelle: IPCC 2001 – Szenarien der Klimaerwärmungen bis 2100

Im neuesten IPCC Bericht vom Februar 2007, sowie den UN-Klimabericht wurde die Problematik Klimawandel in aller Deutlichkeit dargestellt, und eine sofortige radikale Energiewende gefordert.

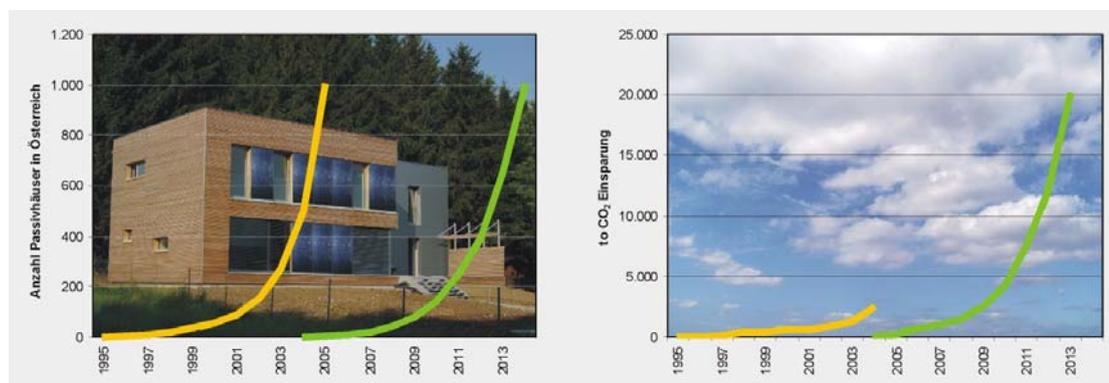
Gerade mit dem Projekt „Altbausanierungen mit Passivhauskomponenten“ können die enormen Einsparungsmöglichkeiten im Bereich des Altbestandes mit über 80% Reduktionspotential die ökologischen Chancen deutlich gemacht werden. Damit steigt auch die Chance, die internationalen Verpflichtungen des nach Kyoto Abkommens für 2020 im Sektor Raumwärme erfüllen zu können.

Um die wissenschaftlichen und politisch Reduktionsvorgaben von – 80% CO₂ Emissionen bis 2050 erfüllen zu können, ist es unbedingt erforderlich, in den nächsten 45 Jahren den gesamten Gebäudebestand im Energieverbrauch sukzessive um mindestens 80% zu reduzieren!

Auf Grund der langen Erneuerungszyklen von Gebäuden ist daher bereits jetzt bei anstehender Sanierung diese auf Passivhausstandard umzusetzen.

Multiplikatorwirkung durch Sanierung zum Passivhaus

Eine erste Trendabschätzung lässt sich auf Grund der bisher eingelangten Anfragen für ähnliche Projektvorhaben und der letzten Ausschreibung der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT zum Thema Altbausanierung ablesen. Demnach ist damit zu rechnen, dass in den nächsten zwei Jahren voraussichtlich an die zwei Dutzend weitere Demonstrationsprojekte im Bereich Altbausanierung auf Passivhausstandard bereits umgesetzt werden. Für diese nachfolgenden Demonstrationsprojekte ist das Pilotprojekt MFH Makartstrasse ein wichtiger Richtungsweisender Meilenstein.



Die linke Grafik zeigt die Entwicklung der Anzahl der Passivhäuser in **Neubau** und **Altbausanierung** im Vergleich in den jeweils ersten 10 Jahren. Hier lässt sich eine ähnliche Trendentwicklung wie vor acht Jahren im Neubausektor ablesen.

Aufgrund des circa vierfachen Einsparungspotentials an CO₂ Emissionen tragen die sanierten Projekte aber wesentlich stärker zum Klimaschutz bei – siehe rechte Grafik.

Im Vergleich zu konventionell	Ø Energieeinsparung	Ø CO ₂ Einsparung
Neubau in Passivhausstandard	60 kWh/m ² a	10 kg/m ² a
Sanierung zum Passivhaus	160 kWh/m ² a	40 kg/m ² a
	Faktor 2,6	Faktor 4

Bei sukzessiver Einbindung von nachhaltigen „Energetischen Faktor 10 Sanierungen“ gemäß diesen Demonstrationsprojekten mit einem Reduktionspotential an CO₂-Emissionen von 90 %, könnten die, laut Kyoto-Optionen- Analyse der ÖKK (Österreichische Kommunalkredit AG) bis zu 5 Millionen Tonnen, CO₂ -Einsparung im Gebäudebereich sogar noch übertroffen werden, und damit ein noch wesentlicherer Beitrag zur Erreichung des Kyotoziels geleistet werden.

Vor allem würden diese „Energetischen Totalsanierungen“ aber einen wesentlichen Beitrag für die langfristigen umweltpolitischen Reduktionsziele ergeben.

1.3 Schwerpunkte der Arbeit

1.3.1 Schwerpunkt - Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard

- Reduktion des Energiebedarf für Raumwärme um 90 % zu sozial verträglichen Preisen
- Erhebliche Steigerung des Wohnkomfort gegenüber konventionell sanierten Bauten (Frischluftqualität, kein „Schimmel nach Sanierung“ Effekt durch „falsches Lüften“)
- Reduktion des Ressourcenverbrauchs durch Einsatz nachwachsender Rohstoffe um bis zu 80% trotz hoher Dämmstandards
- Reduktion der Bauzeit durch größtmöglichen Vorfertigungsgrad für rationelle u. qualitätssichernde Altbausanierung
- Bedarfsgerechte Lüftungs- und Haustechnik für jeden Gebäudetyp
- Entwicklung und Marktdiffusion nachhaltiger und wartungsarmer Fassadensanierungen
- Einsatz von rezyklierfähigen Konstruktionen in der Sanierung nach Ende deren Lebenszyklus
- Realisierung von behaglichen Raumklima durch umfassend warme Gebäudehülle im Gebäudebestand

1.3.2 Schwerpunkt – Passivhaustaugliche Gebäudehülle

Ein ökologisch und ökonomisch optimiertes haustechnisches System bedingt in erster Linie ein nach energetischen Gesichtspunkten optimiertes Gebäude. So ist primär die Gebäudehülle dafür verantwortlich, den Heizenergiebedarf zu beschränken. Nur so kann den Anforderungen an geringe Betriebskosten entsprochen werden. Erreicht die Gebäudehülle die definierte Qualität, so nimmt die Belüftung einen großen Stellenwert ein. Reine Fensterlüftung verursacht hohe Wärmeverluste, gleichzeitig verlangt die dichte Bauweise ein sehr diszipliniertes Lüftungsverhalten. Da die Wohnungen während der Sanierungsphase durchgehend bewohnt waren, bestand die Vorgabe, dass in den Wohnungen möglichst geringe Umbaumaßnahmen unternommen werden sollen.

1.3.3 Schwerpunkt - Berechnung von Ausführungsvarianten mit PHPP

Aus haustechnischer Sicht waren zwei Studienschwerpunkte zu bearbeiten. Zum einen sollte auf Basis von Berechnungen mit dem Passivhaus-Projektierungspaket, kurz PHPP, die Passivhaustauglichkeit für den Sanierungsfall im großvolumigen Geschosswohnbau nachgewiesen werden. Die planerische Herausforderung bestand unter anderem in der korrekten, rechnerischen Einbindung einer Solarwabenfassade, welche im Bereich der gesamten Außenwand „vorgehängt“ werden sollte.

1.3.4 Schwerpunkt – Planung des Lüftungskonzeptes im Wohnungsbestand

Um Passivhaustauglichkeit erreichen zu können, ist eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung unumgänglich.

Für die Wohnraumlüftung wurde eine Lösung mit „semizentraler“ Lüftungsanlage, d.h. mit zwei Geräten für jeweils 25 WE und einem wohnungsexternen und wohnungsinternen Luftverteilnetz, sowie eine Lösung mit dezentralen Lüftungsgeräten, d.h. mehreren Geräten pro Wohnung, in Bezug auf Preis und Umsetzbarkeit miteinander verglichen.

Für das gewählte Lüftungsprinzip wurde eine genaue Gerätemarktanalyse Aufschluss über Vor- und Nachteile der Geräte hinsichtlich Funktionalität, Bedienerfreundlichkeit, Wartungsaufwand, Herstellungs- und Betriebskosten sowie der jeweils kritischen Punkte im Sanierungsprojekt vorgenommen.

1.3.5 Schwerpunkt - Warmwasserbereitung

Für die Warmwasserbereitung waren energetisch relevante Untersuchungen erforderlich, da die Aufbereitung augenblicklich in jeder Wohnung über raumluftabhängige Gasdurchlauferhitzer bewerkstelligt wird, deren Funktionalität durch die Erstellung einer dichten Gebäudehülle genau geprüft werden mussten.

1.4 Vorarbeiten zum Thema Altbausanierung auf Passivhausstandard

1.4.1 Vorarbeiten der ursprünglichen Sanierungsplanung

Eine ursprüngliche konventionelle Sanierung des Wohnobjektes war geplant. Die Arbeiten des nachträglichen Liftzubaus in der Richard Wagnerstraße 6 waren bereits abgeschlossen, als es auf Grund der Einreichung als Demonstrationsprojekt im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ zu einem Baustopp, und einer Neuplanung kam.

Nun dient die ursprüngliche konventionelle Planung auch als Vergleichsgrundlage für dieses nachhaltige Sanierungskonzept.

1.4.2 Theoretische allgemeine Vorarbeiten

Altbausanierung mit Passivhauspraxis

Entwicklung von Strategien zur Implementierung von Passivhauskomponenten, -systemen und -techniken in die Praxis der Althaussanierung, um den Energieverbrauch möglichst stark zu reduzieren und die Wohnqualität erheblich zu erhöhen. Ausführenden und Planern, die sich auf Althaussanierung spezialisiert haben, soll der Zugang zu Passivhaus-Know-how verschafft werden. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts unter der Leitung der AEE wurden durch die Mitwirkung in den Workshops ebenfalls in der Projektentwicklung mitberücksichtigt.

2 Methodik und Datenerfassung

2.1 Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard

2.1.1 Analyse des bestehenden Wohngebäudes

- Erfassung des Gebäudebestandes und dessen Zustand
- Aufnahme der Bauschäden und –mängel
- Auffindung und Analyse der thermisch kritischen Stellen und Wärmebrücken
- Analyse der derzeitigen Wohnsituationen und Platzverhältnisse in den kleinen Wohnungen (45 – 60m² WNFL) für die Einbindung der Komfortlüftung
- Erhebung der Statik Balkone und zur Analyse der Möglichkeiten der Verbesserung der Nutzbarkeit durch Vergrößerung. Analyse der Ausführungsvarianten frei vorgestellter Balkonkonstruktionen und Einhausungen
- Prüfung der Außenwand durch Bohrkernanalysen

2.2 Methodik der haustechnischen Bemessungen

2.2.1 Passivhausprojektierungspaket PHPP

Das Passivhausprojektierungspaket ist „das“ Planungswerkzeug für die Planung von Passivhäusern. Die Validierung des Programmpaketes erfolgte durch Messungen und dynamische Gebäudesimulation.

2.2.2 Analyse Lüftungsvarianten und Gerätemarkt

Für die Wohnraumlüftung wurde eine Lösung mit „semizentraler“ Lüftungsanlage, d.h. mit zwei Geräten für jeweils 25 WE und einem wohnungsexternen und wohnungsinternen Luftverteilnetz, sowie eine Lösung mit dezentralen Lüftungsgeräten, d.h. mehreren Geräten pro Wohnung, in Bezug auf Preis und Umsetzbarkeit miteinander verglichen.

Für das gewählte Lüftungsprinzip hat eine genaue Gerätemarktanalyse Aufschluss über Vor- und Nachteile der Geräte hinsichtlich Funktionalität, Bedienerfreundlichkeit, Wartungsaufwand, Herstellungs- und Betriebskosten sowie der jeweils kritischen Punkte im Sanierungsprojekt gebracht.

2.2.3 Analyse der Warmwasserbereitung

Auch für die Warmwasserbereitung wurden energetisch relevante Untersuchungen erforderlich, da die Aufbereitung augenblicklich in jeder Wohnung über raumluftabhängige Gasdurchlauferhitzer bewerkstelligt wurde, deren Funktionalität durch die Erstellung einer dichten Gebäudehülle genau geprüft werden musste.

3 Das Projekt

3.1 Projektbeschreibung

Städtebau



Großvolumiger Wohnbau

Makartstraße 30, 32, 34, Richard Wagner Straße 6,
4020 Linz/OÖ

Wasser, Strom, Telefon, Fernwärme im Wohnhaus
vorhanden; ÖV- Anbindung durch Straßenbahn und
Bus; Nahversorgung in unmittelbarer Umgebung

Das fünfgeschossige Wohngebäude der
Gemeinnützigen Industrie-Wohnungs-AG GIWOG
liegt an einer der Haupteinfahrtsstraßen zum Linzer
Zentrum, der Makartstraße – in der Nähe des
Bulgariplatzes, mit einer bereits vorhandene
Infrastruktur.



Ansicht von Kreuzung Makartstraße –
Richard Wagner Straße

Der Baukörper ist WO ausgerichtet, mit einer Südseite, welche an das
Nachbargebäude angebaut wurde und einer offenen Nordfassade.

Der gesamte Baukörper hat an allen Seiten Balkone. Durch das hohe
Verkehrsaufkommen an der Ostseite des Gebäudes wurden die Fenster aus
Schallgründen kaum geöffnet. Die Balkone waren ungenützt.

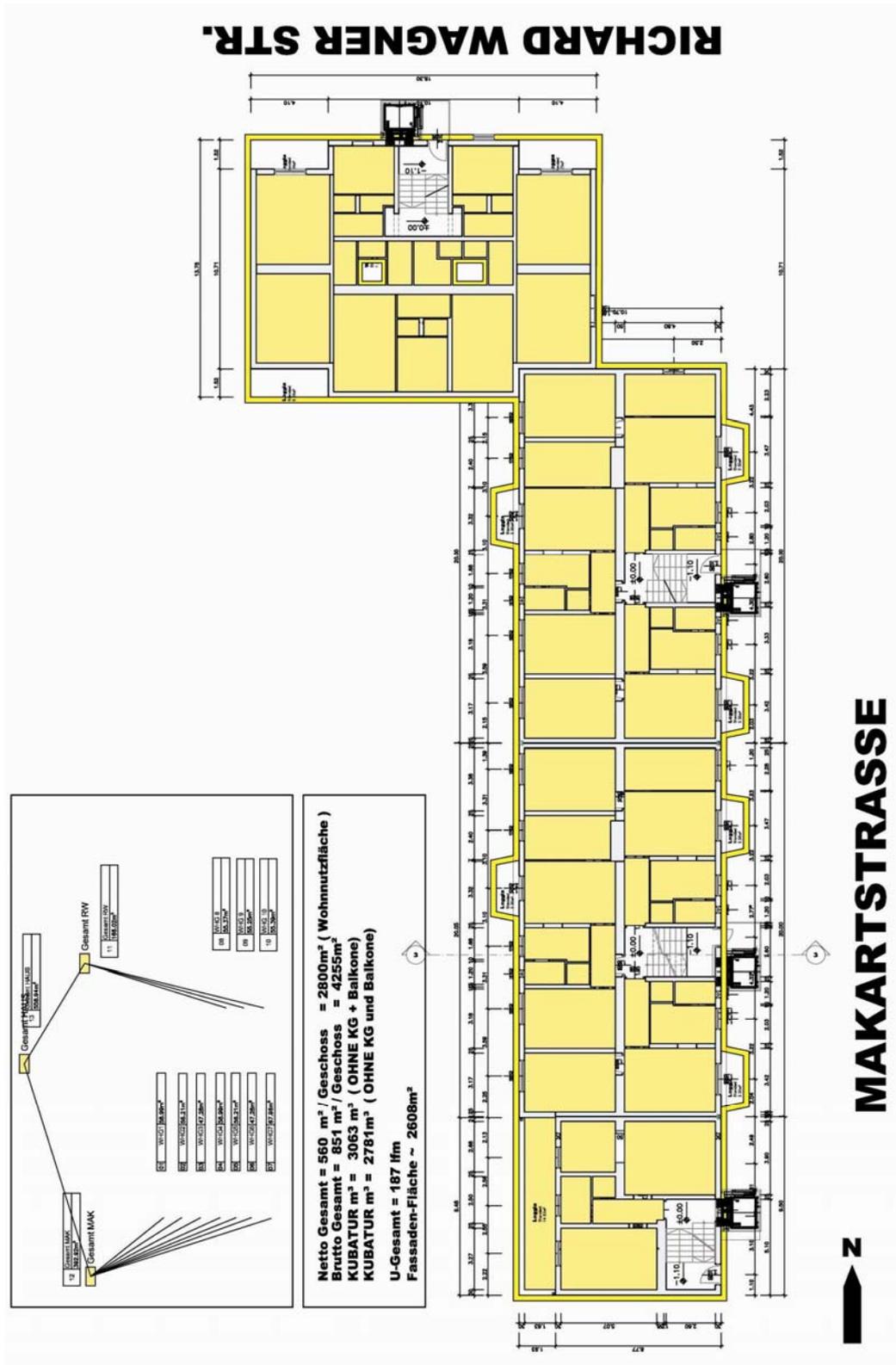
Geschichte

Die Wohnhausanlage wurde im Jahr 1957/58 errichtet und besteht aus 50
Wohneinheiten mit einer Gesamtwohnnutzfläche von 3.106,11 m² auf 5
Geschoßebenen. Das fast 5 Jahrzehnte alte Gebäude, welches von seiner
Bausubstanz her noch in Ordnung war, sollte durch eine Sanierung auf einen
wettbewerbsfähigen Wohn "ZUSTAND" gebracht werden.

Die Außenwände des 1957 errichteten Gebäudes sind aus Schüttbodyen-Mauerwerk
mit einem U-Wert von ca. 1,4 W/m²K errichtet, Dämmung wurde nur nachträglich
teilweise an der Kellerdecke angebracht. Die Gebäudekomponenten,
Außenmauerwerk, Kellerdecke, Dachgeschossdecke, Fenster, Türen etc.
entsprachen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik und waren weit von einer
zukunftsweisenden Bauweise entfernt.

