Energieschlau sanieren

Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungen bei Mehrfamilien-Wohnhäusern anhand ausgeführter Beispiele

Dipl.-Ing. Mag. Robert Kernöcker

HTL 1 BAU UND DESIGN

Umwelt LAND OBERÖSTERREICH

Land Oberösterreich - Lärm- und Strahlenschutz

Leitung: Dipl.-Ing. Erwin Nadschläger

4021 Linz, Stockhofstr. 40; Tel. 0732 / 7720 - 14543
Fax: 0732 / 7720 - 14520;
e-Mail: u-ls.post@ooe.gv.at

Besuchen Sie auch unsere Homepage:
http://www.ooe.gv.at/umwelt

Grafik und Layout: Manfred Frosch

Sehr geehrte Damen und Herren!

Zahlreiche Gebäude in Oberösterreich verbrauchen, gemessen am heutigen Wärmeschutzniveau, zuviel Energie für Raumheizung. Dabei wäre gerade die energetische Sanierung dieser Altbauten ein wichtiger Motor für die Bauwirtschaft und den Klimaschutz. Wirtschaft und Klimaschutz schließen dabei einander nicht aus - im Gegenteil, wie die vorliegende Studie zeigt. Die dokumentierten Sanierungsprojekte belegen, dass sich Maßnahmen an der Gebäudehülle sowohl für die Brieftasche als auch für die Umwelt rechnen.

Das Land Oberösterreich hat im Rahmen der Wohnbauförderung bereits günstige Rahmenbedingungen für umfassende energetische Sanierungen geschaffen. Dennoch werden die wirtschaftlichen und energetischen Einsparpotenziale von vielen Entscheidungsträgern und Betroffenen noch nicht erkannt. Im Zuge nationaler und internationaler Klimaschutzvereinbarungen haben wir uns als Land OÖ jedoch verpflichtet, die Treibhausgase deutlich zu reduzieren. Die thermische Sanierung der Altbauten leistet dazu einen wesentlichen Beitrag.

Diese Studie soll eine Argumentationshilfe für zukünftige Entscheidungen sein. Sie gibt Sicherheit darüber, dass die getätigten Investitionen für die energetische Sanierung von Gebäuden gut angelegt sind und daneben auch noch positive Auswirkungen auf unsere Umwelt haben.

Wir bedanken uns ganz herzlich bei allen, die zur Entstehung dieser Studie beigetragen haben, insbesondere bei jenen Gebäudeverwaltungen, die uns Daten zur Verfügung gestellt haben.

Umweltlandesrätin	Wohnbaureferent
Ursula Haubner	**Dipl.-Ing. Erich Haider** Landeshauptmannstellvertreter

Beteiligte Personen bzw. Institutionen:

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Mag. Robert **Kernöcker**
Land Oberösterreich, Unterabteilung Lärm- und Strahlenschutz

Projekt-Partner:

Höhere Technische Lehranstalt 1 für Bau und Design, Goethestraße, Linz

Teamleiter:

Dipl.-Ing. Reinhard **Schild**

Schülerteam:

Andreas **Buchinger**
Markus **Pirngruber**
Michael **Wolfsteiner**

Gebäudeverwaltungen:

Familie, Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft reg.Gen.m.b.H.
Leopold-Hasner-Straße 31, 4020 Linz

GWB - Gesellschaft für den Wohnungsbau, Gemeinnützige Ges.m.b.H.
Hirschgasse 32, 4020 Linz

ISG - Innviertler Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft reg.Gen.m.b.H.
Goethestraße 29, 4910 Ried/I.

LAWOG - Gemeinnützige Landes-Wohnungsgenossenschaft für Oberösterreich e.Gen.m.b.H.
Garnisonstraße 22, 4020 Linz

Steller Immobilientreuhänder
Dr. Koss-Straße 11, 4600 Wels

WAG - Wohnungsanlagen Gesellschaft m.b.H.
Mörikeweg 6, 4020 Linz

Kurzfassung

In der energetischen Sanierung von Wohngebäuden liegt ein beträchtliches Energie-Einsparpotenzial. Werden die prognostizierten Einsparungen aber auch tatsächlich in der Praxis erreicht?

Dieser Frage ist das Land OÖ in einem gemeinsamen Projekt mit der Höheren Technischen Lehranstalt für Bau und Design (HTL 1 Bau und Design, Goethestraße, Linz) nachgegangen und hat neun Sanierungsobjekte aus dem Bereich Mehrfamilien-Wohnhäuser energetisch genau unter die Lupe genommen. Dabei wurden die tatsächlich erzielten Energieeinsparungen ermittelt, diese den rechnerischen Einsparungen gegenübergestellt und auf Basis der gewonnenen Daten eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.

Die Ergebnisse bestätigen, dass sich energetische Rundum-Sanierungen von Mehrfamilien-Wohnhäusern unter der Voraussetzung, dass die für die Instandhaltung ohnehin erforderlichen Investitionskosten (sogenannte "Sowieso-Kosten") nicht in Rechnung gestellt werden, bereits innerhalb von 8-20 Jahren amortisieren. Sowieso-Kosten sind z.B. Kosten für Gerüste und Verputzarbeiten, wenn die alte Fassade ohnehin renoviert werden müsste, oder bei Anlagegütern, wie z.B. Heizungskessel, der um den Restbetrag bzw. Restbuchwert verminderte Investitionsbetrag.

Mit Mitteln aus der Wohnbauförderung rechnen sich die Sanierungen noch ein paar Jahre schneller. Selbst bei einer Vollkostenrechnung, also ohne Berücksichtigung von Sowieso-Kosten, rechnen sich die energetischen Sanierungen mit Unterstützung durch die Wohnbauförderung in einigen Fällen schon innerhalb von 20 Jahren.

Umfassende energetische Sanierungen sparen also nicht nur Energie, sondern leisten auch einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz und bringen bares Geld für die Bewohner in Form von niedrigeren Betriebskosten.

Neben den rein wirtschaftlichen Vorteilen für die Gebäudeeigentümer, die Bewohner und die Bau- und Volkswirtschaft ergeben sich bei energetischen Sanierungen noch viele weitere Vorteile, die sich nicht monetär ausdrücken lassen, wie z.B. ein erhöhter Wohnkomfort, eine verbesserte Versorgungssicherheit im Bereich Energie oder eine Verminderung von Schadstoffemissionen.

Die Studie zeigt aber auch ganz klar auf, dass die potenziellen Möglichkeiten derzeit nicht voll ausgeschöpft werden. Größere Dämmstärken bei der Außenfassade würden nicht nur mehr Energie einsparen, sondern auch wirtschaftlicher sein.

Im Folgenden werden die einzelnen Projekte im Detail vorgestellt. Die Methodik zur Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Daten sowie eine Zusammenstellung der wichtigsten Fachbegriffe sind im Anhang angeführt.

Ampflwang
Dr. Semmelweis-Straße 18

Gebäudeverwaltung:

LAWOG, Gemeinnützige Landeswohnungsgenossenschaft für Oberösterreich

Das 1968 errichtete Gebäude wurde im Sommer 1998 bau- und wärmetechnisch generalsaniert. Die 30 Jahre alte Ölheizung wurde im Frühjahr 1999 durch eine neue Gasheizung ersetzt. Die oberste Geschoßdecke wurde bereits 1991 mit 14 cm Wärmedämmung gedämmt und energetisch nicht weiter verbessert. Deshalb ist auch die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) mit 140 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung relativ niedrig im Verhältnis zu anderen vergleichbaren Altbauten aus dieser Bauzeit. Mit den gesetzten Sanierungsmaßnahmen ergibt sich eine Energiekennzahl von 65 kWh/(m² Jahr), somit wird rechnerisch eine Halbierung des Energieeinsatzes prognostiziert.

Die Messungen bestätigen, dass der Energieverbrauch auch tatsächlich halbiert werden konnte. Der vor der Sanierung über die Jahre 1993 bis 1997 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 184.000 kWh im Vergleich zu 91.500 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 16 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten bereits innerhalb von 8,5 Jahren. Die Berechnungen ergeben, dass bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Voraussetzungen die Amortisationszeit nur 8 Jahre betragen hätte. Selbst bei gleicher Amortisationszeit ist eine höhere Dämmstärke noch wirtschaftlicher, da in den Folgejahren bis zum Ende der Funktionsdauer der Fassade höhere Gewinne durch Energieeinsparungen anfallen würden.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4843 Ampflwang, Baujahr 1968

12 Wohneinheiten, Gebäude mit 3 Geschoßen,

Bruttogeschoßfläche beheizt: 887 m², Wohnnutzfläche: 760 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,56

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Hohlziegel, 30 cm, U = 1,24 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, seit 1991: 14 cm Wärmedämmung, U = 0,25 W/(m²K)

Fenster: 50 % Kunststoff-Isolierglasfenster, 50 % Holz-Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich

Beheizung: Öl-Zentralheizung

Sanierungsmaßnahmen 1998:

Außenmauern: Außendämmsystem mit 8 cm Polystyrol, U = 0,36 W/(m²K)

Fenster: Austausch der alten Holz-Verbundfenster gegen neue Wärmeschutzfenster; Kunststoff-Isolierglasfenster werden nicht erneuert; U_{mittel} = 2,0 W/(m²K)

Kellerdecke: 6 cm Kellerdecken-Dämmplatte, U = 0,45 W/(m²K)

Beheizung: im Frühjahr 1999 Einbau einer neuen Gas-Zentralheizung

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1993-97)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	184.000 kWh	91.500 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	141.000 kWh	68.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	140 kWh/(m² Jahr)	65 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,77	0,74

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	81.851	1.126.300,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	42.107	579.400,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt) **92.500 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	24,0 Jahre	16,0 Jahre	12,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	20,0 Jahre	14,0 Jahre	11,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	12,5 Jahre	8,5 Jahre	6,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	11,0 Jahre	7,5 Jahre	6,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 8 cm auf 10 cm PS: € 1,45 (ATS 20,--)

Aufpreis von 8 cm auf 12 cm PS: € 2,91 (ATS 40,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 8 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	12,5 Jahre	8,5 Jahre	6,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	12,0 Jahre	8,0 Jahre	6,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	12,0 Jahre	8,0 Jahre	6,0 Jahre

Bemerkungen:

Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich etwa gleich schnell amortisieren mit dem Vorteil, dass in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 8 cm Dämmung. Wirtschaftlich und natürlich auch in Bezug auf die Umwelt würde dies deutliche Vorteile bringen.

