

Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10

Analyse von Passivhaus-Konzepten und deren Anwendung auf die Sanierung

**Vom Fachbereich Architektur der Universität Hannover
zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr. Ing.)**

**genehmigte Dissertation von Dipl. Ing.
Burkhard Schulze Darup, Augraben 96, 90475 Nürnberg
geboren am 01.01.1955 in Coesfeld (NRW)**

2003

Referentin:

**Prof. Dr. Margrit Kennedy, Universität Hannover
Institut für Bautechnik und Entwerfen
Schloßwender Straße 1, 30159 Hannover**

Koreferent:

**Prof. Dr. Ing. Detlef Glücklich
Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Architektur
Bauhausstraße 7 b
99423 Weimar**

Tag der Promotion: 7. Juni 2003

Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10

Abstract zur Dissertation

Die Sanierung des Gebäudebestands bietet in den nächsten beiden Jahrzehnten ein hohes Beschäftigungspotenzial für die Bauwirtschaft. Energetische Maßnahmen entsprechend dem aktuellen Stand der Technik führen zu hoher Effizienz und deutlich besserem Kosten-Nutzen-Verhältnis als in den meisten sonstigen Wirtschaftssektoren. Im Raumwärmebereich können CO₂-Reduktion und Ressourceneinsparung um 25 bis 30 % innerhalb von zehn Jahren und um bis zu fünfzig Prozent in zwanzig Jahren erzielt werden. In der Arbeit werden die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen analysiert und Strategien zur Umsetzung untersucht:

- Energieeffiziente Komponenten und Passivhaustechnologie können aus dem Neubaubereich übernommen werden: es ist ein weiteres Optimierungspotenzial hinsichtlich Energieeffizienz, Kostenreduzierung und spezifischer Anwendung auf den Sanierungsfall gegeben
- Bauphysikalische Parameter und Behaglichkeitskriterien verbessern sich durch hochwertige Dämmung in Verbindung mit Wärmebrückenreduktion und Erfüllung von Luftdichtheitsanforderungen; Lüftungstechnik ist unabhängig vom Energiestandard aus Gründen der Raumlufthygiene und des Wohnkomforts dringend zu empfehlen; die Kondenswasser- und Schimmelpilzproblematik ist nach einer energetisch sinnvollen Sanierung nicht mehr gegeben
- Die Auswertung von Beispielprojekten mit Faktor 10 zeigt, dass hochwertige Dämm-Maßnahmen schon bei heutigem Kostenrahmen aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll sind, in wenigen Jahren wird dies ebenfalls für Fenstertechnologie mit U-Werten unter 0,8 W/(m²K) gelten; Lüftungstechnik ist nicht nur unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten zu sehen, dennoch ist Rentierlichkeit durch Abluftwärmerückgewinnung bei der Produktion hoher Stückzahlen in 5 – 10 Jahren absehbar

- Wirtschaftlichkeitsauswertungen verschiedener energetischer Standards weisen für Sanierungen mit Faktor 10 (EnEV-Primärenergieanforderung von 40 – 55 kWh/m²a) wie zu erwarten erhöhte spezifische Gestehungskosten auf; die Mehrkosten liegen bei 100 €/m² (optimierte Projekte) bis 150 €/m² gegenüber EnEV-Standard; diese Mehrkosten werden in fünf bis zehn Jahren in Richtung 50 €/m² sinken
- Förderungen zur breitenwirksamen Markteinführung dieser Technologien müssen zunächst in dieser Größenordnung gewährt werden abzüglich eines gedeckten Kostenanteils, der durch Betriebskosteneinsparung und den erhöhten Wert der Immobilie bedingt ist; für Wohnungswirtschaft und Industrie muss eine verlässliche Entwicklung von Förderhöhen absehbar sein, damit mittel- und langfristig geplant werden kann
- Umsetzungsstrategien müssen die Synergiekräfte zwischen regionalen Multiplikatoren mit hoher lokaler Motivationskraft und zentraler Unterstützung auf Bundes- und Landesebene erfassen, wo Koordination, gezielte Förderung und Öffentlichkeitsarbeit geleistet werden kann
- Regionale Modellprojekte verteilt auf die Bundesländer müssen effizienz- und kostenoptimiert ausgeführt werden, damit sie Motivation für Folgeprojekte induzieren; bei sinnvollem Herangehen werden in den nächsten Jahren Steigerungsraten über 100 % p. a. zu erwarten sein – es ist absehbar, dass im Jahr 2015 etwa 30 bis 40 % der Sanierungen mit Faktor 10 ausgeführt werden. Energieeffiziente Sanierung ist gesamtgesellschaftlich gesehen eine win-win-Strategie: Ökologie und Ökonomie werden auf sinnvolle Weise miteinander verbunden. Zudem sind Klimaschutz und nachhaltige Ressourcenpolitik Voraussetzung für einen friedvollen globalen Interessensausgleich.

Nürnberg, 7. Juni 2003

Burkhard Schulze Darup

Energy efficient restoration of residential buildings with “Factor 10”

Abstract

The restoration of existing residential buildings offers a high potential for jobs in the construction industry within the next two decades. Energy efficient measures according to the actual state of technology lead to high efficiency and a clearly better cost-use-relation than in most other sectors of economy. In the field of room heating a reduction in CO₂ emissions and savings of resources of 25 - 30 percent can be achieved within ten years and about 50 percent within twenty years. In this dissertation the framework to achieve this is being researched and strategies of accomplishment are being explored:

- Energy efficient components and passive house technology can be adopted from the new buildings sector: a further optimization potential regarding energy efficiency, reduction of costs and specific use for the case of restoration is available.
- Building physical parameters as well as criteria for comfort improve through high quality thermal insulation in connection with a reduction in thermal bridges and fulfillment of air tightness requirements. Controlled ventilation technology is urgently recommended for the comfort of living and room air hygiene, regardless of the energetic standard of the building; the humidity and mold problems are no longer present.
- The examination of examples regarding projects with Factor 10 show that high quality thermal insulation provisions are making already sense considering the nowadays costs from an economical point of view. In a few years this will also be true for window technology with U-coefficients below 0.8 W/(m²K). Controlled ventilation technology is not only to be reviewed by economical points of view, but nevertheless efficiency through heat recovery from exhaust air is to be expected with mass production in 5-10 years.

- The evaluation of efficiency for a variety of energy efficiency standards for restoration with Factor 10 (EnEV-primary energy use of 40-55 kWh/(m²a)) point, as expected to higher specific cost for the restoration. The incremental cost is at 100 €/m² (optimized projects) to 150 €/m² compared to EnEV standard, these incremental costs will be reduced towards 50 €/m² within five to ten years.
- Support in order to introduce these technologies to a broad and effective market has to be granted in this magnitude with a deduction of a secured part of the costs, which is given through the savings in use and the higher appraisal of the real estate; for the residential buildings sector and the construction industry a trustworthy development of the height of grants has to be predictable, so that it is possible to make medium and long term planning.
- Strategies of accomplishment have to comprehend the strength of synergy between regional multipliers combined with local strength of motivation and central support at the level of federal and local government, so that coordination, dedicated support and public awareness can be achieved.
- Distributed regional model projects in the counties have to be completed with high efficiency and low cost, so that motivation will be induced for future projects; with a common sense approach an increase of 100% can be expected for the next years; it is predictable that in the year 2015 about 30-40% of all restoration will be carried out with Factor 10.

Energy efficient restoration is a win-win strategy for the whole society; ecology and economy are combined in a common sense approach. Also, protection of the climate and a lasting resources policy are a requirement for a peaceful global exchange of interests.

Nuremberg, 06-07-2003

Burkhard Schulze Darup

Schlagwörter zum Inhalt

Sanierung mit Faktor 10

Sanierung mit Passivhaustechnologie

Energieeffiziente Wohngebäudesanierung

Restoration with Factor 10

Restoration with passive house technology

Energy efficient restoration of residential buildings

Inhaltsverzeichnis

Titel	1	2.4.3 Opake Gebäudehülle: Geneigtes Dach in Holzbauweise	33
Abstract Deutsch	3	2.4.4 Transparente Bauteile	36
Abstract English	4	2.5 Wärmebrücken: Besonderheiten bei der Sanierung	42
Schlagwörter zum Inhalt	5	2.6 Luftdichtheit	45
Inhaltsverzeichnis	6	2.6.1 Anforderungen	46
Glossar	9	2.6.2 Bauteile und Anschlüsse	46
1 Grundlagen und Zielsetzungen	14	2.6.3 Qualitätskontrolle und Messmethoden	51
1.1 Warum energieeffizient bauen?	14	3 Anforderungen an die Haustechnik bei der Sanierung	54
1.2 Angestrebtes Erkenntnisziel und innovative Ansätze	17	3.1 Lüftung	54
1.3 Grundlagenerfahrungen aus dem Passivhaus-Neubau	18	3.1.1 Nachteile und Grenzen der manuellen Lüftung	54
2 Anforderungen an energetische Optimierung bei der Sanierung	20	3.1.2 Kontrollierte mechanische Lüftung	56
2.1 Zielstandards bei der Sanierung	20	3.1.3 Mechanische Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung	56
2.2 Gebäudesimulation – Berechnungsverfahren – Methodik	22	3.2 Haustechnik - Restwärmeversorgung und Warmwasserbereitung	70
2.3 Entwurfsanforderungen bei der Sanierung	24	3.2.1 Heizungssysteme	70
2.3.1 Gebäudegeometrie	25	3.2.2 Heizwärmeverteilung	74
2.3.2 Ausrichtung	25	3.2.3 Heizwärmeübertragung	74
2.3.3 Verschattung	26	3.2.4 Regelung	75
2.3.4 Passive solare Gewinne	26	3.2.5 Warmwasserbereitung	76
2.3.5 Zonierung und Raumzuordnung	27	3.3 Strom	78
2.4 Konstruktion: Besonderheiten bei der Sanierung	28	3.3.1 Stromeinsparung im Haushalt	78
2.4.1 Opake Gebäudehülle: Kellerdecke	28	3.3.2 Stromeinsparung bei der Haustechnik	79
2.4.2 Opake Gebäudehülle: Außenwand	30	4 Wohnkomfort – Gratiszugabe bei hohem energetischen Standard	82
		4.1 Raumklima und Raumluftqualität: Grundlagen und Ableitungen aus den Messergebnissen an Passivhäusern	82
		4.2 Bauphysik (Behaglichkeitsanforderungen)	82

4.2.1 Wärme	82	5.1.2 Kindergarten Dambacher Straße in Fürth	105
4.2.2 Feuchte	84	5.1.3 Steigerwaldstraße 25 in Nürnberg	106
4.2.3 Raumluftbewegung	86	5.1.4 Bindergasse - Platnersgasse in Nürnberg	107
4.2.4 Licht	86	5.1.5 Kieselbergstraße 21 in Nürnberg	108
4.3 Raumlufthqualität und Wohnqualität	86	5.1.6 Schwabacher Straße 29 in Fürth	109
4.3.1 Baustoffe	87	5.2 Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten	110
4.3.2 Technische Gebäudeausrüstung	88	5.2.1 Reihenhausanlage Baujahr 1960	111
4.3.3 Ausstattungsgegenstände und Mobiliar	88	5.2.2 Gründerzeitgebäude Baujahr 1890 in Fürth	113
4.3.4 Nutzerbedingte Belastungen	89	5.2.3 Multifunktionsgebäude Bj. 1960 – ELAN in Fürth	116
4.4 Ergebnisse von Messreihen an Passivhäusern	89	5.2.4 Reiheneckhaus (2-Familienhaus, Bj. 1935)	119
4.4.1 VOC's	90	5.2.5 Mehrfamilienhaus Baujahr in Nürnberg	121
4.4.2 Formaldehyd	91	5.3 Auswertung und Zusammenstellung der Beispiele	124
4.4.3 Hausstaub, Mikroorganismen und allergisierende Stoffe	92	6 Ökonomische Auswertung der Sanierungsbeispiele mit Faktor 10	127
4.4.4 Mittelzeit-Verlaufsmessungen (CO ₂ , Feuchte)	94	6.1 Effizienz und Optimierung der Bauteile	127
4.4.5 Luftionen	97	6.1.1 Mehrkosten gegenüber Standardsanierungen	127
4.5 Qualitätssicherung Lüftungsanlage - Grundüberlegungen	98	6.1.2 Entwicklung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde	128
4.5.1 Messgeräte	98	6.2 Kostenbetrachtung für verschiedene Sanierungsstandards	131
4.5.2 Luftvolumenströme – Einmessung von Anlagen	98	6.3 Kosten der Konstruktionsflächen	134
4.5.3 Luftverteilung im Raum	99	7 Wirtschaftlichkeit	136
4.6 Schallmessungen	101	7.1 Modelle für Wirtschaftlichkeitsberechnungen	136
4.6.1 Subjektiver Schalleindruck	101	7.1.1 Statische Verfahren	136
4.7 Dokumentation	101	7.1.2 Dynamische Verfahren	136
5 Beispiele für energetische Wohngebäudesanierung Richtung Faktor 10	103	7.1.3 Verfahren zur Bestimmung der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie	137
5.1 Erfahrungen mit Sanierungen im Niedrigenergie-Standard	103	7.2 Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Vermietungssituation)	138
5.1.1 Gostenhofer Hauptstraße 56 in Nürnberg	104		

7.2.1 Modernisierungskostenumlage gemäß Mietrecht	138	10.1 Hemmnisse und Vorteile bei Umsetzung energieeffizienter Sanierung	170
7.2.2 Lösungsansätze für das Nutzer-Vermieter-Dilemma	139	10.2 Potenziale bei Kommunen, Ländern und Bund	171
7.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung für verschiedene Gebäudestandards	141	10.2.1 Kommunen und Regionen	171
7.3.1 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde ohne Zinseffekte	141	10.2.2 Länder	173
7.3.2 Kosten inkl. Finanzierungs- und Betriebskosten	142	10.2.3 Bund	174
7.4 Energiekostenentwicklung	146	10.3 DBU-Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“	178
8 Vereinigung von Ökonomie und Ökologie	148	10.4 Entwicklungsprognose	181
8.1 Initiativen zur Qualitätssicherung ökologischer Belange	148	11 Ausblick	187
8.2 Primärenergie	149	Quellen	188
8.2.1 Primärenergiekennwerte und ökologische Bewertung	149	Tabellenverzeichnis	193
8.2.2 PE-Bilanzierung für die Gebäudesanierung	150	Abbildungsverzeichnis	195
8.3 Emissionsminderung und Klimaschutz beim Gebäudebetrieb	152	Forschungsbedarf	199
9 Finanzierung und Förderungen	155	Zusammenfassung / Vorbemerkungen und Wegweiser	201
9.1 Grundlegende Überlegungen zu Förderungen	155	Anlagen	209
9.2 Förderprogramme	158		
9.2.1 Bundesmittel	158		
9.2.2 Landesmittel	159		
9.2.3 Kommunale Förderungen	160		
9.2.4 EU-Mittel	160		
9.3 Szenarien für die Förderung der energetischen Sanierung im Wohngebäudebestand	161		
9.4 Schlussfolgerungen hinsichtlich des bundesweiten Fördervolumens	165		
9.5 Finanzierungsmodelle als Faktor für sinnvolle Strategien	166		
10 Strategien zur breitenwirksamen Umsetzung	170		
10 Strategien zur breitenwirksamen Umsetzung	170		

Glossar

Abluft: aus einem *Raum* ausströmende belastete Luft

Abluftanlage: Gesamtheit der Bauteile, Baugruppen und Geräte zur Luftabsaugung aus einer oder mehreren Wohnung(en)

Abluftdurchlass: AbLD:Vorrichtung in der Hüllkonstruktion oder in Lüftungsschächten bzw. Luftleitungen, durch die Luft geregelt oder ungeregelt aus einem Raum ausströmt

Abluft-Gerät (kontrollierte Lüftung): Baueinheit zur un- bzw. geregelten Luftabsaugung aus einer Wohnung oder einem Raum, mit oder ohne Luftfilter

Ablufträume: Gesamtheit der Räume, aus denen bei Schacht- und ventilatorgestützter Lüftung die Abluft abgesaugt wird: z. B. Küche, Badezimmer, WC, Saunaraum und unbewohnte Kellerräume

absolute Luftfeuchte: Wasser- oder Dampfmenge je Masseinheit trockener Luft

Auftriebs-Lüftung: freie Lüftung infolge thermischen Auftriebs, der in mehrgeschossigen Wohnungen bzw. Einfamilienhäusern wirksam werden kann

Aufwandszahl – Verhältnis von Aufwand zu Nutzen bei einem Energiesystem. Anlagenverluste drücken sich durch eine Aufwandszahl $> 1,0$ aus.

Auslegungszeitpunkt - Zeitpunkt mit der kältesten normalen Außentemperatur ($- 12^{\circ}\text{C}$) über eine bestimmte Dauer, die für die Auslegung von Heizanlagen (die maximal benötigte Leistung) herangezogen wird.

Außenluft AU:aus dem Freien in einen Raum einströmende („Frisch-“)Luft

Brennwertkessel - Heizkessel, der die im Abgas enthaltene Energie nutzt, indem der Wasserdampf bei etwa 50°C zur Kondensation gebracht wird.

Dampfdiffusionswiderstand (m-Wert) - Maß der Durchlässigkeit eines Baustoffes für Wasserdampf. Dimensionsloser Stoffkennwert, der angibt, wieviel mal größer der Diffusionsdurchlasswiderstand des Stoffes gegenüber Wasserdampf ist als der einer gleich dicken ruhenden Luftschicht gleicher Temperatur

Differenzdruck-Luftvolumenstrom-Kennlinie: Beziehung zwischen der durch eine Lüftungstechnische Einrichtung (z. B. Luftdurchlass: Luftdurchlass-Kennlinie) strömenden Luft und dem zugehörigen Differenzdruck

DIN 4108 - umfangreiches Normenwerk zu Wärmeschutz im Hochbau.

Drei-Liter-Haus - Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von höchstens $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Es handelt sich um keinen geschützten Begriff und es gibt auch abweichende Definitionen, bezogen auf Heizenergiebedarf oder Primärenergiebedarf.

Energiebezugsfläche - die Fläche, auf die sich der Kennwert eines Energiebilanzverfahrens bezieht. Sie wird nach EnEV aus dem Volumen abgeleitet und ist vor allem bei kleineren Gebäude meist deutlich größer als die tatsächliche Wohn- und Nutzfläche.

Energiedurchlassgrad (g-Wert) - Kennzahl von Gläsern, die angibt, wieviel Prozent der auf die Scheibe treffenden Sonnenenergie diese durchdringt. Je höher der g-Wert ist, desto mehr solare Wärmegewinne erhält das Haus durch die Fenster.

Energieeinsparverordnung – Folgeverordnung zur Wärmeschutzverordnung und Heizanlagenverordnung, in Kraft getreten am 1.2.2002

EnEV – siehe „Energieeinsparverordnung“

Fensterlüftung: freie Lüftung eines Raumes über ein geöffnetes Fenster (vgl. freie Lüftung)

Fortluft FO:ins Freie ausströmende(r) belasteter Luft(strom)

freie Lüftung: (natürliche) Lüftung von Räumen oder Wohnungen infolge eines durch Wind bzw. thermischen Auftriebs verursachten Druckunterschiedes zwischen dem Raum und dem Freien, bei der die Luft über Lüftungsschächte, Außenwand-Luft-durchlässe und ungeplante Undichtheiten sowie offene Fenster und (Außen-)Türen in die Wohnung ein- bzw. ausströmt

Fugenlüftung: freie Lüftung eines Raumes über die Fugen geschlossener Öffnungen sowie über baukonstruktiv bedingte Fugen bzw. ähnliche Undichtheiten in der Gebäudehülle

Gebäudehülle: Summe aller Bauteile, die einen Innenbereich vom Freien bzw. von direkt anschließenden Gebäuden abgrenzen

Grundlüftung: vorzugsweise ständige ventilatorgestützte Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes sowie der hygienischen und gesundheitlichen Erfordernisse in einer durchschnittlich genutzten Wohnung

g-Wert siehe Energiedurchlassgrad

Heizen: Zuführung von sensibler thermischer Energie in einen Raum

Heizenergiebedarf (Q_H) – Energie, die **Heizlast:** thermischer Energiestrom, der infolge von Transmissions- und Lüftungs-Wärmeverlusten eines Raumes

diesem zugeführt werden muss, um eine bestimmte Soll-Raumlufttemperatur aufrecht zu erhalten

Heizleistung: thermischer Energiestrom, der von einem Wärmeerzeuger oder Wärmeübertrager bereit gestellt wird

Heizwärmebedarf (Q_h) – Wärme, die den beheizten Räumen zugeführt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur einzuhalten

Heizwärmebedarf: Notwendige jährliche Wärmezufuhr eines Gebäudes (in kWh/m²·a) zur Aufrechterhaltung normaler Innentemperaturen bei normalen äußeren Klimabedingungen und normalem Luftwechsel; ergibt sich aus Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten, solaren Wärme gewinnen und inneren Wärme gewinnen.

Hüllfläche - Fläche, die das beheizte Gebäudevolumen nach außen oder zu unbeheizten Räumen abschließt.

Hygrometer: Messgerät zur Bestimmung der relativen Luftfeuchte der Raumluft

Interne Wärme gewinne - Energiegewinne aus Abwärme von elektrisch betriebenen Geräten, von anderen Wärmequellen wie Gasherden und von in den Räumen lebenden Menschen.

Jahreswirkungsgrad - Anteil des Energieinhalts von Gas, Öl, ..., der gemittelt über das Jahr als Heizwärme nutzbar ist.

Kraft-Wärme-Kopplung - Nutzung der bei der Stromherstellung mit Motoren anfallenden Abwärme. Pro Kilowattstunde erzeugten Stromes werden etwa 3 Kilowattstunden nutzbarer Wärme abgegeben.

latente Wärme: thermische Energie für die Verdunstung bzw. Verdampfung von Wasser in einem Raum unter Nutzungsbedingungen bei konstanter Lufttemperatur

Luftart: Bezeichnung der Luft abhängig vom Ort und Grad der (Luft-) Behandlung oder Belastung, z. B. Außenluft AU, Zuluft ZU, Umluft UM, Überströmluft UE, Mischluft MI, Abluft AB und Fortluft FO

Luftbehandlung: technisch bedingte Veränderung des Luftzustandes bezüglich Temperatur, Druck und Gehalt an Feuchtigkeit sowie an festen, gasförmigen, organischen und anorganischen Beimengungen

Luftbelastung: Veränderung des Luftzustandes im Aufenthaltsbereich durch Aufnahme von Wärme, von Wasserdampf sowie aller Arten und Formen von Beimengungen

Luft-Dichtheit: ustandsbeschreibung der Hüllkonstruktion hinsichtlich ihrer (Luft-) Durchlässigkeit, Synonym für möglichst geringe Durchlässigkeit; Undichtheit: ungeplante Durchlässigkeit der Hüllkonstruktion, die einen Leckluftstrom zur Folge haben kann

Luft-Durchlass: Öffnung in Anlagen, Geräten, Luftschächten bzw. gebäude-technischen Hüllkonstruktionen, durch die Luft differenzdruckabhängig planmäßig in einen Raum ein- oder aus diesem ausströmen kann, z. B. Außen(wand)luft-, Überströmluft-, Abluft- und Fortluft-Durchlass

Luftfeuchte (Luftfeuchtigkeit): in trockener Luft enthaltenes Wasser in dampfförmiger, flüssiger oder fester Form

Luft-Filter: technisches Hilfsmittel zum Abscheiden von partikelförmigen Verunreinigungen aus Luftströmen

Luft-Infiltration: ungeplantes Einströmen von Außenluft durch Undichtheiten in der Hüllkonstruktion eines Gebäudes bzw. Raumes infolge eines Druckunterschiedes zwischen außen und innen

Lufrate: Luftstrom je Bezugseinheit, z. B. Person sowie Volumen oder Grundfläche einer Raumeinheit

Lüftung: Lufterneuerung in Räumen durch Austausch von Raumluft gegen Außenluft (Luftwechsel)

Lüftungsschacht: überwiegend bauseits errichtete, senkrecht angeordnete Luftleitung, die bei ventilatorgestützter Lüftung aus Hauptschacht und den geschossweise angeordneten Nebenschächten (Sammel- oder Verbundschacht) bestehen kann

Lüftungswärme: thermischer Energiestrom für die Erwärmung oder Kühlung eines Außenluft-Massestroms auf Soll-Raumlufttemperatur

Lüftungswärmebedarf. - Wärmebedarf für die Erwärmung der Frischluft.

Luftvolumenstrom: Luftvolumen je Zeiteinheit

Luftwechsel: stündlicher Luftvolumenstrom je Volumen einer Raumeinheit bzw. volumenbezogene stündliche Lufrate

Luftwechselrate - gibt an, wie oft die Innenraumluft, bezogen auf das gesamte Gebäudeluftvolumen, pro Stunde ausgetauscht wird - durch Lüftungsanlagen, mechanisches Lüften oder/und durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle.

Niedrigenergiehaus – energieeffizienter Gebäudestandard, der sich seit den 80er Jahren entwickelt hat. Eine allgemeingültige Definition gibt es nicht, im allgemeinen wurde der Begriff für Gebäude verwandt, die einen Heizwärmebe-

darf 25 bis 30 % unterhalb der Anforderungen der WSVO 1995 haben, d. h. in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis zwischen 40 und 70 kWh/(m²a)

Nutzfläche (A_N) – Nach Energieeinsparverordnung festgelegt als = 0,32 * Volumen. Dies führt im Einfamilienhausbereich zu deutlich höheren Werten für A_N als die tatsächlich beheizte Wohnfläche beträgt. Dadurch erscheint der Heizwärmebedarf eines Gebäudes niedriger, wenn keine Umrechnung auf die tatsächlich beheizte Fläche erfolgt.

Passivhaus – Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von höchstens 15 kWh/(m²a), die Kriterien werden in Kapitel 2 / Tabelle 2 beschrieben

Photovoltaik - Anlagen zur direkten Erzeugung von Strom aus Sonnenlicht.

PlusEnergieHaus – Gebäude mit einem Energieüberschuss in der Bilanz: es wird mehr Energie gewonnen als verbraucht. Im allgemeinen handelt es sich um ein Gebäude mit energetischen Rahmenbedingungen ähnlich einem Passivhaus, das in hohem Umfang mit regenerativen Energien versorgt wird. Zusätzlich weist es Energiegewinne z. B. über Fotovoltaik auf, die höher liegen als die gelieferten Energieträger für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom.

Primärenergiebedarf (Q_P) – Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs und des Trinkwasserbedarfs benötigt wird unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Quer-Lüftung: freie Lüftung in Wohnungen, die nach unterschiedlichen Gebäudeseiten orientiert sind;

Raumluft: Luft im zu versorgenden Raum oder Bereich

raumlufttechnische oder Lüftungs-Anlage: Gesamtheit der Bauteile, Baugruppen und Geräte zur Aufrechterhaltung eines Raumluftzustandes mittels ventilatorgestützter Lüftung

relative Luftfeuchte: Wasserdampfdruck der Luft bezogen auf den Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei gleicher Trockenkugel-Temperatur bzw. Verhältnis der je Raumeinheit feuchter Luft vorhandenen Wasserdampfmenge zur Höchstmenge bei gleichem Druck und gleicher Trockenkugel-Temperatur

Solare Energiegewinne - nutzbare Sonnenenergie, die durch transparente Bauteile ins Haus gelangt.

Sonnenkollektoren - Anlagen zur Erzeugung von warmem Wasser mit Sonnenenergie.

Stoßlüftung: Fensterlüftung über ein voll geöffnetes Fenster

thermischer Auftrieb: Druckunterschied aufgrund unterschiedlicher Dichten bzw. Temperaturen zwischen Innen- und Außenluft in Verbindung mit einer Höhendifferenz zwischen den Luftdurchlässen

Transmission - Durchgang von Wärme durch die Hüllfläche eines Hauses, also Wände, Decken, Fußböden, Fenster.

Transmissionswärme: Wärmestrom durch die Hüllkonstruktion eines Raumes infolge eines Temperaturunterschieds

Trinkwasser-Wärmebedarf (Q_{TW}) – Nutzwärme, die zur Erwärmung der gewünschten Menge des Trinkwassers zugeführt werden muss.

Überströmungsluft UE: Luft, die innerhalb von Wohnungen von den Zu- in die Ablufträume strömt

umbauter Raum: von einer Hüllkonstruktion umschlossener Abschnitt einer Wohnung bzw. eines Gebäudes

Unterer Heizwert - Energieinhalt von Brennstoffen wie Gas oder Öl ohne Berücksichtigung der Energie, die mit dem Abgas verloren ist.

U-Wert siehe Wärmedurchgangskoeffizient

Ventilator: Strömungsmaschine zur Förderung von Luft oder anderen Gasen bis zu einem Differenzdruck von 30 000 Pa (auch „Lüfter“) - Gebläse arbeiten mit höheren Drücken.

ventilatorgestützte Lüftung: Lüftung von Räumen oder Wohnungen infolge eines durch Maschinenkraft (motorbetriebene Ventilatoren) verursachten Druckunterschiedes zwischen dem Raum und dem Freien bzw. unterschiedlichen Räumen der Wohnung, bei der Außenluft über Außenwand-Luftdurchlässe und ungeplante Undichtheiten sowie offene Fenster und (Außen-)Türen vorzugsweise in die Wohnung nach- bzw. einströmt sowie Zuluft über Luftdurchlässe in die Wohnung gefördert und Abluft in jedem Falle über Abluftdurchlässe aus der Wohnung abgesaugt wird

Wärme: thermische Energie

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) - gibt den Wärmestrom (in Watt) an, der durch einen Quadratmeter eines Bauteils bei einer Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von 1 Kelvin fließt. Die Einheit ist W/m²·K. Der k-Wert eines Bauteils wird aus der Wärmeleitfähigkeit λ und der Schichtdicke s der einzelnen Baustoffe berechnet. Außerdem werden die Wärmetübergangswi-

derstände an der Innen- und Außenseite (α_i und α_a) berücksichtigt, die z.B. für Wände geschlossener Räume (Zimmer oder Keller) höher sind als für außenluftumspülte Flächen. (Für die, die es genau wissen wollen: $k = 1 / (\alpha_i + \sum s/\lambda + \alpha_a)$.)

Wärmelast: Oberbegriff für Heiz- und Kühllast

Wärmerückgewinnung: Maßnahme zur Wiedernutzung von thermischer Energie der Abluft

Wärmeleistungsbedarf - Notwendige Wärmeleistung (in kW) zum Ausgleich der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste zum Auslegungzeitpunkt (Außentemperatur -12°C) bei normaler Raumtemperatur ($+20^\circ\text{C}$)

Wärmeleitfähigkeit (l -Wert) - gibt an, welche Wärmemenge durch eine Fläche von 1 m^2 eines Baumaterials von 1 m Dicke strömt, wenn die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten 1 Kelvin beträgt. Die Maßeinheit ist $\text{W/m}\cdot\text{K}$. Je größer der λ -Wert ist, desto besser leitet das Material Wärme.

Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) - gibt die Dämmwirkung von Dämmstoffen an als (aufgerundeter) λ -Wert.

Wärmeübertrager: Einrichtung zur Übertragung von thermischer Energie von einem Massestrom auf einen anderen (thermodynamisch unkorrekt auch „Wärmetauscher“ oder „Wärmeaustauscher“)

Wärmeverlust: thermische Energiemenge, die aus einem Raum oder einer Anlage in Form von Transmissions- bzw. Lüftungswärme entweicht

WLG siehe Wärmeleitfähigkeitsgruppe

Zuluft ZU:(vor-)behandelte Luft, die in einen Raum einströmt

l -Wert siehe Wärmeleitfähigkeit

m-Wert siehe Dampfdiffusionswiderstand

1 Grundlagen und Zielsetzungen

1 Grundlagen und Zielsetzungen

1.1 Warum energieeffizient bauen?

Wir nutzen fossile Energieträger in nennenswertem Ausmaß seit etwa 150 Jahren. In dieser menscheitsgeschichtlich verschwindend kleinen Epoche entstanden exponentielle Wachstumskurven hinsichtlich unserer Wirtschaftskraft, unseres Wohlstands und des weltweiten Bevölkerungswachstums – aber auch hinsichtlich zahlreicher Umweltbelastungen. Die Entwicklung zur Energieeffizienz ist eine Voraussetzung, um den politischen Herausforderungen dieses Jahrhunderts ohne Komforteinbuße begegnen zu können.

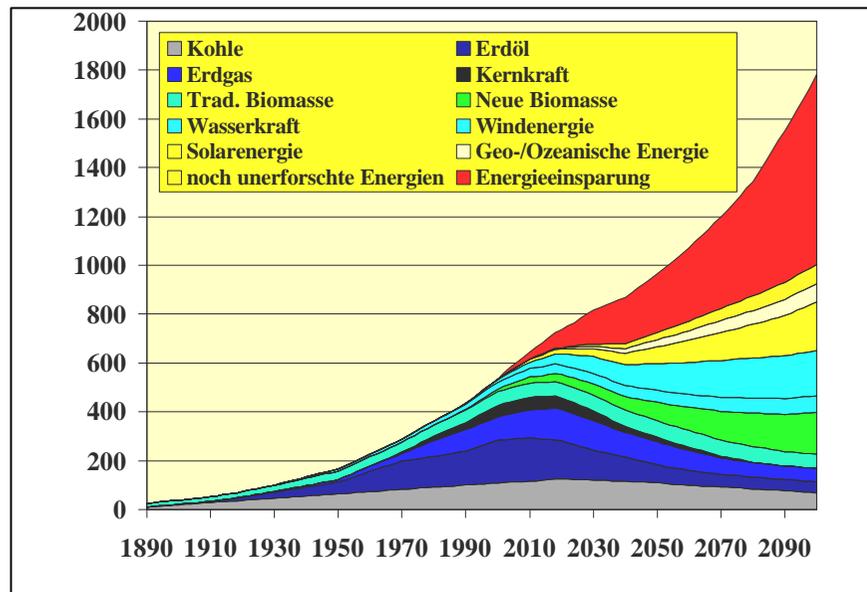


Abbildung 1.1 Schema der Entwicklung des Weltenergieverbrauchs bei verstärktem Einsatz von regenerativen Energien und hohen Anstrengungen zur Energieeinsparung (Angaben in Exajoule; Kennwerte bis 2000: Shell-Studie 1995)

Ressourcenschutz ist eine ökologische und ökonomische Notwendigkeit: das Ende der kostengünstigen Gewinnung unserer fossilen Energieträger ist absehbar. Bei stark steigender weltweiter Nachfrage sind in zehn bis zwanzig Jahren drastische Kostensteigerungen zu erwarten. Je später gegengelenkt wird, desto teurer werden die damit verbundenen volkswirtschaftlichen Anstrengungen ausfallen und desto anfälliger ist die Konjunkturlage von der Ölpreisentwicklung.

Klimaschutz stellt eine der wesentlichen umweltpolitischen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte dar. Durch zunehmend sichtbare Auswirkungen des Klimaeffekts mit verheerenden Folgeschäden ist die volkswirtschaftliche Bedeutung einer möglichst raschen Vorsorge sichtbar geworden. Über das Kyoto-Protokoll und das 25%-Reduktionsziel bis 2005 (BRD) hinaus ist bis 2050 eine Halbierung der weltweiten klimawirksamen Emissionen erforderlich.

Globale Gerechtigkeit fordert, dass wir nur den Teil des Kuchens nutzen, der uns zusteht – es wird nicht weiterhin möglich sein, dass 25 % der Erdbevölkerung 75 % des Weltenergieverbrauchs verursachen. Nur dann werden wir in Frieden unseren Wohlstand genießen können.

Ausgangslage

Unsanierete Gebäude aus dem Bestand bis zu den sechziger Jahren weisen einen Heizwärmebedarf von 200 bis 300 kWh/(m²a) auf. Das entspricht einem Bedarf von 20 bis 30 Litern Heizöl bzw. Kubikmetern Gas. Kompakte mehrgeschossige Gebäude liegen günstiger, Einfamilienhäuser können bis über 400 kWh/(m²a) erfordern. In den letzten Jahrzehnten wurde der Bedarf deutlich gesenkt und die Techniken für sehr grundlegende weitere Einsparungen sind seit mehreren Jahren auf dem Markt erprobt.

Nach der Ölpreiskrise 1973 wurden Anforderungen aufgestellt, die in der ersten Wärmeschutzverordnung (WSVO) Ende der 70er Jahre ihren Niederschlag fanden. 1984 wurde durch die Novellierung ein Heizwärmebedarf von etwa 140 bis 170 kWh/(m²a) festgeschrieben und durch die WSVO 1995 wurde ein weiteres Drittel eingespart.

Die Forschungstätigkeit zum energieeffizienten Bauen hat besonders in den letzten 15 Jahren ein sehr hohes Niveau erfahren. Beginnend mit singulären Modellprojekten zur Niedrigenergiebauweise Anfang der 80er Jahre wurden Begleitforschungen zu zahlreichen Objekten durchgeführt. Charakteristisch war zu dieser Zeit die sehr unterschiedliche Herangehensweise mit oftmals nur partieller Sichtweise des Gesamtzusammenhangs. So standen hochwertig gedämmte Hauskonzepte den „solaren“ Bauten gegenüber, die vor allem durch hohe Glasflächenanteile die Solargewinne optimieren sollten. Andere Ansätze lagen in extrem aufwendiger Haustechnik mit Kraft-Wärme-Kopplung oder regenerativen Energieträgern sowie aktiver Solarnutzung durch solarthermische Anlagen.

Während sich in der Förderpraxis des Wohnungsbaus anfangs der neunziger Jahre Demonstrationsprojekte vor allem in Richtung Niedrigenergiebauweise fokussierten, wurden bereits deutlich weitergehende Konzepte durchgeführt. So entwickelte das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) in Darmstadt die Passivhaus-Technik [Feist 1988 / 1992] und das Fraunhofer Institut in Freiburg (ISE) das energieautarke Haus. Erste Modellvorhaben wurden 1991 durchgeführt. In den darauf folgenden Jahren war vor allem die zielgerichtete Forschungsarbeit hinsichtlich der Passivbauweise (u. a. durch IWU/Darmstadt, Passivhaus Institut Darmstadt, EBÖK/Tübingen etc.) eine sehr wichtige Grundlage für eine Objektivierung der energetischen Parameter beim Bauen [IWU 1992-1995]. Bauphysikalisch exakte Beschreibungen und Rechentools in praxisgerechter Ausführung

ermöglichten reproduzierbare Ergebnisse und sehr exakte Planungen und Projektierungen von Gebäuden in einfach handhabbarer Form [PHI 1996-2000]. Durch umfangreiche Messprogramme wurden die Berechnungen in überzeugender Form in der Praxis bestätigt. Die Aussagen zahlreicher weiterer Forschungsinstitutionen zu den Kernbereichen des energetischen Bauens wurden im Laufe der 90er Jahre zunehmend homogener, als Beispiele seien genannt Fraunhofer ISE/Freiburg, Fraunhofer IBP/Stuttgart, IEMB/Berlin, Hauser/Kassel, Forschungszentrum Jülich etc. [Hake, Kleemann, Kolb 1999].



Bild 1.1 – 1.4 Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser

Es herrscht eine große Diskrepanz zwischen verfügbarem technischen Wissen und marktgängigen Komponenten auf der einen Seite sowie der Anzahl der tatsächlich umgesetzten Projekte andererseits. Dieses Umsetzungsproblem stellt einen wesentlichen Aspekt der Dissertation dar. Es gibt nahezu keine konsequent ausgeführten Sanierungsobjekte mit umfassender Anwendung hocheffizienter Technik, die obendrein schlüssig dokumentiert sind.

Das erste Sanierungsvorhaben mit Energiekennwerten unter 30 kWh/(m²a) und schlüssiger wissenschaftlicher Begleitung wurde im Jahr 2001 durch die BASF-Tochter LUWOGÉ umgesetzt. Es handelt sich dabei um die Sanierung eines Wohnblocks aus den 50er-Jahren im Brunckviertel in Ludwigshafen [LUWOGÉ 2001].

Das Projekt Jean-Paul-Platz 4 wurde mit der WBG Nürnberg im Herbst 2002 durchgeführt. Die Beschreibung der Sanierung erfolgt in Kapitel 5.2.5.

Ein aktueller Statusbericht zur Erfassung energieeffizienter Sanierungen in der BRD wurde im Dezember 2002 vom IWU im Auftrag der Deutschen Energie Agentur (DENA) durchgeführt. Dort werden im allgemeinen Gebäude mit Niedrigenergiestandard dargestellt. Darüber hinausgehende Standards sind nur bei drei der Vorhaben dokumentiert: das oben benannte Projekt der LUWOGÉ sowie die in dieser Arbeit in Kapitel 5.2.4 und 5.2.5 dargestellten Gebäude [Hinz et al 2002]. Der Statusbericht befindet sich in der **Anlage 1.1.**

Auf den Fachkongressen der letzten Jahre werden jedoch in zunehmendem Maß Ansätze für weitere Modellvorhaben auf die Tagesordnung gesetzt, sodass davon auszugehen ist, dass aus diesen Impulsen die Umsetzung von weiteren Projekten resultieren wird. (vgl. Tagungsreader: 6. AGÖF-Fachkongress, Nürnberg 9.2001; 10. eu[z]-

Baufachtagung, Hannover 10.2001, 6. Passivhaustagung 2002 in Basel, Solar Energy 2002 in Berlin, GRE-Tagung 2.2003 in Kassel und 7. Passivhaustagung 2.2003 in Hamburg etc.).

Die Innovationsträger im Neubaubereich waren vorrangig Bauherren von kleinen Wohnobjekten und sonstige Privatbauherren. Bei der Sanierung sind aber vor allem Entscheidungsträger im Geschosswohnungsbau gefragt. Es handelt sich also neben den technischen Anforderungen vor allem um organisatorische und finanzierungstechnische Aufgaben, die für eine Umsetzung erforderlich sind. Dazu erhalten bauphysikalische Aspekte eine erhöhte Bedeutung sowie hygienische Parameter zur Sicherstellung einwandfreier Raumluftqualität. Für all diese Bereiche liegen bisher nur zu Teilaspekten Forschungsergebnisse vor.

Die großen Einsparchancen durch die Sanierung des Gebäudebestands sind bisher nicht ausreichend ergriffen worden. Unzureichende Entscheidungen im Neubau- und Sanierungsbereich haben Auswirkungen über mindestens 40 Jahre. Es herrschen Defizite hinsichtlich der Weitsicht von Planern, Investoren und politischen Entscheidungsträgern. Gefragt ist ein umsetzungsorientiertes Konzept, das zukunftsfähige Entscheidungen möglich macht.

1.2 Angestrebtes Erkenntnisziel und innovative Ansätze

Energetische Wohngebäudesanierung wird in den nächsten Jahren zunehmend in hocheffizienter Form Richtung Faktor 10 durchgeführt werden. Daraus ergibt sich ein hohes Innovations- und Arbeitspotenzial für die Bauwirtschaft. Es sollen möglichst umfassend die Grundlagen für diese Entwicklung untersucht und dargestellt sowie Wege zu deren Umsetzung entwickelt werden.

Die Gliederung der Arbeit ist auf eine umfassende Darstellung und Dokumentation der Thematik ausgelegt. Der innovative Ansatz der Dissertation wurde bewusst nicht auf einen einzelnen Aspekt fokussiert. Die angestrebten Erkenntnisziele stellen sich vielmehr vielschichtig dar. In der folgenden Aufstellung werden die wesentlichen Ansatzpunkte dazu dargestellt:

1. Entwicklungsprofil für energieeffiziente Sanierungskomponenten

- Innovationsanforderungen für sanierungsspezifische Produkte und Techniken
- Kriterien für Weiterentwicklungen seitens der Industrie
- Ableitung der daraus resultierenden Effizienz- und Kostenentwicklung

2. Bauphysikalische Bewertung, Raumlufthygiene und Komfort

- Wissenschaftliche Messbegleitung und deren Auswertung bei Pilotprojekten
- Qualitätssicherung für bauphysikalisch neue Aspekte
- Anforderungen und Qualitätssicherung für Lüftungstechnik als Schlüsseltechnologie
- Raumluftanalysen und daraus abzuleitende Anforderungen

3. Beispiele mit Faktor 10 – Auswertung realisierter Praxisbeispiele

- Projektauswertung aus fünf geplanten und drei realisierten Sanierungen mit Faktor 10
- Überprüfung der Effizienzziele und Wirtschaftlichkeit anhand der Praxis
- Entwicklungsprognose: Effizienz und Kosten

4. Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Standards

- Korrelation zwischen baulichen Maßnahmen und Energieeffizienz am Beispielprojekt
- Vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Ableitung von Förderungsanforderungen

5. Strategien zur Umsetzung: von Modellprojekten zur Breitenwirkung

- Initiativ-Ansätze auf den Ebenen Region– Land – Bund
- Konkrete Umsetzungsstrategie: Projektansatz mit der Deutschen Stiftung Umwelt

6. Prognosen für die Entwicklung der Sanierung mit Faktor 10

- Prognosen für Entwicklungsentscheidungen von Komponenten
- Entwicklungspotenzial energieeffizienter Sanierung bis 2015

Der entscheidende Innovationsfaktor liegt in der praxisgerechten Zusammenführung von Energieeffizienz und Kostenoptimierung sowie den daraus abgeleiteten Grundlagen und Strategien für breitenwirksame Umsetzung des Ansatzes.

In der einleitenden Zusammenfassung werden die Ergebnisse zu diesen innovativen Ansätzen auf jeweils einer Seite dargestellt. Dazu werden Hinweise auf die Kapitel gegeben, in denen die jeweiligen Aspekte bearbeitet werden.

1.3 Grundlagenerfahrungen aus dem Passivhaus-Neubau

Im Rahmen eines Förderprojektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wurden an Passivhaus-Neubauten in Nürnberg Erfahrungen mit den dort verwendeten Komponenten zusammengetragen. Die umfangreiche Arbeit stellt einen Grundlagen-Bestandteil der Dissertation dar. Der Abschlussbericht wurde im August 2002 fertig gestellt und ist als Anlage auf der CD-Fassung der Dissertation enthalten [Schulze Darup 2002, Anlage A].



Bild 1.5 Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf

2 Anforderungen an energetische Optimierung bei der Sanierung

2 Anforderungen an energetische Optimierung bei der Sanierung

2.1 Zielstandards bei der Sanierung

In Abbildung 2.1 wird das Spektrum eines charakteristischen städtischen Wohngebäudebestands dargestellt. Der Heizwärmebedarf von unsanierten Gebäuden liegt im Mittel bei Werten um 200 bis 300 kWh/(m²a) auf. Das entspricht einem Bedarf von 20 bis 30 Litern Heizöl bzw. Kubikmetern Gas. Kompakte Gebäude, wie z. B. Mehrfamilienhäuser liegen durchweg günstiger. Bei ungünstiger Gebäudegeometrie können über 400 kWh/(m²a) erreicht werden. Die Entwicklung zu den verbesserten Standards der Wärmeschutzverordnung wird abgebildet. Die Energieeinsparverordnung (EnEV 2002) sollte den Heizenergiebedarf der WSVO bei sinnvoller Anwendung nochmals um 10 bis 30 % reduzieren. Anforderungsgröße ist der Primärenergiekennwert für Heizwärme und Warmwasserbereitung. Der Effizienzsprung zur Passivhaustechnologie mit einem Heizenergiekennwert von 15 kWh/(m²a) ist ebenso erkennbar wie das gewaltige Einsparpotenzial, dass sich durch die energetische Sanierung ergibt.

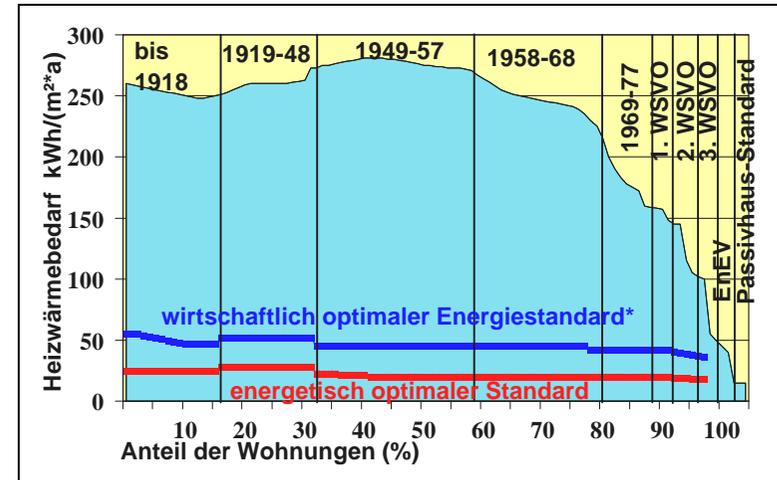


Abb. 2.1 Schema der Struktur des Gebäudebestandes nach Baujahren und des Heizwärmebedarfs-Standards sowie mögliche Einsparungen durch energieeffiziente Sanierung [Schulze Darup 1999]

Tabelle 2.1 stellt die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) für Sanierungsfälle in zusammengefasster Form zusammen. Die Aufstellung macht allerdings deutlich, dass es recht einfach ist, energetische Maßnahmen zu umgehen. Nicht dargestellte Ausnahme- und Härteregeleungen erhöhen den Effekt.

Tabelle 2.1 Anforderungen der EnEV an Sanierungsfälle (auszugsweise Zusammenstellung)

Maßnahme	U-Wert Anforderung	Anmerkung
Vergrößerung des beh. Bauvolumens $\geq 50\%$	Primärenergieanforderung 40 % über Neubau	Energiebedarfsausweis muss erstellt werden
Vergrößerung des beh. Bauvolumens $\geq 30 \text{ m}^3$	Keine Betrachtung der einzelnen U-Werte	Nachweis nach EnEV für den Anbau
Bei der Sanierung von Bauteilen gelten folgende Mindestanforderungen:		
Außenwand	0,35 W/(m ² K) bei Maßnahmen von außen 0,45 W/(m ² K) bei Innendämmungen	Bei Außenputzerneruerung von 20 % der Bauteilfläche jeder Orientierung
Steildach	0,3 W/(m ² K)	Bei Dacherneuerung / Neueindeckung; Nachrüstpflicht bis 31.12.2005 für „nichtbegehbare, zugängliche OG-Decken“
Flachdach	0,25 W/(m ² K)	
Kellerdecke	0,4 W/(m ² K)	Nachrüstpflicht für Kellerdecken gegen unbeheizte Keller bis 31.12.2005
Fenster	1,7 W/(m ² K)	
mit Sonderverglasungen	2,0 W/(m ² K)	
Außentüren	2,9 W/(m ² K)	
Heizkessel eingebaut vor dem 31.10.1978	Kesselerneuerung	Nachrüstpflicht bis 31.12.2006
Wärmeverteilungen	Standard der HAnIVO	Nachrüstpflicht für Dämmung

Bei der gängigen Praxis in der Bauwirtschaft auf Grundlage kurzfristiger betriebswirtschaftlicher Betrachtungsweise wird bei einem großen Teil der Gebäudesanierungen keine durchgreifende Verbesserung der Energiekennwerte erreicht werden.

Die EnEV-Anforderungen gemäß der obigen Tabelle ermöglichen es dem Planer in Verbindung mit den zahlreichen Ausnahmeregelungen, durchweg mit geringen energetisch bedingten Eingriffen auszukommen. Die tabellarische Aufstellung (Tab 2.2) zeigt auf, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um einen höheren Standard anzustreben. In der ersten Spalte werden Bauteil-Anforderungen nach U-Wert-Anforderungen der obigen Tabelle aufgelistet. Die zweite Spalte kommt nach EnEV zur Anwendung,

wenn für das Gebäude auf Grund einer grundlegenden Modernisierung oder wegen der Vergrößerung des Bauvolumens um mindestens 50 % ein Energiebedarfsausweis erstellt werden muss. In diesem Fall darf die vergleichbare EnEV-Neubau-Anforderung um 40 % überschritten werden. Aus den Werten der Spalte lässt sich ablesen, dass keine gravierenden energetischen Maßnahmen für das Erreichen dieses Ziels erforderlich sind. Zum Vergleich werden symptomatische Anforderungen an Bauteile und Haustechnik dargestellt für einen Standard entsprechend EnEV-Neubau und mit hochwertigen Passivhaus-Komponenten. In Kapitel 6.2 werden diese Grundüberlegungen in Form eines Beispiels angewandt.

Tabelle 2.2: Energetische Standards und sinnvolle Maßnahmenbündel

	Standard-Sanierung nach Tabelle 2.1	Standard EnEV 2002 (Neubau + 40 %)	Standard EnEV 2002 (Neubau)	Passivhaus-Komponenten
	U	U	U	U
	kWh/(m ² K)	kWh/(m ² K)	kWh/(m ² K)	kWh/(m ² K)
Wände	keine Maßn.	0,35 - 0,50	0,20 - 0,40	0,15 - 0,20
Dach	0,3	0,25 - 0,35	0,20 - 0,25	0,10 - 0,16
Grund	0,4	0,35 - 0,6	0,25 - 0,4	0,15 - 0,30
Fenster	1,7	1,7	1,4 - 1,5	$\leq 0,80$
Lüftung	keine Maßn.	keine Maßn.	Fensterlüft. / Kontr. Lüft.	Wärmerückgew.
Heizung	Niedertemp.	Brennwertkess.	Brennwertkess.	Brennwertk. / KWK/ Biomasse
regenerativ	nein	Nein	Sinnvoll	Empfehlenswert

2.2 Gebäudesimulation – Berechnungsverfahren – Methodik

Es ist von großer Bedeutung, dass praxisorientierte Werkzeuge zur Verfügung stehen, um mit angemessenem Aufwand bei jedem Planungsprozess innerhalb kurzer Zeit eine präzise Bewertung der energetischen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen durchführen zu können.

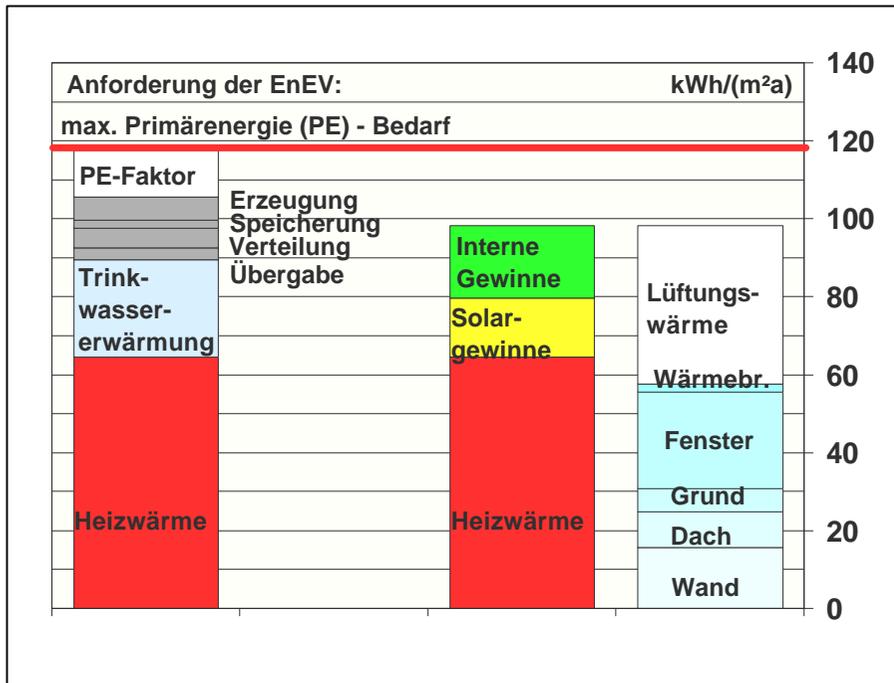


Abb. 2.2 Vereinfachtes Schema der energetischen Bilanzierung nach EnEV

In Tabelle 2.3 werden die Anforderungen nach EnEV 2002 für die Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs dargestellt.

Tabelle 2.3 Anforderungen nach EnEV 2002: Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs

Verhältnis A/V_e	Nutzfläche A_N (m²)			
	100	200	500	1000
0,3	86,5	82,2	77,9	75,9
0,4	94,1	89,7	85,4	83,4
0,5	101,6	97,2	92,9	90,9
0,6	109,1	104,8	100,4	98,5
0,7	116,6	112,3	108,0	106,0
0,8	124,2	119,8	115,5	113,5
0,9	131,7	127,4	123,0	121,1
1	139,2	134,9	130,6	128,6

Durch die EnEV ist für die Praxis eine Verbesserung hinsichtlich der energetischen Beurteilung eingetreten, obwohl die zugrundeliegenden Rechengänge schon seit geraumer Zeit verfügbar sind. Abbildung 2.2 zeigt schematisch den Rechengang nach EnEV auf: die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste (rechts) müssen mit den Gewinnen im Gleichgewicht stehen, die sich aus internen und solaren Gewinnen zuzüglich der zugeführten Heizwärme zusammen setzen. In der linken Säule wird schließlich der so ermittelte Heizwärmebedarf ergänzt um den Bedarf für Trinkwassererwärmung. Der Anlagen- und Primärenergieaufwand ergibt dann die Anforderungsgröße des Primärenergieaufwands, für die Kennwerte in der EnEV vorgegeben sind.

Abbildung 2.3 zeigt im Vergleich zum Rechengang für Neubauten die Bilanzierung des Heizwärmebedarfs für ein Sanierungsvorhaben am Beispiel des Bauvorhabens Jean-Paul-Platz in Nürnberg.

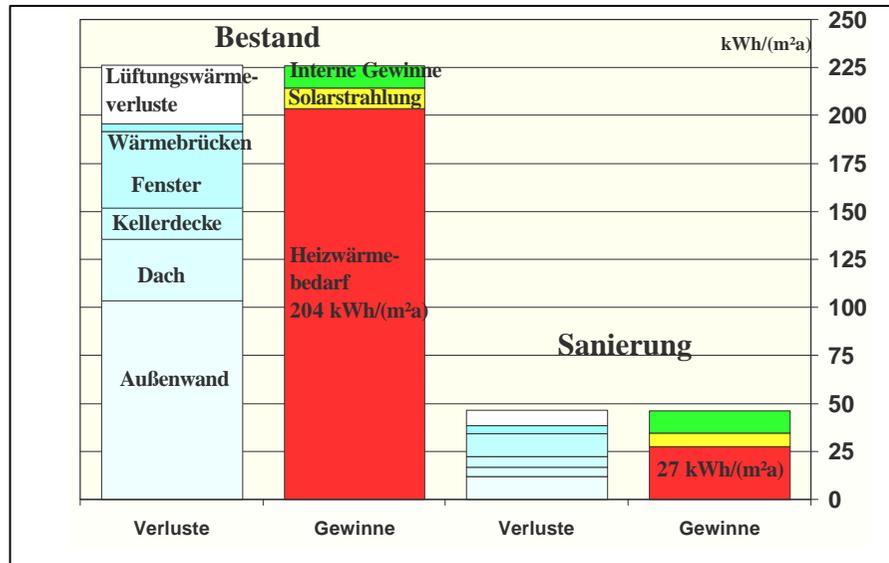


Abb. 2.3 Bilanzierung der Wärmegewinne und Verluste am Beispiel einer Sanierung mit Passivhaus-Komponenten (BV Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg, MFH mit 895 m² Wohnfläche)

Für spezialisierte Anforderungen der Berechnung sind zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen. Das gilt z. B. für besonders energie-sparende Gebäude. Dort ist es hilfreich, die Möglichkeiten des Passivhaus-Projektierungs Pakets [PHPP 20002] nutzen zu können. Bei sehr niedrigem Energiebedarf ist es notwendig, Besonderheiten von Lüftung, Luftdichtheit, internen und solaren Gewinnen und zahlreichen weiteren Detailpunkten sehr detailliert betrachten zu können. Im Zuge eines langfristig angelegten Qualitätsmanagements ist dabei auch zu sichern, dass die zugrundegelegten Komponenten langfristig ihre

energetische Wirksamkeit beibehalten. In Anlage 2.1 wird vor diesem Hintergrund ein Vergleich zwischen EnEV-Rechengang und PHPP dargestellt.

Im Rahmen des DBU-Förderprojektes „Energetische Sanierung mit Faktor 10“ (s. Kapitel 10.3) wird auf der Grundlage des PHPP ein energetisch-wirtschaftliches Rechenprogramm erstellt, das möglichst praxisgerecht die Erfassung eines Bauvorhabens innerhalb eines Tages ermöglicht. Die erfassten Daten können über Excel-Dateien zur weiteren Verarbeitung in AVA-Programme übernommen werden. Der Energiebedarfsausweis nach ENEC ist ein automatisch erzeugtes Nebenprodukt.

Für diesen Bereich einer Verknüpfung mit Kostenaspekten sowie einer wirtschaftlichen Auswertung sind einige Rechenprogramme am Markt verfügbar [IBP 2000]. Sie zeichnen sich allerdings oftmals dadurch aus, dass sie eine Blackbox für den Nutzer darstellen, der die Rechengänge nicht beeinflussen und beurteilen kann.

Einen sehr umfassenden Ansatz stellt LEGOE [LEGOE 2002] dar. Diese Software beinhaltet umfangreiche Bilanzierungsmöglichkeiten ökologischer Aspekte. Das Problem liegt z. T. noch in der relativ aufwendigen Erfassung von Bauvorhaben sowie vor allem in den hohen Kosten. Darüber hinaus ist eine regelmäßige Überprüfung der zugrunde liegenden Parameter sinnvoll.



Bild 2.1
Quelle WBG Nürnberg

2.3 Entwurfsanforderungen bei der Sanierung

Die Einbeziehung von kulturellen, sozialen und technischen Neuerungen in den Entwurf ist seit jeher eine wichtige Aufgabe für Baumeister und Architekten. Unsere gebaute Umwelt zeigt die Prägung über Jahrhunderte durch landschaftstypische handwerkliche Traditionen. In den letzten Jahrzehnten erwuchs daraus eine hohe Vielschichtigkeit von Gestaltungsmöglichkeiten und technischen Baukonzepten, die zunehmend die regionalen tradierten Bezüge überlagern und selbstverständlich auch Eingang in Sanierungstechniken finden.

Die Anforderungen der Energieeffizienz stellen einen ökologisch-ökonomisch bedingten Teilaspekt der zahlreichen Parameter dar, die das Entwerfen zunehmend komplexer und anspruchsvoller werden lassen. Es ist selbstverständlich, dass innovative Ansätze zu neuen Entwurfskonzepten führen werden.

So ist in jedem Sanierungsfall zu überprüfen, wie eine möglichst optimale Gebäudegeometrie geschaffen werden kann mit einem Höchstmaß an passiven Solargewinnen. Dies gilt bei der Sanierung ebenso wie beim Neubau, ist allerdings den Gegebenheiten des

vorhandenen Gebäudes unterworfen. Bei der Niedrigenergiebauweise konnte in den letzten zwanzig Jahren die Vielfältigkeit der Gestaltungsmöglichkeiten dargestellt werden – dies gilt im übertragenen Sinn ebenso für alle Sanierungsaspekte. Die Anwendung von Passivhauskomponenten ist selbstverständlich ebenso bei der Sanierung anwendbar. Es zeigt sich bereits jetzt, dass dadurch neben gewissen Einschränkungen Potenzial für einen zusätzlichen gestalterischen Freiraum geschaffen werden kann, der sich dem Planer bietet.

Die Behaglichkeit in einem Gebäude ist besonders groß, wenn die Hülle thermisch hochwertig ausgeführt wird. Idealtypisch wäre ein Gebäude, das kein aktives Heizsystem mehr erfordert, um hohen Wohnkomfort für die Bewohner sicher zu stellen. Transmissions- und Lüftungswärmeverluste werden nahezu vollständig durch kostenlose „passive“ Energiebeiträge ausgeglichen. Das sind:

- solare Gewinne durch Fenster und sonstige transparente Flächen,
- Wärmeabgabe von Beleuchtung, Geräten und Prozessen und
- Körperwärme der Personen im Gebäude.

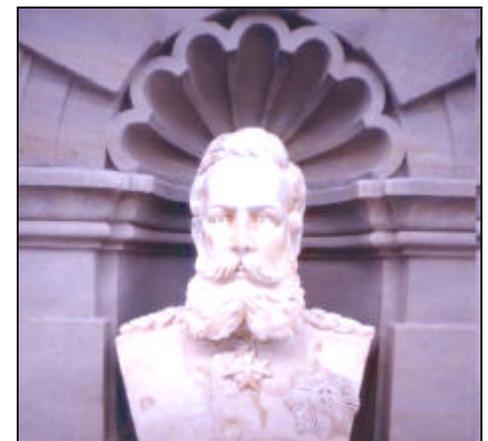


Bild 2.2

In Abb. 2.4 wird die energetische Wirksamkeit verschiedener Entwurfsaspekte vergleichend dargestellt. Die Grundlagen für die Darstellung liegen in einer hohen Zahl von bearbeiteten Bauvorhaben, bei denen mit diesen Parametern Optimierungsprozesse simuliert wurden [PHPP 2002 / Schulze Darup 2002]. Dabei ist zu beachten, dass jeder Neubau – und erst recht jede Sanierung individuellen Besonderheiten unterworfen ist. Die Angaben in dem Diagramm sind insofern als hilfreicher Trend zu verstehen und können eine Berechnung nicht ersetzen. In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Aspekte passiver solarer Sanierung genauer beschrieben. Darüber hinaus gehende Einflüsse wie Kleinklima, Wärmespeicherung und Absorption haben auf die Energieeinsparung nur sehr geringe Auswirkungen.

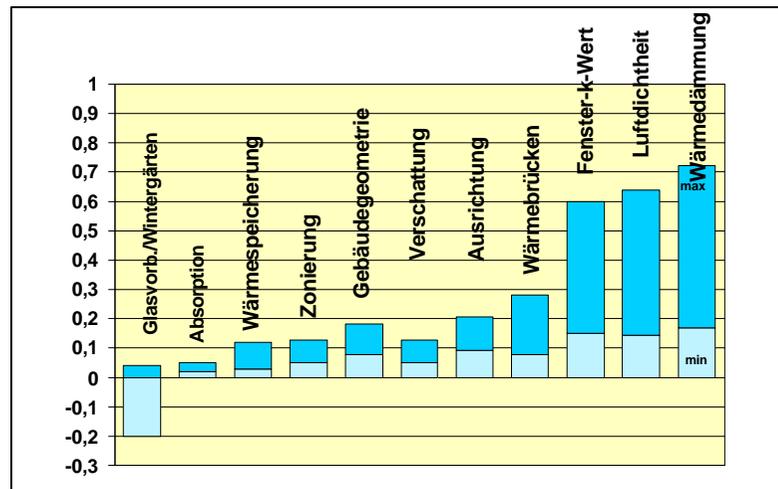


Abb. 2.4 Trends für die energetische Wirksamkeit verschiedener Entwurfsaspekte

2.3.1 Gebäudegeometrie

Eine Kostenermittlung nach der Bauteilmethode zeigt, dass die Außenfläche eines Gebäudes einen hohen Kostenanteil ausmacht. Kostenoptimierte Planung sollte also auch bei der Sanierung versuchen, Wohnfläche bzw. Wohnvolumen mit einem möglichst geringen Anteil Außenhüllfläche zu gestalten.

Die energetischen Anforderungen sind deckungsgleich: ein möglichst günstiges Verhältnis von Außenfläche (A) zu Gebäudevolumen (V) reduziert die Transmissionswärmeverluste pro Quadratmeter Nutzfläche. Dieses A/V-Verhältnis ist eine wesentliche Kenngröße bei der Heizwärmebedarfsberechnung für die Energieeinsparverordnung.