Die ursprünglichen Holzfenster sind im Laufe der Zeit teilweise gegen
Kunststofffenster mit 2-fach Isolierverglasung erneuert worden, entsprachen aber
alle nicht dem heutigen Standard. Durch die Lage des Objektes an der stark
befahrenen Makartstraße war bislang eine qualitätvolle Benützung der Balkone
wegen der enormen Verschmutzung und Lärmbelästigung nicht möglich. Die
erforderliche Be- und Entlüftung der Wohnungen durch das Öffnen der Fenster zur
Makartstraße war aufgrund der starken Lärm- und Schmutzentwicklung ebenfalls
beeinträchtigt. Das Dach bestand aus einem flachgeneigten Dachstuhl mit
verzinkter Blecheindeckung (Kaltdach).

3.1.2 Grundriss Regelgeschoss 1. – 4. Stock



3.2 Architektur

3.2.1 Zielsetzung Architektur + Sanierung

Geplant wurde ein Demonstrationsobjekt, welches ein ökologisches und energieeffizientes Sanieren bestehender Bausubstanz zum Passivhaus aufzeigt.

Die Wohnungsanlage sollte die erste Sanierung zum Passivhaus im mehrgeschossigen Wohnbau mit einer Energiekennzahl unter 15 kWh/m²a werden und in Folge die Machbarkeit für weitere Sanierungsmassnahmen aufzeigen.

Die Zukunft des Wohnbaues wird nicht im Neubau liegen sondern in der Sanierung. In diesem Fall ist die Sanierung weit ökologischer als ein Neubau. Ebenfalls ist eine bestehende Infrastruktur vorhanden, welche weiter genutzt werden kann und nicht anderwärtig aufwendig geschaffen werden muss.



Im Zuge der Sanierung wird die Fassade zur neuen Außenhaut. Diese soll als Informationsträger für das Thema Energie und Sanieren stehen.

Nordostansicht mit Blick auf den nördlichen Kopfbau und Endversion mit den eingehausten Loggien



Ostfassade von Makartstraße aus südlicher Richtung betrachtet



Als Außenhaut kamen fabrikmäßig vorgefertigte Fassadenelemente zum Einsatz. Die gap-solar Fassade ist ein hocheffizientes Wärmedämmsystem. Kernstück des Fassaden-Systems ist eine spezielle Wabe. Die Sonnenstrahlung wird in die Fassade aufgenommen und hebt den Temperaturunterschied zwischen Innenraum und Außenklima durch Schaffung einer warmen Zone an der Außenseite der Wand auf

Zum Dach und zum Keller hin wurde optimiert gedämmt. Fenster wurden mit einer Dreifach-Verglasung mit einem U-Wert von 0,86 W/m²K und einem integrierten Sonnenschutz, ausgeführt. Die äußerste Fensterscheibe wurde mit einer Aktivbeschichtung mit Selbstreinigungsfunktion versehen.

Der Schallschutz tritt bei der Komfortlüftung als positive Nebenerscheinung auf. Jede Wohnung wurde mit einer Komfortlüftung ausgestattet, die den Bewohnern frische, saubere Luft ermöglicht. Somit können die Fenster weiterhin geschlossen bleiben, jedoch ohne auf eine saubere und frische Luft verzichten zu müssen.

Folgende Arbeiten wurden ausgeführt:

- Dacherneuerung
- Isolierung Kellerdecken- und Dachgeschossdecken
- Erneuerung der Elektroinstallationen in den Allgemeinräumen
- Einbau von Liften
- Verlegung des Gehsteiges
- Längsparker statt Schrägparker
- Modernisierung zum Passivhaus
- Balkonvergrößerung / thermische Einbindung in die Fassade / Wohnraumerweiterung
- Wohnungseingangstüren neu - T30
- Warmwasseraufbereitung statt Gastherme - Fernwärmedurchlauferhitzer
- Gap-Solarfassade
- Kontrollierte Einzelwohnraumlüftung
- Kellertüren T30
- Kellerboden sanieren
- Verstärkung der Stromanspeisung
- Einfriedung des Grundstückes nach Fertigstellung der Sanierung

Kontrollierte Wohnraum Be- und Entlüftung:

- Jeder Aufenthaltsraum hat ein Lüftungsgerät
- 3 Stufensteuerung
- Stromverbrauch 3-8 Watt
- Wärmerückgewinnung ca. 70%
- Bad / Dusche trocknen rasch, hohe Luftfeuchtigkeit wird vermieden

Die Ergänzungsheizung:

- Durch Heizkörper mit Raumthermostat
- Individuelle Raumtemperaturen sind möglich
- Betrieb bei Abwesenheit in der Heizperiode
- Vorhandener Anschluss der Fernwärme bleibt bestehen

3.2.3 Ansichten

3.2.3.1 Ostansicht – Straßenansicht Makartstraße

Außenanlagen:

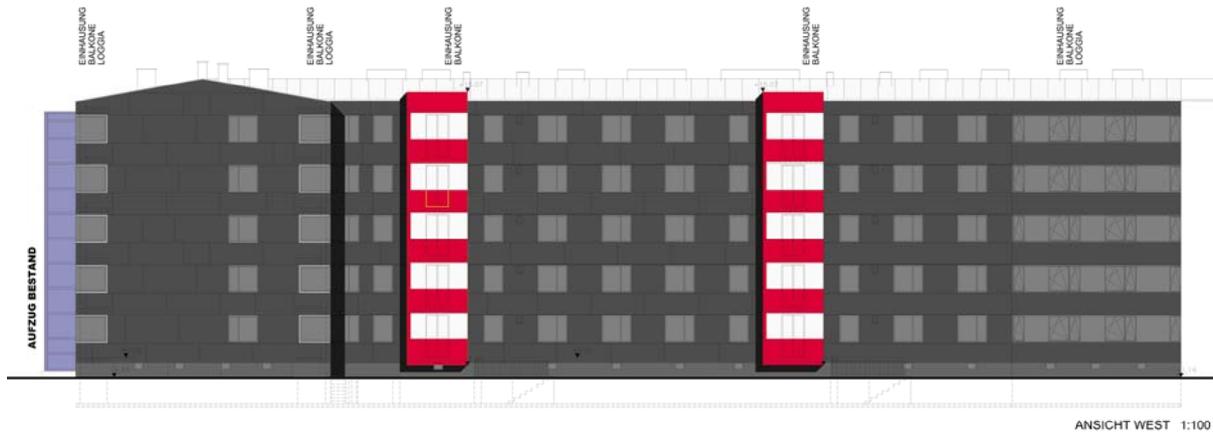
Im Zuge der Sanierung wurden auch die Außenanlagen verändert.

Im Bereich der neu zu errichtenden Aufzüge kam ein Grünstreifen, dieser dient auch als Distanzhalter und als Schutz der Fassade.

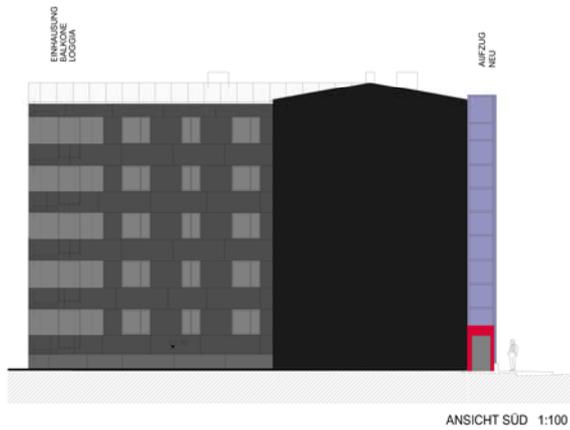
Darauf folgend kommt der Gehweg, dann der Radweg und anschließend Längsparkplätze. Bei der ursprünglichen Situation war der Gehweg direkt an das Gebäude angrenzend.



3.2.3.2 Westansicht Hofseite



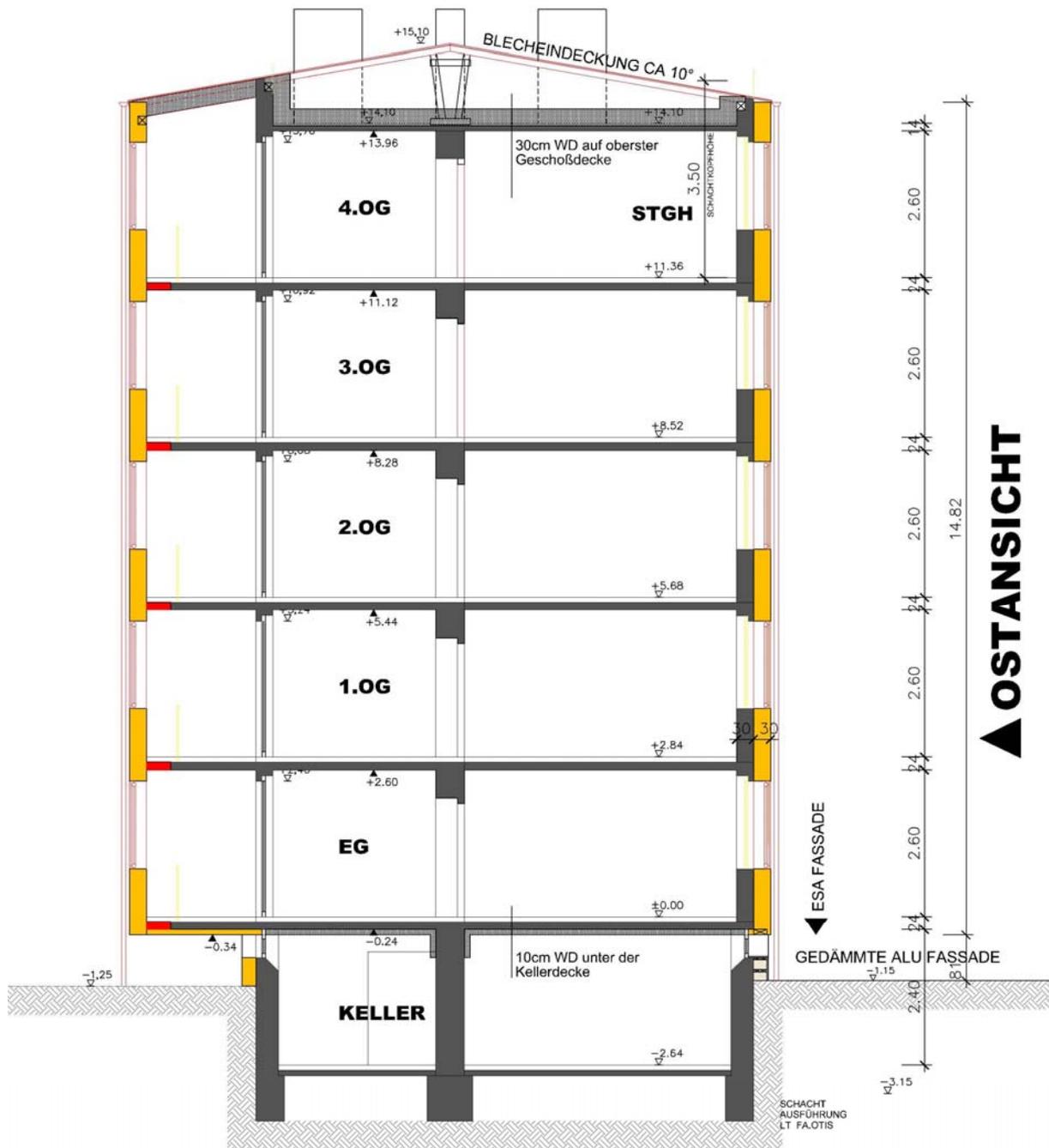
3.2.3.3 Südansicht Hofseite



3.2.3.4 Nordansicht – Richard Wagner Straße



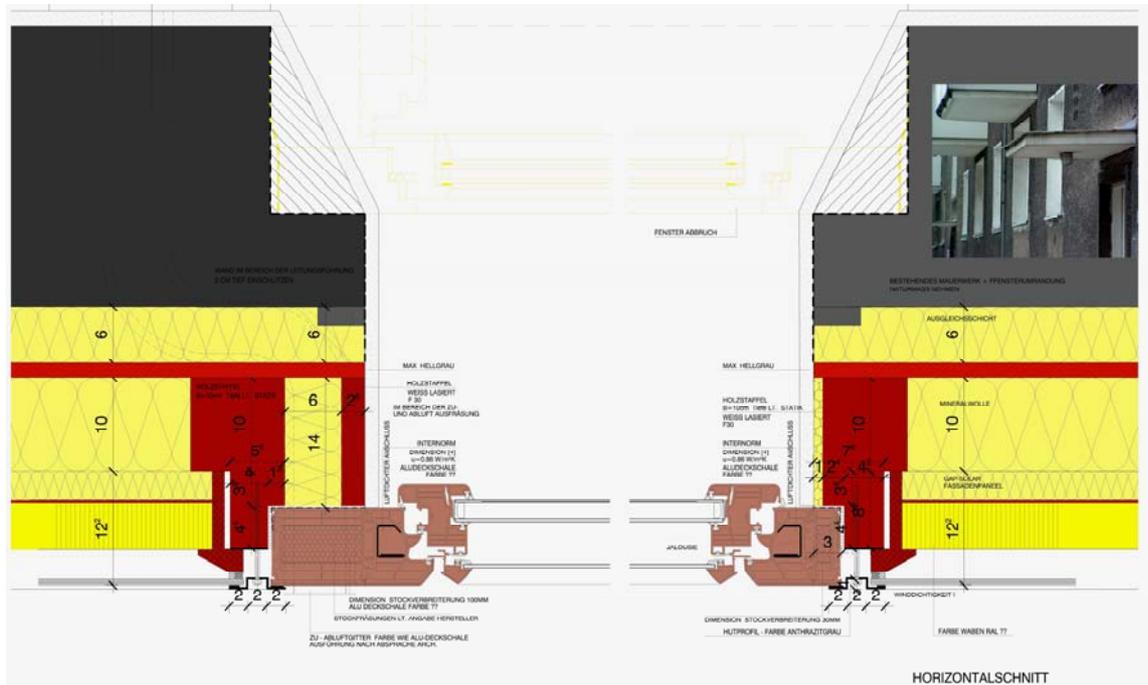
3.2.4 Schnitt durch Gebäudekomplex samt Balkoneinhausung



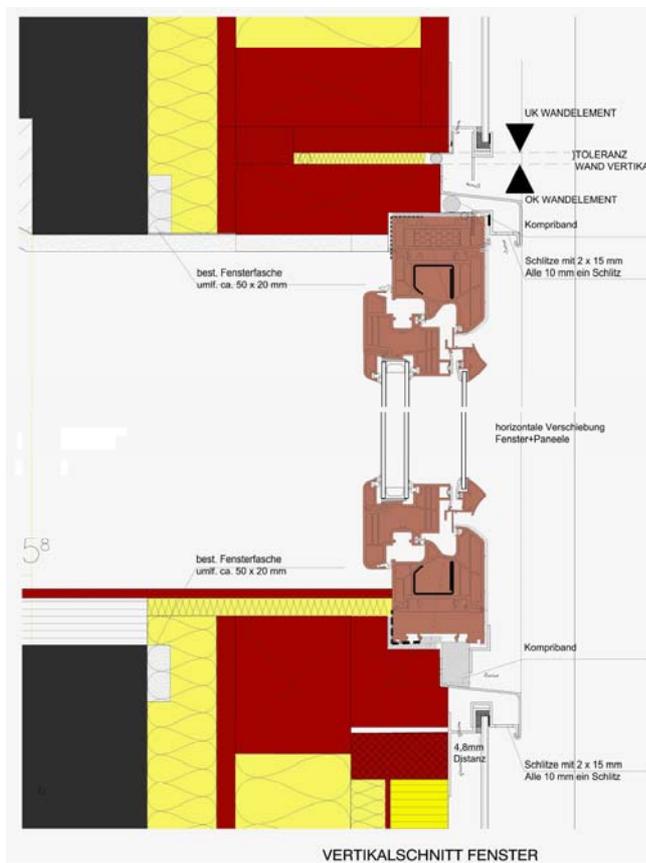
SCHNITT S4

3.2.5 Details

3.2.5.1 Fensteranschlüsse

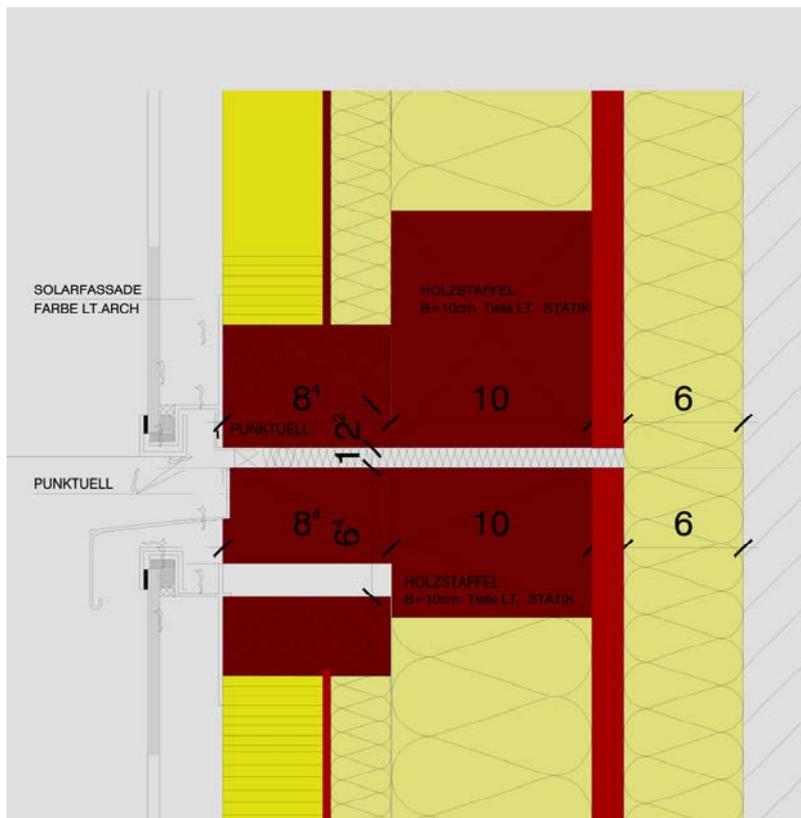


Horizontalschnitt Fensteranschluss



Vertikalschnitt Fensteranschluss

3.2.5.2 Fassadenschnitt Elementstoß



Vertikalschnitt durch den Geschoßstoß

3.2.6 Sanierungsschritte thermische Gebäudehülle

-  Ein wichtiger Aspekt bei Sanierungsvorhaben ist die rasche, den Mieter kaum störende Bauabwicklung. Erreichbar ist dies durch einen hohen Vorfertigungsgrad und dadurch bedingt einer hohen Ausführungsqualität. Rationelle Vorfertigung in Großtafelbauweise der vorgehängten Wandelemente garantiert kürzest mögliche Sanierungsdauer und kaum Beeinträchtigung der Bewohner. Die Arbeitszeiten vor Ort wurden somit gesenkt, was einen nicht vernachlässigbaren Kostenfaktor mit sich bringt.
-  Die Solarfassade wurde in großflächigen Fertigteilen geliefert und montiert. Darin integriert befanden sich die Fenster mit integriertem Sonnenschutz, die Luftkanalführung und die notwendigen E-Leitungen. Zur Erreichung der Passivhausqualität war nur ein sehr geringer Eingriff in den Wohnungsverband notwendig.
-  Die oberste Geschosdecke wurde beim Projekt Makartstraße statt der konventionellen Dämmung eine passivhaustaugliche Dämmhülle mit 40cm Dämmstärke mit entsprechenden Anschlussdetails versehen.