Wegen der Heizungsumstellung im Frühjahr 1999 konnte bis jetzt nur das Jahr 2000 bezüglich Energieverbrauch nach der Sanierung ausgewertet werden.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 19 (ATS 260,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten von ca. € 40 (ATS 550,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

Beheizung: 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten sowieso zu erneuernden Ölheizung 20% auf Preisbasis der neuen Gasheizung

Linz
Prandtauerstraße 22

Gebäudeverwaltung:

Familie, Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft

Das im Jahr 1969 in Plattenbauweise errichtete Gebäude wurde 1998 generalsaniert. Für die Instandsetzung der Außenwand wurde eine hinterlüftete Fassadenkonstruktion mit 6 cm Wärmedämmung gewählt. Als weitere energetische Begleitmaßnahmen wurden 17 cm Dämmung auf der obersten Geschoßdecke und 8 cm Dämmung an der Kellerdecke angebracht. In der Wohnanlage wurde schon vor der Sanierung etwa die Hälfte der alten Holz-Verbundfenster von den Eigentümern selbst durch neue Wärmeschutzfenster ersetzt, der Rest im Zuge der Sanierung.

Das 13-geschoßige Gebäude entsprach hinsichtlich des Wärmeschutzes der Außenbauteile keineswegs mehr dem heutigen Stand der Technik, auch wenn die Energiekennzahl von 95 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf den ersten Blick Besseres vermuten lässt. Die Energiekennzahl ist aber immer in Kombination mit der Kompaktheit des Gebäudes zu sehen, also dem Verhältnis zwischen der Gebäudehüllfläche und dem darin eingeschlossenen beheizten Volumen. Dieses Verhältnis beträgt hier 0,32 (Einheit: 1/m) im Vergleich z.B. zu einem Einfamilienhaus, bei dem dieses Verhältnis zwischen 0,8 und 1,0 liegt. Je kompakter ein Gebäude ist, desto geringer ist der auf die beheizte Fläche bezogene Heizwärmebedarf bzw. der Energieverbrauch.

Durch die energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich die Energiekennzahl rechnerisch auf 45 kWh/(m² Jahr) und entspricht damit etwa den heutigen Mindestanforderungen.

Tatsächlich konnte durch die Generalsanierung der Energieverbrauch für Raumwärme etwa um ein Drittel reduziert werden. Rechnerisch wäre eine Einsparung von etwa der Hälfte zu erwarten gewesen. Bemerkenswert ist, dass es eine deutliche Diskrepanz sowohl vor als auch nach der Sanierung zwischen dem Rechenwert des Heizwärmebedarfs und dem Messwert des Energieverbrauchs gibt, ausgedrückt durch den niedrigen Systemfaktor von 0,69 bzw. 0,50. Ein niedriger Systemfaktor deutet darauf hin, dass bei diesem an Fernwärme angeschlossenen Gebäude höhere Verteilungs- und Regelungsverluste und damit verbunden höhere Lüftungsverluste als sonst üblich vorliegen.

Vor der Sanierung betrug der klimabereinigte Energieverbrauch im Jahr 1997 für die Heizung 641.000 kWh im Vergleich zu dem über die Jahre 1999 und 2000 gemittelten Energieverbrauch von 421.000 kWh nach der Sanierung.

Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete, wärmegedämmte Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen deutlich teurer (ca. ATS 1.500,--/m² im Vergleich zu ca. ATS 750,--). Es wäre unfair, würde man diese systembedingten Mehrkosten den energetisch relevanten Sanierungskosten anlasten. Daher werden diese Mehrkosten als energetisch nicht relevante Kosten angesehen. Die hochwertige Fassade erhöht zum einen den Wert des Gebäudes und verursacht zum anderen geringere Folge- und Instandsetzungskosten durch deren lange Lebensdauer. Die Kosten für die neuen Fenster, die von den Eigentümern selbst bezahlt worden sind, wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die energetischen Sanierungsmaßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 44 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten und der Systemkosten (fairer Ansatz) bereits innerhalb von 20 Jahren.

Durch Erhöhung der Dämmstärke bei der Außenwand von 6 cm auf 12 cm (oder höher) wäre die Sanierung noch wirtschaftlicher und auch für die Umwelt nachhaltiger gewesen. Die Amortisationszeit würde sich in diesem Fall auf 18 Jahre verkürzen.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4040 Linz, Baujahr 1969

54 Wohneinheiten, 13 Geschoße

Bruttogeschoßfläche beheizt: 4.599 m², Wohnnutzfläche: 3.835 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,32

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Plattenbauweise, U = 1,0 W/(m²K);

Flachdach: Stahlbetondecke, Hüttenschlacke 3 cm, Betonestrich, U = 2,3 W/(m²K)

Fenster: etwa 50 % Holz-Verbundfenster und etwa 50 % neue Wärmeschutzfenster, U_{mittel} = 2,0 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Hüttenschlacke 3 cm, Estrich; U = 1,56 W/(m²K)

Beheizung: Fernwärme

Sanierungsmaßnahmen 1998:

Außenmauern: hinterlüftete Fassade mit 6 cm Wärmedämmung; U = 0,40 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: 17 cm Styropor-Beton-Gemisch, U = 0,25 W/(m²K)

Fenster: die restlichen Holzverbundfenster wurden durch neue Wärmeschutzfenster ersetzt, U = 1,5 W/(m²K)

Kellerdecke: 8 cm Wärmedämmung, U = 0,38 W/(m²K)

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1997)	**nach San. (1999-2000)**
Energieverbrauch Heizung (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	641.000 kWh	421.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	443.000 kWh	211.500 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	95 kWh/(m² Jahr)	45 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,69	0,50

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	523.608	7.205.000,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten* und Systemkosten**)	245.198	3.374.000,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt)	**220.000 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	65,0 Jahre	44,0 Jahre	33,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	42,0 Jahre	31,0 Jahre	25,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (statisch)	31,0 Jahre	20,0 Jahre	15,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	24,0 Jahre	17,0 Jahre	13,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 6 cm auf 10 cm MW: € 5,0 (ATS 69,--)

Aufpreis von 6 cm auf 12 cm MW: € 8,0 (ATS 110,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 6 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	31,0 Jahre	20,0 Jahre	15,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	28,0 Jahre	19,0 Jahre	14,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	27,0 Jahre	18,0 Jahre	14,0 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor ist sehr niedrig. Die Ursache könnten hohe Verteilungs- und Regelungsverluste der Heizung sein.

Die Fenster wurden von den Wohnungseigentümern selbst getauscht. Die Vollkosten dafür wurden mit € 214 bzw. ATS 2.945,-- exkl. MWSt. je m² Fensterfläche erhoben. Eine höhere Dämmstärke an der Außenwand (mind. 12 cm) wäre sowohl wirtschaftlich als auch für die Umwelt vorteilhafter.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 14,50 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten (unter Berücksichtigung der Systemkosten) von ca. € 40 (ATS 550,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

****) Systemkosten:**

Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete wärmegedämmte Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen deutlich teurer (ca. ATS 1.500,-- /m² im Vergleich zu ca. ATS 750,--). Es wäre unfair, würde man diese systembedingten Mehrkosten den energetisch relevanten Sanierungskosten anlasten. Daher werden diese Mehrkosten als energetisch nicht relevante Kosten angesehen.

Frankenmarkt
Bergweg 20,21

Gebäudeverwaltung:

ISG, Innviertler Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft reg. Gen.m.b.H.

Die beiden im Jahr 1971 errichteten Gebäude wurde im Sommer 1999 bau- und wärmetechnisch generalsaniert. Das Außenmauerwerk ist ein Mantelbetonstein mit einem U-Wert von ca. 0,9 W/(m²K). Auf diesen Stein wurde ein Wärmedämm-Verbundystem aus Polystyrol mit 6 cm Stärke aufgebracht. Darüber hinaus wurden die alten Verbundfenster durch neue Wärmeschutzfenster ersetzt und zusätzlich die oberste Geschoßdecke und die Kellerdecke gedämmt. Mit diesen Maßnahmen konnte die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) von 108 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf 58 kWh/(m² Jahr) nach der Sanierung reduziert werden.

Die berechnete rechnerische Einsparung von 47 % konnte in der Praxis nicht ganz erreicht werden. Tatsächlich konnte der Energieverbrauch für die Heizung um 31 % gesenkt werden. Der vor der Sanierung über die Jahre 1993 bis 1998 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 211.500 kWh im Vergleich zu 146.500 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 32 Jahren (statische Amortisationsrechnung). Nach Abzug der Sowieso-Kosten innerhalb von 20 Jahren. Deutlich wirtschaftlicher und nachhaltiger wäre eine höhere Dämmung an der Fassade gewesen. Die Berechnungen ergeben, dass sich bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Vorraussetzungen die Amortisationszeit auf 16 Jahre verkürzt hätte. Selbst bei 20 cm Wärmedämmung würden sich die Investitionen noch innerhalb dieser 16 Jahre rechnen. Eine höhere Dämmstärke hat nicht nur den Vorteil, dass sich die Investitionen schneller rechnen, sondern auch in den Folgejahren nach Rückzahlung des Kredites bis zum Ende der Funktionsdauer der Fassade höhere Energieeinsparungen (im Fall von 20 cm Wärmedämmung 30.000 kWh pro Jahr) als Gewinn anfallen.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4890 Frankenmarkt, Baujahr 1971

zwei identische, versetzte Gebäude mit insgesamt 18 Wohnungen, Gebäude mit 3 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 1.428 m², Wohnnutzfläche: 1.195 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,55

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Mantelbetonstein, U = 0,9 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Hohlkörperdecke, Beschüttung, 2 cm Dämmung, Estrich, U = 0,84 W/(m²K)

Fenster: Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Hohlkörperdecke, Beschüttung, 2 cm Dämmung, Estrich, U = 0,79 W/(m²K)

Beheizung: Öl-Zentralheizung (in benachbarter Gebäudeanlage)

Sanierungsmaßnahmen 1999:

Außenmauern: Außendämmsystem mit 6 cm Polystyrol, U = 0,39 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: zusätzlich 12 cm Polystyrol, U = 0,24 W/(m²K)

Fenster: Austausch der alten Verbundfenster gegen neue Wärmeschutzfenster, U = 1,5 W/(m²K)

Kellerdecke: 6 cm Dämmung, U = 0,36 W/(m²K)

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1993-98)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	211.500 kWh	146.500 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	195.000 kWh	104.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	108 kWh/(m² Jahr)	58 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,92	0,71

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	115.840	1.594.000,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	70.583	971.250,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt)	**65.100 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	49,0 Jahre	32,0 Jahre	24,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	34,0 Jahre	25,0 Jahre	20,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	30,0 Jahre	20,0 Jahre	15,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	23,0 Jahre	17,0 Jahre	13,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 6 cm auf 10 cm PS: € 2,91 (ATS 40,--)

Aufpreis von 6 cm auf 12 cm PS: € 4,36 (ATS 60,--)

Aufpreis von 6 cm auf 20 cm PS: € 10,17 (ATS 140,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 6 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	30,0 Jahre	20,0 Jahre	15,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	25,0 Jahre	17,0 Jahre	12,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	24,0 Jahre	16,0 Jahre	12,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 20 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	24,0 Jahre	16,0 Jahre	12,0 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor ist nach der Sanierung deutlich schlechter. Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich schneller amortisieren mit dem zusätzlichen Vorteil, dass in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 6 cm Dämmung. Wirtschaftlich und natürlich auch in Bezug auf die Umwelt würde dies deutliche Vorteile bringen.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 15 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten von ca. € 38 (ATS 520,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

Buchkirchen, Hundshamerstraße 14

Gebäudeverwaltung:

LAWOG, Gemeinnützige Landeswohnungsgenossenschaft für Oberösterreich

Das 1969 errichtete Gebäude wurde im Sommer 1998 bau- und wärmetechnisch saniert. Die 25 Jahre alte Ölheizung wurde im Frühjahr 1999 durch eine neue Gasheizung ersetzt. Die oberste Geschoßdecke wurde bereits 1986 mit 7 cm Wärmedämmung versehen und wärmetechnisch nicht weiter verbessert. Die Außenmauer ist ein Hohlziegelmauerwerk mit einem U-Wert von ca. 1,34 W/(m²K). Darauf wurde ein Wärmedämm-Verbundystem aus Polystyrol mit 8 cm Stärke aufgebracht. Darüber hinaus wurden die alten Verbundfenster durch neue Wärmeschutzfenster ersetzt und zusätzlich die Kellerdecke gedämmt. Mit diesen Maßnahmen verringert sich die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) von 135 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf 62 kWh/(m² Jahr) nach der Sanierung (Halbierung).