Hinsichtlich der Kompaktheit sind die Eingriffsmöglichkeiten bei der Sanierung eher gering. Dennoch kann aus diesen Aspekten ein Sanierungskonzept wachsen. Beim Neubau ist es einfach. Durch Wahl einer sinnvollen geometrischen Form kann Oberfläche eingespart werden und das A/V-Verhältnis verbessert werden. Bei der Sanierung kann durch Verdichtung bzw. Aufstockung oder Anbau eine höhere Kompaktheit erzielt werden. Darüber hinaus kann der Ausgleich von Vor- und Rücksprünge in der Fassade zu deutlichen Einsparungen führen. Die gleiche Betrachtung ist in der Vertikalen anzustellen hinsichtlich Bauteilen wie Kellerabgang, Treppenhauskopf, Eingangssituation etc.

2.3.2 Ausrichtung

Weitgehende Südausrichtung der Fensterflächen ist ideal für die Nutzung solarer Gewinne. Dabei sind Abweichungen bis zu 30° vom Südazimut nur mit geringen Verschlechterungen des solaren Eintrags verbunden. Die täglichen Mittelwerte der Gesamtstrahlung betragen von November bis Januar ca. 1 kWh/m² bei Südausrichtung. Ost-West

ausgerichtete Flächen haben etwa halb so hohe Werte aufzuweisen. Im Sommer verhält es sich genau umgekehrt: durch den hohen Sonnenstand von 63° (Höhe 50. Breitengrad, Frankfurt) beträgt der Wert auf der Südseite bei senkrechter Verglasung $1,5 \text{ kWh/m}^2$ und im Osten/Westen $2,0 \text{ kWh/m}^2$. Südausrichtung ist also auch für den sommerlichen Wärmeschutz von Vorteil.

Bei der Sanierung ist es oftmals möglich, die Bilanz zu verbessern: entweder durch Vergrößerung der südausgerichteten Fenster oder ggf. durch Anbauten, die das Verhältnis verbessern. Es gibt sogar Fälle, bei denen die Südwand entfernt wurde und eine komplette nach außen versetzte Neubau-Fassade in Holzbauweise mit optimierten Fensterflächen vorgesetzt wurde.

2.3.3 Verschattung

Der Solareintrag wird durch verschiedene Faktoren gemindert. Dabei ist zunächst die Verschattung des äußeren Horizonts durch Topographie, Gebäude und Pflanzen zu berücksichtigen. Weiterhin entstehen Verschattungen durch Versprünge, auskragende Bauteile, Geländer und Fensterleibungen. Nicht zu vergessen ist der Verschmutzungseffekt von Fensterflächen.

Für eine einfache rechnerische Abschätzung ist für freie Lagen der Solareintrag mit einem Verschattungsfaktor von etwa 85 % zu multiplizieren. Bei gängigen städtischen Situationen mit mäßiger Besonnung der Südfassade, auskragenden Bauteilen und teiltransparenten Brüstungen liegt ein realistischer Ansatz bei einem Faktor von 63 % [Feist 1997]. Sinnvoll ist eine realitätsnahe Berechnung im Rahmen der Heizwärmebedarfsermittlung [EN 832 / PHPP 2002]. Jeder der Punkte sollte im individuellen Sanierungsfall hinsichtlich der Verbesserung überprüft werden. Im allgemeinen wird

der Einfluss an dieser Stelle eher niedrig sein. Auf jeden Fall sind aber Eingriffe möglich, die durch die eigenen Bauteile des Gebäudes verursacht werden: so sollte die Fensterebene möglichst weit an die Außenseite der Konstruktion gezogen werden, um verschattende Leibungen und Stürze gering zu halten.

2.3.4 Passive solare Gewinne

Der Ansatz der Solararchitektur in den 80er-Jahren ging davon aus, dass durch die Maximierung von Glasflächen ein Optimum an nutzbarer Solarwärme zur Verfügung steht. Fensterflächen zeichnen sich jedoch zunächst vor allem durch hohe Transmissionswärmeverluste aus. Nachts und an den zahlreichen strahlungsarmen Tagen überwiegen die Wärmeverluste deutlich. Die Solareinträge dürfen auf der anderen Seite nicht so hoch sein, dass die Räume überhitzt werden, um ein Ablüften der Energiegewinne zu vermeiden. In Abhängigkeit von der Speichermasse des Gebäudes und der maximal zulässigen Raumtemperatur kann nur eine begrenzte Wärmemenge gepuffert werden. Die Tagesamplitude ergibt sich dabei aus der Beschaffenheit der raumseitigen fünf bis zehn Zentimeter der Bauteile. Eine Heizenergieeinsparung auf Grund der Wärmespeicherung ist sehr gering. Die Bedeutung der Speichermasse für ausgeglichen kühle Räume im Sommerfall ist wichtiger.

Bei komplexeren Gebäudenutzungen mit großen Glasflächen ist es sinnvoll, Gebäudesimulation mit dynamischen Rechenprogrammen wie DYNBIL o. ä. durchzuführen. Dadurch kann eine umfassende energetische und bauphysikalische Beurteilung inklusive der sommerlichen Lastspitzen und Wärmespitzen erstellt werden. Bei standardmäßigen Wohngebäuden reicht zur Beurteilung eine Simulation nach PHPP völlig aus.

2.3.5 Zonierung und Raumzuordnung

Es ist sinnvoll, die Aufenthaltsräume mit höherem Temperaturniveau wie den Wohn-/ Essbereich, Kinderzimmer und Arbeitszimmer vorwiegend südausgerichtet (Südazimut mit maximal 30 bis 45° Abweichung) zu positionieren und Räume mit geringeren Temperaturanforderungen wie Küche, Elternschlafzimmer, WC, Treppenbereich und Nebenräume auf der nördlichen Seite des Gebäudes. Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto geringer wiegt allerdings der Einfluss dieser Zonierung. Die Temperatur innerhalb der thermischen Gebäudehülle gleicht sich zwischen den Räumen an.

Deutlich wichtiger ist die klare Trennung zwischen unbeheizten und warmen Bereichen: kalte Räume sollten möglichst nicht wie eine Kühlrippe in die thermische Hülle hineinragen. Das betrifft sowohl die horizontale Betrachtung wie auch übereinander liegende Räume: z. B. beim Kellerabgang oder Treppenhauskopf muss klar definiert sein, wo die lückenlose Dämmung verläuft.

2.4 Konstruktion: Besonderheiten bei der Sanierung

Die wärmeübertragenden Flächen der Gebäudehülle müssen im Vorfeld einer Sanierung auf die vorhandenen wärmetechnischen und bauphysikalischen Eigenschaften sowie ihre U-Werte überprüft werden. Im allgemeinen ist es erforderlich, die wärmetechnische Situation der Konstruktion deutlich zu verbessern – einerseits aus bauphysikalischen Sicht, vor allem jedoch aus Gründen der Energieeinsparung. Wärmedämmung weist im allgemeinen das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aller Sanierungsmaßnahmen auf. Deshalb muss versucht werden, für jede individuell unterschiedliche Situation angemessene Dämmdicken mit möglichst geringem Aufwand unterzubringen. Im folgenden werden einige ausgewählte Situationen mit ihren besonderen Aspekten dargestellt.



Bild 2.3
Dämmung
Kellerdecke
unterseitig

2.4.1 Opake Gebäudehülle: Kellerdecke

Das Grundproblem bei der Sanierung im Vergleich zum Neubau liegt darin, dass die Raumhöhen im Keller und Erdgeschoss vorgegeben sind und die sehr kostengünstige Lösung der Dämmung unterhalb des

Estrichs meistens nicht umsetzbar ist. Typische Konstruktionen von Bestandsgebäuden in Abhängigkeit von ihrem Baujahr werden in der Tabelle 2.4 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass zu jeder Zeit Konstruktionsvarianten durchgeführt wurden und regional unterschiedlichen Lösungen und Innovationszeiten gegeben waren. Die Streuung liegt bei Einfamilienhäusern höher als beim Geschosswohnungsbau.

Tabelle 2.4 Kellerdecken-Konstruktionen

Bj.	Typische Bestandskonstruktion für das Baujahr	Energetisch optimierte Maßnahme
1850 bis ca. 1920	Kappendecke (Stahlträger mit ausgemauerten Kappen), Oberboden als Dielen auf Unterkonstruktion; (alt.: Holzbalkenkonstruktionen)	Bei ausreichender Raumhöhe im EG: Dämmung auf der Decke (evtl. Ersatz des alten Aufbaus), Dämmdicke 8-20 cm (Türhöhe beachten)
		Bei ausreichender Raumhöhe im Keller: Dämmung unterhalb der Decke verklebt (zzgl. Dübelung?), ggf. verspachteln, Dämmdicke 8-20 cm
ca. 1930 bis 1960	Trägerdecke mit Einhängesteinen (Beton- oder Ziegelhourdis), Oberboden als Dielenkonstruktion oder Estrich	Im allgemeinen nur Dämmung unterhalb der Decke möglich (wie vor)
ca. 1960 bis 1975	Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich, Dämmdicke 2-4 cm	Im allgemeinen nur Dämmung unterhalb der Decke möglich (wie vor)
ca. 1975 bis 1984	Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich, Dämmdicke 4-8 cm	Im allgemeinen nur Dämmung unterhalb der Decke möglich (wie vor)

Am einfachsten erfolgt eine nachträgliche Dämmung von unten. Dazu werden Dämmplatten unter die vorhandene Decke geklebt oder gedübelt und ggf. verspachtelt. Wenn genügend Raumhöhe im Keller gegeben ist, können ohne großen Aufwand und mit geringen Mehrkosten große Dämmdicken untergebracht werden.

Wird der Erdgeschossboden ohnehin saniert und ist genügend Raum-, Brüstungs- und Türhöhe vorhanden, so ist auch eine Dämmung unter einem neuen Fußbodenaufbau kostengünstig durchzuführen. Diese Situation ergibt sich bisweilen bei Gründerzeitbauten. In Sonderfällen kann mit etwas erhöhtem Kosteneinsatz durch Vakuumdämmung mit minimaler Höhe von 2 bis 3 cm Dämmdicke ein U-Wert um 0,15 W/(m²K) erzielt werden.

Anforderungen an weitere Innovationen: Im Idealfall werden vorgefertigte Platten mit Kleber an der Decke befestigt, Stöße und Oberfläche sind gebrauchsfertig. Dabei muss kein hoher optischer Standard gegeben sein. Zum Vergleich: Holzwolleleichtbauplatten waren eine Weile beliebt als Verkleidung trotz (wegen) der schlichten Rohoberfläche, die sie bieten. Wichtig ist es, Arbeitsgänge wie Spachteln oder aufwendiges Dübeln (evtl. Alternative mit einem „Schussgerät“, das auf die Stifftiefe eingestellt werden kann) einzusparen, ohne dadurch Produktmehrkosten in gleicher Höhe zu induzieren. Plattenstöße müssen so ausgebildet sein, dass keine Luftzirkulation entsteht. Seitliche Abschlüsse können durch (30 – 50 cm hohe wärmebrückenmindernde) Randabschlussprofile ausgeführt werden.

Kostenentwicklung: Wesentlicher Kostenfaktor ist die Arbeitszeit, deshalb müssen die arbeitsintensiven Schritte reduziert werden, wie oben beschrieben. Das Kostenziel ist Tabelle 2.5 zu entnehmen:

Tabelle 2.5 Kostenkalkulation für Kellerdecken-Dämmung mit 20 cm Dicke

Dämm-Material (pro m ² und 1 cm Dicke 0,40 €), bei 20 cm Dicke	m ²	8,00 €
Mehrkosten für vorgefertigte End-Oberfläche	m ²	1,00 €
Baukleber	m ²	1,50 €
Dübeln (Schussverfahren)	m ²	0,30 €
keine Oberflächenbehandlung vor Ort		
Zwischensumme	m ²	10,80 €
Verschnitt	5%	0,54 €
Summe Material	m²	11,34 €
Lohn		
Dämmplatten kleben	m ²	8,00 €
Dübeln	m ²	1,00 €
Summe Lohn		9,00 €
Material- und Lohnkosten	m ²	20,34 €
Gemeinkostenzuschlag	30%	6,10 €
Wagnis- und Gewinnzuschlag	7%	1,42 €
Herstellungskosten pro m² ohne MWSt.		27,87 €

2.4.2 Opake Gebäudehülle: Außenwand

Die Außenwände stellen den größten Teil der Transmissionsfläche dar und müssen deshalb besonders gründlich auf eine möglichst optimale Ausbildung überprüft werden. Bei der Aufstellung in Tabelle 2.6 werden nur Massivkonstruktionen dargestellt



Bild 2.4
Wärmedämm-
Verbundsystem
(WDVS)
mit 20 cm Dicke und
WLG 035

Tabelle 2.6 Außenwandkonstruktionen

Bj.	Typische Bestandskonstruktion für das Baujahr	Energetisch optimierte Maßnahme
1850 bis ca. 1930	Wände aus Vollziegeln 37,5 – 62,5 cm dick (vom EG zu den oberen Geschossen verjüngend);	Ohne denkmalschützerische Anforderungen energetisch optimal: WDVS 14 – 30 cm; in zahlreichen Fällen ist aus gestalterischer Sicht eine Innendämmung geboten
	Straßenfassaden: z. T. mit Sandsteinbesatz (massive Blöcke, mit dem Backstein verzahnt, bei frühen Bj. auch	Innendämmung 6 – 20 cm (Diffusionsnachweis führen, Deckenaufleger separat berechnen, Schlagregendichtheit

	massiver Sandstein	sicher stellen), Wärmebrücken überprüfen
	Straßenfassaden aus Sichtmauerwerk (Klinker) ggf. mit verzierten Fensterleibungen	Wie vor (alt. bei nicht erhaltenswerten Fassaden: WDVS 14-20 cm dick in Verbindung mit Riemchen, Klinkerdämmstein oder fliesenförmigem Backsteinimitat)
	Wände aus gebundenem Mauerwerk (37,5 – 62,5 cm dick), häufig zur Hofseite hin ausgeführt als Sichtmauerwerk (oft bei Sanierungen überstrichen)	Im allgemeinen: WDVS 20 – 30 cm
ca. 1930 bis 1960	Poriges Mauerwerk (Bims, Schlackenstein, 37,5 cm dick, in den 50-er Jahren z. T. auch 30 und 24 cm dick, in Norddeutschland in Verbindung mit Klinkern	WDVS 20 – 30 cm; gut zu ergänzen mit gestalterischen Elementen; bei Klinkern Innendämmung oder ggf. WDVS zzgl. Beschichtung mit Klinker-Riemchen
ca. 1960 bis 1980	Einschalige Konstruktionen: Hochlochziegel 30 – 36,5 cm dick, zunehmend porisiertes Material (vor allem Süddeutschland)	WDVS 20 – 30 cm dick
	Mehrschalige Konstruktion: Kalksandstein mit Klinkerverblendung, zunächst mit Luftzwischenraum, später mit 4 – 6 cm Dämmung	Schwierige Abwägung: a) Zwischenraumdämmung (zzgl. Innendämmung), b) WDVS
ab ca. 1965	Mauerwerk (Ziegel, aber vor allem KS) mit WDVS, beginnend mit ca. 4 cm Dicke, 80-er Jahre ca. 6-8 cm Dicke	Überdämmen mit einem WDVS (Dübeln)

Die einfachste und kostengünstigste Variante der **Außenwanddämmung** stellt das Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems dar. Dabei sollte aus bauphysikalischer Sicht eine Dämmdicke von etwa 12 – 14 cm nicht unterschritten werden, um auch im Bereich von nicht zu vermeidenden geometrischen Wärmebrücken hohe Sicherheit gegenüber Kondensatausfall und Schimmelpilzbildung zu erhalten. Eine weitere Erhöhung der Dämmdicke ist technisch einfach ausführbar und aus energetischer Sicht im allgemeinen sehr rentabel. Die eher geringen Mehrkosten stellen mittelfristig eine hervorragende Investition dar. Sinnvoll sind Dämmdicken von 20 cm und darüber (vgl. Kap. 6).

Anforderungen an weitere Innovationen (WDVS): Im Lauf von etwa 40 Jahren Erfahrung mit Wärmedämmverbundsystemen sind weitestgehende Optimierungen durchgeführt worden. Bei großen Dämmdicken ergeben sich allerdings zusätzliche Aspekte, die sukzessive Eingang in die Praxis finden. Folgende Arbeitsfelder müssen noch optimiert werden:

Verklebung: Minimierung der Kleber- und Arbeitsanteile, auch bei unebenen Untergründen, wie sie bei der Sanierung oftmals gegeben sind; Verbindung von Punktbefestigung des Klebers mit flächigem Spachteln zur Vermeidung von Konvektion hinter den Platten (Festlegen, in welchen Höhenabständen dies jeweils zu wiederholen ist, vor allem im oberen Bereich der Wandfläche zur Vermeidung von Feuchteaustrag nach oben unter die angrenzende Konstruktion mit Folge von Kondensatschäden)

Luftdichtung in der Ebene des Klebers: kostengünstige Lösungen sind zu optimieren, da Außen-Luftdichtung eine ideale Lösung für den Sanierungsfall darstellt (Erfordernis muss in Blower-Door-Tests für verschiedene Gebäude-Jahrgänge nachgeprüft werden); ein Anschluss zu den Fenstern ist kostengünstig und technisch optimal lösbar

Maßtoleranzen im Bereich der Dämmplatten: Möglichkeit zur Korrektur und zur Aufnahme von Unebenheiten muss gegeben sein, da bei einer Sanierung nicht eine plane Ebene geschaffen werden sollte (es sei denn, diese ist sehr kostengünstig durchführbar)

Einfache Handhabung der Plattenstöße auf der Baustelle hinsichtlich Fugenbildung, die bei großen Dämmdicken zu erhöhtem Arbeitsaufwand führen kann; Überprüfung der zulässigen Fugenbreite zur Vermeidung von interner Konvektion und von Feuchteaustritt an den so erzeugten Schwachstellen mit Abzeichnung in der Fassade

Optimierung von Dübelung hinsichtlich Arbeitsaufwand und Wärmebrückeneffekt

Vereinfachung von Anschlüssen, vor allem zu Fenstern: Vorfertigen von Pass-Stücken an Leibungen, Sturz (integrierter Brandschutz) und Fensterbrett inkl. Anschlussprofilen

Optimierung von Leibungs- und Sturzausbildungen hinsichtlich der solaren Einstrahlung (Rundung, Schrägausführung)

Einfache Befestigungspunkte für die Anbringung von Lasten an der Fassade mit wärmebrückenminimierten Materialien: Punktbefestigungen, Balkonbefestigungen, Elektro-Durchführungen und Lampenbefestigungen, Fensterbleche, Austrittsbleche von Balkontüren etc.

Dämm-Material: die heute üblicherweise angewandten Dämmmaterialien haben ein weiteres hohes Innovationspotenzial. Ein nicht unwesentlicher Schritt war die Einführung des grauen PS-Materials mit Senkung des Rohstoffinhalts um 25 bis 50 % durch die Senkung der Rohdichte auf 15 kg/m² und die gleichzeitige Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit um ca. 12 % von WLG 040 auf WLG 035. Weitere Verbesserungen sind einerseits hinsichtlich der

Produktlinien-Betrachtung erforderlich, weiterhin hinsichtlich des Rohstoffs, der mittelfristig regenerativ oder mineralisch ausgerichtet sein sollte. Zudem versprechen sich Forscher Effekte durch die Anwendung der Nano-Technologie, die mit zellwand-dünnen Tragstrukturen auskommen wird, was insbesondere hinsichtlich der Dämmtechnik gute Lösungsansätze bietet.

Kostenentwicklung: Wesentlicher Kostenfaktor ist die Arbeitszeit, deshalb müssen die arbeitsintensiven Schritte reduziert werden, was z. T. Gegenstand der o. a. Vorschläge ist. Grundsätzlich ist vor allem an den Anschlusspunkten zu sparen durch optimale Detailanschlüsse. Vorfertigung darf jedoch nicht die Materialkosten unangemessen erhöhen, sondern muss möglichst standardmäßig in hoher Stückzahl ausführbar sein (Beispiel: Fensterleibung). Grundsätzlich muss bei allen Konstruktionen eine Optimierung der Dämmmaterialien – auch hinsichtlich der Kosten – vorangetrieben werden.

Das Kostenziel für Wärmedämmverbundsysteme in der Fläche ist Tabelle 2.7 zu entnehmen:

Dämm-Material (pro m ² und 1 cm Dicke 0,40 €), bei 20 cm Dicke	m ²	8,00 €
Baukleber	m ²	1,50 €
Armierungsputz	m ²	2,50 €
Armierungsgewebe	m ²	0,75 €
Dübeln	kein Ansatz	
Oberputz	m ²	2,50 €
Zwischensumme	m ²	15,25 €
Verschnitt	5%	0,76 €
Summe Material	m²	16,01 €
Lohn		
WDVS kleben	m ²	12,00 €
Armieren	m ²	5,00 €
Dübeln	kein Ansatz	
Oberputz	m ²	4,00 €
Summe Lohn		21,00 €
Material- und Lohnkosten	m ²	37,01 €
Gemeinkostenzuschlag	30%	11,10 €
Wagnis- und Gewinnzuschlag	7%	2,59 €
Herstellungskosten pro m² ohne MWSt.		50,71 €

Innendämmung kommt vor allem zum Einsatz, wenn das äußere Erscheinungsbild der Fassade erhalten werden soll. Jede Konstruktion ist bauphysikalisch zu überprüfen, um keine Feuchteschäden in der Konstruktion zu erhalten. Wichtig ist die Beachtung von Begleitumständen: angepasste Dampfbremse, luftdichte Anschlüsse zur Vermeidung von Konvektion, schlagrechensichere Außenfassade, Zufuhr der Heizwärme in den Raumbereichen zur betroffenen Außenwand und gesicherte Vermeidung zu hoher Raumluftfeuchte. Letzteres geschieht am sinnvollsten durch eine mechanische Lüftungsanlage.

Tabelle 2.7: Kostenkalkulation für ein WDVS mit 20 cm Dicke

2.4.3 Opake Gebäudehülle: Geneigtes Dach in Holzbauweise

Räume unter geneigten Dächern wurden bis weit in das letzte Jahrhundert hinein wegen fehlender angemessener Dämmmaterialien nur als Dachboden oder für untergeordnete Dienstboten- oder Behelfsunterkünfte genutzt. Typische Konstruktionen waren innenseitig angebrachte Holzwolleleichtbauplatten, die verputzt wurden. Auf Grund ihrer sehr guten Feuchteausgleichsmöglichkeiten und der zugigen Fenster hielt sich Schimmelbildung in Grenzen. Das Raumklima war allerdings im Winter von extrem kalten Wänden und im Sommer von heißem Barackenlima gekennzeichnet. Günstiger verhielten sich Räume in Mansardgeschossen, wo hinter der Verkleidung eine massive Wand hochgezogen wurde, die etwas besseren Komfort bot. In den dreißiger Jahren wurde bei den Siedlungshäusern der Dachgeschossausbau mit geringfügig höherer Dämmung bei vielen Gebäuden durchgeführt.

Erst mit dem Einsatz von Mineralwolldämmung entstand ab den 60-er Jahren ein Durchbruch zur Nutzung von Dachräumen zu Wohnzwecken. Luft- und Winddichtheitsaspekte wurden allerdings erst ab den 80er Jahren beachtet – wenn auch zunächst nur von den „Energiespar-Architekten“.



Bild 2.5
Dachkonstruktion
bei der Sanierung mit einer
Dämmdicke von 350 mm als
Zellulosedämmung

Tabelle 2.8 Dachkonstruktionen

Bj.	Typische Bestandskonstruktion für das Baujahr	Energetisch optimierte Maßnahme
1850 bis ca. 1930	Dachstuhl mit Ziegeleindeckung, z. T. mit rauer Schalung und Bitumenbahn; Sparrenquerschnitte bei vielen Objekten quadratisch 13 – 16 cm	Vollständig neuer Dachaufbau erforderlich: Sparren aufdoppeln (nach oben oder unten), Dämmdicke 30 – 40 cm, oberhalb diffusionsoffene Dachbahn (winddicht), darüber Hinterlüftungsebene und Eindeckung, innen luftdichtende Ebene und Verkleidung
	Ausgebaute Dachgeschosse und Mansardkonstruktionen mit Dämmung aus Holzwolleleichtbauplatten o. ä. 3-4 cm dick:	Wie vor (Beibehalten der verputzten Dämmplatten in Einzelsituationen sinnvoll, wenn von außen gedämmt wird (Luftdichtende Bahn von oben ausführen / Diffusionsberechnung in der Fläche und an den Sparren)
1930 bis 1960	Wie vor, jedoch mit z. T. mit etwas verbesserten Dämmdicken	s.o.
ca. ab 1960	Mineralwolldämmung als Matten- oder später als Plattenware; Dämmdicken anfangs 4 – 6 cm, ansteigend auf 10 – 16 cm (80-er Jahre)	Sanierung fast immer erforderlich: innen Luftdichtung herstellen, außen Winddichtung, Dämmdicke innen und/oder außen aufdoppeln auf 30 – 40 cm

Bei der Neueindeckung eines Gebäudes kann die Wärmedämmung hocheffizient verbessert werden. Die vorhandene Sparrenkonstruktion bietet im allgemeinen nicht genügend Raum für ausreichend Dämmung. Das Problem lässt sich kostengünstig durch das Aufdoppeln von Lattung oder Sparren lösen. Alternativ können schlanke I-Halbprofile angelascht werden. Durch diese Maßnahmen werden wärmebrückenoptimierte Ausführungen erreicht. Die Dämmung reicht bis unter die diffusionsoffene Dachbahn. Hinterlüftung ist im Bereich der Konterlattung auszuführen. Dachinnenseitig ist zu überprüfen, ob die Dampfbremse ausreichend bemessen und ob die Luftdichtheit gewährleistet ist. Falls dies nicht der Fall ist, kann von oben eine Dampfbremse unter der Dämmung eingebracht werden. Es ist fast immer mit sehr vertretbarem Aufwand eine Gesamtdämmdicke von 30 bis 40 cm zu erreichen.

Vorhandene intakte Dämmung sollte nach Möglichkeit belassen werden. Eine schlechte Lösung stellt oft die Entfernung alter Mineralwolldämmung in bewohntem Zustand dar, weil ein hoher Staubeintrag in die Wohnräume gegeben sein wird, der nur schwer wieder zu säubern ist. (vgl. [Anlage 2.2](#) Vortrag am IWU Darmstadt 1999: Energetische Dachsanierung - Beispiele aus der Praxis; [Anlage 2.3](#) Berechnungsbeispiele für Dachkonstruktionen: Kosten pro eingesparter Kilowattstunde)

Flachdach

Flachdächer sind bei der Sanierung in einfacher Form mit einer zusätzlichen Lage Dämmung zu versehen, wobei im allgemeinen die vorhandene Lage erhalten bleiben kann. Durch einen Diffusionsnachweis ist zu überprüfen, wie mit der bisherigen Abdichtung umgegangen werden muss. Die Dämmdicke ist in

Abhängigkeit vom einzubauenden Material durchweg kostengünstig in größerem Maß zu erhöhen auf 25-40 cm.

Oberste Geschossdecke

Decken zu kalten Dachräumen oder hinterlüfteten Bereichen werden äußerst wirtschaftlich durch das Aufblasen von Dämmstoffen oder das Verlegen von Dämmmatten energetisch saniert. Bei Dachböden sind trittfeste Materialien sinnvoll, die mit einer Schalung oder Platten bzw. mit einem schwimmenden Estrich in den begehbaren Bereichen abgedeckt werden. Bei der Dicke der Dämmung braucht gerade im Dachbereich nicht gespart werden. Fast immer lassen sich kostengünstige Lösungen ohne große Einschränkung festlegen.

Bei Holzbalkendecken kann die Dämmung auch in den vorhandenen Hohlraum eingeblasen werden. Üblicherweise sind dort allerdings Fehllöden enthalten, so dass sich eher die Dämmung unterhalb der Decke anbietet, falls der Deckenputz ohnehin sanierungsbedürftig ist. Wenn es die Raumhöhe zulässt, wie dies z. B. bei Gründerzeitgebäuden in der Regel der Fall ist, kann eine ausreichend hohe Dämmdicke eingebracht werden und zugleich eine saubere luftdichte Ausführung unterhalb erfolgen.

Anforderungen an weitere Innovationen richten sich nach Art der Ausführung:

Dämmung auf einer nicht begehbaren Decke: möglichst einfache (Aufblas)-Lösung; wichtig ist die Vermeidung von Konvektion innerhalb der oberen Dämmbereiche oder gar durch Fugen bis weiter hinab; dazu muss entweder eine winddichte Abdeckung erfolgen oder die Dämmung so ausgelegt sein, dass dieser Effekt sicher

ausgeschlossen wird. Zu beachten ist ebenfalls, dass bei faserigem Dämmstoff kein Faseraustrag in Aufenthaltsbereiche erfolgt.

Dämmung in begehbaren Bereichen: die kostengünstigste Lösung ist oftmals die Estrich-Ausführung. Entwicklungsziel müsste ein geringes Gewicht des Aufbaus sein, weil bisweilen aus statischen Gründen im Dachbereich keine Reserven gegeben sind. Dies kann entweder erzielt werden durch Zugabe von leichten Zuschlagstoffen oder durch Reduzierung der Estrichdicke. Letztere ist ggf. möglich durch die Entwicklung einer entsprechenden Faserbewehrung.

Eine weitere Variante stellt die Auslegung von Trockenestrich oder Platten dar. Der Arbeitsaufwand ist deutlich höher als bei der Estrichaufbringung. Vorteil ist die trockene Ausführung und der Kostenvorteil bei kleineren Flächen, wo das Bereitstellen des Estrich-Equipments nicht geboten ist. Zudem liegt ein großer Vorteil in dem geringeren Gewicht. Ziel muss allerdings eindeutig die Bereitstellung von einfachen kostengünstigen Platten sein, da die Trockenausführung bei Angeboten immer über den Kosten der Estrich-Variante liegt.

Kostenentwicklung: Wesentlicher Kostenfaktor ist auch in diesem Bereich die Arbeitszeit, deshalb müssen die arbeitsintensiven Schritte reduziert werden. Das ist am einfachsten bei der Estrichvariante möglich.

Tabelle 2.9 Kostenkalkulation für Dachbodendämmung in der Estrichvariante mit 30 cm Dicke

Dämm-Material (pro m ² und 1 cm Dicke 0,35 €), bei 30 cm Dicke	m ²	9,00 €
Diffusionsoffene Zwischenlage	m ²	0,40 €
Estrich 6 cm dick	m ²	3,00 €
Zwischensumme	m ²	12,40 €
Verschnitt	3%	0,37 €
Summe Material	m²	12,77 €
Lohn		
Dämmung verleben	m ²	2,00 €
Diffusionsoffene Zwischenlage verlegen	m ²	0,35 €
Estrich verlegen	m ²	3,00 €
Summe Lohn		5,35 €
Material- und Lohnkosten	m ²	18,12 €
Gemeinkostenzuschlag	25%	4,53 €
Wagnis- und Gewinnzuschlag	7%	1,27 €
Herstellungskosten pro m² ohne MWSt.		23,92 €



Bild 2.6
Dämmung der obersten
Geschossdecke mit
zweilagiger PS-Dämmung
unter dem Estrich

2.4.4 Transparente Bauteile

Transparente Flächen können durch den Glashauseffekt solare Gewinne erzielen. Die Sonnenstrahlung liegt im Spektralbereich von 0,3 - 2,5 μm Wellenlänge. In diesem Bereich weisen Fenstergläser einen hohen Transmissionsgrad (Gesamtenergiedurchlassgrad g) auf. Es gelangt die außen auf der Scheibe auftreffende Strahlungsmenge multipliziert mit dem g -Wert in das Gebäudeinnere. Dort wird die auftreffende Strahlung absorbiert und in Wärmestrahlung mit einer Wellenlänge über 4 μm umgewandelt, was oberhalb des Transmissionsbereichs von Glas liegt. Damit ist die Wärme im Raum gefangen.

Verglasung

Die Glastechnologie hat wesentlichen Einfluss auf die Architektur. Es ist zu bedenken, dass noch vor wenigen Jahrhunderten bei Profanbauten die Öffnungen mittels Klapppläden geschlossen wurden. Glas stellte lange Zeit einen hohen Luxus dar.

Glas konnte zunächst nur in kleinen Flächen hergestellt werden und musste z. B. mit Bleifassungen zu größeren Flächen addiert werden. Butzenscheibenarchitektur hatte ihren Ursprung in den darauf folgenden Entwicklungsstufen. Größere und klar durchsichtige Scheiben stellten weitere Entwicklungsstufen dar, die von den Fensterbauern ohne Weiterentwicklungen Mitte des letzten Jahrhundert genutzt wurden.

Die Entwicklung der Glasqualität hat für das energieeffiziente Bauen eine wesentliche Katalysatorfunktion ausgeübt: proportional zu den Quantensprüngen bei der Verglasungstechnik wurde eine entsprechend höhere Dämmung der opaken Hülle sinnvoll. In den 50er Jahren war Einfachverglasung mit $U_g=5,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Stand der Technik. Die schon vorher gefertigten Kasten- und Verbundfenster halbierten diesen Wert in etwa wie das Zweischeiben-Isolierglas, das sich in den sechziger

Jahren durchsetzte. Mitte der achtziger Jahre kam die Wärmeschutzverglasung auf den Markt: die Gasfüllung des Scheibenzwischenraumes erfolgte mit Argon. Zudem wurde eine selektive Beschichtung einer inneren Scheibenoberfläche mit Edelmetall- oder Halbleiter-Oxidschichten durchgeführt. Als Edelmetall wird meist das farbneutrale Silber verwendet mit Schichtdicken um 100 nm. Als Folge der WSWO 1995 wurde durch die erhöhte Produktionsmenge die Wärmeschutzverglasung kostenneutral zur Isolierverglasung angeboten. [SIA 1986]

In den folgenden Jahren folgte eine weitere Verbesserung der Verglasungen durch Hinzufügen einer dritten Glasschicht und Optimierung der Beschichtungen. Je dünner und homogener diese low-e-Schichten ausgeführt werden, desto höher die Solargewinne. Zusätzliche entspiegelnde Schichten können optimierend wirken oder der Einsatz von Dielektrika. Verbessernd aber auch verteuern wirkt der Einsatz von Krypton für den Gaszwischenraum. Xenon ist inzwischen für Standardausführungen nicht mehr bezahlbar. Weitere Entwicklungen gehen in Richtung von Vakuum-Füllungen.



Bild 2.7
Wärmeschutz-Dreifach-
Verglasung mit Edelstahl-
Randverbund

Einen Überblick über die wichtigsten Verglasungstypen gibt Tabelle 2.10. [Wagner 2000]

Tabelle 2.10 Thermische und optische Kennwerte von Verglasungen, U_g-Werte nach Bundesanzeiger

Verglasungsart ^a	Glasdicke und Scheiben-zwischenraum ^b	U _g -Wert	Gesamtenergie-durchlassgrad g-Wert	Licht-Transmissions-grad τ
	mm	W/(m ² K)		
Einfachglas	4	5,8	0,9-0,85	0,9-0,88
2 IV	4/12/4	3,0-2,8	0,8-0,76	0,82-0,80
3 IV	4/12/4/12/4	2,1-1,8	0,70-0,55	0,75
DV	4/20-100/4	2,8	0,76	0,82
DV (1*IV)	4/20-100/4/12/4	2,0	0,7	0,75
2 WSV, Luft	4/12- 15(16) /4	2,0- 1,5	0,7- 0,58	0,77 -0,70
2 WSV, Argon	4/12- 15(16) /4	1,8- 1,25	0,7- 0,64	0,79 -0,70
2 WSV, Krypton	4/ 12 -15(16)/4	1,4- 1,0	0,62- 0,49	0,77
3 WSV, Argon	4/15(16)/4/15(16)4	0,8- 0,7	0,53 -0,45	0,66
3 WSV, Argon	4/15(16)/4/15(16)4	0,8	0,60	0,75
3 WSV, Krypton	4/8- 12 /4/8- 12 /4	0,9- 0,6	0,48 -0,45	0,66
3 WSV, Krypton	4/12/4/12/4	0,7	0,60	0,75
Zum Vergleich:				
3 WSV, Xenon	4/8/4/8/4	0,5	0,42	0,64
2 Vakuum	4/1-4/4	0,47	0,73	0,80
3 Vakuum	4/1/4/1#4	0,15	?	?
2 Aerogel	4/20/4	0,7	?	0,69

^a IV=Isolierverglasung, DV=Doppelverglasung (bei Kasten- oder Verbundfenstern), WSV=Wärmeschutzverglasung

^b von außen nach innen;

fett markiert: optimierte Werte

Rahmensystem

Rahmenhersteller und Fensterbauer blieben hinter der Glasentwicklung zunächst zurück. Den hervorragenden U_g-Werten standen deutlich schlechtere Rahmenwerte von U_f = 1,4-2,2 W/(m²K) gegenüber. Die Fensterrahmen stellten im Gebäudegefüge eine deutliche Wärmebrücke dar. Erst seit Ende der 90er Jahre wurden wärmegeämmte

Rahmenprofile zunehmend marktverfügbar. Inzwischen gibt es eine hohe Auswahl verschiedener Profile, mit denen U_w-Werte ≤ 0,8 W/(m²K) bei U_g = 0,7 W/(m²K) erreicht werden können [PHI 2003 / EB 2.2001]:

- Holzprofile mit innenliegender Dämmung aus Purenit, Kork etc.
- PVC-Profile mit PUR-geschäumten Kammern
- Holz / Alu Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Dämmvorsatz
- Holzprofile als Kasten- oder Verbundfenster-Konstruktion (Standard-Vollholzprofile sind nicht sinnvoll, sie wären ca. 18 cm dick).

Diese Rahmen haben U_f-Werte von 0,6-0,78 W/(m²K). Wichtig ist ein ausreichender Glaseinstand in das Profil, um den Wärmebrücken-verlustkoeffizienten des Glasrandes (?) gering zu halten. Das Verbundmaterial des Glasrandes sollte gering wärmeleitend sein, also statt aus Aluminium aus Kunststoff, Butyl-Material o. ä.. Der ?-Wert sollte ≤ 0,035 W/(mK) betragen. Der Isothermen-Verlauf in einem Holzrahmen mit und ohne Kerndämmung wird in Bild 2.8 dargestellt.

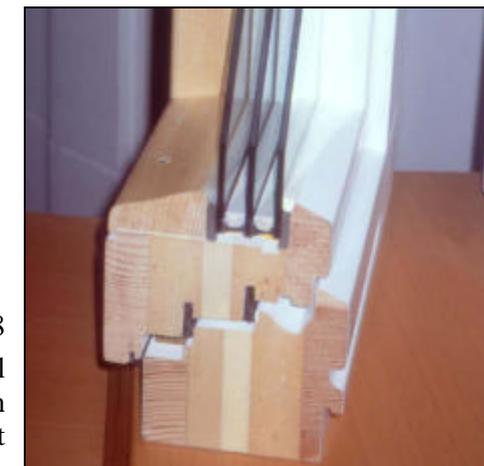


Bild 2.8
Gedämmtes Holzrahmenprofil
mit innenliegenden
Dämmschichten aus Purenit

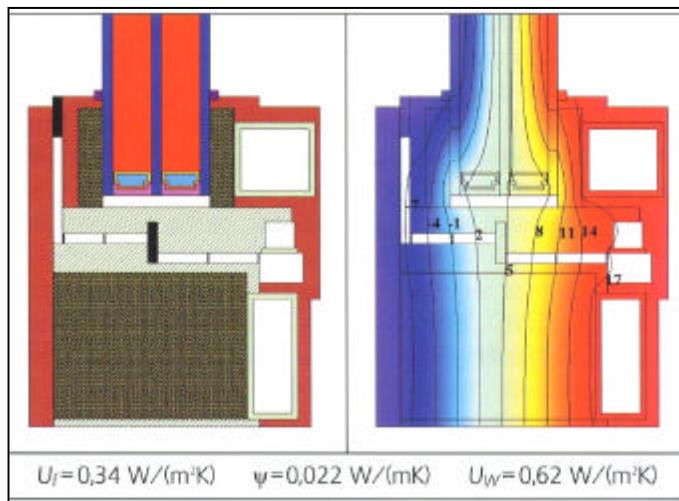


Bild 2.9
Optimierte
Fensterrahmen
mit
 $U_f = 0,34$
 $W/(m^2K)$

Eine weitere Verbesserung der Rahmenteknik ist absehbar. Eine Designstudie [Schnieders 2001] (Bild. 2.9) zeigt ein Rahmenprofil mit $U_f = 0,34 \text{ W}/(m^2K)$ und $\psi = 0,022 \text{ W}/(mK)$ und ermöglicht Fensterwerte von $U_w = 0,62 \text{ W}/(m^2K)$.

Die Mehrkosten der Rahmenprofile werden bei Serienfertigung entgegen der aktuell hohen Mehrpreise nur noch bei wenigen € pro Meter liegen.

Fenster

Fenster waren immer die energetische Schwachstelle eines jeden Gebäudes. Erst durch die Entwicklungen der letzten Jahre ist es durch optimierte Fenstertechnik möglich, dass unverschattete Fensterflächen in der Summe aus Transmissionsverlusten und Solargewinnen über die Heizsaison in der Bilanz Gewinne verbuchen.

Aus planerischer Hinsicht müssen Voraussetzung durch eine optimale Planung geschaffen werden. Es muss eine angemessener Fenstergröße gewählt werden, damit die Wärmegewinne weitestgehend genutzt

werden können und die Solarstrahlung nicht zu übermäßiger Überhitzung führt. Zudem ist Fensterfläche deutlich teurer als die Wandkonstruktion, sodass ein zu hoher Fensteranteil zu überhöhten Kosten führt.

Pfosten-Riegel-Konstruktionen sind der Fenstertechnik in einem Abstand von nur zwei Jahren in der Entwicklung gefolgt und sind in gleichen energetischen Qualitäten erhältlich.

Dachflächenfenster sind energetisch ungünstig konzipiert, weil sie nur sehr schmale Profilbreiten und schlechte Einbausituationen aufweisen. Der schlechte U-Wert wird obendrein dadurch kaschiert, dass als Bezugsfläche die Seitenhöhen des Fensters zusätzlich zur Draufsichtfläche einbezogen werden. Weiterentwicklungen sind allerdings in vollem Gange und Richtung Passivhaus-Standard unterwegs.

Tabelle 2.11 U_w in Abhängigkeit von Verglasung und Rahmen^a

	Füllung Gas/ Scheiben-Zwischenraum	Verglasung	Rahmen	Fenster
		U_g $W/(m^2K)$	U_f $W/(m^2K)$	U_w $W/(m^2K)$
Aluminium	Argon 1*16mm	1,2	2,0-2,2	1,7-1,8
PVC (3-Kammer)	Argon 1*16mm	1,2	1,7-1,8	1,5-1,6
PVC (5-Kammer)	Argon 1*16mm	1,2	1,2	1,4
Holz	Argon 1*16mm	1,2	1,4-1,5	1,4-1,6
Holz	Krypton 1*11mm	1,0	1,4-1,5	1,3-1,4
Holz	Argon 2*16mm	0,7	1,4-1,5	1,1-1,2
Rahmen 0,7	Argon 2*16mm	0,7	0,7	0,80
Rahmen 0,7	Krypton 2*11mm	0,6	0,7	0,76
Rahmen 0,6	Krypton 2*11mm	0,6	0,6	0,70

^a berechnet nach PHPP, Fenstermaß 1,23*1,48m

Glaswand-Systeme und Transparente Wärmedämmung

Wie in Kapitel 3.2.4 beschrieben, haben die Entwicklungen bei der Glas- und Fenstertechnik aufwendige Systeme wie Glasvorbauten, transparente bzw. transluzente Wärmedämmung und Trombé-Wände aus energetischer Sicht gegenstandslos gemacht.

Wintergärten waren sinnvoll, solange Verglasungen überproportional hohe Verluste aufwiesen bei U-Werten zwischen 2,6 und 5,6 W/(m²K). Die Gestehungskosten für eine eingesparte Kilowattstunde durch Wintergärten liegt bei solch einer Konstellation bei 0,40 € In Verbindung mit hochwertiger Verglasung zwischen Wintergarten und beheizten Räumen steigen die Kosten auf 1,00 €/kWh. Zudem werden fast alle Wintergärten geheizt, um das Problem des Kondensatniederschlags auf der Innenseite der Wintergartenverglasung in den Griff zu bekommen und den teuren Raum auch an Wintertagen kontinuierlich nutzen zu können. Für den Heizungsfall ist die Energiebilanz äußerst ungünstig.

Solarabsorption auf nichttransparenten ungedämmten Außenflächen bringt nur sehr geringe Energieerträge. Der dagegen stehende Wärmeverlust der ungedämmten Wand beträgt ein Mehrfaches.

Trombé-Wände verbessern die Solarabsorption. Sie bestehen aus einer Verglasung vor einer dunkel beschichteten Speicherwand. Sie können aber nur sinnvoll funktionieren, wenn sie mit temporärer Wärmedämmung versehen werden, weil sonst auch in diesem Fall die Transmissionswärmeverluste deutlich überwiegen.

Transparente Wärmedämmung (TWD) liegt von den U-Werten her zu ungünstig, um deutliche Vorteile gegenüber standardmäßiger Fenstertechnik zu bewirken. Für Sonderanwendungen wie zeitphasenversetzten Solarenergieeintrag oder bei ungünstigen Gebäudeausrichtungen kann der Einsatz sinnvoll sein. Der Kosten-

Nutzen-Effekt liegt im allgemeinen deutlich ungünstiger als bei Fenstersystemen.[Gertis 2000]

TWD mit Warmluftumwälzung kann ergänzende sinnvolle Effekte bringen und nähert sich von der Systematik Luftkollektoren an. Der Einsatz im Wohnungsbau ist kostenaufwendig und liegt ungünstig im Vergleich zu Lüftungsanlagen mit Abluftwärmerückgewinnung.

TWD mit Warmwasserumwälzung weist fließende Übergänge zu **Fassaden-Solarkollektoren** auf. Aus gestalterischen Gründen ist dies ein spannender Ansatz, der vor allem in Vorarlberg zu architektonischen Highlights geführt hat. Engagierte Bauherrn mit Sinn für Ästhetik und einem ausreichenden finanziellen Polster können hier gute Ansätze auch für weitere energetische Optimierungen finden. Von der Gestaltung bieten sich vollverglaste Südfassaden an, die allerdings zu 40-70 % aus TWD-Paneelen mit solarthermischer Bestückung bestehen. Ein interessanter Ansatz ist dabei die Verbindung mit Betonkerntemperierung, um sehr niedrige Temperaturen ab 22 °C für die Gebäudeheizung nutzbar zu machen.

Anforderungen an weitere Innovationen

Aus technischer Sicht ist die Entwicklung von Neubau- und Sanierungsprodukten im Fensterbereich sehr ähnlich. Die bisher vorrangig bei Neubauten eingesetzten Fenster mit Passivhaus-Kriterien sind ohne Probleme bei der Sanierung einsetzbar. Wichtig ist es allerdings, das bauphysikalische Umfeld noch genauer zu betrachten als bei Standardprodukten. Der Warneffekt von beschlagenden Scheiben ist bei U-Werten um 0,7 W/(m²K) nicht mehr gegeben, sodass auf jeden Fall ein Gesamtkonzept für die Sanierung gewählt werden muss, das tauwassergefährdete Bereiche und mithin Schimmelpilzbildung ausschließt.

Hinsichtlich der Montage sind Besonderheiten zu beachten und Techniken weiter zu entwickeln:

Durch den Anschluss an die Dämmebene zur Wärmebrückenreduktion und die Anforderung, Eigenverschattung aus Leibungen und Stürzen zu minimieren, muss die Montageebene möglichst weit außen gewählt werden.

Da der Rahmen möglichst weit in die Dämmung eingebettet werden muss, ergibt sich im allgemeinen eine Befestigung mit Montagewinkeln. Diese Winkel sollten integral mit dem Stockrahmen verbunden sein und in der Befestigungsebene Variationen erlauben, da Unebenheiten in der Fassade durch Justieren des Fensters ausgeglichen werden müssen. Zudem dürfen die Montagewinkel nicht aufragen, damit ein flächiges Verkleben des Wärmedämmverbundsystems ohne zeitaufwendiges Bearbeiten vor Ort möglich ist.

Für die Festlegung der Luftdichtheitsebene müssen Konstruktionsvarianten vorgesehen werden und integral in die Produktentwicklung aufgenommen werden. Grundsätzlich sollten Anschlussebenen zur Luftdichtung sowohl an den Innenputz als auch zum Außenputz (= Kleberebene des Wärmedämmverbundsystems) vorhanden sein.

Für die Anschlüsse des Innenfensterbretts und des Innenputzes sind neue Montagetechniken zu entwickeln. Dabei ist es hilfreich, die Ausgangssituationen verschiedener Bestands-Techniken als Grundlage zu wählen. Ziel muss es sein, ein Minimum an baulichem Aufwand für Abbruch der alten Fenster und Neumontage zu erhalten.

Das Werkzeug für die Demontage muss optimiert sein und mit effizienter Staubabsaugung versehen sein. Da alte Fenster oftmals mit Ankern unterhalb des Innenputzes verbunden sind bzw. der Innenputz am Fenster haftet und ausbricht, kann ein Trennschnitt zwischen

Stockrahmen und Innenputz sehr hilfreich sein. Der Einsatz eines Flex-Werkzeuges führt allerdings zu hoher Staubbelastung, ein staubfreies Trennwerkzeug an dieser Stelle wäre sehr hilfreich.

Alternativ könnte als Staubschutz für bewohnte Räume ein mobiles „Montagezelt“ eingeführt werden, dass mittels Spreizbefestigung zwischen Boden und Decke staubdicht vor dem Fenster aufgestellt wird. Das Herausbrechen von Brüstungen zur Fenstervergrößerung wäre ein weiterer Einsatz für diesen Staubschutz. Üblicherweise wird dazu von Handwerkern vor Ort ein Provisorium aus Folien gebastelt mit hohen Kosten um 50 €/pro Stück.

Nebenkosten durch angrenzende Gewerke (Einputzen der Fenster, Einputzen der Fensterbank, Malerarbeiten) müssen möglichst gering gehalten werden.

Kostenentwicklung

Die Kosten energetisch hochwertiger Fenster mit Passivhaus-Kriterien liegen derzeit etwa 50 bis 120 % über den Kosten von heutigen Standardfenstern mit Wärmeschutzverglasung. Kostenoptimierte Passivhausfenster liegen etwa bei 350 bis 400 €/pro m² Fensterfläche (vgl. Anlage 2.4 Spezifische Fensterkosten BV Jean-Paul-Platz 4, Nürnberg). Nach Angabe der Fensterindustrie und von Handwerkern sind dafür folgende Effekte ausschlaggebend:

- Passivhausfenster stellen derzeit noch ein Nischenprodukt dar mit geringem Marktanteil.
- Nur spezialisierte Handwerker bieten bisher diese Produkte an.
- Handwerker erhalten selbst bei relativ hohen Aufschlägen den Zuschlag – bei Standardprodukten dagegen liegen die Angebotspreise

dagegen oft unterhalb der Selbstkosten, um Aufträge am Markt zu erhalten.

- Die Entwicklungskosten der Profilverhersteller werden derzeit noch in starkem Umfang auf die Preise aufgeschlagen. Sobald die Erstentwicklung abgeschlossen ist, werden marktwirtschaftliche Gründe dazu führen, dass die Preise sinken werden.

Am wichtigsten ist jedoch, dass die Passivhaus-Fenster zu Mainstream-Produkten werden. Das ist allerdings nicht in dem derzeit gesamtwirtschaftlich schmalen Passivhaus-Neubaubereich möglich. Die Masse der Fenster wird bei der Sanierung umgesetzt. Deshalb muss in diesem Marktsegment die Passivhaus-Technologie durch gesicherte Anreize zügig umgesetzt werden. Die Mehrkosten für energetisch hochwertige Profile gegenüber heutigen Standardprodukten werden mittelfristig bei etwa 2 €/m liegen. Die resultierenden Mehrkosten für ein Fenster 1,00 x 1,20 m betragen dann auf Grund der Profilkosten weniger als 10 €

Das Gleiche gilt für die Verglasung: die Kostendifferenz zwischen Isolierverglasung und Wärmeschutzverglasung war 1995 bei Durchsetzung der Wärmeschutzverordnung schlagartig aufgehoben, als Wärmeschutzverglasung überall auf die Hauptfertigungsstränge kam. Analog dazu wird bei breitem Einsatz z. B. die Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Argonfüllung nicht mehr eine Kostendifferenz von 50 bis 70 €/m² zur Zweifachwärmeschutzverglasung mehr verursachen. Die Mehrkosten werden sich auf etwa 20 €/m² einpendeln.

Montageseitig induzierte Mehrkosten beschränken sich auf das höhere Gewicht, solange keine leichteren energieeffizienten Gläser auf den Markt kommen, z. B. mit Vakuumzwischenraum. Sonstige Faktoren werden sich mittelfristig neutralisieren.

Die klassische Trennung von Glas und Rahmen bei der Fenstertechnik wird sich in absehbarer Zeit als Hindernis für die weitere Optimierung des Rahmenverbunds herausstellen. Es ist vorstellbar, die Beschläge und Schließtechnik in den Stockrahmen zu integrieren und den Fensterflügel mit integralem Rahmen und Randverbund zu fertigen. Da dies allerdings eine Umstellung der handwerklichen Struktur auf industriell gefertigte Fenster erfordert, können solche Innovationen sehr lange dauern.

Als Entwicklung über die nächsten vier bis acht Jahre lässt sich voraussagen, dass sich die Mehrkosten für Passivhaus-Fenster auf etwa 20 % über heutigem Standard-Fenster-Niveau einstellen werden.

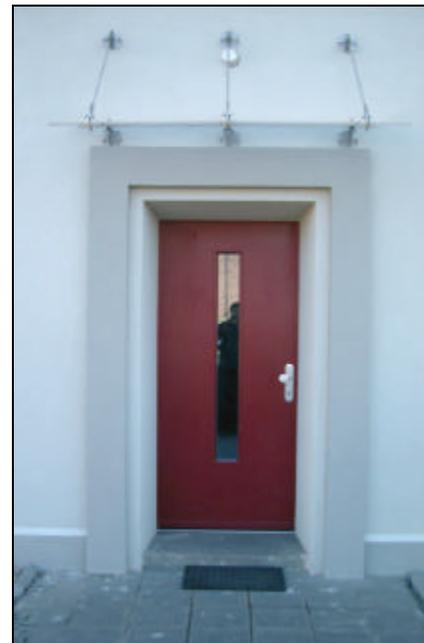


Bild 2.10 Haustür $k_w=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Bild 2.11 Fenster $k_w=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

2.5 Wärmebrücken: Besonderheiten bei der Sanierung

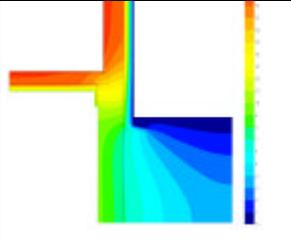
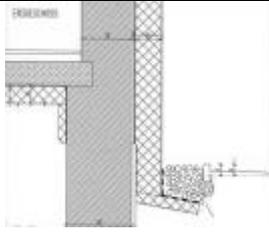
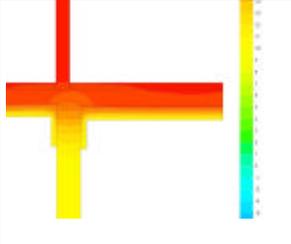
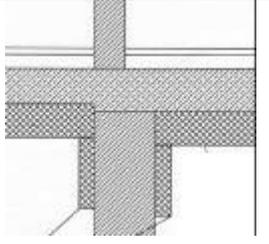
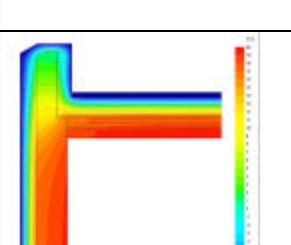
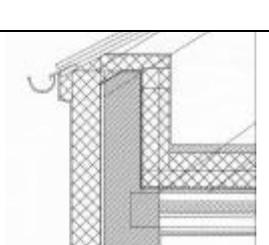
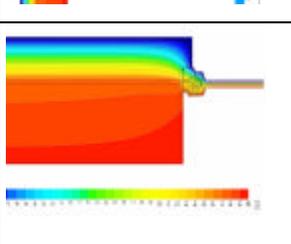
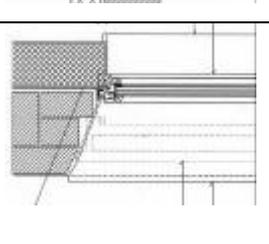
Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen gegenüber der Fläche erhöhte Transmissionswärmeverluste auftreten. Bei mäßiger Detailausbildung liegt ihr Verlustanteil bei 10 bis 20 % – in ungünstigen Fällen bei über 30 % der Transmissionsverluste in den Flächen. Die Auswirkungen hinsichtlich der niedrigen raumseitigen Oberflächentemperaturen und der sich daraus ergebenden Schimmelpilzproblematik sind gravierend und mindern Komfort und Gesundheitsqualität eines Gebäudes erheblich.

Wärmebrückenverluste werden nach EnEV pauschal mit einem Aufschlag zum U-Wert von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gerechnet, bei Einhaltung der vorgegebenen Standarddetails nach DIN 4108 (Beiblatt 2) mit $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Diese sind allerdings bei der Sanierung nur in neu ausgebildeten Bereichen ausführbar. Bei bestehenden Verbindungen nach unten (Detail: Sockel, Innenwandanschlüsse etc.) ist fast keine Möglichkeit zur Anwendung gegeben.

Es ist allerdings sinnvoll, die Details in möglichst optimierter Form zu verbessern und die Wärmebrücken in der Berechnung exakt zu bilanzieren. Der Aufwand zur exakten Berechnung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ_a) [EN ISO 10211-2] ist sehr hoch. Details aus Wärmebrückenkatalogen sind für die Sanierung bisher kaum vorhanden, für hohe Dämmdicken gibt es kaum eine Quelle.

Neben den energetischen Aspekten ist es vor allem aus bauphysikalischer Sicht extrem ratsam, alle Wärmebrücken des Gebäudes festzustellen. Grundsätzlich muss die Außenhülle ringsum die geplante Dämmdicke aufweisen. Bei jeder Unterbrechung muss eine präzise Detailausbildung und Ermittlung des Ψ_a -Wertes durchgeführt werden. In Tabelle 2.12 werden wesentliche Detailpunkte für ein Gebäude Bj. 1930 dargestellt [Feist 2003] mit den Details und

Tabelle 2.12 Wärmebrücken als Detail- und Isothermenlinien-Abbildung: Berechnungen am Beispiel Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg; Bilder und Berechnungen mit Angabe des Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ_a [PHI 2003]

		Sockelbereich Keller-Außenwand: die Dämmung wird aus Kostengründen nur 25 cm tief ins Erdreich eingebunden zzgl. horizontaler Frostschürze $\Psi_a = 0.134 \text{ W}/(\text{mK})$
		Kellerinnenwände zu aufgehendem Mauerwerk im EG: Dämmschürze (30 cm nach unten) an den Kellerwänden (25 cm dick): $\Psi_a = 0.30 \text{ W}/(\text{mK})$; KG-Wände 38 cm: $\Psi_a = 0.46 \text{ W}/(\text{mK})$
		Kniestock: vollständiges Umdämmen des Kniestocks mit einer Dicke von i. M. 20 cm; günstiger resultierender Wert: $\Psi_a = 0.056 \text{ W}/(\text{mK})$
		Fenster: Wärmebrücke vergleichbar einer Neubau-Situation $\Psi_a = 0.017 \text{ W}/(\text{mK})$ beim seitlichen Anschluss; unten zum Fensterblech $\Psi_a = 0.030 \text{ W}/(\text{mK})$

den Isothermen-Darstellungen und den Wärmebrückenverlustkoeffizienten und einigen Anmerkungen zur Konstruktion. Da die Flächen mit Außenmaßbezug gerechnet werden, können bei optimierten Detailausbildungen im Neubaubereich negative ψ -Werte resultieren, sodass in der Gesamtbilanz ggf. ein Bonus in der Heizwärmebedarfsberechnung eingesetzt werden kann. Dies ist bei Sanierungen nur im Bereich von Gebäudeecken, bei Neukonstruktionen im Dachbereich o. ä. möglich.

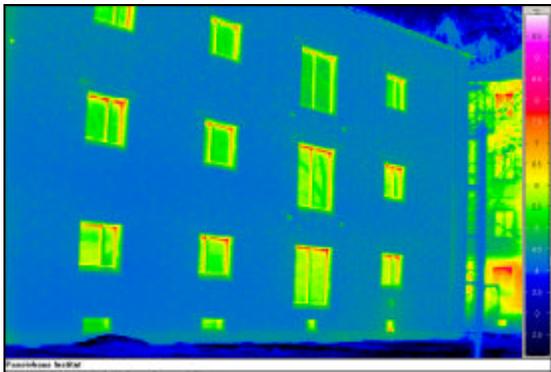


Bild 2.12
Thermografie der Südfassade Jean-Paul-Platz 4 kurz vor Fertigstellung und Balkonmontage; rechts erkennbar ein baugleiches Bestandsgebäude (Quelle PHI Darmstadt)

Zusätzlich zu den Rechenwerten in der Tabelle ein paar Anmerkungen aus der Baupraxis:

Innenwände im untersten beheizten Geschoss bilden im allgemeinen den größten Wärmebrückeneffekt. Insbesondere bei Anschlüssen mit Backsteinmauerwerk und Beton im Grund-Anschlussbereich sind deutliche Wärmebrücken zu verzeichnen. Eine nachträgliche Verbesserung lässt sich grundsätzlich auf drei Wegen erreichen:

- Verlängern der wärmeübertragenden Strecke: flankierende Dämmung an oberen Seiten von Kellerwänden, an einbindenden Wänden bei Innendämmung, bei Sockelaußendämmung von Kellern.

Alternativ dazu kann der Weg auch auf kostengünstigere Weise verlängert werden, wie in obiger Tabelle dargestellt, indem keine Aufgrabung durchgeführt wird, sondern eher oberflächennah eine horizontale Dämmung erfolgt. Deren Geometrie muss mit einem Wärmebrückenprogramm optimiert werden.

- Überprüfen der Tragfähigkeit von Innenwänden im Erdgeschoss: theoretisch können diese entfernt werden und durch energetisch optimierte Lösungen ersetzt werden. Die Lösung bietet sich allerdings nur für Bereiche an, die ohnehin grundrissmäßig geändert werden müssen, sonst sind die Kosten eher nicht zu vertreten.
- Ersatz von gut leitendem Material durch wärmedämmende Materialien: dieser Lösungsansatz kann zu besseren Ergebnissen führen – ist allerdings im Normalfall nicht bezahlbar.

Fenster wurden hinsichtlich ihrer Wärmebrücken schon im obigen Kapitel berücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass die Rahmen möglichst weit durch Wärmedämmung überdeckt werden sollten. Dies ist bei der Sanierung grundsätzlich möglich, indem das neue Fenster nach außen gerückt wird, im Idealfall sitzt die Innenkante des Fensters an der Außenkante des Mauerwerks, damit der Rahmen möglichst weit vom Dämmstoff umfasst werden kann. Dabei dürfen nicht nur die seitlichen Anschlüsse betrachtet werden – auch die untere Detailausbildung am Fensterbrett muss wärmebrückenoptimiert ausgeführt werden. Allerdings ist auch zu betrachten, wie sich die äußere und innere Gestaltung darstellt.

Rolladenkästen bilden eine klassische Wärmebrücke, die in der Detailplanung mit den Fenstern gelöst werden muss. Grundsätzlich sollte eine Dämmung von etwa 10 cm zwischen (aufgedoppeltem) Fensterrahmen und Rolladenkasten angestrebt werden, um in der Gesamtbetrachtung keine Wärmeverluste zu erhalten. Die Gewinne

durch den temporären Wärmeschutz werden sonst durch die Wärmebrückenverluste aufgezehrt. Im Sanierungsfall heißt das fast immer, dass bestehende Rollläden entfernt werden müssen.

Punktförmige Wärmebrücken ergeben sich vor allem für Befestigungen von Geländern, selbsttragenden Balkons, Treppen, Markisen, Briefkästen, Lampen etc. Der Phantasie für die Detailausbildung sind keine Grenzen gesetzt. Grundsätzlich sollte die wirksame wärmeübertragende Fläche möglichst gering sein. D. h. möglichst hohe Festigkeit der Befestigungsmittel bei möglichst geringem Querschnitt. Am günstigsten liegen dabei Edelstahl-Befestigungen (Tab. 2.13). Ergänzend zu den Werten der Tabelle: ein normales fünfadriges Kupferkabel weist etwa einen λ_R -Wert von 0,01 W/K auf, d. h. gut 10 Kabeldurchführungen entsprechen bei optimaler Verlegung dem Wärmeverlust von einem Quadratmeter Wandfläche eines Passivhauses.

Plattenförmige oder flächige Befestigungen können durch das Unterlegen mit einem hochdruckfesten Dämmstoff oder ggf. Hartgummi in ihrer Wärmebrückenwirkung reduziert werden.

Tab. 2.13 Punktförmiger Wärmebrückenverlustkoeffizient einer Durchdringung mit 30 cm Länge (z. B. Befestigung/Durchführung durch ein Wärmedämmverbundsystem mit 30 cm Dicke)

Durchmesser der Durchdringung	Edelstahl λ_R 15-30 W/mK	Stahl λ_R 60 W/mK	Aluminium λ_R 200 W/mK	Kupfer λ_R 380 W/mK
1 cm	0,004–0,008 W/K	0,016 W/K	0,05 W/K	0,1 W/K
4 cm	0,06 – 0,13 W/K	0,25 W/K	0,84 W/K	1,6 W/K

Leitungsdurchdringungen erfolgen am sinnvollsten von unten, weil die Transmissionswärmeverluste dort am niedrigsten liegen. Eine gedämmte Ausführung der Durchführungen kann in vielen Fällen in einfacher Form erstellt werden, solange keine druckdichte Feuchteabdichtung erforderlich ist. Darüber hinaus gilt es, die Anzahl

der Durchdringungen zu minimieren. Bei Leitungen, die über das Dach geführt werden, überwiegen die Probleme von Luftabdichtung und Konvektion innerhalb der Leitung gegenüber den Wärmebrückenverlusten. Deshalb sollte auf jede überflüssige Dachdurchführung verzichtet werden. Ein besonderes Beispiel, das auf jeder Infrarotaufnahme von Gebäuden sofort ins Auge sticht, ist die Entlüftung der Entwässerungsleitung über Dach. Als Alternativlösung können Innenraum-Entlüfter eingebaut werden.

Zur Qualitätskontrolle von Wärmebrückenlösungen eignet sich vor allem die **Infrarot-Thermografie**, durch die Temperaturunterschiede sichtbar gemacht werden können. Am Beispiel Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg werden einige Beispiele in der Gegenüberstellung zwischen IR-Thermografie und Foto dargestellt [Feist/Schulze Darup 2003]. Für die Auswertung ist große Erfahrung erforderlich, da zahlreiche Faktoren das Ergebnis der Thermografie beeinflussen können. Ideal sind Außentemperaturen um den Gefrierpunkt am frühen Morgen vor Sonnenaufgang, um möglichst wenig Störeinflüsse bei den Aufnahmen zu erhalten.