3.2.7 Die Solarwabenfassade

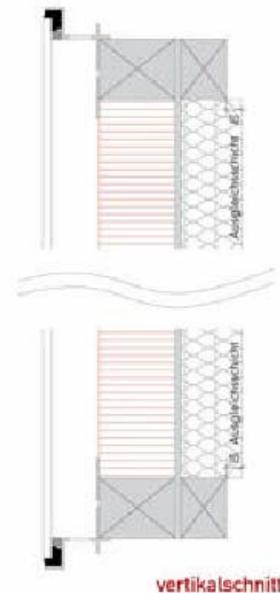
Effiziente Sanierung mit vorgefertigten Solarwabensystem

- hochwertiges Erscheinungsbild durch Glasdesign und Farbvariationen
- guter Wärmeschutz mit Solarnutzung innerhalb der Fassade
- wartungsarme Fassade durch Glasoberfläche
- behagliches Raumklima durch warme Hülle
- baubiologisch einwandfrei und wieder verwertbar



Zusammenfassung des Innovationsgrades der Solarfassade:

- ⇒ Vorfertigung als Fassadenpaneel (Qualitätssicherung durch optimale Fertigungsumgebung, Standardisierung, angepasst geringe Durchlaufzeiten wie bei Wandfertigung)
- ⇒ Montage der gap-solar Fassadenpaneel auf projektspezifisch angepasste industriell gefertigte Tragwerks- und Wandbildner
- ⇒ Montageabwicklung vor Ort innerhalb kürzester Zeit (Vorfertigung, großflächige Wandelemente)
- ⇒ Integration der Lüftung in die Wandelemente - erreicht durch Einsatz von raumweise dezentralen Lüftungsgeräten. Integration der Luftkanalführung und Stromversorgung in die vorgefertigte Außenwand. Die Schaffung der Passivhaus Qualität rein über die Hülle mit nur marginalen, kurzfristigen Eingriffen innerhalb der Wohnung!



Zusammenfassung der Projektziele:

- ⇒ Die energetische Sanierung muss rasch und mit möglichst geringer Störung der Mieter durchführbar sein! (kurze Baustellenzeit)
- ⇒ Kurze Abwicklungszeiten des Gesamtauftrages durch getrennte, parallel laufende Paneelfertigung und industrielle Wandfertigung mit anschließender Assemblierung in geeigneten Fertigungshallen
- ⇒ Hohe Ausführungsqualität durch oben angeführtes Splitting und Assemblierung im Werk
- ⇒ Aufwertung des Gesamtobjektes (energetisch und vor allem auch in architektonischer Hinsicht)
- ⇒ Beitrag zur Forcierung ökologisch nachhaltiger Entwicklungen für Baubereich (indirekte Unterstützung engagierter Firmen)
- ⇒ Forcierung von industrieller Bauweise im Neubau- und Sanierungsbereich und damit ein aktiver Schritt für zukünftige sukzessive Kostensenkung

Das Funktionsprinzip der gap-solar Fassade ist ein hocheffizientes Wärmedämmsystem durch passiv-solare Nutzung. Kernstück des Fassadensystems ist eine spezielle Wabe.

Die Sonnenstrahlung wird in die Fassade aufgenommen und hebt den Temperaturunterschied zwischen Innenraum und Außenklima durch die Schaffung einer warmen Zone an der Außenseite der Wand auf. Wo keine Wärme verloren geht muss auch keine erzeugt werden. Da bereits die diffuse Strahlung eine wesentliche Verbesserung des U-Wertes bewirkt, wurde diese Fassade auch an der Nordseite ausgeführt.

Die Wärmeströme der Fassade sind nicht statisch wie bei einem normalen Vollwärmeschutz, sondern dynamisch und von der auftreffenden Solarstrahlung, d.

h. von Himmelsrichtung, Jahreszeit, Wettersituation abhängig. Gerechnet wird mit dem effektiven U-Wert, dieser gibt den mittleren Wärmestrom der Fassade über die Heizperiode an.

Im Gegensatz zu bisherigen Sanierungen kamen vorgefertigte Holz-Wandelemente in Passivhausqualität zum Einsatz. Diese wurden den bestehenden Schüttaußenwänden außen vorgesetzt.

Wesentliche Vorteile und Innovationen der vorgefertigten Holzwandelemente: Reduktion der Bauzeit, Erhöhung der Qualität durch strenge werkseitige Qualitätskontrolle, gerüstlose Montage mit minimiertem Zeitaufwand und damit minimierter Benutzerbeeinträchtigung (stark reduzierte Lärm- und Staubemissionen, stark reduzierte Unfallgefahr, minimierter Lagerflächenbedarf, keine Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse durch Gerüstung, Schutznetz, und dergleichen). Ein vorgefertigtes Wandelement hat die Dimension einer Wohnungsbreite und einer Geschoßhöhe.

3.2.7.1 Feststellung der Tragfähigkeit der Außenwände

Zum Zweck der Feststellung der Lastaufnahme der bestehenden Schüttaußenwände für die Anbringung der Befestigungsanker der vorgehängten Fassadenelemente wurden mehrere Kernbohrungen zur Bestimmung der Druck- und Spaltzugfestigkeit gemäß ÖN B 3303 vorgenommen.



Kernbohrung in der Außenwand



Prüfkörper der Kernbohrungen

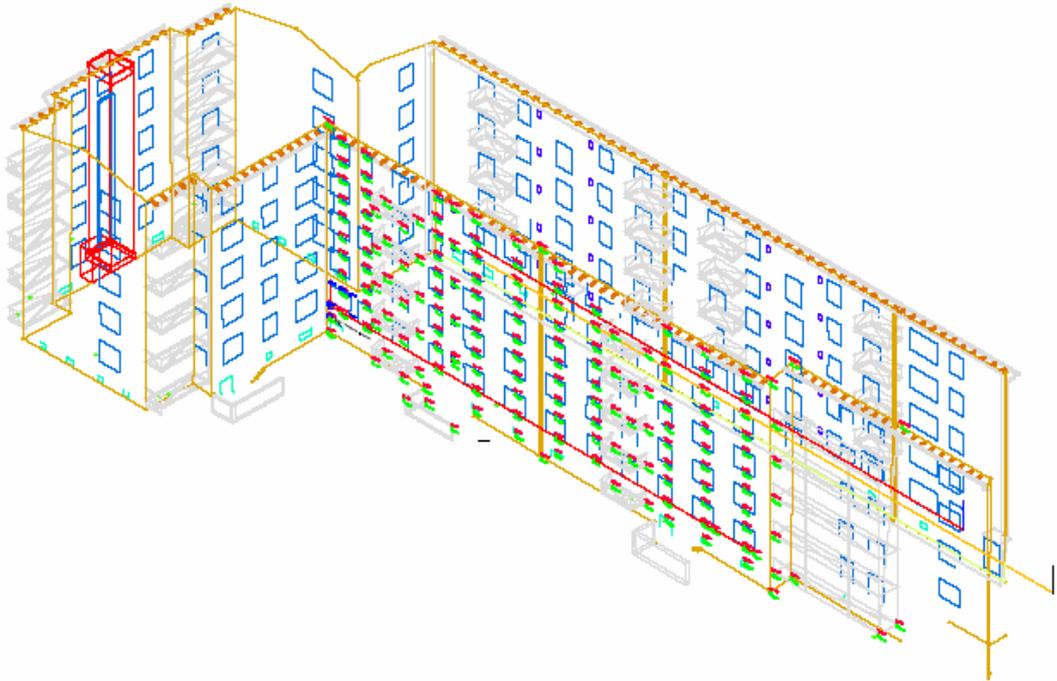
Die Außenwände des 1957 errichteten Bauwerks sind aus Schüttaußenwänden ausgeführt, die Geschoßdecken aus Stahlbeton.

Nach Untersuchungen der Befestigungsmöglichkeiten, konnten die vorgefertigten Wandelemente ausschließlich im Deckenbereich befestigt werden, da die Schüttaußenwände zu porös waren.

3.2.7.2 Vermessung der bestehenden Fassade durch Laserscanning

Das Gebäude wurde per Laserscanning 3D- Vermessen. Die ausgewerteten Daten wurden als Dxf – Datei an das Architekturbüro weitergegeben.

Diese erhaltenen 3D-Daten wurden vom Architekturbüro mit x, y, z Koordinaten versehen und an die Holzbaufirma als 2D- DWG - Daten für die Elementefertigung weitergegeben.



3-D Darstellung der Datenauswertung des Laserscanning

3.2.7.3 Brandverhalten der Fassade

Brandverhalten von Fassaden nach ÖNORM B 3800-5 (Vornorm)

Im November 2004 wurde am IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung in Linz ein Brandtest an einer gapsolar-fassade durchgeführt. Die Prüfung nach ÖNORM B 3800-5 beurteilt das Brandverhalten von Fassaden bzw. Fassadenbekleidungen, insbesondere die Brandweiterleitung über die Fassadenoberfläche.

Als angenommenes Szenario dient ein Vollbrand in einem Raum, der aus einem Fenster ausbricht und die anliegende Fassade angreift.



Die Prüfdauer beträgt mindestens 30 Minuten. Ein wesentliches Kriterium für eine positive Beurteilung ist, dass keine großen Plattenteile $> 0,4 \text{ m}^2$ oder mit Massen $> 5 \text{ kg}$ herabfallen.

Prüfablauf:

Nach ca. 4 Minuten schlugen die Flammen aus dem Fensterbereich auf die Fassade über.

Das Brandschutzmittel an der Oberfläche der Solarwabe schäumte in dieser Phase auf und bildete eine Schutzschicht.

Nach ca. 8 Minuten begannen Aluminiumteile zu schmelzen und abzutropfen.

Nach über 24 Minuten zersprang die Verglasung des Paneels, das sich direkt über dem Fenster befand.

Eine selbständige Brandausbreitung konnte auch nach 30 Minuten nicht festgestellt werden.

Die Prüfung wurde positiv bewertet.

Fazit:

Ziel der neuen Richtlinien soll es sein, Fassaden nicht ausschließlich nach der Brennbarkeit der Bestandteile zu bewerten, sondern nach dem Brandverhalten und dem Gefährdungspotential der Rettungsmannschaften.

Passivhaus-Projektierung

U-WERTE DER BAUTEILE

Objekt:

1 AW mit SF (statisch)						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : <input type="text" value="0,14"/>						
außen R _{se} : <input type="text" value="0,07"/>						
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
						Dicke [mm]
1. Putz	0,900					60
2. Schlackenbeton	0,567					300
3. Ausgleichsdämmung	0,040					60
4. Rückwand OSB (Luftdicht)	0,130					16
5. Paneeldämmung	0,040	Holz	0,130			100
5. Paneeldämmung	0,040	Holz	0,130			30
6. Paneelrückwand	0,130					4
7. Luftschicht	0,070					31
8. Solarwabe	0,080					50
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		<input text"="" type="text" value=""/>		<input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="65,1"/> cm		
U-Wert: <input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="0,158"/>						W/(m ² K)

2 Oberste Geschoßdecke						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : <input type="text" value="0,13"/>						
außen R _{se} : <input type="text" value="0,17"/>						
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
						Dicke [mm]
1. Putz	0,900					20
2. Betondecke	2,300					140
3. Schlacke	0,300					100
4. Estrich	1,400					30
5. Steinwolle	0,040					400
6.						
7.						
8.						
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		<input type="text" value=""/>		<input type="text" value=""/>		<input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="69,0"/> cm
U-Wert: <input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="0,093"/>						W/(m ² K)

3 Kellerdecke						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : <input type="text" value="0,13"/>						
außen R _{se} : <input type="text" value="0,17"/>						
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
						Dicke [mm]
1. Holzboden	0,150	Fliesen	1,000			20
2. Schlacke	0,300					80
3. Betondecke	2,300					150
4. Porit	0,040					50
5. Steinwolle	0,035					100
6.						
7.						
8.						
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		<input type="text" value=""/>		<input type="text" value=""/>		<input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="40,0"/> cm
U-Wert: <input style="background-color: #c6efce;" type="text" value="0,205"/>						W/(m ² K)

3.2.8 Einhausung Loggien, Balkone und Lift

- 50 Aus baurechtlichen Gründen musste von einer Stiegenhausdämmung (Wärmedämmung der Wohnungstrennwände zum Stiegenhaus) abgesehen werden, da eine Minimalbreite von 1.20 m nicht unterschritten werden darf. Daher wurde das ganze Stiegenhaus in die warme Hülle eingebunden.
- 50 Die vorgestellten Lifte wurden in die thermische Hülle integriert und sind über einen Vorplatz durch eine luftdichte Türanbindung erschlossen.

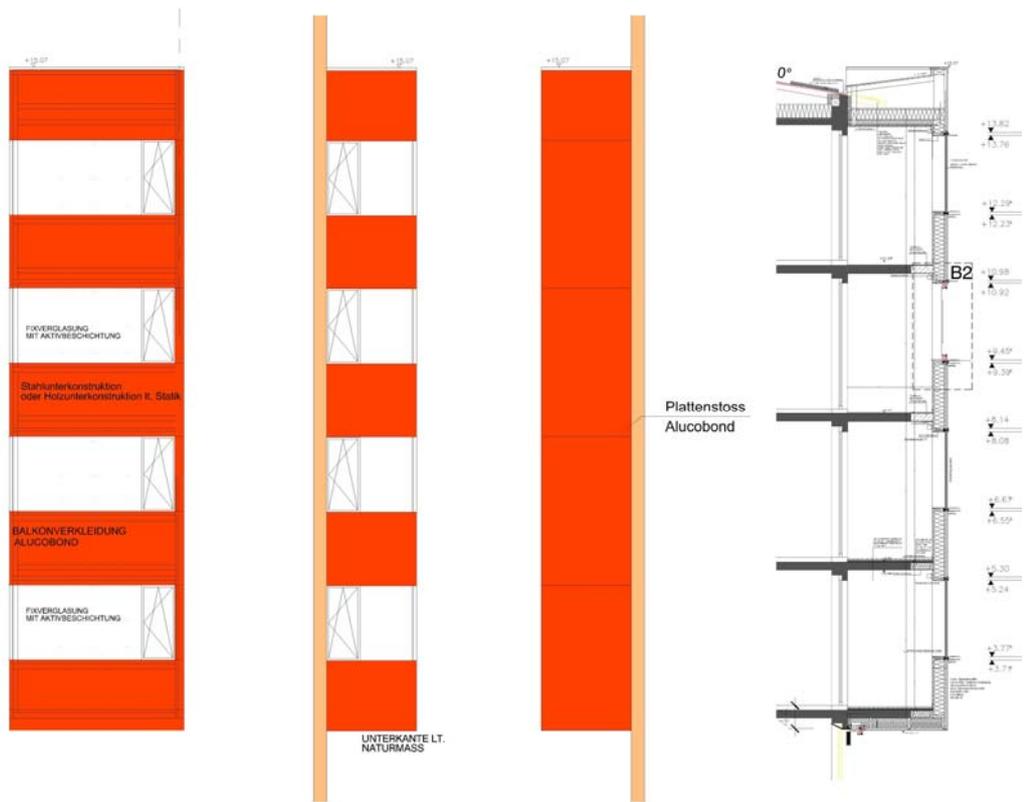
Detailansicht
vorher
nachher



Detailansicht
Balkone vorher
eingehauste
Balkone nachher



- 50 Der Baukörper spiegelt die Einfachheit der 50iger und 60iger Jahre mit einer Reduktion auf das Wesentliche wieder. Diese Reduktion und Kompaktheit sollte erhalten bleiben und durch die Schließung der Balkone am Kopfgebäude der Richard Wagner Straße noch verstärkt werden. Aus architektonischen und energieeffizienten Aspekten wurde die Fassade auch an der Nordseite angebracht.
- 50 Auf einer ruhigen grauen Basis aus gap-solar Elementen, welche keine horizontale bzw. vertikalen Hauptdominante aufweist, wurden die fröhlich-lockeren 3-fach verglasten Loggien und Aufzugsverglasungen aufgesetzt.
- 50 Durch die geschlossenen Balkonverglasungen wurden einerseits die frei auskragenden Balkonplatten thermisch umhüllt, andererseits wurden diese wieder nutzbar, da die Verglasung auch als Schallschutz fungiert.
- 50 Die verglasten Balkone bilden eine warme Pufferzone, sodass keine Notwendigkeit bestand, die bestehenden Balkontüren auszutauschen.