Die rechnerisch prognostizierte Einsparung von 54 % konnte auch tatsächlich durch Messungen des Energieverbrauches bestätigt werden. Der vor der Sanierung über die Jahre 1993 bis 1995 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 171.500 kWh im Vergleich zu 87.000 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung - das ist eine Einsparung von 50 %.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 21 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten innerhalb von 11 Jahren. Wirtschaftlicher und auch für die Umwelt nachhaltiger wäre eine höhere Dämmung an der Fassade gewesen. Die Berechnungen ergeben, dass bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Voraussetzungen die Amortisationszeit ebenfalls 11 Jahre betragen hätte, jedoch mit dem Vorteil, dass in den Folgejahren höhere Gewinne durch Energieeinsparungen anfallen würden.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4611 Buchkirchen, Baujahr 1969

12 Wohnungen, Gebäude mit 3 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 947 m², Wohnnutzfläche: 813 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,54

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Hohlziegel, 30 cm, U = 1,34 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, seit 1986: 7 cm Wärmedämmung, U = 0,43 W/(m²K)

Fenster: Holz-Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich; U = 1,27 W/(m²K)

Beheizung: Öl-Zentralheizung

Sanierungsmaßnahmen 1998:

Außenmauern: Außendämmsystem mit 8 cm Polystyrol, U = 0,37 W/(m²K)

Fenster: neue Wärmeschutzfenster, U = 1,5 W/(m²K)

Kellerdecke: 6 cm Kellerdecken-Dämmplatte, U = 0,46 W/(m²K)

Beheizung: im Frühjahr 1999 Einbau einer neuen Gas-Zentralheizung

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1993-95)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	171.500 kWh	87.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	139.000 kWh	63.500 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	135 kWh/(m² Jahr)	62 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,81	0,73

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	95.928	1.320.000,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	50.271	691.750,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt)	**84.500 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	31,0 Jahre	21,0 Jahre	16,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	24,0 Jahre	17,0 Jahre	13,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	16,0 Jahre	11,0 Jahre	8,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	14,0 Jahre	10,0 Jahre	7,5 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 8 cm auf 10 cm PS: € 1,45 (ATS 20,--)

Aufpreis von 8 cm auf 12 cm PS: € 2,91 (ATS 40,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 8 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	16,0 Jahre	11,0 Jahre	8,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	16,0 Jahre	11,0 Jahre	8,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	16,0 Jahre	11,0 Jahre	8,0 Jahre

Bemerkungen:

Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich etwa gleich schnell amortisieren mit dem Vorteil, dass in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 8 cm Dämmung. Wirtschaftlich und natürlich auch in Bezug auf die Umwelt würde dies deutliche Vorteile bringen.

Wegen der Heizungsumsstellung im Frühjahr 1999 konnte bis jetzt nur das Jahr 2000 bezüglich Energieverbrauch nach der Sanierung ausgewertet werden.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 19 (ATS 260,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten von ca. € 40 (ATS 550,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

Beheizung: 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten sowieso zu erneuernden Ölheizung 20% auf Preisbasis der neuen Gasheizung

Linz
Waldeggstraße 117a

Gebäudeverwaltung:

GWB, Gesellschaft für den Wohnungsbau

Das 1969 errichtete Gebäude war zum Zeitpunkt der Sanierung bereits in einem relativ guten energetischen Zustand. Eine Sanierung der hinterlüfteten Fassade war erforderlich, da die Unterkonstruktion aus Holz morsch war und erneuert werden musste. Im Zuge dieser ohnehin erforderlichen bautechnischen Instandsetzung wurden begleitende energetische Sanierungsmaßnahmen am Flachdach, der Kellerdecke und an der Fassade gesetzt.

Die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) konnte von 73 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf 58 kWh/(m² Jahr) nach der Sanierung gesenkt werden. Da ein gemeinsamer Gasmengenzähler für Heizung und Warmwasser eingebaut ist, wurde der Anteil des Warmwassers am gesamten Energieverbrauch durch Messungen der Gasmengen in den Sommermonaten ermittelt.

Durch die energetischen Begleitmaßnahmen konnte der Energieverbrauch für Beheizung um 14 % reduziert werden und stimmt unter Beachtung des möglicherweise schwankenden Warmwasseranteils recht gut mit dem prognostizierten Wert von 22 % gemäß Heizwärmebedarfsrechnung überein. Der vor der Sanierung über die Jahre 1995 bis 1998 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser betrug 394.000 kWh im Vergleich zu 356.000 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Bei diesem Objekt war die Erneuerung der hinterlüfteten mit 4 cm gedämmten Fassadenkonstruktion ohnehin erforderlich, sodass bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung diese Systemkosten als Sowieso-Kosten angerechnet wurden. Energetisch relevante Mehrkosten ergeben sich nur durch die Erhöhung der Dämmstärke von ursprünglich 4 cm auf 8 cm. Alle anderen energetischen Verbesserungen (Flachdach, Kellerdecke, Sockel) wurden mit den vollen Kosten berücksichtigt.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung, also inklusive der Systemkosten für die hinterlüftete Fassade innerhalb von 59 Jahren (statische Amortisationsrechnung). Die energetische Amortisation, bei der die Sowieso-Kosten nicht berücksichtigt werden, beträgt hingegen nur 19 Jahre.

Durch Erhöhung der Dämmstärke bei der Außenwand von 8 cm auf 12 cm (oder höher) wäre die Sanierung noch wirtschaftlicher und auch für die Umwelt nachhaltiger gewesen. Die Amortisationszeit würde sich in diesem Fall auf 16 Jahre verkürzen.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4020 Linz, Baujahr 1969

28 Wohneinheiten, Gebäude mit 7 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 2.202 m², Wohnnutzfläche: 1.834 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheizten Volumen (A/V): 0,4

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Mantelbeton, hinterlüftete Fassade mit 4 cm Wärmedämmung, U = 0,50 W/(m²K)

Flachdach: Hohlkörperdecke, Beschüttung, Estrich, 12 cm Wärmedämmung, U = 0,27 W/(m²K)

Fenster: Kunststoff-Isolierglasfenster; Einbau ca. 1986, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Hohlkörperdecke, Beschüttung, Estrich, U = 1,1 W/(m²K)

Beheizung: Gasheizung

Sanierungsmaßnahmen 1999:

Außenmauern: neue hinterlüftete Fassadenkonstruktion mit 8 cm Mineralwolle, U = 0,30 W/(m²K), auch der Sockel wurde mit 4 cm extrudiertem Polystyrol gedämmt

Flachdach: zusätzlich 10 cm Polystyrol, U = 0,16 W/(m²K)

Kellerdecke: 8 cm Wärmedämmung, U = 0,35 W/(m²K)

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1995-98)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch Heizung und Warmwasser (klimabereinigt, Mittelwert über die angegeben Jahre)	394.000 kWh	356.000 kWh
Energieverbrauch Heizung (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	274.000 kWh	236.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	163.000 kWh	129.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	73 kWh/(m² Jahr)	58 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,60	0,54

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	123.544	1.700.000,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	39.825	548.000,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt)	**38.400 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	88,0 Jahre	59,0 Jahre	44,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	51,0 Jahre	39,0 Jahre	31,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	29,0 Jahre	19,0 Jahre	14,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	23,0 Jahre	16,0 Jahre	12,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 8 cm auf 10 cm MW: € 2,5 (ATS 34,--)

Aufpreis von 8 cm auf 12 cm MW: € 5 (ATS 69,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 8 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	29,0 Jahre	19,0 Jahre	14,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	25,0 Jahre	17,0 Jahre	12,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	24,0 Jahre	16,0 Jahre	12,0 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor ist vor und nach der Sanierung sehr niedrig. Die Ursache könnten hohe Verteilungsverluste bei Heizung und Warmwasser sein.