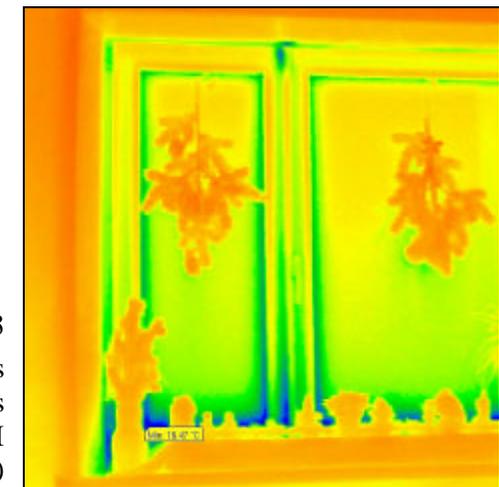


Bild 2.13
Infrarotthermografie eines passivhaus-geeigneten Fensters von innen (Quelle: PHI Darmstadt)

2.6 Luftdichtheit

„Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abgedichtet ist.“ [EnEV 2002] Eine luft- und winddichte Ausführung bewirkt für den Nutzer zahlreiche Vorteile:

Vermeidung von baukonstruktiven Schäden

Werden undichte Bauteile von innen nach außen mit Luft durchströmt, kondensiert auf Grund der Abkühlung in der Konstruktion der Wasserdampf und fällt im Bauteil in Tröpfchenform an mit der Folge von Bauschäden.

Funktion der Wärmedämmung

Wenn zwar die innere luftdichtende Schicht funktionsfähig ist, jedoch auf der Außenseite der Dämmung kein winddichter Schutz vorhanden ist, kann die Wärmedämmung von Kaltluft durchströmt werden. In diesem Fall wird die Wärmedämmfähigkeit der Konstruktion in der Praxis deutlich herabgesetzt.

Luftschallschutz

Jede Leckage verschlechtert den Luftschallschutz. Gute Luftdichtheit ist daher Bestandteil des Schallschutzkonzepts.

Höhere Luftqualität

Unkontrollierter Eintritt von Luft in Aufenthaltsräume kann zu erhöhter Schadstoffkonzentration führen. So kann Luft, die durch eine Konstruktion strömt, die Raumluf mit faserigen Dämmstoffen belasten. Wird Luft durch den thermischen Auftrieb aus dem Keller in die darüber liegenden Wohnbereiche geführt, können Belastungen durch Mikroorganismen, Schadstoffen aus im Keller gelagerten Materialien (Heimwerkerutensilien, Heizöl) und ggf. erhöhte Konzentrationen von Radon auftreten.

Optimierte Lüftung

Bei Undichtheiten erfolgt der Luftaustausch durch Winddruck oder Thermik. Beide Antriebsmotoren sind sehr stark von der Wettersituation abhängig und führen genau dann zu überhöhten Luftwechselraten, wenn sie nicht erwünscht sind: bei starkem Wind und in sehr kalten Witterungsperioden. Während der üblichen austauscharmen Witterung ist eine sehr geringe Luftwechselrate kein Privileg von luftdichten Räumen, wie sie bisher vor allem in Energiesparhäusern ausgeführt wurden. Vielmehr weisen fast alle Bestandsgebäude unabhängig von ihrer Dämmung und dem energetischen Standard in diesen Situationen nur eine Luftwechselrate von etwa $0,1 \text{ h}^{-1}$ auf. Ein Lüftungskonzept über Undichtheiten ist also bei weitem nicht ausreichend.

Luftdichtheit ist Voraussetzung für den sinnvollen Betrieb von Lüftungsanlagen: unter weitgehender Ausschaltung externer Einflüsse kann die Luftwechselrate für die einzelnen Räume gezielt eingestellt werden. Bei Wärmerückgewinnungsanlagen sollte der vollständige Luftwechsel über den Wärmetauscher des Gerätes laufen. Eine Leckage-Luftwechselrate von $0,1 \text{ h}^{-1}$ entspricht Lüftungswärmeverlusten in Höhe von etwa 5 bis 7 kWh/(m²a).

Thermischer Komfort

Durch Undichtheiten einströmende Kaltluft führt zu Zugerscheinungen, Kaltluftseen mit der Folge von Fußkälte und zu einer unangenehmen vertikalen Temperaturschichtung in den einzelnen Räumen sowie dem gesamten Gebäude.

Verringerter Heizenergieverbrauch

Aus den beschriebenen Gründen führt die Dichtheit eines Gebäudes zu einer deutlichen Energie- und Kosteneinsparung.

2.6.1 Anforderungen

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) fordert in § 5 Luftdichtheit und präzisiert die Anforderungen in Anlage 4: bei einer Druckdifferenz zwischen Innen und Außen von 50 Pascal (Blower-Door-Test: n_{50} -Wert) darf der gemessene Volumenstrom 3 h^{-1} nicht überschreiten – bezogen auf das beheizte Luftvolumen. Bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen gilt der Wert von $1,5 \text{ h}^{-1}$. Bei Passivhäusern gelten erhöhte Anforderungen an die Luftdichtheit: der n_{50} -Wert beträgt $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Über die vorhandene Luftdichtheit bei Bestandsgebäuden gibt es bisher wenig Untersuchungen. Gründerzeitgebäude werden in ihrem Schwerpunkt bei n_{50} -Werten zwischen 4 und 10 h^{-1} liegen, ähnliche Werte gelten für Gebäude mit Holzbalkendecken bis in die 50 er Jahre [AnBUS 2003, Feist 2003, PH-Tagung Sanierung Hannover 2003]. Bessere Werte sind zu erwarten bei Massivdecken. Abhängig ist dies davon, inwieweit Durchdringungen gegeben sind und die Decken voll betoniert sind.

Bei der Sanierungsplanung eines Gebäudes muss frühzeitig das Dichtheitskonzept erarbeitet werden. Stichpunktartig einige wichtige Aspekte dazu:

- Möglichst einfache Form der wärmeübertragenden Gebäudehülle mit möglichst wenig Materialwechseln festlegen, ggf. bereits bei der Entwurfsplanung der Sanierung derartige Verbesserungen überprüfen; grundlegende Verbesserungen werden diesbezüglich bei der Sanierung im allgemeinen nicht gegeben sein.
- Lage der wind- und luftdichten Ebene festlegen, klare Abtrennung zu unbeheizten Bereichen (z. B. Keller und Dachboden; Zuordnung des Treppenhauses festlegen)

- Bei Mauerwerk überprüfen, inwieweit der Bestand dicht ist. Bei Gebäuden mit Holzbalkendecken ist eine Unterbrechung der luftdichtenden Innenputzschicht regelmäßig im Bereich der Deckenbalkenanschlüsse im gesamten Deckenbereich gegeben. Ggf. die Luftdichtheitsschicht in den Klebebereich des WDVS verlegen.
- Länge der Anschlüsse minimieren, möglichst homogene Flächen wählen
- Einfache Sanierungsdetails wählen, Durchdringungen vermeiden
- Haustechnik-Durchführungen minimieren; ggf. Installationsebene einplanen
- Flächen- und fugendichtende Materialien und Montagetechnik festlegen
- Präzise Detailplanung und Abstimmung mit den Handwerkern.

2.6.2 Bauteile und Anschlüsse

Eine Luftdichtheitsschicht dient dazu, die Strömung durch Bauteile zu verhindern. Diese Funktion kann in Abhängigkeit von der Konstruktion von verschiedenen Materialien übernommen werden. Sie müssen dauerhaft auch bei Bewegungen und Setzungen wirksam sein.

Außenwand

Mauerwerk und Betonbauteile

Betonbauteile gelten als luftdicht. Bei Montagedecken mit Hourdis ist zu überprüfen, inwieweit oberhalb oder unterhalb eine durchgehende Beton- bzw. Putzschicht gegeben ist. In den Hohlkammern der Einhängsteine ist Luftaustausch über große Teile der Decke möglich. Selbstverständlich sind zudem Durchbrüche auf ihre Dichtigkeit zu überprüfen.

Mauerwerk benötigt zur Abdichtung im allgemeinen eine durchgehende Innenputzschicht. Besondere Beachtung erfordern beim Mauerwerk alle Stellen, an denen auf Grund der Konstruktion oder des Bauablaufs keine vollständige Putzschicht vorhanden ist oder diese über die Jahre beschädigt worden ist. Das sind Wandanschlüsse, Vorwandinstallationen, Fugen, Durchbrüche und Öffnungen, seitliche Treppenanschlüsse, Flächen hinter Kaminen und die unteren Putzanschlüsse, die sauber bis auf den Boden gezogen werden müssen. Bei Gebäuden mit Holzbalkendecken kommt der vollständige Fehlbodenbereich hinzu. Da der Putz erst nach Erstellen der Decken aufgebracht wurde, ist im Auflagerbereich auch zwischen den Deckenbalken kein Innenputz vorhanden. Bei Gebäuden aus den fünfziger Jahren ist bisweilen der Bereich des Bodenaufbaus (z. B. im Bereich einer Holzschalung inkl. Unterkonstruktion) unverputzt. Selbst bei vollfugig vermauertem Backsteinmauerwerk ist davon auszugehen, dass hierdurch Undichtigkeiten gegeben sind. Verschärfend kommt hinzu, dass bei Konvektion in diesem Bereich Tauwasserausfall gerade im schwächsten Bereich an den Balkenköpfen entsteht mit der Folge von Schäden an diesen sensiblen Stellen.

Gründerzeitmauerwerk wurde vor mehr als 100 Jahren von Pettenkofer auf seine Luftdichtigkeit untersucht. Bei seinen Versuchen mittels eines innen und außen aufgetragenen Kegels durch die Wand hindurch eine Kerze auszublasen war er erfolgreich. Insofern ist davon auszugehen, dass der seinerzeit aufgetragene Innenputz nicht restlos luftdicht war und es heute nach einem weiteren Jahrhundert erst recht nicht ist. Ein Lösungsansatz ist es, bei solchen Gebäuden über eine Luftdichtungsebene auf der Außenseite der Wand nachzudenken, was in Verbindung mit der Kleberschicht bei Ausführung eines WDVS möglich ist.



Bild 2.14 Luftdichtende Ebene im Kleberbereich des WDVS bei der Sanierung



Bild 2.15 Luftdichtende Ebene bei Mauerwerk: in der Regel der Innenputz

Holzbau und Leichtbaukonstruktionen

Als Materialien für die Luftdichtheit können Kunststofffolien oder geeignete Baupappen verwendet werden, weiterhin Plattenmaterialien wie Holzwerkstoffe, Gipsfaser- und Gipskartonplatten sowie Faserzementplatten.

In der Fläche müssen Anschlüsse zwischen den Luftdichtungs-Materialien erstellt werden. Grundsätzlich sollten großflächige Bahnen oder Platten verwendet werden, um Anschlusslängen zu minimieren. Installationsebenen (s. u. Haustechnik) vereinfachen den Baustellenablauf und bieten Auflager- und Anschlussmöglichkeiten für Decken und Innenwände, führen auf der anderen Seite jedoch zu erhöhten Kosten.

Auflager oder Anschlusskanten, die später nicht mehr erreicht werden, können durch vorheriges Einlegen und Anpressen von Anschlussbahnen abgedichtet werden.

Auf der Außenseite der Konstruktion muss eine winddichte Schicht angebracht sein, die ein Durchströmen der Dämmschicht verhindert.

Fachwerkkonstruktionen sind im allgemeinen nur durch eine vollständige neue Luftdichtungsebene dichtungstechnisch zu sanieren. Wichtig ist dort neben der Betrachtung von Diffusion und Konvektion die kapillare Leitung aus Schadensbereichen und vor allem aus schlagregengefährdeten Außenkonstruktionen.

Der sichere Ausschluss von Schlagregeneintrag ist essentiell für das Funktionieren von innengedämmten Fachwerkwänden. Zudem sollten bei solch sensiblen Konstruktionen auf jeden Fall Zusatzmaßnahmen wie mechanische Lüftung zur nachhaltigen Absenkung der Raumluftfeuchte und ggf. sinnvoll zugeführte Heizleistung im Bereich der Außenwände zur Anhebung des dortigen Temperaturniveaus gewählt werden.



Bild 2.16 Anschluss von drei unterschiedlichen Ebenen im Holzbau



Bild 2.17 Kunst am Bau mittels Klebe-Improvisation

Dach

Für Dachkonstruktionen gelten im Sanierungs- und Neubaufall ähnliche Grundvoraussetzungen, da abgesehen vom eigentlichen Tragwerk die Konstruktionen weitestgehend identisch sind. In zimmermanns- oder ingenieurmäßiger Ausführung gelten die gleichen Grundüberlegungen wie bei den Leichtbauwänden. Bereits bei der Planung ist es sinnvoll, die Anzahl der Durchdringungen zu minimieren. Erhöhte Konstruktionshöhen der Sparren können helfen, Zwischenaufleger zu vermeiden, und sind ohnehin für hohe Dämmdicken erforderlich. Sie können gleichzeitig als Ausgleich unebener Tragkonstruktionen des Bestandes genutzt werden, falls dies gewünscht ist. Durchdringungen und Anschlüsse, z. B. bei Gauben, Erkern und Versprünge sind aufwendig in der Detailplanung und Ausführung. Zangenverbindungen sind nur mit sehr hohem Aufwand abzudichten.

In der Fläche muss bei Foliensystemen darauf geachtet werden, dass die Lattung press auf der Folie aufliegt, um etwaige Verletzungen der Folie durch Schrauben mittels der Pressung abzudichten. Die Ausgleichslattung wird z. T. auf Abstand montiert und sollte erst in der nächsten Ebene liegen. Bei der abschließenden Montage der Verkleidung ist die Verwendung von ausreichend kurzen Schrauben zu beachten, damit die dichtende Folie nicht verletzt wird.

Massiv ausgeführte Dächer oder oberste Deckenabschlüsse aus Beton oder Porenbeton sind luftdicht, soweit Anschlussfugen dicht ausgeführt werden. Ziegelelemente müssen innenseitig verputzt werden.

Bodenplatte und Kellerdecke

Kellerdecken aus Beton sind luftdicht. Allerdings sind Deckendurchbrüche besonders zu beachten und vor Verkleidung der Installationen dicht zu schließen. Wesentlich ist die luftdichte Ausführung eines evt. vorhandenen Kellerzugangs. Durch die Thermik steht dort eine hohe Druckdifferenz an.

Bei Holzbalkendecken muss auf eine gesonderte Ausführung der luftdichtenden Ebene geachtet werden.

Für Bodenplatten gilt sinngemäß das Gleiche.

Anschlüsse

Die Verbindung von Massivbau- und Leichtbauflächen untereinander kann u. a. mit folgenden Anschlüssen durchgeführt werden:

Folie-Folie: in der Praxis überwiegen Klebeanschlüsse. Dabei ist auf eine Zulassung des Materials und ihre dauerhafte Klebefestigkeit zu achten. Sinnvoll sind in jedem Fall Anpresslatten in Verbindung mit dauerelastischem Unterlagmaterial. In der DIN 4108-7 werden zu diesem Zweck vorkomprimierte Dichtbänder genannt, die sich in der Praxis allerdings nur bei sehr geringen Unebenheiten der Anschlussflächen bewähren. Unebenheiten bis zu 10 mm sind besser durch dauerelastische Massen (Bänder oder Kartuschenware), z. B. auf Kautschuk-Basis auszugleichen. Die Überlegungen gelten sowohl für Bahnen-Anschlüsse in der Fläche als auch für Eckverbindungen. Langzeiterfahrungen sind für Klebetechniken allerdings nur bedingt vorhanden und beruhen auf Schnellalterung in Klimakammern. Effekte wie Massenänderung durch Schrumpfung von Materialien sind ebenfalls zu beachten.

Massivbauteil-Folie: einerseits kann der Anschluss zum Mauerwerk oder Betonbauteil aus der oben beschriebenen Anpresslatte mit untergelegtem dauerelastischem Dichtungsmaterial bestehen. Eine äußerst sinnvolle und einfache Alternative besteht im Einputzen von gut 5 cm Folie, die vor dem Putzen durch einen Streckmetallstreifen am Rand der Putzfläche gesichert worden ist.

Anschluss von Platten: die luftdichte Verbindung von Platten kann in Abhängigkeit vom Material in verschiedenen Formen ausgeführt werden. Klebeanschlüsse bzw. Klebe- oder Folienanschlüsse mit Anpresslatten überwiegen bei Holzwerkstoffen. Verspachtelung der Stöße mit Einlegen von Bewehrungsstreifen oder Stoßverklebung werden bei Gipsplatten angewandt.

Bei allen Anschlüssen ist darauf zu achten, dass Bewegungen und Setzungen ausgeglichen werden können und nicht zum Reißen der Materialien führen.

Punktförmige Anschlüsse und Durchdringungen

Die gerade beschriebenen zweidimensionalen Anschlüsse müssen bei der Detailausbildung auch auf ihre Eckanschlüsse hin überprüft werden. In diesem dreidimensionalen Anschlusspunkt können überraschende Aspekte auf den Handwerker zukommen. Gleiches gilt für Durchdringungen. Diese sind mit Manschetten- oder Flanschanschlüssen abzudichten, die von Systemanbietern vorgefertigt angeboten werden oder auf der Baustelle von Hand erstellt werden können.

Fenster

Der Fenstereinbau nach RAL beinhaltet den luftdichten Einbau. Die DIN 4108-7 weist drei grundsätzliche Dichtungsmethoden aus: dauerelastisches Fugenmaterial, Dichtleiste mit eingelegetem Kompriband zum Putz auf der Innen- und Außenseite und die Verklebung. Die letztgenannte Variante wird in der Praxis vorwiegend angewandt. Dabei kommen Klebebänder z. B. auf Butyl-Kautschuk-Basis zum Einsatz.

Neben der Einbau-Abdichtung muss bei Fenstern auf die Funktionsfähigkeit der Gummilippendichtung zwischen Stockrahmen und Fensterflügel geachtet werden. Besonders anfällig sind Haustüren an den oberen und unteren Anschlagseiten, da die Beschläge die Tür nicht umlaufend in die Dichtung drücken wie bei Fenstern. Dichtheit ist im allgemeinen nur durch Abschließen der Haustür zu erreichen.

Dachflächenfenster müssen besonders präzise eingebaut werden, um Luftdichtheit zu erzielen.



Bild 2.18 Luftdichte Verklebung des Fensters in der Kleberebene des Wärmdämmverbundsystems



Bild 2.19 Zusätzliches Einputzen des Abdichtungsbandes

Haustechnik

Sanitär-, Lüftungs- und Heizungsinstallation: besonders zu beachten sind alle Durchdringungen der thermischen Gebäudehülle. Das gilt sowohl für die Bodenplatte bzw. die Kellerdecke, in der zahlreiche installationsbedingte Durchbrüche verlaufen als auch für Außenwände und Wohnungstrennwände wie für das Dach. Die Reduzierung der Anzahl von Durchführungen ist hilfreich. Eine fachgerechte Abdichtung mit Manschette oder Flansch muss ausgeführt werden. Zeitliche Koordination und klare Zuständigkeit der Handwerker sind erforderlich – die nachträgliche Durchdringung einer fertigen Dachkonstruktion mit einer Dachentlüftung ist für Sanitärinstallateure eine unangenehme Herausforderung.

Die Flächen hinter Vorwandinstallationen müssen vor der Montage auf Dichtheit überprüft werden, weil sie nachträglich nicht mehr zugänglich sind.

Bei Heizungen ist besonders die Abgasführung rechtzeitig zu planen. Kamine sind ein großes Problem hinsichtlich der Luftdichtheit, insbesondere wenn sie hinterlüftet sind. Die größte Herausforderung bereitet sich der Planer mit einer Festbrennstoff-Heizung: nicht nur die Abgasführung ist luftdicht auszuführen, auch die Verbrennungsluftzuführung muss raumluftunabhängig und luftdicht ausgeführt sein, ebenso die Brennkammer selbst. Zusätzlich zur Luftdichtheit sind Anforderungen des Kaminkehrers zu erfüllen, insbesondere die Abstimmung mit möglichen Unterdrucksituationen durch die Lüftungsanlage. Ofen und Abgassystem müssen für den maximal auftretenden Luftdruckunterschied zugelassen sein. In Praxismessungen hat sich allerdings gezeigt, dass diese Problematik wahrscheinlich nicht besonders relevant ist [Pohl 2003].

Elektro: Die Elektroinstallation bietet besonders viel Potenzial für Luftundichtigkeiten. Einige Punkte, die beachtet werden sollten:

- Abdichtung von Leerrohren, welche die Luftdichtheitsebene durchstoßen
- Verteilerschrank innerhalb der thermischen Hülle unterbringen
- Holzbau: Installationsebene für E-Installation schaffen als zusätzliche innenliegende Wandschale, zwischen Folie und Beplankung oder in einem Kabelkanal im Fußbodenaufbau
- Massivbau: Montagedosen durchstoßen die luftdichtende Putzschicht – dichte Dosen verwenden und satt in Gips luftdicht einsetzen.
- Präzise frühzeitige Einweisung der Monteure.

2.6.3 Qualitätskontrolle und Messmethoden



Bild 2.20
Einrichtung für einen Blower-Door-Test

Ein Verfahren zum Nachweis der Dichtheit eines Gebäudes nach DIN EN 13829 ist der Blower-Door-Test. Dazu wird ein Ventilator in der Haustür luftdicht eingebaut und eine Druckdifferenz erzeugt, die in Stufen auf 50 Pascal hochgefahren wird. Das entspricht einem Druck

von 5 mm Wassersäule oder dem Staudruck auf eine Fläche bei einer Windgeschwindigkeit von 9 m/s (32 km/h).

Die gemessenen Werte werden aufgelistet und in ein Koordinatensystem (Volumenstrom / Druckdifferenz) abgetragen. Der Schnittpunkt bei 50 Pascal sowohl für die Unterdruck- als auch die Überdruckmessung wird abgelesen. Gewöhnlich liegen die beiden Werte eng beieinander, sofern kein Klappenventil-Effekt einer Leckage vorliegt oder die Windeinflüsse zu hoch sind. Der Mittelwert ist der gemessene n_{50} -Wert, der den Luftwechsel bei der Druckdifferenz von 50 Pascal angibt. Abbildung 2.5 zeigt eine symptomatische Kurve.

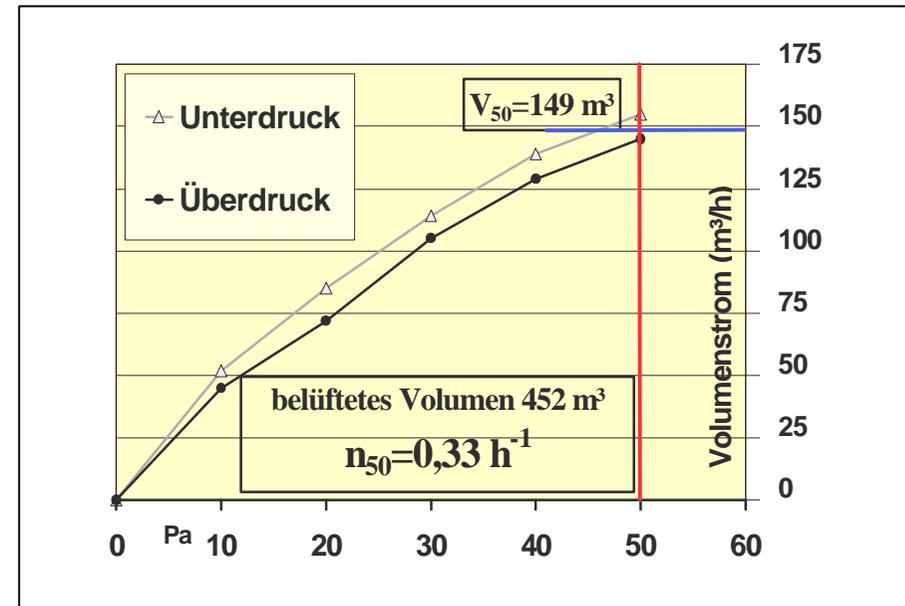


Abb. 2.5 Ergebnis einer Blower-Door-Messung mit Aufzeichnung der Messpunkte mit Unterdruck und Überdruck von 10 bis 50 Pascal

Der Test muss ausgeführt werden, sobald alle luftdichtenden Bauteile eingebaut sind, jedoch bevor die darüber liegenden Verkleidungen ausgeführt werden, üblicherweise nach Fenstereinbau, Ausführung der Dampfbremse und des Innenputzes. Es ist empfehlenswert, die betroffenen Handwerker zur Messung einzuladen. Die Erfahrung zeigt, dass sie beim Feststellen von Leckagen gerne bereit sind, sofort nachzuarbeiten - die Abdichtungsmaterialien sollten sinnvoller Weise auf der Baustelle sein!

Die Leckagen können durch ein Anemometer geortet werden, mit dem die Luftgeschwindigkeit einströmender Luft an schadensträchtigen Stellen bei Unterdruck gemessen wird. Alternativ kann ein Rauchgenerator in Form eines kleinen Röhrchens genommen werden, mit dem Luftbewegungen sichtbar werden. Bei schwer zugänglichen Leckagen kann auch ein Nebelgenerator gewählt werden: in Verbindung mit Überdruck wird der Nebel an der Außenhülle an den Austrittsorten sichtbar. Diese Methode ist bei Bestandsgebäuden das Mittel der Wahl, wenn Leckagen nicht zuzuordnen sind.

Sollen die Leckagestellen dauerhaft visualisiert werden, ist Infrarot-Thermografie ein teures aber wirkungsvolles Medium. Bei Unterdruck wird Außenluft angesaugt und thermografisch die Eintrittsstellen von innen festgehalten (oder umgekehrt: Überdruck herstellen und von außen thermografieren). Je höher die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, desto wirkungsvoller ist diese Methode.

Die Kosten für Blower-Door-Messungen liegen für eine Wohneinheit bzw. ein Haus bei etwa 300 bis 600 € (Mehrfamilienhäuser entsprechend dem etwas höheren Aufwand) und umfassen die Installation der Messtechnik, die Begehung des Gebäudes zur Feststellung der Leckagen sowie ein Messprotokoll, in dem der n_{50} -Wert ermittelt wird. [Zeller 1996 / Pohl 1997 / Bolender, Eicke-Hennig 2001]



Bild 2.21 Sonderlösung zur Abdichtung von Durchdringungen: luftdichter Gipsverguss (Detaillösung: PHI Darmstadt)



Bild 2.22 Verklebung des Gipsvergusses in die abdichtende Dampfbremse-Ebene

3 Anforderungen an die Haustechnik bei der Sanierung

3 Anforderungen an die Haustechnik bei der Sanierung

3.1 Lüftung

Bis in die 60er Jahre existierte in den meisten Gebäuden ein effizienter Antrieb für beständigen Luftaustausch: durch Einzelöfen wurde die Verbrennungsluft angesaugt und beständig frische Außenluft in die Räume transportiert. Dem standen selbstverständlich die nicht unerheblichen Nachteile des Zugs und des oftmals rauchbelasteten Wohnraums gegenüber. Mit dem Einbau von Zentralheizungsanlagen verschwand diese Art der Zwangsdurchlüftung. Verschärfend kam hinzu, dass wenige Jahre später die Markteinführung von Gummilippendichtungen für Fenster und Türen stattfand, womit die Gebäude weitestgehend dicht waren. Trotz dieser gravierenden Einschnitte prägte sich kein angemessenes Lüftungsverhalten aus. Blumenbeladene Fensterbänke zeugen noch heute bei Wohnungsbegehungen von diesem Defizit. Im Gegenteil – durch die Ölpreiskrise 1973 wurde noch vehementer abgedichtet und Ratschläge zum Lüftungsverhalten wurden oftmals grundsätzlich falsch verstanden, sodass ab diesem Zeitpunkt „dicke Luft“ in vielen Gebäuden endgültig Einzug hielt. Die Folgen in Form von Gesundheitsbelastungen, Allergien und „Sick Building Syndrom“ wurden in den achtziger Jahren heftig diskutiert. Die anfänglich polarisierende Diskussion Ökobaustoffe versus Chemieprodukte hat sich versachlicht: ausschlaggebend ist die gute Raumluftqualität. Diese stellt sich ein, wenn die Immissionen aus Baustoffen und Einbaumaterialien möglichst gering sind und die Raumluftbelastungen durch die Bewohner mit angemessener Außenluftzufuhr ausgeglichen werden.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) trägt dieser Tatsache Rechnung. Durch den Berechnungsbonus werden Lüftungsanlagen attraktiv.

Zudem hat sich die Qualität von mechanischen Lüftungsanlagen in den letzten Jahren gravierend verbessert, sodass auch aus Gründen der Energieeinsparung alles für den Einsatz der Geräte spricht.

3.1.1 Nachteile und Grenzen der manuellen Lüftung

Fensterlüftung kann nur so gut sein wie der Informationsstand und das tatsächliche Lüftungsverhalten der Bewohner. Auch für bestens informierte Gebäudenutzer ist es schwierig, ausreichend zu lüften, ohne zuviel Energie zum Fenster hinaus zu schicken. So wird bei Inversionswetterlagen mit ohnehin schlechter Außenluftqualität der Luftaustausch immer geringer sein als an klaren kalten Tagen, wo in einem Bruchteil der Zeit ein vollständiger Luftaustausch in den Wohnräumen stattfindet.

Durch den Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage kann die Luftwechselrate zielgerichtet eingestellt werden. Die Luftmenge kann reguliert werden und sorgt für beständig frische Außenluftzufuhr – nicht nur tagsüber, sondern auch kontinuierlich während der Nacht. Dies sorgt für angenehmen Schlaf bei frischer Raumluft statt zur Diskussion zwischen Kippstellung oder geschlossenem Fenster.

Zwar ist Fensterlüftung grundsätzlich eine effiziente Form der Lüftung, erfordert aber ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit durch die Bewohner. Üblicherweise wird eine Querlüftung alle 2 bis 3 Stunden empfohlen. Die übliche Lüftungsfrequenz liegt allerdings im Mittel deutlich niedriger, viele Räume werden täglich nur ein- bis zweimal gelüftet.

In Tabelle 3.1 werden die Luftwechselzahlen dargestellt, die sich bei den üblichen Formen der Fensterlüftung ergeben. Bei geschlossenen Fenstern liegen die Werte sowohl bei Niedrigenergiehäusern wie auch

bei Standardgebäuden im Mittel bei ca. $0,1 \text{ h}^{-1}$. Diese Werte sind auf keinen Fall ausreichend zur Sicherstellung gesunder Raumluftqualität.

Tabelle 3.1 Lüftungsarten in Gebäuden ohne mechanische Lüftung und die daraus resultierenden Luftwechselzahlen^a

Fensterstellung	Luftwechselzahl (h^{-1})
Fenster zu, Türen zu	0,0 - 0,5
Fenster gekippt, Rolladen zu	0,3 - 1,5
Fenster gekippt, keine Rolladen	0,8 - 4,0
Fenster halb offen	5 - 10
Fenster ganz offen	9 - 15
Fenster und Fenstertüren ganz offen (gegenüberliegend / Querlüftung)	40

^a Angaben nach Gertis. In: Buss, H.: Aktuelles Tabellenhandbuch Feuchte, Wärme, Schall, 2. Auflage. - Augsburg: WEKA-Baufachverlage GmbH 1994, S. 334

Für Querlüftung wird ein 40-facher Luftwechsel pro Stunde angegeben, d. h. rechnerisch hat sich die Luft nach 90 Sekunden komplett ausgetauscht. Dies ist allerdings nur bei optimalen Rahmenbedingungen gegeben. Tabelle 3.2 stellt die Luftwechselraten dar, die sich bei vollständigem Luftaustausch (100 %) oder bei Austausch von 75 bzw. 50 % der Raumluft ergeben in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Lüftens. Um eine Rate von $0,5$ bis $0,8 \text{ h}^{-1}$ zu erreichen, müsste alle 60 bis 90 Minuten eine Querlüftung durchgeführt werden.

Tabelle 3.2 Luftwechselraten bei der Fensterlüftung

Luftaustausch beim Lüften	Zeitraum zwischen den Lüftungsvorgängen:			
	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden
100%	$1,0 \text{ h}^{-1}$	$0,50 \text{ h}^{-1}$	$0,33 \text{ h}^{-1}$	$0,25 \text{ h}^{-1}$
75%	$0,75 \text{ h}^{-1}$	$0,38 \text{ h}^{-1}$	$0,25 \text{ h}^{-1}$	$0,19 \text{ h}^{-1}$
50%	$0,50 \text{ h}^{-1}$	$0,25 \text{ h}^{-1}$	$0,17 \text{ h}^{-1}$	$0,13 \text{ h}^{-1}$

Der wesentliche Nachteil der Fensterlüftung liegt in der Abhängigkeit von den äußeren Faktoren. Es kann weder die Richtung der Luftströmung beeinflusst noch der tatsächliche Luftwechsel eingeschätzt werden. Bei austauscharmen Wettersituationen erfolgt der Luftaustausch eher langsam und unvollständig. Eine gute Durchlüftung findet bei starkem Wind statt und erst recht bei sehr niedrigen Temperaturen. Insbesondere bei Häusern oder Wohnungen über mehrere Stockwerke wird durch die Thermik bei sehr kalter Witterung eine sehr starke Durchlüftung bewirkt. Dies hat eine überproportional hohe Luftwechselrate mit hohem Energieverlust zur Folge.

Die gleichen Aspekte gelten für Lüftungsarten, die durch den Auftrieb und den äußeren Luftdruck durch Klappen und Lüftungsschächte bewirkt werden.

Bei Besitzern von mechanischen Lüftungsanlagen wird von „Zwangslüftung“ gesprochen, wenn sie an die Zeiten ihrer fenstergelüfteten Wohnungen zurückdenken: der „Zwang“ zum Lüften beim Nachhausekommen, nach weiteren drei Stunden und „zwanghaft“ in der Nacht darunter leiden, dass es entweder zu kalt oder muffig im Schlafzimmer ist – und vor allem der Zwang, bei geöffnetem Fenster die volle Geräuschkulisse von außen miterleben zu müssen.

3.1.2 Kontrollierte mechanische Lüftung

Fast alle Wohnungsbaugesellschaften sind mit dem Problem des Kondenswasserniederschlags an den Innenoberflächen von Außenkonstruktionen und der daraus resultierenden Schimmelpilzbildung konfrontiert. In diesem Zusammenhang wird seitens einiger Lüftungsgerätehersteller eine gezielte Informationspolitik über kontrollierte mechanische Lüftung betrieben, die erfolgreich darlegt, wie mit vertretbarem Aufwand das Problem in den Griff zu kriegen ist.



Bild 3.1
Kontrollierte
mechanische Lüftung
(Lüfterbox)

Diese Geräte stellen eine kostengünstige Lösung dar, um wetterunabhängige, „kontrollierte“ Luftwechselraten zu erhalten. Die Luft wird mittels eines Abluftgerätes aus Küche, Bad, WC und ggf. weiteren durch Gerüche oder Feuchtigkeit belasteten Räumen abgesaugt. Die frische Außenluft strömt durch Wanddurchlässe in den Außenwänden nach. Die dort eingesetzten Düsen können schalldämpfend ausgeführt und mit Filtern versehen werden. Am

sinnvollsten ist die Positionierung unter der Decke und oberhalb von Heizkörpern, um Zugerscheinungen zu vermeiden. Die Luft strömt gezielt vom Aufenthaltsraum durch Überströmöffnungen zu den Ablufträumen. Zu beachten ist ein Schalldämpfer zwischen Gerät und Abluftöffnungen und ggf. vor der Ausblasöffnung nach außen.

Der Ventilator des Abluftgerätes sollte eine hohe Elektroeffizienz aufweisen ($p_{el} \leq 0,15 \text{ Wh/m}^3$), d. h. bei einem Abluftstrom von 100 m^3 sollte die Ventilatorleistung unter 15 W liegen.

Die Kosten einer Abluftanlage betragen 750 bis 2000 € inkl. des Rohrnetzes und der Strömungselemente. Bauliche Nebenkosten liegen im günstigsten Fall bei einer Sanierung im Bereich von 250 € im Mittel bei etwa 500 €

Kontrollierte Lüftungsanlagen bewirken keine direkte Energieeinsparung, sondern dienen vor allem einer gezielt guten Raumluftqualität, beständigem Feuchteabtransport und dem erhöhten Komfort für die Bewohner. Dennoch kann Heizenergie eingespart werden, weil die Luftwechselrate gezielt eingestellt wird und damit Lüftungswärmeverluste minimiert werden.

3.1.3 Mechanische Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung

Das Anlagenkonzept der kontrollierten Abluftanlage kann um die Zuluftseite ergänzt werden. Die Außenluft wird gezielt über einen Filter angesaugt und über einen Wärmetauscher geleitet. Dort wird die Wärme der Abluft auf die zuströmende Außenluft übertragen. Sie wärmt sich so z. B. von 0 °C auf 17 °C auf und wird dann über ein Rohrsystem in die Aufenthaltsräume geführt.

Abluftwärmerückgewinnungsanlagen haben sich innerhalb der letzten fünf Jahre beim Wohnungsneubau zunehmend etabliert und werden von den Bauherren durchweg sehr positiv aufgenommen.

Sie stellen einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung dar und sind bei Drei-Liter-Häusern und Passivhäusern unabdingbarer Bestandteil des Hauskonzepts.

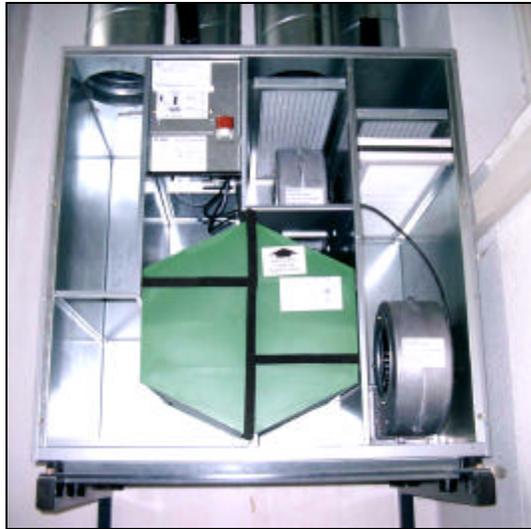


Bild 3.2
Blick in ein Lüftungsgerät
mit Abluftwärme-
rückgewinnung

Ein Vergleich der Lüftungswärmeverluste wird in Tabelle 3.3 dargestellt. Während bei der Fensterlüftung bei einer Luftwechselrate von $0,7 \text{ h}^{-1}$ die Lüftungswärmeverluste etwa $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ betragen, ist dieser Wert durch kontrollierte Lüftung und gezielte Luftwechselrate von z. B. $0,4 \text{ h}^{-1}$ auf $27,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ zu senken. Bis vor wenigen Jahren hatten Geräte mit Abluftwärmerückgewinnung einen mäßigen Jahresrückwärmegrad von 50 bis 60 % bei äußerst ungünstigem Stromverbrauch. Geräte mit 75 % Jahresrückwärmegrad sind inzwischen in großer Zahl marktreif und weisen eine hervorragende Stromeffizienz $p_{el} \leq 0,45 \text{ W}/\text{m}^3$ auf. Die Entwicklung geht zu Geräten mit einem Wert um 90 % Jahresrückwärmegrad.

Die Wirksamkeit effizienter Abluftwärmerückgewinnungsgeräte liegt bei einer Jahresarbeitszahl von 15 bis 20. D. h. pro eingesetzter Kilowattstunde werden 15 bis 20 kWh Heizwärme eingespart.

Tabelle 3.3 Vergleich der jährlichen Lüftungswärmeverluste pro m^2 WF bei Fensterlüftung und Abluftwärmerückgewinnung (AWR) mit verschiedenen Jahresrückwärmegraden; gemessene Luftwechselraten bei Fensterlüftung: im Mittel $0,15 - 0,4 \text{ h}^{-1}$ [AnBUS 2003]

Luftwechsel- rate	Fensterlüftung/ kontr. Lüftung	Jahresrückwärmegrad der AWR*		
		50%	75%	90%**
h^{-1}	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
0,7	48,5	31,2	15,0	6,6
0,6	41,6	27,7	13,3	5,9
0,5	34,0	24,3	11,6	5,2
0,4	27,7	20,8	9,8	4,5
0,3	20,8	17,3	8,1	3,8

* Leckagerate: 50%: $0,1 \text{ h}^{-1}$; 75%: $0,042 \text{ h}^{-1}$; 90%: $0,025 \text{ h}^{-1}$; zum Vergleich:

Leckagerate gem. EnEV-Berechnung $0,2 \text{ h}^{-1}$

** Gerät: z. B. Paul WRG 250

Präzise Kriterien für Abluftwärmerückgewinnungsanlagen wurden vor allem durch das Passivhaus Institut in Darmstadt in den letzten Jahren präzise formuliert. In der Folge entstand eine hohe Dynamik von Entwicklungen von zahlreichen Geräteherstellern [PHI 2003-1]. Im folgenden werden Planungsparameter und Anlagenkomponenten beschrieben. Da diese Technik einen zentralen Stellenwert für das Gesamtkonzept darstellt, wird dabei etwas grundlegender vorgegangen und das Entwicklungspotenzial insbesondere für die Gebäudesanierung angemerkt.

Hygienische Anforderungen

Ausgehend davon, dass die Raumluftqualität oberste Priorität bei der Planung genießt, müssen bei der Lüftungsplanung für die Auslegung der Luftwechselrate folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Als Leitwert kann der Kohlendioxidgehalt der Raumluft gewählt werden, weil er durch die Nutzer verursacht und nicht veränderbar ist. Der hygienische Grenzwert nach DIN 1946 von 0,15 Vol-% kann bei der Zufuhr von 20 m³ frischer Außenluft pro Stunde und Person bei einfacher Betätigung eingehalten werden. Zur Einhaltung des strengeren Pettenkofer-Wertes von 0,1 Vol-% CO₂ entsprechend 1000 ppm sind folgende Luftmengen erforderlich: bei leichter Arbeit etwas über 30 m³, bei geringer Betätigung etwa 25 m³ und bei völliger Ruhe werden zur Einhaltung des Pettenkofer Wertes für einen erwachsenen Menschen etwa 20 m³ Frischluft pro Stunde benötigt (vgl. Tabelle 3.4). Mit diesen Zahlen korrespondiert die Mindestanforderung der DIN 1946 Teil 6 von 30 m³ Frischluft pro Stunde für jede Person bei normaler Betätigung. Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 3.1 der Verlauf der CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit Fensterlüftung und Abluftwärmerückgewinnung dargestellt.

Tabelle 3.4 Lüftungsbedarf zum Ausgleich der Kohlendioxidbelastung der Raumluft durch Ausatem

Werte für eine erwachsene Person	völlige Ruhe	geringe Betätigung	leichte Arbeit	schwere Arbeit
Sauerstoffbedarf Liter je Stunde, l/h	12-16	14-19	24-32	bis 90
Ausgeatmetes Kohlendioxid (Konzentration in der Raumluft 3-5 Vol%) l/h	10-13	12-16	19-26	bis 75
Lüftung (Frischluft, m ³ /h) damit CO ₂ max. 0,1 Vol-%	17-21	20-26	32-42	bis 130
Wärmeabgabe einschließlich Verdunstung (Watt)	65-85	75-100	125-170	bis 490

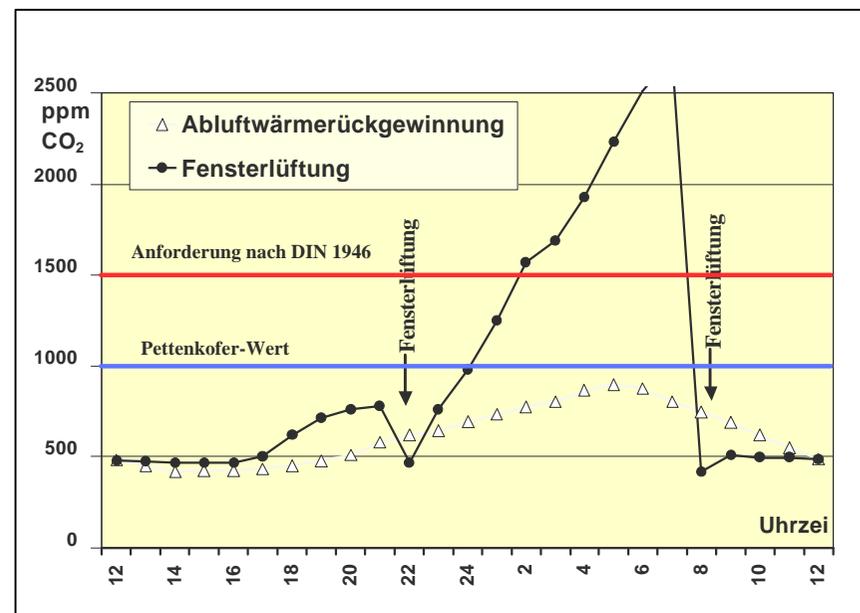


Abbildung 3.1: Verlauf der CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer im Vergleich von Fensterlüftung (zwei mal täglich) und einer mechanischen Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung: Messung [Münzenberg, Thumulla 2002]

Der Schadstoff-Anfall im Gebäude und gesundheitsbeeinträchtigende Einflüsse müssen so gering gehalten werden, dass die so festgelegte Luftwechselrate ausreichend ist, Rest-Schadstoffe ausreichend abzuführen. Das heißt für die Gebäudeplanung eines energiesparenden Gebäudes: Einsatz von Materialien mit minimiertem Emissionsverhalten. Insofern ist energetisches Bauen immer auch gesundheitsverträgliches Bauen. Bei der Sanierung muss in die Überlegungen einbezogen werden, welche Vorgaben hinsichtlich der Schadstoffbelastung und nicht zuletzt hinsichtlich der olfaktorischen Aspekte in der Wohnung gegeben sind. Gerade bei Geruchsbelastungen reagieren Bewohner subjektiv unterschiedlich – und zugleich bewirken gerade subjektive Aspekte Zustimmung oder Ablehnung.

Die Raumluftfeuchte stellt einen weiteren Leitwert für die Luftwechselrate dar. Für die Heizzeit von Passivhäusern (November bis März) sind die CO₂-bedingten Werte ausreichend für den Abtransport des täglichen Feuchteanfalls, der bei einem 4-Personen-Haushalt immerhin ca. 10 Liter Wasser pro Tag beträgt. In der angrenzenden Übergangszeit ist eine erhöhte Luftwechselrate erforderlich. Dies muss bei der Sanierung bedacht werden, wenn die erreichten Energiekennzahlen nicht ganz so günstig liegen. In diesem Fall muss anhand des Monatsverfahrens überprüft werden, welche Einflüsse durch Erhöhung der Luftdurchsätze gegeben sind. Die Beobachtungen der bisher durchgeführten Bauvorhaben zeigen, dass in der Übergangszeit insbesondere an Tagen mit erhöhter Sonnenscheindauer zusätzlich Fensterlüftung eingesetzt wird, wodurch sich die Problematik relativiert.

Eine ausreichende Durchströmung jedes einzelnen Raumes entsprechend seiner Nutzung muss erzielt werden.

Die Lüftungsanlage sollte auf einfache Art und Weise in hygienisch einwandfreiem Zustand zu erhalten sein. Das bezieht sich auf Luftansaugung, Filter, Rohrnetz und Gerät.

Komponenten von Lüftungsanlagen

Die hier dargestellten Komponenten entsprechen dem Aufbau einer Abluftwärmerückgewinnungsanlage. Es gibt zahlreiche Systeme auf dem Markt, die nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind, sich in den Bauteilen jedoch unterscheiden. Grundsätzlich sind Anlagen zu bevorzugen, die mit einfachen Mitteln möglichst hohe Effizienz bringen.

Ansaugung und Filter

Die Luftansaugung kann individuell auf die Anforderungen des jeweiligen Gebäudes zugeschnitten werden. Vorteilhaft sind folgende Aspekte:

Die Luftzutritts Höhe sollte sich möglichst in 3,00 m Höhe befinden, um die Ansaugung von Mikroorganismen aus der direkten Umgebung zu reduzieren. Keine Ansaugung sollte in belastetem Umfeld, z. B. neben dem Komposthaufen erfolgen.

Zu- und Abluftöffnung auf der gleichen Seite eines Gebäudes bieten den Vorteil, dass bei Winddruck keine Disbalance in der Anlage entsteht. Der Abstand muss so hoch sein, dass die Abluft nicht wieder angesaugt wird.

Erfolgt die Ansaugung auf der Südseite, so liegen temporär etwas erhöhte Lufttemperaturen im Vergleich zur Nordseite vor. Der Effekt ist allerdings gering, sodass dafür kein erhöhter Bauaufwand getrieben werden sollte.



Bild 3.3
Ansaugfilter

Wird die Anlage ohne Erdreichwärmetauscher betrieben, kann die Ansaugung kostengünstig über Dach oder die Fassade erfolgen.

Bei Gebäudesanierungen wird durchweg kein Erdreichwärmetauscher wirtschaftlich sinnvoll sein. Dort liegt die Priorität auf kurzen Wegen und günstigen Montagekosten.

Die Ansaugung sollte nicht zum Einbringen geruchsbelästigender Substanzen einladen und ggf. nicht beliebig zugänglich sein.

Die Anforderungen gemäß DIN EN 779 an Filter in Lüftungsgeräten sind nicht sehr hoch: Filterklasse G3 auf der Zuluftseite und G2 für das Abluftfilter, um den Wärmetauscher vor Verstaubung zu schützen. Hygienisch strenge Anforderungen stellen die Empfehlungen des Passivhaus Instituts dar. Sie fordern für Außenluftfilter in der Ansaugbox vor Erdreichwärmetauschern F7-Filter und für die Abluft G4-Filter [PHI 1999]. Bei starker Außenluftbelastung ist ein zusätzlicher kostengünstiger G3-Vorfilter in der Ansaugung sinnvoll. Durch die Filterung der Luft soll einerseits der Niederschlag von Staub in der Anlage verhindert werden, um ständig hygienisch einwandfreie Oberflächen innerhalb des Rohrsystems und des Gerätes zu erhalten. Auf der anderen Seite wird die Raumluftqualität gegenüber der üblichen Fensterlüftung verbessert. Für Allergiker kann durch den gezielten Einsatz von Filtern die Belastung durch Pollen oder andere Allergene reduziert oder verhindert werden. Auch der Sporeneintrag wird durch geeignete Filter reduziert. Der Abscheidegrad verschiedener Filter wird in Tabelle 3.5 [Westaflex 2001] dargestellt.

Ein regelmäßiger Filterwechsel alle 2 bis 3 Monate muss sichergestellt werden. Der dafür erforderliche Arbeitsaufwand sollte gering sein und durch den Nutzer einfach zu bewerkstelligen. Zudem müssen die Kosten für die Ersatzfilter niedrig liegen. Bereits bei der Ausschreibung

der Anlage sollte die Wartung des Gerätes eine Position darstellen, um unliebsame Überraschungen zu vermeiden. Es sollte überprüft werden, inwieweit wieder verwendbare auswaschbare Filter Verwendung finden können.

Tabelle 3.5 Abscheidegrad von Filtern für Sporen und Pollen

Filtertyp	Herausgefilterte Pollen in %	Herausgefilterte Sporen in %
Vorfilter G3	ca. 40 %	ca. 30 %
Vorfilter G4	ca. 60 %	ca. 50 %
Pollenfilter F6	100 %	ca. 65 %
Pollenfilter F8	100 %	90 %

Filtersysteme erfordern eine intensive Beachtung und bieten hinsichtlich zahlreicher Aspekte lohnenswerte Ansätze für weitere Forschung. Das betrifft vor allem möglichst einfache, kostengünstige Materialien und Revisionskonzepte mit geringen Kosten, vor allem aber auch die Sicherstellung hygienisch einwandfreier Raumluft. Bisherige Untersuchungen haben durchweg positive Ergebnisse erbracht [Schulze Darup 2002 / Flückinger et al 1997], dennoch ist dies ein so zentraler Bereich, dass intensive Untersuchungen in allen Betriebszuständen jegliches Hygienierisiko ausschließen muss.

Erdreichwärmetauscher (ERW)

Durch einen Erdreichwärmetauscher, der die Außenluft vorwärmt, wird der Wirkungsgrad einer Abluftwärmerückgewinnungsanlage verbessert und vor allem das Einfrieren des Wärmetauschers verhindert. Es kann handelsübliches Rohrmaterial, z. B. Kabelschutzrohr HD-PE oder KG-

Rohr verwendet werden. Besser ist ein PP- oder PE-Rohr, im Idealfall mit antibakteriell wirksamer Innenbeschichtung [Kania 2003].

In Abhängigkeit von der Luftmenge für den Bereich einer Wohneinheit werden Durchmesser von 150 bis 200 mm zu wählen, bei größeren Gebäude werde Durchmesser von 40 oder 60 cm ausgeführt. Die Länge und Anordnung ergibt sich aus der Anforderung an die minimale Lufttemperatur am Wärmetauscher des Gerätes. 15 - 40 m Rohrlänge für eine Einfamilienhaus-Einheit werden üblicherweise ausgeführt. Je höher die Erdüberdeckung (möglichst > 2,00 m; oder Führung unterhalb der Bodenplatte) und je besser leitend das umgebende Erdmaterial ist (z. B. gut verdichtetes lehmiges Material) desto günstiger der Wirkungsgrad. Ein Erdreichwärmetauscher bewirkt je nach Ausführung eine Energieeinsparung von etwa 0,5 bis 1,5 kWh pro m² beheizter Fläche im Jahr. Der Einfluss auf die Temperatur wird in der Abbildung 3.2 über eine Heizsaison dargestellt.

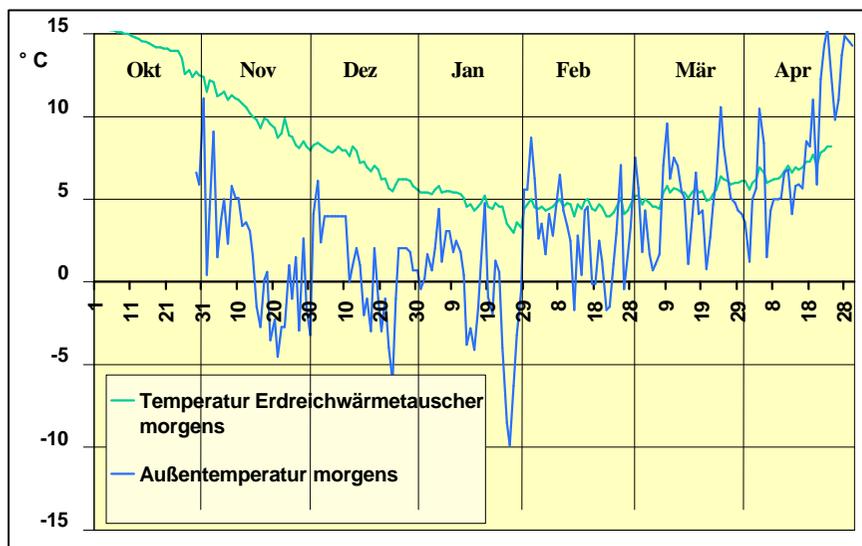


Abbildung 3.2: Temperaturen am Ende eines Erdreichwärmetauscher im Vergleich zu den Außenlufttemperaturen morgens; Länge 25 m, Durchmesser 160 mm, 2 m tief verlegt, lehmiges Material [Hundhausen 2000]

Die Leitungen sollten mit mindestens 2 % Gefälle zu einem Reinigungsschacht verlegt sein, damit eventuell anfallendes Kondensat ablaufen kann. Zudem ist sicherzustellen, dass eine Revision möglich ist und jederzeit eine hygienisch einwandfreie Situation gegeben ist. Dies ist wichtig, weil der Erdreichwärmetauscher den Bereich des Rohrsystems einer Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung ausmacht, in dem Feuchte anfallen kann und mithin die Möglichkeit für die Ausbildung von Mikroorganismen besteht. Für regelmäßige Reinigung sollte gesorgt werden, obwohl bei bisherigen Untersuchungen keine mikrobielle Belastung festgestellt wurde [Flückinger et al 1997 / BINE 2000 / Schulze Darup 2002].

Die nachträgliche Erstellung von Erdreichwärmetauschern bei Sanierungsvorhaben ist vergleichsweise teuer. Das gilt insbesondere, wenn nur zu diesem Zweck Erdarbeiten durchgeführt werden müssen und nicht ohnehin durchzuführende Aufgrabungen als Trasse für den ERW genutzt werden kann. Zudem ist das Konzept nur sinnvoll in Verbindung mit zentralen oder semizentralen Anlagen. Auf keinen Fall sollten kalte Leitungen auf einer längeren Strecke durch den beheizten Bereich des Gebäudes geführt werden, weil dadurch nochmals Kosten für die Dämmung entstehen, die logischerweise in der gleichen Dicke wie bei der Gebäudehülle durchgeführt werden sollte, nämlich mit mindestens 20 cm Dämmdicke.

Zu beachten ist auch der Aspekt der Wartung. Nur bei Einfamilienhäusern oder bei sehr großen Gebäuden mit Hausmeister ist die Wartung zu erträglichen Konditionen durchführbar.

Lüftungsgerät

Die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste erfolgt durch das Herzstück der Lüftungsanlage, durch das Abluftwärmerückgewinnungsgerät (AWR). Während bei Abluftanlagen sehr einfache Lüftungsgeräte mit einem einzelnen Ventilator ausreichen, werden bei der Abluftwärmerückgewinnung im allgemeinen zwei Ventilatoren für Zu- und Abluftseite verwendet. Die Wärme der Abluft wird über einen Wärmetauscher an die hereinströmende Außenluft übertragen. Dabei wurde der lange angewandte Kreuzstromwärmetauscher zunehmend durch Gegenstrom-Platten- und Gegenstrom-Kanal-Wärmetauscher abgelöst. Effiziente Geräte müssen folgende Kriterien erfüllen [PHI 2003-1 / PHI 1999]:

- Wärmebereitstellungsgrad des Gerätes $\eta_{\text{WBG,t,eff}} \geq 75\%$: dabei handelt es sich um den effektiven trockenen Wärmebereitstellungsgrad mit balancierten Massenströmen bei Außentemperaturen zwischen -15 und 10 ° C und trockener Abluft (21 °C). Bei Kondensationsanfall im Wärmetauscher erhöht sich der Wärmebereitstellungsgrad im allgemeinen deutlich (z. B. von 75 % auf über 90 % bei -10 ° C und 60 % rel. Feuchte).
- Die spezifische elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes pro m^3 geförderter Luft soll eine Elektroeffizienz von $p_{\text{el}} \leq 0,45$ Wh/ m^3 aufweisen, d. h. bei einer Luftmenge von 120 m^3 zur Lüftung eines Vier-Personen-Haushalts hat das Gerät eine Leistungsaufnahme von maximal 54 Watt für den Ventilator und die gesamte Regelung.
- Als Behaglichkeitskriterium für Aufenthaltsräume sollte die Temperatur an der Zuluft diese mindestens $16,5$ °C betragen.
- Die einfache Regelbarkeit des Gerätes ist Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung der Anlage. Neben der Standard-Lüfterstufe, die sich im allgemeinen aus den 30 m^3 pro Stunde und Person ergibt, ist für den Nachtbetrieb oder bei Abwesenheit der Bewohner ein abgesenktes

Lüftungsvolumen auf etwa 75 % sinnvoll. Beim Duschen, Kochen und der Anwesenheit mehrerer Gäste ist eine erhöhte Lüfterstufe (Stoßlüftung) sinnvoll. Die Bedienungseinheit der Regelung muss auf die Bewohner abgestimmt sein. Im Geschosswohnungsbau ist eine extrem einfache Regelung mit zwei Schaltern zu empfehlen: mit Schalter 1 kann zwischen Lüfterstufe 1 (Nacht- bzw. Minimalbetrieb bei Abwesenheit) und 2 (Normalbetrieb) gewählt werden. Schalter 2 wird als Taster betätigt zur Einschaltung der Stoßlüftung mit einer automatisch eingestellten Nachlaufzeit zwischen 20 und 40 Minuten. Weitere Optionen führen nur zur Verunsicherung und zum Abschalten des Gerätes. Dies führt phasenverschoben wiederum Fensterlüftung nach sich.

- Die Dichtheit des Gerätes ist Voraussetzung für einen guten Wirkungsgrad. Ein Leckluftstrom sollte maximal 3 % des Nenn-Abluftstroms ausmachen. Zudem ist es für die Raumlufthygiene wesentlich, dass der Außenluft keine Abluft beigemischt wird. Deshalb sollte das Gerät so konzipiert sein, dass der Außenluft- / Zulufttrakt unter Überdruck steht.
- Das Gerät muss ebenso wie das Gebäude gut gedämmt sein. Der Gesamt-Transmissionsleitwert soll ≤ 5 W/K betragen.
- Es muss Frostschutz betrieben werden, um ein Zufrieren des Wärmetauschers zu verhindern. Als Maßnahme kann ein ausreichend dimensionierter Erdreichwärmetauscher oder ein Vorheizregister eingesetzt werden. Bei Einfrieren des Wärmetauschers entsteht Disbalance in der Anlage, weil bei den Geräten der Außenluftstrom abgeschaltet wird. Dadurch wird Infiltration von kalter Außenluft durch verbliebene Undichtheit erzwungen, wodurch die auftretenden Heizlasten unzulässig hoch werden.
- Außenluftfilter (mindestens G3) und Abluftfilter (min. G2) im Gerät müssen einfach zu inspizieren und austauschbar sein bei

günstigen Kosten des Filtermaterials. Das Gerät inklusive des Wärmetauschers muss mit geringem Aufwand zu reinigen sein.

- Erhöhter Komfort ergibt sich durch eine Bypass-Regelung, durch die im Sommerbetrieb die Luft mit der Außentemperatur in das Gebäude eingeblasen werden kann. Bei kostengünstigen Lüftungsgeräten im Geschosswohnungsbau ist dies jedoch eher nicht erforderlich.

Der Platzbedarf für Einzelgeräte muss möglichst gering sein. Es ist vor allem bei Sanierungen unbedingt zu vermeiden, für die Anlage nutzbare Fläche zu „verschwenden“, da dies die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme schmälern würde, wenn Fläche nicht mehr vermietbar ist. Zudem werden große Geräte in der Wohnung von Nutzern als Fremdkörper wahrgenommen. Ideal ist die Unterbringung in gewöhnlichen Küchenschrank-Formaten, unter der Decke oder im Bereich der Außenwand inkl. neu aufzubringender Dämmebene. Bei einem derartigen Gerätekonzept kann zudem das Problem der Leitungsführung für Außen- und Fortluft befriedigend gelöst werden.

Zentrale und semidezentrale Abluftwärmerückgewinnungsanlagen stellen beim Geschosswohnungsbau eine Alternative zu Einzelgeräten dar. Die Planungsanforderungen sind allerdings nochmals ungleich höher und es existieren kaum marktgerechte Anlagenkomponenten. Eine Weiterentwicklung in diesem Bereich wird sicher zu sinnvollen Lösungen führen. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass die voluminösen Leitungen sinnvoll untergebracht werden und Aspekte des Brandschutzes kostengünstig gelöst werden. Eine Grundsatzüberlegung, diesbezügliche Leitungsführungen über die Fassade zu planen, sollte ebenfalls verfolgt werden.

Leitungen

Wenn die Luftkanäle möglichst kurz und geradlinig verlegt werden, ist die Anlage nicht nur kostengünstig, sondern erzeugt auch nur einen geringen Druckabfall, was den Stromverbrauch des Lüftungsgerätes beeinflusst.

Durch eine sorgfältige Planung kann eine möglichst druckverlustarme Ausführung sichergestellt werden. Dabei hat die Lüftungsrohr-Führung stets Vorrang vor sonstigen Leitungen.



Bild 3.4
Lüftungsleitungen einer großen Wohnung – Verlegung im Flur unter der Decke; Verkleidung mit abgehängter Decke

Das Rohrmaterial sollte innen möglichst glattwandig sein. Den geringsten Druckabfall weisen runde Wickelfalzrohre bei geradliniger Verlegung auf (Tab. 3.6). Wie sich andere Rohrquerschnitte auf den Druckverlust auswirken zeigt Tabelle 3.7 [Westaflex 2001]. Die Formstücke wie Bögen und Abzweige müssen dabei hinsichtlich ihres Druckverlustes und ihrer Kosten mit einbezogen werden. Flexible Aluminiumrohre können dem Monteur über manch eine Verlegenheit

hinweghelfen. Sie sollten auf Grund ihrer ungünstigen Strömungs- und Hygieneigenschaften jedoch möglichst zurückhaltend verwendet und auf keinen Fall gequetscht werden .

Tabelle 3.6 Strömungsgeschwindigkeit und Druckverluste von runden Rohren

Durchmesser	Luftvolumen	Geschwindigkeit v (<3 m/s)	Widerstand R	
			Wickelfalzrohr	Flexrohr
mm	m³/h	m/s	Pa/m	Pa/m
100	20	0,71	0,08	0,12
100	30	1,06	0,18	0,27
100	40	1,42	0,31	0,48
125	60	1,36	0,23	0,35
125	100	2,26	0,64	0,98
150	150	2,36	0,58	0,89
150	190	2,99	0,93	1,43
200	250	2,21	0,38	0,59

Tabelle 3.7 Einfluss der Kanalform auf den Druckverlust

Kanalform	Druckverlust
	%
Rund	100
Oval	106
Quadratisch	118
Rechteckig ca.1:2	128
Rechteckig ca.1:4	177
Rechteckig ca. 1:8	260

Die Lüftungskanäle müssen luftdicht ausgeführt werden. Wird über die Lüftung geheizt, ist die Dämmung der Rohre sehr präzise zu planen, damit die Wärme im berechneten Umfang wirklich in den Zulufräumen ankommt.

Eine übliche Leitungsführung in Wohnungen sieht die Verteilung der Zuluftleitungen im Flur vor mit Weitwurfdüsen in die Aufenthaltsräume. Eine flache Ausführung inkl. der erforderlichen Schalldämpfer muss für diese Aufgabe ein weiteres Entwicklungsziel sein. Gleichzeitig geht es darum, Kosten für nachträgliche Verkleidungen zu minimieren.

Die unter dem vorherigen Punkt schon angesprochene Alternative zur Verlegung der Leitungen an der Außenfassade stellt eine weitere Planungsoption dar.

Schalldämpfer

Der Schallpegel in Aufenthaltsräumen sollte höchstens bei 25 dB(A), in Nebenräumen bei maximal 30 dB(A) liegen. Der Schallschutz muss bei der Geräteauswahl und Anlagenkonzeption sorgfältig geplant werden. In innerstädtischen Gebieten und Stadtrandlagen führt eine Lüftungsanlage durchweg zu einer Verbesserung des Schallpegels im Haus gegenüber der Situation mit z. B. gekippten Fenstern. In sehr ruhigen Lagen ist besondere Sorgfalt notwendig.

Schalldämpfer müssen zwischen dem Lüftungsgerät und den Zu- und Abluftöffnungen in den Räumen eingebaut werden, um Ventilator- und Strömungsgeräusche zu dämpfen. Bei üblichen Rahmenbedingungen sind Schalldämpfer-Längen zwischen 1,0 bis 2,0 m ausreichend. Wichtig ist weiterhin die Unterdrückung des Telephonieschalls zwischen den Räumen. Hier werden jeweils Schalldämpfer mit ca. 0,5 m Länge eingesetzt.