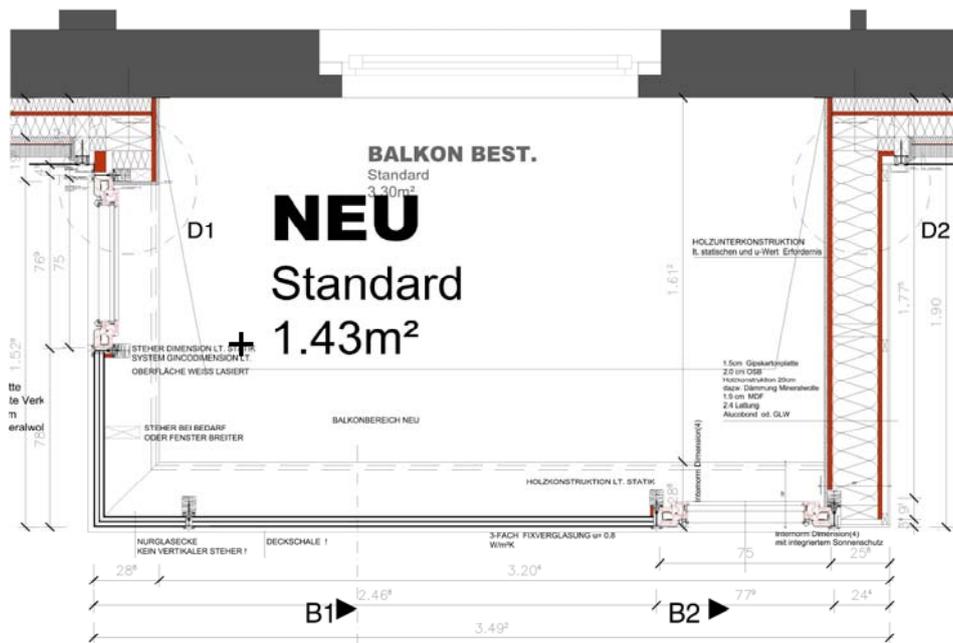


OSTANSICHT 1:50
(WESTANSICHT
SYSTEMGLEICH, NUR
AUCH IM EG)

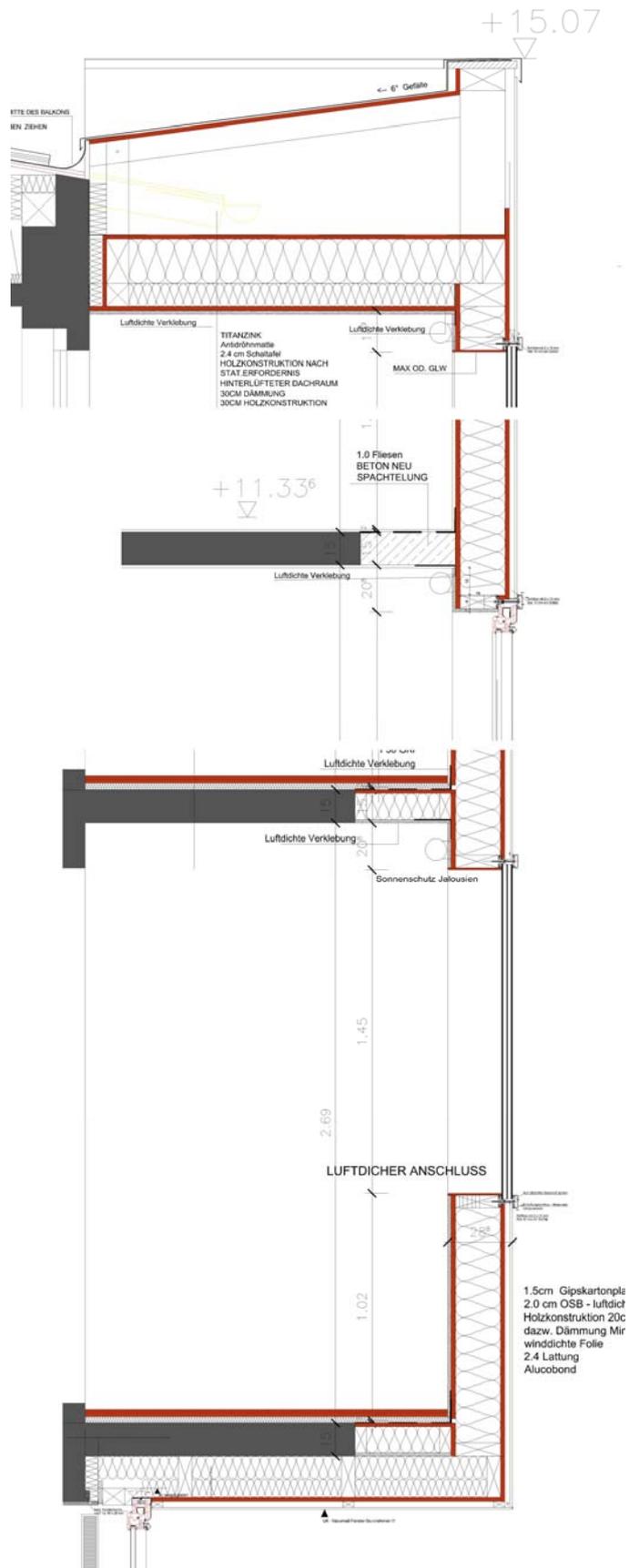
SÜDANSICHT 1:50

NORDANSICHT 1:50

SCHNITT B1 1:50



BALKON HORIZONTALSCHNITT M=1:10



BALKON VERTIKALSCHNITT B 1 M=1:10

3.3 Haustechnik

3.3.1 Studienschwerpunkte

Aus haustechnischer Sicht wurden zwei Studienschwerpunkte bearbeitet. Zum einen wurde auf Basis von Berechnungen mit dem Passivhaus-Projektierungspaket, kurz PHPP, die Passivhaustauglichkeit für den Sanierungsfall im großvolumigen Geschosswohnbau nachgewiesen. Die planerische Herausforderung bestand unter anderem in der korrekten, rechnerischen Einbindung einer Solarwabenfassade, welche im Bereich der gesamten Außenwand „vorgehängt“ wurde.

Der zweite Schwerpunkt war die Planung der Wohnraumlüftung. Um Passivhaustauglichkeit erreichen zu können, war eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung unumgänglich. Für die Wohnraumlüftung wurde eine Lösung mit „semizentraler“ Lüftungsanlage, d.h. mit zwei Geräten für jeweils 25 WE und einem wohnungsexternen und wohnungsinternen Luftverteilnetz, sowie eine Lösung mit dezentralen Lüftungsgeräten, d.h. mehreren Geräten pro Wohnung, in Bezug auf Preis und Umsetzbarkeit miteinander verglichen.

Für das gewählte Lüftungsprinzip brachte eine genaue Gerätemarktanalyse Aufschluss über Vor- und Nachteile der Geräte hinsichtlich Funktionalität, Bedienerfreundlichkeit, Wartungsaufwand, Herstellungs- und Betriebskosten sowie der jeweils kritischen Punkte im Sanierungsprojekt.

Auch für die Warmwasserbereitung wurden energetisch relevante Untersuchungen erforderlich, da die Aufbereitung im Altbestand in jeder Wohnung über raumluftabhängige Gasdurchlauferhitzer bewerkstelligt wurde, deren Funktionalität durch die Erstellung einer dichten Gebäudehülle genau geprüft werden musste.

Die Wärmeerzeugung (Fernwärme Linz) sowie das Heizungs- und Stromverteilnetz blieb weitestgehend unberührt, da die Anlagen noch voll funktionsfähig waren.

3.3.2 Ausgangssituation

Das Bauprojekt, mit insgesamt 50 Altbauwohnungen, sollte ab dem 1.OG zum Passivhaus saniert werden. Das Erdgeschoss sollte Niedrigstenergiestandard erreichen. Im Zuge der Sanierungsmaßnahmen wurden die Wohnungen mit einer Komfortlüftung ausgerüstet, zum einen um bei der verdichteten Bauweise langfristig Bauschäden zu vermeiden, zum anderen um den Mietern eine hohe Energieeinsparung bei gleichzeitig steigendem Raumkomfort zu garantieren.

Die vorrangige Aufgabe der Haustechnik bestand somit darin, eine dauerhafte, hygienisch und bauphysikalisch ausreichende Be- und Entlüftung zu garantieren, ohne die Lüftungsgewohnheiten der jeweiligen Bewohner in das Konzept mit einbeziehen zu müssen. Durch die Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle (Dichtheit) und den Einbau einer mechanischen Lüftung, konnte durch den Einsatz von Geräten mit effizienter Wärmerückgewinnung ein relevanter Anteil der auftretenden Lüftungswärmeverluste vermieden werden.

Da die Wohnungen während der Sanierung bewohnt waren, bestand die Vorgabe in den Wohnungen möglichst geringe Umbaumaßnahmen vor zu nehmen.



3.3.3 Ergebnisse PHPP- Berechnungen – Passivhaustauglichkeit

Wie eingangs erwähnt, war ein Schwerpunkt der Passivhaus-Berechnungen die Einbindung der Solarwabenfassade. Insbesondere der Einfluss durch die Verschattung der Nachbargebäude und der auskragenden Bauteile, sowie der Einsatz der Solarfassade auf der Nordfassade, welche die geringsten solaren Gewinne aufweist, wurden genauestens untersucht.

Die spezifischen Eigenschaften der Solarwabenfassade wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt vom ITW- Stuttgart in einer Feldmessung untersucht und veröffentlicht. Das Passivhausinstitut Darmstadt entwickelte aus diesen Untersuchungen eine Vorgabe für den Einsatz der Solarwabenfassade im Berechnungsprogramm „PHPP“. Mit dem Toolentwickler vom PHI- Darmstadt, Herrn DI Rainer Pfluger, wurde im Zuge der Berechnungen Kontakt aufgenommen, die PHPP- Eingabebblätter zur Kontrolle vorgelegt und auch als „korrekt ausgeführt“ von ihm freigegeben.

In etlichen Varianten wurde die Energiekennzahl für das Gesamtgebäude sowie für „ungünstige“ Einzelwohnungstypen, das Gesamtgebäude mit Erdgeschoß, ohne Erdgeschoß, mit Solarfassade, ohne Solarfassade, mit nur teilweiser Solarfassade süd- und ostseitig und nord, bzw. westseitig konventionell, usw., berechnet.

In der letzten Variante wurde mit einem Kunststofffenstertyp anstelle des zunächst vorgesehenen Holz/Alu-Fenstertyp eine Berechnung erstellt. Die Ergebnisblätter dieser „Ausführungsvariante“ sind im Anhang zu finden.

Auszug der Ergebnisse verschiedener „Variantenberechnungen“:

Ergebnisübersicht Energiestudie BV Markartstrasse; Linz

Nachfolgende Übersichtstabelle zeigt die letztgültigen Ergebnisse der PHPP-Berechnungen, abgestimmt mit dem PH-Institut Darmstadt - Stand 23. Februar 2005.

Gebäudetyp / Berechnungstyp		Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	Heizlast W/m ²
1.	Gebäude gesamt mit Solarwabenfassade (GAP)	18,6	14,1
2.	Gebäude gesamt wie 1. nur Nordfassade ohne Solarwabenfassade	18,8	14,1
3.	Gebäude gesamt komplett ohne Solarwabenfassade	20,3	14,4
4.	Gebäude ohne Erdgeschoss mit Solarwabenfassade (GAP)	15,4	13,2
5.	Gebäude ohne Erdgeschoss ohne Solarwabenfassade	16,7	13,4

Die nachfolgende Übersicht zeigt die Ergebnisse zu einer Optimierungsstudie der Variante 4. (ohne Erdgeschoss mit Solarwabenfassade). Es wurden schrittweise folgende Optimierungen vorgenommen: 1. Verbesserung Luftdichtigkeit bei 50Pa Unterdruck von 1,0-fach/Stunde auf 0,6-Fach/Stunde sowie Reduzierung des Gesamtluftwechsels von 0,38-fach/Stunde auf 0,30-fach/Stunde. 2. Verbesserung Luftdichtigkeit bei 50Pa Unterdruck von 1,0-fach/Stunde auf 0,6-Fach/Stunde; 3. Herausnehmen ("auf Null setzen") der Wärmeverluste durch unbehaute Nachbarwohnungen, da anzunehmen ist, dass Wohnungen ständig bewohnt und beheizt sind; 4. Verbesserung der Wärmerückgewinnung von 75% auf 85% durch dezentrales Lüftungssystem mit einem Gerät je Wohnung.

4.	Gebäude ohne Erdgeschoss mit Solarwabenfassade (GAP)	15,4	13,2
4A.	mit verbesserter Luftdichtigkeit von 1,0 auf 0,6-fach/Stunde sowie Luftwechsel von 0,38-fach/Stunde auf 0,3-fach/Stunde reduziert	12,7	11,1
4a.	mit verbesserter Luftdichtigkeit von 1,0 auf 0,6-fach/Stunde	13,7	11,5
4b.	wie 4a + eliminieren der Wärmeverluste an Nachbarwohnungen	13,7	10,8
4c.	wie 4b + Verbesserung Wärmerückgewinnung von 75% auf 85%	11,5	10,0

Tab. 01: Ergebnisübersicht – Teilergebnisse PHPP - Berechnung

3.3.4 Ergebnisbewertung PHPP- Ausführungsvariante

In der letzten Berechnung wurde mit einer Energiekennzahl von 14,4kWh/m²a das erklärte Ziel, Passivhausstandard für das Gesamtgebäude (ohne EG), gut erreicht.

Sämtliche relevante Parameter, wie Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage, U-Werte der Außenbauteile, der Fenster und Türen sowie der Solarwabenfassade, können durch technische Befunde und Nachweise belegt werden, wodurch die Ergebnisse als sehr realistisch eingestuft werden können. Für die Gebäudedichtigkeit wurde ein Luftwechsel bei Drucktest (n50) von 0,6-fach pro Stunde angenommen, was Passivhausminimumstandard entspricht und nach Fertigstellung der Gebäudehülle durch eine blower-door-Messung überprüft wurde.

Die Ergebnisblätter der PHPP- Berechnungen zur „Ausführungsvariante“:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	GIWOG Makartstrasse	
Standort und Klima:		Linz
Straße:	Makartstraße	
PLZ/Ort:	4020 Linz	
Land:	Österreich	
Objekt-Typ:	Wohngebäude	
Bauherr(en):	GIWOG	
Straße:	Welser Strasse 41	
PLZ/Ort:	4060 Leonding	
Architekt:	DI Domenig-Meisinger	
Straße:	Kronöd/Haseneck 7	
PLZ/Ort:	4048 Puchenau	
Haustechnik:	Planungsteam E-Plus	
Straße:	Impulszentrum 1135	
PLZ/Ort:	6863 Egg/Vorarlberg	
Baujahr:	1956	
Zahl WE:	50	
Umbautes Volumen V_e :		m ³
Personenzahl:	88,0	
Innentemperatur:	20,0	°C
Interne Wärmequellen:	2,1	W/m ²

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	2345,0	m ²	
Verwendet:	<u>Jahresverfahren</u>		PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	14	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a) <input checked="" type="checkbox"/>
Drucktest-Ergebnis:	0,60	h⁻¹	0,6 h ⁻¹ <input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	132	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) <input type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	50	kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)	
Heizlast:	11,3	W/m²	
Übertemperaturhäufigkeit:		über 25 °C	

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	-	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m ² a)	Anforderung: Erfüllt? 40 kWh/(m ² a) <input type="checkbox"/>

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:
04.08.2005
gezeichnet:
i.A. Thomas Hammerer - Planungsteam E-plus

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Linz Innentemperatur: 20,0 °C
 Objekt: GIWOG Makartstr. Gebäudetyp/Nutzung: Wohngebäude
 Standort: _____ Energiebezugsfläche A_{EB}: 2345,0 m²
 Standard-Personenbelegung: 88,0 Pers pro m² Energiebezugsfläche

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Außenwand Außenluft	A	185,7	0,217	1,00	80,2	3231	
2. Außenwand Erdreich	B			0,50			
3. Dach/Decken Außenluft	D	65,3	0,188	1,00	80,2	986	
4. Bodenplatte	B			0,50			
5. Garagenwand - Nachbar	B			0,50			
6. Eingangstüre Windfang	X	86,8	0,562	0,80	80,2	3131	
7. Decke gg kalten Dachboden	X	773,0	0,093	0,80	80,2	4624	
8. Fenster	A	597,5	0,924	1,00	80,2	44310	
9. Fenster GAP FASSADE	A	1310,7	0,158	1,00	80,2	16646	
10. Außentür	A			1,00			
11. Wbrücken außen (Länge/m)	A	173,2	0,060	1,00	80,2	834	
12. Wbrücken Perimeter (Länge/m)	P			0,50			
13. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe aller Hüllflächen		3019,0					
Summe		1496,4				73761	31,5 kWh/(m ² a)

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe 73761 kWh/a 31,5 kWh/(m²a)

Lüftungsanlage: wirksames Luftvolumen V_L A_{EB} lichte Raumhöhe

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} 73% 2345,0 m² 2,50 m 5862,5 m³

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmeeberf. η_{EWT} 0% n_{L, Anlage} φ_{WR0} n_{L, Rest}

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L 0,321 (1 0,73) + 0,024 = 0,111 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L V_L n_L φ_{WR} G_t kWh/a kWh/(m²a)

5863 m³ 0,111 1/h 0,33 80,2 kWh/a 17190 kWh/a 7,3 kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V Q_T Q_L Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendabsenkung kWh/a kWh/(m²a)

(73761 + 17190) 1,0 = 90951 kWh/a 38,8 kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Ost	0,39	0,51	213,04	250	10712	
2. Süd	0,45	0,53	66,06	378	5939	
3. West	0,38	0,53	233,08	250	11794	
4. Nord	0,40	0,53	85,32	170	3085	
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	341	0	
Summe					31530	13,4 kWh/(m ² a)

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe 31530 kWh/a 13,4 kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Ost	0,55	0,02	509,82	250	1407	
2. Süd	0,51	0,02	119,99	378	464	
3. West	0,75	0,02	486,60	250	1843	
4. Nord	0,60	0,02	194,29	170	401	
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	341	0	
Summe					4116	1,8 kWh/(m ² a)

Wärmeangebot Solarstrahlung GAP FASSADE Q_S Summe 4116 kWh/a 1,8 kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I kWh/d Länge Heizzeit da spezif. Leistung q_I W/m² A_{EB} kWh/a kWh/(m²a)