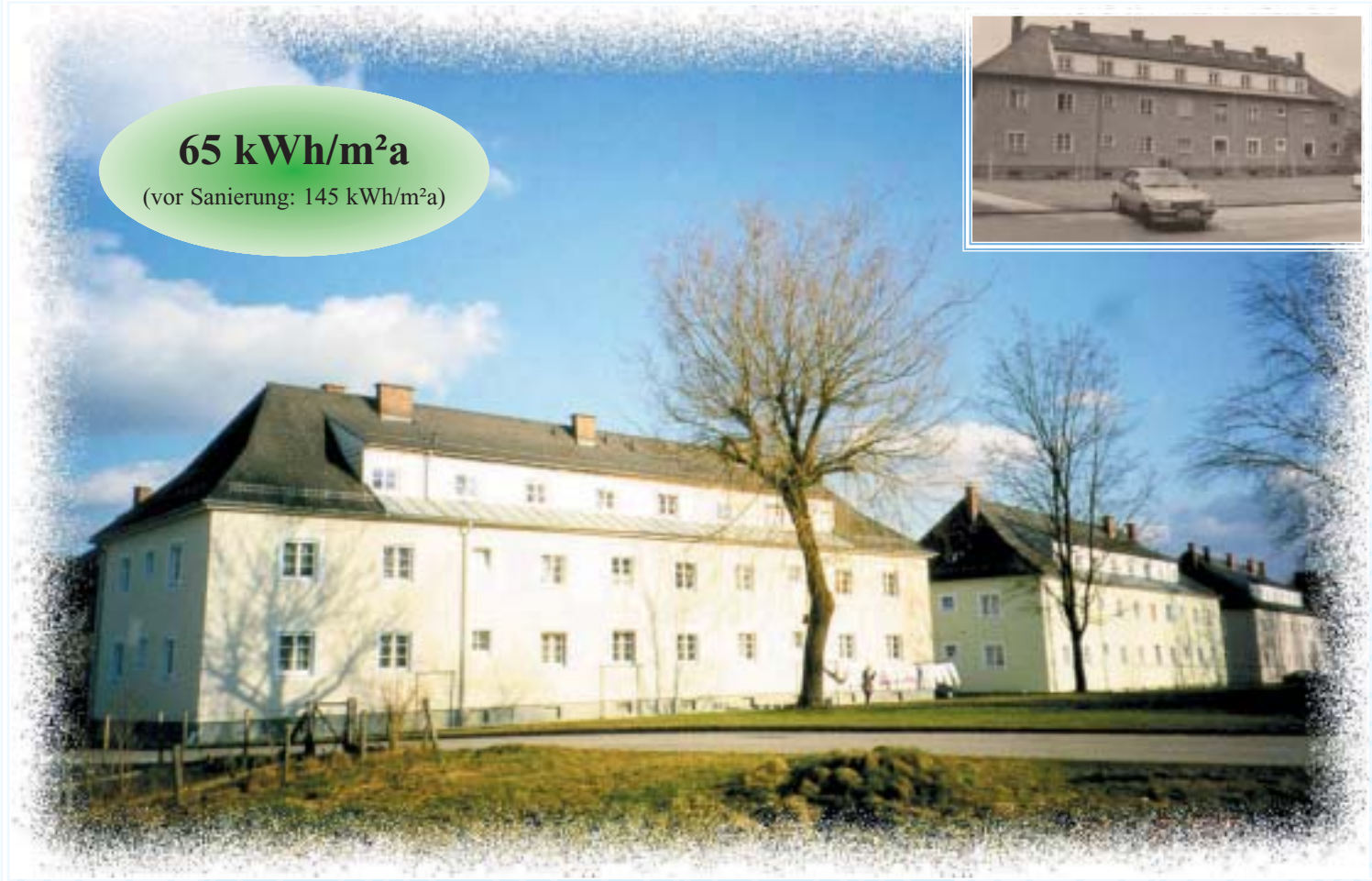
***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: Abzug der Kosten für die Erneuerung der bestehenden hinterlüfteten Fassade, sodass nur € 5 (ATS 69,--) je m² Fassadenfläche für die zuätzlichen 4 cm Dämmung gegenüber dem Altbestand in Rechnung gestellt wurden

St. Pantaleon
Riedersbach 26,27

Gebäudeverwaltung:

WAG, Wohnungsanlagen GesmbH



Das im Jahr 1955 errichtete Gebäude wurde im Sommer 1999 bau- und wärmetechnisch generalsaniert. Die oberste Geschoßdecke war bereits mit 10 cm Wärmedämmfilz gedämmt. Diese Dämmung wurde durch 14 cm Polystyrol und Estrich ersetzt. An der Fassade wurde ein Wärmedämm-Verbundsystem aus 6 cm Polystyrol angebracht und sämtliche Fenster wurden durch Wärmeschutzfenster ersetzt. Rechnerisch reduziert sich die Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) von 145 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf 65 kWh/(m² Jahr) nach der Sanierung.

Das theoretische Einsparungspotenzial von 55 % konnte, wenn man die Leerstände von mehreren Mietwohnungen berücksichtigt, auch tatsächlich anhand des gemessenen (und klimabereinigten) Energieverbrauches erreicht werden (48 %). Der vor der Sanierung über die Jahre 1995 bis 1998 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 120.000 kWh im Vergleich zu 63.000 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 21 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten bereits innerhalb von 15 Jahren. Deutlich wirtschaftlicher und nachhaltiger wäre eine stärkere Dämmung an der Fassade gewesen. Die Berechnungen ergeben, dass sich bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Voraussetzungen die Amortisationszeit auf 14 Jahre verkürzt hätte.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 5120 St. Pantaleon, Baujahr 1955

12 Wohneinheiten, Gebäude mit 3 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 829 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,61

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Hohlziegel, 30 cm, U = 1,23 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, 10 cm Wärmedämmfilz, U = 0,33 W/(m²K)

Fenster: Holz-Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, U = 1,35 W/(m²K)

Beheizung: Fernwärme (Kohlekraftwerk Riedersbach)

Sanierungsmaßnahmen 1999:

Außenmauern: Außendämmsystem mit 6 cm Polystyrol, U = 0,43 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Entfernung des bestehenden Wärmedämmfilzes; 14 cm Polystyrol, Estrich, U = 0,23 W/(m²K)

Fenster: neue Wärmeschutzfenster, U = 1,3 W/(m²K)

Kellerdecke: 10 cm Wärmedämmung, U = 0,30 W/(m²K)

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1995-98)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	120.000 kWh	63.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	131.000 kWh	60.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	145 kWh/(m² Jahr)	65 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	1,09	0,94

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	65.243	897.760,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	47.481	653.350,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt)	**56.900 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	32,0 Jahre	21,0 Jahre	16,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	24,0 Jahre	17,0 Jahre	13,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	23,0 Jahre	15,0 Jahre	11,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	19,0 Jahre	13,0 Jahre	10,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 6 cm auf 10 cm PS: € 2,91 (ATS 40,--)

Aufpreis von 6 cm auf 12 cm PS: € 4,36 (ATS 60,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 6 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	23,0 Jahre	15,0 Jahre	11,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	21,0 Jahre	14,0 Jahre	10,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	21,0 Jahre	14,0 Jahre	10,5 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor vor der Sanierung ist größer als 1, d.h. rechnerisch wurde der tatsächliche Verbrauch überschätzt. Dies ist vermutlich auf leerstehende Wohnungen zurückzuführen, die fast nicht beheizt und in der Rechnung nur grob erfasst wurden. Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich nicht nur schneller amortisieren sondern auch die Einsparungen wären in den Folgejahren nach Rückzahlung des Kredites deutlich höher als bei 6 cm Dämmung. Wirtschaftlich und natürlich auch in Bezug auf die Umwelt würde dies deutliche Vorteile bringen.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 15 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten von ca. € 38 (ATS 520,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

Wels
Dr. Breitwieserstraße 16, 18, 20

Gebäudeverwaltung:

Steller - Immobilientreuhänder

44 kWh/m²a

(vor Sanierung: 89 kWh/m²a)

Die Fassade einschließlich der Fenster des im Jahr 1972 errichteten Gebäudes wurden 1999 saniert. Im Zuge dieser ohnehin erforderlichen Instandsetzung wurden auch rundum energetische Begleitmaßnahmen gesetzt: 6 cm Wärmedämmung bei der hinterlüfteten Fassade, zusätzliche Dämmung am Flachdach und an der Kellerdecke.

Das Gebäude ist aufgrund der Höhe und der geradlinigen Bauweise sehr kompakt und hatte bereits vor der Sanierung eine relativ gute Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) von 89 kWh / (m² Jahr). Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen wird eine Energiekennzahl von 44 kWh/(m² Jahr) errechnet.

Tatsächlich konnte der Energieverbrauch für die Heizung nur etwa um ein Drittel reduziert werden. Rechnerisch wäre eine Einsparung von etwa der Hälfte zu erwarten gewesen. Bei der Auswertung des Energieverbrauchs war es allerdings nicht möglich, den Anteil des Warmwassers vom Heizungsanteil exakt zu trennen. Um dennoch zu verwertbaren Daten zu gelangen, wurde der Anteil des Warmwassers aufgrund von Erfahrungswerten mit etwa 30 % des Energieverbrauchs vor der Sanierung abgeschätzt und in den Folgejahren konstant angenommen. Dadurch ergeben sich größere Ungenauigkeiten zwischen Rechnung und tatsächlichem Verbrauch. Auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung hat dies aber keinen Einfluss, da hier die tatsächliche Energieeinsparung berücksichtigt wurde.

Der vor der Sanierung über die Jahre 1997 und 1998 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser betrug 926.000 kWh im Vergleich zu 700.000 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen aus Poystyrol deutlich teurer (ca. ATS 1.500,--/m² im Vergleich zu ca. ATS 750,-). Es wäre unfair, würde man diese systembedingten Mehrkosten den energetisch relevanten Sanierungskosten anlasten. Die hochwertige Fassade erhöht vor allem den Wert des Gebäudes und verursacht geringere Folge- und Instandsetzungskosten durch deren lange Lebensdauer.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 54 Jahren (statische Amortisationsrechnung). Nach Abzug der Sowieso-Kosten und Reduktion der Systemkosten auf die Kosten eines Wärmedämm-Verbundsystems aus Polystyrol (fairer Ansatz) sind bereits innerhalb von 17 Jahren die energetisch relevanten Mehrkosten durch die Energieeinsparung wettgemacht.

Deutlich wirtschaftlicher und nachhaltiger wäre eine höhere Dämmung an der Fassade gewesen. Die Berechnungen ergeben, dass sich bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Voraussetzungen die Amortisationszeit auf 15 Jahre verkürzt hätte. Eine höhere Dämmstärke hat den Vorteil, dass sich die Investitionen nicht nur schneller rechnen, sondern in den Folgejahren auch höhere Energieeinsparungen bis zum Ende der Funktionsdauer der Fassade erzielt werden können.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4600 Wels, Baujahr 1972

60 Wohneinheiten

Haus Nr. 16: 6 Geschoße, Haus Nr. 18 und 20: 8 Geschoße

Bruttogeschoßfläche beheizt: 5.709 m², Wohnnutzfläche: 4.856 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,36

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Ziegelmauerwerk 30 cm, U = 1,2 W/(m²K)

Flachdach: Stahlbetondecke mit 10 cm Wärmedämmung, U = 0,40 W/(m²K)

Fenster: Metall-Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, schwimmender Estrich auf 6 cm Polystyrol, U = 0,51 W/(m²K)

Beheizung: Fernwärme

Sanierungsmaßnahmen 1999:

Außenmauern: hinterlüftete Fassade mit 6 cm Wärmedämmung, im Bereich der Loggien Wärmedämm-Verbundsystem mit 5 cm Polystyrol, U = 0,43 W/ (m² K)

Flachdach: zusätzlich 15 cm Wärmedämmung, U = 0,16 W/(m² K)

Fenster: neue Wärmeschutzfenster beim gesamten Objekt (einige Fenster waren bereits vor der Sanierung getauscht), U = 1,5 W/ (m² K)

Kellerdecke: 5 cm Kellerdecken-Dämmplatte, U = 0,32 W/ (m² K)

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1997-98)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch Heizung und Warmwasser (klimabereinigt, Mittelwert über die angegeben Jahre)	926.000 kWh	700.000 kWh
Energieverbrauch Heizung (klimabereinigt auf Normklima)	637.000 kWh	411.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	512.000 kWh	258.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	89 kWh/(m² Jahr)	44 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,80	0,62

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	662.725	9.119.300,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten* und Systemkosten**)	207.481	2.855.000,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt) **226.150 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	80,0 Jahre	54,0 Jahre	40,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	40,0 Jahre	36,0 Jahre	30,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (statisch)	25,0 Jahre	17,0 Jahre	12,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	20,0 Jahre	14,0 Jahre	11,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 6 cm auf 10 cm MW inkl. Unterkonstruktion: € 5 (ATS 69,--)

Aufpreis von 6 cm auf 12 cm MW inkl. Unterkonstruktion: € 8 (ATS 110,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 6 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	25,0 Jahre	17,0 Jahre	12,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	22,0 Jahre	15,0 Jahre	11,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	22,0 Jahre	15,0 Jahre	11,0 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor ist fehlerbehaftet, da der Warmwasserverbrauch nicht genau bekannt ist. Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich schneller amortisieren mit dem zusätzlichen Vorteil, dass in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 6 cm Dämmung.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 14,50 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten (unter Berücksichtigung der Systemkosten) von ca. € 40 (ATS 550,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

****) Systemkosten:**

Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete wärmegedämmte Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen deutlich teurer (ca. ATS 1.500,-- /m² im Vergleich zu ca. ATS 750,--). Daher wurden die energetisch relevanten Systemkosten auf das Maß eines Wärmedämm-Verbundsystems aus Polystyrol reduziert.