Geeignet sind Rohrschalldämpfer mit Schalldämmung, die nach innen durch ein Lochblech abgedeckt wird. Die Auslegung ist abhängig vom Schalleistungspegel des Lüftungsgerätes und der Anordnung des Rohrnetzes. Ein Orientierungswert für die Dämpfung bei hochwertigen Schalldämpfern liegt je nach Ausführung bei ca. 17 dB(A) für einen 0,5 m langen Schalldämpfer und bei ca. 20 dB(A) für eine 1,0 m Ausführung.

Bei besonders hohen Ansprüchen z. B. an Ruheräume und Schlafzimmer können Geräte- und Telephonieschalldämpfer in Reihe geschaltet werden. Die betreffenden Räume am Ende des Rohrsystems sind dann besonders gegen das Anlagengeräusch geschützt.



Bild 3.5
Schalldämpfer

Zu- und Abluftdüsen, Überströmöffnungen

Die Luft wird über Ventile in die Räume eingebracht und abgesaugt. Die Luftmenge muss mit einfachen Mitteln einregulierbar sein. Die Ventile sorgen für einen zusätzlichen Schallschutz und vor allem für eine gezielte Verteilung im Raum. Die Eigengeräuscherzeugung in Form von Strömungsgeräuschen muss möglichst gering sein. Eine kleine Auswahl der zahlreichen Möglichkeiten für die Zuluft einbringung in den Raum:

- Zuluftventil als rundes Tellerventil: geringer Strömungswiderstand, keine gezielte Strömungsrichtung, muss am entgegengesetzten Ende der Abluft-/Überströmöffnung im Raum angebracht werden, was zu längeren Zuluftleitungen führt.
- Schlitzauslass für Wand und Deckeneinbau sowie Fußbodenauslass: Kastenförmiges Ventil, Einbau wie o. a. Tellerventil
- Weitwurfdüse in verschiedenen Formen: gezielte Luftführung mehrere Meter in den Raum hinein ermöglicht kurze Leitungsstrecken für die Zuluftverteilung; Nachteil: erhöhter Druckverlust durch die Düse.



Bild 3.6
Zuluftführung mittels Weitwurfdüse



Bild 3.7
Abluftdüse
mit eingelegtem Filter

Die tatsächliche Durchströmung von Räumen, insbesondere bei der Verwendung von Weitwurfdüsen wurde in zahlreichen Messungen überprüft und regelmäßig eine gute Luftverteilung festgestellt [Feist 2003 / Schulze Darup 2002]. In Kapitel 4.5.3 werden Messungen zu diesen Effekten dargestellt.

Abluftventile können von der Form her ähnlich vielfältig gebaut werden. Ein wichtiger Aspekt ist die Möglichkeit zum Einbau eines leicht zu wechselnden Filters insbesondere in Bereichen mit fettbelasteter Abluft wie z. B. in der Küche. Grundsätzlich sollten Ventile leicht zu reinigen sein.

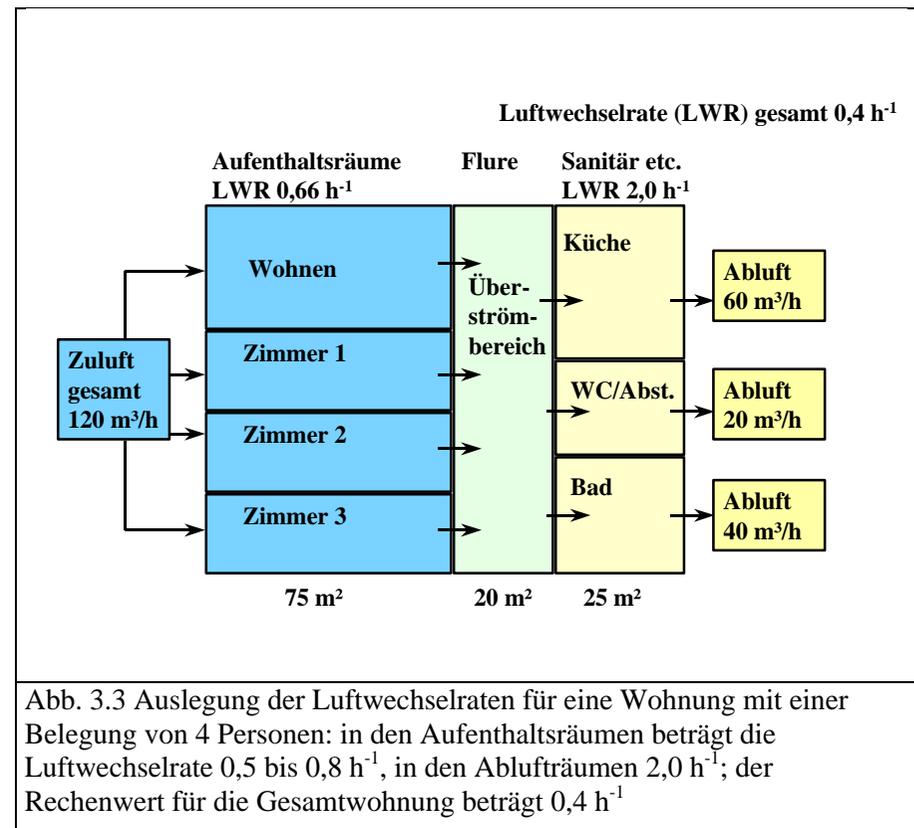
Überströmöffnungen sind zwischen Aufenthaltsräumen und Überströmbereichen (Flure, Überströmräume) und weiter zu den Ablufträumen hin anzubringen. Der Druckverlust sollte nicht größer als 1 Pascal sein bzw. die Strömungsgeschwindigkeit maximal 1 m/s. Es gibt zahlreiche Lösungsmöglichkeiten:

- Türblatt unten kürzen: einfach, aber optisch gewöhnungsbedürftig; 15 mm ermöglicht Luftdurchsatz von 40 m³/h
- Überströmgitter im Türblatt, auch in schalldämmender Ausführung,
- Wanddurchführungen mit Schalldämpfung.
- Eine nicht sichtbare Ausführung ist möglich im oberen Bereich der Türzarge: die Abdeckrahmen werden jeweils auf der gesamten Breite zur Wand hin um 1 cm ausgefräst und zwischen Sturz und Rahmen ein Zwischenraum von mindestens 2 cm vorgesehen. [Werner 1999]

Auslegung und Planungs-Eckdaten

In Abb. 3.3 wird am Beispiel einer Wohnung mit 120 m² Wohnfläche das Lüftungskonzept einer Abluftwärmerückgewinnungsanlage

dargestellt. Die frische Außenluft von 120 m³/h für 4 Personen á 30 m³/h wird in die Aufenthaltsräume mit einer Fläche von etwa 75 m² geführt. Das entspricht einer mittleren Luftwechselrate von 0,6 bis 0,7 h⁻¹. Die Luft wird durch den Überströmbereich (Flure, Nebenräume, ungenutzte Teile von offenen Wohnräumen) in die Ablufträume geleitet. Die Anforderungen dafür werden vollständig erfüllt: Küche 40-60 m³/h, Bad 40 m³/h und WC 20 m³/h. In Abhängigkeit von den jeweiligen Wohnflächen dieser Räume entspricht das Luftwechselraten im Abluftbereich etwa 2,0 h⁻¹.



Die Luftwechselrate über die gesamt Fläche beträgt im vorliegenden Fall etwa $0,4 \text{ h}^{-1}$. In Abhängigkeit von der Nutzung kann sich der tatsächlich einstellende Wert ändern. Bei Abwesenheit der Bewohner und im Nachtbetrieb kann die Luftmenge z. B. auf $90 \text{ m}^3/\text{h}$ reduziert werden. Daraus ergibt sich im Durchschnitt eine Luftwechselrate bis hinab zu $0,3 \text{ h}^{-1}$. Wird oftmals eine erhöhte Stoßlüftung mit 200 bis $250 \text{ m}^3/\text{h}$ betätigt, erhöht sich der mittlere Wert entsprechend.

Eine mit vier Personen belegte Wohnung mit 90 m^2 Wohnfläche wird eine erhöhte Luftwechselrate von z. B. $0,5 \text{ h}^{-1}$ aufweisen, während ein Haus mit 140 m^2 Wohnfläche und 3 Bewohnern bei einer geringeren Luftwechselrate ausreichend mit frischer Außenluft versorgt ist. Ein Wert von $0,3 \text{ h}^{-1}$ sollte nicht unterschritten werden.

Entsprechend dem dargestellten Schema muss die Luftverteilung erfolgen: Zuluftleitungen führen in die Aufenthaltsräume und die Abluft wird aus belasteten Räumen und Feuchträumen abgesogen. Für Raucherhaushalte sollte ein Raucherraum als zusätzlicher Abluftraum ausgebildet werden, wenn nicht ohnehin die Küche (=Abluftzone) diesem Zweck dient oder die Raucher ihrer Leidenschaft auf Balkon oder Terrasse frönen. Je kürzer die Lüftungsleitungen ausgelegt werden und je einfacher das Schema ist, desto wirtschaftlicher ist die Anlage bei Erstellung und Betrieb. Jeder Meter Rohr und vor allem jeder Abzweig und Bogen, Filter, Schalldämpfer und Register führt zu Druckverlusten. Sie sollten bei einer üblichen Hausinstallation 100 Pascal nicht überschreiten. Eine Berechnung des Druckverlustes und der Schallpegel des Netzes ist zur Optimierung von Anlagen sinnvoll [Lindab 2002].

Bei der Dimensionierung der Leitungsquerschnitte wird von einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s in der Auslegungsstufe (Normalbetrieb) ausgegangen. Das führt bei üblichen

Wohngebäuden zu Querschnitten von DN 150 (entspricht 150 mm Durchmesser) bis DN 100, eventuell in der Verteilung direkt hinter dem Gerät zu DN 200.

Der Aufstellort des Lüftungsgerätes entscheidet oftmals, ob eine wirtschaftliche Ausführung der Anlage möglich ist. Wichtig ist nicht nur die wohnungsseitige Verteilung, sondern auch ein möglichst kurzer Weg von Rohren mit einem abweichenden Temperaturniveau: steht das Gerät im unbeheizten Bereich, müssen die Leitungen ins Gebäude hinein gut gedämmt werden (Fort- und Außenluft gegen Kondenswasseranfall dämmen), steht es im beheizten Bereich, müssen Fort- und Außenluftleitung gut gedämmt werden. Es macht wenig Sinn, die Gebäudehülle mit etwa 30 cm Dämmstoff zu versehen, die Leitungen mit gleich niedrigem Temperaturniveau jedoch nur mit 3 cm . Vereinfacht wird die Aufgabe, wenn das Lüftungsgerät möglichst direkt an der thermischen Gebäudehülle steht. Es sollte nicht vergessen werden, frühzeitig die Lage der verschiedenen Anschlussstutzen zu überprüfen, denn es ist nichts unangenehmer, als mehrere Leitungen samt Dämmung jeweils vollständig um das Gerät herumzuziehen, um an die passenden Rohrstutzen zu gelangen.

Ein Kondensatablauf mit Geruchsverschluss ist erforderlich am Gerät, dem Erdreichwärmetauscher und am niedrigsten Punkt der Fortluftleitung.

Für die Dunstabzugshaube in der Küche empfiehlt sich eine Umlufthaube ($400\text{-}600\text{m}^3/\text{h}$), um Gerüche und Fett aus der Luft abzusondern. Denn selbst bei Stoßlüftung beträgt das Abluftvolumen der Wärmerückgewinnungsanlage im Küchenbereich nur ca. $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Ein Einbinden der Ablufthaube in die Lüftungsanlage ist zwar prinzipiell möglich, erfordert aber einen sehr guten Filter und Maßnahmen zum Abgleich der o. a. Luftmengen. Außerdem sollten die

ersten Meter der Abluftleitung gut überprüfbar und ggf. austauschbar sein, falls sich doch Fett an den Wandungen niederschlägt.

Der Abgleich der Luftströme ist ausschlaggebend für einen effizienten Betrieb der Anlage, die Disbalance zwischen Zu- und Abluftseite sollte 10% nicht übersteigen. Ansonsten wird durch Leckagen des Gebäudes Luft geführt. Für jeden Kubikmeter, der nicht über den Wärmetauscher des Lüftungsgerätes geführt wird, entfallen etwa 80% Wärmerückgewinnung.

Der Abgleich wird im allgemeinen durch die Installationsfirmen ausgeführt. Das Ergebnis sollte kritisch überprüft werden, weil Equipment und Wissen zu diesem Thema dürftig sind. Zudem greifen weitere Faktoren auf die Balance ein: abhängig vom Verschmutzungszustand der Filter, von der Lüfterstufe bis dahin, welche Türen geöffnet und geschlossen sind, können Abweichungen auftreten. Sinnvoll sind deshalb Geräte mit dynamischer Massenstrombalance durch die Ventilatoren.

Die Regelung der Lüftungsanlage könnte im Idealfall genau auf die Personenbelegung und die Art der Tätigkeit reagieren und einzelne Räume mit entsprechenden Luftmengen versorgen. Die Gesamtluftwechselrate könnte beständig den aktuellen Erfordernissen angepasst werden und Raumluftqualität und Luftwechselrate optimiert werden. Pragmatischerweise sollte jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Gesamtverbund der Räume einer Wohneinheit gegeben ist und ein gewisser Ausgleich durch den Entropie-Effekt stattfindet, z. B. wenn sich die Bewohner für eine begrenzte Zeit in einem Raum aufhalten, erhöht sich dort zwar die CO₂-Belastung punktuell, wird sich danach – zumindest bei temporär offenen Türen - wieder ausgleichen.

Die Kosten für eine zentrale Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung liegen inkl. Montage für eine Wohneinheit mit

ca. 100 m² Wohnfläche derzeit bei 4.000 bis 7.000 € Das Kostenziel für einen breitenwirksamen Einsatz der Technik liegt bei gleicher Größe bei ca. 3.000 € bei kleineren Wohnungen bei ca. 2.500 €

Dezentrale Geräte mit Abluftwärmerückgewinnung kosten pro Raum ca. 1.000 € Sie können direkt in die Außenwand eingesetzt unabhängig von einem Rohrsystem. Die Fragen der Luftwechselraten und des Schallschutzes sind bei diesen Geräten besonders zu beachten. Ein sinnvoller Einsatz erscheint in großer Breite derzeit nicht gegeben.

Erhöhte Anforderungen an die Bewohner?

Die Erfahrungen der letzten Jahre mit Lüftungsanlagen im Eigentums-Wohnungs- und Hausbau zeigen, dass die Bewohner den erhöhten Komfort mindestens so hoch schätzen wie die Energieeffizienz der Anlagen. Umfragen zeigen ein hohes Maß an Zufriedenheit [PHI 1997 / PHI 2000]. Als angenehm wird die ständig frische Raumluft empfunden. Die Aktion des Fensteröffnens bei der abendlichen Heimkehr ist nicht mehr erforderlich und in der Nacht ist die Lüftungsfrage ebenfalls ausgestanden. Selbstverständlich können bei Bedarf trotzdem Fenster kurzzeitig geöffnet werden – und außerhalb der Heizsaison wird das Gerät ausgeschaltet und manuell gelüftet.

Forschungsvorhaben zur Raumluftqualität führten zu positiver Beurteilung der Raumluftqualität [Schulze Darup 2002]. Das subjektive Empfinden bei Besuchen ist nahezu ausnahmslos von klarer und frischer Luft geprägt entgegen vieler Erfahrungen bei Neubauten mit Fensterlüftung, wo oft „dicke“ Luft anzutreffen ist.

Erfahrungen bei der Sanierung im Geschosswohnungsbau liegen bisher kaum vor. Das erste Projekt mit der WBG in Nürnberg am Jean-Paul-Platz 4 lässt zu Beginn der Betreuungszeit kurz nach Baufertigstellung folgende Tendenzen erkennen, die während der wissenschaftlichen Begleitforschung weiter verfolgt werden:

Die Situation bei Mietern, die eine Anlage ohne eigene vorherige Auseinandersetzung mit der Thematik eingebaut bekommen und einem Häuslebauer, der sich nach langen Überlegungen freudig für die neue Technik entschieden hat, führt zunächst zu einer diametral entgegengesetzten Grundeinstellung.

Seitens der Mieter ist ein gewisser Vorbehalt („Klimaanlage?“) und Skepsis gegeben. Der Informationsstand ist sehr durchmischt.

Deshalb muss die Technik im Vorfeld positiv besetzt werden. Dies kann individuell durch Vorabinformationen bei der Sanierungsankündigung oder in Informationsgesprächen des Architekten mit den Mietern geschehen, wie im vorliegenden Beispielfall.

Grundsätzlich ist Öffentlichkeitsarbeit in diesem Punkt erforderlich, um die positiven Aspekte der Lüftungstechnik publik zu machen und Vorurteile abzubauen.

Zu beachten ist im Sanierungsfall bei der Anlagenauslegung die Befrachtung der Wohnung hinsichtlich olfaktorischer Faktoren: Möbel, Bodenbeläge, Vorhänge, Umfang der Haushaltstätigkeit etc. - gegenüber üblicher Einfamilienhausauslegung kann das zu anderen Grundannahmen führen.

Die Lüftungsanlagen müssen nach dem Einbau sofort nach Inbetriebnahme möglichst perfekt funktionieren. Wenn einmal ein Negativeindruck entsteht, ist er schlecht korrigierbar. Beispiel: am Jean-Paul-Platz wurden die Geräte zu früh in Betrieb genommen und über die Ansaugung Staub von Außenarbeiten an der Fassade in nennenswertem Umfang angesaugt. Den verdreckten Filter erhielt ich von zwei Mietern vor die Nase gehalten. Die Geräte wurden trotz gegenteiliger Bitte von den Mietern mit großer Selbstverständlichkeit geöffnet und inspiziert.

Die Regelung muss so einfach wie möglich sein und auf das Verständnis derjenigen Personen ausgelegt sein, die am längsten in der Wohnung sind. Insbesondere die Frauen und Kinder müssen bei der Einweisung dabei sein.

Das zusätzliche Öffnen von Fenstern ist sehr tief verhaftet. Deshalb muss mehrmalig darüber informiert werden, dass dies nicht erforderlich ist. Es muss ein Gefühl dafür geschaffen werden, dass die Lüftungsmenge ausreicht und bei Betreten der Wohnung die Raumluft frisch ist. Die Anlage muss als erhöhter Komfort empfunden werden.

Grundvoraussetzung dafür ist eine gut eingestellte Anlage.

Die Beobachtungen zeigen, dass sich richtiges Verhalten zunehmend einpendelt. Dies kann auch gezielt erreicht werden, indem die Heizleistung nach anfänglicher überhöhter Vorlauftemperatur langsam zurückgefahren wird und die Mieter darauf hingewiesen werden, dass die Folge von dauerhaft offenen Fenstern kühlere Räume sind.

Die Fehlertoleranz eines Gesamtkonzepts muss so hoch sein, dass individuell unterschiedlicher Umgang mit der Materie nicht zu einem Versagen des Konzepts führt. Diese Erfahrung hat sich bereits bei den positiven Ergebnissen von Untersuchungen anderer Mehrfamilienhaus-Projekte in Passivbauweise gezeigt.

Im Rahmen des DBU-Förderprojektes zur energetischen Gebäudesanierung werden Entwicklungspotenziale intensiv diskutiert. Seitens des IEMB in Berlin wird eine Grundlagenuntersuchung durchgeführt, auf der aufbauend in einem Expertenworkshop zahlreiche Konstruktionsdetails optimiert werden sollen. Die Diskussionsbasis dafür stellt eine Handlungsmatrix zur Entwicklung von Lüftungskomponenten dar, die in [Anlage 3.1](#) angefügt ist.

3.2 Haustechnik - Restwärmeversorgung und Warmwasserbereitung

Alle bisher erstellten Gebäude im Bereich der mitteleuropäischen Klimazone benötigen Heizwärmezuführung. Bei sehr niedrigen Heizleistungen von unter 10 W/m^2 (= Passivhauskriterium) ist es möglich, auf ein separates Heizungs-Verteilssystem zu verzichten und Heizwärme über die ohnehin erforderliche Lüftungsanlage zu verteilen. Auch bei der Gebäudesanierung könnte auf diese Art und Weise ein Kostensprung durch den Verzicht auf ein separates Heizsystem erzielt werden. Es wird zu überprüfen sein, inwieweit die entsprechend niedrigen Heizleistungen erzielbar sind.

Falls beim Bestandsgebäude ein Heizsystem vorhanden ist, wird es unter Kosten- und Komfortgesichtspunkten oftmals vorteilhaft sein, dieses beizubehalten und mit der nunmehr sehr viel geringeren Heizleistung zu betreiben. In den folgenden Punkten werden die spezifischen Anforderungen überprüft, die sich aus den Rahmenbedingungen der optimierten Gebäudehülle ergeben. Vor allem wird durch die Auswahl der Heizanlagenkonfiguration der Primärenergieaufwand und die CO_2 -Emission entscheidend beeinflusst.

3.2.1 Heizungssysteme

Grundsätzlich muss bei jedem Sanierungsfall überprüft werden, welches Heizsystem die sinnvollste Variante darstellt. Abbildung 3.4 zeigt die Zusammenfassung einer derartigen Untersuchung am Beispiel eines Einfamilienhauses in Passivbauweise. Die grundsätzlich relevante Quelle für die Anlagenkonfiguration stellt die DIN 4701-10 dar. Da das dort abgebildete Diagramm- und Tabellenverfahren jedoch erklärtermaßen Systeme aus dem weniger qualitätvollen Anlagenspektrum darstellen, ist eine Einzelüberprüfung geboten.

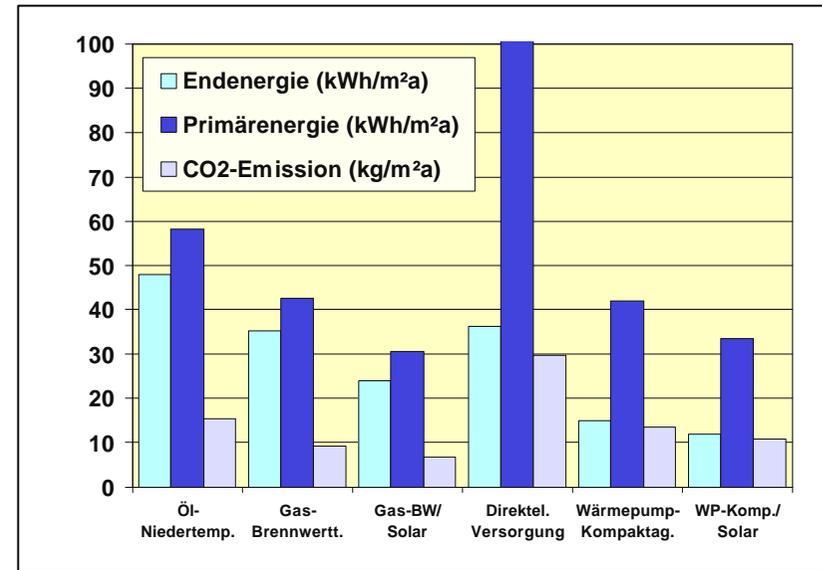


Abb. 3.4 Effizienz- und Emissionsvergleich verschiedener Heizsysteme bei einem EFH in Passivbauweise [Feist 2000]

Im folgenden einige kurze Anmerkungen zu den verschiedenen Heizsystemen:

Öl- und Gasheizungen haben sich in den letzten vierzig Jahren durchgesetzt und stellen in vielen zu sanierenden Gebäuden der 60er Jahre die Standard-Heizinstallation dar. Gleiches gilt für Gebäude, in denen seit etwa 1960 die Heizanlage saniert wurde.

In den letzten 40 Jahren wurde eine ständige Verbesserung der Wirkungsgrade und des Emissionsverhaltens erreicht. Brennwerttechnik ist in den letzten Jahren zum Standard geworden. Dabei wird das Abgas durch eine niedrige Rücklauftemperatur des Heizsystems auf etwa $50 \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt, wodurch die im Wasserdampf des Abgases enthaltene Kondensationswärme genutzt werden kann.

Gasgeräte weisen im Idealfall Kesselwirkungsgrade von 105 – 109 % auf. Besonders sinnvoll ist der Einsatz in Verbindung mit Solarthermie (Schichtenspeicher-System)

Biomasse als Brennstoff verhält sich weitestgehend CO₂-neutral: es wird nur das Volumen an Kohlendioxid beim Verbrennen freigesetzt, das zuvor beim Wachstum der Umwelt entnommen wurde.

Viele herkömmlichen Festbrennstoff-Öfen und Kessel haben allerdings den Nachteil hoher Schadstoffemissionen, insbesondere in der Anheizphase. Techniken wie Hackschnitzelheizung für Großanlagen und Pelletöfen bis hinab zu 4 kW Leistung weisen hohe Wirkungsgrade und ein optimiertes Emissionsverhalten auf und sind deshalb sehr zu empfehlen.



Bild 3.8
Kleiner Pelletofen

Elektrisch betriebene Wärmepumpen sind dann sinnvoll einsetzbar, wenn ihre Leistungszahl (ϵ) im Jahresmittel deutlich über 3 liegt. Dazu gilt grundsätzlich: Je niedriger der Temperaturabstand zwischen der

Wärmequelle und der Vorlauftemperatur der Heizungsanlage, desto höher ist ϵ . Die Wärmequelle kann in Umgebungswärme begründet liegen wie Erdreich, Grundwasser, Umgebungsluft oder Restwärme aus anderen Systemen. Wärmepumpen mit Gasantrieb liegen primärenergetisch besonders günstig.



Bild 3.9
Wärmepumpen-Kompaktaggregat

Wärmepumpenkompaktaggregate verwenden die Wärme aus der Abluft der integrierten Abluftwärmerückgewinnung und heizen über eine Kleinstwärmepumpe mit etwa 400 W Ausgangsleistung ein komplettes Einfamilienhaus. Empfehlenswert ist diese Technik allerdings nur bis zu einem Heizwärmebedarf von maximal ca. 20 kWh/(m²a).

Direktelektrische Heizung ist auf keinen Fall empfehlenswert, weil für eine Kilowattstunde Strom die dreifache Menge an Energie im Kraftwerk benötigt wird.

Bei der **Kraft-Wärme-Kopplung** wird mittels eines Motors Strom und Wärme bereit gestellt. Gegenüber der üblichen Trennung von zentraler Stromerzeugung und Wärmeerzeugung vor Ort wird in der Gesamtbilanz eine Primärenergieeinsparung von 30 bis 45 % erreicht. Die Anlagen werden nach den Erfordernissen der Wärmeerzeugung geregelt. Das BHKW leistet etwa 60 – 80 % der Arbeit bei einer möglichst hohen Jahreslaufzeit über 4.000 bis 6.000 Stunden, wenn seine Leistung auf etwa 20 - 30 % der maximalen Heizleistung ausgelegt wird und ein Spitzenkessel nur für die kältesten Tage vorgehalten wird. Betriebswirtschaftlich sinnvoll ist der Einsatz von BHKW´s bei größeren Wohnanlagen, wenn die Rahmenbedingungen in Absprache mit den Energieversorgern gut gestaltet werden können.

Darüber hinaus gibt es innovative Entwicklungen: für den **Stirling-Motor** gibt es immer wieder spannende Ansätze – z. B. als pelletbetriebenes System.



Bild 3.10
Kraft-Wärme-Kopplung mit zwei kleinen BHKW-Modulen für vier Mehrfamilienhäuser aus der Gründerzeit

Die **Brennstoffzellentechnik** wird voraussichtlich in etwa 10 Jahren auf den Markt drängen und eine völlig neue Qualität der Kraft-Wärme-Kopplung begründen.



Bild 3.11
Brennstoffzelle (3-Liter-Haus der LUWOG in Ludwigshafen)

Anforderungen an Heizsystem-Innovationen

Die Vielfalt der Heizsysteme wird in den nächsten Jahren zunehmen und eine noch unüberschaubarere Marktsituation schaffen als die heutige.

Alle Erfahrungen der letzten Jahre deuten jedoch darauf hin, dass folgende Ziele für die praktische Umsetzung am Bau von Bedeutung sind:

- Ein hoher Dämmstandard wird sich in den nächsten Jahren durchsetzen. Es ist kontraproduktiv, Haustechnik-Wirkungsgrade **gegen** diese Entwicklung zu setzen: beide Faktoren müssen optimiert werden
- Durch die hochwertige Gebäudehülle wird Haustechnik einfacher und kostengünstiger
- Zugleich steigt das Gesamtvolumen der technischen Gebäudeausrüstung durch die zusätzliche Installation von

Lüftungstechnik und regenerativen Techniken wie z. B. der Solarthermie

- Das erfordert ein neues Denken der Heizungsindustrie: es geht darum, die konventionellen Komponenten (Kessel, Heizkreis etc.) kostengünstiger zu gestalten. Die Mehrinvestitionen für die o. a. Zusatztechniken müssen sich mittelfristig durch ihre Einsparungen selbst in einem betriebswirtschaftlich sinnvollen Zeitraum amortisieren – nur dadurch werden sie eine vollständige Marktdurchdringung erreichen
- Falls die Heizungsindustrie sich weder technisch noch kostenmäßig auf die optimierten Gebäudehüllen einstellt, wird vor allem die Elektro-Branche starke Zugewinne bei der technischen Gebäudeausrüstung erzielen
- Aufwendige Haustechnikkonzepte mit kombiniertem Einsatz regenerativer und rationeller Techniken wirken von ihrem Konzept her äußerst CO₂-mindernd. Es ist allerdings zu überprüfen, inwieweit sie in der Praxis zu unangemessen hohem Betreuungs- und Regelungsaufwand führen. Es ist wichtig, solch engagierte Projekte zu analysieren und auf hohe Fehlertoleranz hin zu optimieren [Haase 2003].
- Für den Planer geht es darum, ein möglichst einfaches Haustechnik-System zu wählen, das sich durch geringe Kosten ebenso auszeichnet wie durch geringe Folgeaufwendungen und Betriebs- sowie Wartungskosten.
- Die Ausrichtung der Planung nach dem Primärenergieaufwand erweist sich als eine sinnvolle Hilfe, die mit der EnEV grundsätzlich eingeführt worden ist. Für die Planung ist es dennoch hilfreich, zusätzlich Heizwärme- und Heizenergiebedarf wie auch die CO₂-Emissionen für die Bewertung der Maßnahmen hinzuzuziehen.

Positionierung des Heizraums

Traditionell befinden sich Heizzentralen im Keller. Dort ist es extrem schwierig, Wärmeverluste zu vermeiden, weil eine Innendämmung von Heizräumen schwierig ist und zudem durch Erschließung und Positionierung eine hohe Transmissionsfläche gegeben ist. Bei der Sanierung kann bisweilen mit einfachen Mitteln Verbesserung geschaffen werden. Am sinnvollsten ist die Positionierung der Heizung innerhalb der thermischen Hülle – im Idealfall in einem Nebenraum ohne zusätzliche Transmissionsflächen. Für Gasthermen sind Dachräume vorteilhaft, weil die Abgasführung kostengünstig und verlustarm zu realisieren ist. Kaminführungen quer durch den beheizten Bereich stellen wegen Wärmeverlusten und Luftdichtheitsanforderungen Probleme dar. Dachbereiche, z. B. neben einem vorhandenen Treppenhauskopf, lassen sich gut dämmen und halten zusätzliche Transmissionsflächen im Rahmen.



Bild 3.12 Heizraum mit vorbildlich gedämmten Heizleitungen

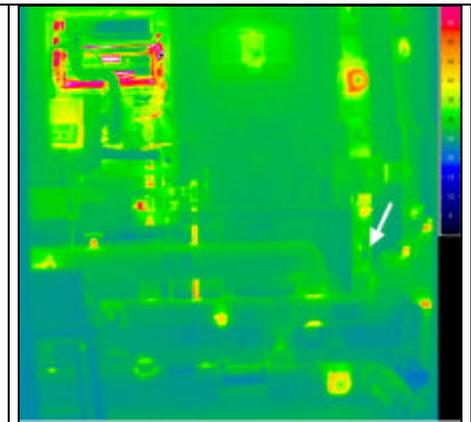


Bild 3.13 Die Thermografieaufnahme zeigt dennoch viele warme Bereiche, vor allem bei den Armaturen

Nutzung von Komponenten des bisherigen Heizsystems

Können Komponenten des Heizsystems beibehalten werden, steigt die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen nochmals deutlich. Dies gilt insbesondere dann, wenn bei weniger guter Ausführung der Gebäudehülle diese Bauteile nicht hätten beibehalten werden können.

Es ist allerdings eine Systemanpassung an die Sanierungserfordernisse erforderlich. In den folgenden Abschnitten werden dazu Anforderungen dargestellt.

3.2.2 Heizwärmeverteilung

Die heizseitige Verteilung der Wärme im Gebäude sollte innerhalb der thermischen Hülle verlaufen, damit möglichst alle Leitungsverluste dem Gebäude als Heizwärme zur Verfügung stehen. Alle Leitungen müssen nach den Vorschriften der Energieeinsparverordnung gedämmt werden, möglichst darüber hinaus. Dies gilt insbesondere für Leitungen außerhalb der zu beheizenden Bereiche. Liegen vorhandene Leitungen außerhalb der thermischen Hülle, sollten diese Bereiche möglichst durch neue optimierte Leitungstrassen ersetzt werden.

Es sollte möglichst ein Zweirohr-System ausgeführt sein, um an allen Heizflächen die gleiche Temperatur zu erreichen und eine möglichst niedrige Vorlauf-Temperatur und geringe Pumpenleistung zu ermöglichen. Grundsätzlich sollte das Verteilsystem daraufhin überprüft werden, dass eine optimaler hydraulischer Abgleich ausgeführt werden kann.

Bei sehr gut gedämmten Gebäuden mit Passivhausfenstern, bei denen keine innere Bauteiloberfläche mehr als 4 Kelvin unterhalb der erforderlichen Raumlufttemperatur liegt, können sehr kurze Heizungsanbindungen gewählt werden – die Heizwärmezuführung kann auf der Innenseite der Räume erfolgen, wodurch nochmals ein Kostensparpotenzial gegeben ist.

3.2.3 Heizwärmeübertragung

Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto einfacher ist es, die Heizflächen kostengünstig und komfortabel auszubilden. In solchen Fällen liegen die raumseitigen Oberflächentemperaturen der Außenbauteile bereits ohne zusätzliche Heizwärmezufuhr nur knapp unterhalb der Raumtemperatur und die zuzuführende Wärmemenge ist sehr gering.

Heizseitig sind folgende Faktoren für gesundes und behagliches Raumklima ausschlaggebend:

- Heizflächentemperatur: je geringer, desto besser; Maximaltemperatur 55 °C, bei höheren Temperaturen beginnen Pyrolysereaktionen in Bezug auf Staub und angelagerte Schadstoffe
- Raumtemperatur-Unterschiede: möglichst gleiche Verteilung der Temperatur, vor allem hinsichtlich der vertikalen Schichtung;
- möglichst geringe Luftbewegung durch Konvektion, einerseits aus Behaglichkeitskriterien, vor allem jedoch zur Vermeidung von Staubaufwirbelung; dieser Effekt wird durch minimierte Temperaturdifferenzen erzielt
- ein hoher Anteil an Strahlungswärme ist bei niedrigen Heiztemperaturen nicht sehr relevant, weil der negative Einfluss der Konvektion nicht auftritt; Niedertemperatursysteme erwärmen oftmals direkt oder indirekt Flächen, von denen dann in Form von Strahlung die Wärme abgegeben wird
- Reinigungsmöglichkeit für Staubablagerungen an den Heizflächen.

Die Weiterverwendung vorhandener Heizkörper ist grundsätzlich äußerst sinnvoll. Allerdings müssen folgende Aspekte bei der Planung erschöpfend geklärt werden:

- Guter Zustand der Heizkörper mit einer weiteren Lebenserwartung von 15 bis 30 Jahren
- Formgebung und die Auswirkung auf die Akzeptanz bei künftigen Nutzern des Gebäudes
- Einfacher hydraulischer Abgleich an den Ventilen möglich oder einfacher Austausch der Ventile
- Möglichkeit zur flinken Regelung.

3.2.4 Regelung

Die Heizungsregelung hat die Aufgabe, ausreichende Wärme und Behaglichkeit im gesamten Gebäude sicherzustellen und dabei den Heizflächen die geringstmögliche Wärmemenge zukommen zu lassen. Dabei sind u. a. folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Transmissionswärmeverluste, bedingt durch die Außentemperatur
- Lüftungswärmeverluste bzw. Änderung der Lüftungsverhältnisse
- Erwärmung durch solare Einstrahlung
- Erwärmung durch interne Quellen (Bewohner, eingeschaltete Elektrogeräte)
- Unterscheidung des Wärmebedarfs einzelner Räume
- Kappung der Leistung bei unangemessenem Nutzerverhalten (bei ständig offenen Fenstern sollte die Heizleistung dieses Raumes **nicht** für Ausgleich sorgen).

Bei schlecht gedämmten Gebäuden überwiegen Transmissionswärmeverluste, sodass andere Einflüsse vergleichsweise gering sind. Je besser der Wärmeschutz ist, desto höhere Anforderungen müssen an die Heizungsregelung gestellt werden. Es ist eine schnelle Reaktion auf Temperaturveränderungen erforderlich. Bei sehr energiesparenden Gebäuden sinkt die Temperatur bei

ausbleibender Heizleistung nur sehr langsam ab (0,5-1,5 Kelvin am Tag), deshalb kann die Regelung so geschaltet werden, dass Heizleistung besonders dann zugeführt wird, wenn eine etwas erhöhte Raumlufttemperatur (z. B. abends) aus Komfortgründen gewünscht wird.

Die technischen Eingriffsmöglichkeiten bei einer Heizanlage bestehen in

- Anpassung der Vorlauftemperatur an den Wärmebedarf in Abhängigkeit von Außen- und Raumlufttemperatur
- Regelung der zirkulierenden Wassermenge durch die Pumpenleistung
- Reduzierung des Wasserdurchflusses einzelner Heizflächen zur unterschiedlichen Beheizung verschiedener Räume
- Abstellen von Wärmeerzeuger und Heizungszirkulation bei fehlendem Wärmebedarf
- Temperaturregelung (Sollwertverstellung) durch den Nutzer für individuelle Bedürfnisse der Temperaturgestaltung mittels Änderung der Heizkurve kann bei Mehrfamilienhäusern nur mit hohem Aufwand erfolgen.
- Beim Geschossbau wirkt die individuelle Regelung durch die Thermostatventile.

Intelligente Regelungssysteme auf vernetzter EDV-Basis (BUS-Systeme etc.) werden in den nächsten Jahren zunehmend in den Wohnungsbau drängen. Das ist grundsätzlich sinnvoll aber von der Kosten-Nutzen-Relation her abzuwägen. Dabei ist das Abrechnungs-Prozedere einzubeziehen.

Derzeit besteht das Problem, dass viele Heizanlagen einen deutlich zu hohen Hilfsenergiebedarf aufweisen. Heizanlage und Zirkulationspumpen sollten nur dann laufen, wenn sie tatsächlich benötigt werden. Ansonsten müssen sie in der Leistung weitgehend reduziert oder noch besser vollständig ausgeschaltet sein. Auch die Regelung darf nur eine minimale Stand-by-Leistung haben.

Tabelle 3.8 Vergleich von Systemen zur Trinkwassererwärmung für einen 4-Personen-Haushalt

	Anlage mit BWW-Speicher			Durchlauferhitzer	
	Öl-BW-Kessel	Gasbrennwertgerät	Strom	Gas	Strom
Warmwasser-Nutzwärme pro Jahr	2710 kWh	2710 kWh	2710 kWh	2710 kWh	2710 kWh
Erzeugerverluste (Faktor)	1,2	1,05	1,05	1,2	1,1
Speicherverluste (Faktor)	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
Zirkulationsverluste (Faktor)	1,15	1,15	1,15	1,0	1,0
Energieverbrauch pro Jahr (kWh)	4490 kWh	3930 kWh	3930 kWh	3550 kWh	2980 kWh
Kosten je kWh (Endenergie) in €	0,05	0,05	0,18	0,05	0,18
Kosten pro Jahr	224,50 €	196,50 €	707,40 €	177,50 €	536,40 €
CO ₂ -Emissionen im Jahr (kg)	1.316	900	2.708	813	2.053
Kostenvergleich Solaranlage					
Einsparung bei 55 % Deckungsgrad (€/a)	123,48 €	108,08 €	389,07 €	97,63 €	295,02 €
Einsparung bei 70 % Deckungsgrad (€/a)	157,15 €	137,55 €	495,18 €	124,25 €	375,48 €

Rahmenbedingungen: 4-Personen-Haushalt, Verbrauch je Person und Tag: 40 l, Δt : 50 - 10 = 40 K; 0,00116 kWh/l grad, Energiebedarf im Jahr: 2710 kWh

3.2.5 Warmwasserbereitung

In Bestandsgebäuden werden 10 bis 20 Prozent des Energieverbrauchs im Haushalt für die Bereitung des Warmwassers benötigt. Nach EnEV werden rechnerisch 12,5 kWh/(m²a) angesetzt. Tabelle 3.8 zeigt modellhaft den Vergleich verschiedener Versorgungssysteme hinsichtlich der Kosten und CO₂-Emissionen. Die Zahlen weichen deutlich von den EnEV-Größen ab. Die Werte in der Tabelle korrelieren mit der Tatsache, dass besonders im Geschosswohnungsbau Kennwerte von 30 bis 40 kWh/(m²a) für die Trinkwassererwärmung keine Seltenheit sind [Umweltreferat Erlangen 2002].

Es ist zu berücksichtigen, dass der tatsächliche Verbrauch bei der Trinkwassererwärmung deutlich stärker von den Nutzern abhängig ist als bei der Heizung. Dabei sind zahlreiche Einsparmöglichkeiten gegeben, die allerdings bei der Sanierung nur zum Teil gangbare Optionen darstellen:

- Sanitärbereiche horizontal und vertikal eng beieinander anordnen
- Minimierung der Steigstränge und Verteilleitungen in Länge und Querschnitt
- Besonders enge Anbindung zwischen Warmwasserspeicher und den Hauptverbrauchsstellen wie Waschbecken und Dusche im Bad
- getrennte Zuführung der Küchenleitung mit einem minimierten Rohrquerschnitt (wenn die Küche etwas Abstand zu den sonstigen Sanitärbereichen hat, fällt dies am wenigsten ins Gewicht)
- Warme Leitungen innerhalb der beheizten Gebäudehülle führen und mit erhöhter Dämmdicke versehen
- Optimierung der Zirkulation
- Warmwasseranschlüsse für Spülmaschine und Waschmaschine (auf geeignete Geräte oder Zwischengeräte achten)

- Reduzierung der Durchflussmengen bei den Zapfstellen und in der Dusche
- Einhebel-Spararmaturen, die in der Standard-Mittelstellung kein Warmwasser ziehen
- Duschen statt Baden als Nutzer-Tipp (aber nicht vergessen: auch Komfort gehört zum Leben!)

Solarthermie

Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung stellen eine hervorragende Ergänzung für alle Energiesparmaßnahmen dar. An dieser Stelle soll das Thema nicht vertieft werden. Einzig der Hinweis, dass eine Auslegung auf den Sommerfall zu sehr hoher Effizienz hinsichtlich des Kosteneinsatzes führen kann. Wichtig ist dabei der Aspekt, dass im Sommerbetrieb die Leitungsverluste der Verteilungs- und Zirkulationsleitung nicht als Heizwärme wirken und vollständig verloren sind. Zudem läuft jede Heizungsanlage im Sommer mit einem ungünstigerem Anlagenaufwand.

Heizungseinbindung ist zwar grundsätzlich zu begrüßen – es muss aber klar sein, dass die Effizienz eher niedrig ist. Sinnvoll ist diese Lösung gegebenenfalls, wenn eine Puffer- oder Schichtenspeicherlösung sich aus weiteren Gründen anbietet, z. B. der Verbesserung der hygienischen Rahmenbedingungen zum Legionellenschutz. Bei einem Schichtenspeicherkonzept kann das kalte Wasser im Durchlaufprinzip erwärmt werden und wird deshalb immer frisch gezapft, ohne längere Zeit in einem Speicher gehalten zu werden.

Bild 3.14
Thermische Solaranlage für 17
Wohneinheiten mit ca. 50 m²
Kollektorfläche



Bild 3.15
Dachheizzentrale eines
Zweifamilienhauses mit
Solarspeicher nach der Sanierung



Bild 3.16
Auf den Sommerfall ausgelegte
Solar-Thermie-Anlage eines
Mehrfamilienhauses mit sechs
großen Wohneinheiten, 18 m²
Kollektorfläche



3.3 Strom

Die Betrachtung des Energieeinsatzes darf nicht auf Heizwärme und Warmwasserbereitung beschränkt sein, sondern muss den Verbrauch von Haushaltsstrom einbeziehen. Während bei üblichen Bestandsgebäuden der Stromverbrauch nur einen kleinen Teil des Gesamtverbrauchs ausmacht, kehrt sich die Bilanz bei Energiespargebäuden um. Besonders relevant wird dies bei der primärenergetischen Betrachtung: jede Kilowattstunde „aus der Steckdose“ benötigt im Bundesmix den Einsatz von knapp 3 Kilowattstunden für die Stromgewinnung. Jede einsparte Kilowattstunde entspricht im Bundesdurchschnitt einer Emission von 660 Gramm Kohlendioxid (CO₂). [GEMIS 2002]

Stromsparen ist deshalb eine äußerst effiziente Form der Umweltentlastung. Stromspartechniken sind in vielen Bereichen äußerst rentabel.

3.3.1 Stromeinsparung im Haushalt

Der Stromverbrauch in Privathaushalten hängt von der Wohnfläche, von den elektrischen Geräten und deren Zustand sowie vom Verhalten der Bewohner ab. Eine Einordnung des Verbrauchs ist nach Tabelle 3.9 möglich.

Tabelle 3.9 Stromverbrauch nach Haushaltsgröße (ohne Warmwasserbereitung)

	1 Person	2 Personen	3 Personen	4 Personen	5 Personen
Bewertung	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)
sehr gut	unter 700	unter 900	unter 1500	unter 2000	unter 2400
Gut	700-1000	900-1500	1500-1800	2000-3000	2400-3200
zu verbessern	1000-1300	1500-1800	1800-2400	3000-4200	3200-4400
Hoch	1300-1800	1800-2400	2400-3200	4200-6000	4400-6500
zu hoch	über 1800	über 2400	über 3200	über 6000	über 6500

Quelle: REN, NRW

Im Haushalt sind die größten Stromverbraucher Elektrogeräte wie Herd, Kühlschrank und Waschmaschine. Die Energieeffizienz der Geräte variiert sehr stark und hat einen hohen Einfluss auf den Haushaltsstromverbrauch. Elektrogeräte sind in Energieklassen von A bis F eingeteilt. Energieklasse A steht für einen niedrigen, Energieklasse F für einen hohen Stromverbrauch. Einen Überblick verschafft die Tabelle 3.10 [NEI 1999].

Tabelle 3.10 Haushaltsgeräte und ihr Stromverbrauch

Gerät	niedrigster Stromverbrauch	Mittlerer Stromverbrauch	hoher Stromverbrauch
	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)	(kWh/Jahr)
Kühlschränke ohne Sternefach (Standgeräte)	128	197	400
Kühlschrank mit (***)-Fach (Standgerät)	190	268	346
Gefrierschränke (Standgerät bis 200 Liter)	208	322	566
Waschmaschine (Frontlader 4,5-5 kg)	178	216	290
Wäschetrockner	350	714	810
Geschirrspülmaschine	273	343	440
Summe	1327	2060	2852

Es ist sinnvoll, Nutzern von energetisch sanierten Gebäuden eine Kurzzusammenfassung mit Einsparmöglichkeiten an die Hand zu geben. Bei besonders engagierten Projekten kann auch ein Zuschuss für die Anschaffung von effizienten Geräten gewährt werden oder eine Gratis-Ausstattung mit Energiesparleuchten.

Ein kurzer **Handlungsleitfaden zum Stromsparen:**

Kühl- und Gefriergeräte: Je kühler der Aufstellort, desto geringer der Energieverbrauch, ungünstig neben Herd, Spülmaschine oder Heizung; Hinterströmung des Wärmetauschers hinter dem Gerät sicherstellen; Gefrierfach regelmäßig abtauen

Waschmaschine: Warmwasseranschluss ist sinnvoll, wenn die Warmwasserbereitung durch den Heizkessel oder solar bereitgestellt wird; Kochwäsche bei 60°C ist ausreichend, Buntes bei 30°C, Waschen ohne den Vorwaschgang spart 15 Prozent

Wäschetrockner: Wäsche vor dem Trocknen gut schleudern, mindestens 1000 U/min;

Wäsche nach Textilart sortieren um gleiche Trockenzeiten zu erreichen; Flusensieb regelmäßig reinigen und Fassungsvermögen ausnutzen

Geschirrspülen Geschirrspüler an Warmwasser anschließen (s. o.); nur volle Geschirrspüler anstellen.

Kochen: Gasherde sind primärenergetisch deutlich günstiger als Elektroherde (dabei auf Lüftung achten wegen der Schadstoffemissionen bei der Verbrennung); Kochen bei geschlossenem Deckel, mit wenig Wasser, Restwärme beim E-Herd nutzen; Wasser im Wasserkocher erhitzen.

Beleuchtung: Für die Beleuchtung wird fast 10 Prozent des Stroms im Haushalt benötigt, das Einsparpotential ist groß: sinnvoll sind Leuchtstoff- und Energiesparlampen, keine Halogenleuchten mit Trafo als Dauerverbraucher; Tageslicht nutzen spart am besten!

Stand-by-Modus: Geräte ohne Stand-by-Modus kaufen: moderne Geräte verfügen statt dessen über automatische Abschaltungen; ansonsten Geräte ausschalten; zu den heimlichen Stromfressern gehören Computer, Fernsehgeräte, SAT-Receiver und Stereoanlagen,

Telefonanlagen, Anrufbeantworter, Faxgeräte und andere; Alternative: Zwischenschalten von Stromspargeräten, welche den Stand-by-Verbrauch erheblich reduzieren.

3.3.2 Stromeinsparung bei der Haustechnik

Für die technische Gebäudeausrüstung und die erforderliche Hilfsenergie gibt es ebenfalls grundlegende Handlungsmöglichkeiten:

System mit möglichst einfacher Regelung und geringer Anzahl von Pumpen und Hilfsaggregaten wählen.

Regelungen so einfach wie möglich, leistungsgeregelt und mit minimalem Stand-By-Verbrauch wählen; komplette Abschaltung der geregelten Anlage für nicht erforderliche Zeitbereiche muss möglich sein.

Kessel und Aggregate mit optimierter Elektrik, Pumpen und Ventilatoren wählen, Leistungsaufnahme von den Herstellern abfragen. Da die Kessel für sehr energiesparende Gebäude ohnehin zu groß dimensioniert sind, ist zu überprüfen, ob der Betrieb für wenige Stunden am Tag ausreicht (z. B. kurz morgens und abends) und die Geräte ansonsten stromlos sind.

Pumpen mit möglichst geringer Leistung auswählen und genau auf ein optimiertes Rohrnetz abstimmen, hydraulischen Abgleich ausführen und Inbetriebnahme überprüfen; geregelte Pumpen sind sinnvoll, wo stark variierende Durchflüsse auftreten, ansonsten können exakt dimensionierte nicht geregelte Pumpen Vorteile aufweisen [Werner 1997].

Zirkulation (z. B. Warmwasser) möglichst vermeiden durch zentrale Anordnung der Haustechnik mit kurzen Leitungswegen und möglichst klein dimensionierten Leitungsquerschnitten.

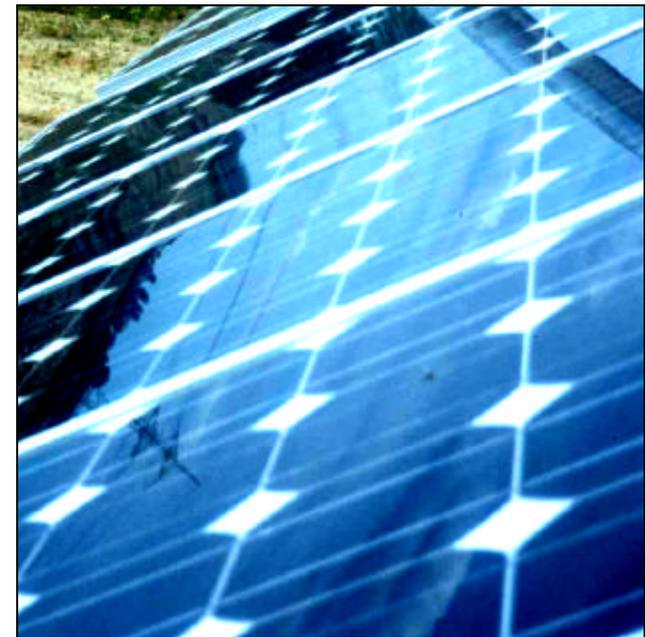
Lüftungstechnik mit optimierten Gleichstromventilatoren einsetzen.

Dezentrale Stromerzeugung

Es geht nicht nur darum, den Verbrauch von Energie bei Gebäuden zu reduzieren. Es sind darüber hinaus zahlreiche Techniken verfügbar, die Gebäude zu Energieproduzenten werden lassen. Die Liberalisierung am Strommarkt sowie zahlreiche technische Entwicklungen führen dazu, dass dezentrale Konzepte zur Stromerzeugung von verschiedenen Seiten intensiv verfolgt werden. Gegenüber konventioneller zentraler Kraftwerkstechnik kann ein besserer Wirkungsgrad durch Nutzung der Abwärme erzielt werden oder regenerative Energiequellen können besser genutzt werden. Darüber hinaus wird das Problem der teuren Leistungsspitzen kreativ angegangen. Industriezweige mit der Thematik des Energiemanagements entstehen derzeit und ermöglichen Netzverbände mit allen Facetten des Stromhandels und eines rationelleren Umgangs mit Energie.

Die Kraft-Wärme-Kopplung wird ausgebaut werden und die Aggregate in den nächsten Jahrzehnten zunehmend mit neuen Techniken wie z. B. Brennstoffzellen betrieben. Darüber hinaus kann Strom dezentral regenerativ erzeugt werden durch Fotovoltaik. Windkraft und Wasserkraft sind weitere regenerative Quellen, die allerdings im allgemeinen nicht direkt in Verbindung mit einem Gebäude installiert werden. Die direkte Nutzung ist durch den Stromverbund allerdings möglich. Marketingmäßig kann dadurch aus einem Niedrigstenergiehaus ein Plus-Energiehaus gemacht werden.

Bild 3.17 Photovoltaik-Modul



4 Wohnkomfort – Gratiszugabe bei hohem energetischem Standard

4 Wohnkomfort – Gratiszugabe bei hohem energetischen Standard

4.1 Raumklima und Raumluftqualität: Grundlagen und Ableitungen aus den Messergebnissen an Passivhäusern

Die Erfahrungen mit dem Bau von Niedrigenergie- und Passivhäusern haben in den letzten fünfzehn Jahren gezeigt, dass Energiespartechniken bei richtiger Anwendung zugleich zu hohem Komfort für die Bewohner führen. Das ergibt sich aus den Grundregeln der Bauphysik, welche die zentralen Anforderungen an gesundes Wohnen und die Schaffung eines möglichst optimalen Raumklimas sehr schön erklären. Obwohl seit langem bekannt, werden sie in der gängigen Baupraxis nicht gerade umfassend angewandt. Integrale Planung von Architekt, Bauphysiker und Haustechnik-Projektant in Abstimmung mit dem Bauherrn führt zu sinnvollen Hauskonzepten. Werden bauphysikalische Problemzonen bereits bei der Sanierungskonzeption vermieden, müssen sie nicht mehr durch kostenträchtige Haustechnik-Eingriffe behoben werden.

Die gezielte Sicherung der Raumluftqualität ist bisher nur bei wenigen Planern Bestandteil der Planung. Sie ergibt sich mehr zufällig aus der Wahl der Baumaterialien, Ausstattungsgegenstände und den Nutzereinflüssen samt Lüftungsverhalten. Ein erstaunlicher Zustand angesichts der Tatsache, dass wir der uns umgebenden Luft ausgeliefert sind – sie ist gleichzusetzen mit einem Lebensmittel. Der Unterschied liegt darin, dass wir unappetitliche Speisen liegen lassen können – atmen müssen wir aber ständig!

Bei der Einführung von innovativen Techniken ist es dringend geraten, Qualitätssicherung zu betreiben. Bei zahlreichen Passivhäusern sind

Raumklima- und Raumluftfaktoren intensiv überprüft worden [Gilgen et al 1997 / Schulze Darup 2002].

4.2 Bauphysik (Behaglichkeitsanforderungen)

Die DIN 1946 führt als Komponenten für die Behaglichkeit die bauphysikalische Ausbildung des Raumes und das individuelle Befinden des Menschen an. Die vier klassischen Raumklima-Faktoren sind Lufttemperatur, Temperatur der Umschließungsflächen, relative Feuchte sowie Luftbewegung und Luftschichtung im Raum.

Eine gleichrangige Bedeutung haben Tätigkeitsart und Kleidung der Bewohner. Darüber hinaus gibt es zahlreiche individuelle Einflüsse wie die Konstitution und Sensibilität der Nutzer etc. Weitere Rahmenbedingungen sind nutzungsbedingte Faktoren wie u. a. die Raumbesetzung, die Art der Lüftung und nicht zu vergessen der Einfluss von akustischen Einflüssen, Licht sowie Einstrahlung.

4.2.1 Wärme

Ein möglichst ausgeglichener Wärmehaushalt des Körpers ist Grundvoraussetzung für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen. Unsere Körpertemperatur beträgt konstant ca. 37 °C mit Abweichungen einzelner Organe und Körperteile wie z. B. die Leber mit 40 - 41 °C, Nase und Ohren mit ca. 22 °C und die Haut mit ca. 31 - 32 °C. Die Kleidung übt einen starken Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden aus. DIN 33403 stellt diesen bauphysikalischen Aspekt in clo-Einheiten (**clo**) dar: 1 clo = 0,155 m²K/W (entspricht der Wärmedurchlasszahl $\Lambda = 5,45 \text{ W/m}^2\text{K}$). Um sich bei 20 °C ohne Bewegung wohl zu fühlen, benötigen die meisten Menschen normale Kleidung mit Pullover.

Der Mensch erzeugt Wärme zur Aufrechterhaltung seiner Körperfunktionen. Die Wärmeproduktion erfolgt durch Verbrennen der Nahrung mit aufgenommenem Sauerstoff und verändert sich in Abhängigkeit von der Tätigkeit: 65-85 Watt bei völliger Ruhe im Liegen, 100 Watt bei leichter Tätigkeit, ca. 250 Watt bei Gymnastik und bis zu 500 Watt bei Schwerstarbeit.

Die erzeugte Wärme muss der Körper wieder abgeben, um seine konstante Temperatur von 37 °C und mithin Wohlbefinden zu bewahren. Dazu besitzt er grundlegend vier Möglichkeiten:

- Wärmestrahlung von der Körperoberfläche an raumumschließende Oberflächen und Gegenstände im Raum
- Wärmekonvektion von der Körperoberfläche an die Raumluft
- Wasserverdunstung durch Atmung und Schwitzen
- Wärmeleitung über Fuß- oder Schuhsohle beim Stehen bzw. sonstige Körperteile beim Sitzen und Liegen.

Ausschlaggebend für die wärmetechnische Gestaltung des Raumes ist die empfundene Raumlufttemperatur. Sie ermittelt sich näherungsweise als arithmetisches Mittel aus der Raumumschließungsflächentemperatur (Außen- und Innenwände, Decke, Fußboden, Fenster, Möbel) und Raumlufttemperatur. Sie sollte ca. 19 - 20 °C betragen.

Größere Abweichungen als 4 ° C zwischen Raumluft- und Raumumschließungsflächentemperatur sowie zwischen den einzelnen Oberflächentemperaturen werden als unbehaglich empfunden. Gleichmäßig hohe Temperaturen der Umschließungsflächen möglichst nahe an der Raumlufttemperatur führen zu hoher Behaglichkeit und wirken äußerst günstig auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bewohner.

Bild 4.1
Niedrige Oberflächentemperaturen der Umfassungsflächen auf Grund schlechter Dämmung erfordern eine hohe Raumlufttemperatur und hohe Temperaturunterschiede zwischen Flächen und Raumluft (außen -10 °C)

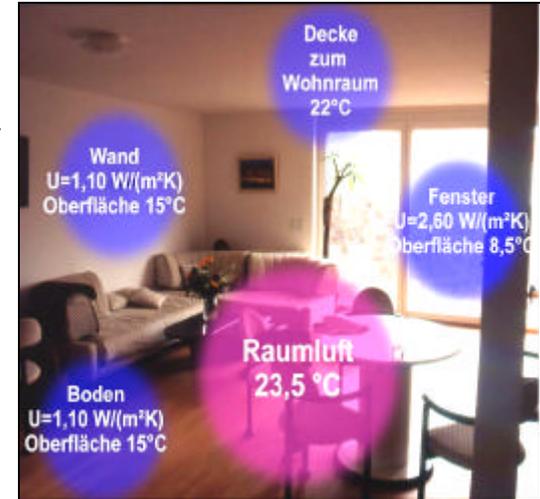


Bild 4.2
Gut gedämmte Umfassungsflächen führen zu komfortablen Oberflächentemperaturen an der Innenseite und hoher Behaglichkeit bei niedriger Raumlufttemperatur um 20 °C, die maximale Temperaturdifferenz beträgt 3,5 K



Bei Erhöhung des baulichen Wärmeschutzes ergibt sich zwangsläufig eine angenehme innere Wandoberflächentemperatur der Konstruktionsteile. Hohes Wärmedämmvermögen führt mithin zu einer deutlichen Verbesserung der Behaglichkeit und der gesundheitsrelevanten Faktoren. Dies gilt sowohl für den winterlichen als auch für den sommerlichen Wärmeschutz.

Die Raumlufttemperatur, bei der sich Behaglichkeit einstellt, liegt bei gut gedämmten Gebäuden niedriger als bei Gebäuden mit kalten Innenoberflächen der Außenbauteile. Auch bei Flächenheizungen wird dieser Effekt genutzt.

4.2.2 Feuchte

Der Mensch kann Raumluftfeuchte nicht unmittelbar wahrnehmen. Sie wird in einem Bereich zwischen 35 und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit als behaglich empfunden. Ideal sind Werte um 45 % r. F.

Tabelle 4.1 Aspekte hoher und geringer Raumluftfeuchte

hohe Feuchte	geringe Feuchte
ab 65 % r. F. überwiegt Wärmeabgabe durch Verdunstung (Schwitzen, flache Atmung)	Austrocknungserscheinungen an den Schleimhäuten (bei Staubbelastung)
Feuchter Staub fördert Mikroorganismen	Ausbreitung von Gerüchen wird begünstigt
Hausstaubmilben vermehren sich	Unter 45 % r. F. sterben Milben ab
Schimmelpilzbildung (ab 65 % r. F. einige Aspergillus-Arten, ab 80 % r. F. Cladosporium herbarum und Penicillium-Arten)	Bildung von Staub und die Verbreitung in der Raumluft wird begünstigt elektrostatische Aufladung erhöht sich unterhalb 40-30 % r. F

Durch die Nutzung eines Gebäudes wird ständig Wohnfeuchte in Form von Wasserdampf und Wasser in die Räume eingetragen. Bei einem 4-Personen-Haushalt werden täglich ca. 10 – 14 Liter Wasser freigesetzt. Das subjektive Verhalten von Bewohnern hat einen hohen Einfluss auf den Feuchteeintrag. Zugleich ist richtiges Lüften essentiell für die Entfeuchtung des Wohnbereichs. Wenn dies nicht erfolgt, wird durch den Niederschlag von Kondensfeuchte an den kältesten Punkten der Wohnung Feuchte entstehen. In deren Folge bilden Mikroorganismen wie Schimmelpilz etc.

Dampfdiffusion

Dampfdiffusion ist der Transport des Wasserdampfes durch eine Konstruktion hindurch. Der Diffusionsvorgang wird durch unterschiedliche Wasserdampfdrucke auf beiden Seiten des Bauteils bewirkt. Im Winter ist der Druck auf der Innenseite höher. Also wandert der Wasserdampf durch die Wand nach außen. Bei schwülen Sommersituationen läuft der Vorgang in der umgekehrten Richtung. Bauteile setzen dem Wasserdampfdurchgang Widerstände entgegen. Ein Maß dafür ist die dimensionslose Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ . Den tatsächlichen Diffusionswiderstand, bezeichnet als diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d , erhält man durch Multiplikation von μ mit der Bauteildicke d .

Kondenswasserbildung

Wasserdampf ist ein trockenes Gas, welches keine Bauschäden verursachen kann. Wenn allerdings wasserdampfhaltige Luft abkühlt erhöht sich die relative Luftfeuchte. Bereits ab 75 % [Hauser, Stiegel 1997] bis 85 % [DIN 4108] relativer Feuchte fällt Kondenswasser z. B. an Bauteilen in Tropfenform an. Im Wohnbereich stellen Oberflächentemperaturen unterhalb von etwa 15 ° C Probleme dar. Das gilt für alle Außenbauteile mit einem U-Wert ca. > 1,0 W/(m²K), aber auch für Wärmebrückenbereiche von Konstruktionen, die in der Fläche deutlich günstiger liegen. In der Praxis werden kaum mehr Kondenswasserprobleme beobachtet ab Konstruktionen mit einem U-Wert unter 0,3 W/(m²K).

Wärmedämmverbundsystems mit 6 bis 10 cm Dicke führen an bauphysikalischen Schwachpunkten häufig zu Kondenswasseranfall mit der Folge von Schimmelpilzbildung.

Wasserdampfkonvektion

Die meisten Feuchteschäden in Außenbauteilen entstehen nicht durch Dampfdiffusion sondern durch Wasserdampfkonvektion: durch undichte Fugen strömt wasserdampfhaltige Luft nach außen und lässt im Ausmaß der Abkühlung die enthaltene Feuchte auskondensieren. In einer Saison können durch eine Luftundichtheit mit 2,5 cm Durchmesser bis zu 30 Liter Wasser freigesetzt werden. Zur Veranschaulichung gibt Tabelle 4.2 Vergleichszahlen an.

Tabelle 4.2 Wasserdampftransport durch Konvektion und Diffusion [Borsch-Laaks 1994]

		Wasserdampf- durchgang pro Stunde
Dampf- konvektion	Fuge 1 mm x 1,00 m	16 - 38 g
	Fuge 5 mm x 1,00 m	42 - 109 g
Dampf- diffusion	diffusionsoffener Aufbau ($s_d = 0,9$ m)	$0,71 \text{ g/m}^2$
	diff.-bremsender Aufbau ($s_d = 3,7$ m)	$0,17 \text{ g/m}^2$
	diffusionsdichter Aufbau ($s_d = 33$ m)	$0,02 \text{ g/m}^2$

Kapillare Wasserwanderung

Kapillaren sind haarfeine, röhrenartige Poren, die auf Grund der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten Wasser transportieren können. Bekannt sind kapillar aufsteigende Feuchte im Mauerwerk und hygroskopische Wasseraufnahme bei Schlagregen.

Ebenso kann im Bauteil ausfallendes Kondenswasser kapillar weitergeleitet werden. Bei winterlichen Verhältnissen (außen kalt, innen warm) verläuft die kapillare Wasserwanderung entgegen der Diffusion von außen nach innen, d.h. der Diffusionsstrom wird durch die gegenläufige kapillare Wasserwanderung gemindert.