0,024 205 2,10 2345,0 24171 10,3 kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = 59817 kWh/a 25,5 kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,66

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁵) = 95%

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = 57075 kWh/a 24,3 kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 33676 kWh/a 14,4 kWh/(m²a)

Grenzwert 15 kWh/(m²a) Anforderung erfüllt? ja (ja/nein)

Passivhaus-Projektierung

HEIZWÄRMELAST

Objekt: **GIWOG Makartstr.** Gebäudetyp/Nutzung: **Wohngebäude** Innentemperatur: **20** °C
 Standort: _____ Energiebezugsfläche A_{EB}: **2345** m²
 Kenn-Nr. Heizlast-Region: **14** Keine Auswahl / Heizlastdaten zugeordnet Klima (Heizlast): **Lins**

Auslegungstemperatur	Strahlung:	Strahlung				Horizontal	TempDiff 1	TempDiff 2	P _T 1	P _T 2
		Ost	Süd	West	Nord					
Wetter 1: -8,5 °C		35	90	35	20	45				
Wetter 2: -3,6 °C		5	5	5	5	10				
Erreichungsauslegungstemp: 7,0 °C										

Bauteile	Temperaturzone	m ²	U-Wert	Fläche	W/(m ² K)	Faktor immer 1 (außer °C)	K	K	TempDiff 1	TempDiff 2	P _T 1	P _T 2	
Watt													
1. Außenwand Außenluft	A	185,7	0,217	*	1,00	*	28,5	bzw.	23,6	=	1147	bzw.	950
2. Außenwand Erdreich	B	*	1,00	*	1,00	*	13,0	bzw.	13,0	=		bzw.	
3. Dach/Decken Außenluft	D	65,3	0,188	*	1,00	*	28,5	bzw.	23,6	=	350	bzw.	290
4. Bodenplatte	B	*	1,00	*	1,00	*	13,0	bzw.	13,0	=		bzw.	
5. Garagenwand - Nachbar	B	*	1,00	*	1,00	*	13,0	bzw.	13,0	=		bzw.	
6. Eingangstüre Windfang	X	86,8	0,562	*	0,80	*	28,5	bzw.	23,6	=	1112	bzw.	921
7. Decke gg kalten Dachbod	X	773,0	0,093	*	0,80	*	28,5	bzw.	23,6	=	1642	bzw.	1360
8. Fenster	A	597,5	0,924	*	1,00	*	28,5	bzw.	23,6	=	15736	bzw.	13034
9. Fenster GAP FASSADE	A	1310,7	0,158	*	1,00	*	28,5	bzw.	23,6	=	5912	bzw.	4897
10. Wbrücken außen (Länge/m)	A	173,2	0,060	*	1,00	*	28,5	bzw.	23,6	=	296	bzw.	245
11. Wbrücken Perimeter (Länge/m)	P	*	1,00	*	1,00	*	13,0	bzw.	13,0	=		bzw.	
12. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	*	1,00	*	1,00	*	13,0	bzw.	13,0	=		bzw.	
13. Haus/Wohnungstrennwand	I	872,0	0,60	*	1,00	*	3	bzw.	3	=	1570	bzw.	1570

Transmissionswärmelast P_T

Summe	=	27768	bzw.	23267
-------	---	-------	------	-------

Lüftungsanlage:

$$A_{EB} \cdot \text{lichte Raumhöhe} = 2345,0 \text{ m}^2 \cdot 2,50 \text{ m} = 5863 \text{ m}^3$$

$$\eta_{WKO} = 73\%$$

$$\eta_{EWV} = 0\%$$

$$\eta_{L,Anlage} = 0,321$$

$$\eta_{L,Heiz} = 0,060$$

$$\text{energetisch wirksamer Luftwechsel } \eta = (1 - 0,73) + 0,060 = 0,147$$

Lüftungswärmelast P_L

V _L	η _L	ρ _{Lu}	TempDiff 1	TempDiff 2	P _L 1	P _L 2
m ³	1/h	Wh/(m ³ K)	K	K	W	W
5862,5	0,147	0,33	28,5	23,6	8091	6701

Summe Wärmelast P_V

P _T + P _L	=	35859	bzw.	29968
---------------------------------	---	-------	------	-------

Wärmeangebot Solarlast P_S

Ausrichtung der Fläche	Fläche m ²	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	Strahlung 1 W/m ²	Strahlung 2 W/m ²	P _S 1 W	P _S 2 W
1. Ost	213,0	0,5	0,4	35,0	5	1499	214
2. Süd	66,1	0,5	0,4	90,0	5	1412	79
3. West	233,1	0,5	0,4	35,1	5	1655	238
4. Nord	85,3	0,5	0,4	20,0	5	363	91
5. Horizontal	0,0	0,0	0,4	45,0	10	0	0

Summe

Summe	=	4929	bzw.	622
-------	---	------	------	-----

Wärmeangebot Solarlast P_S

Ausrichtung der Fläche	Fläche m ²	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	Strahlung 1 W/m ²	Strahlung 2 W/m ²	P _S 1 W	P _S 2 W
1. Ost	509,8	0,02	0,5	35,0	5	197	28
2. Süd	120,0	0,02	0,5	90,0	5	110	6
3. West	486,6	0,02	0,8	35,0	5	258	37
4. Nord	194,3	0,02	0,6	20,0	5	47	12
5. Horizontal	0,0	0,00	0,4	45,0	10	0	0

Summe

Summe	=	612	bzw.	83
-------	---	-----	------	----

Interne Wärmelast P_I

spez. Leistung	A _{EB}	P _I 1	P _I 2
W/m ²	m ²	W	W
1,6	2345	3752	3752

Wärmegewinne P_G

P _S + P _I	=	9293	bzw.	4457
---------------------------------	---	------	------	------

P_V - P_G

P _V - P _G	=	26565	bzw.	25511
---------------------------------	---	-------	------	-------

Heizwärmelast P_H

	=	26565	W
--	---	-------	---

wohnlächenspezifische Heizwärmelast P_H / A_{EB}

	=	11,3	W/m ²
--	---	------	------------------

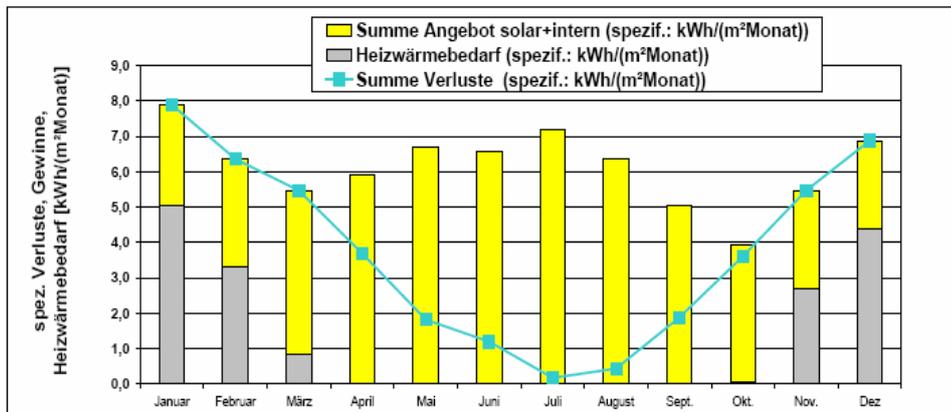
Zulufttemperatur ohne Nachheizung: **17** °C
 zum Vergleich: Wärmelast, die von der: ϑ_{Zu,Min} **12** °C Zulufttemperatur Max. ϑ_{Zu,Max} **17** °C
 = **2918** W spezifisch: **1,2** W/m²

PASSIVHAUS-PROJEKTIERUNG

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME MONATSVERFAHREN

Klima: <u>Linz</u>	Innentemperatur: <u>20</u> °C
Objekt: <u>GIWOG Hakartstr.</u>	Gebüdetyp/Nutzung: <u>Wohngebäude</u>
Standort:	Energiebezugsfläche A ₁₄ : <u>2345</u> m ²
	Standard-Personenbelegung: <u>88</u> Pers

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	
Heizgr.Sid. Außen	16,3	13,1	11,3	7,6	3,8	2,5	0,4	0,9	3,9	7,5	11,3	14,2	93	kWh
Heizgr.Sid. Grund	9,1	9,1	10,1	8,9	7,7	5,7	4,3	3,4	3,3	4,2	5,6	7,6	79	kWh
Verluste Außen	18481	14998	12606	8643	4267	2804	405	1025	4426	8466	12826	16127	105165	kWh
Verluste Grund	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Summe Verluste (spezif.:	7,9	6,4	5,5	3,7	1,8	1,2	0,2	0,4	1,9	3,6	5,5	6,9	44,8	kWh/m ²
Solare Gewinne Ost	957	1292	2473	3704	4366	4301	4812	4067	2947	1851	948	688	32406	kWh
Solare Gewinne Süd	714	755	1259	1510	1513	1387	1646	1518	1355	1008	658	525	13848	kWh
Solare Gewinne West	1054	1423	2723	4078	4806	4735	5298	4477	3244	2038	1044	757	35678	kWh
Solare Gewinne Nord	265	388	721	978	1310	1398	1470	1161	772	556	283	211	9511	kWh
Solare Gewinne Horiz.	1054	1423	2723	4078	4806	4735	5298	4477	3244	2038	1044	757	35678	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Innere Wärmequellen	3664	3309	3664	3546	3664	3546	3664	3664	3546	3664	3546	3664	43139	kWh
Summe Angebot solar+inte	2,8	3,1	4,6	5,9	6,7	8,3	7,2	6,3	5,1	3,9	2,8	2,5	57,4	kWh/m ²
Solarer Ausnutzungsgrad	100%	100%	100%	63%	27%	18%	2%	7%	37%	92%	100%	100%	50%	
Heizwärmebedarf	11528	7731	1984	0	0	0	0	0	91	6347	10282	35262		kWh
Heizwärmebedarf (spezif.:	5,0	3,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	4,4	16,3	kWh/m ²



3.3.5 Ergebnisse Auswahl Lüftungsprinzip und Marktanalyse Lüftungsgeräte

Wie eingangs erwähnt, wurden im „Vorprojekt“ als mögliche Lösungen zur Wohnraumlüftung eine semizentrale (zwei Gerät für je 25 WE) mit einer dezentralen Lüftungsanlage (mehrere Einzelraumgeräte pro Wohnung) verglichen.

In Sachen Umsetzbarkeit im bewohnten Zustand stellte sich rasch heraus, dass die dezentrale Lösung deutliche Vorteile mit sich bringt, da die Montagezeiten innerhalb der Wohnung nur kurz sind, wohingegen bei der semizentralen Lösung die gesamte Anlagenmontage sowohl außerhalb als auch innerhalb der (bewohnten) Wohnung nicht realisierbar war. Ein Platz für Lüftungskanäle war ebenfalls nicht vorhanden.

Aus diesem Grund musste die Entscheidung auf die dezentrale Lösung mit „Einzelraumlüftern“ fallen.



Die meisten Vorzimmer sind auf Grund der kleinen Wohnungen bis an die Decke mit Einbaumöbel verbaut. Eine Zu- und Abluftleitungsführung in diesen Bereichen für ein semizentrales Lüftungskonzept ist daher faktisch nicht umsetzbar gewesen.

Die seinerzeit bestehende „kontrollierte Be- und Entlüftung“ in den Badezimmern.

Um eine optimale Auswahl des Einzelraumlüftungsgerätes zu treffen, wurde der aktuelle Markt unter Berücksichtigung folgender Schwerpunkte untersucht:

- Höhe der Wärmerückgewinnung,
- maximale Schalleistung im Auslegungszustand
- Leistungsaufnahme der Ventilatoren im Auslegungsfall,
- Einbausituation für den Sanierungsfall
- Preis pro Einzellüfter
- bauaufsichtliche Zulassung

Auf Basis der Marktforschungsergebnisse und der Erkenntnis, dass Geräte auf dem Markt vorhanden sind, die den gestellten Anforderungen an eine hohe Wärmerückgewinnung, niedrigen Stromverbrauch, normkonformen Schalleistungspegel und normkonformen Mindestluftwechsel gerecht werden, wurde die vertiefte Energiekonzeption weiterentwickelt.

Aufgrund der Anforderungen zur Vorlage einer bauaufsichtlichen Zulassung iV25“ stellte sich allerdings heraus, dass lediglich zwei der untersuchten Gerätetypen diese Zulassung vorweisen können, wodurch die anderen ausgeschlossen werden mussten.

Die beiden übrig gebliebenen Gerätetypen „InVENTER“ und „Meltem“ wurden anschließend im Detail untersucht. Hierzu wurden Testmeetings abgehalten, wo die Praxistauglichkeit der Geräte geprüft wurde. Bei diesen Tests wurden relevante Unterschiede im Bereich „Austauschbarkeit der Filter“, Stabilität der Gerätekonstruktion (Bauart), Gerätelautstärke, Einbausituation, u.ä. untersucht und Argumente Für und Wider festgehalten.

Auch nach diesen Tests und einer weiteren Gegenüberstellung (speziell auch in Bezug auf die unterschiedlichen Wärmerückgewinnungsgrade), wurden die Geräte vom Planungsteam weiterhin als „gleichwertig“ eingestuft.

Ausschlaggebender Grund, warum letztendlich die Wahl auf das Gerät der Fa. Meltem gefallen ist, hängt mit der Funktionsweise der Geräte und der dadurch bedingten Anzahl der Geräte zusammen:

Während das InVENTER-Gerät immer im Wechsel, d.h. im 70 sec-Rhythmus, Zu- und Abluft in den Raum bläst, bzw. absaugt und dabei die Luft über einen Keramikspeicher führt, ist das Meltem-Gerät mit einem klassischen Kreuzstromplattentauscher ausgestattet und Zu- und Abluft werden gleichzeitig in den Raum eingeblasen, bzw. abgesaugt.

Dieser gravierende technische Unterschied führt dazu, dass zur Realisierung einer balancierten Lüftung in der gesamten Wohnung beim Typ InVENTER immer eine gerade Anzahl von Geräten, also 2,4,6,..., installiert werden müssen, während beim Typ Meltem diese Anforderungen, aufgrund der bereits abgeglichenen Luftmengen je Gerät, nicht gilt.

Nach genauer Überprüfung stellte sich heraus, dass die Grundrissituation einzelner Wohnungstypen eine gerade Anzahl von Geräten nur dann zulässt, wenn zusätzliche Geräte installiert werden, auch wenn sie „lufttechnisch“ nicht benötigt werden. Diese kostenintensive Zwangsmaßnahme bewertete das Planungsteam und die Bauherrschaft als nicht durchführbar.

In Folge dessen blieb als mögliche Ausführungsvariante nur noch das Gerät der Fa. Meltem übrig.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisübersicht einiger relevanter Daten der Geräte InVENTER, Meltem sowie einem Gerät der Fa. Paul für die semizentrale Lösung.

Projekt:		Sanierung Makartstraße - GIWOG							
Bearbeitung:		Planungsteam E-Plus, Egg							
Gegenüberstellung von Einzelraum- Lüftungsgeräten									
Produktbezeichnung	Volumenstrom	WRG	Schallleistung	Abmessungen	Leistungsaufnahme	Bohrungen	Listenpreis	Bemerkungen:	
Fabrikat	Type	Stufe [m³/h]	%	dB(A)	hxbxt [cm]	Stufe [Watt]	da [mm]		€ ohne MwSt
InVENTer	InVENTer 14	16 bis 34	>75%	19 bis 25	innen rund dm 29, außen 28x28	2 bis 4	1x220	ca. 550,-	bauaufsichtliche Zulassung IV 25 vorhanden; Bussystem nicht möglich, jed. Betriebsstundenzeichnung in Zentralregler integriert; Wärmetauscher und Kunststofffilter waschbar; Preisangabe inkl. Kostenanteil Zentralregler (65 €) und Anteil Verkabelung (70 €) pro Gerät. Annahme 3-4 Geräte/WE erforderlich
Meitem	M-WRG	15 bis 60	>70%	19 bis 35	40,9/38,8/19,6	3,8 bis 12,5	2x120	ca. 770,-	bauaufsichtliche Zulassung IV 25 vorhanden; Busansteuerung nur bei Komfortmodell möglich (Einzelpreis 990,- €); pro Zimmer ein Gerät erforderlich, Einzelregelung in jedem Gerät integriert. Annahme 3-4 Geräte/WE erforderlich
Variante (semi)zentrale Lüftungsanlage - 2 Geräte für 50 WE									
Lüfta	MAX 2000	200 bis 2000	>80%	im Raum <25	ca. 360/105/78	700 W bei 1750m³/h	_____	n.E.	2 ST Geräte a` 1750m³/h für je 25 WE; Einzelwohnungsregelung über dezentrale Volumenstromregler und Konstantdruckregelung der Ventilatoren im Zentralgerät. Bauaufsichtliche Zulassung vorhanden; hohe WRG. Bauliche Maßnahmen: In jedem Stiegenhaus muß ein Steigschacht von je 70x35 cm errichtet werden. Die Decken in den Vorräumen der Wohnungen sollten Abgehängt werden sowie kleiner Bereiche in einzelnen Zimmer.

Alle Angaben lt. Hersteller, bzw. Prüfprotokollen

Tab. 02: Gegenüberstellung/Marktanalyse Lüftungsgeräte

Grafische Darstellung des dezentralen Einzelwohnraum Lüftungssystem für die drei unterschiedlichen Wohnungstypen

POSITION MELTEM EINZELWOHNRAUMLÜFTUNGSGERÄTE M-WRG



Führung Frischluftansaugung und Fortluft in der Fensterleibung

Horizontalschnitt Fensteranschluss

3.3.6 Warmwasserbereitung

Im Zuge der Bausanierung wurde neben den Bauteilen auch die Gebäudedichtigkeit auf Passivhausstandard verbessert, was zu Problemen bei den ursprünglich installierten, raumluftabhängigen Gasdurchlauferhitzern führte, da im Zweifelsfall nicht mehr genügend Verbrennungsluft nachströmen konnte.