Schwanenstadt
Mitterhoferstraße 1-3

Gebäudeverwaltung:

ISG, Innviertler Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft reg. Gen.m.b.H

Die drei im Jahr 1973 errichteten Gebäude wurden im Sommer 1999 bau- und wärmetechnisch generalsaniert. Das Außenmauerwerk ist ein Mantelbetonstein mit einem U-Wert von ca. 0,9 W/(m²K). Auf diesen Stein wurde ein Wärmedämm-Verbundystem aus Polystyrol mit 6 cm Stärke aufgebracht. Darüber hinaus wurden die alten Verbundfenster durch neue Wärmeschutzfenster ersetzt und zusätzlich die oberste Geschoßdecke und die Kellerdecke gedämmt. Im Herbst 1999 wurde die zentrale Beheizungsanlage von Öl auf Gas umgestellt. Mit diesen Maßnahmen konnte die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) von 127 kWh/(m² Jahr) vor der Sanierung auf 64 kWh/(m² Jahr) nach der Sanierung reduziert werden.

Die berechnete rechnerische Einsparung von 50 % konnte in der Praxis auch tatsächlich erreicht werden. Der vor der Sanierung über die Jahre 1996 bis 1998 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 447.500 kWh im Vergleich zu 222.500 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung - das ist eine Einsparung von ebenfalls 50 %.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 17 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten innerhalb von 8,5 Jahren. Noch wirtschaftlicher und nachhaltiger wäre eine stärkere Dämmung an der Fassade gewesen. Die Berechnungen ergeben, dass sich bei einer Dämmstärke von 12 cm unter den gleichen Voraussetzungen die Amortisationszeit auf 8 Jahre verkürzt hätte. Dies erscheint nicht viel, aber die Investitionen rechnen sich etwa gleich schnell mit dem Vorteil, dass in den Folgejahren auch höhere Energieeinsparungen bis zum Ende der Funktionsdauer der Fassade als Gewinn anfallen.

Projektdaten:

Mehrfamilienhaus, 4690 Schwanenstadt, Baujahr 1973

drei aneinandergereihte Gebäude mit insgesamt 27 Wohnungen mit jeweils 3 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 2.082 m², Wohnnutzfläche: 1.843 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,52

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Mantelbetonstein, U = 0,9 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, 3 cm Dämmung, Estrich, U = 0,81 W/(m²K)

Fenster: Verbundfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, 3 cm Beschüttung, 2 cm Dämmung, Estrich, U = 0,95 W/(m²K)

Beheizung: Öl-Zentralheizung

Sanierungsmaßnahmen 1999:

Außenmauern: Außendämmsystem mit 6 cm Polystyrol, U = 0,39 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: zusätzlich 12 cm Polystyrol, U = 0,24 W/(m²K)

Fenster: Austausch der alten Verbundfenster gegen neue Wärmeschutzfenster, U = 1,5 W/(m²K)

Kellerdecke: 6 cm Dämmung, U = 0,36 W/(m²K)

Beheizung: Umstellung auf Gas-Zentralheizung im Herbst 1999

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1996-98)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	447.500 kWh	222.500 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	290.000 kWh	144.500 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	127 kWh/(m² Jahr)	64 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,65	0,65

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	208.135	2.864.000,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten*)	104.213	1.434.000,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt) **225.090 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	25,0 Jahre	17,0 Jahre	12,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	20,0 Jahre	14,5 Jahre	11,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (statisch)	13,0 Jahre	8,5 Jahre	6,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	11,0 Jahre	8,0 Jahre	6,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 6 cm auf 10 cm PS: € 2,91 (ATS 40,--)

Aufpreis von 6 cm auf 12 cm PS: € 4,36 (ATS 60,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 6 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	13,0 Jahre	8,5 Jahre	6,5 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	12,0 Jahre	8,0 Jahre	6,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	12,0 Jahre	8,0 Jahre	6,0 Jahre

Bemerkungen:

Der Systemfaktor ist vor und nach der Sanierung niedrig. Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich schneller amortisieren mit dem zusätzlichen Vorteil, dass in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 6 cm Dämmung.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 15 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten von ca. € 38 (ATS 520,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

Beheizung: 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten sowieso in den nächsten Jahren zu erneuernde Ölheizung 20% auf Preisbasis der neuen Gasheizung

Enns
Gruberstraße 5

Gebäudeverwaltung:

LAWOG, Gemeinnützige Landeswohnungsgenossenschaft für Oberösterreich

56 kWh/m²a

(vor Sanierung: 114 kWh/m²a)

Das 1954 errichtete Gebäude wurde im Zeitraum 1998-1999 bau- und wärmetechnisch generalsaniert. Die 40 Jahre alte Ölheizung wurde bereits im Frühjahr 1997 durch eine neue Gasheizung ersetzt. Die oberste Geschoßdecke wurde bereits 1993 mit 12 cm Wärmedämmung gedämmt und wärmetechnisch nicht weiter verbessert. Die rechnerische Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf für den Klimastandort Linz) beträgt vor der Sanierung 114 kWh/(m² Jahr) und nach der Sanierung 56 kWh/(m² Jahr).

Durch die energetische Gesamtsanierung konnte der Energieverbrauch halbiert werden. Der vor der Sanierung über die Jahre 1993 bis 1995 gemittelte (klimabereinigte) Energieverbrauch betrug 348.000 kWh im Vergleich zu 175.000 kWh im Jahr 2000 nach der Sanierung.

Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete wärmegedämmte Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen deutlich teurer (ca. ATS 1.500,--/m² im Vergleich zu ca. ATS 750,--). Es wäre unfair, würde man diese systembedingten Mehrkosten den energetisch relevanten Sanierungskosten anlasten. Daher werden diese Mehrkosten als energetisch nicht relevante Kosten angesehen. Die hochwertige Fassade erhöht vor allem den Wert des Gebäudes und verursacht geringere Folge- und Instandhaltungskosten durch deren lange Lebensdauer.

Die Maßnahmen rechnen sich bei einem Energiepreis von € 55/MWh (ATS 0,75/kWh) wirtschaftlich bei Vollkostenrechnung innerhalb von 31 Jahren (statische Amortisationsrechnung), nach Abzug der Sowieso-Kosten und der Systemkosten (fairer Ansatz) bereits innerhalb von 12 Jahren. Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich etwa gleich schnell amortisieren mit dem Vorteil, dass auch in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 8 cm Dämmung.

Projektdaten:

Mehrfamilienwohnhaus, 4470 Enns, Baujahr 1954

35 Wohneinheiten, Gebäude mit 11 Geschoßen

Bruttogeschoßfläche beheizt: 2.242 m²

Verhältnis Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V): 0,44

Vor der Sanierung:

Außenmauern: Schüttbeton, U = 1,41 W/(m²K); nur eine Fassade war hinterlüftet und gedämmt mit 6 cm Wärmedämmung, U = 0,46 W/(m²K)

Oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, seit 1993: 12 cm Wärmedämmung aus Mineralwolle, U = 0,31 W/(m²K)

Fenster: Kunststoff-Isolierglasfenster, U = 2,5 W/(m²K)

Kellerdecke: Stahlbetondecke, Beschüttung, Estrich, U = 1,56 W/(m²K)

Beheizung: Öl-Zentralheizung

Sanierungsmaßnahmen 1997-1999:

Außenmauern: Abriss der hinterlüfteten Dämmung und Verkleidung (nur eine Fassade), rundum neue hinterlüftete Fassade mit 8 cm Wärmedämmung, U = 0,29 W/(m²K)

Fenster: im Stiegenhaus wurden die Balkontüren erneuert; U = 1,5 W/(m²K)

Kellerdecke: 9 cm Kellerdecken-Dämmplatte, U = 0,36 W/(m²K)

Beheizung: im Frühjahr 1997 Einbau einer neuen Gas-Zentralheizung

Energieeffizienz der Sanierungsmaßnahmen

	vor San. (1993-95)	**nach San. (2000)**
Energieverbrauch (klimabereinigt auf Normklima, Mittelwert über die angegeben Jahre)	348.000 kWh	175.000 kWh
Rechnerischer Heizwärmebedarf (Normklima)	267.000 kWh	132.000 kWh
Energiekennzahl gemäß Oö. Bautechnikverordnung (flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF} gemäß ÖNORM B 8110-1, Klimastandort Linz)	114 kWh/(m² Jahr)	56 kWh/(m² Jahr)
Systemfaktor (= Rechnerischer Heizwärmebedarf / Heizenergieverbrauch)	0,77	0,75

Wirtschaftlichkeit
(die angeführten Investitionskosten sind exkl. MWSt. und exkl. Verwaltungskostenzuschlag; Preisbasis ist das Jahr der Sanierung)

	€	ATS
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten)	295.241	4.062.600,--
Energierelevante Investitionskosten (Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten* und Systemkosten**)	109.518	1.507.000,--

Jährliche Energieeinsparung (klimabereinigt) **172.600 kWh**

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten (statisch)	47,0 Jahre	31,0 Jahre	23,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	33,0 Jahre	24,0 Jahre	19,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (statisch)	17,0 Jahre	12,0 Jahre	9,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten (dynamisch): Kreditzinsen effektiv 2% (Wohnbauförderung), Energiepreissteigerung 4%	15,0 Jahre	10,0 Jahre	8,0 Jahre

Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Dämmstoffstärken an der Außenmauer

Aufpreis von 8 cm hinterlüfteter Wärmedämmung auf 10 cm MW: € 2,5 (ATS 34,--)

Aufpreis von 8 cm hinterlüfteter Wärmedämmung auf 12 cm MW: € 5,0 (ATS 69,--)

Energiepreis je MWh	€ 36 (ATS 500,--)	€ 55 (ATS 750,--)	€ 73 (ATS 1.000,--)
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 8 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	17,0 Jahre	12,0 Jahre	9,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 10 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	17,0 Jahre	12,0 Jahre	9,0 Jahre
Amortisation der Vollkosten abzgl. Sowieso-Kosten und Systemkosten mit 12 cm Dämmung der Außenmauer (statisch)	17,0 Jahre	12,0 Jahre	9,0 Jahre

Bemerkungen:

Eine größere Dämmstärke an der Fassade (mind. 12 cm) würde sich etwa gleich schnell amortisieren mit dem Vorteil, dass auch in den Folgejahren die Einsparungen deutlich höher wären als bei 8 cm Dämmung.