Diese Effekte sind dafür verantwortlich, dass es sehr hohe Unsicherheiten über die Bewertung von Konstruktionen bestehen: es ist verblüffend, wie durch kapillaren Wasserentzug problematische Konstruktionen dennoch ohne Schaden funktionieren können. Bei der Sanierung ist es wichtig, Folgen bei der Änderung dieses Gleichgewichtes abschätzen zu können. Es kann also vorkommen, dass eine bauphysikalisch schlechte Situation verbessert wird – und dennoch erst durch diese Maßnahme ein Schaden entsteht. Zum Beispiel weist fast jeder unausgebaute Dachboden in Fehlboden-Bauweise der Baujahre bis 1960 reichlich Undichtheiten auf. Schäden durch Wasserdampfkonvektion sind selten dokumentiert, weil im Zweifelsfall der Grund in einem Regenwassereintrag gesehen wurde. Wird dieser Dachboden gedämmt und mit einem Estrich versehen, ist sowohl die thermische Situation verbessert als auch die Luftundichtigkeit reduziert. Ist allerdings keine stimmige Luftdichtungsschicht eingebracht worden, reduzieren sich die Leckagebereiche möglicherweise auf einen anfälligen Bereich, z. B. an einem durchdringenden Balken. Dort wird mit hoher Wahrscheinlichkeit Kondenswasserniederschlag zu erkennen sein.

Sorption

Sorption ist die Aufnahme von Wasser durch Baustoffe. Sie ist auch als Speicherung von sehr schnell anfallender Feuchte in Form kapillarer Wasserwanderung auf den raumseitigen Bauteiloberflächen zu beschreiben. Entscheidend für das Raumklima sind die obersten Millimeter bis Zentimeter der raumumfassenden Fläche. Gutes Sorptionsverhalten der Oberflächenstoffe führt zu einem ausgeglichenen Feuchteverhalten der Raumluft.

4.2.3 Raumluftbewegung

Die Bewegung der Raumlufte ist ein wichtiges Behaglichkeitskriterium. Besonders wenn die bewegte Luft kälter als die Raumlufte ist, wird sie als „Zugluft“ wahrgenommen, wobei die subjektive Empfindlichkeit der Menschen in diesem Punkt individuell unterschiedlich ausgeprägt ist. Luftgeschwindigkeiten über 0,15 m/s (bei 20 ° C) in Bereichen, in denen sich Menschen aufhalten, sollten vermieden werden.

Raumluftschichtung sollte so gering wie möglich ausgeprägt sein. Dies ist am besten zu realisieren, wenn die Oberflächentemperaturen der Umfassungsflächen sehr nah beieinander liegen.

4.2.4 Licht

Ausreichende Belichtung ist Grundvoraussetzung für Wohlbefinden im Gebäude. Die Bauordnungen schreiben Fensterflächen (Rohmaß) von einem Achtel der Raumfläche vor. Für Rückzugsräume ist dies ausreichend. Nebenräume können auch geringer belichtet werden. Die Hauptaufenthaltsräume sollten größere Fensterflächen aufweisen und aus Gründen der Optimierung solarer Gewinne möglichst nach Süden ausgerichtet werden. Sinnvoll ist es, das Licht möglichst hoch in den Raum einstrahlen zu lassen, d. h. die Fensteroberkante wird ohne große Sturzausbildung bis direkt unter die Decke gezogen.

Gute Belichtung wirkt im doppelten Sinn erhellend: sie hilft Kunstbeleuchtung zu sparen und wirkt bei empfindsamen Personen depressiven Anwandlungen entgegen.

4.3 Raumluftequalität und Wohnqualität

Eine hygienisch einwandfreie Raumluftequalität ist Voraussetzung für gesundes Wohnen und besitzt deshalb bei der Gebäudeplanung erste

Priorität. Die Entwicklung der Niedrigenergie- und Passivhauskomponenten war immer in eine Diskussion um diese Faktoren eingebettet. Insbesondere auf den zahlreichen Kongressen der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute wurde zwischen energetisch und chemisch-analytisch orientierten Fachleuten hart um sinnvoll gangbare Wege gerungen. Dieser Prozess begann in den achtziger Jahren und gelangte erst vor wenigen Jahren zunehmend zu synergetisch sinnvollen Lösungen [AGÖF 1998].

Die kontrollierte Wohnraumlüftung stieß zunächst auf starke Ablehnung bei Raumlufte-Analyse-Instituten und vor allem bei baubiologisch geprägten Fachleuten.

Dabei wurden vor allem zwei Fragenkomplexe diskutiert:

- Hat Lüftungstechnik negativen Einfluss auf die Raumluftequalität?
- Welche Luftwechselraten müssen eingehalten werden?

Zunächst werden einige grundlegende Zusammenhänge dargestellt, bevor anhand von Messreihen an Passivhäusern aktuelle Messergebnisse vorgestellt werden.

„Reine Luft“ ist die Zusammensetzung von Stickstoff (78,09 Vol.-%), Sauerstoff (20,95 Vol.-%), Edelgasen und Wasserstoff. Luftverunreinigungen finden statt in Form von Gasen, Dampf, Stäuben, Aerosolen und Mikroorganismen.

Der klassische Leitwert für die Raumluftebelastung ist das Kohlendioxid (CO₂). Dies beruht auf der Annahme, dass der Mensch der Hauptemissionsfaktor im Innenraum ist. Max von Pettenkofer (1810-1901), der Grundlagen für eine wissenschaftliche Betrachtung der Wohnhygiene legte, forderte einen CO₂-Wert in Innenräumen von maximal 0,1 Vol.-% (Konzentration in der Außenluft: ca. 0,03-0,05 Vol.-%).

Grundsätzlich ist die Innenluftqualität von der umgebenden Außenluft abhängig. Das muss für Raumluftmessungen bei der Auswertung berücksichtigt werden. Gegebenenfalls sind Kontrollmessungen der Außenluft zusätzlich zur Innenraumluft durchzuführen. Auf Grund von Sedimentation der Schwebstoffe in ruhiger Innenluft, Sorption und chemischer Reaktionen ist die Belastung einiger Schadstoffe in Innenräumen niedriger als außerhalb. Schadstoffe, die innerhalb der Wohnung entstehen oder freigesetzt werden, führen jedoch in der Regel zu einer deutlich höheren Konzentration als in der Außenluft.

4.3.1 Baustoffe

Die Festlegung der Baustoffe im Zusammenhang mit der Konstruktionsauswahl bietet Planer und Bauherren Handhabe zur Reduzierung der Umweltbelastung beim Bauen. Dabei sollten im Sinne einer Produktlinienanalyse die wesentlichen Phasen, die von Baustoffen durchlaufen werden, möglichst umfassend bewertet werden: Rohstoffgewinnung, Produktion, Verarbeitung, Nutzung und Verwertung.

Die Problematik besteht darin, neben der bekannten Unzahl von gestalterischen und technischen Parametern der Planung eine zusätzliche Optimierung hinsichtlich der ökologischen Belange herbeizuführen. Architekten mit durchschnittlichem Kenntnisstand sind auf diese Aufgabe nicht vorbereitet und können eine konsequente Durchführung nicht leisten. Sinnvoll ist die Einschaltung von Sonderfachleuten. Gesicherte Rahmenbedingungen für eine derartige Beauftragung sind in der Praxis nicht in allgemeingültiger Form gegeben.

Grundlageninformationen zur Materialwahl lassen sich klassischen Baustoffkundebüchern entnehmen [Henning, Knöfel 1989 / Karsten

1989 / Härig 1994] oder in systematischen Zusammenstellungen nachschlagen, die ökologische Belange besonders betrachten [Zwiener 1994 / Zwiener 1997 / Kasser, Amman 1992 / Schulze Darup 1996]. Zunehmend entstehen Informationssysteme [ECOBIS 2000] und Datenbanken [LEGOE 2002], die Hilfestellung für Entscheidungen in der Baupraxis geben können. Sie stoßen allerdings an Grenzen, wenn es um die konkrete Beurteilung einzubauender Produkte geht.

Darüber hinaus sind Ansätze zur Qualitätssicherung mittels Gebäudebrief- oder pass gegeben, die inzwischen von zahlreichen Institutionen angeboten werden. Ein Vergleich dieser Angebote ist sehr aufwendig. Die Tauglichkeit macht sich an konkreten Fragestellungen in der Baupraxis fest. D. h. der Anbieter muss in der Lage sein, seine Dienstleistung bis auf eine produktspezifische Ebene ausüben zu können. Fragen zu diesem Komplex können nur von hoch qualifizierten Dienstleistern erfüllt werden. Dazu sind einerseits Datenbanken auf Produktebene erforderlich, die obendrein eine beständige Qualitätssicherung der geprüften Materialien zusichern [LGA 2002]. Darüber hinaus muss eine Qualitätssicherung in Form von Schadstoffmessungen durchgeführt werden. Ehrlicherweise muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass solch eine konsequente Betreuung nur bei sehr komplexen Bauvorhaben mit einem engagierten Bauherren möglich sind. Vor allem bei kleinen Vorhaben wird es kaum möglich sein, ein erträgliches Kostenmaß zu erzielen.

Für die Messreihe an den Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf wurde eine aufwendige Produktrecherche, unterstützt von stichprobenhaften Schadstoffmessungen an Baustoffen durchgeführt. Eine Beschreibung zum Prozedere und die Ergebnisse von zahlreichen Messungen werden in der **Anlage Passivhaus-Neubau** [Schulze Darup 2002] zusammen gestellt.

Grundlegend muss beachtet werden, dass Aussagen über akute und chronische Giftwirkungen von Materialien von zahlreichen Faktoren abhängig sind, deren Erforschung nur zu relativ geringen Teilen als abgeschlossen betrachtet werden kann. Im Jahr 1954 waren nach den Eintragungen des „Chemical Abstract Service“ 600.000 Verbindungen synthetisiert und dokumentiert, heute sind es über 18 Millionen. In der BRD werden 30.000 Substanzen produziert, davon annähernd 5.000 in Mengen über 10 Tonnen pro Jahr [Streit 1994]. Durch die Gefahrstoffverordnung des Chemikaliengesetzes sind ca. 1.400 Stoffe als gefährlich eingestuft. Die Zahlenangaben sollen bildhaft machen, welche Diskrepanz zwischen der Unzahl von existierenden Stoffen und dem Wissen um deren Wirkung besteht. Potenziert wird das Unwissen bei Betrachtung von Wechselwirkungen verschiedener Substanzen. Raumluftmessungen zeigen, dass keiner dem Anspruch gerecht werden kann, „schadstofffrei“ zu bauen. Das Ziel sollte bei der Sanierung eines Gebäudes darin liegen, eine möglichst gewissenhafte Begleitung zu ermöglichen und umweltrelevante und gesundheitliche Belastungen auf ein erreichbares Minimum zu reduzieren.

4.3.2 Technische Gebäudeausrüstung

Heizungstechnik kann aus physiologischer Betrachtungsweise vor allem auf zweierlei Arten gesundheitsschädigend wirken:

1. Belastung der Innen- und Außenluft durch Abgase aus dem Verbrennungsprozess: dies ist besonders relevant bei Gebäuden mit Einzelofenfeuerung. Bei der Kombination mit Lüftungsanlagen muss darauf geachtet werden, dass auf keinen Fall durch eine Unterdrucksituation im Raum Abgase in die Raumluft gelangen. Öfen bzw. Brenner müssen darauf hin überprüft werden.
2. Beeinflussung der Raumluft durch die Heizfläche (Ofen-/Heizkörperoberfläche)

Alle Heizsysteme heizen auf Grund eines Anteils von Strahlungswärme und eines Anteils von Konvektionswärme. Bei der Konvektion wird Raumluft an den Heizflächen entlanggeführt und erwärmt. Durch die Zirkulation der aufgewärmten Luft tritt der Heizungseffekt ein. Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Heizfläche und Raumluft, desto angenehmer für die Nutzer des Raumes:

- Durch eine niedrige Luftbewegung wird weniger Staub aufgewirbelt und Partikel können sich eher absetzen. Je staubfreier die Atemluft, desto geringer die gesundheitliche Belastung.
- Pyrolyse von Staub beginnt ab einer Temperatur von 55 ° C, d.h. Staubbestandteile und angelagerte Schadstoffmoleküle erfahren chemische Umwandlungsreaktionen und es entstehen neue Schadstoffe.
- Niedrigtemperatur-Heizflächen sind insbesondere in gut gedämmten Gebäuden kosteneffizient und sinnvoll einsetzbar

4.3.3 Ausstattungsgegenstände und Mobiliar

Neben Baustoffen beeinflussen zusätzliche Materialien wie Bodenbeläge, Vorhänge, Regaleinbauten und Mobiliar auf Grund ihres großen Oberflächenanteils in sehr wesentlichem Maß die Innenraumluft. Deshalb gelten für deren Inhaltsstoffe grundsätzlich die gleichen Kriterien wie für die Baustoffe.

Beim Einkauf sollte auf Prüfzeugnisse und Zertifikate geachtet werden, die aussagekräftig sind und ein minimiertes Maß an Emissionen erwarten lassen. Insbesondere bei Möbeln werden von den renommierten Herstellern Emissionsmessungen und Qualitätssicherung durchgeführt.

Bei der Festlegung von Luftwechselraten beim nachträglichen Lüftungseinbau in Bestandsgebäuden ist es hilfreich, die tatsächliche Belastung der Räume in die Überlegungen einzubeziehen. Insbesondere

bei hohen textilen Anteilen (Teppichböden, Polster, Vorhänge) und hoher Einrichtungsdichte sollte die Luftwechselrate eher etwas höher eingestellt werden, um olfaktorische Einflüsse zu senken.

4.3.4 Nutzerbedingte Belastungen

Im Gebäude fallen durch die Nutzung zusätzliche Belastungen an. Der Mensch gibt Stoffwechselprodukte über die Atmung, Transpiration, den Verdauungs- und Urogenitaltrakt an die Raumluft ab. Das Atemvolumen beträgt im Normalzustand ca. 0,5 m³ je Stunde. Die dabei entstehende CO₂-Produktion beträgt normalerweise 20-30 Liter je Stunde. (12 Liter/h bei ruhendem Zustand - 180 l/h bei Schwerstarbeit). Zusätzlich werden in geringen Mengen Kohlenmonoxid, Ethanol, Methan und Aceton ausgeatmet. Raucherhaushalte stellen jegliche sonstige Belastung durch Baustoffe deutlich in den Schatten.

Über die Körperoberfläche werden Schweißkomponenten, Schweißabbauprodukte (Propion-, Butter-, Caprin-, Capron- und Isovaleriansäure), Eigengerüche der bakteriellen Hautflora und Hautoberflächenpartikel abgesondert. Weiterhin werden zahlreiche Stickstoff-Verbindungen, Zucker und Metaboliten freigesetzt.

Von **Lebensmitteln** gehen sowohl im gelagerten Zustand als auch bei der Zubereitung und vor allem bei der Zersetzung im Abfall Emissionen aus. Der Biomüll stellt einen vorzüglichen Hort für Mikroorganismen dar.

Körperreinigungsmittel bestehen aus Tensiden oder Seifen, bakterientötenden Zusätzen, Hilfsstoffen und Duftstoffen. Cremes haben als Inhaltsstoffe Wasser, Fett, Emulgatoren, Stabilisatoren, Konservierungsmittel, Feuchthaltemittel, Verdickungsmittel und Parfümstoffe, etherische Öle, Pflanzenextrakte, Eiweißstoffe, Fermente

etc. Es tritt eine Raumluftbelastung durch flüchtige Inhaltsstoffe auf. Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die Konservierungsmittel zu benennen.

Haushaltspflegemittel enthalten Konservierungsstoffe und Desinfektionsmittel wie Formaldehyd und andere Aldehyde, Phenole, Hypochlorit, Lösungsmittel wie aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe, Testbenzin, Terpentinöl, Toluol, Xylol, Alkohole, Ester, Ketone, organische Säuren etc.

Für **Heimwerkermaterialien** gelten die gleichen Aussagen wie bei den Baustoffen. Wichtig ist ggf. der Hinweis, belastende Materialien in Ablufträumen aufzubewahren. Allein durch diese geringe Eingriffsmöglichkeit können hohe hygienische Vorteile beim Einbau einer Lüftungsanlage gewonnen werden.

4.4 Ergebnisse von Messreihen an Passivhäusern

Im Rahmen der Erstellung von vier Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf wurden umfangreiche Qualitätssicherungen an den Gebäuden durchgeführt. Eine Förderung wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gewährt. Im folgenden werden die Untersuchungen zur Raumluftqualität und zu bauphysikalischen Parametern dargestellt. Die Arbeiten wurden durch AnBUS, Fürth durchgeführt. Die Analytik erstellte die LGA Bayern in Nürnberg ohne Berechnung der dafür entstandenen Kosten. Die Koordination und Betreuung lag beim Architekturbüro Schulze Darup. Auswertung und Dokumentation wurden gemeinsam seitens AnBUS, Fürth und Arch. Schulze Darup durchgeführt.

4.4.1 VOC's

VOC's sind flüchtige organische Verbindungen und werden in Form von Lösemitteln, Lösevermittlern, Reinigungsmitteln, Monomeren oder Schaummitteln insbesondere während der Bau- oder Renovierungsphase in ein Gebäude eingebracht. Durch die Nutzer erfolgt ein weiterer Eintrag durch Einrichtungsgegenstände, Reinigungsmittel oder Kosmetika.

Bei den Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf wurde im Vorfeld der wissenschaftlichen Begleitforschung festgelegt, dass bereits während der Bauphase mit den Messungen der VOC's begonnen wird, um die Einflüsse der verschiedenen Gewerke und des Nutzerverhaltens unterscheiden zu können. Abbildung 4.1 zeigt den Verlauf der Messwerte. Im Februar 2000 befanden sich die Häuser in der frühen Ausbauphase (Putz, Estrich). Die Endausbauphase mit hohem Lösemittleinsatz erfolgte im Mai 2000. Die Einzugstermine und letzten Ausbaurbeiten lagen im Juni 2000. Danach wurden die Messungen eineinhalb Jahre fortgeführt.

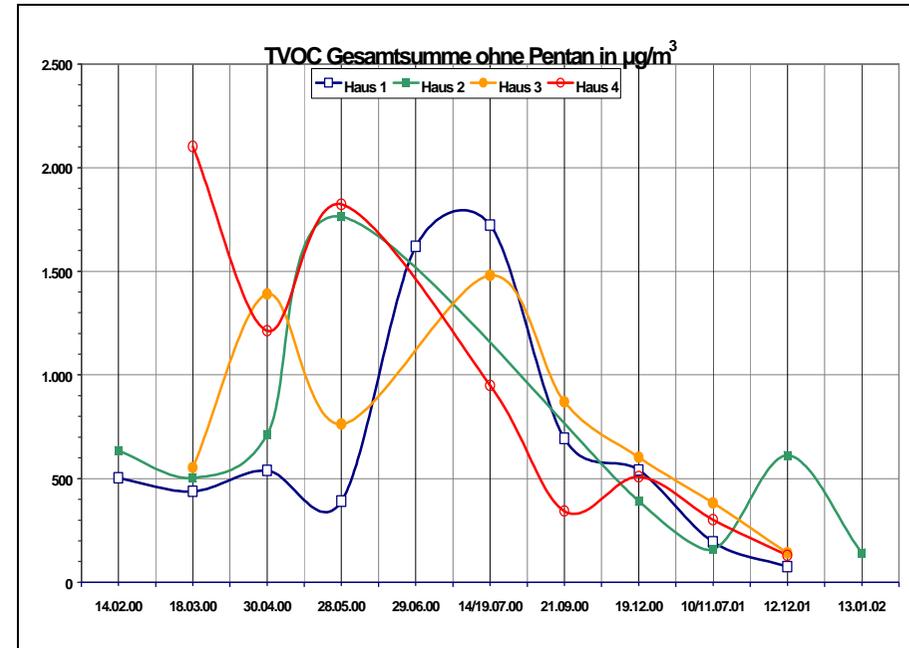


Abb. 4.1 Ergebnisse der VOC-Messungen bei Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf: die höchsten Werte wurden in der Ausbauphase gemessen (April – Juni 2000); beim Einzug entstand ein zusätzlicher kleiner Peak durch Möbel, Einrichtungen und Nutzereinflüsse; danach klingt die Kurve ungewöhnlich schnell ab

Die VOC-Summe ohne Pentan, wie sie üblicherweise betrachtet wird, liegt bei den durchgeführten Untersuchungen auch während der Neubauphase eher im unteren des zu erwartenden Bereiches, sodass sich die Auswahl der Baustoffe bezüglich einer Minimierung des Ausgasungspotentiales messtechnisch bemerkbar macht. Das Erreichen der Zielwerte bereits ein halbes Jahr nach Einzug im Juni/July 2000 lässt nach Erfahrung aus konventionellen Gebäuden, bei denen das Absinken deutlich langsamer geschieht auf einen positiven Einfluss der Lüftungsanlage schließen.

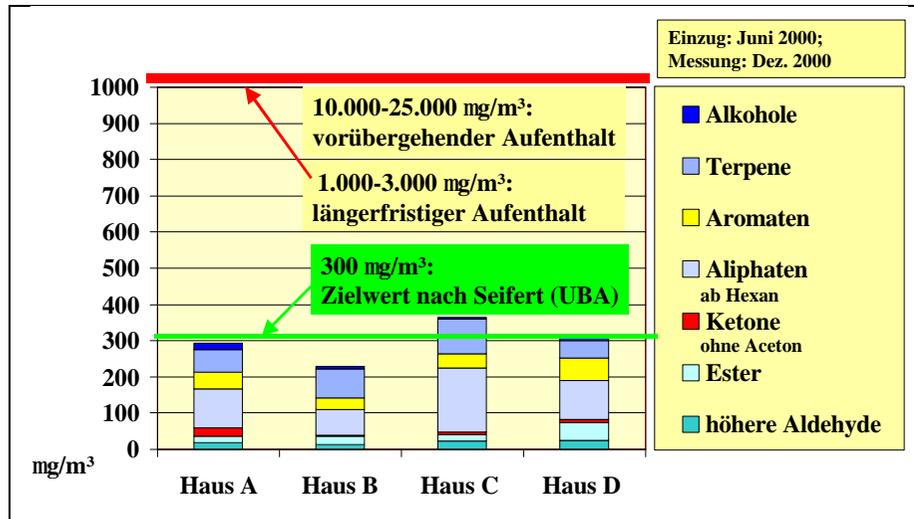


Abb. 4.2 Ergebnisse der VOC-Messungen bei Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf fünf Monate nach dem Einzug: der strenge Seifert-Zielwert von 300 µg/m³ ist erreicht

4.4.2 Formaldehyd

Formaldehydbelastungen ergeben sich vor allem aus Holzwerkstoffen und in sehr geringem Maß aus üblichem Bauholz. Im allgemeinen erhöhen sich die Belastungswerte durch die Nutzereinflüsse, vor allem durch die Möblierung. Die zu erwartende Abklingkurve liegt deutlich niedriger als bei den VOC's. Der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) angegebene Richtwert, bei dem kein oder nur geringer Anlass zur Sorge um die menschliche Gesundheit besteht, liegt bei 60 µg/m³ bzw. 50 ppb. Ab 100 µg/m³ (83 ppb) sieht die WHO deutlichen Grund zur Besorgnis. Der vom Bundesgesundheitsamt angegebene Eingriffswert liegt bei 125 µg/m³ bzw. 100 ppb. Dieser Wert sollte unbedingt auch unter ungünstigen Bedingungen eingehalten werden. Ein Überschreiten signalisiert akuten Handlungsbedarf. In schadstoffarmen Innenräumen findet sich üblicherweise ein Formaldehydgehalt zwischen 20-40 µg/m³. Die Außenluft enthält bis zu 20 µg/m³.

Bei den Messungen der Nürnberg Passivhäuser liegen die Werte auf dem Niveau von üblichen unbelasteten Gebäuden mit der charakteristischen Konzentration durch Nutzungseinflüsse. Der untere Richtwert der WHO, bis zu dem kein oder nur geringer Anlass zur Besorgnis besteht, wurde bei allen Messwerten deutlich unterschritten. Ein zeitlicher Verlauf der Messwerte ist nicht erkennbar. Darüber hinaus ist wider Erwarten kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen aus dem Dachgeschoss, in dem formaldehydhaltige Holzwerkstoffplatten (OSB) eingebaut wurden, erkennbar. Dies ist überraschend vor dem Hintergrund, dass in einer Prüfkammer-Kontrollmessung bei den OSB-Platten ein Wert knapp unterhalb der E1-Klassifikation gemessen wurde (0,099 ppm) – der vierfache Wert gegenüber der seitens des Lieferanten zugesicherten Qualität von 0,025 ppm. Als einzige Erklärung bietet sich hierfür der positive Einfluss der Lüftungsanlage auf den Luftwechsel an.

Tabelle 4.3 Formaldehyd-Messwerte der Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf

Haus 1							
Messort	EG	DG	1.OG	1.OG	1.OG	1.OG	1.OG
Datum	14.02.00	14.02.00	30.04.00	28.05.00	29.06.00	21.09.00	19.12.00
[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6	15	12	18	23	31	41

Haus 2							
Messort	EG	DG	1.OG	1.OG	DG	1.OG	1.OG
Datum	14.02.00	14.02.00	30.04.00	28.05.00	21.06.00	21.09.00	19.12.00
[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	10	18	25	18	21	18	27

Haus 3						
Messort	1.OG	1.OG	1.OG	DG	1.OG	1.OG
Datum	30.04.00	28.05.00	14.07.00	14.07.00	21.09.00	19.12.00
[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	9	28	11	17	23	25

Haus 4						
Messort	1.OG	1.OG	1.OG	DG	1.OG	1.OG
Datum	30.04.00	28.05.00	14.07.00	14.07.00	21.09.00	19.12.00
[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11	17	33	29	27	34

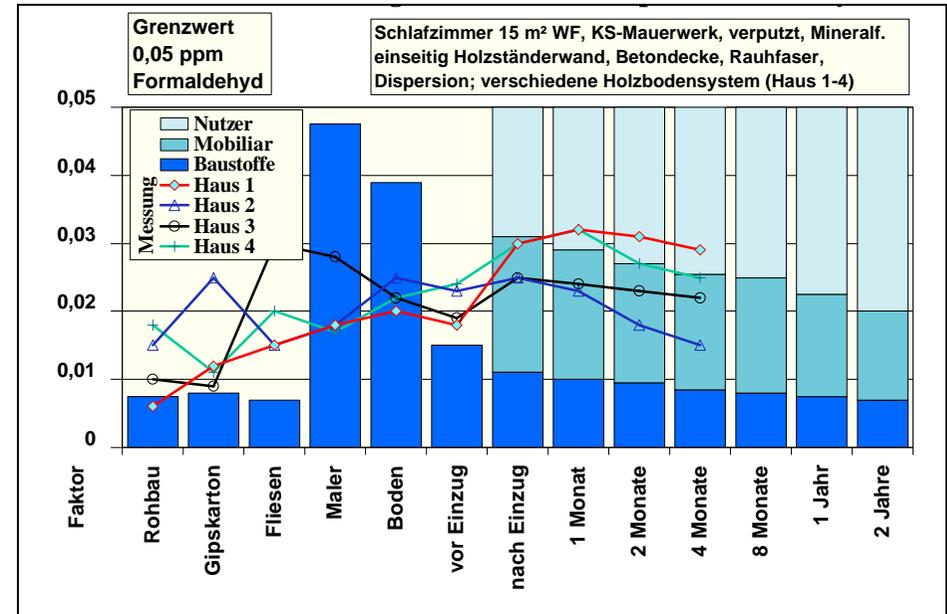


Abb. 4.3 Prognostizierte und gemessene Raumluftbelastung mit Formaldehyd am Beispiel der Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf

4.4.3 Hausstaub, Mikroorganismen und allergisierende Stoffe

Staub ist ein gutes Adsorptions- und Transportmedium für biogenes Material und viele schwerflüchtige organische Substanzen. Die Staubbelastung von Innenräumen wird vor allem durch folgende Faktoren hervorgerufen [BMU 1992]:

- biogene Stäube (z. B. Hausstaubmilben und ihre Exkremente, Haare und Hautepithelien, Absonderungen von Wohnungsungeziefer, Pilzsporen, tierische und pflanzliche Produkte wie Wollteppiche, Bettwäsche sowie Holzstaub),
- Luft- und Bodenstaubeinträge von außen,
- offene Feuerstellen und Flammen (Ruß und Asche),

- mechanischer Abrieb (von Bodenbelägen, Putz, Textilien etc.),
- Tabakrauch,
- Fasern und sonstige Partikel, die z. B. aus Baumaterialien durch Undichtigkeiten.

Staub kann durch Hautkontakt, über den Magen-/Darmtrakt und vor allem über die Atemluft aufgenommen werden. Besonders gefährlich sind Staubpartikel, die kleiner als 1 μm sind, weil sie bis in die Lungenbläschen eindringen können und dort abgelagert werden. Von 1-10 μm erreichen sie nur die oberen Luftwege, oberhalb 10 μm dringen sie nur in den Nasen-Rachenraum ein.

Staubpartikel sedimentieren in Abhängigkeit von Größe und Dichte. Die Sinkgeschwindigkeit in ruhiger Raumluft beträgt bei 0,1 μm Partikeldurchmesser weniger als 1 cm je Stunde (vgl. Viren < 0,1 μm), bei 1 μm sind es schon 10 cm je Stunde (vgl. Bakterien 1,0-4,0 μm), bei 10 μm der hundertfache Wert von 10 m und bei 100 μm (= 0,1 mm) ist es 1 km je Stunde.

Pilzsporen gelangen durch Lebensmittel oder durch die Außenluft in Aufenthaltsräume. Die Innenraumkonzentration liegt im Vergleich zur Außenluft gewöhnlich bei 40-50 % der Sporen. Ist die Innenkonzentration höher, so ist von einer belastenden Quelle auszugehen. Gute Voraussetzungen für Pilzbefall sind hohe Raumluftfeuchte und feuchte Wände. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Pilze, die in Innenräumen vorkommen können. Die am häufigsten auftretenden sind *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* spp., *Mycelia sterilia*, *Alternaria* spp., *Mucor* und *Aspergillus* spp.

Schimmelpilze finden im Hausstaub ideale Wachstumsbedingungen. Pro Gramm Staub können bis zu einer Millionen Sporen vorkommen. Schimmelpilze scheiden Stoffe mit hohem Allergisierungspotential aus und können Pilz- und Infektionskrankheiten auslösen. Einige der über

150 verschiedenen *Aspergillus*-Arten (Gruppe der Aspergillaceen) haben Ausscheidungsprodukte mit hohem toxischen und karzinogenem Potential (Aflatoxine). Sie schwächen bei Mensch und Tier das Immunsystem. [Streit 1994]

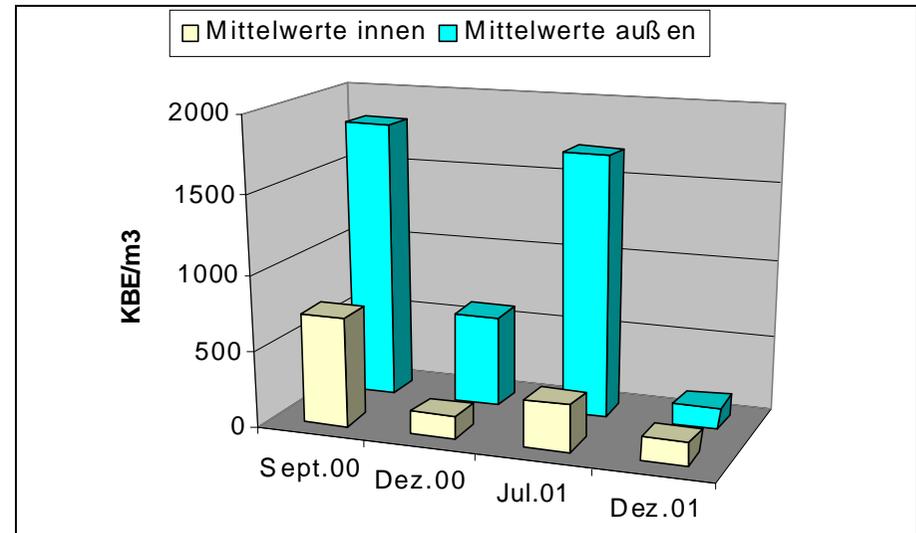


Abb. 4.4 Vergleichende Untersuchung auf koloniebildende Schimmelsporen Innenluft – Außenluft bei Gebäuden mit Ablufwärmerückgewinnung; die Ergebnisse zeigten keine Quellen von mikrobiellem Befall durch die Lüftungssysteme; im Dezember 01 befand sich in einem Gebäude eine Quelle für eine außerordentlich hohe Schimmelpilzbelastung, die allerdings nicht mit der Lüftungsanlage bzw. der baulichen Ausführung im Zusammenhang stand [Schulze Darup 2002]

„Bei der vergleichenden Untersuchung bei den Passivhäusern in Nürnberg auf koloniebildende Schimmelsporen zwischen der Raumluft und der Außenluft konnte bei einer rein quantitativen Auswertung in den Räumen kein gegenüber der Außenluft signifikant erhöhtes Vorkommen koloniebildender Schimmelsporen festgestellt werden. In den meisten Fällen liegen die ermittelten Sporenzahlen in den untersuchten Räumen deutlich unter der jahreszeitlich bedingten, relativ

hohen Außenkonzentration, was in Abhängigkeit vom Reinigungszustand für Häuser ohne mikrobiologische Probleme zu erwarten ist. Dies entspricht nach langjährigen Erfahrungen auch den Ergebnissen von Gebäuden ohne mechanische Lüftungsanlage.

In der Tendenz lagen die Werte im zum Vergleich herangezogenen Haus 5 in Erlangen ohne zentrale Lüftungsanlage und damit ohne Partikelfilter deutlich höher als in den Passivhäusern mit zentraler Lüftungsanlage und Partikelfilter. Daraus lässt sich ableiten, dass von der Lüftungsanlage keine mikrobielle Belastung der zugeführten frischen Außenluft ausgeht, sondern eher noch ein Teil der Außenluftsporen durch die Filter zurückgehalten wird und so nicht in den Innenraum gelangt.

Dies wird bestätigt durch die Messungen im Dezember 2001. In Haus 2 war die Lüftungsanlage vor der Messung am 12.12.2001 urlaubsbedingt seit 4.12.2001 ausgeschaltet. Die Messungen ergaben sehr niedrige Keimzahlen in der Luft. Nach der Probenahme wurde die Lüftungsanlage eingeschaltet und am Tag darauf eine weitere Messung durchgeführt, die keine Erhöhung der gemessenen Keimkonzentrationen ergab.“ [Schulze Darup 2002]

Tierische Allergene wie Haare, Federn, Schuppen und Exkremate von Tieren im Haus sowie Teilchen von verendeten Insekten können allergische Reaktionen beim Menschen auslösen. Besondere Bedeutung kommt dabei der **Hausstaubmilbe** (meist: *Dermatophagoides pteronyssinus* oder *D. farinae*) zu. Bevorzugte Aufenthaltsbereiche sind Matratzen, Bettzeug, Teppichboden und Polstermöbel. Das Hauptallergen ist ihr Kot, der sich wiederum an Staubpartikeln anlagert.

Pflanzliche Allergene und Pollen können ebenfalls gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen haben. Blumen können Wohlgeruch, aber auch Kopfschmerzen und Unwohlsein verursachen. Allergische Reaktionen können durch Chrysanthemen, Astern, Dahlien, Kokardenblumen, Margeriten, Primeln [Katalyse 1992] u. a. ausgelöst werden. Pflanzenpollen, die allergen wirken, sind vor allem Birke, Lieschgras, Roggen und Beifuss. Die Pollen gelangen mit der Außenluft in die Wohnräume. Neben den Pollen sind pflanzliche Teile wie Getreide-, Mehl- und Baumwollstäube für allergiegefährdete Personen relevant.

Durch Filter von Lüftungsanlagen lassen sich Pollen und Stäube ausfiltern.

4.4.4 Mittelzeit-Verlaufsmessungen (CO₂, Feuchte)

Verlaufsmessungen zeichnen über Messgeräte in Verbindung mit Datenloggern in einem frei wählbaren Zeitraster bauphysikalische Werte auf. Daraus lassen sich z. B. Feuchte, Temperatur und CO₂ über einen längeren Zeitraum messen und mitunter sehr deutlich Rückschlüsse auf das Bewohnerverhalten sowie die bauphysikalische Qualität des Gebäudes ziehen.

Bestandswohnungen mit Fensterlüftung weisen Feuchtigkeitswerte auf, die starken, witterungs- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen unterliegen. Auch zeigen vergleichende Untersuchungen, dass Feuchtigkeitsprobleme durch aktives Fensterlüften nur mit höherem Aufwand zu lösen sind. Selbst bei ausgiebigem Lüften können in Standardgebäuden Situationen entstehen, die zu Kondenswasserniederschlag mit der Folge von Schimmelpilzwachstum führen. Dämmdicken im Bereich des Passivhausstandards ergeben sich aus bauphysikalischer Sicht keine Wärmebrückenbereiche, selbst an

ungünstigen Stellen beim Sanierungsfall sind die Probleme eher gering. Dadurch kann es selbst bei hoher relativer Luftfeuchte kaum zu Feuchtschäden oder gar Schimmelpilzwachstum führen. Bei Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage wird darüber hinaus die Raumluftfeuchte in einem sehr komfortablen Rahmen gehalten, in den Kernzeiten der Heizsaison im allgemeinen zwischen 30 und 40 % r.F.

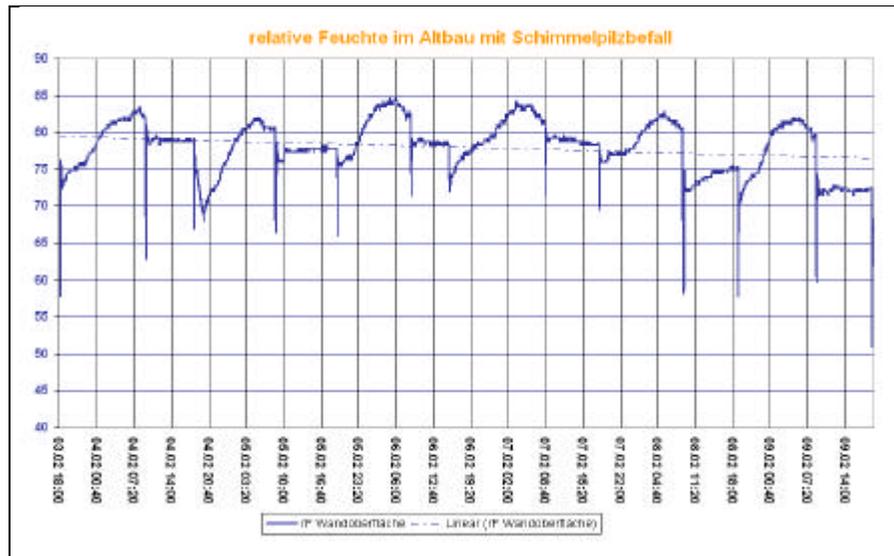


Abb. 4.5 Raumluftfeuchte im Schlafzimmer eines Altbaus mit Schimmelpilzproblemen, d. h. mit unzureichender Dämmung unter geringer Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwände

Am Beispiel eines Altbaus wird bei Abbildung 4.5 die Raumluftfeuchte im Schlafzimmer aufgezeichnet. Dadurch wird der messtechnische Nachweis für die Gründe des dort angetroffenen Schimmelpilzwachstums erbracht: trotz durchgeführter Fensterlüftung (die Einschnitte in den Kurven sind deutlich sichtbar) ist die Feuchte für die Heizperiode deutlich zu hoch und Schimmelpilzwachstum an den kalten Außenwänden die Folge. Mit der durchgeführten

Fensterlüftung schaffen es die Nutzer nicht, die Raumfeuchte auf ein unkritisches Maß zu senken. Nach jedem Lüftungsvorgang steigt die Feuchte sofort wieder an, eine ausreichende Entfeuchtung ist trotz der zwei- bis dreimal täglichen Lüftung nicht gegeben.

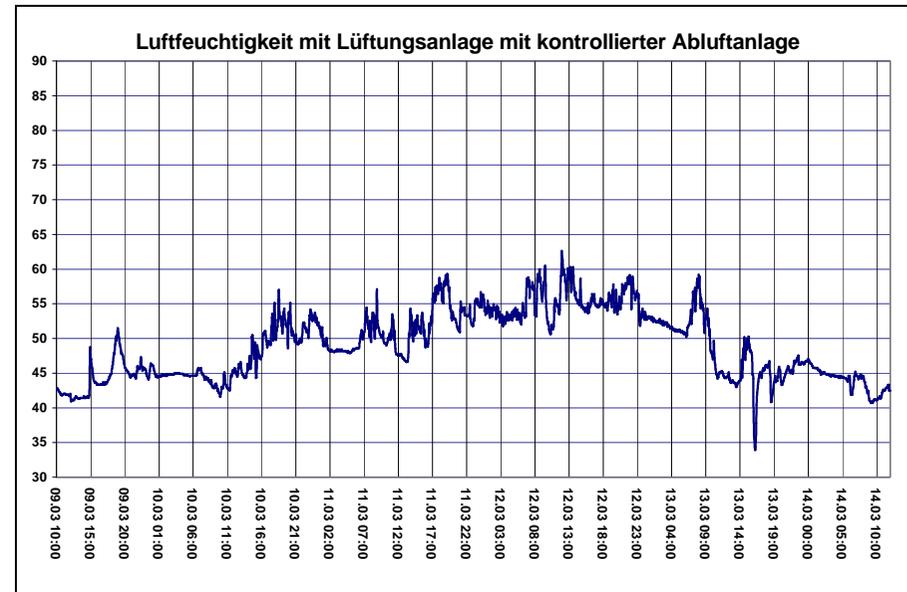


Abb. 4.6 Verlauf der Raumluftfeuchte bei einem Niedrigenergiehaus mit kontrollierter Lüftung

Abbildung 4.6 zeigt auf, dass durch eine kontrollierte Abluftanlage eine deutliche Verbesserung gegenüber der Fensterlüftung erzielt wird. Dies gilt trotz stark schwankender Werte der relativen Feuchte. Durch die Bewohner wird punktuell zusätzliche Fensterlüftung durchgeführt, was an den Peaks in den Bereich von 30 % rel. Feuchte erkennbar ist.

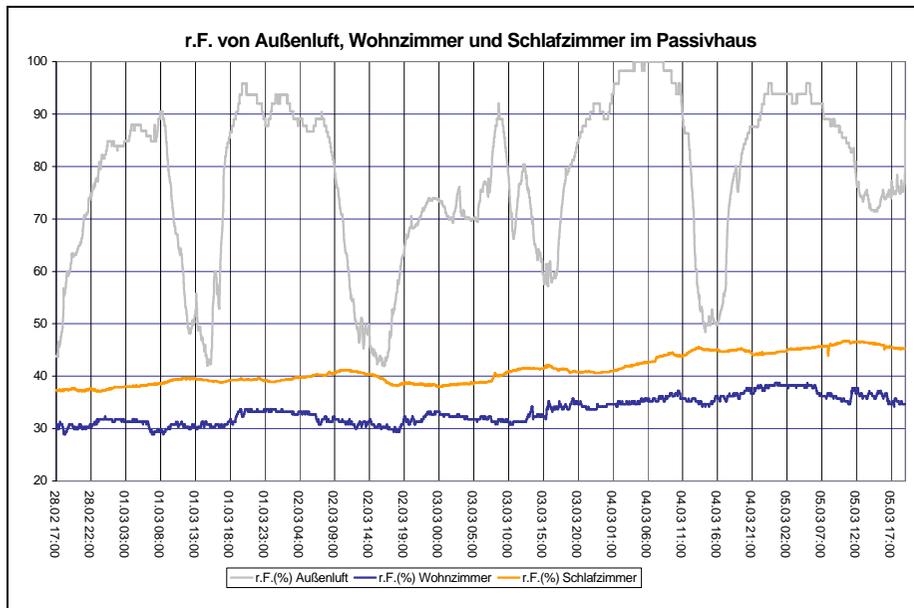


Abb. 4.7 Verlauf der Raumluftfeuchte bei einem Passivhaus mit kontrollierter Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Eine nochmals verbesserte Situation ergibt sich für Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, die kontrollierte Zu- und Abluft bewirken. Die für einen Wohnraum typischen Tag- und Nachtspitzen im Feuchte-Profil sind bei dieser Anlage gemäß Abbildung 4.7 nicht mehr vorhanden. Der Effekt erklärt sich mit dem stetigen Luftaustausch, wie er mit der Fensterlüftung in der Praxis nicht erzielt werden kann. Deutlich zu erkennen ist zusätzlich, dass die Schwankungen der Außenfeuchte keinen nennenswerten Einfluss mehr auf das Innenraumklima haben. Insgesamt ist die Luft im Passivhaus deutlich trockener. Dies wird von den Bewohnern im allgemeinen als angenehm empfunden. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass besonders in der Hauptheizzeit vom Dezember bis Februar die Luftwechselraten eher niedrig eingestellt werden. Das gilt insbesondere bei Gebäuden mit Luftheizung. Eine erhöhte Empfindungstoleranz

erklärt sich daraus, dass trockene Luft vor allem deswegen die Schleimhäute und Atemwege reizt, weil sie üblicherweise in Innenräumen mit einer hohen Zahl an Partikeln einhergeht. Trockene Luft, die frei von diesen Partikeln ist, wird als wohltuend empfunden. Im Passivhaus ist durch den geregelten Luftaustausch über die Lüftungsanlage mit Partikelfilter und den sehr niedrigen Heizkörpertemperaturen (geringer Konvektionsanteil) die Partikelzahl deutlich kleiner als in einem normalen Gebäude.

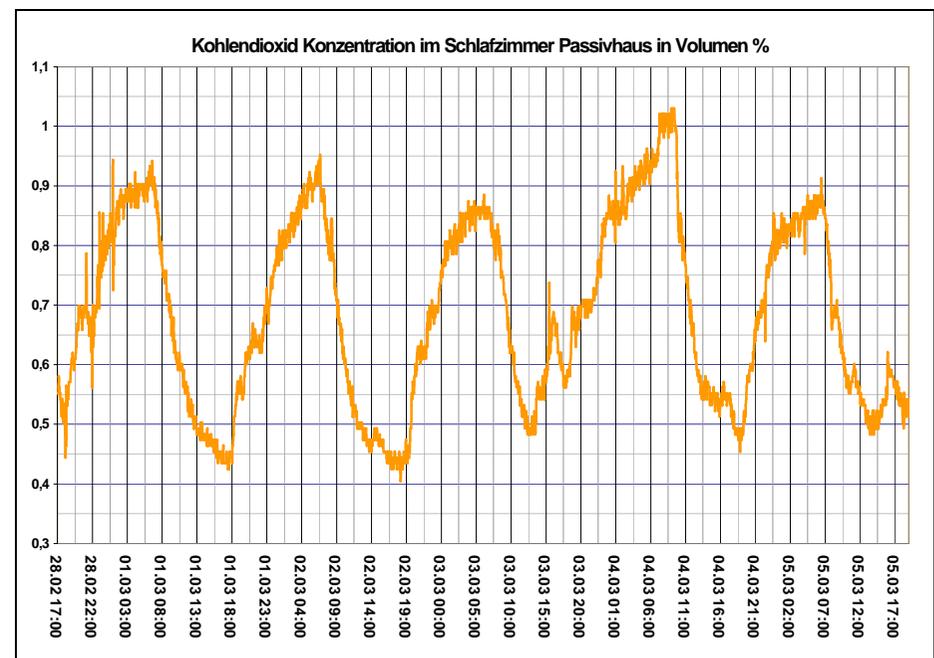


Abb. 4.8 CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer der Nürnberger Passivhäuser bei Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung: die Werte schwanken zwischen Tageswerten, die nahe an der Außenluftkonzentration liegen und Nachtwerten unterhalb des Pettenkoferwertes von 1 Vol.-%

Der Luftwechsel der Abluftwärmerückgewinnungsanlage liegt bezogen auf das Gesamtvolumen des Hauses bei $0,4 \text{ h}^{-1}$, bezogen auf die Aufenthaltsräume bei $0,6\text{--}0,7 \text{ h}^{-1}$. Dies entspricht der energetischen Optimierung der Luftwechselrate. Pro Person wurde im Normalbetrieb von einer Außenluftzufuhr von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgegangen. Die aufgezeichneten Kohlendioxidwerte im Schlafzimmer (Abbildung 4.8) weisen nach, dass die maximale Belastung wie geplant unter 1000 ppm CO_2 liegt. Der Raum ist auf eine Zuluftmenge von ca. $30 \text{ m}^3/\text{h}$ eingestellt. Das entspricht dem Sollwert für eine Person. Mit einer Belegung von zwei Personen erhöht sich deshalb der Wert während der Nacht, liegt aber unter dem Zielwert von 1 Vol.-% . Bei offenen Zimmertüren wäre der Wert nochmals etwas ausgeglichener, da über das Gesamtvolumen des Hauses ein Ausgleich stattfände. Dieser Effekt wurde durch Messungen sehr eindrucksvoll bestätigt, indem in einem Raum CO_2 mit einem erhöhten Wert eingebracht wurde. Bei offenen Türen in dem Gebäude verteilte sich diese Konzentration innerhalb einer halben Stunde sehr weitgehend im zusammenhängenden Luftraum des gesamten Gebäudes. Diese Frage ist von Bedeutung hinsichtlich der Anforderungen an die Regelungen einer Lüftungsanlage. Theoretisch könnten über eine Personenidentifikation oder einen CO_2 -Sensor die Zuluftmengen gezielt auf Räume mit erhöhten Werten gelenkt werden. Dies erfordert aber derzeit unangemessen hohe Kosten und wird möglicherweise noch eine relativ hohe Fehleranfälligkeit aufweisen. Die Untersuchungen bei den Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf haben gezeigt, dass mit den dort fest eingestellten Zu- und Abluftmengen (120 m^3 für 4 Personen) sehr gute Raumlufthygiene erreicht wird.

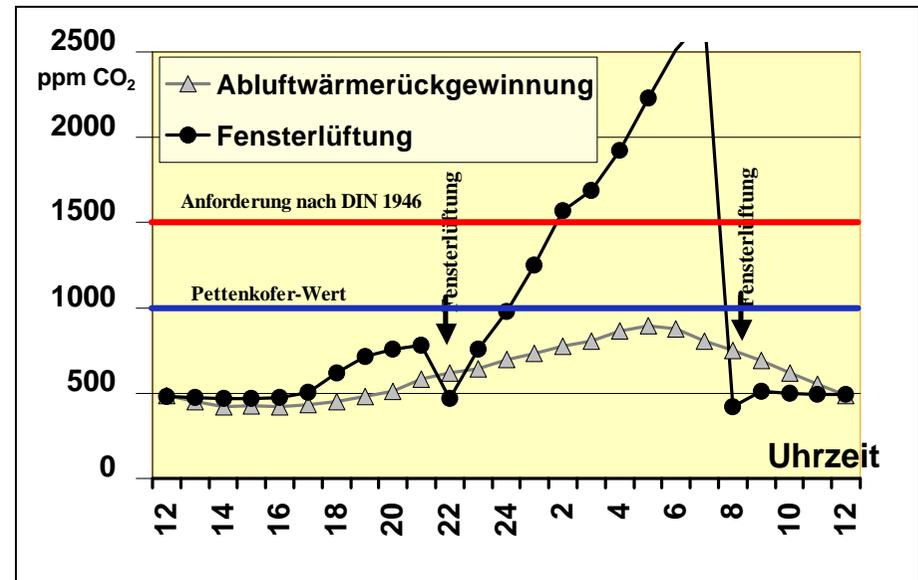


Abb. 4.9 Charakteristischer Tagesverlauf im Vergleich Fensterlüftung – Abluftwärmerückgewinnung am Beispiel eines Schlafzimmers (ein Tagesgang der Abbildung zuvor)

4.4.5 Luftionen

Obwohl seit geraumer Zeit ausreichende und befriedigende Ergebnisse über den Einfluss von Lüftungsanlagen auf die Situation der Luftionisation vorliegen, wurden exemplarische Messungen der Luftionisation in zwei der Nürnberger Passivhäuser durchgeführt. Dabei ergab sich wie zu erwarten, dass sowohl die quantitative als auch die qualitative Ionen-Zusammensetzung der Raumluft dort den Werten für konventionelle Häuser entspricht. [Münzenberg 2002]. Die Lüftungsanlagen beeinträchtigen die Qualität der angesaugten Luft in keiner Weise. Auch nach baubiologischen Kriterien unterscheidet sich technisch aufbereitete Frischluft nicht von der unveränderten natürlichen Außenluft.

4.5 Qualitätssicherung Lüftungsanlage - Grundüberlegungen

Ausschlaggebend für gute Ergebnisse beim Einsatz von Lüftungsanlagen ist eine präzise Planung und Ausführung der Anlagen und nicht zuletzt eine genaue Einregelung der Zu- und Abluftmengen, die insgesamt ausbalanciert sein sollten. Die Montagebetriebe sind im allgemeinen derzeit noch nicht in der Lage, diesen Bereich der Inbetriebnahme sauber auszuführen, weil die üblicherweise vorhandenen Messgeräte keine ausreichende Genauigkeit aufweisen und zudem in der Praxis schlecht gehandhabt werden.

4.5.1 Messgeräte

In den meisten Fällen werden aus Kostengründen bei Einmessungen von Lüftungsanlagen Anemometer eingesetzt, die über einen Glühdraht die Luftgeschwindigkeit messen. Die Fehlerquelle liegt neben dem Ungenauigkeitspotenzial der Messmethode aber vor allem darin, dass die Sonde zur Messung in einen Kanal am Ende eines Trichters o. ä. eingeführt wird, in dem kaum eine homogene Luftgeschwindigkeit zu erreichen ist. Das Ergebnis hängt also stark vom Geschick des Messenden ab, eine repräsentative Strömungsstelle im Kanalquerschnitt zu finden.

Sicherere Ergebnisse lassen sich im allgemeinen mit einem Laufradanemometer erzielen. Dabei ist allerdings ebenfalls zu bedenken, dass die frei vorhandene Strömung und mithin das Ergebnis durch die Messung unterschiedlich beeinflusst werden kann.

Eine nochmals höherwertige Messmethode ist möglich durch Aufbauen einer Druckbalance durch einen Ventilator im Messgerät bis zum Abgleich (z. B. Flow-Finder, Fa. ACIN)

4.5.2 Luftvolumenströme – Einmessung von Anlagen

Die Einmessung und Ausbalancierung der Luftvolumenströme von Lüftungsanlagen wird nach folgendem Schema durchgeführt: die Zu- und Abluftelemente werden gemäß Anlagenauslegung voreingestellt. Danach werden alle Zu- und Abluftmengen gemessen und dokumentiert. Die im allgemeinen vorhandenen Disbalancen und Abweichungen vom Planungsoll werden an den einzelnen Elementen durch Vergrößern oder Verkleinern der Luftöffnungen korrigiert. Gegebenenfalls sind mehrere Durchgänge erforderlich, bis die exakten Luftmengen erreicht sind.

Bei dem Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg wurde die erste Einregulierung mit einem Laufradanemometer (Airflow LCA 6000 VA, Haubenset A) durch Fa. Aerex durchgeführt. In Tabelle 4.4 sind die Werte dokumentiert.

Zur Kontrolle fand eine weitere Messung am 9.12.02 im Rahmen der Qualitätssicherung durch das Passivhaus Institut Darmstadt statt. Dabei wurde als Volumenstrom-Messgerät der Typ Flow-Finder der Fa. ACIN verwandt. Die Ergebnisse wichen voneinander ab. Die Zuluftmengen stellten sich deutlich geringer dar und die Abluft eher höher. Deshalb wurde bei einer dritten Überprüfung (Messung ebenfalls mit Flow-Finder) die Zuluftmenge über eine elektronische Stellschraube erhöht. Eine weitere Kontrollmessung wird nochmals mit dem Airflow erfolgen, nachdem im Labor des Herstellers Gerät und Airflow nochmals überprüft werden.

Tabelle 4.4 Messwerte der Lüftungsanlagen-Einregulierung Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg

Wohnung	2			5			6		
	5.12	9.12	19.12	5.12	9.12	19.12	5.12	11.12	19.12
	Anem.	FlowF	FlowF	Anem.	FlowF	FlowF	Anem.	FlowF	FlowF
Raum 1	30	25	26	24	25	22,5	25	22	25
Raum 2	35	32	32,5	32	27	29,5	37	29	35
Raum 3	16	12	14	16	24	23,5	12	13	14
Raum 4	26	24	26,5	27	15	15	22	20	21
Raum 5	29	26	27,5	30	32	28,5	27	24	26,5
Raum 6	22	22	23	20	19	18,5	20	20	21
Su. Zuluft	158	141	149,5	149	142	137,5	143	128	142,5
Raum 7 Kü.	70	85	86	50	57	68	72	85	84
Raum 7a				23	24	24			
Raum 8 Abst	13	12	12	11	10	8	10	10	10
Raum 9 Bad	46	46	46	43	42	42	45	46	47
Raum 10 WC	22	21	20	23	20	17	22	20	19
Su. Abluft	151	164	164	150	153	159	149	161	160

Messung 5.12.2002: Fa. Aerex

Messung 9.12.2002: PHI Darmstadt



Bild 4.3
Einregulierung der Luftvolumenströme durch das Passivhaus Institut Darmstadt (Messgerät: Flow Finder)

4.5.3 Luftverteilung im Raum (Messungen über CF₆; CO₂, Visualisierung über Nebel)

Bei dem Messtermin am 9.12.2002 wurde über eine Tracer-Gas-Messung in mehreren Wohnungen des BV Jean-Paul-Platz 4 durch das Passivhaus Institut eine Überprüfung der Luftwechselraten der einzelnen Räume durchgeführt. Das Ergebnis entsprach weitestgehend der Planung. Damit ist belegt, dass die raumlufthygienische Effizienz trotz der festgestellten Disbalance gegeben war. Die gemessenen Energieverbrauchswerte wiederum zeigen an, dass die Einstellung vom 19.12.2002 ziemlich weit am optimalen Bereich liegen muss, da die berechneten Kennwerte recht genau erreicht werden.



Bild 4.4
Tracer Gas Messung mit CF₆ beim Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 (Passivhaus Institut Darmstadt)

CO₂-Eintrag zur Messung der Luftwechselrate

Bei den Passivhäusern Nürnberg-Wetzendorf wurde bei der CO₂-Messung Kohlendioxid im Wohnraum von Haus 3 freigesetzt, die Abklingkurve aufgezeichnet und der vorher gemessenen Konzentration gegenüber gestellt. Daraus wurde die resultierende rechnerische

Luftwechselrate ermittelt, die der Auslegungsrate der Lüftungsanlage weitestgehend entspricht. Die Verteilung im Raum ist nach einigen Minuten sehr weitgehend gegeben. Als interessanter Nebenaspekt ergibt sich die Erfassung von erhöhten CO₂-Werten auch im Obergeschoss des Gebäudes. Der Wohnraum ist offen zum Flur des Obergeschosses. Die gerichtete Luftbewegung durch die Lüftungsanlage von der Zuluftdüse im Wohnzimmer zu den Abluftdüsen in der Küche, Bad und WC wird also überlagert durch den Entropie-Effekt. Der Ausgleich der Konzentration bzw. die Mischung der Raumluft stellt insofern einen wichtigen Aspekt dar, dass bei unterschiedlicher Raumnutzung und -belegung auch im Normalfall davon auszugehen ist, dass Ausgleichskonzentrationen entstehen. Dies gilt für offene Raumverbände (auch offene Türen), jedoch nicht für gezielte Strömungsausbreitung durch Überströmöffnungen. [Schulze-Darup/Münzenberg 2002]

Visualisierung durch Nebel

Bei den Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf wurde darüber hinaus eine Visualisierung der Luftströme über Nebel durchgeführt. Dazu wurde aus einem Nebelgenerator in die Zuluftseite des Lüftungsgerätes Nebel eingebracht. Die Abbildungen zeigen, dass bei Eintritt in den Raum der Koanda-Effekt äußerst wirksam ist: die eingeblasene Luft „klebt“ und verteilt sich in einem Luftkissen mit geringer Höhe von 20 bis 40 cm unterhalb der Decke. Die Eintrittsgeschwindigkeit verringert sich bereits nach einem Meter deutlich und liegt 2,00 m hinter der Einblasöffnung deutlich unter dem bedenklichen Wert von 0,15 m/sec. Zudem findet diese Strömung nur direkt unterhalb der Decke statt. Der Nebel verteilt sich in diesem oberen Raumbereich extrem langsam über den ganzen Raum und sinkt dann sehr langsam nach unten ab. Die

Geschwindigkeit liegt dabei unter 0,05 cm/sec. Nach etwa 15 bis 20 Minuten ist der Raum vollständig durchströmt. (s. Abb. 4.10)

Als Schlussfolgerung lässt sich daraus ableiten, dass die Räume auch bei Einsatz von Weitwurfdüsen oberhalb der Eingangstür zu einem Raum vollständig durchströmt werden. Es finden keine Beeinträchtigungen durch Zug statt. Voraussetzung ist, dass die Düse nicht direkt vor einer Ruhezone positioniert ist und dass die eingeblasenen Luftvolumina pro Düse nicht über ca. 40 m³/h liegen.



Abb. 4.10 Visualisierung der Luftverteilung durch die Lüftungsanlage mit Nebel

4.6 Schallmessungen

Eine Schallschutzmessung der Lüftungsanlage wurde bei den Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf durchgeführt (Haus 3, 14.7.2000, tagsüber). Der Schalldruckpegel bei abgeschalteter Anlage stellte sich bei 30-31 dB(A) ein. Nach Einschalten der Anlage konnte keinerlei Differenz gemessen werden. Eine subjektive Wahrnehmung eines Anlagengeräusches war nicht möglich. Es ist davon auszugehen, dass der Wert der Anlage deutlich darunter liegt (Normalstellung 120-140 m³/h).

Der Wert direkt an der Zuluftdüse im Wohnzimmer/Erdgeschoss betrug 41 dB(A), einen Meter von der Düse entfernt 34 dB(A) bei Normallüftung (Lüfterstufe 2). (Messgerät: Impuls Integrating Sound Level Meter Quest Model 2800 (Quest, USA / Airflow, BRD) Octave Filter Spectrumanalyser Quest Model OB-300 (Quest, USA / Airflow, BRD)).

4.6.1 Subjektiver Schalleindruck

Die subjektive Wahrnehmung ergibt bei sehr stillem Umfeld folgende Werte:

Stufe 3 (Stoßlüftung mit 180-250 m³): leichtes Rauschen in allen Räumen, nicht dauerhaft geeignet für stille Arbeit, Ruhestunden und Schlafen

Stufe 2 (Normallüftung mit 120-140 m³/h): im Wohnraum in der Nähe der Düsen gerade wahrnehmbar, in mehreren Metern Abstand kaum zu hören, keine Störung bei ruhigen Beschäftigungen; die Schlafzimmer sind bei dieser Lüftungsstufe lt. Angabe der Bewohner absolut leise (die Schlafzimmer sind z. T. durch zusätzliche nachgeschaltete Telefoneschalldämpfer höher gedämpft); deutlich leiser als typisches Hintergrundrauschen in Stadtrandlagen bei gekipptem Fenster

Stufe 1 (Lüftung mit 90 m³/h): in der Nähe der Düsen kaum bis gar nicht wahrnehmbar, nahezu vollständige Stille, wird jedoch überlagert

durch den höheren Schallpegel des Hintergrundrauschens der ruhigen Stadtrandlage (bei geschlossenem Fenster).

Für innerstädtische Gebiete und typische Wohnlagen ergibt sich durch Lüftungsanlagen eine deutliche Reduzierung der Schallbeeinträchtigung, weil bei geschlossenen Fenstern geschlafen werden kann. Bei Wohnlagen mit absoluter Stille der Umgebung sollte darauf geachtet werden, mit den Bewohnern den Schallschutz der Lüftungsanlage sehr genau zu überdenken.

Bei Einfamilienhäusern hat sich das Vorgehen bewährt, hinter dem Lüftungsgerät Platz für einen zusätzlichen nachträglichen Schalldämpfer frei zu halten. Dieser kann bei subjektivem Bedarf eines Bewohners kostengünstig nachgerüstet werden.

Einzelne Bauherren legen hohen Wert auf den verbesserten Einbruchschutz durch geschlossene Fenster, der durch Lüftungsanlagen möglich wird.

Bei den Befragungen der Bewohner wurde von allen Beteiligten geäußert, dass bei Lüftungsstufe 1 und 2 kein Schallbeeinträchtigung gegeben ist. Stufe 3 ist zu hören, wird allerdings nicht als Dauerlüftung für ruhige Phasen genutzt.

4.7 Dokumentation

Die Ergebnisse wurden dokumentiert in [Schulze Darup 2002]. Untersuchungen mit vergleichbarer Intensität, aber etwas unterschiedlichen Zielrichtungen und Messmethoden wurden im Umfeld des ersten Passivhauses in Darmstadt-Kranichstein durchgeführt [Grün 1994]. Die Ergebnisse zeigen, dass die Raumluftqualität in Wohngebäuden mit Abluftwärmerückgewinnungsanlagen deutlich günstiger liegt als die durchschnittlichen Werte in Wohngebäuden mit Fensterlüftung [BGA 1989].

5 Beispiele für energetische Wohngebäudesanierung Richtung Faktor 10

5 Beispiele für energetische Wohngebäudesanierung Richtung Faktor 10

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Komponenten für energetische Sanierung mit Faktor 10 bereits dargestellt. Die Realisierung ist von der technischen Seite her ein durchaus lösbares Problem. In den folgenden Kapiteln werden anhand einiger konkreter Projekte die verschiedenen Facetten der Umsetzung dargestellt. Dabei wird auf die jeweiligen technischen Lösungen eingegangen, vor allem aber auch auf die finanziellen und organisatorischen Rahmenbedingungen. Im Anschluss werden in einer Analyse aus diesen Erfahrungen Folgerungen für energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10 dargestellt hinsichtlich Kostenentwicklung, Finanzierungen und Umsetzungsstrategien.

5.1 Erfahrungen mit Sanierungen im Niedrigenergie-Standard

Die Niedrigenergiebauweise entwickelte sich im Laufe der 80er Jahre vor allem im Bereich des Wohngebäude-Neubaus. Eine Definition oder gar rechtliche Absicherung des Begriffs gab es nicht. Die Fachwelt einigte sich erst recht spät – und auch dann noch informell - auf Werte von 25 bis 30 % unterhalb des Standards der Wärmeschutzverordnung 1995. Eingang in Regelwerke fanden diese Zahlen nicht. Nur bei den Regelungen zum Ökobonus der Eigenheimzulage wurden 25 % unter Standard WSVO 1995 fest benannt.

Bei der Sanierung gab es keinerlei Rechengänge, Zielgrößen oder gar Förderinstrumente, die auf diesen Standards aufbauten. Die zahlreichen Rechenverfahren zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs sorgten zudem vor 1995 für reichlich Verwirrung, sodass ein sinnvoller Vergleich von Sanierungsstandards sehr schwierig war.