Die alten bestehenden Gasthermen in den Küchen zur Warmwasserbereitung



Austausch d. Fernwärmedurchlauferhitzer

Da das Nachströmen der Verbrennungsluft jedoch zu hundert Prozent gewährleistet sein musste, war es erforderlich eine technische Lösung zu erarbeiten, die dies garantiert oder alternativ dazu für die Warmwasserbereitung ebenfalls eine Komplettanierung vorzunehmen. Die Thermen waren auszutauschen und die Warmwassererzeugung über die Fernwärme zu bewerkstelligen, das heißt vom Fernwärmeanschluss im Keller neue Anschlüsse in die Wohnungen zu verziehen.

Dies stellte eine Lösung mit hohen Kosten dar, war jedoch leider die einzig mögliche Ausführung.

Problematik von Gasdurchlauferhitzer in luftdichten Wohnungen

Aus den vor genannten Kostengründen wurde daher zunächst versucht eine Lösung auf Basis der bestehenden Anlagen, also mit Erdgas, zu realisieren.

Hierzu wurden intensive Gespräche mit den Thermenlieferanten (Fa. Vaillant, Fa. Junkers) sowie dem Energieversorger (Linz AG) geführt, um gemeinsam eine technische korrekte Lösung zu erarbeiten.

Die Berechnungen ergaben eine notwendige Verbrennungsluft von 25m³ für einen, für die Wohnanlage typischen, Gasdurchlauferhitzer mit 21 KW.

In mehreren Untersuchungen wurde zunächst versucht, eine Lösung auf elektrischer Basis zu finden, d.h. z.B. durch den Einbau eines elektrischen Kontaktes im Gasgerät. Dieser reagiert auf den Gasdurchfluss und reduziert während der Warmwassererzeugung beim Küchen-Lüftungsgerät den Abluftvolumenstrom auf 15m³/h und erhöht den Zuluftvolumenstrom auf 40m³/h, womit die notwendige Verbrennungsluft von 25m³ Luft pro Stunde übers Lüftungsgerät eingebracht wird.

Die Fa. Meltem garantierte in diesem Zusammenhang zum einen die technische Machbarkeit, und dass es zu keinerlei Zugerscheinungen, bzw. zu keinen Vereisungs- und Kondensatproblemen kommen kann.

Als weitere interessante Möglichkeit wurde diskutiert, dass anstelle des Einbaus der elektrischen Kontakte, die Nachrüstung von Abgaswächtern vorgenommen wird. Die Idee war, dass in das Abgasrohr der Durchlauferhitzer Abgasthermostate eingebaut werden, welche bei einer einstellbaren Abgastemperatur z.B. von > 60 °C, wiederum das Küchen-Lüftungsgeräte so ansteuern, dass der Abluftvolumenstrom des auf 15m³/h reduziert wird und der Zuluftvolumenstrom auf 40m³/h erhöht wird.

Letztendlich musste aus sicherheitstechnischen Gründen entschieden werden, dass eine auf Strom basierende technische Lösung nicht ausgeführt werden darf, da der Gasdurchlauferhitzer theoretisch auch bei Stromausfall laufen kann und dann die Verbrennungsluftnachströmung nicht mehr zu hundert Prozent garantiert ist, obwohl über die Einzelraumlüftungsgeräte bei Stromausfall, d.h. bei Gerätestillstand, Luftnachströmflächen vorhanden sind.

Seitens der Linz AG wurde in jeder Wohnung eine freie Lüftungsöffnung von 40 cm² nach außen bzw. zum Stiegenhaus vorgeschrieben.

Da im Passivhaus eine dichte Gebäudehülle unverzichtbar ist, wurde im Planungsteam die Lösung mit Lüftungsöffnungen nach außen nicht weiter diskutiert, sondern nur der thermisch weniger relevante Einbau von Überströmöffnungen zum (teilbeheizten) Stiegenhaus.

Die Idee war, dass oberhalb der Tür eine schallgedämmte Überströmöffnung, inkl. einer Brandschutzmanschette beim Wanddurchtritt eingebaut wird. Eine technisch korrekte Lösung wurde mit der Fa. Westaflex, Deutschland ausgearbeitet.

Nach Vorlegen des Konzeptes bei der Feuerwehr Linz wurde allerdings von dieser Seite leider keine Freigabe erteilt, womit auch dieser Lösungsvorschlag verworfen werden musste.

Schlussendlich können also die Gasdurchlauferhitzer nicht beibehalten werden und es wurde im Zuge der Sanierung eine Lösung mit Fernwärmedurchlauferhitzern geplant und ausgeführt.

3.3.7 Heizwärmeverteilung

Die Wärmeerzeugung (Übergabestation der Fernwärme Linz) sowie das Heizungs- und Stromverteilnetz blieb weitestgehend unberührt, da die Anlagen noch voll funktionsfähig sind. Bei allen bestehenden Heizkörpern wurden Raumthermostate eingebaut. Die Vorlauftemperatur wurde entsprechend reduziert.

Dies hatte nebenbei den Vorteil, dass den Mietern – größtenteils Senioren – ihre gewohnte Heizung nicht weggenommen wurde, und sie damit „leichteren Herzens“ dieser für sie ungewohnten und nur schwer vorstellbaren, neuartigen Sanierung zustimmten. Mit der Fertigstellung der Sanierung und Inbetriebnahme der Komfortlüftung wurde den Mietern dann in persönlichen Einschulungen die Funktion und Handhabung der Lüftung, sowie die faktisch kaum mehr erforderliche Benutzung der Heizung erläutert. Der Bauträger wird auch in weiterer Folge die Mieter die ersten Jahre laufend betreuen und beraten.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen nach Abschluss der ersten Heizperiode

4.1 Lenkungseffekt durch neue Förderstufe in der Wohnbauförderung

Mit dem Endbericht dieses Forschungsprojektes kann eine sehr positive Bilanz gezogen werden, und kommt zur Schlussfolgerung, dass die Sanierung des sozialen Wohnbaues zu einer gravierende Verbesserung des Qualitätsstandards führte. Durch die neu eingeführte Passivhausförderung in der Althausanierung der OÖ Wohnhaussanierungs-Verordnung 2005 vom 08.04.2005, wird für die Rückzahlung von Darlehen ein erhöhter Annuitätenzuschuss gewährt. Das Ausmaß des Annuitätenzuschusses ist mit 40% auf die Dauer von max. 25 Jahren, längstens jedoch bis zur gänzlichen Tilgung des Darlehens gewährt. Die Energiekennzahl gemäß OÖ Bautechnikverordnung darf den Wert von 15 kWh/m²a nicht übersteigen. Berechnungsmethode nach OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik).

Im Zusammenhang mit der neuen Sanierungsförderung mit dem nicht rückzahlbaren Zuschuss (Förderung der innovativen Mehrkosten) ist es möglich, dass keine monatliche Mehrbelastung notwendig ist.

Die Mehrkosten verursachen daher im konkreten Fall, wenn nach den Möglichkeiten des WGG ausreichend Instandhaltungsmittel angespart wurden, den Mietern keine monatlichen Mehrbelastungen. Die Heizkosten konnten um ca. 80 – 90 % reduziert werden.

4.2 Nettoerrichtungskosten pro m² Wohnnutzfläche

Gesamtkosten (inkl. Nebenkosten) pro m² Wohnnutzfläche excl. MwSt.
Wohnnutzfläche alt 3.106,11 m²

Projekt Makartstraße Wohnnutzfläche 3.106,11 m ²	Konventionelle Sanierung	Sanierung auf Passivhaus
 KOSTEN	608,68 €/m ²	774,00 €/m²

4.3 Ergebnisse nach der ersten Heizperiode

4.3.1 Rahmenbedingungen

Da die erste Heizperiode durch den warmen Winter sehr geprägt wurde wird im Folgenden ein Kapitel über Abhängigkeiten des Energieverbrauchs eingefügt. Einerseits wird der klimatische Einfluss herausgearbeitet andererseits wurde bei zahlreichen Besuchen in den Wohnungen (vor allem bei Exkursionen) festgestellt dass die Raumtemperaturen sich im Mittel bei 23 Grad C bewegen, sodass auch dieser Einfluss dargestellt wird. Zudem liegen in der Zwischenzeit auch Luftdichtheitsmessungen vor – damit können auch diese als Parameter in den Ausarbeitungen abgebildet und bewertet werden.

4.3.2 Standortklimadaten, Raumtemperatur- und Luftdichtheit

Vorab werden die Abhängigkeiten der Einflussgrößen theoretisch aufgezeigt und anschließend mit den Verbrauchsdaten in Beziehung gesetzt.

Durch die Unterstützung des Energieversorgers Linz AG liegen die detaillierten Gradtagzahlen und Energieverbrauchsdaten vor.

Im Wesentlichen kann angemerkt werden dass die 10 Jahresmittelwerte der HG-Stunden (14/20 von 83466 Kh) in der Heizperiode 2005/2006 vom Oktober bis April um 18% unterschritten wurden (= 68632 Kh).

Gradtagzahlen für Linz von 1997 bis 2007 - Datenbasis Linz AG

Aussentemperatur 14°		Raumtemperatur 20°										AT >= 14°, RT = 20°				
Jahr/Monat	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	gesamt	HG-Tage		HG-Stunden
													Periode je	1.10 - 28.02		
1997	703.6	470.9	428.4	381.3	112.0	12.7	6.8	13.2	113.2	360.7	461.4	550.3	3614.5	3125.7	99%	82,111.20
1998	583.8	463.4	448.7	259.4	90.2	40.8	14.9	26.7	123.0	301.7	523.5	636.3	3509.4	3323.5	105%	82,687.20
1999	602.8	587.2	417.2	275.8	69.4	32.9	0.0	0.0	19.5	295.2	502.1	584.2	3366.3	3141.9	99%	80,289.60
2000	664.8	487.9	433.0	194.7	63.7	13.4	34.4	0.0	92.0	233.7	424.5	563.5	3185.6	3068.3	97%	81,098.40
2001	629.0	492.9	401.3	323.4	38.5	71.3	0.0	0.0	203.0	204.2	486.3	666.8	3514.7	3102.1	98%	78,626.40
2002	632.1	410.4	412.2	290.1	31.2	0.0	0.0	0.0	142.8	344.7	410.9	607.1	3281.5	3314.1	105%	83,272.80
2003	644.5	610.8	437.3	258.8	63.7	0.0	0.0	6.5	85.8	378.7	421.7	618.3	3524.1	3279.0	103%	86,412.00
2004	645.7	509.7	482.8	224.1	156.5	47.8	19.1	6.4	91.7	261.5	454.3	600.4	3500.0	3238.0	102%	83,740.80
2005	600.5	585.3	491.4	244.6	109.5	39.6	14.8	21.9	65.4	252.7	489.2	624.1	3539.0	3484.8	110%	88,586.40
2006	731.2	589.0	545.2	254.4	95.4	75.1	0.0	35.8	0.0	233.9	408.4	543.1	3508.5	2605.2	82%	68,632.70
2007	480.5	413.9	380.3	147.1										3168.3	10 Jahresmittel	83,466.24

Dies schlägt sich lt. den Berechnungen mit ca. 33% Energiebedarfsreduktion zu Buche (siehe hierzu Beilage E1).

Die unten dargestellten Berechnungsergebnisse bei Variation der Innenraumtemperatur, der Luftdichtheit und des Klimas sowie dem Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage werden im weiteren Verlauf auch noch graphisch veranschaulicht und in Bezug zum Betriebspunkt des Objektes gesetzt.

Ergebnisse bei Variation der Innenraumtemperatur, Luftdichtheit und WRG

Betrachtung rein auf die Passivhausgeschosse (ohne EG) auf Basis PHPP Ausführungsvariante 20050706

		Innenraumtemperatur	18	19	20	21	22	23	24	25
nl ₅₀ -Wert	n ₅₀ =0,6 Normklima Linz		10,4	12,4	14,4	16,6	18,8	21,0	23,3	25,6
mit WRG =73%	n ₅₀ =1,0 Normklima Linz		11,1	13,2	15,4	17,6	19,9	22,2	24,5	26,9
mit Luftwechsel 0,321	n ₅₀ =1,6 Normklima Linz		12,3	14,5	16,8	19,2	21,6	24,0	26,4	28,9
nl ₅₀ -Wert	n ₅₀ =0,6, HGh = 68 632		6,6	8,1	9,7	11,3	13,1	14,9	16,7	18,6
mit WRG =73%	n ₅₀ =1,0, HGh = 68 632		7,2	8,7	10,4	12,1	14,0	15,8	17,7	19,7
mit Luftwechsel 0,321	n ₅₀ =1,6, HGh = 68 632		8,0	9,7	11,5	13,4	15,3	17,3	19,3	21,4
		Innenraumtemperatur	18	19	20	21	22	23	24	25
nl ₅₀ -Wert	n ₅₀ =0,6 Normklima Linz		11,6	13,8	16	18,3	20,6	22,9	25,3	27,7
mit WRG =65%	n ₅₀ =1,0 Normklima Linz		12,4	14,6	16,9	19,3	21,7	24,1	26,6	29,1
mit Luftwechsel 0,321	n ₅₀ =1,6 Normklima Linz		13,6	16	18,4	20,9	23,4	25,9	28,5	31,1
nl ₅₀ -Wert	n ₅₀ =0,6, HGh = 68 632		7,5	9,1	10,8	12,6	14,5	16,4	18,4	20,4
mit WRG =65%	n ₅₀ =1,0, HGh = 68 632		8,1	9,8	11,6	13,5	15,4	17,4	19,4	21,5
mit Luftwechsel 0,321	n ₅₀ =1,6, HGh = 68 632		9,0	10,9	12,8	14,8	16,8	18,9	21,0	23,2

Die Altbausanierung des Mehrfamilienwohnhauses Makartstraße entspricht gemäß PHPP Berechnung und den projektierten Bauteilaufbauten dem Passivhausstandard. Der Grenzwert der Luftdichtheit n₅₀ < 0,601/h konnte im gegenständlichen Demonstrationsprojekt nicht erzielt werden. Da in den Wohnungen die Mieter so wenig wie möglich mit den Baumaßnahmen belästigt werden sollten, konnten die bestehenden Kaminzüge mit Putztürchen und die diversen Elektroverrohrungen, welche durch die Wohnungseinheiten in die Stiegenhäuser führen, nicht ausreichend abgedichtet werden. Damit hat sich gemäß Messung durch das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung ein

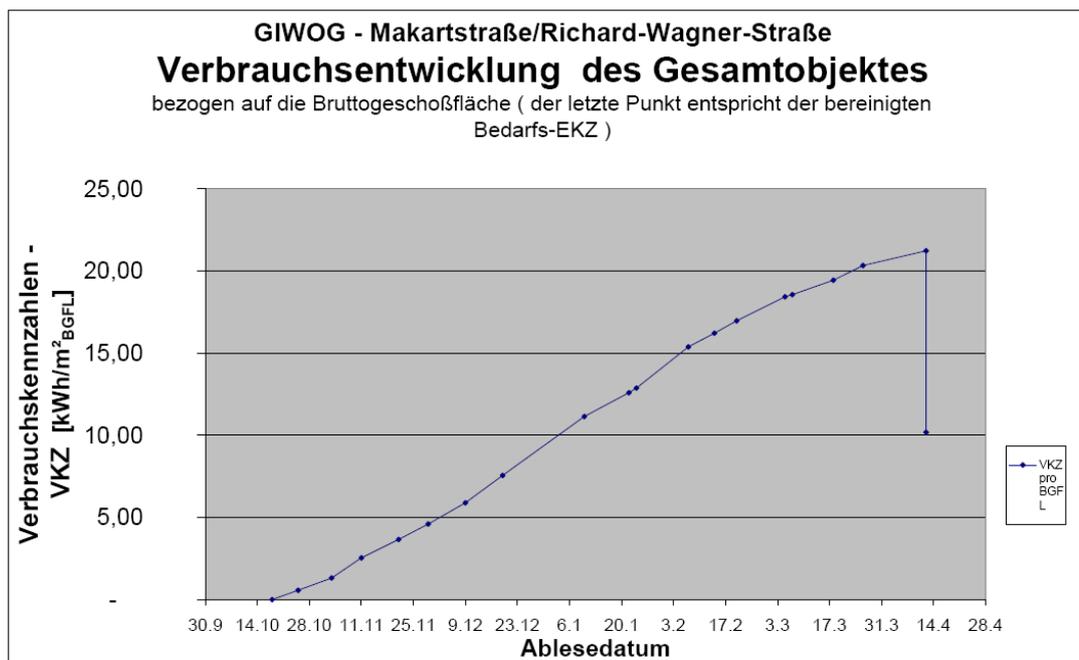
Luftdichtheitswert des Gebäudes von n_{50} ca. 1,30 1/h ergeben. Die Anforderungen nach der OÖ Bautechnikverordnung von n_{50} ca. 1,50 1/h wurde unterschritten. Als problematisch erwiesen sich auch die diversen bestehenden Durchführungen zum Keller und Dachboden, welche nur begrenzt zugänglich waren, und so zu erhöhten Undichtheiten des Gebäudes führen.