***) Als Sowieso-Kosten wurden in Abzug gebracht:**

Fassade: je m² Fassadenfläche Abzug von € 14,50 (ATS 200,--) für Gerüst und sowieso erforderliche Putzerneuerung, das ergibt somit energetisch relevante Sanierungskosten (unter Berücksichtigung der Systemkosten) von ca. € 40 (ATS 550,--) je m² Fassadenfläche

Fenster : 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten Fenster 20% auf Preisbasis neuer Fenster

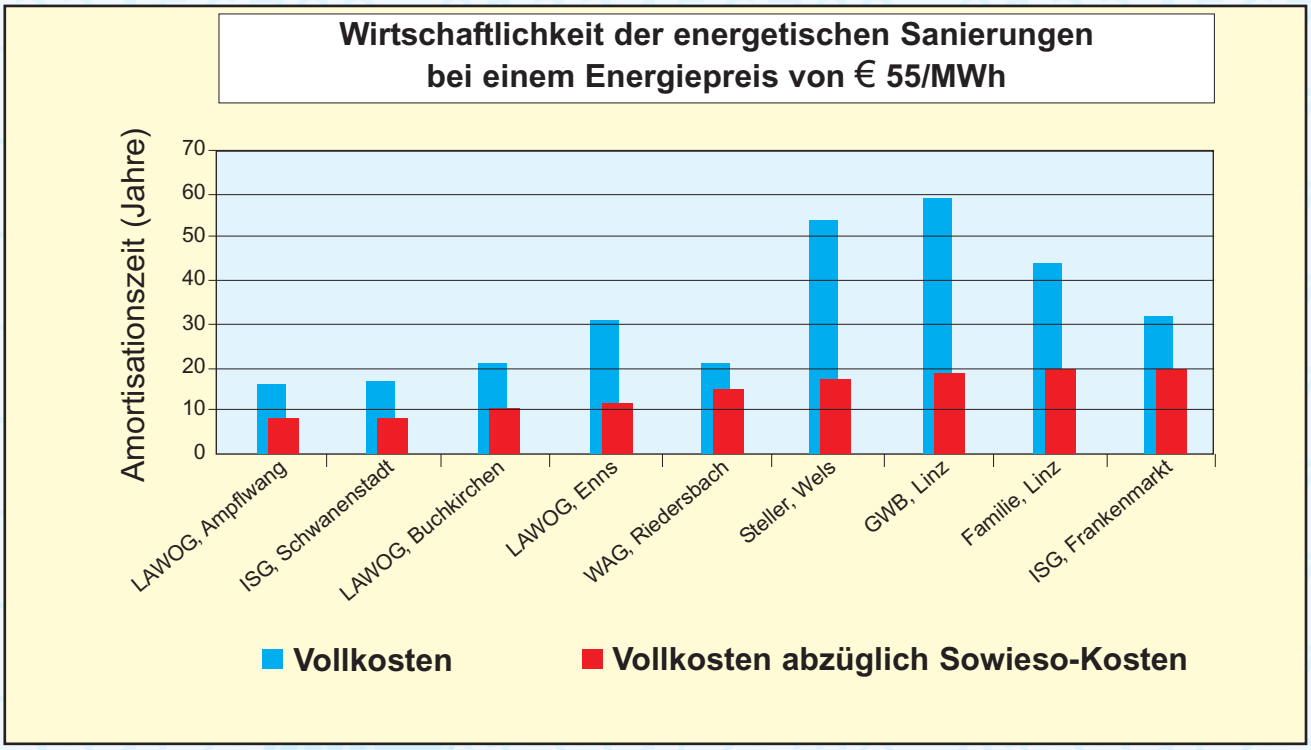
Beheizung: 80% der Investitionskosten, d.h. Restwert der alten sowieso zu erneuernde Ölheizung 20% auf Preisbasis der neuen Gasheizung

****) Systemkosten:**

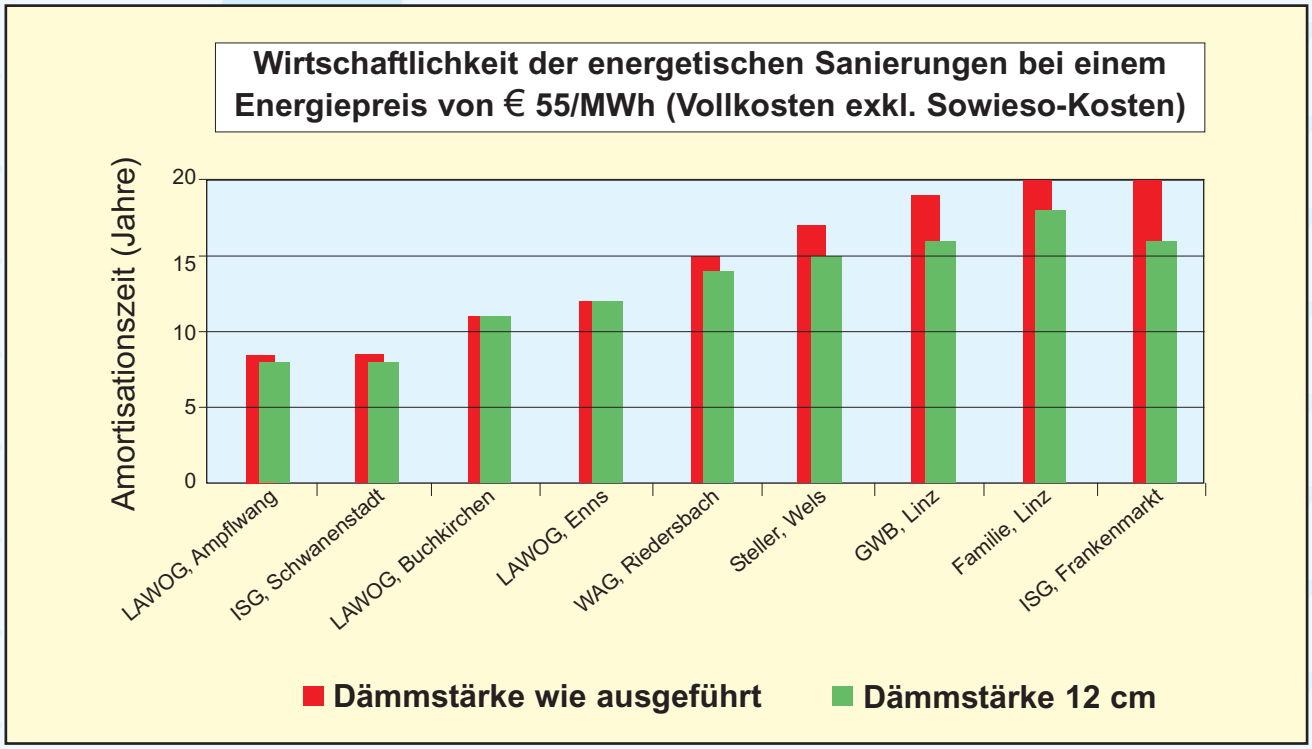
Bei diesem Objekt wurde eine hinterlüftete wärmegedämmte Fassade errichtet. Diese ist im Vergleich zu Wärmedämm-Verbundsystemen deutlich teurer (ca. ATS 1.500,--/m² im Vergleich zu ca. ATS 750,--). Es wäre unfair, würde man diese systembedingten Mehrkosten den energetisch relevanten Sanierungskosten anlasten. Daher werden diese Mehrkosten als energetisch nicht relevante Kosten angesehen.

Diskussion der Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung für alle Objekte noch einmal zusammengestellt. Unter Berücksichtigung der Sowieso-Kosten liegt die Amortisationszeit in allen Fällen zwischen 8 und 20 Jahren.



Bei allen untersuchten Objekten konnte nachgewiesen werden, dass eine stärkere Dämmung wirtschaftlicher gewesen wäre. Dies trifft sowohl für die zum Einsatz gekommenen Wärmedämm-Verbundsysteme aus Polystyrol als auch für die hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen zu.



Für zukünftige Sanierungsmaßnahmen wird eine Mindest-Dämmstärke von 12 cm empfohlen. Beim Objekt Frankenmarkt (ISG) wurde auch die Wirtschaftlichkeit bei einer Dämmstärke von 20 cm Polystyrol untersucht. In diesem konkreten Fall würden sich die Investitionen etwa gleich schnell rechnen wie bei 12 cm Dämmung. Eine Sanierung mit einer so hohen Dämmstärke wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik bei einem Gebäude in Villingen-Schwenningen, Deutschland, messtechnisch untersucht. Es konnte eine Energieeinsparung durch Gebäudesanierung und Heizungserneuerung von 70% erreicht werden (H. Erhorn, H. Kluttig, IBP-Mitteilung Nr. 377).