Die baulichen Komponenten waren jedoch zunehmend auf dem Markt verfügbar und somit auch bei der Sanierung einsetzbar. Nur in Einzelfällen waren Bauherren jedoch bereit, wesentliche Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Standards durchzuführen. Während Fenster mit Wärmeschutzverglasung ab Anfang der 90er Jahre zunehmend zum Einsatz kamen, wurde über jede neu angebrachte Dämmung intensiv diskutiert. Die Prioritätenliste verhielt sich dabei immer nach dem gleichen Muster:

- Dachdämmung war am einfachsten durchzusetzen, insbesondere wenn das Dach neu eingedeckt wurde. Die Dämmdicken sollten möglichst nicht höher sein als die vorhandenen Sparren (meist 14 – 16 cm), Lattenaufdopplungen bis zu Dämmstärken von etwa 20 cm wurden ggf. akzeptiert.
- Dämmungen auf unbegehbaren Obergeschossdecken waren noch einfacher durchsetzbar, sofern kein baulicher Aufwand damit verbunden war, akzeptierte Dämmdicken lagen bei ca. 14 - 20 cm
- Kellerdeckendämmung wurde von vielen Bauherren zwar für sinnvoll gehalten, aber oftmals in der Zeitachse nach hinten verschoben. Das gilt insbesondere für Bauherren, die Eigenleistung durchführen.
- Wanddämmung wurde insbesondere bei den zunächst sanierten Gründerzeitgebäuden von nahezu allen Seiten abgelehnt, weil das vorhandene dicke Backsteinmauerwerk als solide und ausreichend gedämmt angesehen wurde. Diese feste Meinung hält sich heute noch bei der Mehrzahl der Fachleute in diesem Segment. Zunehmend wurde allerdings auf glatten unverzierten Flächen ein Wärmedämmverbundsystem akzeptiert, zunächst jedoch im allgemeinen nur mit Dämmdicken von 6-8 cm, weil sonst eine Problematik hinsichtlich der Fensteranschlüsse in den tiefen Leibungen entstand.

- Innendämmung an Wänden ist bis heute ein weitreichend verdrängtes Thema: allgemeingültige Lösungsansätze hierzu sind schwierig beizubringen; selbst wenn Konstruktionswege in der Fläche gegeben sind, werden von den Systemanbietern die tatsächlich gefährdeten Anschlussbereiche (z. B. Balkenaufleger bei Fehlbodendecken) im Lösungsansatz ignoriert.

Sanierungsbeispiele mit Niedrigenergie-Komponenten werden in der Folge dokumentiert.

5.1.1 Gostenhofer Hauptstraße 56 / Nürnberg

Bereits 1989 wurde dieses Gründerzeitgebäude mit ausgeprägter manieristischer Fassadengestaltung in Richtung Niedrigenergiestandard saniert. Der Heizwärmebedarf wurde vom Bestandswert 220 kWh/(m²a) auf etwas unter 80 kWh/(m²a) gesenkt.



Bild 5.1 Gostenhofer Hauptstraße 56 in Nürnberg: Bestand vor Sanierung

Bild 5.2 Nach der Sanierung

Tab. 5.1 Maßnahmen

Bauteil	Maßnahme
Außenwände Straßenseite	Reich verzierte Fassade, deshalb Innendämmung im Brüstungsbereich mit Dämmstärken um 12 cm, Heizkörper im Gesamten Fassadenbereich, um Kondensation im ungedämmten Bereich zu vermeiden
Außenwände Hofseite	14 cm Wärmedämmverbundsystem
Decke zum Dachboden	15 cm Dämmung auf der Decke
Kellerdecke	10 cm Dämmung auf der Decke unter dem schwimmenden Estrich
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Lüftung	Keine Maßnahmen - Fensterlüftung
Heizung	Heizzentrale für vier Mehrfamilienhäuser mit 2 BHKWs mit je 14 kW _{elektr} und 36 kW _{therm} , ausgelegt auf 25 – 30 % der Heizleistung, Spitzenkessel als Gasbrennwertkessel, die Zentrale versorgt die vier Gebäude mit Wärme und Strom versorgt, BHKW-Regelung nach Heizungsanforderung
Kosten	ca. 880 €Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.

Das Bauvorhaben wurde im Zuge der ökologischen Stadterneuerung Gostenhof-Ost durchgeführt und in zahlreichen Veröffentlichungen dargestellt. [Schulze Darup 1993] Für die äußerst schonende Sanierung der denkmalgeschützten Fassade erhielt der Bauherr einen Denkmalschutzpreis. (Ausführung 1988/89)

5.1.2 Kindergarten Dambacher Straße / Fürth

Das Bestandsgebäude ist eine zweigeschossige Villa aus den 30er Jahren mit ausgebautem Dachgeschoss. EG und OG wurden schon seit Jahren für einen Steiner-Kindergarten genutzt. Nachdem zunächst auf dem Nachbargrundstück neu gebaut werden sollte, entschied sich die Baugruppe des Kindergartens schließlich für die Sanierung mit Erweiterung des vorhandenen Gebäudes. Zu berücksichtigen war eine vorhandene Wohnung im Dachgeschoss, die mit langfristiger Bindung vermietet war. Dieses Geschoss musste aus der Sanierung vollständig herausgehalten werden.

Die Fläche der beiden unteren Geschosse wurde durch einen Anbau um ca. 30 % erweitert und zudem das Kellergeschoss für den Gemeinschaftsraum und Nebenräume genutzt.

Der Heizwärmebedarf wurde vom Bestandswert 195 kWh/(m²a) auf etwa 60 kWh/(m²a) gesenkt. (Ausführung 1996/97)

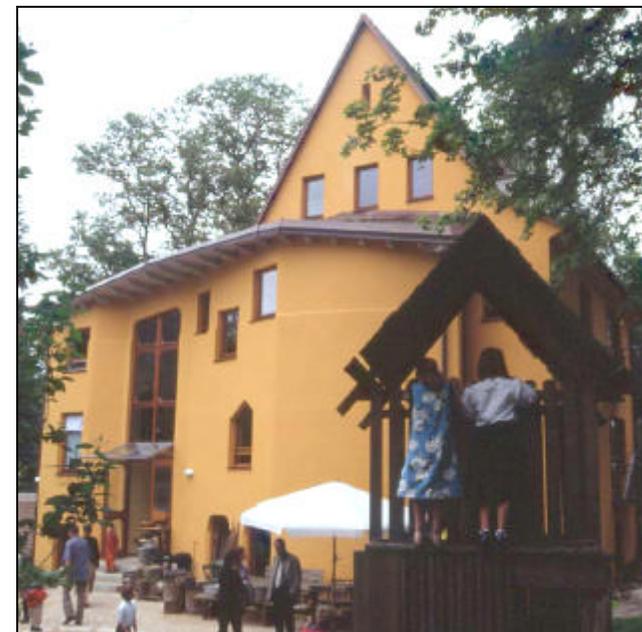


Bild 5.3
Kindergarten
Dambacher Straße
in Fürth nach der
Sanierung

Tab. 5.2 Maßnahmen BV Dambacher Straße, Fürth

Bauteil	Maßnahme
Außenwände	14 cm Wärmedämmverbundsystem
Kellerboden	10 – 15 cm Dämmung unter schwimmendem Estrich
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Lüftung	Fensterlüftung, in Teilbereichen kontrollierte Lüftung
Heizung	Gasbrennwertkessel
Kosten	ca. 950 €Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt. Durchschnittskosten inkl. Anbau

5.1.3 Steigerwaldstraße 25 in Nürnberg

Das Gebäude aus den 50er Jahren mit zwei Vollgeschossen, einem ausgebauten Dachgeschoss zzgl. Spitzboden war im Bestandszustand mit drei Wohnungen genutzt. Die Familie, die das Gebäude erwarb, sanierte das Anwesen und nutzt jetzt die beiden unteren Geschosse selbst (143 m² Wohnfläche), während die Wohnung im Dachgeschoss (54 m²) vermietet ist.

Der Heizwärmebedarf wurde vom Bestandswert 225 kWh/(m²a) auf etwa 58 kWh/(m²a) gesenkt. (Ausführung 1997)



Bild 5.4
BV Steigerwald-
straße 25 in
Nürnberg nach der
Sanierung

Tab. 5.3 Maßnahmen Steigerwaldstraße 25 in Nürnberg

Bauteil	Maßnahme
Außenwände	20 cm Wärmedämmverbundsystem Mineralschaumdämmung WLG 045
Dach	Im Mittel 30 cm Zellulosedämmung
Kellerboden	10 cm Dämmung unter der Kellerdecke (wegen Raumhöhe keine dickere Ausführung möglich; in Eigenleistung Bauabschnitt 2)
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Lüftung	Fensterlüftung
Heizung	Gasbrennwertkessel in Verbindung mit einer Solaranlage für die Trinkwassererwärmung (12 m ² Absorberfläche Ostausrichtung mit 18 Dachneigung auf der Gaube, 800 l Pufferspeicher)
Kosten	ca. 640 €Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.

5.1.4 Bindergasse - Platnergasse / Nürnberg

Die beiden Gebäude wurden in den 50er Jahren wieder aufgebaut, nachdem die ursprünglichen Gründerzeitgebäude im Krieg beschädigt worden waren. Die zwei Häuser sind über einen gemeinsamen Hof miteinander verbunden. Das Gebäude zur Bindergasse hat vier Vollgeschosse und ein im Rahmen der Sanierung ausgebautes Dach. Das Gebäude zur Platnergasse weist drei Vollgeschosse und Dachgeschoss auf, welches bei der Sanierung durch eine Maisonnetteausführung um den Spitzbodenbereich erweitert wurde. Die Wohnfläche beträgt insgesamt 1496 m². Das Erdgeschoss in der Bindergasse weist zudem Gewerbenutzung auf und ist in die energetische Betrachtung nicht einbezogen worden, weil dort aus mietrechtlichen Gründen nicht saniert werden konnte.

Der Heizwärmebedarf für den Bestand betrug 228 kWh/(m²a) (Berechnung nach EN 832/PHPP). Die Rechenvariante nach WSVO 1995 erbrachte für A_N (=1937 m² Wohnfläche) einen Wert von 171 kWh/(m²a). Rechnet man diesen Wert auf die tatsächlich beheizte Wohnfläche von 1496 m² um, so ergeben sich bei der WSVO-Rechnung 221 kWh/(m²a).

Das Rechenverfahren wurde so ausgelegt, dass die Anforderungen des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms nach Maßnahmenpaket 4 erfüllt wurden. Das war insofern schwierig, als dass die Versorgung des Gebäudes mit Fernwärme erfolgt. Jede eingesparte Kilowattstunde konnte daher nur mit 0,28 kg Einsparung gerechnet werden, eine Gesamteinsparung von 40 kg CO₂ pro m² (A_N) war erforderlich.

Der Heizwärmebedarf nach ausgeführter Sanierung beträgt 75 kWh/(m²a) (Berechnung nach EN 832/PHPP). Die Rechenvariante nach WSVO 1995 erbrachte 56 kWh/(m²a). (Ausführung 2001)

Tab. 5.4 Maßnahmen Bindergasse / Platnergasse in Nürnberg

Bauteil	Maßnahme
Außenwände	16 cm Wärmedämmverbundsystem WLG 035
Dach	Im Mittel 20 cm Mineralwolldämmung WLG 035
Kellerdecke	10 cm Dämmung unter der Kellerdecke
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung in Verbindung mit Kunststofffenstern, z. T. nur Austausch von Verglasungen bei relativ neuen Bestandsfenstern
Lüftung	Fensterlüftung
Heizung	Gasbrennwertkessel



Bild 5.5
BV Bindergasse in Nürnberg nach
Anbringen des
Wärmedämmverbundsystems



Bild 5.6
BV Platnergasse: zur Bindergasse
über den gemeinsamen Innenhof
verbunden; die Sanierung erfolgte
gemeinsam

5.1.5 Kieselbergstraße 21 / Nürnberg

Das Gebäude (ca. Bj. 1870) wurde in den fünfziger Jahren notdürftig saniert, weil die westlichen Nachbargebäude durch eine neue Straßentrasse abgerissen wurden. Der äußerst schmucklose 50er-Jahre Charme in Verbindung mit geringer Instandhaltung der letzten Jahrzehnte führte zu einer äußerst umfangreichen Sanierung mit hohem Kostendruck. Die Bäckerei im Erdgeschoss wurde umgenutzt zu einer Galerie- und Büroebene. Der Heizwärmebedarf vor der Sanierung betrug 245 kWh/(m²a). Der resultierende Heizwärmebedarf der 1999 abgeschlossenen Maßnahme beträgt 63 kWh/(m²a).



Bild 5.7
BV Kieselbergstraße 21
in Nürnberg nach der
Sanierung: vorher
Bäckerei – nachher
Galerie und Wohnungen

Tab. 5.5 Maßnahmen Kieselbergstraße 21 in Nürnberg

Bauteil	Maßnahme
Außenwände	14 cm Wärmedämmverbundsystem
Dach	Im Mittel 20 cm Mineralwolldämmung WLG 035
Kellerdecke/Bodenplatte	10 cm Dämmung
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Lüftung	Fensterlüftung
Heizung	Gasbrennwertkessel
Kosten	ca. 700 € Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.

5.1.6 Schwabacher Straße 29 / Fürth

Nach der Sanierung des Vorderhauses wurde das zweigeschossige Hofgebäude auf eine neue Nutzung hin untersucht. Die gemischte Gewerbe-Wohnnutzung der letzten Jahrzehnte wurde in reine Wohnfläche umgewandelt. Das Gebäude wurde größtenteils entkernt und die Hoffassade z. T. neu erstellt. Durch Veränderung der Geschosshöhen konnte ein drittes Vollgeschoss realisiert werden.

Jede der vier Wohnungen erhielt eine kontrollierte Lüftungsanlage, die eine Luftwechselrate von 0,3 bis 0,4 h⁻¹ ermöglicht bei hygienisch einwandfreier Raumluftqualität. Der Heizwärmebedarf beträgt 39 kWh/(m²a) nach der Sanierung (1998/99), der Bestand wies einen Heizwärmebedarf von 255 kWh/(m²a) auf. Die Berechnung erfolgte nach PHPP [PHPP 2002]. Das hohe Maß der Einsparung erklärt sich aus dem günstigen A/V-Verhältnis und den sehr schlechten Werten einiger Bauteile, vor allem der Fenster vor der Sanierung.

Tab. 5.6 Maßnahmen Schwabacher Straße 29 in Fürth

Bauteil	Maßnahme
Außenwände	Neue Wände: 17,5 cm KS-Wände mit 16 cm Wärmedämmverbundsystem, im Bestandsbereich erhöhte Dämmwerte durch z. T. 65 cm dicke Backsteinwände zzgl. 16 cm WDVS
Dach	Im Mittel 28 cm Mineralwolldämmung WLG 035
Bodenplatte	15 cm Dämmung unter dem schwimmenden Estrich
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Lüftung	Kontrollierte Lüftung
Heizung	Gasbrennwertkessel
Kosten	ca. 800 € Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.



Bild 5.8
BV Schwabacher Straße
29 in Fürth nach der
Sanierung

5.2 Sanierungen und Gutachten für Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten

Nachdem die Alltagstauglichkeit von Passivhaus-Neubauten nicht nur bei eigengenutzten Einfamilienhäuser mit motivierten Bewohnern erbracht worden war sondern ebenfalls im Sozialen Wohnungsbau [Steinfadt 2000], drängte sich die Anwendung der Komponenten auch bei der Sanierung auf. Grundvoraussetzung waren folgende Überlegungen:

- Umgesetzte Passivhäuser erwiesen sich als fehlertolerant hinsichtlich Ausführung und Nutzung: Fehler führten zwar zu einer Erhöhung des Verbrauchs, die absoluten Werte des Mehrverbrauchs liegen aber deutlich niedriger als bei Fehlverhalten in Standardgebäuden
- Die Komponenten sind mit entsprechender technischer Anpassung bei der Sanierung ohne Probleme einsetzbar
- Alle bisherigen Untersuchungen hinsichtlich der Raumlufthygiene sprechen deutlich für einen Einsatz bei der Sanierung – es sind verbesserte Raumlufthqualität und verbesserter Komfort zu erwarten
- Aus bauphysikalischer Sicht sind keine grundlegenden Bedenken zu erwarten – im Gegenteil, durch den Einsatz der hocheffizienten Bauteile und vor allem der Lüftungstechnik ist eine deutliche Verbesserung der Situation zu erwarten, in vielen Fällen sogar eine Vermeidung von Schäden.

Auf Grundlage dieser Überlegungen wurden ab 1998 erste Sanierungsgutachten auch mit Passivhaus-Komponenten gerechnet.

Dies erfolgte bei konkreten Anfragen, zugleich wurden potentielle Bauherren aus der Wohnungswirtschaft auf diese Technik angesprochen. Es ist ein normaler Vorgang, dass neue Techniken einen Vorlauf bis zur ersten Umsetzung benötigen. In diesem Fall war ein gewisses Maß an Geduld von Nöten, bis sich erste Erfolge einstellten.

Im Folgenden werden fünf Projekte vorgestellt, für die Sanierungsgutachten ausgeführt wurden. Drei der Bauvorhaben wurden inzwischen umgesetzt.

Besonders hervorzuheben ist das Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg (Kap. 5.2.5), für das eine umfangreiche wissenschaftliche Begleitforschung durchgeführt wird. Das Projekt erfährt eine hohe Aufmerksamkeit, weil es dort erstmals gelungen ist, mit einem sehr günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis Passivhaus-Technologie bei der Sanierung umzusetzen.

5.2.1 Reihenhausanlage Baujahr 1960

Die Bauherrenanfrage bezüglich eines Reihennittelhauses Bj. 1960 führte im Jahr 1999 zu einem ersten systematischen Gutachten hinsichtlich der Umsetzung von Passivhaustechniken bei der Sanierung. Die Ergebnisse wurden nach der später folgenden Absage des Bauherrn weiter verwendet für die Einreichung eines Wettbewerbsbeitrags im Rahmen des Innovationswettbewerbs der Region Nürnberg für das Jahr 2000. Zudem bildeten die Ergebnisse erste Grundlagen für die Darstellung bei Vorträgen. Das Gebäude stellt prototypisch gute Rahmenbedingungen für die Anwendung dar:

- Gutes A/V-Verhältnis
- Der gesamte energetische Maßnahmenkatalog stellt eine Ohnehin-Maßnahme der Sanierung dar
- Das Nutzerverhalten bei der Einfamilienhausstruktur von Reihenhäusern ist eher günstig
- Geringe Wärmebrücken liegen zwischen Erdgeschoss und Kellergeschoss vor, da die Wände weitestgehend aus porositärem Material erstellt sind und deutlich geringere Querschnitte vorweisen als bei Baujahren vor 1950.

Maßnahmen

Die Maßnahmen werden in der Tabelle dargestellt. Es werden alle relevanten Bauteile gedämmt und Wärmebrückenreduktion sowie Luftdichtung durchgeführt. Hochwertige Fenster mit Dreischeibenwärmeschutzverglasung und gedämmten Rahmen werden ebenso vorgesehen wie eine Abluftwärmerückgewinnungsanlage.

Berechnung des Heizwärmebedarfs vor und nach der Sanierung

Der Heizwärmebedarf wird durch die Maßnahmen von 180 auf 25 kWh/(m²a) gesenkt. Der niedrige Wert ist erzielbar, weil es sich um ein Reihennittelhaus handelt, das eine günstige Situation hinsichtlich der Gebäudegeometrie bietet.

Auswirkung und Kosten der Maßnahmen

Die energetische Effizienz der einzelnen Sanierungsschritte wird mittels Simulation nach PHPP anhand eines jeden Bauteils im Diagramm (Abb. 5.1) dargestellt. Zugleich werden die Kosten für die jeweiligen Maßnahmen aufgelistet, die als Mehrkosten gegenüber einer reinen Instandsetzung des Gebäudes anfallen.

Tabelle 5.7 Sanierungs-Maßnahmen Reihennittelhaus

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,20 W/m ² K	0,14 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem
Dach	0,5 W/m ² K	0,10 W/m ² K	35 cm Dämmung im Sparrenbereich
Kellerdecke	0,82 W/m ² K	0,25 W/m ² K	10 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster	2,80 W/m ² K	0,76 W/m ² K g = 50 %	3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung und gedämmte Fensterrahmen
Lüftung	Fenster- lüftung	Abluftwärme- rückgewinnung	80 % Wärmerückgewinnung

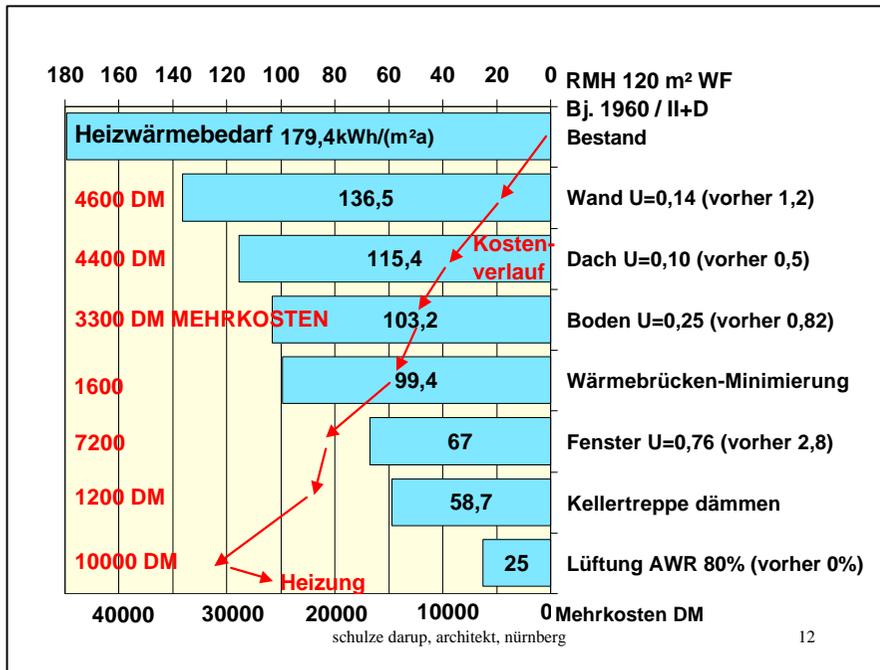


Abb. 5.1 Reihenmittelhaus mit 120 m² Bj. 1960 ,II + D: Auswirkung der einzelnen Maßnahmen auf Heizwärmebedarf und Kosten

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

In Abbildung 5.2 wird die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen dargestellt auf Grundlage einer linearen Berechnung der jeweiligen Kosten pro eingesparter Kilowattstunde über den Abschreibungszeitraum der jeweiligen Maßnahme. Zinseffekte werden dabei nicht berücksichtigt.

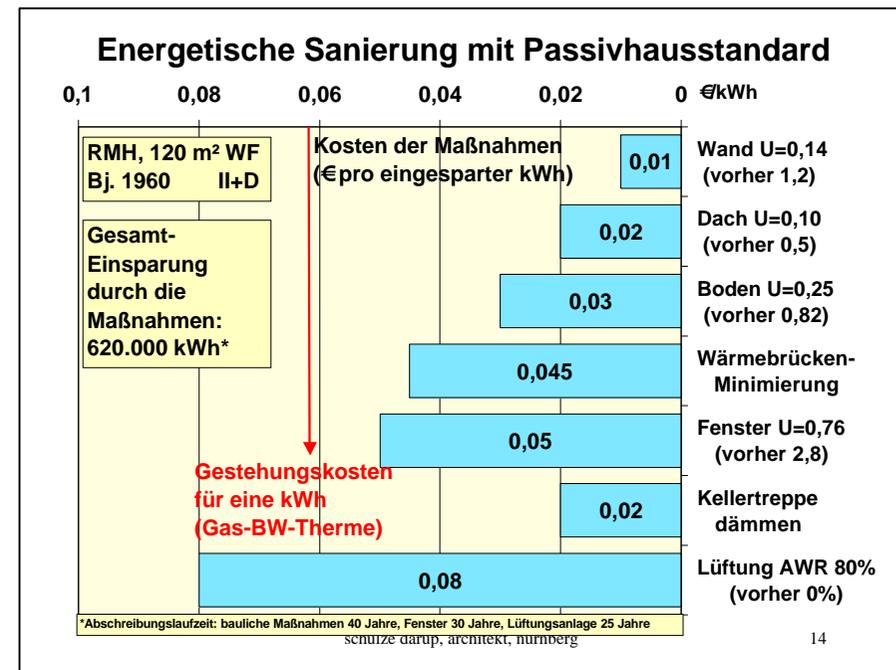


Abb. 5.2 Reihenmittelhaus mit 120 m² Bj. 1960, II + D: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in € pro eingesparter Kilowattstunde

5.2.2 Gründerzeitgebäude Baujahr 1890 Fürth – Mathildenstraße

Das idealtypische Gründerzeitgebäude mit vier Geschossen und kleinem Rückgebäude wurde im Zuge des Sanierungsgutachtens daraufhin untersucht, wie mit geringem Kostenaufwand bei möglichst optimiertem energetischen Standard saniert werden kann. Zugleich wurde seitens des Bauherrn allerhöchster Wert auf gesunde Raumluftqualität und hohen ökologischen Standard gelegt.

Tabelle 5.8 zeigt das Schema der wesentlichen Maßnahmen. Ausgehend vom Heizwärmebedarf von 254 kWh/(m²a) wird durch die Dämmung der Straßenfassade (100 mm Innendämmung), Rückfassade (180 mm Wärmedämmverbundsystem), Dach (360 mm Dämmung WLK 035) und Kellerdecke (150 mm Dämmung unter der Kellerdecke) der Heizwärmebedarf auf gut 100 kWh/(m²a) gesenkt. Der Sprung auf 25 bis 30 kWh/(m²a) wird jedoch erst durch die Fenster mit $U = 0,8$ W/m²K und $g = 50\%$ sowie durch die Abluftwärmerückgewinnung erreicht. Die Geräte sollen in den vier Wohnungen als dezentrale Lüftung installiert werden.



Bild 5.9
Mathildenstraße, das Gebäude Nr. 48 ist das vierte von rechts und bildet eine prägnante Einheit in dem sehr homogenen Straßenbild

Unwägbarkeiten liegen vor allem im Bereich der Wärmebrücken, die nur rechnerisch abgeschätzt wurden. Die Mittel für eine präzise Berechnung waren im Rahmen des Gutachtens nicht gegeben. Weiterhin wird die Luftdichtheit bei dem Gebäude, insbesondere zwischen den Wohnungen ein Problem darstellen, dessen Umfang sich erst bei den Messungen während der Bauphase erweisen wird. Die Bauausführung begann im Jahr 2002 und wird in Bauabschnitten durchgeführt. Der Bauherr unterhält in dem Gebäude ein Institut zur Analyse von Raumluftschadstoffen.

Tabelle 5.8 Sanierungs-Maßnahmen MFH Mathildenstraße 48 in Fürth

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Straßenfassade	1,98 W/m ² K	0,45 W/m ² K	10 cm Innendämmung
Hoffassade	1,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem
Dach	1,05 W/m ² K	0,10 W/m ² K	35 cm Dämmung im Sparrenbereich
Kellerdecke	0,87 W/m ² K	0,25 W/m ² K	10 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster Nordseite	5,6 - 2,80 W/m ² K	0,76 W/m ² K $g = 50\%$	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmte Fensterrahmen
Fenster Südseite (nachträgliche Denkmalsch.-aufl.)	2,80 W/m ² K	1,1 W/m ² K $g = 60\%$	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit Standardrahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Abluftwärmerückgewinn.	85 % Wärmerückgewinnung

Berechnung des Heizwärmebedarfs vor und nach der Sanierung

Es wurden zahlreiche Berechnungen des Heizwärmebedarfs durchgeführt. Die Ursprungsvariante des Gutachtens wird in den untenstehenden Diagrammen abgebildet. Dort wird eine Verbesserung von 254 auf 25 kWh/(m²a) erreicht. Aus Gründen der Materialwahl wird die Straßenfassade mit einer geringeren Dämmdicke als Innendämmung ausgeführt. Aus Denkmalschutzgründen werden die Fenster auf der Südseite mit Dreischeibenverglasung und Standardrahmen ausgeführt, was zu einer deutlichen Kostensenkung führte und denkmalgerechte Ausbildung vereinfachte. Durch die filigrane Fensterteilung wähen die Vorteile eines kostenträchtigen Dämmrahmensystems gering gewesen. Vor allem konnte jedoch kein Anbieter auch nur annähernd kostengünstige Angebote einreichen. Das derzeit avisierte Heizwärmebedarfs-Ziel liegt bei ca. 45 kWh/(m²a).

Aus Kostengründen werden einige Maßnahmen erst in einem zweiten Bauabschnitt ausgeführt.

Auswirkung und Kosten der Maßnahmen

Die energetische Effizienz der einzelnen Maßnahmen wird gemäß PHPP-Berechnung im Diagramm dargestellt. Zugleich werden die Kosten für die jeweiligen Maßnahmen aufgelistet, die als Mehrkosten gegenüber einer reinen Instandsetzung des Gebäudes anfallen.

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Die Wirtschaftlichkeit der angewandten Maßnahmen konnte nach Ermittlung der spezifisch erforderlichen Mehrkosten pro Maßnahme ermittelt werden. Es zeigt sich die symptomatische Verteilung: die Dämm-Maßnahmen sind hoch wirtschaftlich, Fenster und Lüftungsanlage liegen eher höher.

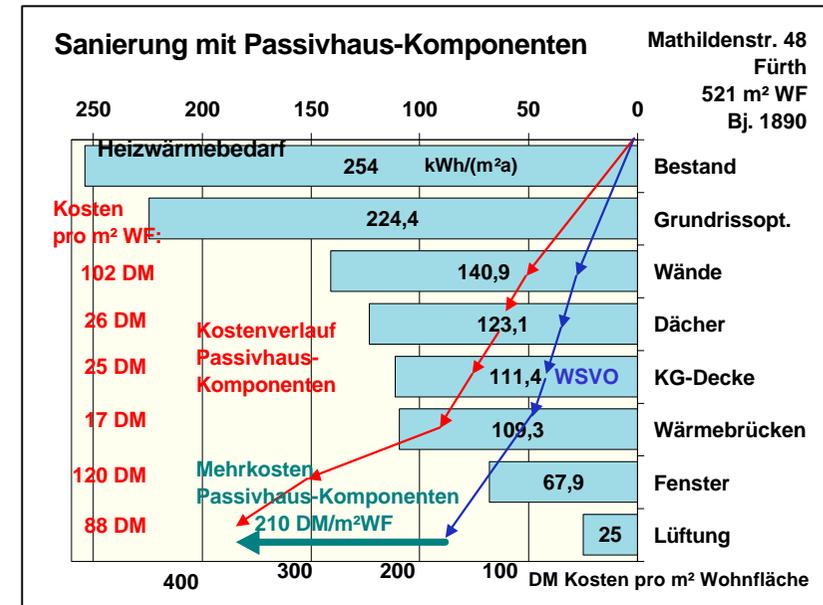


Abb. 5.3 MFH Mathildenstraße 48, Fürth: Effizienz und Kosten der einzelnen Maßnahmen



Bild 5.10

Anschluss der Stuckdecke an die Außenwand zur Straße: in diesem Bereich ist auf Grund der Ausführung der Innendämmung erhöhter Aufwand für die denkmalgerechte Gestaltung der Decke erforderlich

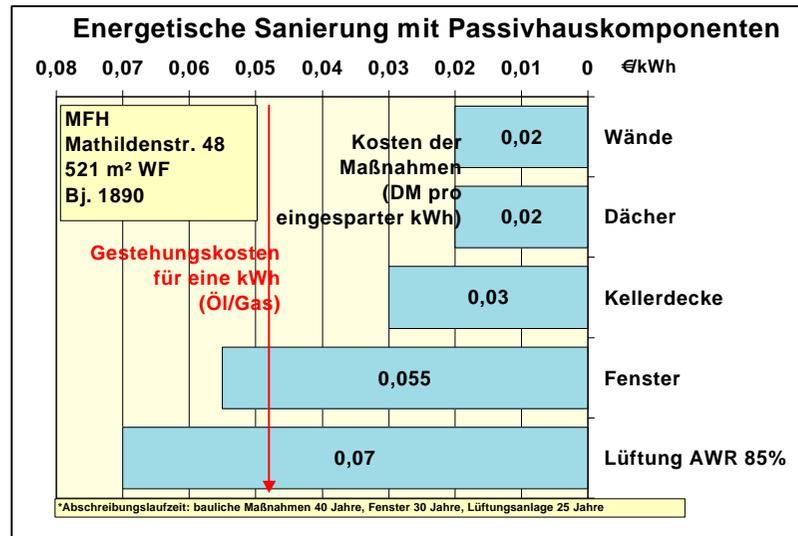


Abb. 5.4 MFH Mathildenstraße 48, Fürth: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in €pro eingesparter Kilowattstunde



Bild 5.11
Straßenfassade
Mathildenstraße 48 in Fürth

Anlagen

- Anlage 5.1. Zusammenfassung des energetischen Sanierungsgutachtens
- Anlage 5.2. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP für das Bestandsgebäude
- Anlage 5.3. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP für die Sanierungsvariante
- Anlage 5.4. Kostenschätzung nach Bauteilen (Gutachten 1)
- Anlage 5.5. Kostenschätzung nach LV-Positionen und Gewerken (Gutachten 2)
- Anlage 5.6. Kostenschätzung in der Ausführungsvariante nach Bauherrnabstimmung

5.2.3 Multifunktionsgebäude Bj. 1960 – ELAN Kapellenstraße 47, Fürth



Bild 5.12
ELAN
Kapellenstraße 47 in Fürth –
eingeschossige Bebauung mit
sehr ungünstigem A/V-Verhältnis

Ergänzend zu den Wohngebäuden wird zum Vergleich ein gewerbliches Projekt mit Nutzung als Jugendzentrum und Beschäftigungsgesellschaft in Verbindung mit Verwaltungsnutzung dargestellt. Die Gebäude von ELAN in Fürth stellen ein besonders dankbares Sanierungsobjekt dar. Die eingeschossigen Gebäude aus den 50er Jahren liegen mit einem Heizwärmebedarf von 414 kWh/(m²a) und einen Heizenergiebedarf von 488 kWh/(m²a) bei etwa dem doppelten Wert des üblichen Standards von 60er-Jahre-Bauten. Drei Maßnahmen-Varianten wurden untersucht:

Sanierungsvariante 1: Geringe Eingriffe in die Grundrissituation und wirtschaftlich optimierte Sanierung aller Gebäude. Energetische Standards: Dämmdicken zwischen 12 cm (bestehende sanierte Bauteile) und 20 cm, neue Fenster mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit Dämmrahmen, bereits sanierte Fenster mit 2-fach-Wärmeschutzglas, mechanische Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung.

Sanierungsvariante 2: zusätzlich Erneuerung der Heizungsanlage mit Gas-Brennwertkessel bzw. mit Pellet-Kessel und Solarthermie.

Sanierungsvariante 3: Energieoptimierte Bauweise vollständig mit Passivhaus-Technik mit deutlichem Modellcharakter. Diese Maßnahme ist in diesem Fall exzessiv ungünstig, weil zahlreiche nahezu neue Bauteile ausgetauscht werden müssten. Es war von vorneherein absehbar, dass diese Variante keine wirkliche Option darstellt.

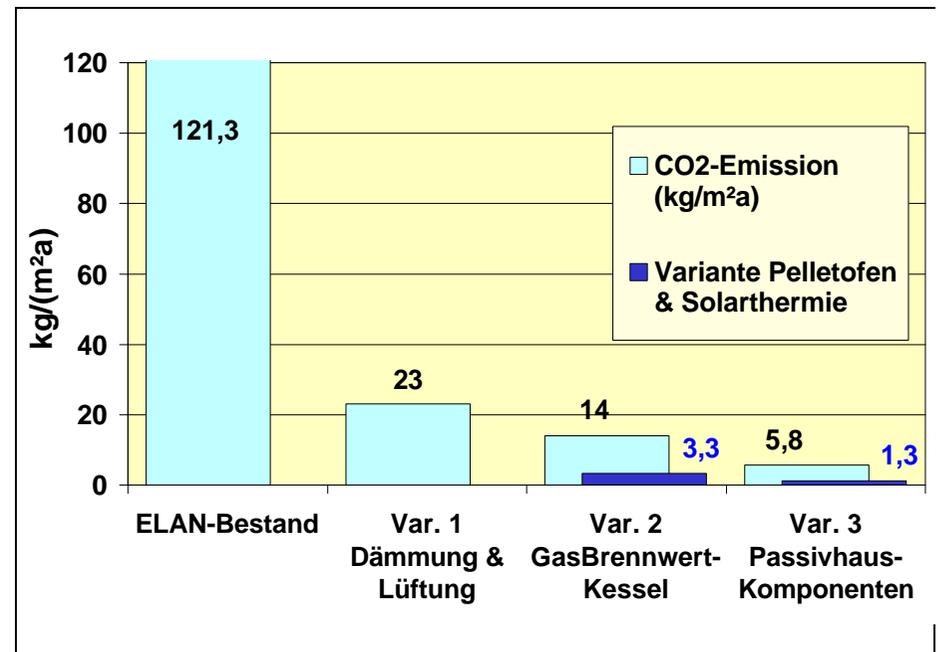


Abb. 5.6 Sanierung ELAN, Fürth: CO₂-Bilanz der drei Sanierungsvarianten; in der CO₂-Bilanzierung wirkt sich die Wahl der Haustechnik deutlich aus: die Emissionen der standardmäßig angegebenen Variante mit Gasbrennwerttechnik (helle Säulen) werden durch den kombinierten Einsatz von Solarthermie und regenerativen Energieträgern (hier: Pellets) nochmals um den Faktor 4 unterschritten

Die Maßnahmen führen zur drastischen Verringerung des Energiebedarfs. Er reduziert sich für Heizen und Warmwasser von 488 kWh/(m²a) auf 90 kWh/(m²a) bei Sanierungsvariante 1. Variante 2 weist einen Wert von 49 kWh/(m²a) auf und die dritte Variante 19 kWh/(m²a) liegt nahe am Passivhaus-Standard. Die CO₂-Emissionen für die jetzigen ELAN-Gebäude betragen 121,3 kg pro m² Nutzfläche und werden auf 23,0 kg/m² (Var. 1), 3,3 kg/m² (Var. 2/regenerativ) und 1,3 kg/m² (Variante 3) verringert.

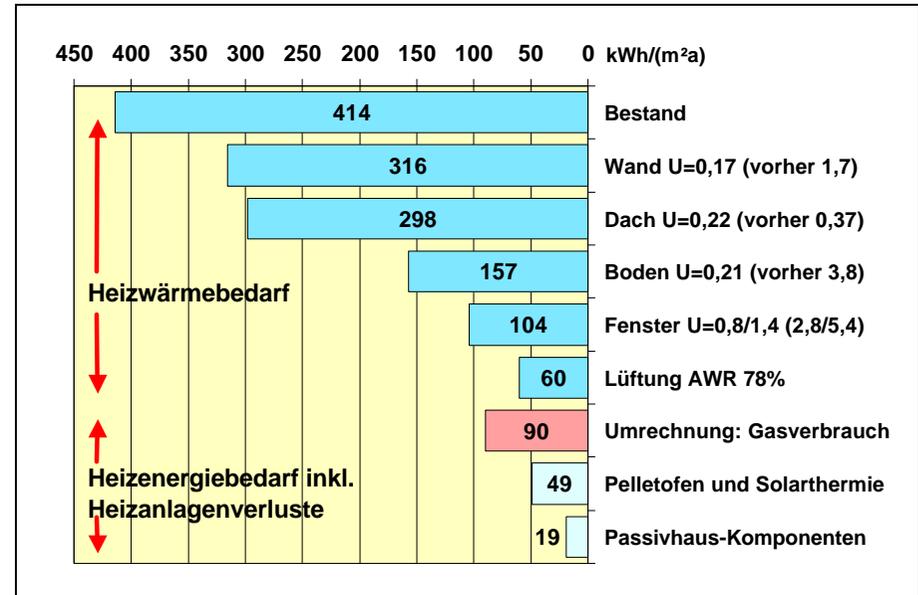


Abb. 5.8 Effizienz der einzelnen Maßnahmen: BV ELAN, Fürth

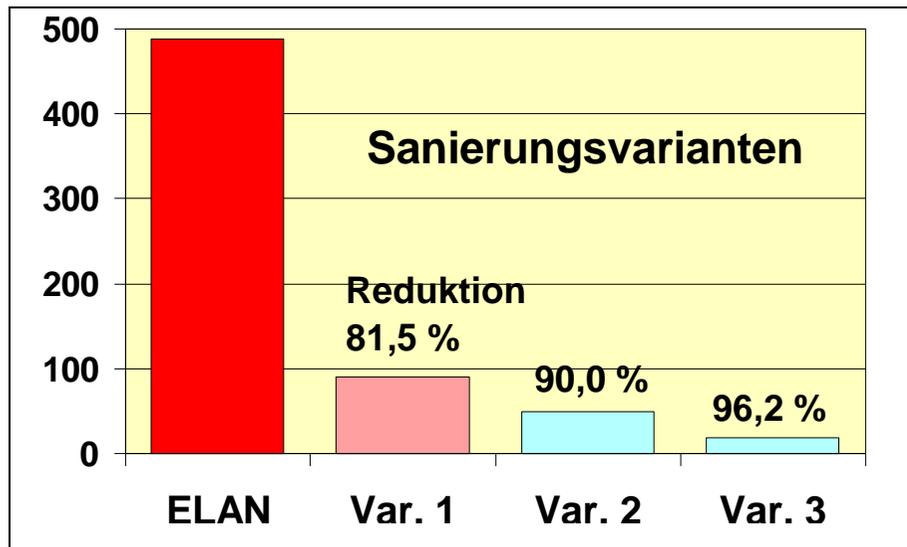


Abb. 5.7 Heizenergieeinsparung bei BV ELAN, Fürth



Bild 5.13
ELAN: Hofsituation und
Veranstaltungshalle

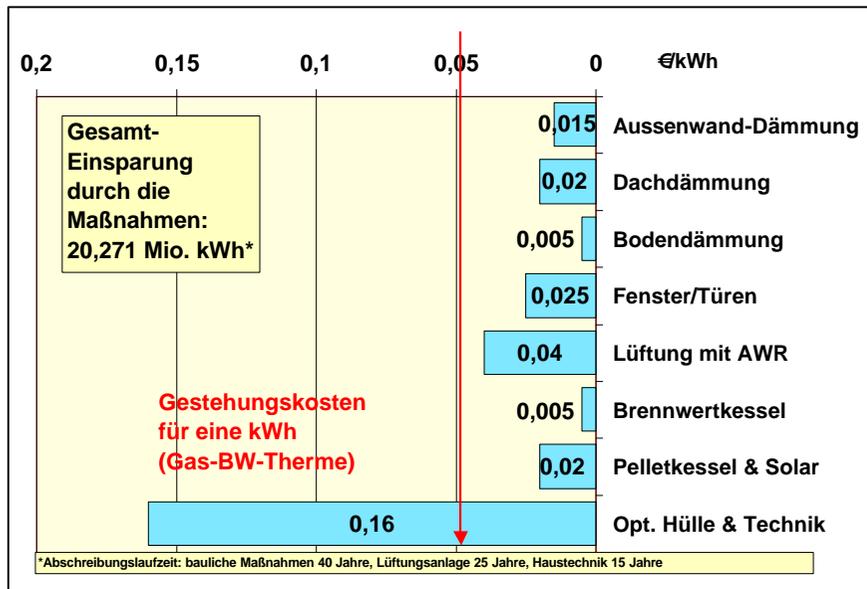


Abb. 5.9 Sanierung ELAN, Fürth: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in €pro eingesparter Kilowattstunde

Sanierungsvariante 1 und 2 zeichnen sich durch hervorragende Wirtschaftlichkeit aus. Die Kosten der energiebedingten Maßnahmen pro eingesparter Kilowattstunde liegen mit 1,8-2,0 Cent deutlich unter den Gestehungskosten für Raumwärme von derzeit etwa 5 –6 Cent/kWh.

Die sehr positive Wirtschaftlichkeit erklärt sich aus den extrem ungünstigen Ausgangswerten. Sie wird ergänzt durch die erhöhte bauphysikalische Behaglichkeit mit den daraus resultierenden verbesserten Arbeitsplatzbedingungen, was für den Krankenstand einen nicht uninteressanten Aspekt darstellt. Ökologie und Ökonomie verbinden sich bei dem Sanierungskonzept in äußerst günstiger Form.

Tabelle 5.9 Kostenschätzung ELAN, Fürth

Sanierungs-variante	Kosten nach DIN 276 gesamt (Kostengruppe 100-700)	Reine Baukosten pro m ² Nutzfläche (Kostengruppe 300+400)	Davon energiebedingte Kosten pro m ² Nutzfläche	Kosten pro eingesparter kWh (€/kWh) (energiebedingt)
1	0,88 Mio. €	661,61 €/m ²	182,53 €/m ²	0,020 €
2	0,91 Mio. €	674,39 €/m ²	195,31 €/m ²	0,018 €
3	1,15 Mio. €	868,68 €/m ²	389,60 €/m ²	0,165 €



Bild 5.14
ELAN
Eingangssituation

Anlagen

Anlage 5.7. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP Bestandsgebäude Teil 1

Anlage 5.8. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP Bestandsgebäude Teil 2

Anlage 5.9. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP Bestandsgebäude Teil 3

Anlage 5.10. Berechnung des Heizwärmebedarfs für die optimierte Sanierungsvariante

Anlage 5.11. Gutachten: Kostenschätzung und Kostenzusammenstellung

Anlage 5.12. Gutachten: Energiebedarf und CO₂-Emissionen

5.2.4 Reiheneckhaus (2-Familienhaus, Bj. 1935)



Bild 5.15 BV Karlsbader Straße vor der Sanierung



Bild 5.16 Nach der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

Das Reiheneckhaus wurde 1935 als Dreifamilienhaus erbaut mit einer Wohnfläche von gesamt 181 m². Das Gebäude ist zweigeschossig mit zusätzlichem Dachgeschoss und Spitzboden. Vor der Sanierung wurde das Gebäude erworben und die beiden unteren Geschosse umgeplant für die Nutzung durch eine Familie. Diese beiden Wohnebenen weisen 130 m² Wohnfläche auf und wurden mit Passivhaus-Komponenten versehen.

Es stand allerdings nur ein begrenzter Etat zur Verfügung. Die Planungsaufgabe bestand darin, mit diesen Mitteln sowohl eine energetisch und ökologisch möglichst konsequente Sanierung durchzuführen als auch Schönheitsreparaturen und vollständige Haustechnik-Neuinstallation. Auf Grund ihres Umweltengagements und der Einsparungseffekte bei den Betriebskosten wurde der Kostenrahmen seitens der Baufamilie etwas erhöht sowie ein erhöhter Eigenleistungsanteil erbracht, um ein abgerundetes Sanierungsergebnis zu erreichen.

Tabelle 5.10 Sanierungs-Maßnahmen BV Karlsbader Straße, Nürnberg

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,6 W/m ² K	0,17 W/m ² K	18 cm WDVS WLG 035
Dach	1,2 W/m ² K	0,11 W/m ² K	30-35 cm Sparrenlage und darüber
Kellerdecke	1,0 W/m ² K	0,21 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster	2,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmte Holz-Alurahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Abluftwärmerückgewinn.	85 % Wärmerückgewinnung
Heizung			Gasbrennwerttherme als Dachzentrale für die beiden Wohnungen
Warmwasserbereitung			Zentrale Bereitung mit 50 % solarem Deckungsgrad

Berechnung des Heizwärmebedarfs vor und nach der Sanierung

Die Berechnungen zur Reduktion des Heizenergiebedarfs wurden mit dem PHPP durchgeführt. Dabei wurden die Kennwerte für die einzelnen Maßnahmen sukzessive ermittelt. Die Tabelle zeigt die jeweilige Effizienz hinsichtlich Heizwärmebedarf, CO₂-Bilanz und Primärenergiekennwert.

Tabelle 5.11 Effizienz der Maßnahmen

Maßnahme	Heizwärmebedarf	inkl. Strom u. Warmwasser		ohne Strom, mit Warmwasser		
		Gesamt PE	Gesamt CO ₂	Endenergie	PE*	CO ₂
Bestand	301	488,1	105,6	391,7	419,1	89,7
Wand 18 cm WLG 035	175	328,4	71,4	242,4	259,3	55,5
Dach 320 mm WLG 035	123	262,2	57,2	180,5	193,1	41,3
KG-Decke 140 mm WLG 035	100	231,7	50,7	152	162,7	34,8
Fenster Uw 0,82	70	194,3	42,7	116,9	125,1	26,8
AWR 85 %	28	136,4	30,2	68,6	73,4	15,7
Neue Heizung (Gas-BW)	28	124,6	27,7	58,9	63,1	13,5
Solarthermie 5 m ²	28	114,2	25,5	49,5	52,9	11,3

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Die Wirtschaftlichkeit der angewandten Maßnahmen wurde nach Ermittlung der spezifisch erforderlichen Mehrkosten pro Maßnahme ermittelt. Die Zahlen basieren auf den abgerechneten Kosten. Ausführung der Arbeiten Sommer/Herbst 2002.

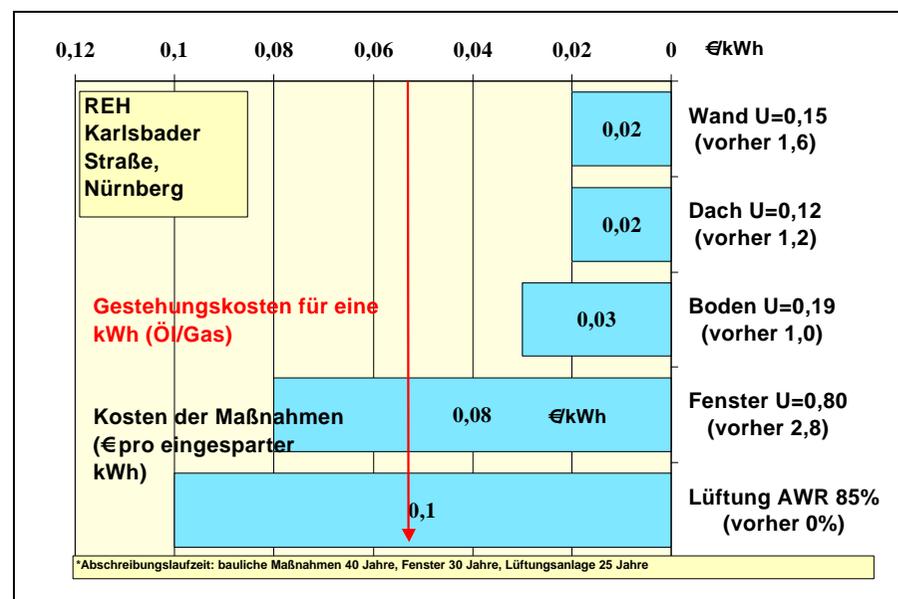


Abb. 5.10 Reiheneckhaus Karlsbader Straße: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen als Berechnung der Kosten je eingesparter Kilowattstunde

Anlage 5.13. Berechnung des Heizwärmebedarfs nach PHPP für die Sanierungsvariante

5.2.5 Mehrfamilienhaus Baujahr 1929 - Jean Paul Platz 4 in Nürnberg



Bild 5.17
BV Jean-Paul-Platz 4 vor der Sanierung



Bild 5.18
Nach der Sanierung mit vorgesetzten Balkons von Südost

Das Gebäude wurde als Zweispänner mit 6 Wohnungen und 895 m² Wohnfläche 1929 erstellt. Das Gebäude liegt in der Nürnberger Südstadt, in der Akzente für eine energieeffiziente Sanierungstätigkeit dringend geboten sind. Der Bauherr ist die wbg Nürnberg. Diese Wohnungsbaugesellschaft ist traditionell ein Partner für die Anwendung innovativer und nachhaltiger Konzepte [WBG 2002]. Im Rahmen der EU-Ziel 2-Förderung wählte sie ein Gebäude aus ihrem Bestand, das möglichst einfach strukturiert war, um erstmals eine Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten durchzuführen. Die Sanierung wurde im bewohnten Zustand durchgeführt, um die

Bewohner möglichst in ihren Wohnungen zu halten. Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale des Gebäudes sind Außenwände aus Vollziegeln, Geschossdecken als Holzbalkendecken mit Fehlböden und die Kellerdecke aus Betonhourdis. Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Die Sanierung wurde umfassend ausgeführt, wobei die energetisch relevanten Bauteile besondere Beachtung erfuhren. Zugleich wurde ein möglichst sparsames Sanierungskonzept angewandt: es wurden keine eingreifenden Grundrissänderungen durchgeführt, keine Baderneuerung und keine Schönheitsreparaturen in den Wohnungen. Die wesentlichen technischen Maßnahmen werden in Tabelle 5.12 dargestellt.

Tabelle 5.12 Sanierungs-Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz 4, Nürnberg

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,40 W/m ² K	0,15 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem
Decke zum Dachboden	0,87 W/m ² K	0,12 W/m ² K	25 cm Dämmung auf der Decke
Kellerdecke	0,88 W/m ² K	0,19 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster	2,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmte Fensterrahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Abluftwärmerrückgewinn.	85 % Wärmerückgewinnung

Qualitätssicherung Luftdichtheit: Hinsichtlich der Luftdichtheit war es auf Grund mangelnder Erfahrungswerte nicht möglich, im Planungsstadium einen fundierten n_{50} -Zielwert festzulegen. Vor Baubeginn wurde ein Blower-Door-Test durchgeführt, der für das Gesamtgebäude zu $n_{50} = 4,9 \text{ h}^{-1}$ führte. Die drei übereinanderliegenden Wohnungen auf der Ostseite wurden einzeln gemessen und erbrachten folgende Werte: Wohnung EG: $n_{50} = 4,2 \text{ h}^{-1}$; Wohnung 1. OG: $n_{50} = 6,2 \text{ h}^{-1}$; Wohnung 2. OG: $n_{50} = 9,9 \text{ h}^{-1}$ [AnBUS 2002]. Daraus lässt sich ableiten, dass einerseits der Übergang zum Dachboden eine besondere Leckagequelle darstellte und zudem zwischen den Wohnungen relativ hohe Undichtigkeiten bestehen. Nach Fertigstellung der Sanierung wurde ein hervorragender Wert von $n_{50} = 0,35 \text{ h}^{-1}$ gemessen.

Berechnung des Heizwärmebedarfs vor und nach der Sanierung

Der Heizwärmebedarf (Berechnung nach PHPP / EN 832) betrug vor der Sanierung $204 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und wurde durch die Maßnahmen auf $27 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ gesenkt. Aus primärenergetischer Sicht und hinsichtlich der CO_2 -Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach weniger als zwei Jahren.

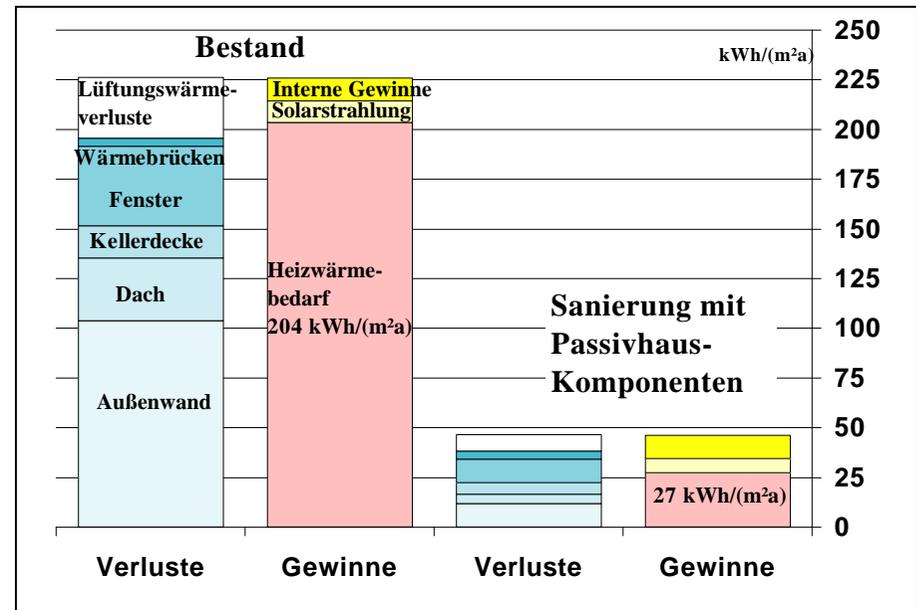


Abb. 5.11 Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung



Bild 5.19
Fassadenausschnitt –
Balkon auf der Südseite und
Solaranlage

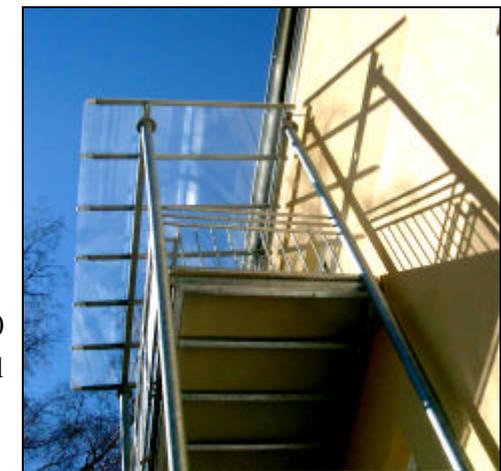


Bild 5.20
Balkon-Detail

Die folgende Abbildung zeigt wie bei den anderen Bauvorhaben die Effizienz der einzelnen Maßnahmen mit kostenmäßiger Gewichtung für das Gebäude (Gutachten):

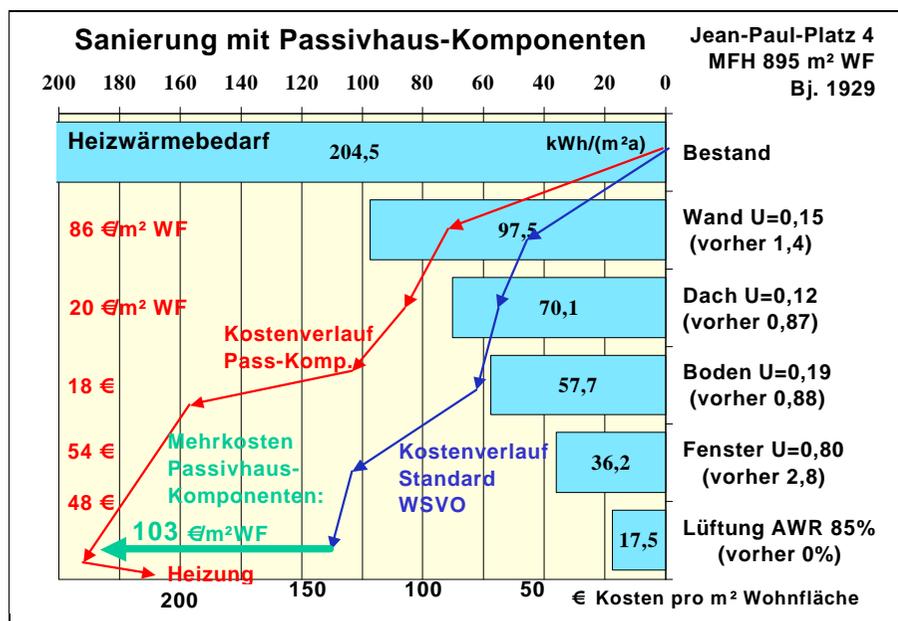


Abb. 5.12 Effizienz der einzelnen Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz, Nürnberg

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Die Baukosten für die Sanierung betragen 515 € pro m² Wohnfläche (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276). Die Wirtschaftlichkeit der angewandten Maßnahmen wurde wiederum als Berechnung der eingesetzten Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für jede Maßnahme ermittelt (Abb. 5.13). Die Sanierung wurde innerhalb von zweieinhalb Monaten von Okt. bis Dez. 2002 durchgeführt.

Eine tiefergehende Beschreibung ist in der Anlage beigefügt [Schulze Darup 2003-1 / Anlage 5.1]. Ein umfangreicher Projektbericht folgt im Sommer 2003 [WBG 2003].

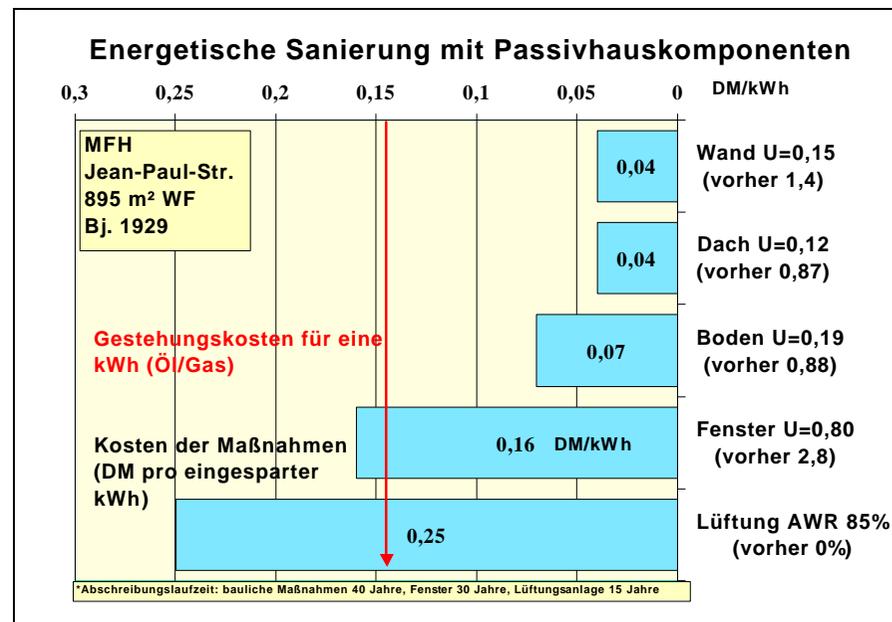


Abb. 5.13 Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz, Nürnberg anhand der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für jede Maßnahme (Berechnung gemäß Gutachten vor Durchführung der Maßnahmen)

Anlage 5.14. Heizwärmebedarf nach PHPP

Anlage 5.15. Sanierungsgutachten nach Bauteilen inkl.

Kostenzusammenstellung

Anlage 5.16. Ermittlung der spezifischen Fensterkosten für BV Jean-Paul-Platz

Anlage 5.17. Script zum Vortrag über das BV Jean-Paul-Platz auf der PH-Tagung 2003

5.3 Auswertung und Zusammenstellung der Beispiele

Die wesentlichen Kennwerte der Projekte aus Kapitel 5.2.1 bis 5.2.5 werden in Tabelle 5.13 ausgewertet und vergleichend nebeneinander gestellt.

Tabelle 5.13 Auswertung der Beispiele mit Passivhaus-Komponenten: je nach Betrachtungsweise (Heizwärmebedarf – Heizenergiebedarf – Jahresprimärenergiebedarf inkl. Warmwasserbereitung) liegen die Faktoren für die Energieeffizienz zwischen 6,2 und 15,2

Hinsichtlich der Methodik wurde folgender Weg gewählt: zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs kam das Passivhaus Projektierungs Paket [PHPP 2002] zum Einsatz. Der Ansatz für die Warmwasserbereitung wurde einheitlich auf 17,2 kWh/(m²a) (gegenüber 12,5 kWh/(m²a) nach EnEV) hochgesetzt, um einen realistischen Wert zu erhalten. Nur für das Jugendzentrum ELAN gilt ein niedrigerer Wert von 5 kWh/(m²a). Die Anlagenaufwandszahlen wurden unter Berücksichtigung der bereits erfassten Einflüsse für die Lüftungsanlage nach EnEV festgelegt.

			RMH 1960		MFH 1890		Jugendzentrum		REH 1935		RMH 1960	
			Kap. 5.2.1		Kap. 5.2.2		Kap. 5.2.3		Kap. 5.2.4		Kap. 5.2.5	
			Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert
Beheizte Fläche		m²	120		500		1350		130 (+ 51)		895	
Wand	U	W/(m²K)	1,20	0,14	1,9/1,3	0,45/0,15	1,90	0,16	1,60	0,17	1,40	0,15
Dach	U	W/(m²K)	0,50	0,10	1,05	0,10	1,20	0,20	1,20	0,11	0,87	0,12
Grund	U	W/(m²K)	0,82	0,25	0,87	0,25	2,60	0,20	1,00	0,21	0,88	0,19
Fenster	U _w	W/(m²K)	2,80	0,76	2,8-5,6	0,76	5,6/2,8	0,8/1,4	2,80	0,80	2,80	0,80
	g		0,62	0,50	0,62	0,50	0,6-0,65	0,5/0,6	0,62	0,50	0,60	0,50
Türen		W/(m²K)			4,80	1,20	4,50	0,80			3,50	0,95
Wärmebrücken			Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis	
Luftdichtheit		h ⁻¹	ca. 5,0	0,60	ca. 8	1,00	ca. 8	0,60	ca. 5,0	1,50	ca. 5,0	0,60
Lüftung			manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR
Heizwärmebedarf (PHPP)		Q _H	179,4	25,0	254,0	41,0	414,0	60,0	301,0	34,0	204,0	27,0
Anlagenaufwand Heizung			1,50	1,15	1,70	1,15	1,65	0,75	1,60	1,15	1,55	1,10
Heizenergiebedarf			269,1	28,8	431,8	47,2	683,1	45,0	481,6	39,1	316,2	29,7
Heizwärme Warmwasser		q _{tw}	17,2	17,2	17,2	17,2	5,0	5,0	17,2	17,2	17,2	17,2
Anlagenaufwandszahl		e _p	1,70	0,95	1,85	1,00	1,75	0,75	1,80	1,05	1,75	0,95
Jahresprimärenergiebedarf		Q _p "	334,2	40,1	501,7	58,2	733,3	48,8	572,8	53,8	387,1	42,0
Faktor Heizwärmebedarf				7,2		6,2		6,9		8,9		7,6
Faktor Heizenergiebedarf				9,4		9,2		15,2		12,3		10,7
Faktor Jahresprimärenergie				8,3		8,6		15,0		10,7		9,2

Als Bezugsfläche gilt die beheizte Fläche (nicht A_N nach EnEV). Es lässt sich hervorragend ablesen, welche Gewichtung die Gebäudehülle aufweist und welche Effekte durch die Heizanlage erzielt werden können. Bei der Betrachtung nach CO_2 -Emission gewinnt der Anlagenfaktor nochmals an Bedeutung. Dennoch sprechen alle Argumente dafür, dass eine hochwertige Dämmung der Gebäudehülle im Vordergrund steht und die Heiztechnik sich sowohl durch Einfachheit als auch durch eine gute Anlagenaufwandszahl auszeichnet. Die Investitionsentscheidung für die baulich-konstruktiven Teile sollte für 30 bis 50 Jahre Bestand haben, die Heiztechnik wird nach ca. 15 bis 20 Jahren erneuert.

In Abbildung 5.14 werden für die fünf Projekte zum Vergleich die erreichten Faktoren für die Energieeffizienz (vor und nach der Sanierung) abgebildet. Dabei wird unterschieden nach Heizwärmebedarf, Heizenergiebedarf (ohne Trinkwassererwärmung) und Jahresprimärenergiebedarf (inkl. Trinkwassererwärmung).