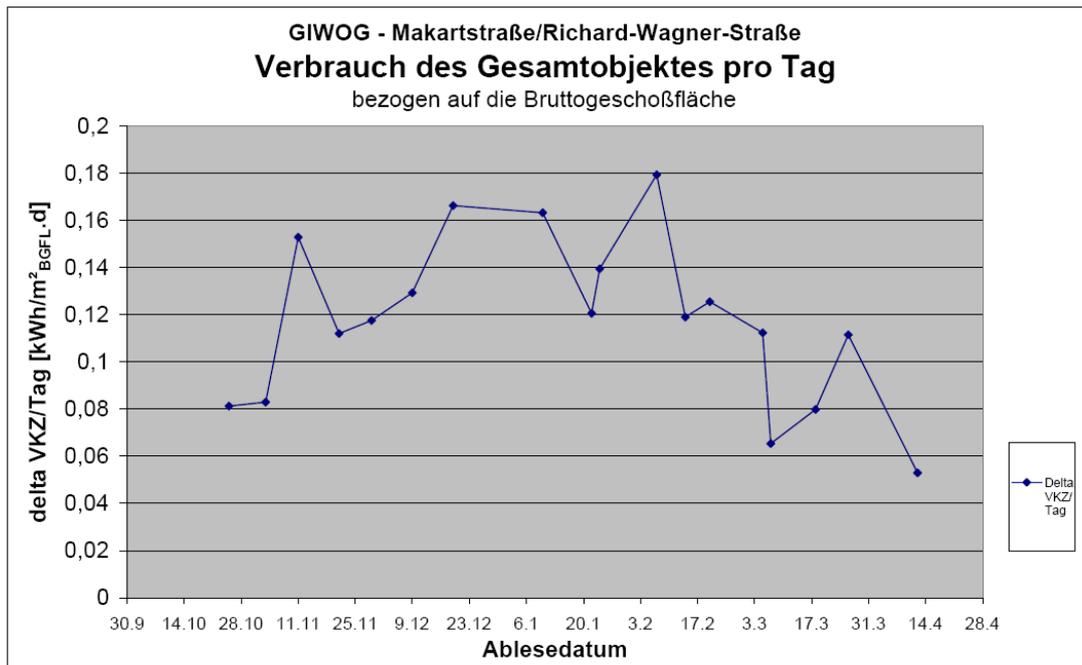
4.3.3 Verbrauchsaufzeichnungen, -entwicklung – Diskussion der Ergebnisse

Die Aufzeichnungen der Verbrauchsdaten in tabellarischer Form sind in der Anlage E2 beigefügt. Die Heizanlage wurde am 18. Oktober 2006 in Betrieb genommen und am 12. April 2007 abgestellt.

Dabei zeigt sich dass der Gesamtenergieverbrauch (also Raumwärmeverbrauch und Wärmeverteilungsverluste) in der Heizperiode 2006/07 bei 86.077 kWh lag.

Die summarische Entwicklung sowie die Tagesverbräuche sind aus den folgenden zwei Diagrammen ablesbar. Daraus ist im ersten Diagramm ersichtlich, dass die Verbrauchskennzahl (VKZ) auf knapp über 20 kWh/m²_{BGFL}.a ansteigt. Der Grund hierfür wird im zweiten Diagramm mit den Tagesverbrauchswerten schnell einsichtig.





Die VKZ/Tag pendelt zwischen 0,06 und 0,18 kWh/m².d. Das heißt auch wenn keine Wärme mehr für Raumwärme benötigt wird bleiben die VKZ größer als 0,05 kWh/m².d – das heißt die Wärmeverteilverluste sind extrem hoch.

Bereinigt man die Verbrauchsdaten um die Wärmeverteilverluste ergibt sich im vorletzten Diagramm der letzte Punkt als VKZ in der Größenordnung von 10 kWh/m²_{BGFL}.a.

Die Wärmeverteilung und die Wärmeabgabe wurden bei der Sanierung nicht erneuert da sie einerseits technisch keine Mängel aufwiesen und andererseits dadurch, wie bereits früher erwähnt, kaum Mieterbeeinflussungen nötig waren und zum Anderen auch die anfangs vorherrschende Skepsis der Mieter durch den Verbleib der Heizanlage gemindert werden konnte.

Quintessenz bleibt, dass das Rohrleitungsnetz der Wärmeverteilung durch die massiv erniedrigten Energieverbräuche extrem überdimensioniert ist vor allem aber dass auch die Dämmung der Rohrleitung als nicht mehr angepasst eingestuft werden müssen. Der Großteil der Verluste könnte durch eine Zusatz-Dämmschale entlang des Mittelganges im Keller noch kostengünstig in den Griff gebracht werden.

4.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Darstellung in Überblicksform

Eine Zusammenfassung und Auswertung der Verbrauchsdaten mit Berücksichtigung der Wohnraumvergrößerung von 2.755,68 m² auf 3.106,11 m² nach der Sanierung (durch die Einhausung der Balkone und der Loggien und die Integration dieser Flächen in die warme Hülle) sowie der erwähnten Berücksichtigung der Wärmeverteilverluste ergibt die folgende tabellarische Aufstellung der Kennzahlen und Gesamtverbräuche bzw. Reduktionen und beinhaltet auch die CO₂-Auswirkungen.

Damit kann aufgezeigt werden, dass die im Vorfeld geplanten Ziele erreicht bzw. sogar übertroffen werden – so liegt beispielsweise

- der Energieverbrauch für Raumwärme bei 13,29 kWh/m²_{WNFL}.a (obwohl die Raumtemperaturen im Mittel bei 23 °C liegen)
- die Reduktion des Energiebedarfs für Raumwärme liegt bei 92%

- trotz der nicht optimalen bzw. überdimensionierten Wärmeverteilung liegt auch die Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs noch immer bei 84%,
- weiters gibt es einige Wohnungen die die Heizung überhaupt nicht in Betrieb genommen haben und trotzdem Temperaturen von 22 °C vorfinden
- Die CO2-Reduktionen von 143 (148) Tonnen jährlich wurde nur für die Raumwärme (durch Gesamtenergieeinsparungen) realisiert

Eine etwas detaillierte Ausarbeitung finden Sie im Anhang unter E4.

Überblick zur Energieverbrauchs- bzw. Energiebedarfsdaten und zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes

Objekt:
Giwog Makartstr. / Richard-Wagner-Str.

Spalte A	Spalte B	Spalte C	Spalte D	Spalte E	Spalte F	Spalte C - Spalte F
Gesamt-Energieverbrauch vor Sanierung Verbrauch lt. Abrechnung Basis: WNFL. Bestand 2755,68 m ² **2) [kWh/a]	Gesamt-Energieverbrauch vor Sanierung Hochrechnung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kWh/a]	Energiebedarf Raumwärme vor Sanierung Hochrechnung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kWh/a]	Energiebedarf Raumwärme nach Sanierung lt. PHPP-Planung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) inklusive EG-Pufferraumzuschlag [kWh/a]	Gesamt-Energieverbrauch nach Sanierung Verbrauchswerte auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kWh/a]	Energiebedarf Raumwärme nach Sanierung Verbrauchswerte bereinigt **4) auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kWh/a]	Reduktion des Energiebedarfs für Raumwärme durch Sanierung [kWh/a]
494.523.00	550.500.14	488.111.14	50.951.98	86.077.00	41.274.66	446.836.48
179.46 [kWh/m ² .a]	177.23 [kWh/m ² .a]	157.15 [kWh/m ² .a]	16.40 [kWh/m ² .a]	27.71 [kWh/m ² .a]	13.29 [kWh/m ² .a]	143.66 [kWh/m ² .a]
Reduktion gegenüber Bestand um						92%

Spalte A	Spalte B	Spalte C	Spalte D	Spalte E	Spalte F	Spalte C - Spalte F
Gesamt-CO₂-Ausstoß vor Sanierung Verbrauch lt. Abrechnung Basis: WNFL. Bestand 2755,68 m ² **2) [kg/a]	Gesamt-CO₂-Ausstoß vor Sanierung Hochrechnung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kg/a]	CO₂-Ausstoß für Raumwärme vor Sanierung Hochrechnung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kg/a]	CO₂ Ausstoß für Raumwärme nach Sanierung lt. PHPP-Planung auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) inklusive EG-Pufferraumzuschlag [kg/a]	Gesamt-CO₂-Ausstoß nach Sanierung Verbrauchswerte auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kg/a]	CO₂-Ausstoß für Raumwärme nach Sanierung Verbrauchswerte bereinigt **4) auf neue**1) WNFL. 3106,11 m ² **3) [kg/a]	Reduktion des CO₂-Ausstoß für Raumwärme durch Sanierung [kg/a]
158.247.36	176.160.04	156.195.56	16.304.63	27.544.64	13.207.89	142.987.67
3.956.184.00	4.404.001.11	3.904.889.11	407.615.87	688.616.00	330.197.28	3.574.691.83

Erläuterungen / Anmerkungen / Legende:

Gesamtenergieverbrauch = Energieverbrauch Raumwärme plus Wärmeverteilverluste

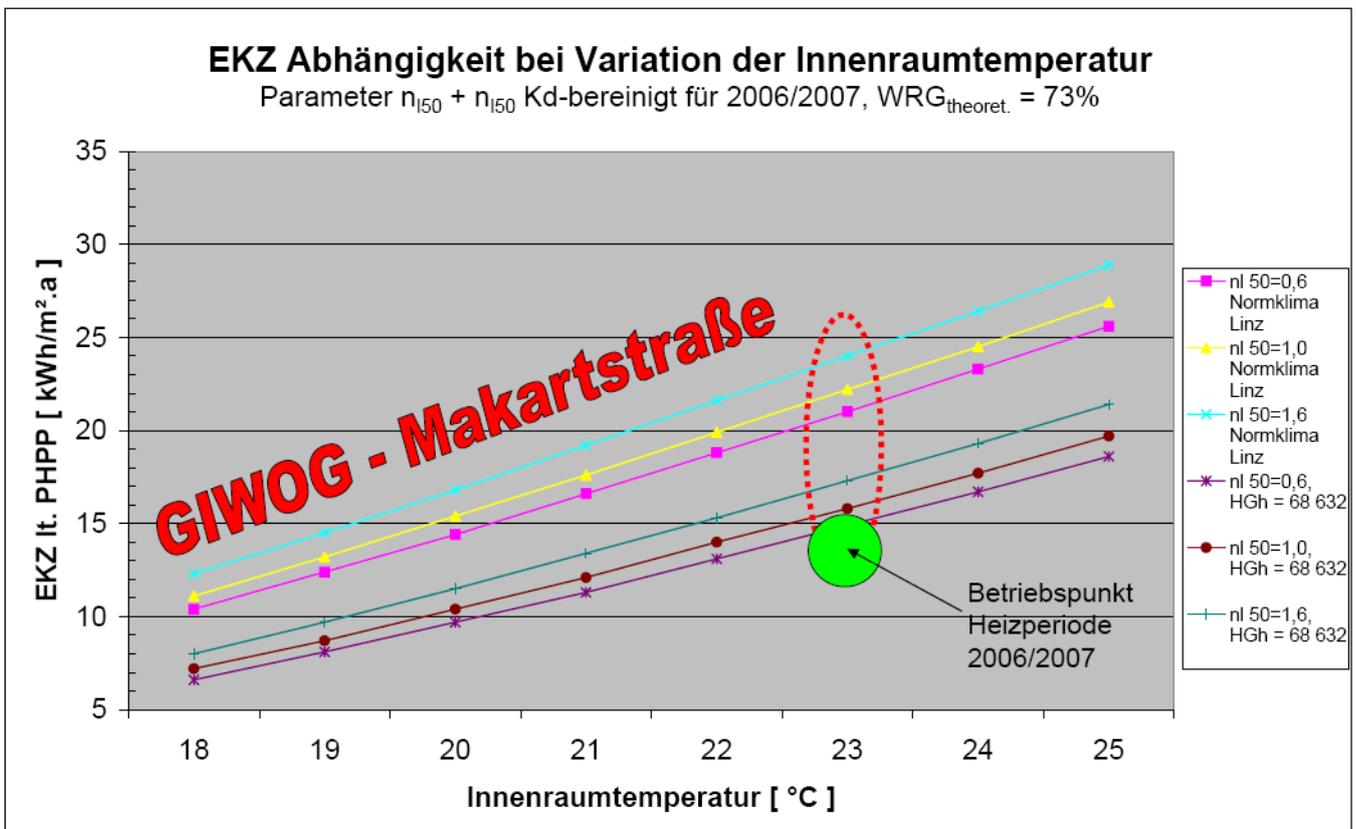
Wärmeverteilverluste für Vorlauftemp. 65°C (bei Auslegungstemp.) und HT=205
Wärmeverteilverluste für Vorlauftemp. 50°C (bei Auslegungstemp.) und HT=205
Wärmeverteilverluste für Vorlauftemp. 50°C (bei Auslegungstemp.) und HT=176
Einfluss KG (Pufferzone)

- **0) deckt sich sehr gut mit Berechnung Bestand in PHPP (inkl. Wärmeverteilverlusten)
 **1) neue WNFL - Netto Wohnnutzfläche nach Sanierung (inkl. Balkone und Loggien)
 **2) 2.755,68 m² Netto Wohnnutzfläche vor Sanierung
 **3) 3.106,11 m² Wohnnutzfläche nach Sanierung
 **4) Verbrauchswerte abzüglich Wärmeverteilverluste abzüglich KG-Einfluss (Pufferraum EG)
 **5) Ansatz: 0,32 kg/kWhEnd für StK HKW 35% KWK lt. CO2 GEMIS 3.0

lt. PHPP bei Passivhaus Verluste kaum nutzbar!		lt. PHPP bei Bestand Verluste im Inneren nutzbar
62.389.00	kWh	54.335.00
44.935.00	kWh	
38.578.34	kWh	
6.224.00	kWh	

Ein graphischer Überblick zur Orientierung ist angeführt, sodass die Relationen Planung und Erfolg in der Ausführung in Verbindung mit Einflussparametern dargestellt wurde. Dabei ist ersichtlich dass der Betriebspunkt der Anlage im Raumwärmeverbrauch unterhalb der Zielsetzungen liegt obwohl:

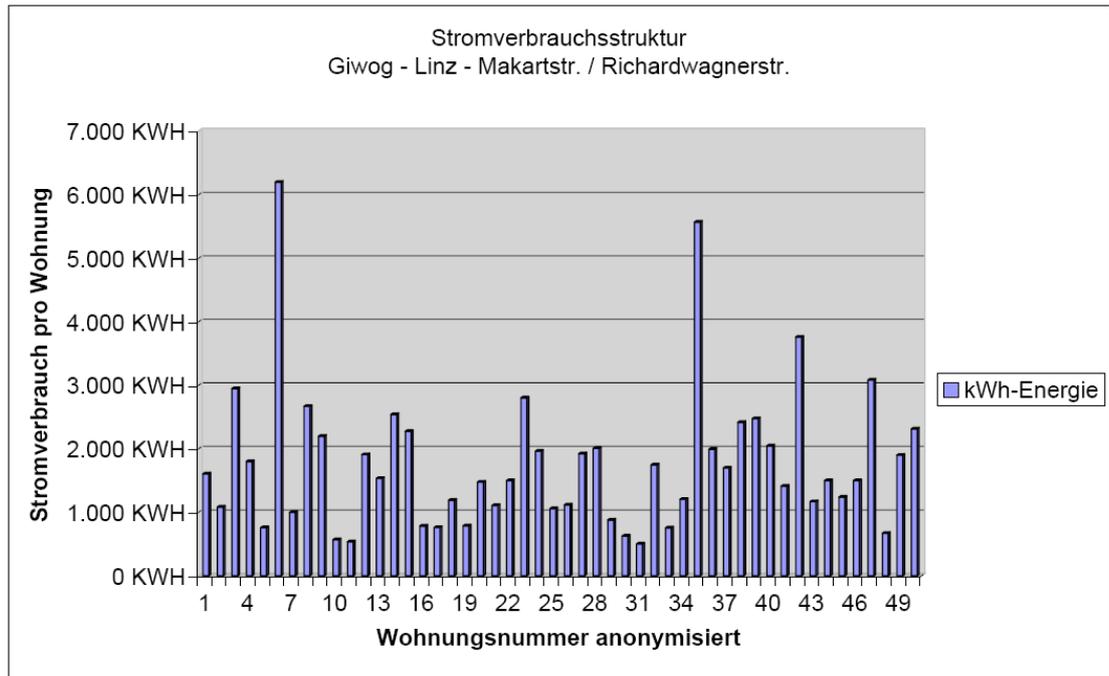
- die Luftdichtheitswerte nicht optimal sind
- die Mieter nicht von Anfang an euphorisch waren
- die Mieter trotzdem ihre 23°C und mehr haben
- die inneren Abwärmern geringer sind als im Durchschnitt (siehe auch Punkt 4.4 Stromverbrauchsdaten)
- keine Komfortverlust auftritt
- geringere Gesamtkosten vorliegen als vorher



4.4 Stromsparmaßnahmen

Neben der bauseitigen Sanierung auf Passivhausstandard wurden im Rahmen der Moderation bei der Einbindung der Bewohner in das Sanierungsprojekt diese über ihre persönlichen Möglichkeiten – Energie im Haushalt zu sparen – informiert.

Dass die Mieter im Durchschnitt bereits Stromsparmeister sind (trotz oder wegen energiesparender Geräte sei noch unbeantwortet) zeigen die nachfolgenden Daten.



Stromverbräuche im Überblick pro Stiegenhaus + Gesamt				Makartstraße 30,32,34 und Richard Wagner Str. 6			
Makartstr. 30	Mittelwert	1.976 KWH		Minimum	537 KWH	Maximum	6.198 KWH
Makartstr. 32	Mittelwert	1.456 KWH		Minimum	627 KWH	Maximum	2.875 KWH
Makartstr. 34	Mittelwert	1.792 KWH		Minimum	504 KWH	Maximum	5.570 KWH
Richard-Wagnerstr. 6	Mittelwert	1.946 KWH		Minimum	671 KWH	Maximum	3.759 KWH
Gesamtanlage	Mittelwert	1.793 KWH		Minimum	504 KWH	Maximum	6.198 KWH

4.5 Sommertauglichkeit

Auf Grund der relativ kleinen Fensterflächen des Altbestandes und der im Glaszwischenraum integrierten Sonnenschutzlamellen ist ein ausreichender Schutz vor Überhitzung sichergestellt. Die Fenster und Fixverglasungen bei den Balkonen wurden mit innen liegenden Jalousien ausgestattet, zudem wurde bei den Balkonen generell für eine Querlüftungsmöglichkeit gesorgt.

4.6 Ökologische Maßnahmen

Die Entwicklung neuer Holzbautechnologien für die thermische Fassadensanierung fördert nicht nur die Nutzung nachwachsender Rohstoffe, sondern sichert auch:

- Holz hat kurze Transportwege
- Beitrag zum Klimaschutz
- Lokale Wertschöpfung und schafft regionale Arbeitsplätze

4.7 Lüftungssysteme

4.7.1 Dezentrale, mechanische Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

- Die Be- und Entlüftung erfolgt über dezentrale Einzellüftungsgeräte pro Raum.
- Die Situierung der Geräte erfolgte pro Raum jeweils im Bereich Außenwand.
- Jedes Gerät ist ausgestattet mit einer effizienten Wärmerückgewinnung (bis zu 70%).
- Das Zuluft- und Abluftkanalnetz entfiel, da im Gerät integriert.
- Die Außenluft- und Fortluft wird pro Raum direkt an die Außenwand geführt und dort über Gitter angesaugt, bzw. ausgeblasen.
- Ein wasser- oder luftgeführtes Erdkollektorsystem zur Frischluftvorwärmung entfiel, da die Erschließung in die einzelnen Räume nicht ausführbar war.
- Sämtliche über dezentrale Geräte erschlossene Räume haben jeweils Zuluft- und Abluftauslässe erhalten.
- In sämtlichen Räumen können über einen 3 Stufenschalter, der direkt am Gerät platziert ist, verschiedene Luftmengen ausgewählt werden.