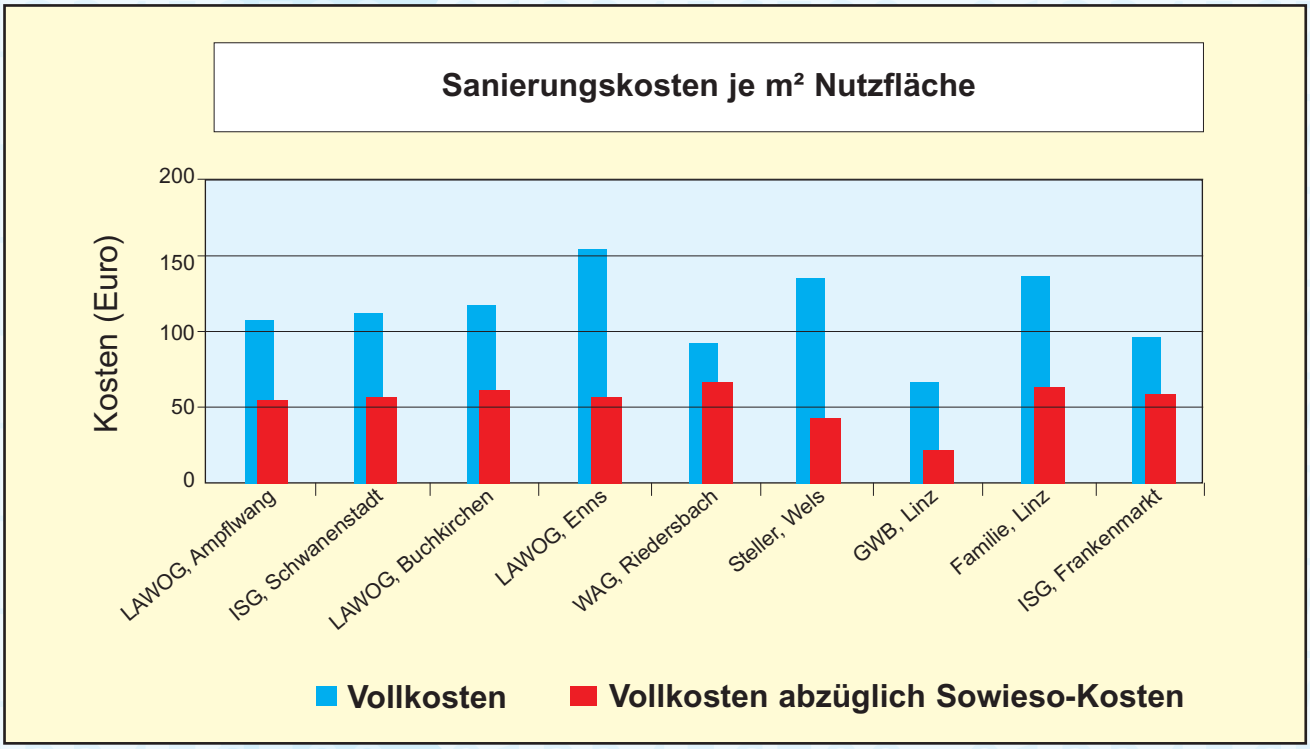
Selbst bei gleicher Amortisationszeit ist im Hinblick auf die Funktionsdauer der Fassade von 25-30 Jahren eine höhere Dämmstärke wirtschaftlicher, da ab dem Zeitpunkt, an dem die Investitionen durch Einsparungen wieder zurückgeflossen sind (Amortisationszeit), bis zum Ende der Funktionsdauer die höheren jährlichen Energie-Einsparungen einen finanziellen Mehrgewinn darstellen.

In der folgenden Aufstellung sind die für die Wirtschaftlichkeitsanalyse angesetzten Mehrkosten für höhere Dämmstärken an der Fassade angegeben. Die Angaben beruhen auf Preisanbote der Firmen im Februar 2002.

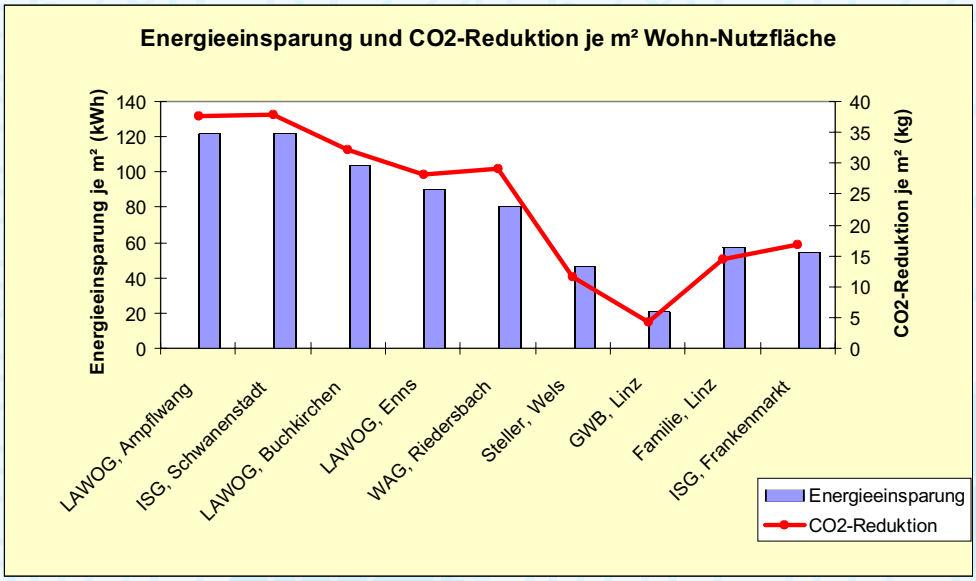
Mehrkosten für höhere Dämmstärken an der Fassade		ATS	€
Polystyrol -	Dämmung von 6 cm auf 10 cm	40,--	2,91
Außendämmsystem	Dämmung von 6 cm auf 12 cm	60,--	4,36
	Dämmung von 8 cm auf 10 cm	20,--	1,45
	Dämmung von 8 cm auf 12 cm	40,--	2,91
Mineralwolle -	Dämmung von 6 cm auf 10 cm	69,--	5
hinterlüftete Fassade	Dämmung von 6 cm auf 12 cm	110,--	8
inkl. Unterkonstruktion	Dämmung von 8 cm auf 10 cm	34,--	2,5
	Dämmung von 8 cm auf 12 cm	69,--	5

Preisbasis: Februar 2002

Die energetisch relevanten Sanierungskosten exklusiv der Sowieso-Kosten liegen etwa zwischen € 40 (ATS 550,--) und € 60 (ATS 825,--) je m² Nutzfläche. Die Vollkosten liegen in der Regel deutlich höher, insbesondere dann, wenn eine hinterlüftete Fassadenkonstruktion ausgeführt wird.

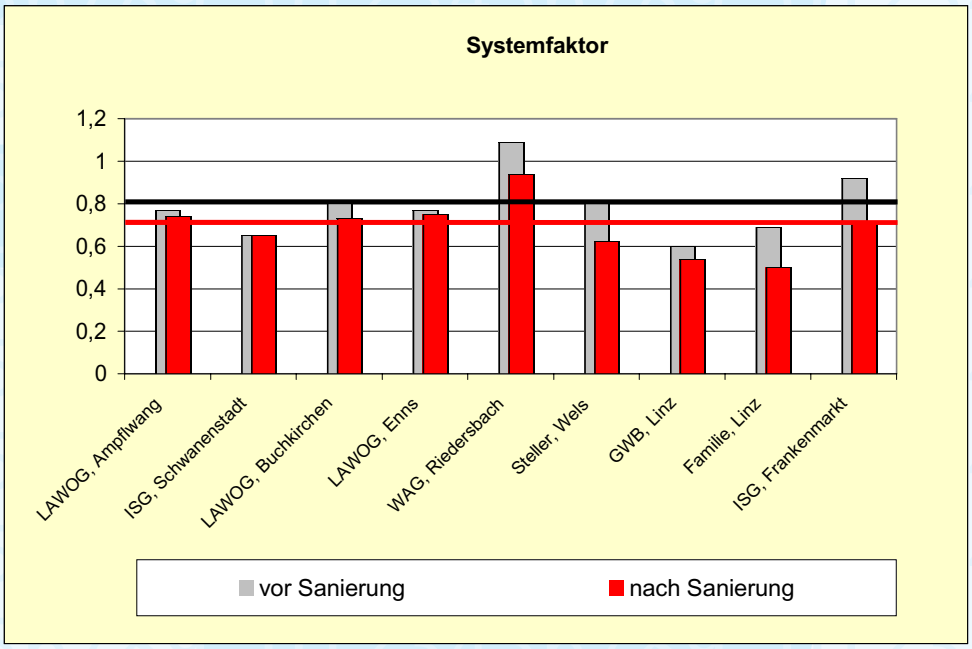


Im Durchschnitt über alle Sanierungsobjekte konnten durch die energetischen Sanierungen etwa 80 kWh je m² Wohn-Nutzfläche pro Jahr eingespart werden. Dies bedeutet gleichzeitig eine mittlere Reduktion des CO2-Ausstoßes von etwa 25 kg/m².



Die Effizienz der eingesetzten Energie, ausgedrückt durch den Systemfaktor, ist nach der Sanierung zum Teil deutlich schlechter als vor der Sanierung. Vor der Sanierung liegt der Systemfaktor im Mittel bei 0,8. Das heißt, dass etwa 20 % der eingesetzten Energie über den Wirkungsrgrad der Heizkessels und über Verteilungs- und Regelungsverluste verloren geht (der Einfluß des Nutzers auf den Systemfaktor ist vermutlich gering, da die sehr hohen Werte des Systemfaktors von 0,9 und 1 bei einzelnen Objekten bestätigen, dass die festgesetzten Standardwerte für das Nutzerverhalten im Rechenmodell richtig sind).

Nach der Sanierung ist die Ausnutzung der Energie deutlich schlechter - etwa 30% gehen im Mittel durch Heizkessel, schlecht gedämmte Verteilleitungen und schlechte Regelung verloren. Da die absoluten Verluste über Verteilleitungen gleich bleiben, insgesamt jedoch der Bedarf an Heizwärme in den Wohnungen aufgrund der besseren Wärmedämmung geringer ist, verschiebt sich der Systemfaktor zu ungünstigeren Werten.



Methodik

Auswahl der Objekte

In die engere Wahl wurden nur Sanierungsobjekte aufgenommen, die eine erhöhte Förderung im Rahmen der Oö. Wohnhaussanierungs-Verordnung 1998 bekommen haben. Die erhöhte Förderung wird dann gewährt, wenn die Energiekennzahl nach der Sanierung höchstens 65 kWh/(m² Jahr) beträgt. Somit war gewährleistet, dass bei den einzelnen Objekten umfangreiche energetische Maßnahmen gesetzt wurden. Darüber hinaus lag für diese Objekte bereits eine Berechnung des Heizwärmebedarfes als Nachweis über die Einhaltung der Förderungsbedingungen vor.

Weitere Auswahlkriterien waren:

- zentrale Erfassung des Energieverbrauchs, idealerweise getrennt für Warmwasser und Heizung
- Energieverbrauchsaufzeichnungen für mindestens drei volle Heizperioden vor Beginn der Sanierungsarbeiten
- Energieverbrauchsaufzeichnungen für mindestens eine vollständige Heizperiode nach der Sanierung
- keine energetische Sanierung von Einzelbauteilen im Betrachtungszeitraum

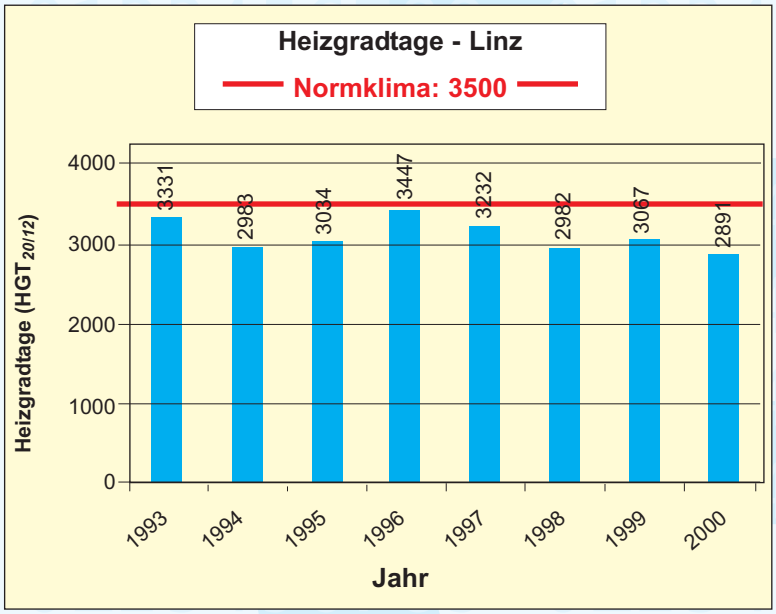
Aufgrund all dieser Kriterien blieben von ca. 200 geförderten Objekten nur neun Objekte übrig. Bei einem von diesen neun Objekten konnte der Anteil von Heizung und Warmwasser nicht getrennt erhoben werden. Am häufigsten scheiterte die Analyse an einer zentralen Erfassung des Energieverbrauchs (Einzelheizungen) und an der vollständigen Heizperiode nach der Sanierung. Erschwert wurde die Auswahl auch durch laufende energetische Sanierungen von Einzelbauteilen.