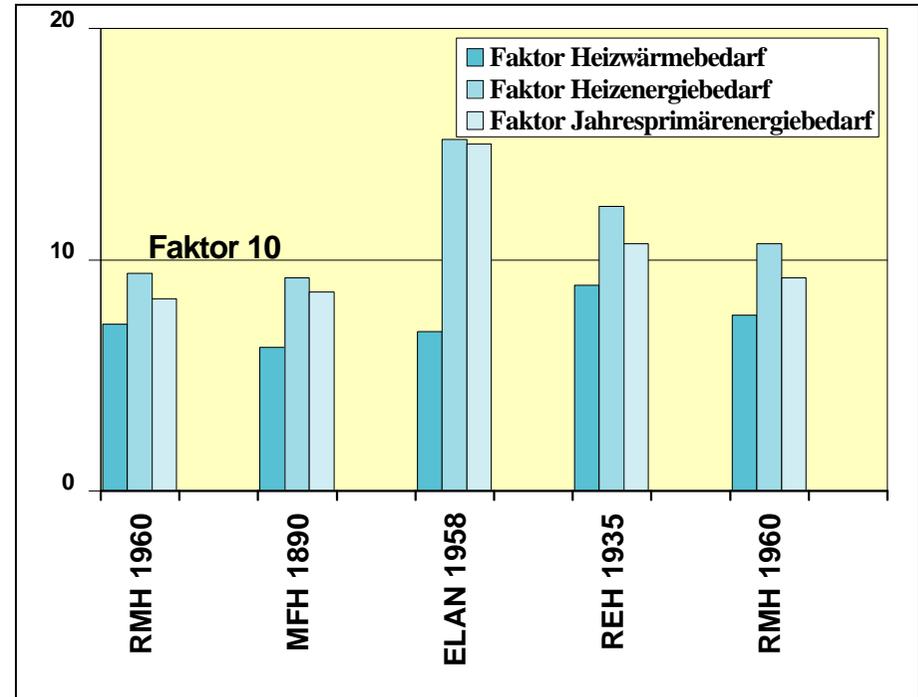


Abb. 5.14 Vergleich die erreichten Faktoren für die Energieeffizienz nach Heizwärmebedarf, Heizenergiebedarf (ohne Trinkwassererwärmung) und Jahresprimärenergiebedarf (inkl. Trinkwassererwärmung) s. Anlage 5.18

6 Ökonomische Auswertung der Sanierungsbeispiele mit Faktor 10

6 Ökonomische Auswertung der Sanierungsbeispiele mit Faktor 10

Die dargestellten Sanierungsvorhaben mit Passivhauskomponenten (Kap. 5.2.1 – 5.2.5) werden hinsichtlich ihrer Kosten in den folgenden Kapiteln ausgewertet.

In Kapitel 6.1 werden die bauteilspezifischen Kosten ermittelt und Ableitungen zur Wirtschaftlichkeitsentwicklung bis zum Jahr 2020 durchgeführt.

In Kapitel 6.2 werden anhand eines Berechnungsbeispiels verschiedene energetische Gebäudestandards gegenüber gestellt.

Schließlich werden in Kapitel 6.3 die Aufwendungen pro Quadratmeter Konstruktionsfläche verglichen.

6.1 Effizienz und Optimierung der Bauteile

Bei den aufgeführten Sanierungsvorhaben gingen die Bestrebungen dahin, günstige Kosten durch konsequente Optimierung der einzelnen Bauteile zu erzielen. Grundlage dafür sind Überlegungen, wie sie in Kapitel 2.4 beschrieben werden. Für die Konstruktion werden die jeweiligen technischen Innovationen unter möglichst wirtschaftlichen Aspekten angewandt. Die Innovationsgeschwindigkeit ist im Baubereich sicher bei weitem nicht so hoch wie in vielen anderen Sektoren. Dennoch ist gerade bei den technischen Lösungen für energieeffiziente Bauweisen in den letzten zwanzig Jahren eine äußerst stringente Entwicklung ablesbar. Ein symptomatisches Beispiel bietet die Glas- und Fenstertechnik: Ende der 80er Jahre wurde Wärmeschutzverglasung auf Hochpreinsniveau und dementsprechend schleppend in den Markt eingeführt. Nur wenige Jahre später bei Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung 1995 kamen die Gläser auf

die Hauptproduktionslinien und sanken ab diesem Zeitpunkt auf den Preis der energetisch doppelt so schlechten Isolierverglasung.

Entsprechende Entwicklungen sind in den kommenden Jahren absehbar. Wer das rasante Innovationstempo bei den Passivhaus-Komponenten in den letzten 10 Jahren beobachtet hat kann sich vorstellen, welche Dynamik entstehen wird, wenn es bei den Produkten nicht mehr um singuläre Stückzahlen für die relativ wenigen Passivhäuser in den 90er Jahren geht, sondern um jährlich 50 bis 100 Mio. m² Wohnfläche. 1 Mio. m² Fensterfläche sind gerade einmal 10 % der jährlichen Produktion – und es ist leicht vorstellbar, dass in wenigen Jahren dieses das Mindestsegment der Passivhaus-Fenster darstellen wird. Es ist absehbar, dass in gut fünf Jahren mindestens 30 % der eingebauten Fenster diesen Standard aufweisen werden – das sind jährlich 3 Mio. m² und mehr. Werden in nur 10 % der sanierten Wohnungen Lüftungsanlagen eingebaut, so sind das im Jahr 70.000 bis 100.000 Stück. Die hygienisch richtige Lösung wäre es, in jede Wohnung eine Lüftungsanlage einzubauen!

6.1.1 Mehrkosten gegenüber Standardsanierungen

Die wesentliche Frage bei Sanierungen mit erhöhtem Standard stellen die erforderlichen Mehrkosten dar. Auf Basis der dargestellten Beispiele (Kap. 5.2.1 - 5.2.5) wurden diese hochgerechnet. Abbildungen 6.1 stellt den aktuellen Kostenstand (2003) für Passivhaus-Komponenten bei der energetischen Sanierung dar. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass dies das eher günstige Kostenspektrum bei optimierter Planung abbildet. Die Mehrkosten liegen bei ca. 100 € pro m² Wohnfläche (Kosten nach DIN 276 Kostengruppe 300/ 400 inkl. MWSt.; vgl. hierzu die vertiefenden Berechnungen in Kapitel 6.2).

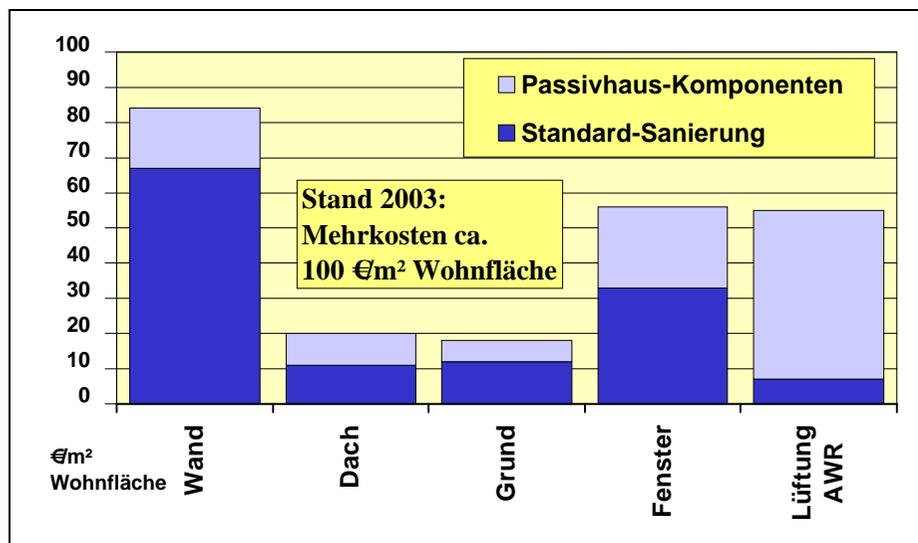


Abb. 6.1 Kostenentwicklung bei der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten gegenüber Standard EnEV: Stand 2003 (Angaben in €/pro m² Wohnfläche)

Abbildung 6.2 stellt auf der vorgegebenen Grundlage eine Prognose für die Kostenentwicklung in etwa fünf Jahren dar. Besonders bei den Fenstern wird eine Reduktion der Mehrkosten gegenüber den heutigen Standardfenstern von im Mittel etwa 170 % auf 120 % (Standard 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung = 100 %) zu erwarten sein. Bei Lüftungsanlagen wird die Kostenkurve ähnlich deutlich nach unten zeigen. Für die Industrie stellt konsequente Durchführung energetisch effizienter Sanierung ein gewaltiges Innovations- und Umsatzpotenzial dar. Wenn bisher in Chefetagen das kleine Segment der unrentablen Energieinnovationen eher wie ein Hobby betrachtet wurde, so machen diese wenigen Zahlen deutlich, dass jeder beteiligte Industriezweig gut beraten ist, möglichst frühzeitig Entwicklungen auf den Weg zu bringen, damit die Produkte wirklich marktreif sind, wenn in drei bis sechs Jahren relevante Umsätze gefahren werden (vgl. Kap. 10.4).

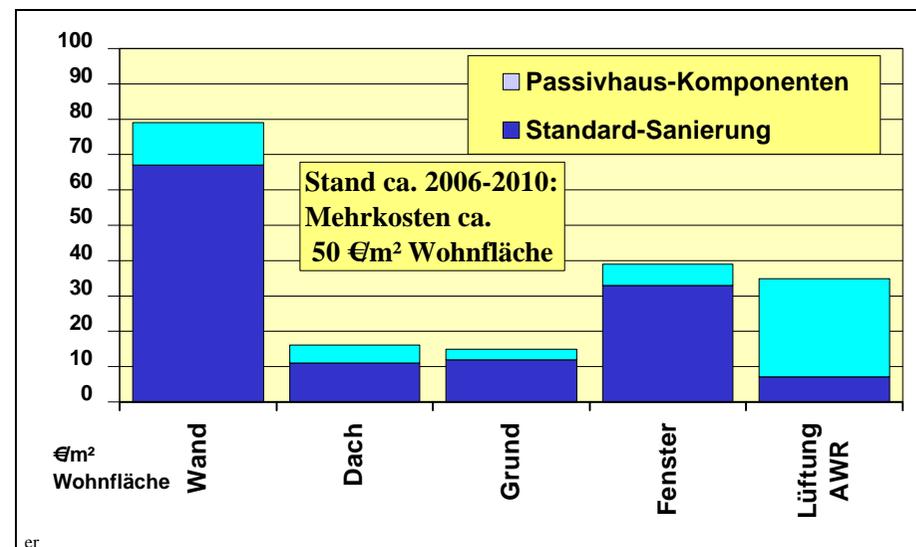


Abb. 6.2 Kostenentwicklung bei der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten: Stand 2006 bis 2010; abhängig vom Innovationstempo und Rahmenbedingungen (Angaben in €/pro m² Wohnfläche)

6.1.2 Entwicklung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde

Anhand der Beispielsanierungen (Kapitel 5.1. – 5.5) wurden für jede Bauteilgruppe die Kosten pro eingesparter Kilowattstunde errechnet. Die Zahlenmaterialien der jeweiligen Diagramme wurden zusammengestellt und für jedes Konstruktionsteil der jeweilige Mittelwert errechnet. Das Ergebnis wird in Abbildung 6.3 abgebildet. Die Ergebnisse korrespondieren gut mit weiteren Untersuchungen zu diesem Thema [Großklos, Hinz, Enseling 2001 / Schulze Darup 1999]. In den darauf folgenden Abbildungen 6.4 bis 6.6 werden Prognosen für die Kostenentwicklung dargestellt für die Jahre 2005 – 2010 – 2020. Grundlage für die Ermittlung der Kosten sind Erfahrungen mit Neubau-Komponenten der letzten zwanzig Jahre. Weiterhin wurden in den

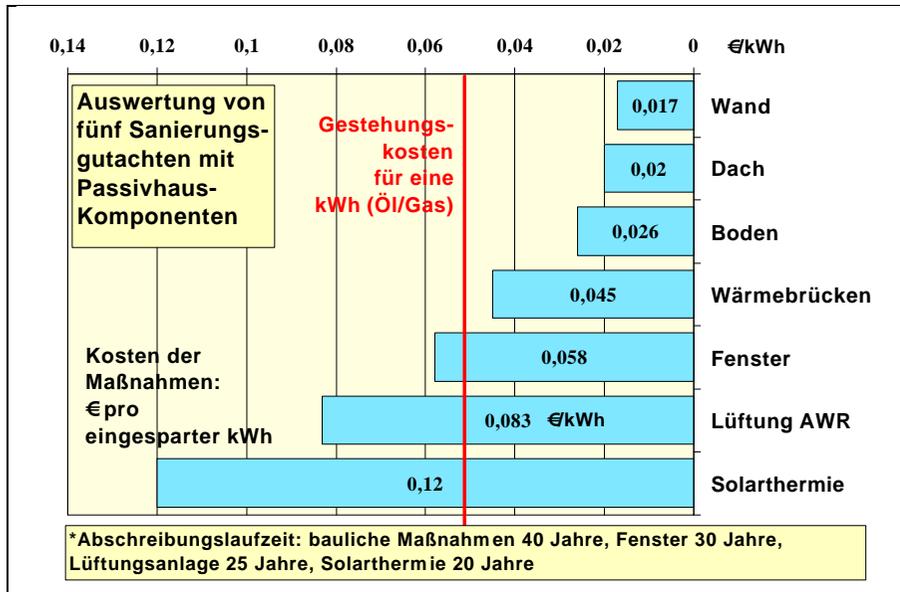


Abb. 6.3 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für energetische Maßnahmen mit Passivhaus-Standard bei der Sanierung (lineare Berechnung ohne Zinsansatz: vgl. dazu Kap. 7.3)

vorhergehenden Kapiteln die Grundlagen für Weiterentwicklungen z. T. präzise beschrieben. Diese Darstellungen basieren auf Produkt- und Anwendungsrecherchen z. T. gemeinsam mit Industriepartnern [Schulze Darup 2003].

Die Entwicklungen werden inflationsbereinigt abgebildet. Die Kostensteigerung für die Gestehungskosten pro kWh durch eine Gas- oder Ölheizung wird eher exemplarisch dargestellt und soll die Relation verdeutlichen, ab welchem Kostenlevel energetische Maßnahmen aus rein wirtschaftlichen Gründen effizient sind. Es ist selbstverständlich nicht möglich, die Kostenentwicklung bei den Energieträgern präzise abzuschätzen. Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, dass im Jahr 2020 die Gestehungskosten bei mindestens 0,10 € liegen werden. In Kapitel 7.3.3 werden Entwicklungsszenarien aufgezeigt.

Für die Investitionsentscheidung muss die anzunehmende Kostenentwicklung der Wärmebereitstellung über den Abschreibungszeitraum der Maßnahme betrachtet werden. Insbesondere die Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle sind über einen Zeitraum von mindestens 40 Jahren zu betrachten.

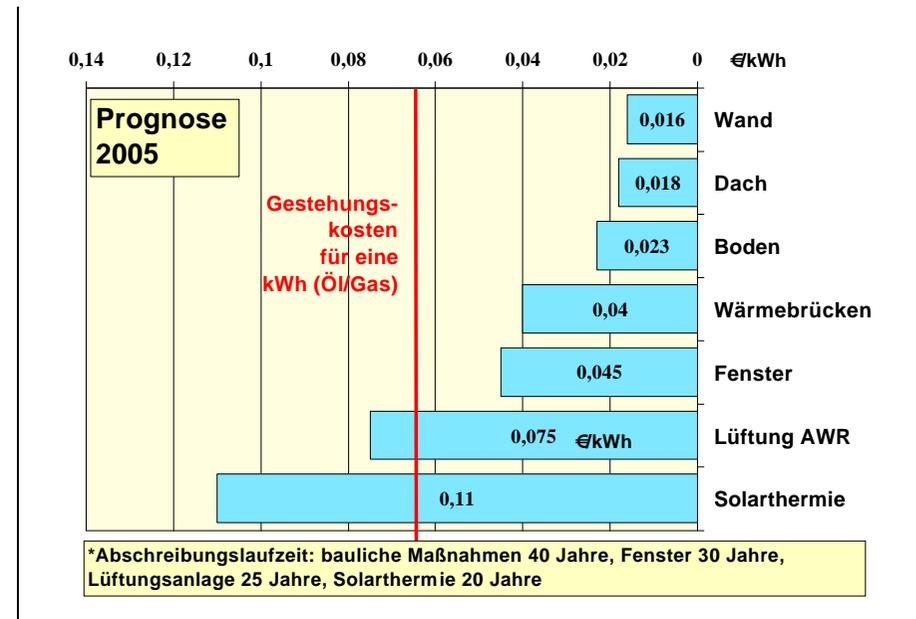


Abb. 6.4 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2005: besonders bei Fenstern und Lüftungstechnik werden günstigere Kosten zu realisieren sein.

In Abbildung 6.4 und den folgenden beiden Abbildungen werden Prognosen für die Jahre 2005, 2010 und 2020 dargestellt. Die Kosten werden inflationsbereinigt angegeben.

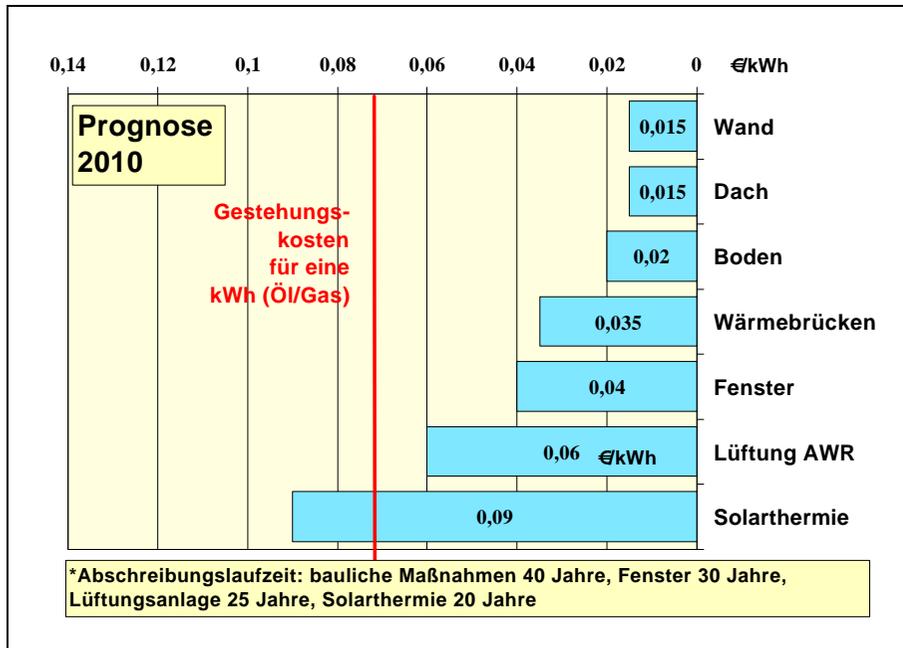


Abb. 6.5 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2010: die Entwicklung des vorhergehenden Diagramms wurde fortgeschrieben. Die durch den Strich dargestellten Gesteungskosten stellen nur einen absehbaren Trend dar (vgl. Kap. 7.3.3 und 10.2.3)

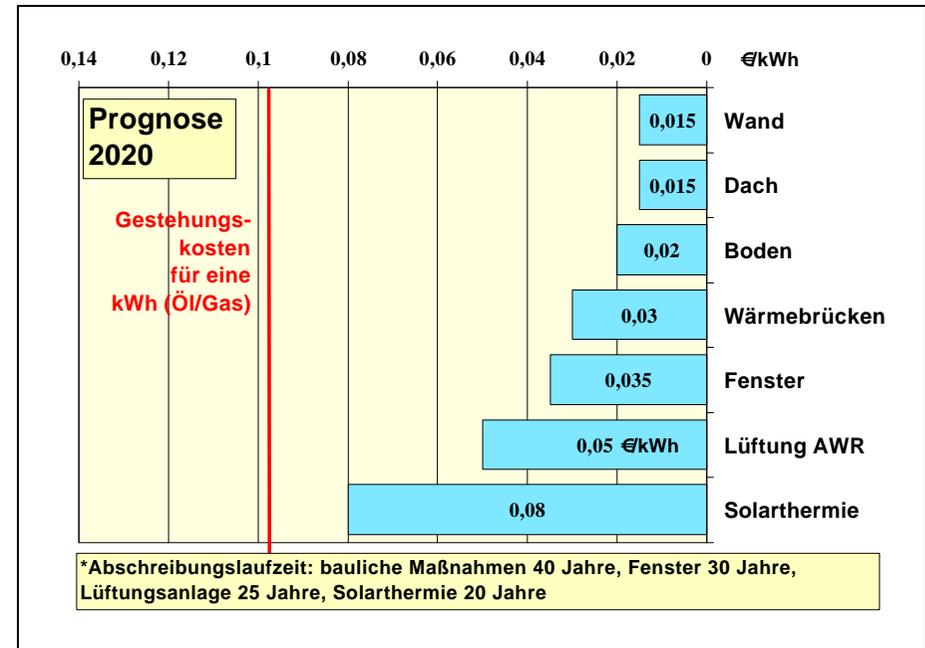


Abb. 6.6 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2020; Komponenten, die vor wenigen Jahren noch außerhalb des wirtschaftlichen Bereichs lagen, sind hoch rentabel

6.2 Kostenbetrachtung für verschiedene Sanierungsstandards

Die zentrale Frage vor der Sanierung eines Bauvorhabens zielt auf die wirtschaftlich optimale Ausführung. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erhalten durch den Vergleich verschiedener Varianten eine erhöhte Aussagekraft. Aufbauend auf den Erfahrungen der vorgestellten Projekte und den Ergebnissen aus Kapitel 6.1 werden beispielhaft fünf Varianten gegenüber gestellt. Dabei handelt es sich um folgende Standards:

1. Mindestanforderungen nach **Bestandsanforderungen** der EnEV unter der Prämisse, möglichst geringe Eingriffe durchführen zu müssen
2. Anforderung nach EnEV bei grundlegenden Sanierungsmaßnahmen: EnEV-Neubaustandard zzgl. 40 %, das entspricht 140 % des Jahresprimärenergiebedarfs eines vergleichbaren Neubaus (**EnEV 140**)
3. Erfüllung der **EnEV-Neubau**-Anforderungen
4. Primärenergieanforderung 60% des EnEV-Neubau-Standards (**EnEV 60**)
5. Primärenergieanforderung nahe 40 % des EnEV-Neubau-Standards: hier werden umfassend Passivhaus-Komponenten eingesetzt, als Bezeichnung wird im Text „**3-Liter-Haus**“ gewählt, weil der Heizwärmebedarf unter der Voraussetzung eines optimierten und teil-regenerativen Heizsystems (Anlagen-Aufwandszahl von 0,95) um einen Wert von 30 kWh/m²a liegt.

Als Grundlage für die Berechnungen wird mit dem Sanierungsvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg das im Vorfeld am besten dokumentierte Gebäude der obigen Beispiele gewählt: es ist sehr gut geeignet, da es folgende Charakteristika aufweist:

- Durchschnittlich große Baumasse und A/V-Verhältnis
- Durchschnittliche Geschossigkeit (dreigeschossig)
- Konstruktionen und Detailsbildungen, die auf Grund des Baujahrs 1930 sowohl für Gründerzeitgebäude Rückschlüsse zulässt als vor allem auch für den großen Bereich der 50-/60iger-Jahre Gebäude.

Selbstverständlich muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass jegliches Sanierungsvorhaben in wesentlich höherem Maß als Neubauten von individuellen Prägungen bestimmt wird. Am ehesten wird es möglich sein, für 60iger-Jahre-Gebäude ein stimmige Systematik zu gestalten. Dies ist Aufgabe des DBU-Forschungsvorhabens [Schulze Darup 2003], das auf dieser Arbeit aufbauen wird.

In Tabelle 6.1 werden Berechnungen zusammengefasst, welche für oben benannte Standards ausgeführt wurden (s. Anlage 6.1). Die Bauteile und U-Werte sind den ersten Zeilen der Tabelle zu entnehmen. Angewandt wurden die Rechenverfahren nach EnEV und PHPP im Vergleich.

Tabelle 6.1 Maßnahmenpakete und resultierende Energiekennwerte für 5 Gebäudestandards

		Bestand	EnEV 140 %			EnEV-Neubau		EnEV 60		3-Liter-Haus	
Bauteile		U-Wert	U-Wert	Dämmung	U-Wert	Dämmung	U-Wert	Dämmung	U-Wert	Dämmung	
Bestand		W/(m²K)	W/(m²K)	WLG 035	W/(m²K)	WLG 035	W/(m²K)	WLG 035	W/(m²K)	WLG 035	
Wand	Vollziegel 42 cm	1,56	0,43	60	0,19	160	0,16	200	0,157	200	
Dach	Fehlboden z. Dach	1,12	0,26	100	0,15	200	0,13	250	0,126	250	
Grund	Betonträgerdecke	1,23	0,73	20	0,30	100	0,23	140	0,233	140	
Fenster	Kastenfenster	2,60	1,70	g = 62 %	1,50	g = 62 %	0,80	g = 50 %	0,80	g = 50 %	
Türen		2,60	1,80		1,80		1,20		1,20		
Wärmebrücken			zzgl. 0,1		zzgl. 0,1		Einzelnachweis		Einzelnachweis		
Luftdichtheit			keine Maßn.		keine Maßn.		Blower-Door-Test		Blower-Door-Test		
Lüftung		manuell	manuell		manuell		manuell		Abluftwärmerückg.		
Berechnung nach EnEV											
Heizwärmebedarf	Q_H	141,7	67,0		48,9		26,0		26,0		
Heizwärme Warmwasser	q_{tw}	12,5	12,5		12,5		12,5		12,5		
Anlagenaufwandszahl	e_P	1,5	1,5		1,4		1,3		1,05		
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''	231,3	119,3		86,0		50,1		40,4		
wie vor, jedoch Bezug A_{EB}	Q_p''	332,1	171,2		123,4		71,9		58,0		
Maximal zulässig	Q_p'' , zul.		86,0		86,0		51,6				
Berechnung nach PHPP											
Heizwärmebedarf	Q_H	224,0	159,5		61,5		47,3		27,4		
Heizwärme Warmwasser	q_{tw}	17,2	17,2		17,2		17,2		17,2		
Anlagenaufwandsz. (Rechengang wie oben)		1,5	1,5		1,4		1,3		1,05		
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''	361,8	265,1		110,2		83,9		46,8		
Endenergiebedarf		328,9	241,0		100,2		76,2		42,6		

Auf Grundlage der ermittelten Standards mit ihren jeweiligen Maßnahmenbündeln werden nun in Tabelle 6.2 die Kosten für die jeweilige Variante dargestellt. Von der Methodik her wurde das Abrechnungs-LV des zugrunde liegenden Bauvorhabens Position für Position mit den Einheitspreisen des jeweiligen Standards versehen und aufsummiert.

Tabelle 6.2 Kosten in Abhängigkeit vom Gebäudestandard (Kosten nach DIN 276 Kostengruppe 300 und 400 inkl. MWSt.) nach Bauteilen

Kosten (€) inkl. MWSt.	EnEV-Instands.	EnEV 140 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Wand	11.102,78	62.406,49	70.707,03	75.049,31	75.049,31
Dach	0,00	7.145,98	10.048,23	11.975,22	12.175,29
Kellerdecke	0,00	10.605,77	11.812,01	13.026,37	13.026,37
Fenster	8.588,99	52.001,62	53.059,12	71.739,62	71.739,62
Türen	290,00	6.714,63	6.714,63	10.455,54	10.455,54
Wärmebrücken	0,00	509,75	695,21	7.367,61	7.557,91
Luftdichtheit	0,00	1.239,46	1.621,52	1.621,52	1.621,52
Lüftung	0,00	0,00	0,00	0,00	46.228,18
Heizung	5.200,92	5.878,03	76.580,85	67.144,17	60.450,54
Solarthermie	0,00	0,00	0,00	16.074,47	16.074,47
Balkon	37.751,51	39.521,94	40.005,66	40.005,66	40.005,66
Sonstige Kosten	61.538,33	72.595,85	85.140,67	98.778,42	104.468,69
Kosten gesamt	124.472,52	258.619,52	356.384,92	413.237,91	458.853,10

Es ist zu beachten, dass jede Kostensituation von individuellen Angebotssituationen abhängig ist. Im vorliegenden Fall liegen günstige Kosten vor. Die Berechnung erfolgte zunächst nach Gewerken (Leistungsverzeichnis siehe Anlage 6.2). Jede Position wurde dann wiederum den energetisch relevanten Bauteilen zugeordnet und aufaddiert, sodass eine Kostenauflistung nach Bauteilen abgeleitet werden konnte. In Anlage 6.3 befindet sich die detaillierte Kostenaufstellung für BV Jean-Paul-Platz 4 für die in den Tabellen

aufgelistete Bauteile. Eine Zusammenstellung der Kosten erfolgt in Anlage 6.4. Werden die Kosten in der Tabelle jeweils umgerechnet auf einen Quadratmeter Wohnfläche, ergibt sich die Aufstellung gemäß Tabelle 6.3, die in der darauf folgenden Abbildung 6.7 grafisch dargestellt wird.

Tabelle 6.3 Kosten in Abhängigkeit vom Gebäudestandard pro m² Wohnfläche

Kosten (€/m ²) inkl. MWSt.	EnEV-Instands.	EnEV 140 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Wand	12,41	69,73	79,00	83,85	83,85
Dach	0,00	7,98	11,23	13,38	13,60
Kellerdecke	0,00	11,85	13,20	14,55	14,55
Fenster	9,60	58,10	59,28	80,16	80,16
Türen	0,32	7,50	7,50	11,68	11,68
Wärmebrücken	0,00	0,57	0,78	8,23	8,44
Luftdichtheit	0,00	1,38	1,81	1,81	1,81
Lüftung	0,00	0,00	0,00	0,00	51,65
Heizung	5,81	6,57	85,57	75,02	67,54
Solarthermie	0,00	0,00	0,00	17,96	17,96
Balkon	42,18	44,16	44,70	44,70	44,70
Sonstige Kosten	68,76	81,11	95,13	110,37	116,72
Kosten gesamt	139,08	288,96	398,20	461,72	512,69

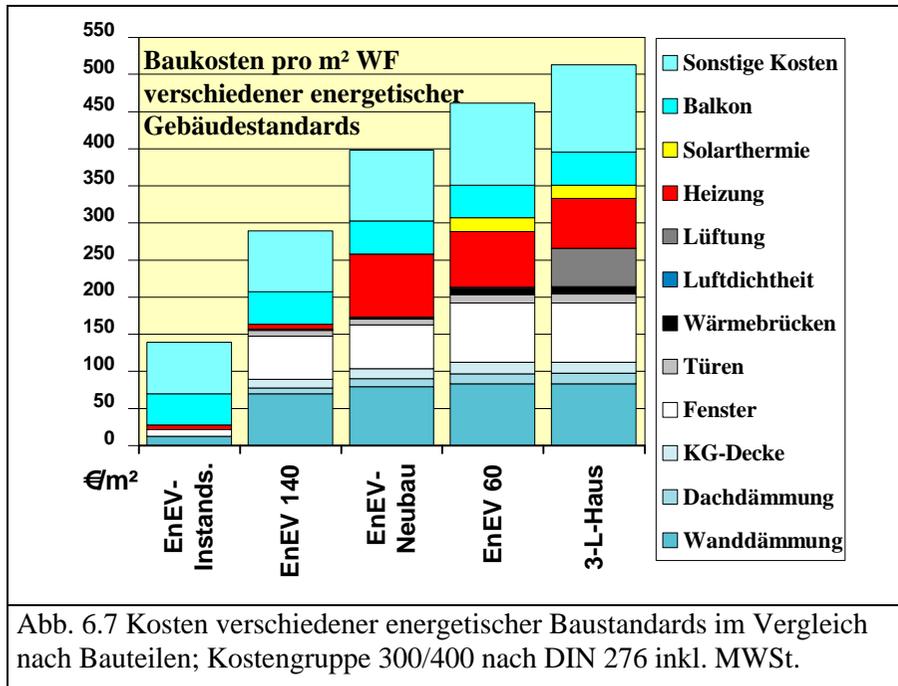


Abb. 6.7 Kosten verschiedener energetischer Baustandards im Vergleich nach Bauteilen; Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.

Die Sanierungskosten des Bauvorhabens Jean-Paul-Platz 4 liegen mit einem Wert von 512 €/m² Wohnfläche sehr günstig (Kosten nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.). Im Diagramm wird ersichtlich, dass große Teile der Maßnahmen energetisch bedingt sind. Dies ist Voraussetzung für hohe Wirtschaftlichkeit. Insbesondere bei Gebäuden aus den sechziger Jahren ist es möglich, eine stimmige umfassende Sanierung weitestgehend kongruent mit energetischen Maßnahmen durchzuführen. Das erlaubt bei optimierter Durchführung äußerst günstige Kosten trotz Einsatz hochwertiger Passivhaus-Komponenten.

Die in diesem Kapitel ermittelten Kosten werden in Kapitel 7.3 als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsvergleiche verschiedener Gebäudestandards herangezogen.

6.3 Kosten der Konstruktionsflächen

Eine weitere Kostenangabe mit hoher Übertragbarkeit erfolgt durch Angabe der Kosten pro m² Konstruktionsfläche. Dies wird in Abbildung 6.8 für einige Bauteile abgebildet. Dabei wurden Durchschnittswerte von mehreren Bauvorhaben mit günstigem Kostenspektrum ausgewertet. Die zugrunde liegende tabellarische Zusammenstellung befindet sich in Anlage 6.5.

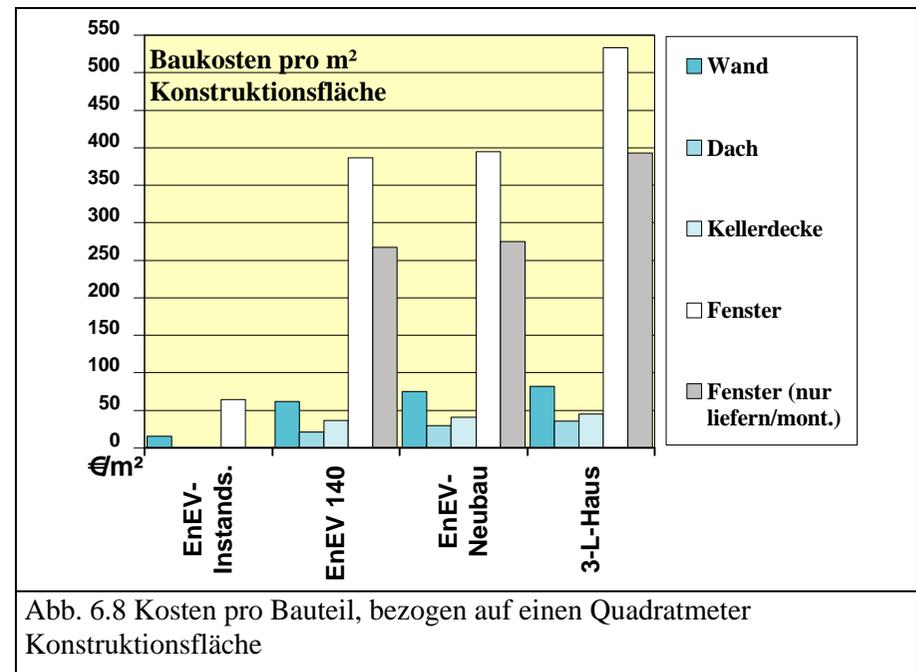


Abb. 6.8 Kosten pro Bauteil, bezogen auf einen Quadratmeter Konstruktionsfläche

7 Wirtschaftlichkeit

7 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollen vor allem dazu dienen, Entscheidungen begründet und richtig treffen zu können. Das Problem in wohnungswirtschaftlichen Berechnungen liegt darin, dass die Anzahl der Parameter beliebig hoch ist und die Genauigkeit der Annahmen in den Berechnungen nur begrenzt sein kann, da Entwicklungen mitunter schwer abschätzbar sind – sowohl hinsichtlich der volkswirtschaftlichen als auch der betriebswirtschaftlichen Belange.

Deswegen werden zunächst einige Rechenwege gegenüber gestellt, die in der Wohnungswirtschaft angewandt werden. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass mitunter äußerst einfache Kalkulationen komplexen Rechengängen überlegen sind. Je höher bei einer Berechnung die hohe Anzahl der „weichen“ Parameter liegt, desto stärker können sich Abweichungen von der sich einstellenden Realität niederschlagen. Andererseits muss eine Berechnung, die das Thema Sanierung langfristig sinnvoll betrachten soll, die Dynamik der Entwicklung über die Laufzeit der Sanierungsentscheidungen erfassen.

7.1 Modelle für Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Grundsätzlich geht es um die Berechnung der Rendite, die durch eine Investition erzielt werden kann. Durch den rechnerischen Vergleich von Alternativ-Varianten kann die optimierte Lösung ermittelt werden. Im folgenden ein kurzer Überblick über verschiedene Arten von Investitionsrechnungen [Großklos, Hinz, Enseling 2001].

7.1.1 Statische Verfahren

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der II. Berechnungsverordnung ist das klassische statische Verfahren bei gemeinnützigen Wohnungsbau- und Wohnungsgesellschaften. Weitere Verfahren sind die

- Gewinnvergleichsrechnung
- Kostenvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Statische Amortisationsrechnung.

Der Vorteil liegt in der einfachen Erstellung und guten Vergleichbarkeit. Für Energiesparinvestitionen sind diese Rechengänge nur begrenzt nutzbar, weil die Langzeitentwicklung nicht hinreichend erfasst wird.

7.1.2 Dynamische Verfahren

Mit dynamischen Verfahren können Einnahmen und Ausgaben sowie deren Bilanzierungen über einen Zeitraum betrachtet und ausgewertet werden. Prinzipiell können die möglichen Vorgänge beliebig komplex verknüpft werden. Das Problem liegt in der Beherrschbarkeit der Parameter und richtigen Ausdeutung der sich einstellenden Ergebnisse. Folgende Verfahren sind möglich:

- Vermögenswertmethoden
 - Kapitalwertmethode
 - Annuitätenmethode
 - Dynamische Amortisationsrechnung
 - Endwertmethode
- Zinssatzmethoden
 - Interne Zinsflussmethode
 - Sollzinssatzmethode.

Ein besonders umfassendes Programm zur dynamischen Beurteilung von Energiesparmaßnahmen im Baubestand stellt das Programm Easy-San-Fin [Reese 2001] dar. Eine Kurzzusammenfassung eines Strategiepapiers für einen Immobilienfonds mit Rechenunterstützung durch das Programm befindet sich in Anlage 7.1.2.1.

7.1.3 Verfahren zur Bestimmung der Kosten pro eingesparter kWh Endenergie

Der Nachteil der obigen Verfahren liegt in der hohen Unsicherheit, die durch die Festlegung zahlreicher Rechengrößen gegeben ist. Das betrifft vor allem Zinsansätze, Energiepreissteigerung, steuerlich wirksame Ansätze, Liquidität, Mietpreisentwicklung etc..

Das Verfahren zur Bestimmung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde Endenergie ermöglicht weitreichende Aussagen und eine Betrachtung über einen langen Zeitraum, ohne eine hohe Zahl unabsehbarer Parameter verwenden zu müssen. Der Ansatz basiert auf der Annuitätenmethode. Die zusätzlichen Investitionskosten aus einer energetisch bedingten Maßnahme und die Kosten zur Beheizung und zum Betrieb des Gebäudes werden betrachtet. So können verschiedene Sanierungsvarianten über einen längeren Zeitraum verglichen werden.

7.2 Wirtschaftlichkeitsberechnungen unter Berücksichtigung der Vermietungssituation

Wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung für vermietete Objekte durchgeführt, nehmen zusätzliche Faktoren Einfluss auf das Ergebnis:

- Mieterhöhungsvarianten
- Öffentliche Förderungen in Verbindung mit Belegungsbindungen
- Erweiterte steuerliche Aspekte
- Mögliche Umlage der Kosten auf die Miete
- Langfristige Zuordnung der Kostenvorteile aus der Energieeinsparung.

Das Nutzer-Vermieter-Dilemma, das sich in den letzten beiden Punkten der Aufzählung niederschlägt, ist eine grundlegende ungelöste Fragestellung bei der energetischen Sanierung. Es gibt derzeit keinen gesetzlich hinterlegten Weg zur sinnvollen Bewältigung dieses Problems. Die vordergründige Lösung ist einfach: in dem Maß, wie Energie- und Betriebskosten eingespart werden, wird der Mieter entlastet und könnte entsprechend mehr Kaltmiete zahlen. Im allgemeinen ist die Kostenumlage für Modernisierungspakete jedoch so hoch, dass aus verschiedenen Gründen die Mieterhöhung limitiert ist.

7.2.1 Modernisierungskostenumlage gemäß Mietrecht

Die Kosten für Modernisierungen an einem Gebäude können auf die Mieter umgelegt werden. Für die Höhe der Kostenumlegung sind drei Wege gangbar:

Ortsübliche Vergleichsmiete nach § 2 Miethöhegesetz (MHG)

Die Miete kann nach einer Modernisierung auf die ortsübliche Vergleichsmiete erhöht werden. Der Anstieg darf dabei bezogen auf die letzten drei Jahre 30 % nicht überschreiten. Eine weitere Erhöhung gem. § 3 MHG ist nicht möglich.

Wohnwertverbesserungszuschlag gemäß § 3 Miethöhegesetz (MHG)

Paragraph 3 des Miethöhegesetzes gestattet dem Vermieter, 11 % der Modernisierungskosten als Wohnwertverbesserungszuschlag jährlich auf die Miete aufzuschlagen. Umlagefähig sind die tatsächlichen Baukosten und deren Nebenkosten. Nicht umzulegen sind Instandhaltungskosten. Fördermittel müssen vom umlagefähigen Betrag abgezogen werden.

Anhebung nach § 2 und § 3 Miethöhegesetz (MHG)

Es ist möglich, die Miete zunächst nach § 2 MHG auf die Vergleichsmiete der **nicht modernisierten** Wohnung zu erhöhen und danach § 3 MHG anzuwenden in der oben beschriebenen Form. Dabei darf die Mieterhöhung nach § 2 maximal 30 % betragen. Die resultierende Gesamterhöhung kann die Vergleichsmiete der modernisierten Wohnung übersteigen. Eine weitere Mieterhöhung ist allerdings erst dann wieder möglich, wenn die Vergleichsmiete den Stand der neuen Miete erreicht.

Die Möglichkeiten der Kostenumlegung werden in der Praxis allerdings oftmals durch sonstige Rahmenbedingungen begrenzt. Aus Mietersicht werden Modernisierungen immer nur in der Form begrüßt oder abgelehnt, wie sich die Mehrkosten zum erhöhten Nutzen verhalten. In vielen Fällen werden Modernisierungen begrüßt, weil dies positive Auswirkungen auf das Wohnumfeld und die Lebensumstände hat. Problematisch sind Modernisierungen jedoch immer in einer Situation, in der die erhöhten Mietkosten zu existenziellen Finanzproblemen bei den Mietern führen. Besonders hart trifft dies vor allem Mieter, die sich in einer sehr kostengünstigen Mietsituation befinden und keine realistische Alternative auf dem Wohnungsmarkt haben.

Umgekehrt muss ein Wohnungsunternehmen und auch ein privater Hauseigentümer die Miethöhe so gestalten, dass auf Dauer eine zufriedenstellende Situation für die Mieter geschaffen wird. Durch Mieterhöhungen ändert sich langfristig die Mieterstruktur. Dies ist für Vermieter von Einzelobjekten möglicherweise ein durchaus gewollter Effekt. Wohnungsbaugesellschaften mit gesellschaftlichem Auftrag müssen in weit höherem Maß Wohnraum für alle Mietergruppen bereit stellen. Die Verpflichtung zu kostenverträglichen Lösungen mit dem bestehenden Mieterstamm ist deutlich höher. Natürlich hat das Ziel der Sozialverträglichkeit eine hohe Bedeutung für jede Form nachhaltiger Modernisierung.

7.2.2 Lösungsansätze für das Nutzer-Vermieter-Dilemma

Die derzeitigen Rahmenbedingungen führen dazu, dass Modernisierungskosten nur sehr bedingt umgelegt werden können. Betriebswirtschaftlich gesehen wird kurzfristig ein Handeln belohnt, bei dem der Modernisierungsaufwand gezielt nach den oben erläuterten Mieterhöhungsmöglichkeiten ausgerichtet wird. Ziel eines solchen Optimierungsdenkens wird es sein, möglichst viel Kostenpositionen als Modernisierung (statt als Instandsetzung) geltend machen zu können und die Höhe auf eine voll umlagefähige Summe auszurichten. Das Ergebnis wird ein jeweils minimaler energetischer Standard der Bauteile sein, eine vordergründig gefällige Optik und eine Haustechnik mit längst überholtem Standard. Trotzdem können die Mietkosten rechtlich begründet auf eine aus Investorensicht zufriedenstellende Höhe festgesetzt werden. Der Mieter wird bei der Entscheidung für die Wohnung keine Gewichtung auf den energetischen Standard des Gebäudes legen.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass nach aktueller Sicht der Dinge jeder Investor unsinnig handelt, wenn er erhöhte energetische Standards

umsetzen will. Die Folge ist ganz einfach: die Rahmenbedingungen behindern eine ökologisch und volkswirtschaftlich sinnvolle Entwicklung. Ich will an dieser Stelle nicht näher darauf eingehen, dass der „gescheite“ Investor bei einer Kostenbetrachtung über dreißig Jahre fürchterlich schlecht abschneiden wird, weil sein Gebäude in fünfzehn Jahren in vielen Punkten schon wieder grundlegend sanierungsbedürftig sein wird. Es geht vielmehr darum, einen Weg aufzuzeigen, wie das Nutzer-Vermieter-Dilemma sinnvoll gelöst werden kann: der Mieter partizipiert auf angemessene Art an der Energieeinsparung und erhält nebenbei einen erhöhten thermischen Komfort – der Vermieter kann seine Mehrkosten weitestgehend umlegen und gewinnt langfristig auf Grund eines zukunftsfähig angelegten Modernisierungsstandards, der für die nächsten dreißig bis fünfzig Jahre eine hohe Wertbeständigkeit ohne weitere durchgreifende Maßnahmen sichert.

In der Diskussion zu dieser Thematik gibt es folgende Modelle:

Teilwarmmiete [Energierreferat Frankfurt/M. 1999 / Koenigs 1997]

Der Mieter zahlt wie bisher seine Nebenkosten an den Vermieter und dieser leitet die anfallenden Energiekosten an das Versorgungsunternehmen weiter. Der Unterschied zur heutigen Praxis besteht darin, dass die Heizkosten in Grundheizkosten (ca. 65-75 %) und nutzerabhängige Heizkosten (ca. 25-35 %) unterteilt werden. Die Grundheizkosten kann der Vermieter dazu verwenden, den energetischen Standard für das Gebäude zu verbessern. Für den Vermieter verändert sich nichts – außer dass er einen erhöhten thermischen Komfort in seiner Wohnung genießt. Der Vermieter seinerseits wird durch dieses Vorgehen motiviert, auf sinnvolle Weise in Energiesparmaßnahmen zu investieren.

Vorteile liegen in dem sehr einfachen stichhaltigen Konzept und der sehr gerechten Kostenaufteilung. Als Probleme werden sich folgende Punkte darstellen:

- Verhältnis der zur Verfügung stehenden Mittel zu tatsächlich erzielbaren Einsparungen
- Festlegung der Höhe der Grundheizkosten
- Auswirkung von Änderungen der Energiekosten
- Verrechnung bei sehr unterschiedlichem Nutzerverhalten und stark abweichenden Heizgradtagszahlen.

Darüber hinaus ist zu befürchten, dass der Effekt ähnlich sein wird wie beim Contracting: die ersten Kilowattstunden lassen sich kostengünstig einsparen, die Motivation für langfristig ausgerichtete Sanierungsstandards ist auch bei diesem Modell nicht gegeben, weil die zur Verfügung stehende jährliche Annuität nicht dazu ausreicht.

Ökologischer Mietspiegel [IWU 2001]

Mietspiegel stellen nach dem Miethöhegesetz (MHG § 2) eine Übersicht über die üblichen Entgelte für Wohnraum in einer Kommune dar. Sie sind ein wichtiges Instrumentarium zur Lenkung des Gebäudestandards. Auf Grund der Notwendigkeit, zwischen sehr konträren Interessenslagen bei der Gestaltung dieses Mietkosten-Lenkungsinstruments zu vermitteln, sind die Inhalte bisher stets sehr holzschnittartig und hinken der Entwicklung auf dem Immobilienmarkt deutlich hinterher. Im Referentenentwurf zur Novellierung des MHG wird angemahnt: „in Zeiten steigenden Umweltbewusstseins wird auch der energetische Zustand einer Wohnung, das heißt insbesondere die Art der Energieverwendung und die Qualität der Wärmedämmung, zunehmend Bedeutung erlangen“.

Wenn es gelingt, die Miethöhe den tatsächlichen Einsparpotenzialen von im Mietspiegel beschriebenen Standards anzupassen, so wäre dies

ein sehr eleganter und einfacher Schritt zur Umsetzung von energieeffizienter Modernisierung. Die Aufgabe besteht darin, das einfache Raster eines Mietspiegels mit präzisen Energiekennwerten zu verknüpfen, um als Folge sinnvolle Energiesparmaßnahmen zu stimulieren. Ein sinnvoller Ansatzpunkt dazu ist sicherlich der Energiepass. Der synergetisch sinnvolle Nebenaspekt besteht darin, dass Motivation zur Erstellung von Energiepässen für jedes Gebäude geschaffen wird und dadurch die Energieeffizienz in das Bewusstsein der Mieter und Vermieter rückt.

Warmmietverträge

Bei Mietverträgen von Objekten in Ludwigshafen [LUWOG 2001] und Ochsenfurt [Haase 2003] wurden Warmmietverträge abgeschlossen mit weitgehend pauschaler Heizkostenabrechnung. Sinnvoll wird dies bei Senkung der Heizkosten auf einen derart niedrigen Betrag, dass die Abrechnungskosten höher liegen als die verbrauchsabhängigen Energiekosten.

Zwei Problempunkte müssen dabei allerdings ausgeräumt werden:

- Mietrechtlich kann dies derzeit nur auf freiwilliger Basis erfolgen
- Die Heizleistung des Heizsystems muss so ausgelegt sein, dass selbst sehr ungünstiges Nutzerverhalten keine Beeinträchtigung der Kostenumlegung bewirkt.

Bei Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten kann diese Abrechnungsart auf Dauer zu einer äußerst sinnvollen Lösung für Mieter und Vermieter führen: es werden nicht nur Energiekosten eingespart, sondern auch ein hoher Teil der teuren Aufwendungen für das Abrechnungswesen.

7.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung für verschiedene Gebäudestandards

Auf Grundlage der Auswertungen des Kapitels 6.2 wurde eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnung für die dort berechneten Sanierungsvarianten durchgeführt. Tabelle 7.1 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Kennzahlen.

Tabelle 7.1: Vergleich von energetischen Sanierungsstandards als Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kapitel 6.2

	Bestand	EnEV 140	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	U-Wert	Dämmung	Dämmung	Dämmung	Dämmung
	W/(m ² K)	mm / WLG 035	mm / WLG 036	mm / WLG 037	mm / WLG 038
Wand	1,56	60	160	200	200
Dach	1,12	100	200	250	250
Grund	1,23	20	100	140	140
Fenster	2,60	1,70	1,50	0,80	0,80
Türen	2,60	1,80	1,80	1,20	1,20
Wärmebrücken		zzgl. 0,1	zzgl. 0,1	Einzelnachw.	Einzelnachw.
Luftdichtheit		keine Maßn.	keine Maßn.	Blower-Door	Blower-Door
Lüftung	manuell	manuell	manuell	manuell	AWR
Berechnung nach EnEV (kWh/m²a)					
Heizwärmebedarf	141,7	67,0	48,9	26,0	26,0
Jahresprimärenergiebedarf	231,3	119,3	86,0	50,1	40,4
wie vor, jedoch Bezug A _{EB}	332,1	171,2	123,4	71,9	58,0
Jahresprimärenergiebedarf nach PHPP inkl. Warmwasser	361,8	265,1	110,2	83,9	46,8

7.3.1 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde ohne Zinseffekte

Zunächst wird auf Grundlage dieser Ergebnisse in einem einfachen Rechengang die Wirtschaftlichkeit ermittelt, indem die aufgewendeten Kosten ins Verhältnis zu den eingesparten Kilowattstunden gesetzt werden. Dabei wird ein Abschreibungszeitraum von 30 Jahren gewählt als Mittelwert zwischen den anlagentechnischen Teilen und den Bauteilen der Gebäudehülle. Diese Berechnungsmethode erweist sich insofern als sinnvoll, als dass direkte Verbindungen zwischen energeti-

schen Investitionsentscheidungen dargestellt werden können. Das Ergebnis der folgenden Abbildungen zeigt sehr schön die Gewichtung und Wirksamkeit der verschiedenen Baustandards. Ein überraschendes Ergebnis stellt das schlechte Abschneiden des energetischen Mindeststandards (EnEV-Sanierungsanforderung 40 % über EnEV Neubausstandard) in Abbildung 7.1 dar. Deshalb wird in der folgenden Abbildung 7.2 als Referenzgebäude dieser Standard gewählt. Das geschieht auch vor dem Hintergrund, dass viele Wohnbaugesellschaften einen vergleichbaren Standard für ihre standardmäßigen Sanierungen anwenden. Das Ergebnis weist folgerichtig steigende Kosten aus bei steigenden energetischen Standards. Dies entspricht allen Erfahrungen der letzten beiden Jahrzehnte, dass die letzten eingesparten Kilowattstunden durch hohe Standards durchwegs die am teuersten erkaufen sind.

Die Kunst liegt darin, die Schnittstelle zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu schaffen und die Auswirkungen auf die Lebenszeit der Bauteile zu betrachten. Die einfachste Form dazu liegt in der hier durchgeführten Methodik. Die ermittelten Kosten pro kWh können verglichen werden mit den wahrscheinlich eintretenden Energiekosten. Nach derzeitigem Ermessen ist eine Prognose der Energiepreisentwicklung nicht aufzustellen. Grundthesen über eine drastische Erhöhung innerhalb von 20 Jahren sind jedoch sehr einfach belegbar (vgl. Kap. 10.2.3 „Ökosteuer“ und „Versicherung gegen Ölpreissteigerung“).

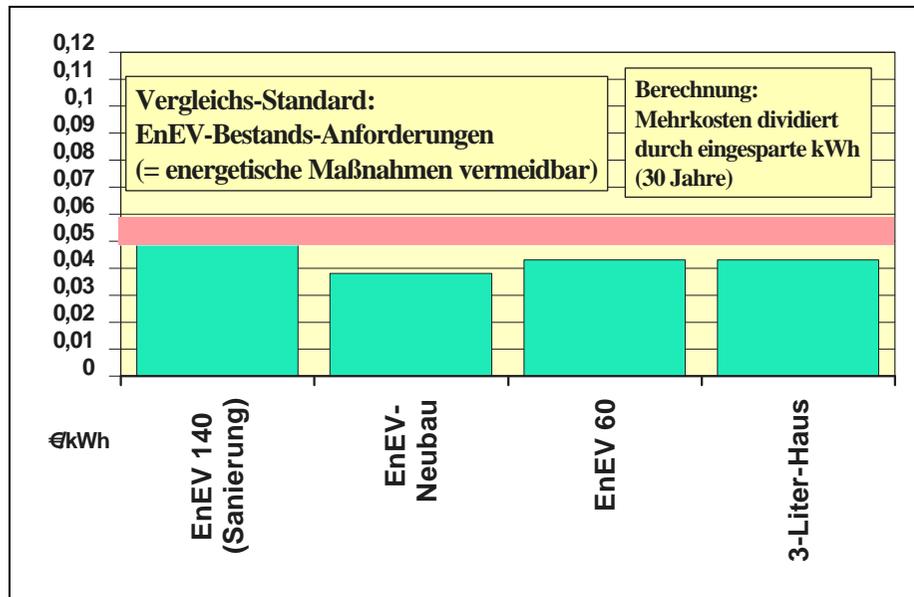


Abb. 7.1 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für verschiedene energetische Standards: die Kosten liegen bei allen Varianten im rentierlichen Bereich, allerdings wurde die Annuitätenlast nicht berücksichtigt (s. Anlage 7.1)

Zum Vergleich befinden sich Kostenermittlungen zur Ermittlung von Einsparungskosten von Sanierungsmaßnahmen in Anlage 7.3.

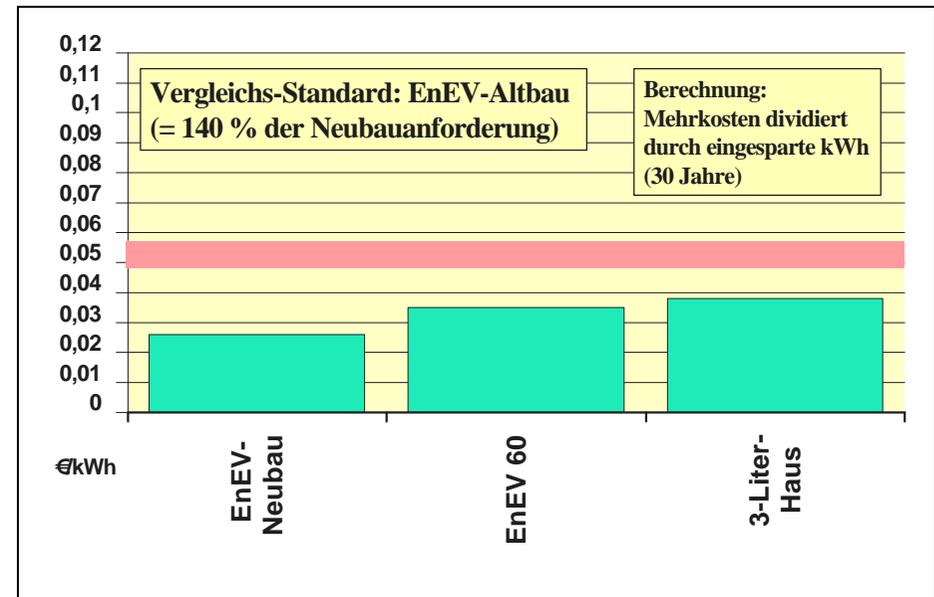


Abb. 7.2 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für verschiedene energetische Standards mit Referenzvariante EnEV 140 % (vergleichbar üblichen Sanierungen in der Wohnungswirtschaft): die Kosten steigen für erhöhte Standards an, liegen jedoch im rentierlichen Bereich – vor allem ist keine exponentielle Entwicklung für die Best-Variante des 3-Liter-Hauses zu verzeichnen (s. Anlage 7.2)

7.3.2 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde inkl. Finanzierungs- und Betriebskosten

Zur Einbeziehung der Finanzierungs- und Betriebskosten wurde aufbauend auf den vorhergehenden Kapiteln das Verfahren zur Bestimmung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach der Annuitätenmethode gewählt (s. Kap. 7.1.3). Tabelle 7.2 beschreibt in zusammengefasster Form den Rechengang.

Tabelle 7.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Ermittlung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach der Annuitätenmethode unter Einbeziehung von Finanzierungs- und Betriebskosten (Ansatz der Baukosten gem. Tabelle 6.3 und der dort zugrunde liegenden Berechnungen)

Bezeichnung		Einheit	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Kosten			Referenz-variante			
Kosten (reine Baukosten Kostengruppe 300/400 DIN 276)		€m²	288,96	398,20	461,72	512,69
Nebenkosten (% aus den Baukosten)	14%	€m²	40,45	55,75	64,64	71,78
Kosten gesamt			329,41	453,95	526,36	584,47
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (reine Baukosten)		€m²	0	109,24	172,76	223,73
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (inkl. Nebenkosten)	I	€m²	0	124,53	196,95	255,05
Förderung als Zuschuss						
Energiekennzahlen						
Endenergiebedarf inkl. Hilfsenergien		kWh/(m²a)	241,0	100,2	76,2	42,6
Endenergieeinsparung gegenüber Referenzvariante	(Eo - Es)	kWh/(m²a)	0	140,8	164,7	198,4
Endenergieeinsparung über 30 Jahre		kWh/m²		4223,7	4941,8	5951,5
Finanzierung						
Kapitalmarktdarlehen						
Zinsen		%	6%	6%	6%	6%
Tilgung		%	1%	1%	1%	1%
Annuitätsfaktor	a	%	7%	7%	7%	7%
Wartung vor der Sanierung						
Gasetagenheizung Wartung		€m²a	0,86	0,86	0,86	0,86
Kaminkehrer		€m²a	0,40	0,40	0,40	0,40
Ablesekosten		€m²a	0,20	0,20	0,20	0,20
Grundpreisanteil der Energielieferung (Mehr- oder Minderkosten)		€m²a				
Hilfsenergie bei Anlagenaufwandszahl enthalten						
Wartung vor der Sanierung	Z _{vor}	€m²a	1,46	1,46	1,46	1,46

Wartung nach der Sanierung						
Wartung Heizzentrale		€m²a	0,56	0,56	0,56	0,56
Wartung Solaranlage		€m²a				0,09
Ablesekosten		€m²a	0,48	0,48	0,48	0,48
Wartung Lüftungsanlage inkl. Filter		€m²a	0,34	0,34	0,34	0,34
Hilfsenergie bei Anlagenaufwandszahl enthalten						
Wartung nach der Sanierung	Z _{nach}	€m²a	1,38	1,38	1,38	1,47
Preis pro eingesparter kWh:						
Kosten pro eingesparter kWh $P_{\text{eingsp.kWh}} = (a * I + (Z_{\text{nach}} - Z_{\text{vor}})) / (Eo - Es)$	P _{eingsp.kWh}	€/kWh		0,061	0,083	0,090
Auswirkung von Fördermitteln						
Förderung nach KfW Gebäudesanierungsprogramm		€m²	250	350	350	450
Zinsvorteil	2,8%	€(m²a)	7	9,8	9,8	12,6
Teilschulderlass vom KfW-Darlehen		€m²			25	50
Sonstige-Förderung als Zuschuss		€m²				30
Resultierende Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (Teilschulderlass und DBU-Förderung werden abgezogen)	I _x	€m²		124,53	171,95	175,05
komplementärer Einfluss auf die Annuität (der Zinsvorteil wird auf die KfW-Darlehenssumme abzgl. Teilschulderlass gerechnet und in der Formel abgezogen)	a ₁			2,8%	2,8%	2,8%
Wirksame Darlehenssumme für den Minderzins	I ₁			100	100	200
Preis pro eingesparter kWh (Förder.)						
Kosten pro eingesparter kWh inkl. Förderung $P_{\text{eingsp.kWh}^*} = (a * I_x - a_1 * I_1 + (Z_{\text{nach}} - Z_{\text{vor}})) / (Eo - Es)$	P _{eingsp.kWh}	€/kWh		0,041	0,056	0,034

Die wesentlichen Ergebnisse der Berechnung werden in den beiden folgenden Diagrammen visualisiert. Wie nicht anders zu erwarten, sind die Maßnahmen nach der Darstellung in Abb. 7.3 nach heutigem Energiekostenlevel nicht rentierlich.

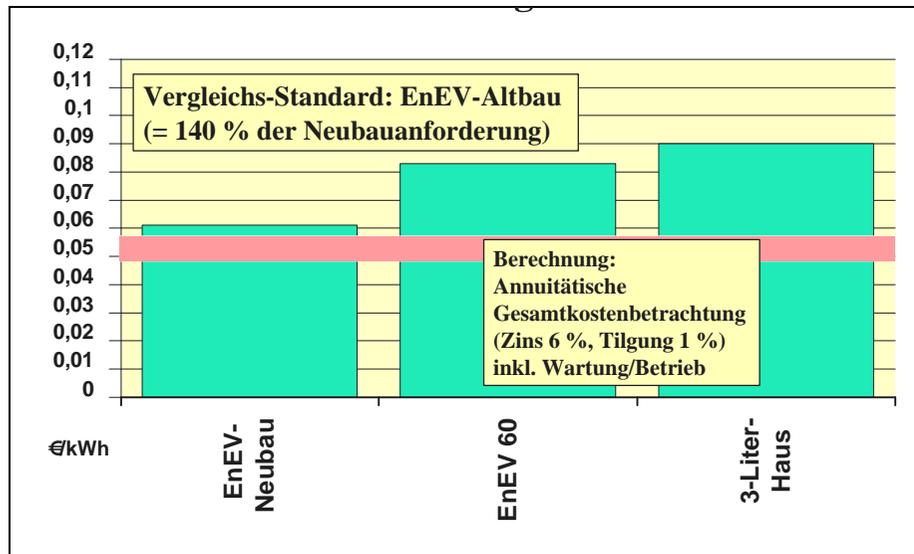


Abb. 7.3 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach dem Annuitätenverfahren: das heutige Energiepreisniveau (= rötlicher Balken) wird noch überschritten (s. Anlage 7.4)

Die Schlussfolgerung ist nicht verwunderlich: es sind Fördermittel notwendig, um Impulse für eine energieeffiziente Sanierung zu bringen. Genauso deutlich ist allerdings auch die zweite Botschaft der Abbildung: in spätestens 20 Jahren wird die Wirtschaftlichkeit eingetreten sein. Angesichts der Tatsache, dass die Investitionsentscheidungen für einen wesentlich längeren Zeitraum getroffen werden müssen, wäre somit heute schon eine Entscheidung zugunsten der höheren Standards sinnvoll.

In Abbildung 7.4 werden Fördermittel in die Berechnung einbezogen. Die Höhe ist aus Tabelle 7.2 ablesbar und entspricht dem Rahmen der Förderung für das DBU-Projekt, das in Kapitel 10.3 beschrieben wird. (450 €/m² KfW-Mittel mit knapp 3 % Zinsvorteil, 50 €/m² Teilschulderlass, sonstige Förderung 30 €/m²). Das Ergebnis ist bestechend und sollte jede Wohnungsbaugesellschaft sofort dazu veranlassen, ein Projekt dieser Art auf den Weg zu bringen: die 3-Liter-Haus-Sanierung stellt sich als die wirtschaftlichste der drei Maßnahmen dar. Eine Einschränkung dieser Beurteilung kann sich ergeben, wenn Wohnbaugesellschaften günstige anderweitige Kredite zur Verfügung stehen.

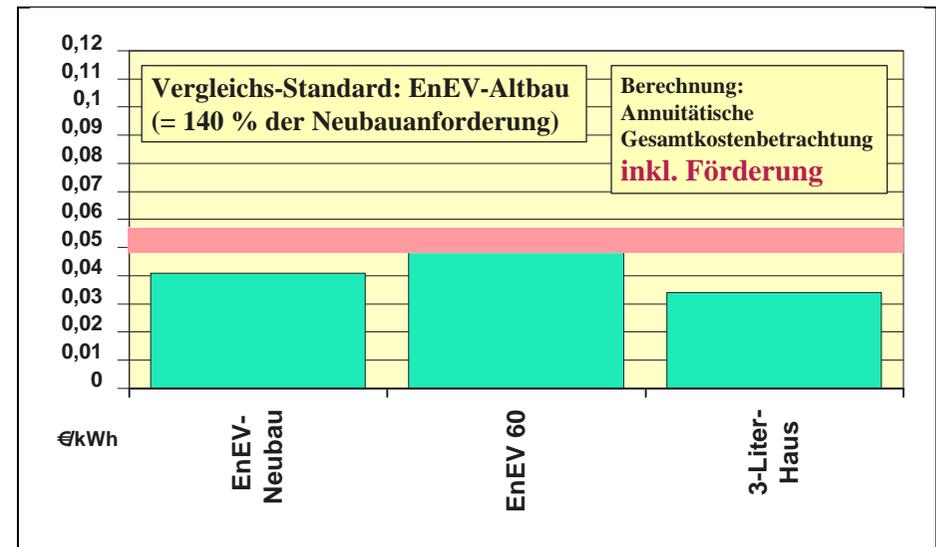


Abb. 7.4 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach dem Annuitätenverfahren unter Berücksichtigung von zielgerichtet eingesetzten Fördermitteln (EnEV-Neubau / EnEV 60 / 3-Liter-Haus: KfW-Kredit 350 / 350 / 450 €/m² mit ca. 3% Zinsvorteil, 20 / 20 / 50 €/m² Teilschulderlass, 0 / 0 / 30 €/m² sonstiger Zuschuss) s. Anlage 7.4

Hinsichtlich der Ergebnisse aus diesem Kapitel muss angemerkt werden, dass die Aussagen nur unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen der kostenmäßig optimierten energetischen Sanierung gilt, wie sie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben werden.