4.7.1.1 Bewertung dezentrales Lüftungssystem

Großer Vorteil der dezentralen Einzelraumlüftungsgeräte ist der Entfall eines Luftverteilernetzes und der Entfall von baulichen Eingriffen in den bewohnten Wohnungen. Es waren lediglich Kernbohrungen für die Zuluft und Abluft notwendig. Diese wurden von außen durchgeführt.

Für die Außenluftansaugung und Fortluftausblasung über die Fassade waren entsprechende Fassadendetails nötig und eine enge Zusammenarbeit mit der Architektur erforderlich, da ansonsten ein Eingriff ins Fassadenbild hätte vorgenommen werden müssen.

Ein Vorteil ist der einfach zu handhabende Filterwechsel pro Gerät.

Ein weiterer Vorteil ist, dass jeder Raum für sich getrennt, mit der gewünschten Luftmenge geregelt werden kann. GIWOG hat bereits ca. 280 Wohnraumeinzellüftungsgeräte in Betrieb. Die benutzerfreundliche Bedienbarkeit der Geräte, sowie der kaum merkbare Luftstrom wirken sich auf die Mieterzufriedenheit ausgesprochen positiv aus. Dazukommend, der geringe Eingriff innerhalb der Wohnungen (erforderliche Öffnungen in der Außenwand wurden von außen hergestellt), was für die Mieter wesentlich akzeptabler war, als bei Einbau von semizentralen Anlagen mit Lüftungskanälen. Die Reinigung der Lüftungskanäle bei semizentralen Anlagen entfällt auch.

Die GIWOG stattet auf Grund dieser positiven Erkenntnisse alle Neubau-Wohnungen mit Einzelwohnraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung aus. Diese wurden vom Amt der OÖ Landesregierung im eingebauten Zustand getestet.

Positiv in der Instandhaltung und Akzeptanz der Lüftungsgeräte wirkt sich auch aus, dass die Objektbetreuer der GIWOG die nötigen Filterwechsel routinemäßig vornehmen.

4.8 Auszeichnungen

4.8.1 Erhaltene Preise und Auszeichnungen

4.8.2 Landesenergiepreis: Energie Star 2006



4.8.3 Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit, Kategorie Sanierung



4.8.4 Energy Globe 2006 – Kategorie Erde



4.8.5 Diverse Fachtagungen, Exkursionen und Workshops

Präsentation der Demonstrosationsprojekte „Altbausanierung zum Passivhausstandard – für unterschiedliche Wohnbautypen / und öffentliche Bauten“ bei Fachtagungen und Weiterbildungsveranstaltungen für die Wirtschaft und groß angelegte Öffentlichkeitsarbeit.

Um zu einer raschen Verbreitung des Know-how zu gelangen, wurde das Demonstrationsprojekt bei vielen nachfolgenden Veranstaltungen präsentiert:

30.09.2005 Workshop Fachhochschule Wels, OÖ
„Althaus der Zukunft“

30.11.2005 Bezirk Feldbach Stmk.
„Hochwertige energetische Modernisierung von großvolumigen Gebäuden“

15.12.2005 Ökopark Hartberg, Am Ökopark 10, Stmk.
„Energetische Modernisierung von kommunalen Gebäuden und Geschosßwohnbauten“

08.02.2006 Kultursaal Straden, Stmk.
„Energetische Modernisierung von kommunalen Gebäuden und Geschosßwohnbauten“

04.04.2006 Gründer und Service Zentrum Fürstenfeld, Stmk.
„Energetische Modernisierung von kommunalen Gebäuden und Geschosßwohnbauten“

19.09.2006 klima:aktiv Bildungskoordination
„Seminar Modernisierungsmanager“

25.09.2006 Österr. Energieagentur, Wien
„Exkursion zur Makartstrasse“

19.10.2006 GAP-Solar, Perg OÖ
„Fachseminar für Architekten, Fassadenbauer und Fachleute“

23.10.2006 ÖGUT, bmvit, FFG, Wien
„Innovationen im großvolumigen Wohnbau“

24.11.2006 Technologiepark Villach
„2. Bauforum Nachhaltigkeit“

27.11.2006 Haus der Zukunft on the road, Techn. Universität Graz
„Wissenstransfer von Forschungsergebnissen zu Ausbildungsstätten“

08.05.2007 OÖ Akademie für Umwelt und Natur, Linz, OÖ
„ Exkursion zum Solartag 2007 und Praxisbeispiele in Gebäuden“

5.2 Baustellenfotos



6. Anhang

6.1 Energiekennwert - Heizwärme

E1: Energiekennwert Heizwärme für 80.200 und 68.623 Kh/a (Daten HP 2006/07)

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: <u>Linz</u>	Innentemperatur: <u>20.0</u> °C
Objekt: <u>GIWOG Makartstr.</u>	Gebäudetyp/Nutzung: <u>Wohngebäude</u>
Standort: <u></u>	Energiebezugsfläche A _{EB} : <u>2345.0</u> m ²
	Standard-Personenbelegung: <u>88.0</u> Pers pro m ²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	Energiebezugsfläche
1. Außenwand Außenluft	A	185.7	0.217	1.00	80.2	3231	16% Reduktion 68.623 kWh/a
2. Außenwand Erdreich	B			0.50			
3. Dach/Decken Außenluft	D	65.3	0.188	1.00	80.2	986	
4. Bodenplatte	B			0.50			
5. Garagenwand - Nachbar	B			0.50			
6. Eingangstüre Windfang	X	86.8	0.562	0.80	80.2	3131	
7. Decke gg kalten Dachboden	X	773.0	0.093	0.80	80.2	4624	
8. Fenster	A	597.5	0.924	1.00	80.2	44310	
9. Fenster GAP FASSADE	A	1310.7	0.158	1.00	80.2	16646	
10. Außentür	A			1.00			
11. Wbrücken außen (Länge/m)	A	173.2	0.060	1.00	80.2	834	
12. Wbrücken Perimeter (Länge/m)	P			0.50			
13. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0.50			
Summe aller Hüllflächen		3019.0					

Transmissionswärmeverluste Q_T = 1496.4 kWh/a (Summe) = 31.5 kWh/(m²a) = 26.9 kWh/(m²a)

Lüftungsanlage: effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η _{eff} = <u>73%</u> Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmeübertr. η _{EWT} = <u>0%</u>	wirksames Luftvolumen V _L m ³ = <u>2345.0</u> lichte Raumhöhe m = <u>2.50</u> = 5862.5 m ³
energetisch wirksamer Luftwechsel n _L 1/h = <u>0.321</u> (1 - 0.73) + 0.024 = 0.111	n _{L,Anlage} 1/h = <u>0.321</u> Φ _{W,RA} kWh/a = <u>80.2</u> n _{L,rest} 1/h = <u>0.024</u> = 17190 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_L = 5863 kWh/a * 0.111 = 653 kWh/a = 7.3 kWh/(m ² a) = 6.3 kWh/(m ² a)	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendaussenkung = <u>1.0</u> Q _T kWh/a = <u>73761</u> Q _L kWh/a = <u>17190</u> = 90951 kWh/a = 38.8 kWh/(m ² a) = 33.2 kWh/(m ² a)

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Ausrichtung der Fläche:	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster:	g-Wert (senkr. Einstr.):	Fläche m ² :	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a):	kWh/a:	kWh/(m ² a):
1. Ost	0.39	0.51	213.04	250	10712	
2. Süd	0.45	0.53	66.06	378	5939	
3. West	0.38	0.53	233.08	250	11794	
4. Nord	0.40	0.53	85.32	170	3085	
5. Horizontal	0.40	0.00	0.00	341	0	
Summe					31530	13.4

Wärmeangebot Solarstrahlung GAP FASSADE Q_S Ausrichtung der Fläche:	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster:	g-Wert (senkr. Einstr.):	Fläche m ² :	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a):	kWh/a:	kWh/(m ² a):
1. Ost	0.55	0.02	509.82	250	1407	
2. Süd	0.51	0.02	119.99	378	464	
3. West	0.75	0.02	486.60	250	1843	
4. Nord	0.60	0.02	194.29	170	401	
5. Horizontal	0.40	0.00	0.00	341	0	
Summe					4116	1.8

Interne Wärmequellen Q_I kWh/d: <u>0.024</u> Länge Heizzeit dia: <u>205</u> spezif. Leistung q-I W/m ² : <u>2.10</u> A _{EB} m ² : <u>2345.0</u> = 24171 kWh/a = 10.3 kWh/(m ² a) = 10.3 kWh/(m ² a)	Freie Wärme Q _F kWh/a = <u>59817</u> Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q _F / Q _V = <u>0.66</u>
Nutzungsgrad Wärmegewinne η ₃ = $(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6)$ = <u>95%</u>	η _G * Q _F = <u>57075</u> kWh/a = 24.3 kWh/(m ² a) = 23.5 kWh/(m ² a)
Heizwärmebedarf Q_H Q _V - Q _G = <u>33876</u> kWh/a = 14.4 kWh/(m²a) = 9.7 kWh/(m²a)	Grenzwert kWh/(m ² a) = <u>15</u> Anforderung erfüllt? ja

6.2

Tabellen und Berechnungen

E2: Verbrauchsdaten tabellarisch samt Auswertungen für 2006/2007

Verbrauchsdaten Heizperiode 2006/07		3.106,11		4.055,40					
Objekt: GWOG Makarstraße / Richard-Wagner Straße		WNFL neu		BGFL					
Aufzeichnungen durch Wohnobjektbetreuer von Giwog		(inkl. Balkone)		aus PHPP					
aus PHPP - bei Berücksichtigung der Wärmeverteilverluste		2.755,68	3.106,11	4.055,40					
Einfluss Kellergeschoss (Decke) auf den Energiebedarf		WNFL alt	WNFL neu	BGFL					
reduzierte Verteilverluste auf tatsächliche Heiztage		(Berechnungsergebnis aus PHPP)							
-		Wärmeverteil.-Verluste bei verschiedenen Auslegungstemp. (Basis: 205 HT) - siehe Beilagen							
-		KWh bei 50 °C Vorlauftemp.-Auslegung 44.935,00							
-		KWh bei 45 °C Vorlauftemp.-Auslegung 39.117,00							
-		KWh bei 65 °C Vorlauftemp.-Auslegung 62.983,00							
-		KWh 6.224,00							
Messdatenaufzeichnungen samt Auswertungen (Berücksichtigung von Wärmeverteilverlusten samt der reduzierten Heiztage, Einfluss der KG-Decke (Pufferzone))									
Anzahl der Heiztage	Tage zw. Ablesung	Ablesedatum	Zählerstand kWh	Verbrauch (diff) kWh	Verbrauch gesamt Raumwärmebedarf plus Wärmeverteilverl.	VKZ per WNFL Bezug WNFL alt	VKZ per WNFL Bezug WNFL neu	VKZ pro BGFL	Delta VKZ/Tag
7	7	18.10.2006	41.467,00		2.307,00	0,84	0,74	-	0,08
16	9	25.10.2006	43.774,00	2.307,00	5.334,00	1,94	1,72	0,57	0,08
24	8	03.11.2006	46.801,00	3.027,00	10.291,00	3,73	3,31	1,32	0,15
34	10	11.11.2006	51.758,00	4.957,00	14.833,00	5,38	4,78	2,54	0,11
42	8	21.11.2006	56.300,00	4.542,00	18.647,00	6,77	6,00	3,66	0,12
52	10	29.11.2006	60.114,00	3.814,00	23.890,00	8,67	7,69	4,60	0,13
62	10	09.12.2006	65.357,00	5.243,00	30.631,00	11,12	9,86	5,89	0,17
84	22	19.12.2006	72.098,00	6.741,00	45.188,00	16,40	14,55	7,55	0,16
96	12	22.01.2007	82.523,00	5.868,00	51.056,00	18,53	16,44	12,59	0,12
98	2	24.01.2007	93.654,00	1.131,00	52.187,00	22,63	16,80	12,87	0,14
112	14	07.02.2007	103.834,00	10.180,00	62.367,00	28,94	20,08	15,38	0,18
119	7	14.02.2007	107.211,00	3.377,00	65.744,00	23,86	21,17	16,21	0,12
125	6	20.02.2007	110.265,00	3.054,00	68.798,00	24,97	22,15	16,96	0,13
138	13	05.03.2007	116.186,00	5.921,00	74.719,00	27,11	24,06	18,42	0,11
140	2	07.03.2007	116.716,00	530,00	75.249,00	27,31	24,23	18,56	0,07
151	11	18.03.2007	120.277,00	3.561,00	78.810,00	28,60	25,37	19,43	0,08
159	8	26.03.2007	123.894,00	3.617,00	82.427,00	29,91	26,54	20,33	0,11
176	17	12.04.2007	127.544,00	3.650,00	86.077,00	31,24	27,71	21,23	0,05
176		12.04.2007	127.544,00	Raumwärmebedarf tatsächlich bereinigt um die Wärmeverteilverluste und die Verluste der KG-Decke (von Pufferzone)	41.274,66	14,98	13,29	10,18	kWh/m².a

E3: Überblick über Energie + CO2 - Daten

Überblick zur Energieverbrauchs- bzw. Energiebedarfsdaten und zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes

Objekt:
Giwog Makartstr. / Richard-Wagner-Str.

	Spalte A	Spalte B	Spalte C	Spalte D	Spalte E	Spalte F	Spalte C - Spalte F	Spalte B - Spalte E
	Gesamt-Energieverbrauch vor Sanierung Verbrauch lt. Abrechnung Basis: WNFL Bestand 2755,68 m ² **2)	Gesamt-Energieverbrauch vor Sanierung Hochrechnung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	Energiebedarf Raumwärme vor Sanierung Hochrechnung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	Energiebedarf Raumwärme nach Sanierung lt. PHPP-Planung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3) inklusive EG-Pufferanzuschlag	Gesamt-Energieverbrauch nach Sanierung Verbrauchsweite auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	Energiebedarf Raumwärme nach Sanierung Verbrauchsweite bereinigt **4) auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	Reduktion des Energiebedarfs für Raumwärme durch Sanierung [kWh/a]	Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs durch Sanierung [kWh/a]
Bedarfs- bzw. Verbrauchswerte	494.523,00	550.500,14	488.111,14	50.951,98	86.077,00	41.274,66	446.836,48	464.423,14
Energiekennzahlen	179,46 [kWh/m ² ·a]	177,23 [kWh/m ² ·a]	157,75 [kWh/m ² ·a]	16,40 [kWh/m ² ·a]	27,71 [kWh/m ² ·a]	13,29 [kWh/m ² ·a]	143,66 [kWh/m ² ·a]	149,52 [kWh/m ² ·a]
Reduktion um							92%	84%

	Spalte A	Spalte B	Spalte C	Spalte D	Spalte E	Spalte F	Spalte C - Spalte F	Spalte B - Spalte E
	Gesamt-CO ₂ -Ausstoß vor Sanierung Verbrauch lt. Abrechnung Basis: WNFL Bestand 2755,68 m ² **2)	Gesamt-CO ₂ -Ausstoß vor Sanierung Hochrechnung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	CO ₂ -Ausstoß für Raumwärme vor Sanierung Hochrechnung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	CO ₂ Ausstoß für Raumwärme nach Sanierung lt. PHPP-Planung auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3) inklusive EG-Pufferanzuschlag	Gesamt-CO ₂ -Ausstoß nach Sanierung Verbrauchsweite auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	CO ₂ -Ausstoß für Raumwärme nach Sanierung Verbrauchsweite bereinigt **4) auf neue **1) WNFL 3106,11 m ² **3)	Reduktion des CO ₂ -Ausstoß für Raumwärme durch Sanierung [kg/a]	Reduktion des CO ₂ -Ausstoß für den Gesamtenergieverbrauch durch Sanierung [kg/a]
CO ₂ -Ausstoß bzw. Reduktion [kg/a]	158.247,36	176.160,04	156.195,56	16.304,63	27.544,64	13.207,89	142.987,67	148.615,40
2-Ausstoß bzw. Reduktion auf 25 Jahre [kg/25.a]	3.956.184,00	4.404.001,11	3.904.889,11	407.615,87	688.616,00	330.197,28	3.574.891,83	3.715.385,11

Erläuterungen / Anmerkungen / Legende

Gesamtenergieverbrauch = Energieverbrauch Raumwärme plus Wärmeverluste

Wärmeverluste für: Vorlauftemp. 65°C (bei Auslegungstemp.) und HT=20°C

Wärmeverluste für: Vorlauftemp. 50°C (bei Auslegungstemp.) und HT=20°C

Wärmeverluste für: Vorlauftemp. 50°C (bei Auslegungstemp.) und HT=17°C

Einfluss KG (Pufferzone)

**0) deckt sich sehr gut mit Berechnung Bestand in PHPP (inkl. Wärmeverluste)

**1) neue WNFL - Netto Wohnnutzfläche nach Sanierung (inkl. Balkone und Loggien)

**2) 2.755,68 m² Wohnnutzfläche vor Sanierung

**3) 3.106,11 m² Wohnnutzfläche nach Sanierung

**4) Verbrauchswerte abzüglich Wärmeverluste abzüglich KG-Einfluss (Pufferraum EG)

**5) Ansatz: 0,32 kg/kWhEnd für SK-HKW 35% KWK lt. CO₂ GEMIS 3.0

lt. PHPP bei Bestand	lt. PHPP bei Bestand
Verluste im Inneren nutzbar	Verluste im Inneren nutzbar
62.389,00 kWh	62.389,00 kWh
44.936,00 kWh	44.936,00 kWh
38.578,34 kWh	38.578,34 kWh
6.224,00 kWh	6.224,00 kWh