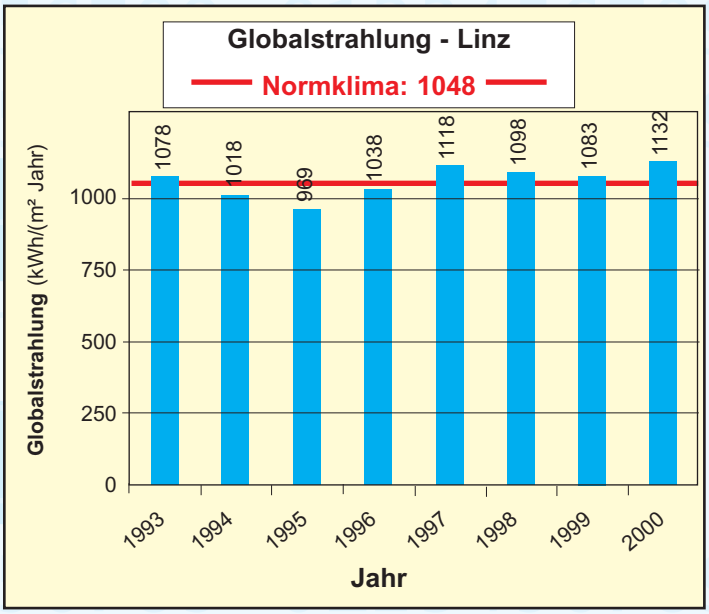
Erhebung von Klimadaten

Das aktuelle Jahresklima beeinflusst naturgemäß die Energiebilanz eines Gebäudes und muss bei einem Vergleich zwischen der Rechengröße "Heizwärmebedarf" bzw. "Energiebedarf" und dem tatsächlichen gemessenen Energieverbrauch berücksichtigt werden.

In einem ersten Schritt wurden die genauen Klimadaten für Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Heiztage und Heizgradtage für den Standort Linz auf Basis der landeseigenen Luftmessstationen ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden diese Daten auf die jeweiligen Standorte der Objekte hochgerechnet (lokale Klimadaten). Als Hochrechnungsfaktor wurde das Verhältnis der Klimastandorte bei Normklima herangezogen.

Die folgenden Darstellungen zeigen das Klima der letzten Jahre für den Standort Linz (Heizgradtage und Globalstrahlung):





Ermittlung von Heizwärmebedarf, Energieverbrauch und Systemfaktor

Mit diesen jährlich vorliegenden aktuellen Klimadaten wurde für alle Objekte der jahresbezogene Heizwärmebedarf ermittelt und dem tatsächlich vorliegenden jährlichen Energieverbrauch gegenübergestellt. Das Verhältnis dieser beiden Größen wird durch den Systemfaktor angegeben. Im Systemfaktor sind u.a. auch die Regelungs- und Verteilungsverluste des Heizungssystems enthalten. Im Normalfall verschlechtert sich der Systemfaktor nach der Sanierung, da zum Beispiel die Verteilungsverluste etwa gleich hoch bleiben, die an die beheizten Räume abgegebene Heizwärme jedoch deutlich geringer wird. Eine starke Verschlechterung des Systemfaktors ist ein Indiz dafür, dass vermehrt Regelungsverluste auftreten (z.B. duch überdimensionierte Heizungsanlagen) und überschüssige Energie weggelüftet wird. Ein niedriger Systemfaktor schon vor der Sanierung deutet auf hohen Verteilungsverlust hin.

Analyse der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsanalysen wurden auf Basis des Normklimas durchgeführt. In einer ersten guten Näherung wird der Verbrauch entsprechend dem Verhältnis der Heizgradtage des Beobachtungsjahres zum Normklima korrigiert (Heizgradtage-Korrektur). Durch Mittelung über mehrere Jahre (zumindest vor der Sanierung) wurde versucht, die methodischen Ungenauigkeiten zu minimieren.

Höhere Dämmstärken an der Fassade

Die Wirtschaftlichkeit der energetischen Sanierung der Fassade wurde auch für Dämmstärken von 10 cm und 12 cm untersucht. Dabei wurde der Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung der höheren Dämmstärken ermittelt und anschließend mit dem Systemfaktor der ausgeführten Variante auf den Energieverbrauch hochgerechnet.

Begriffe und Festlegungen

Heizwärmebedarf

Die Berechnung des Heizwärmebedarfes erfolgte nach der "Richtlinie für die Berechnung von Energiekennzahlen in Oberösterreich", Ausgabe November 1998, nach dem Jahresbilanzverfahren. Bei Altbauten machen die Verluste über die ungedämmte Trennwand zwischen unbeheiztem Stiegenhaus und Wohnungen einen beträchtlichen Teil aus. Diese Verluste wurden daher genau ermittelt. Die Richtlinie ist konform mit dem OIB-Leitfaden, der ÖNORM B 8110 Teil 1 und der ÖNORM EN 832. Für die Berechnung wurden standardisierte Nutzungsbedingungen (wie z.B. Raumtemperatur, Häufigkeit der Lüftung, Abwärme durch Personen und Geräte etc.) sowie ein über viele Jahre gemitteltes Klima (Normklima) angenommen.

Flächenbezogener jährlicher Heizwärmebedarf HWB_{BGF}

Der auf die beheizte Brutto-Geschoßfläche bezogene jährliche Heizwärmebedarf.

Energiebedarf

Der Heizwärmebedarf ist die vom Heizungssystem für Raumwärme bereitgestellte Energie. Die Umwandlungs-, Verteilungs- und Regelungsverluste des Heizungssystems selber sind darin nicht berücksichtigt. Sie hängen vom Energieträger, vom Heizkessel, von der Länge und der Dämmung der Verteilleitungen und der Regelung ab. Wenn man diese Verluste berücksichtigt, erhält man den rechnerischen Energiebedarf.

Energieverbrauch

Messtechnisch erfassbar ist nur der Energieträger und dessen Menge (z.B. Liter Öl oder Kubikmeter Gas) bzw. der daraus ermittelte Energieverbrauch in kWh. Diese Mengen können anhand der Rechnungen und Lieferscheine nachvollzogen werden.

Systemfaktor

Der Systemfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen rechnerischem Heizwärmebedarf und gemessenem Energieverbrauch und beinhaltet somit sowohl die Verluste durch das Heizungssystem als auch die Abweichung von den standardisierten Nutzungsbedingungen.

Sowieso-Kosten

Wichtig bei allen wirtschaftlichen Betrachtungen ist die Berücksichtigung der sowieso erforderlichen Maßnahmen. Diese Maßnahmen müssten zur Bauerhaltung und zur Mietpreisstabilisierung auch ohne energetische Sanierung durchgeführt werden. Zum Beispiel sind dies die Kosten der Putzerneuerung und des Gerüstes bei einer Fassadensanierung, der Tausch der Fenster aus Funktions- und Behaglichkeitsgründen oder eine Heizungsumstellung oder -erneuerung. In dieser Studie wurde der Restwert der Fenster und des Heizungssystems mit 20 % der Investitionskosten angesetzt, d.h. 80 % der Investitionskosten werden als Sowieso-Kosten betrachtet.

Vollkosten

Gesamtkosten der energetischen Sanierungsmaßnahmen inklusive der Sowieso-Kosten.

Amortisationszeit

Die Amortisationszeit ist jener Zeitraum, in dem die Summe aller Einsparungen gerade gleich den (Mehr-) Kosten der Investition ist. Im Fall einer zusätzlichen Wärmedämmung bei Gebäuden ist dies jener Zeitraum, in dem die Summe aller Einsparungen durch den geringeren Energieverbrauch gerade gleich den Kosten für die Wärmedämmung ist. Als Grundregel gilt: Je kürzer die Amortisationszeit ist, desto wirtschaftlicher ist die Investition. Bei etwa gleicher Amortisationszeit ist jene Variante zu bevorzugen, bei der die Einsparung höher ist. Denn in den Folgejahren nach der Amortisationszeit bis zum Ende Nutzungsdauer ist die Einsparung und damit der echte Gewinn deutlich höher.

Statische Amortisationszeit

Bei der statischen Wirtschaftlichkeitsanalyse werden Kosten bzw. Erträge unabhängig vom Zeitpunkt ihres Auftretens bewertet, d.h. Kosten und Erträge sind "gleich viel wert", gleichgültig ob sie zu Beginn oder am Ende des Investitionsvorhabens auftreten. Die Bedeutung dieses Verfahrens liegt in einer ersten Bewertung und Prioritätenreihung der Investitionsvorhaben, insbesondere dann, wenn die Entwicklung der Energiekosten und Kreditkosten nicht prognostiziert werden kann.

Dynamische Amortisationszeit

Die dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse berücksichtigt den Umstand, dass Kosten bzw. Erträge umso geringeres Gewicht haben, je später sie auftreten (Inflation, Energiepreissteigerung, Kreditzinsen). Mit diesem Modell können verschiedene Wirtschaftlichkeits-Szenarien gerechnet werden. Die Unsicherheit liegt allerdings in der Festlegung einer durchschnittlichen jährlichen Energiepreissteigerung und eines durchschnittlichen jährlichen Kreditzinssatzes. Die dynamische Betrachtung geht in die statische über, wenn die Energiepreissteigerung - ausgedrückt in Prozent - so hoch wie der Kreditzinssatz ist.

In der Studie wurde folgende wirtschaftlich günstige Variante im Vergleich zur statischen Berechnung angenommen: Energiepreissteigerung 4 %; Kreditzinsen 2 % (dies entspricht einer Finanzierung von 80 % der Investitionskosten über Mittel aus der Wohnbauförderung mit einem effektiven Zinssatz von 1 % und 20 % der Finanzierung über ein Bankdarlehen mit einem effektiven Zinssatz von 6 %).