Weitere Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum BV Jean-Paul.Platz 4 in Nürnberg befinden sich in der [Anlage 7.5](#). Überlegungen zur Festlegung von Förderungshöhen in Abhängigkeit von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden in [Anlage 7.6](#) dargestellt.

7.4 Energiekostenentwicklung

Zur Einschätzung der oben beschriebenen Kosten pro eingesparter Kilowattstunde wird die Energiekostenentwicklung der letzten zehn Jahre dargestellt. Abbildung 7.5 zeigt die Entwicklungen mit einer etwa fünfprozentigen Steigerung bezogen auf das Ausgangsjahr 1993. Dabei ist festzustellen, dass die Jahre 1993 bis 1998 Schwankungen und einen Rückgang zu verzeichnen haben. Der höchste Wert ist für Öl in 2001 zu verzeichnen, der Gaspreis folgt jeweils mit kurzem Zeitversatz und pendelt sich bei Abwärtsbewegungen eher etwas langsam wieder nach unten ein. Die Energiepreissteigerung auf die letzten fünf Jahre (Ausgangsjahr 1998) bezogen beträgt 12,5 %.

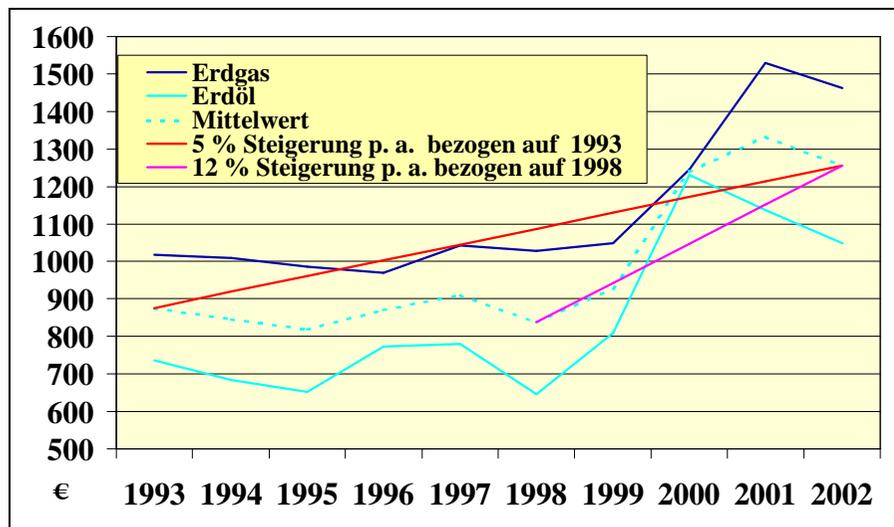


Abb. 7.5 Entwicklung der Brennstoffkosten pro Haushalt: die Steigerung beträgt 5 % p. a. bezogen auf das Ausgangsjahr 1993 und 12,5 % bezogen auf das Jahr 1998 [Brennstoffspiegel 2003] s. Anlage 7.7

Die Entwicklung der Energiekosten verläuft unregelmäßig. Vor allem Kostensteigerungen verlaufen oftmals sprunghaft auf Grund von unvorhersehbaren Marktsituationen. Dennoch lassen die letzten zehn Jahre den deutlichen Schluss zu, dass eine kontinuierliche Kostensteigerung zu erwarten sein wird. Szenarien dazu in vereinfachter prozentualer Steigerung stellt Abbildung 7.6 dar. (vgl. Kapitel 10.2.3 Ölpreis) Es ist anzumerken, dass die Gestehungskosten für Raumwärme höher liegen als die Brennstoffkosten.

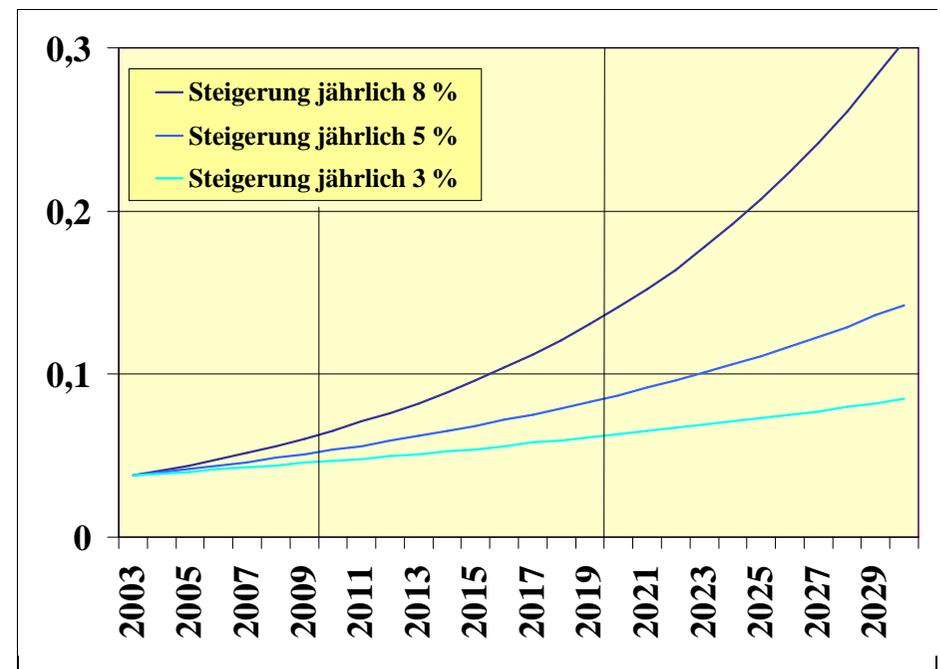


Abb. 7.6 Szenarien für die Entwicklung der Brennstoffkosten pro kWh bis 2003 mit einer mittleren Steigerungsrate von drei, fünf und acht Prozent: die tatsächlichen Steigerungen werden in Sprüngen verlaufen.

8 Vereinigung von Ökonomie und Ökologie

8 Vereinigung von Ökonomie und Ökologie

Die ökonomische Bewertung ökologischer Maßnahmen lässt sich nur mittels umfangreicher volkswirtschaftlicher Berechnungen durchführen. Das ist grundsätzlich bei der Energieeinsparung nicht anders: wie sind die Folgekosten von Schadstoffemissionen, der CO₂-Belastung oder der Kernenergienutzung pekuniär zu bewerten? Welche Folgewirkungen bestehen hinsichtlich ökologischer Aspekte? Gibt es gesundheitliche Auswirkungen? Welche Höhe müssten die tatsächlichen Energiekosten in einer nachhaltig ausgerichteten Volkswirtschaft haben?

Es wäre vermessen, im Rahmen dieser Arbeit diese Fragestellungen vertiefen zu wollen. Dennoch sollen einige Grundüberlegungen angeführt werden. Und – Kosten sind nicht alles: die vorangegangenen Kapitel haben die Stichworte Behaglichkeit, Materialwahl, Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit sowie Raumluftqualität behandelt. Energieeffizientes Bauen beinhaltet hochwertige Raumklimabedingungen und hohen Komfort. Das gilt bereits bei der Niedrigenergiebauweise, wird jedoch durch die erweiterten hocheffizienten Techniken weiter verbessert.

An dieser Stelle soll das Thema Bauökologie nicht grundlegend bearbeitet werden. Dies ist in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 1996 umfassend geschehen [Schulze Darup 1996].

8.1 Initiativen zur Qualitätssicherung ökologischer Belange

In den letzten Jahren seit dieser Veröffentlichung sind zahlreiche Arbeiten und Initiativen zur Beurteilung ökologischer Aspekte des Bauens auf den Weg gebracht worden. Anhand einiger Beispiele soll die Entwicklung nachgezeichnet werden.

Nach umfangreicher und finanziell gut ausgestatteter Arbeit seit dem Jahr 1994 wurde seitens der Bayerischen Architektenkammer die Datenbank **ECOBIS** [ECOBIS 2000] auf den Markt gebracht. An diesem Beispiel lässt sich gut ablesen, wie schwierig es gerade für hochkarätige Teams ist, die Thematik zu durchdringen und ein Ergebnis zu präsentieren, das dem sehr hohen Mitteleinsatz adäquat ist.

Mit Unterstützung des Hessischen Umweltministeriums wurde 1997 das Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (**GEMIS**) entwickelt [GEMIS 2002 / Fritsche et al 1997]. Durch sehr grundlegende Ansätze wurde damit ein Instrumentarium geschaffen, auf das zahlreiche spätere Arbeiten aufbauten. Gerade hinsichtlich der Primärenergiekennzahlen sollte intensiv in dieser Richtung weiter gearbeitet werden, um in absehbarer Zeit ein schlüssiges Gesamtzahlenwerk für die meisten Materialien zu erhalten.

Der mutigste Ansatz zur ökologischen Bewertung liegt in dem Quantifizierungs-Modell von **LEGOE**. Es ist genau der richtige Weg, ökologische Beurteilung als Abfallprodukt der Ohnehin-Maßnahmen der Planung zu erhalten: Produktmassen werden bei der Aufstellung des Leistungsverzeichnisses erfasst. Wenn die jeweiligen Baustoffe mit adäquaten Daten hinterlegt sind, kann mit Fertigstellung der Ausschreibung zugleich eine umfassende ökologische Beurteilung geliefert werden. Das wirkliche Problem liegt in der Definition der Parameter. Grundsätzlich lässt die verknüpfte Datenbank eine ständige Bearbeitung und Vertiefung bis auf Produktebene zu. Es ist absehbar, dass dies eine gewaltige Dauer-Aufgabe darstellt, die den jeweiligen Erkenntnissen zu Baustoffgruppen und Produkten folgen muss [LEGOE 2002].

Ein pragmatischer und zielführender Weg ist zur Zeit die Erstellung eines Gebäudepasses. Zahlreiche Definitionen und Raster sind dafür in den letzten Jahren auf den Weg gebracht worden. Ein sehr fundierter

Ansatz mit einer präzisen Zustandsbeschreibung und weitreichenden Bewertungen stellt der Gebäudepass der **Arbeitsgemeinschaft Gebäudepass** dar [Arbeitsgemeinschaft Gebäudepass 2002]. Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute **AGÖF** entstand ein Ansatz, die Dienstleistungen ihrer Mitglieder hinsichtlich verschiedener Aspekte wie Raumluftanalytik, Baustoffbewertungen, energetischer Gutachten etc. zu verknüpfen und einen modular aufgebauten Gebäudepass als Dienstleistung anzubieten. Bei zahlreichen Projekten wurden individuelle Lösungen und Ausarbeitungen durchgeführt. Eine weiter reichende Nachfrage für ein derartiges Standardprodukt ist allerdings am Markt derzeit nicht ablesbar [AGÖF 2001]. Die **LGA** Bayern bietet seit mehreren Jahren ihren Gebäudepass an. Die Erfahrung zeigt aber auch hier, dass die Marktnachfrage begrenzt ist [LGA 1998].

Darüber hinaus gibt es zahlreiche Ansätze von Qualitätssicherungsinstrumenten für ökologisch hochwertige Baustoffe, die sich vor allem aus Beiträgen der Hersteller finanzieren. Das Problem liegt dabei selbstverständlich in den vielfältigen Interessenslagen der Beteiligten und einer möglicherweise fehlenden Unabhängigkeit.

Ein grundsätzlich sinnvoller Ansatz läge darin, verschiedene Initiativen und Ansätze zusammen zu führen. Da das Feld allerdings von zahlreichen individuellen Interessen durchsetzt ist, ist dies ein zwar lohnenswerter – aber schwieriger Weg.

8.2 Primärenergie

Die Primärenergie (PE) stellt den Energieinhalt der natürlichen Energieträger in ihrer Lagerstätte dar. Durch Gewinnung, Bearbeitung und Transport entstehen Verluste, die mit einem Faktor beziffert werden können. Dies gilt im Vergleich zur Endenergie, was pragmatisch ausgedrückt der Energiemenge am Zähler des Kunden

entspricht, bzw. auf die Nutzenergie, welches die Energie- bzw. Wärmemenge ist, die den eigentlichen Nutzen darstellt, z. B. die Wärmemenge, die über die Heizkörper ein Gebäude erwärmt.

Der Primärenergieinhalt (PEI) eines Baustoffes ist die Energiemenge, die für die Produktion eines Kubikmeters oder einer Tonne des Materials benötigt wird. Dabei wird die Produktlinie von der Rohstoffgewinnung bis zum Einbau betrachtet.

8.2.1 Primärenergiekennwerte und ökologische Bewertung

Die Bauwirtschaft ist ein sehr materialintensiver Wirtschaftszweig. Durch gezielte Planung und Baustoffauswahl können Ressourcen eingespart werden – der „ökologische Rucksack“ des Bauens kann möglichst klein gehalten werden. Die Kennwerte für den Primärenergieinhalt eines Baustoffes sind dabei eine wichtige Planungsgrundlage. Bereits beim Vorentwurf werden wesentliche Festlegungen für den Ressourcenverbrauch getroffen.

Der Gebäudebestand stellt volkswirtschaftlich gesehen ein enorm hohes Potenzial an gebundenen Ressourcen dar. Entscheidungen für den Erhalt von sanierungsbedürftigen Gebäuden bergen prinzipiell ökologische Vorteile gegenüber potenziellen Abriss-Neubau-Lösungen – entscheidend ist aber in jedem Fall die Gesamtbilanzierung inkl. der Nutzungszeit. Nur durchgreifende energetische Sanierungen führen in der Regel zu einer Verbesserung: auf Grundlage herkömmlicher Bestands-Energiekennwerte überwiegen in der Bilanzierung die Ressourcenaufwendungen für die Nutzung diejenigen der Gebäudeerstellung deutlich.

Die Art der Sanierung bietet darüber hinaus für den Eigentümer und Architekten ein hohes Maß an Einflussmöglichkeiten. Im Sinne einer Produktlinienanalyse sollten für die infrage kommenden Materialien alle Lebensphasen betrachtet werden: Rohstoffgewinnung, Produktion,

Verarbeitung, Nutzung und Verwertung bei Abriss. Für die Berechnungen in den folgenden Kapiteln wird auf vorhandene Grundlagen zurückgegriffen [Schulze Darup 1996].

8.2.2 PE-Bilanzierung für die Gebäudesanierung

Gebäude benötigen für die Erstellung Energie. Wie stellt sich das Verhältnis dar zwischen den Aufwendungen für die Gebäudeerstellung und für den Betrieb? Bei Neubauten liegen dazu zahlreiche Berechnungen vor. Sie können durchgeführt werden nach einer überschlägigen Bauteilmethode oder positionsgenau nach den einzelnen Materialien. Das Ergebnis einer solch differenzierten Berechnung am Beispiel eines Passivhaus-Neubaus (Doppelhaushälfte, primärenergetisch optimierter Massivbau) zeigt, dass bei einer Abschreibung über 50 Jahre ein Energieaufwand von 15 bis 20 kWh/(m²a) gegeben ist [Schulze Darup 2000 / Schulze Darup 2002]. Die präzise Berechnung mittels einer positionsgenauen Excel-Matrix mit Zuordnung jeder Bauteilebene eines jeden Bauteils über mehrere Hundert Leistungsverzeichnis-Positionen ist in der Anlage dokumentiert (Anlage 8.1).

Das Ergebnis korrespondiert in der Gesamtsumme mit früheren Berechnungen zu anderen Haustypen nach der Bauteilmethode. Prozentual beträgt der Mehraufwand der einzelnen Maßnahmen bezogen auf ein Standardgebäude (Vergleichsstandard der Berechnung = WSVO): Außenwände 3,2%, Dach 0,7%, Boden 1,3%, Fenster 3,2%, Lüftungsanlage 2,5%, Erdreichwärmetauscher 0,9% und Heizung (Minderaufwand) -1,0%. Die Passivhaus-Komponenten amortisieren sich energetisch innerhalb von 1,5 Jahren [Schulze Darup 1998].

Die Primärenergiebilanz für die baulichen Maßnahmen bei einer Sanierung liegt in nahezu jedem Fall günstiger als bei der

Neuerrichtung eines Gebäudes. Sofern es gelingt, die Bausubstanz möglichst weitgehend zu erhalten, kann die vorhandene graue Energie, die im Gebäude verbaut ist, auf der Habenseite verbucht werden. Nur der zusätzliche Einsatz von Materialien, der durch die Sanierungsarbeiten induziert wird, geht zusätzlich in die Bilanz ein. In der Gegenrechnung zu dem oben angeführten Passivhaus-Neubau wird der primärenergetische Aufwand für eine Standardsanierung und eine energetisch optimierte Variante gewerkeweise dargestellt. Der Aufwand beträgt pro m² für die Standardsanierung 350 kWh (7,0 kWh/(m²a) bei Abschreibung auf 50 Jahre) und zusätzlich für die Passivhaus-Komponenten 106 kWh (2,2 kWh/(m²a) auf 50 Jahre).

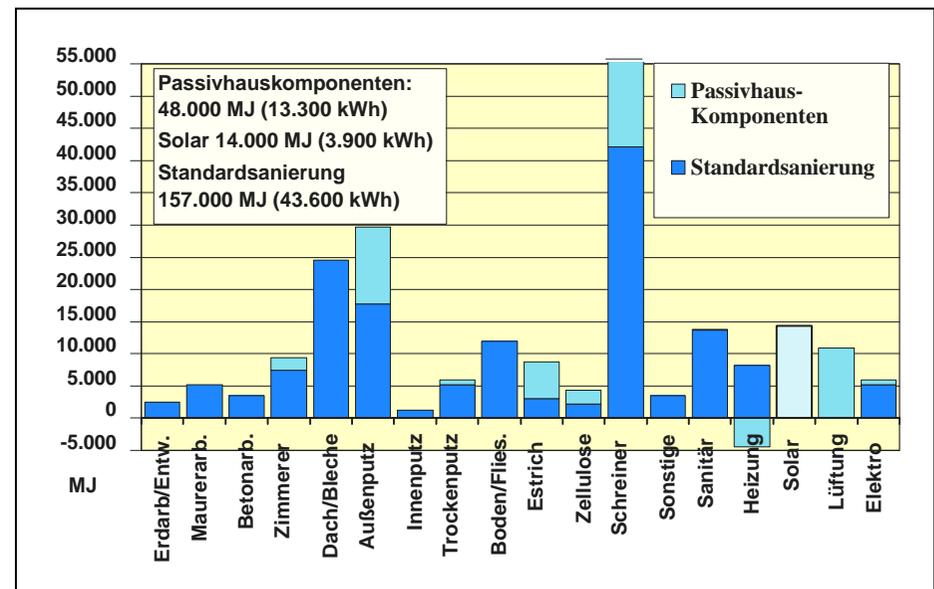


Abb. 8.1 Primärenergiebilanz für den baulichen Energieaufwand einer Sanierung nach Gewerken (Doppelhaushälfte mit 125 m² Wohnfläche): verglichen wird eine Standardsanierung mit dem Einsatz von hocheffizienten Passivhaus-Komponenten; die wesentlichen Aufwendungen erfolgen bei der Dämmung von Dach, Wand (WDVS/Außenputz), Estrich, Schreiner (Fenster) und Lüftungsanlage

Bei der Berechnung müssen die Unschärfen beachtet werden, die jeder Modellrechnung zu Grunde liegen. Der Aufwand einer singulären Primärenergieaufstellung für eine Baumaßnahme ist unangemessen hoch. Er beträgt etwa 20 bis 40 Arbeitsstunden für ein einfaches Gebäude, sofern die Massen gemäß Leistungsverzeichnis schon vorhanden sind und keine Recherche hinsichtlich der Primärenergiekennwerte der einzelnen Baumaterialien mehr erforderlich ist.

Die Gegenüberstellung des kumulierten Primärenergieaufwands (gerechnet über 50 Jahre, Abb. 8.2) für den Bauaufwand (Gebäudeerstellung) und den Betriebsverbrauch zeigt, dass Energieeffizienz sich aus ökologischer Sicht lohnt. Eine Sanierung zum 3-Liter-Haus ist primärenergetisch gleichwertig zu bewerten wie ein Passivhaus-Neubau.

Das Ergebnis zeigt, dass der Energieaufwand für den Gebäudebetrieb den Gestehungsaufwand bei weitem überwiegt. Es zeigt sich an der Darstellung allerdings auch, dass es durchaus Sinn macht, bei der Konstruktions- und Materialwahl auf primärenergetische Aspekte zu achten – insbesondere dann, wenn die Energiekennwerte für den Gebäudebetrieb immer weiter reduziert werden. Bei der Auswahl von Konstruktionen, Materialien und Haustechnik-Komponenten sollte darauf geachtet werden, dass energieoptimierte Lösungen ausgewählt werden. Zudem sollten langlebige Produkte verwendet werden, um den Instandhaltungsaufwand zu minimieren. Vor allem zeigt sich aber, dass eine forcierte Sanierung des Gebäudebestands unabdingbar für einen gesamtheitlichen Ansatz zur Ressourceneinsparung steht.

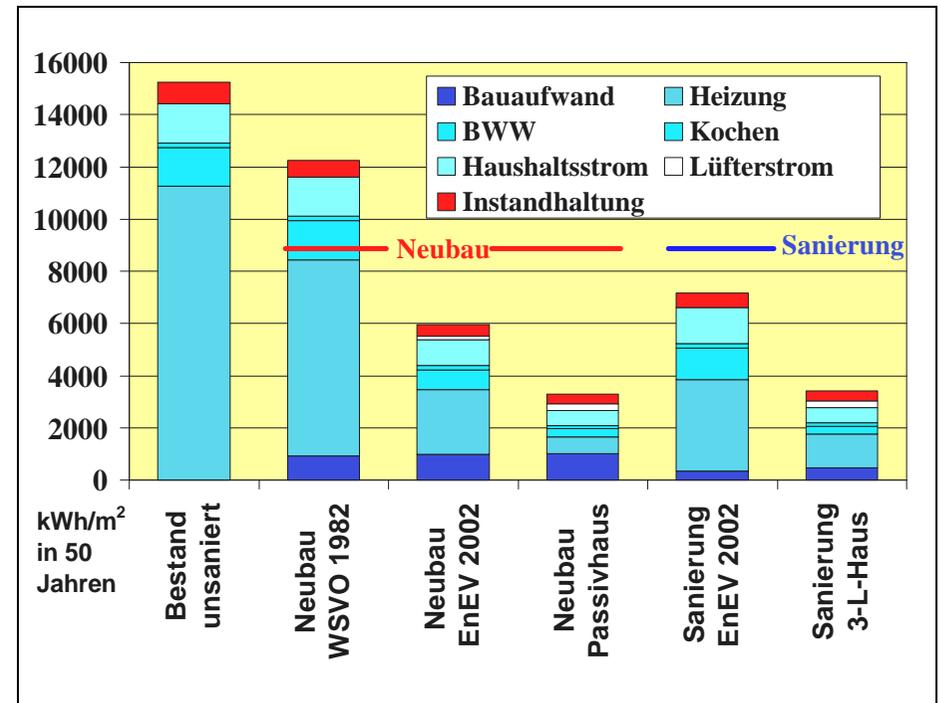


Abb. 8.2 Trends des kumulierten Primärenergieaufwands für Gebäudeerstellung und Gebäudebetrieb, gerechnet auf 50 Jahre – Vergleich von Neubaustandards und Sanierung; besonders bei der Sanierung ist allerdings zu beachten, dass jedes Gebäude hohe individuelle Streubreiten aufweisen kann

8.3 Emissionsminderung und Klimaschutz beim Gebäudebetrieb

Nach wie vor stellt der Gebäudebetrieb den größten Belastungsfaktor hinsichtlich des Energieverbrauchs und der daraus resultierenden **Emissionen** dar. Emissionsseitig wurde seit Mitte der achtziger Jahre sehr viel bewegt, sodass die hohe winterliche Außenluftbelastung, die sich über Jahrzehnte in austauscharmen Witterungssituationen über ganze Regionen ausbreitete, als Problemfaktor deutlich in den Hintergrund gerückt ist und an dieser Stelle nicht vertieft werden soll.

Die **Endlichkeit der fossilen Energieträger** hat neben den wichtigen ökonomischen Aspekten eine sehr starke ökologische Ausprägung. Zunächst kann es nicht verträglich sein, dass in einem Zeitraum weniger Generationen die energetisch nutzbaren Bodenschätze verbraucht werden, die sich weltgeschichtlich über Millionen von Jahren aufgebaut haben. Es ist erfreulich für uns, dass wir durch diese Ausbeutung innerhalb von 150 Jahren hohe zivilisatorische und ökonomische Fortschritte erfahren haben. Zugleich birgt dies die Notwendigkeit, diesen Lebensstandard auch für die nachfolgenden Generationen zu sichern. Auch aus egoistischen wirtschaftlichen Gründen ist heftiger Handlungsbedarf gegeben. Es ist während unserer Lebenszeit damit zu rechnen, dass starke weltpolitische Verwerfungen entstehen, wenn der wesentliche Energieträger – nämlich das Erdöl – eine deutlich höhere Nachfrage erfahren wird, als die Förderländer bereit sind, zu fördern. Spätestens ab dem Zeitpunkt, zu dem die ersten großen Öllieferanten beginnen, ihre Vorräte strategisch zu rationieren, um langfristig deutlich höhere Erträge zu erzielen, wird ein Verteilungskampf beginnen. Es ist absehbar, dass dies auch mit militärischen Mitteln erfolgen wird. Dies zeigt den hohen Grad **globaler Verantwortung**, die der Energiethematik innewohnt.

Der einzige Lösungsalternative besteht darin, frühzeitig regenerative Ersatzprodukte zur Verfügung zu haben, die ausreichend zu volkswirtschaftlich tragbaren Kosten verfügbar sind. Dies ist auch aus Stoffstromgründen der einzig sinnvolle Weg – denn es gibt kaum etwas unsinnigeres, als die wertvollen Rohstoffe Öl und Erdgas einfach nur so für die Bereitstellung von Wärme zu verbrennen. Die Aufgabe besteht darin, ausreichend regenerative Energieträger zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört als Pendant eine exzessive Erhöhung der Energieeffizienz.

Die Untersuchungen dieser Arbeit weisen einen Weg gerade zu diesem Anforderungsfeld. Das Schöne daran ist, dass wir dafür keine Entbehrungen und Einschränkungen hinnehmen müssen, sondern hoher Komfort geradezu als Gratiszugabe gleich mitgeliefert wird.

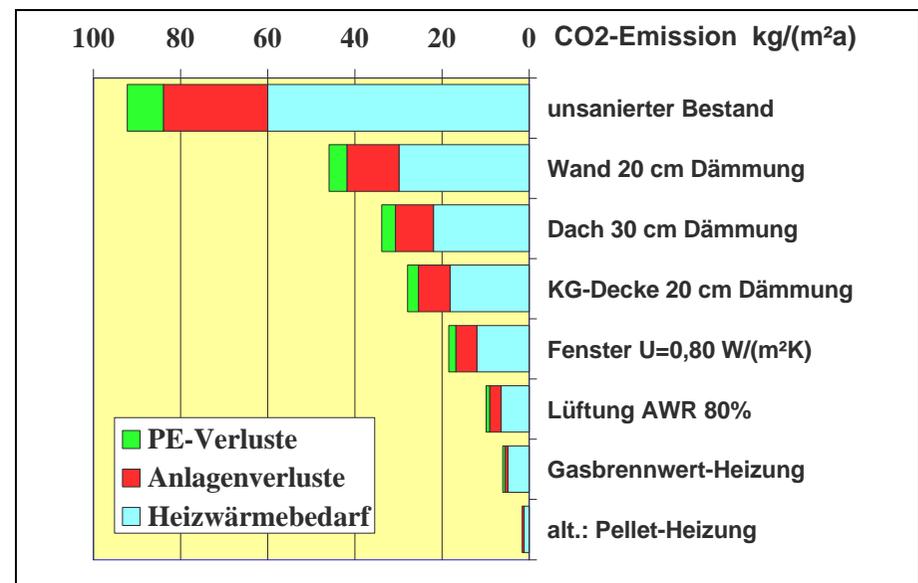


Abb. 8.3 CO₂-Reduktions-Potenzial am Beispiel der energetischen Sanierung eines dreigeschossigen Mehrfamilienhauses mit 900 m² Wohnfläche (Modellrechnung am Beispiel Jean-Paul-Platz 4, s. Kap. 5.2.5)

Klimaschutz und **CO₂-Einsparung** stellen einen überlebensnotwendigen Aspekt dar, der mindestens die gleiche Gewichtung hat wie die bereits beschriebenen Problemfelder. Das hohe Emissions-Einsparpotenzial wird analog zu den vorhergehenden Berechnungen am Beispiel eines dreigeschossigen Mehrfamilienhauses (1000 m² WF) hinsichtlich der Raumwärme durch verschiedene Sanierungsmaßnahmen dargestellt. Primärenergetisch ist Faktor 10 zu erzielen, der CO₂-Minderungsfaktor bei Einsatz von Biomasse liegt nochmals höher, wenn regenerative Techniken eingesetzt werden.

9 Finanzierung und Förderungen

9 Finanzierung und Förderungen

Den ausschlaggebenden Aspekt für die Umsetzung von innovativen Techniken stellt immer die Finanzierung dar. Die Bauwirtschaft hat durch den hohen Mangel an angemessenen Wohnungen nach dem zweiten Weltkrieg eine langandauernde Hochkonjunktur gehabt, nicht zuletzt bedingt durch intensive Förderungen und vor allem getragen durch den ständigen Wertzuwachs. Im deutschen Denken hat zudem die Immobilie ein hohes Ansehen hinsichtlich ihrer Sicherheit und des Altersvorsorge-Effekts. Durch die hohe Konzentration auf die Aktienmärkte in den neunziger Jahren und Reduzierung der Abschreibungsmöglichkeiten bei Gebäuden verschlechterte sich jedoch das Investitionsklima der Immobilienbranche vor allem im Geschosswohnungsbereich ständig. Dazu kam der Effekt extrem niedriger Baukostensteigerungen seit etwa 1995, was auf den Markt für Gebrauchtimmobilien durchschlug und zu stagnierenden Kaufpreisen führte.

Diese Rahmenbedingungen führten in den letzten Jahren zu geringen Umsätzen sowohl bei Neubauten als auch bei der Sanierung von Geschosswohnungsbau trotz dauerhaft niedriger Zinsen für Hypothekendarlehen.

Der kontinuierliche Rückgang des Umsatzes der Baubranche in den letzten Jahren benötigt dringend strukturelle Impulse. Es gibt keinen effizienteren Weg, als durch gezielte Förderungen im Bereich der energetischen Sanierung Zuwachsraten zu schaffen.

9.1 Grundlegende Überlegungen zu Förderungen

Förderungen werden als politisches Lenkungsmittel zur Erreichung von gesellschaftlich, volkswirtschaftlich oder ökologisch bedingten Zielen eingesetzt. Es ist Aufgabe eines jeden Fördergebers, möglichst

effiziente Verwendung seiner Mittel zu erreichen. Dabei haben zahlreiche Aspekte eine Bedeutung:

Hohe Effizienz des Mitteleinsatzes

Wichtig ist die Erzielung eines möglichst günstigen Verhältnisses zwischen eingesetzten Mitteln und induzierten Effekten. Wenn es gelingt, mit geringen Summen möglichst umfangreiche Maßnahmen anzustoßen und obendrein die Fördernehmer dazu angeleitet werden, möglichst sinnvolle Maßnahmenpakete auf den Weg zu bringen, wird das Programm erfolgreich sein. Bezogen auf die energetische Sanierung bedeutet dies, die Förderung analog zur Wirksamkeit zu leisten, im Idealfall pro tatsächlich eingesparter Kilowattstunde. Dadurch werden die sinnvollen Komponenten mit bestem Kosten-Nutzen-Verhältnis in ihrer Markteinführung unterstützt und die Grundlage dafür gelegt, nach einer fördergestützten Markteinführungsphase Fördermittel zurückfahren zu können bei weiterer stringenter Anwendung der Komponenten aus Gründen betriebswirtschaftlicher Effizienz.

Vermeidung von Mitnahmeeffekten statt zusätzlich angestoßener Vorhaben

Ziel muss es sein, durch Förderungen zusätzliche Maßnahmen anzustoßen statt Ohnehin-Maßnahmen zu unterstützen. Der Erfolg einer Förderung zeichnet sich dadurch aus, dass sie nicht nur angenommen wird, sondern eine deutliche Markterweiterung begünstigt. Bezogen auf die Bauwirtschaft bedeutet das, die jährliche Sanierungsrate bezogen auf den vorhandenen Gebäudebestand zu vergrößern.

Geringe Verwaltungskosten

Förderverfahren sollten so ausgelegt sein, dass ein möglichst geringer Aufwand für die Verwaltung und Zuteilung entsteht. In diesem Aspekt liegt ein Grund für die Bevorzugung von Darlehensförderung oder steuerlicher Vergünstigungen. Dort können in vorhandenen Strukturen bei ohnehin stattfindenden Vorgängen die Förderungen durchgeführt werden.

Einfaches Verfahren für den Antragsteller

Die Antragstellung stellt bei vielen Förderprogrammen eine große Schwelle für die Bauherren dar. Dies gilt gleichermaßen für institutionelle wie vor allem private Hauseigentümer. Insofern wird mit der Festlegung eines Antragsverfahrens möglicherweise die Grundlage für Erfolg oder Misserfolg eines Programms gelegt. Die Antragsunterlagen sollten auf ein Maß reduziert werden, das ohnehin für die Durchführung einer energetisch sinnvollen Bauabwicklung erforderlich ist. Es kann auf diese Weise die Tiefe der energetischen und betriebswirtschaftlichen Berechnungen für ein Gebäude festgelegt werden und dadurch möglicherweise eine möglichst sinnvolle Sanierungsart stimuliert werden.

Koordination verschiedener Fördermittel

Es ist in vielen Fällen äußerst hilfreich, wenn Fördermittel kumuliert verwendet werden können. Dies ist allerdings sicherlich nur dann der Fall, wenn sowohl die Antragsverfahren aufeinander abgestimmt sind und zugleich eine effiziente Art der Mittelverwendung dadurch ermöglicht wird. Diese Abstimmung ist bei unterschiedlichen Bundesmitteln einfach durchführbar. Kompliziert wird es, wenn Landes- oder EU-Mittel komplementär verwendet werden. In diesem Bereich ist eine Verbesserung der Fördersituation unabdingbar.

Erreichen der beabsichtigten Zielgruppen

Da die Akteure in der Bauwirtschaft extrem vielschichtig situiert sind, ist ein besonderes Augenmerk auf die avisierten Zielgruppen zu legen. Privatbauherren weisen eine völlig andere Herangehensweise auf als Wohnungsbaugesellschaften oder anlegerorientierte Gesellschaften.

Private Gebäudeeigentümer werden am besten durch Zuschüsse erreicht. Dabei ist oft zu beobachten, dass die Höhe der Investitionen in einer deutlichen Disproportion zu den eingesetzten Mitteln steht. Oftmals kann eine geringe Summe „geschenkten“ Geldes zu einem sehr hohen Maßnahmenvolumen führen. Es ist zu überlegen, ob parallel zu grundlegend angelegten Förderprogrammen ein kleines Zuschussprogramm aufgelegt wird mit einfachem Prozedere.

Wohnungsbaugesellschaften zeichnen sich durch komplexe Bewertungsgänge ihrer Maßnahmen aus. Dabei sind vor allem zwei grundlegende Herangehensweisen zu beobachten: Gesellschaften mit langfristigen und fundierten Unternehmensstrategien werden durch eine sehr hohe Anzahl von Entscheidungsparametern geprägt. Hier bietet sich die Chance, mit Förderungsinstrumenten zu wirken, die vor allem im steuerlichen Bereich angesiedelt sind. Zugleich können sich hier Situationen einer Überförderung ergeben, die erst bei sehr genauem Hinsehen erkennbar werden.

Vermeidung von Umkehreffekten

Zahlreiche Förderprogramme führen nur zu Strohfeuer-Situationen oder deckeln sogar Maßnahmenpotenziale. Dies tritt ein, wenn die Anzahl der Förderprojekte durch den vorhandenen Etat begrenzt wird. Die Alternative dazu muss sein, alle Vorhaben ohne Verzögerungseffekte zu fördern und den Etat durch die Förderhöhe zu steuern. Dabei kann es

von großem Vorteil sein, wenn von vorneherein eine degressive Entwicklung der Förderhöhe angekündigt wird. Es gibt keine bessere Motivation für die zügige Umsetzung von Vorhaben. Symptomatisch dafür ist der Anstieg von Baumaßnahmen bei einsetzenden Zinssteigerungen.

Erfolgreiche Außen- und Öffentlichkeitswirkung

Für den Fördergeber ist es vorteilhaft, wenn eine positive Öffentlichkeitswirkung im Zusammenhang mit der Gewährung von Fördermitteln erzielt wird. Zum einen ist dies für die eigene Reputation oder Anerkennung wünschenswert. Vor allem kann durch Veröffentlichungen eine komplementäre Wirkung erzielt werden, die ein Programm erst wirklich zum Erfolg führt. Die Außenwirkung sollte so aufgebaut sein, dass Förderwirkungen durch die Informationen verstärkt werden.

Umgekehrt ist es so, dass Fördernehmer im allgemeinen hohen Wert auf öffentliche Wirkung legen. Sowohl Privatpersonen als auch Wohnungsbaugesellschaften sind verständlicherweise durch Anerkennungen intensiv zu motivieren. Ein sehr einfacher Grund dafür liegt in der Tatsache, dass standardmäßige Sanierungsvorgänge immer mit weniger Organisations- und Planungsaufwand verbunden sind als innovative geförderte Maßnahmen. Somit belasten sich die Akteure mit Mehraufwand, wenn Sie neue Techniken anwenden. Ein „Lob“ – gleich in welcher Form – ist dafür oftmals motivierender als montäre Effekte allein.

Zusätzlich zu den Förderungsinstrumenten muss eine weitergehende Untersuchung erfolgen, welche Rahmenbedingungen außerhalb des direkt pekuniären Bereiches zu Motivationen führen können. Das ist

neben Imageaspekten aus dem Corporate-Identity-Bereich die Bewertungsebene von Gesellschaften durch ihre Geldgeber. Banken führen zunehmend konsequent ein Rating nach Basel II durch. Das führt bei konstruktiver Anwendung zu einer langfristigen Bewertung von Maßnahmen. Dies wirkt für energetische und ökologische Belange im allgemeinen fördernd .

Das weite Feld des Emissionshandels sollte auf mögliche Anwendungen für die Emissionsminderung im Gebäudebereich überprüft werden und gangbare Wege gefunden werden, einen Gebäudeeigentümer bei Durchführung von sinnvollen Maßnahmen partizipieren zu lassen. Im Idealfall kann das Instrumentarium staatliche Förderungen intensiv stützen und möglicherweise mittelfristig ersetzen. Dies muss im Zusammenhang gesehen werden mit der Entwicklung von Energiepreisen. Eine idealtypische Maßnahme wäre eine gesamtgesellschaftliche „Versicherung“ gegen steigende Energiepreise, die allerdings wohl nur auf internationaler Ebene sinnvoll erscheint (vgl. Kap. 10.2.3).

Es ist zu überprüfen, ob es privatwirtschaftliche Gegenmodelle zu diesem Ansatz gibt. Vorstellbar wäre eine Fondslösung oder ein begrenzter Investorenpool mit einem finanzierungstechnischen Gegenmodell. Falls eine höhere Anzahl von investitionskräftigen Akteuren zusammengeführt werden kann, die einen nennenswerten Anteil ihres Investitionsportfolios in alternative Finanzierungskonzepte einbringen würden, könnte eine intensive Dynamik angestoßen werden. Die Grundlage dazu ist in weiten Kreisen der Geldwirtschaft latent vorhanden. Falls dieses Interesse gezielt geweckt werden könnte, sind äußerst sinnvolle Vorgehensweisen zur Revitalisierung von Wohngebieten und Sanierung von Objekten vorstellbar.

9.2 Förderprogramme

Trotz einer Flut von möglichen Fördermodellen reduziert sich bei konkretem Herangehen an ein Bauvorhaben das Angebot im allgemeinen auf einige wenige Programme. Für den Bauherrn stellt die unübersichtliche Förderungslandschaft oftmals eher ein Hindernis dar als eine Motivation. Es gibt zahlreiche Wohnungsbaugesellschaften, die Förderungen strikt aus dem Weg gehen, weil in der Gesamtkostenbetrachtung keine Verbesserung erzielt wird. Ein aufwendiges Antragsverfahren, Auflagen zu den Standards, Beschränkungen beim Vergabeverfahren mit der Folge höherer Baukosten gegenüber der freien Vergabe und Zeitverluste für das Bauvorhaben sowie hohe Arbeitsaufwendungen bei den Mitarbeitern lassen diese Schlussfolgerung oftmals plausibel erscheinen.

Ein hervorragendes Arbeitsmittel zur Förderrecherche stellt das Programm „Fiskus“ dar. Im folgenden einige Anmerkungen zur Förderstruktur für Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand.

9.2.1 Bundesmittel

Bei Anwahl der Fördermaßnahme „Energieeinsparung“ in „Fiskus“ werden für Bund und Länder 189 Fördermöglichkeiten angezeigt, davon 13 mit Geltung auf Bundesebene. Für den Wohnungsbau die größte Relevanz haben folgende Förderprogramme (Angaben gem. „Fiskus“) [BINE 2003]:

KfW- CO₂-Gebäudesanierungsprogramm

- Zielgruppe: Antragsberechtigt sind Träger von Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten und vermieteten Wohngebäuden (z.B. Privatpersonen, Wohnungsunternehmen oder -

genossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts).

- Beschreibung: Das KfW-CO₂-Gebäudesanierungs-Programm ist Bestandteil des Nationalen Klimaschutzprogramms und dient der zinsgünstigen langfristigen Finanzierung von besonders umfangreichen Investitionen zur CO₂-Minderung und zur Energieeinsparung in Wohngebäuden des Altbaubestandes mit einem Einspareffekt von mindestens 40 kg CO₂ pro m² Gebäudenutzfläche AN und Jahr. Der Zinssatz wird in den ersten 10 Jahren der Kreditlaufzeit verbilligt.
- Gefördert werden Investitionen in Wohngebäuden, die im Jahr 1978 oder vorher fertiggestellt worden sind.
- Kreditbetrag bis 250 €/m² bei etwa 3 % Zinsvorteil. Eine Erhöhung um weitere 100 € mit Teilschulderlass wird gewährt, wenn der EnEV-Neubau-Standard nachgewiesen wird. (www.kfw.de)

KfW-Programm zur CO₂- Minderung

- Zielgruppe: Antragsberechtigt sind alle Träger der Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten oder vermieteten Wohngebäuden (z.B. Privatpersonen, Wohnungsbauunternehmen, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände, Zweckverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts).
- Beschreibung: Gefördert werden Maßnahmen zum Zwecke der CO₂-Minderung und Energieeinsparung in ganz Deutschland und zwar:
 1. Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudeaußenhülle
 5. Installation von solar unterstützten Nahwärmeversorgungen, einschließlich der unmittelbar durch die Nahwärmenutzung veranlassten Maßnahmen.
 6. Installation von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (BHKW) einschließlich der unmittelbar durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage veranlassten Maßnahmen.

7. Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der unmittelbar durch die Nutzung der Anlage veranlassten Maßnahmen. Finanziert werden Wärmepumpen, solarthermische Anlagen, Biomasse- und Biogasanlagen, Photovoltaikanlagen, geothermische Anlagen, Installation von Wärmetauschern und Wärmerückgewinnungsanlagen.

- Art der Förderung: Zinsverbilligte Darlehen

Vor-Ort-Beratung

- Zielgruppe: Die Anspruchsberechtigten können natürliche oder juristische Personen, rechtlich selbständige Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft und des Agrarbereichs, alle Einrichtungen, die gemeinnützige, mildtätige oder kirchliche Zwecke verfolgen, sein. Den Antrag auf Zuschuss übernimmt der beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zugelassene Berater (Ingenieur oder Architekt).
- Beschreibung: Vor-Ort-Beratung durch einen Ingenieur oder Architekten, der sich umfassend auf den baulichen Wärmeschutz und die Heizungsanlagentechnik sowie ggf. die Nutzung erneuerbarer Energiequellen bezieht.
- Maximaler Zuschuss für: Ein-/Zweifamilienhaus 300,- EUR, Gebäude bis 6 Wohneinheiten (WE) 320,- EUR...Gebäude bis 120 WE 400,- EUR.

Als weiteres Beratungsprogramm werden **Energiediagnosen zur Vorbereitung von Auftragsvergaben** (Darlehen) durch die KfW gefördert.

Weitere Programme in Form einer Kurzbeschreibung:

Marktanreizprogramm „**Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien**“ (Zuschüsse oder – bei größeren Anlagen – Darlehen, zum

Teil mit Restschulderlass), Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW),

„**100.000-Dächer-Programm**“ für Photovoltaik-Anlagen (zinslose Darlehen mit Restschulderlass oder Zuschuss), KfW,

„**Ökozulagen**“ nach dem Eigenheimzulagengesetz, Finanzämter

Stromeinspeisungsgesetz/Erneuerbare-Energien-Gesetz

(Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien)

Darüber hinaus gibt es Förderungen für Einzelprojekte mit aufwendigeren Förderverfahren. Dazu gehört z. B. das EnSan-Förderprogramm, das ERP-Umwelt-und Energiesparprogramm, das DtA-Umweltprogramm etc.. Darüber hinaus sind Förderungen mit jeweils individueller Antragstellung bei verschiedenen Ministerien bzw. Projektträgern möglich.

9.2.2 Landesmittel

Landesmittel sind sehr unterschiedlich gestaltet. Zunächst obliegt den Ländern die Wohnbauförderung, die z. T. mit ökologischen Aspekten verknüpft ist. Darüber hinaus werden gezielte Fördertöpfe bereit gehalten oder Modellbauvorhaben unterstützt. Als Beispiele seien davon herausgegriffen:

Baden-Württemberg:

- Modellprojekte Klimaschutz

Bayern:

- Offensive Zukunft Bayern
- Bayerisches Programm zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien“ (Zuschüsse für Solarkollektoren und Wärmepumpen)

- Bayerisches Programm „Rationellere Energiegewinnung und –verwendung“ (Zuschüsse für Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben),
- Bayerisches Modernisierungsprogramm – Modernisierungsförderung von Miet- und Genossenschaftswohnungen (Darlehen)
- Experimenteller Wohnungsbau – Modellvorhaben „Ökologische Modernisierung“
- Programm „Wasserstoffinitiative Bayern“ (seit 1996)
- Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse im Rahmen des Gesamtkonzepts Nachwachsende Rohstoffe.

Nordrhein-Westfalen:

- Mit der Sonne Bauen - 50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen

Generelle Aussagen zur Kumulierbarkeit oder Verknüpfung mit Bundesprogrammen sind nicht möglich.

9.2.3 Kommunale Förderungen

Zahlreiche Kommunen fördern energieeffizientes Bauen. Das betrifft sowohl Wärmedämm-Maßnahmen als auch den Einsatz von regenerativen Energieträgern. Informationen sind im allgemeinen bei den Umweltämtern zu erhalten oder bei Energieversorgern.

Inhaltlich reicht die Palette von Energiesparberatungen, z. B. unterstützt durch Energiepassberechnungen über städtische Darlehen (z. T. im Rahmen von kommunalen Wohnbauförderungen) bis zu Zuschussförderungen. (z. B. CO₂-Minderungsprogramm der Stadt Nürnberg).

9.2.4 EU-Mittel

In Verbindung mit Bundes- oder Landesmitteln sind EU-Förderungen möglich. Alternativ können mit langwierigen Antragsverfahren direkt bei der EU beantragt werden. Hierzu ist allerdings ein langer Atem oder professionelle Betreuung erforderlich. Die EU bietet keine Breitenförderprogramme für erneuerbare Energien und für Energieeinsparung an. Folgende z.T. sehr spezifische Fachprogramme werden angeboten:

- ALTENER (Studien, Pilotaktionen, Netzwerke im Bereich erneuerbare Energien)
- SAVE (Studien, Pilotaktionen, Bildungsmaßnahmen, Netzwerke im Bereich Energieeffizienz)
- SYNERGY (Zusammenarbeit mit Drittländern im Energiebereich)
- CARNOT (Informationsaustausch, Netzwerke im Bereich industrielle Nutzung fester Brennstoffe)

9.3 Szenarien für die Förderung der energetischen Sanierung im Wohngebäudebestand

Am Beispiel der Stadt Nürnberg wurde für den Wohngebäudebestand ein Förderszenario errechnet [Schulze Darup 1999]. Ausgangsüberlegung war die Anforderung einer 50 %-igen CO₂-Reduktion gemäß Vereinbarung des Klimabündnisses europäischer Städte bis zum Jahr 2010. Abbildung 9.1 zeigt, dass dieses Ziel nur durch Erreichen folgender Reduktionen in den einzelnen Verbrauchssektoren möglich ist: Prozesswärme auf 50 %, Mechanische Energie (u. a. Verkehr) und Licht auf 70 % und Raumwärme auf 35 % des Wertes von 1990, um den durchschnittlichen Zielwert von 50 % zu erzielen. Es ist in zahlreichen Kommunen inzwischen Abstand von diesem ehrgeizigen Ziel genommen worden. Das gilt auch für Nürnberg, wo das Reduktionsziel auf 27 % herabgesetzt wurde [Umweltreferat Nürnberg 1999]. Anforderungsgröße war zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens eine weitere Reduktion im Wohngebäudebereich um 30 %. Gefragt waren die dazu erforderlichen Impulse.

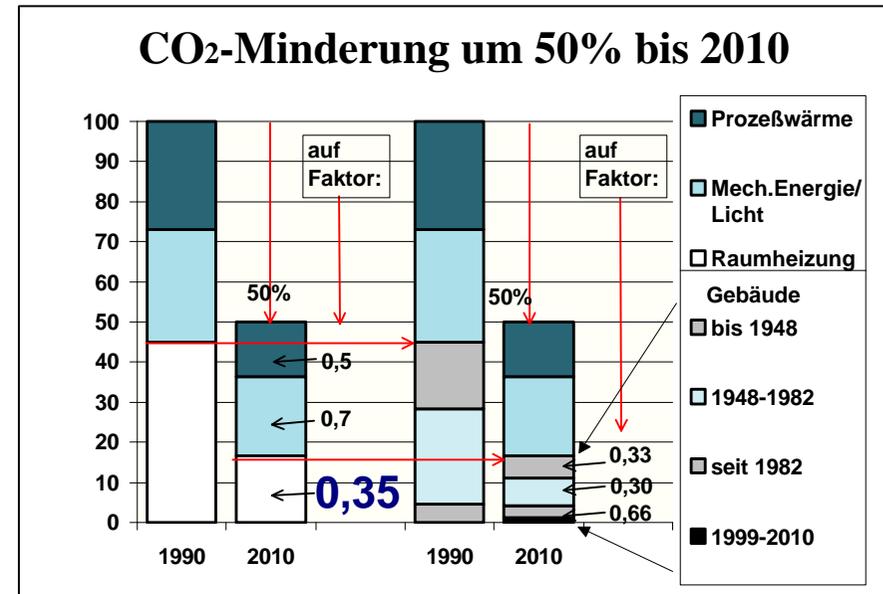


Abb. 9.1 Aufteilung der CO₂-Minderung nach Verbrauchs-Sektoren; der Bereich Raumheizung hat das höchste Senkungspotenzial, der Sektor Mechanische Energie wird im Verkehrsbereich in den nächsten Jahren nur geringe Reduktionen ermöglichen

Der Raumwärmebereich hat für die Region mit ca. 35% Anteil die höchste Bedeutung. Er verfügt über das höchste technisch umsetzbare Potential bei gleichzeitig relativ günstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die Zielsetzung ist ein äußerst ehrgeiziges Vorhaben und kann nur mit sehr hohen Anstrengungen erreicht werden. Deutlich wird dies bei der Betrachtung der Gebäudetypen nach Baujahren. Altbauten bis 1948 müssten im Mittel energetisch auf einen Faktor 0,33 verbessert werden, Nachkriegsgebäude bis zur zweiten Wärmeschutzverordnung 1982 sogar auf den Faktor 0,30. Die Energiestandards der seitdem erstellten Gebäude können aufgrund des noch nicht anstehenden baulichen Sanierungsbedarfs nur auf einen Faktor von etwa 0,7 reduziert werden. Zusätzlich ist zu beachten, dass weiterer Zubau stattfinden wird, der die Bilanz zusätzlich belastet.

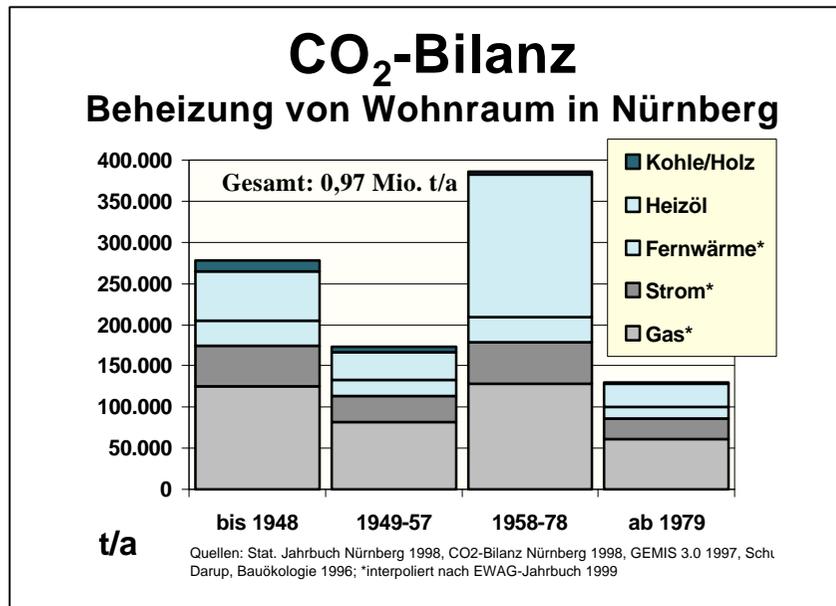


Abb. 9.2 Struktur des Wohngebäudebestands in Nürnberg nach Energieträgern für die Beheizung

Die Struktur des Wohngebäudebestandes und die sich daraus ergebende CO₂-Bilanz wird am Beispiel der Stadt Nürnberg in Abb. 9.2 dargestellt [Statistisches Jahrbuch Nürnberg 1998 / EWAG 1997 / Umweltreferat Nürnberg 1994 / Heide, Eberhard 1988 / Heide, Eberhard 1992 / EWAG 1998 / Fritsche et al 1997 / Hauser 1997 / Fink, Rathmann 1997]. Trotz der divergierenden Quellen lässt sich auf Grundlage der Emission von etwa 1 Mio. Tonnen Kohlendioxid pro Jahr ein Szenario darstellen, das Aussagen zu folgenden Bereichen enthält:

1. Volumen der jährlichen Sanierungstätigkeit inkl. Maßnahmenkatalog
2. Energieeinsparung und CO₂-Emissions-Reduktion
3. Konjunktur- und Arbeitsmarkteffekte
4. Erforderliche Fördermittel.

Die Durchlaufrate von derzeit stattfindenden Sanierungen wird auf gerade einmal 2 % bis maximal 2,5 % jährlich bei durchweg energetisch unzureichenden Sanierungen veranschlagt. Es ist unabdingbar, dass durch Förderanreize der Umfang und der Standard der Sanierungen deutlich verbessert werden muss. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung muss für den Bauherrn so darstellbar sein, dass er sich aus rein ökonomischen Gründen für eine schnelle und energetisch hochwertige Sanierung entscheidet. Modalitäten für die Art der Förderung sollten folgende Punkte berücksichtigen. Bei diesen Vorschlägen handelt es sich um Vorschläge, die aus umfangreichen Diskussionsprozessen in der Baupraxis entstanden sind und zugleich aus Berechnungen hinsichtlich Volumen und erforderlicher Anreizhöhe hergeleitet sind [Schulze Darup 1999]:

- Förderhöhe als ausreichender Motivationsschub, z. B. (zusätzlich zu bisherigen Förderprogrammen für Wohngebäudesanierung):
- 50 € pro m² Wohnfläche Anfangsförderung für Standard nach Energieeinsparverordnung (Neubau)
- 75 bis 100 €/m² Anfangsförderung für eine weitere Verbesserung Richtung EnEV 40-Standard
- Zuschüsse (keine Darlehen oder Zinsvergünstigungen)
- keine Deckelung: jeder berechnete Antrag wird bewilligt
- degressive Förderung: im jeweiligen Folgejahr wird der Fördersatz nach unten angepasst, sodass eine möglichst hohe Motivation besteht, kurzfristig zu sanieren
- unbürokratische Bewilligung
- Voraussetzung: Beratung und Qualitätskontrolle (Sonderprogramm)
- Dringend erforderlich: zusätzlich flankierende Förderungen (Information, Forschung, Modellvorhaben).

Tabelle 9.1 stellt ein Szenario für eine sehr ehrgeizige 12-jährige Programmphase dar:

1. Die Förderung muss so motivierend sein, dass die sanierte Fläche von jetzt etwa 450.000 m² (Sanierungsquote 2,5% pro Jahr) in Nürnberg auf 750.000 m² ansteigt (4,2% pro Jahr). Das führt zu einer Gesamtsanierung von 8.6 Mio m² bis 2014, was knapp der Hälfte des jetzigen Wohnungsbestandes entspricht.
 2. Die Energieeinsparung beläuft sich in der Modellrechnung auf 30 bis 35 % des heutigen Verbrauchs. Einen etwas höheren Wert erreicht die CO₂-Einsparung. Im Bereich der Energieträger kann eine zusätzliche Optimierung eine kleine weitere Verbesserung herbeiführen.
 3. Die Einschätzung, inwieweit die eingesetzten Fördermittel die angestrebten Sanierungsvolumina tatsächlich bewirken werden, muss einer breiten Diskussion und einer weiteren Analyse überlassen werden. Es ist davon auszugehen, dass flankierende Maßnahmen erforderlich sind sowie weitere Programme anderer Ressorts und Körperschaften.
 4. Die gesamten Sanierungskosten von 5,8 Mrd. €(nur Nürnberg) basieren auf folgenden Überlegungen:
 - Der Anstoß zur energetischen Sanierung wird bei einem Teil der Objekte dazu führen, dass aufgeschobene Ohnehin-Maßnahmen durchgeführt werden im Bereich Ausbau, Haustechnik und Renovierung.
 - Durchgreifende Sanierungen für Vorkriegsgebäude kosten 1000 - 1300 €/m², Häuser aus den 60er Jahren können grundlegend für 500 – 900 €/m² saniert werden. Zahlreiche Objekte werden jedoch nur teilsaniert, so dass ein durchschnittlicher Wert von 650 €/m² für die Berechnung angenommen wird.
 - Sinnvolle Beratungen führen fast immer zu einem abgestimmten Konzept der Sanierung von (allen) Hüllflächen inkl. Fenstern und des Heizsystems.
 - Teilkonzepte können in Einzelfällen sinnvoll sein, z. B. im Bereich der Heizung und Regelung, manchmal auch bei Bauteilen (z. B. Dach, Fenster). Diese sollten aber bei weitem nicht so hoch gefördert werden wie Gesamtkonzepte.
 - Raumluftqualität und Behaglichkeit müssen bei der Beratung eine wesentliche Rolle spielen, um nicht den 70er-Jahre-Effekt des falsch verstandenen Energiesparens mit hygienisch bedenklichen Folgen zu wiederholen (Stichworte: Mikroorganismen, Allergien, Sick-Building-Syndrom etc.)
 - Auf Grund dessen sollten Lüftungsanlagen zur kontrollierten Wohnungslüftung einen wesentlichen Bestandteil der Sanierungskonzepte darstellen. Anlagen mit Wärmerückgewinnung müssen dabei angestrebt werden.
5. Die Energiesparförderung bewirkt ein hervorragendes Verhältnis von Fördermitteleinsatz zur Gesamtinvestition.
 6. Allein der Arbeitsmarkteffekt wiegt die Kosten der Fördermittel auf. Wird der erhöhte Betrag der Sanierungskosten gegenüber dem Ausgangswert von 2002 durch den mittleren Umsatz pro Beschäftigten im Ausbaugewerbe von 80.760 €[Statistisches Jahrbuch Nürnberg 1998] geteilt, ergeben sich bis zu 3000 zusätzlich Beschäftigte allein im regionalen Handwerk - ohne die sich daraus ergebenden Folgearbeitsplätze in der Zulieferung und sonstigen Dienstleistungswirtschaft.

Tabelle 9.1 Berechnungsszenario für die energetische Sanierung in Nürnberg mit einer 30 %-igen CO₂-Minderung innerhalb von 12 Jahren

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jahr	sanierter Fläche (Wohnfl.)	eingesparte Endenergie	eingespartes CO ₂	Fördermittel	Fördermittel je m ²	Sanierungskosten	Anteil: Spalte 5:7	zusätzl. Arbeitsplätze
	m ²	kWh	t	€	€/m ²	€	%	
2002	451.918	24.376.443	6.582	0	0	278.660.623	0,00%	0
2003	500.000	30.307.500	8.183	2.709.847	40 / 15	311.632.402	0,87%	408
2004	550.000	42.801.000	11.556	11.810.842	75 / 50	349.825.905	3,38%	881
2005	600.000	59.130.000	15.965	15.338.756	70 / 45	391.905.227	3,91%	1.402
2006	650.000	74.831.250	20.204	19.774.214	65 / 40	428.718.242	4,61%	1.858
2007	700.000	88.725.000	23.956	22.369.020	60 / 35	465.275.612	4,81%	2.311
2008	720.000	99.630.000	26.900	23.376.265	55 / 30	482.250.502	4,85%	2.521
2009	730.000	101.013.750	27.274	18.288.911	50 / 20	488.948.426	3,74%	2.604
2010	750.000	111.577.500	30.126	13.574.799	40 / 10	506.754.166	2,68%	2.824
2011	750.000	114.300.000	30.861	10.545.395	35 / 5	509.054.979	2,07%	2.853
2012	750.000	119.306.250	32.213	8.052.847	30 / 0	511.930.996	1,57%	2.888
2013	750.000	120.600.000	32.562	7.669.378	25 / 0	513.848.341	1,49%	2.912
2014	750.000	123.187.500	33.261	7.669.378	20 / 0	517.683.030	1,48%	2.960
Su.	8.651.918	1.109.786.193	299.642	161.179.653		5.756.488.451		
2: Wohnfläche ges. 18.1 Mio. m ² ; 48% san.				9: durch Erhöhung des Sanierungsvolumens gegenüber 1998				
3: gesamt 1998 3.376 GWh; Einsparung 33%				je 80.760 €(Umsatz/Beschäft. Ausbau 1997) = 1 Arbeitsplatz				

Das Diagramm in Abbildung 9.3 fasst die beschriebenen Zusammenhänge eindrucksvoll zusammen. Die Einsparungen bei den Arbeitslosenkosten übersteigen die zusätzlichen Einsätze der Fördermittel.

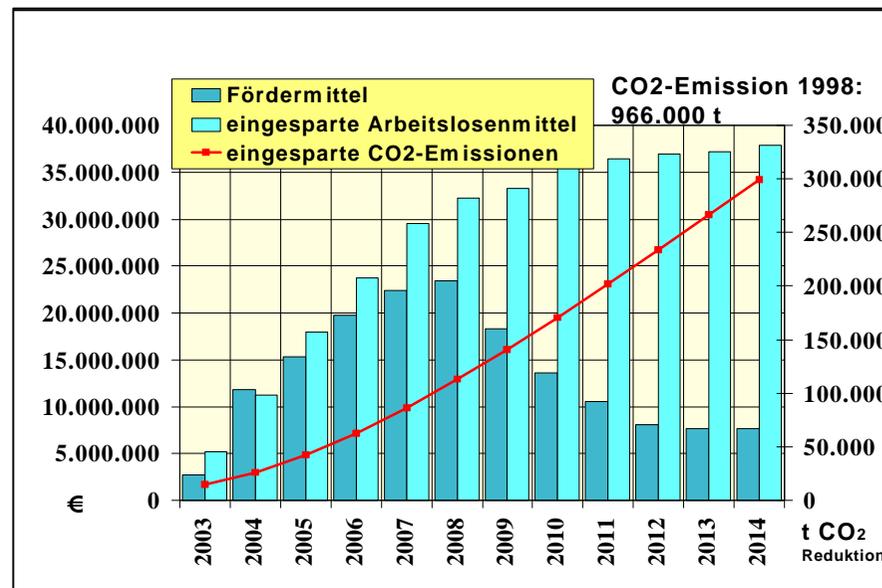


Abb. 9.3 Sanierungsszenario für die Stadt Nürnberg: Verbindung zwischen Fördermitteleinsatz, CO₂-Minderung und Einsparung bei Arbeitslosenkosten

Grundlagen für die Berechnungen befinden sich in folgenden Anlagen [Schulze Darup 1999]:

Anlage 9.1. Berechnungsgrundlagen

Anlage 9.2. Rechengang zu Tabelle 9.1

Anlage 9.3. Kostengrundlagen des Szenarios

Anlage 9.4. Text zum zugrundeliegenden Vortrag am Forschungszentrum Jülich 1999

Anlage 9.5. Folien zum Vortrag am Forschungszentrum Jülich 1999

9.4 Schlussfolgerungen hinsichtlich des bundesweiten Fördervolumens

Die Modellrechnung für Nürnberg lässt sich nur bedingt auf das gesamte Bundesgebiet übertragen. Dennoch ist es nicht uninteressant, die Zahlen hochzurechnen. Von der Aussage her wird von mehreren Gutachten die gleiche Tendenz attestiert. Eher von pessimistischen Rahmenbedingungen und geringeren Fördervolumina ausgehend prognostizierte das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung eine Steigerung der Beschäftigung um 75.000 bis 150.000 Personen [DIW 1997]. Spätere Untersuchungen führten zu Ergebnissen, die sich mit den Größenordnungen der hier dargestellten Effekte weitestgehend decken [Wuppertal Institut 1999].

Sinnvoll eingesetzte Förderungen im Wohngebäude-Sanierungsbereich lassen die eingesetzten Fördermittel in etwa im Verhältnis 1 : 1 zurückfließen in Form von eingesparten Arbeitslosen- und Sozialversicherungskosten sowie weiteren induzierten Konjunkturreffekten. Der Rückgang im Bereich Energielieferung / Energiedienstleistungen liegt weit unterhalb dieser Zahlen.

Ziel muss es sein, die Gesamtanierungstätigkeit von derzeit etwa 2 % auf 3,5 % anzuheben, sodass die Förderungen nicht Mitnahmeeffekte subventionieren, sondern gezielt eine erhöhte Sanierungstätigkeit anstoßen. Dazu muss für das Bundesgebiet jährlich ein Volumen von etwa 2,5 Mrd € an gezielt eingesetzten Fördermitteln gewährt werden. Ein Teil von bestehenden Förderprogrammen kann durch integrale Einbindung für diese Summe genutzt werden, sodass bei umsetzungsorientierten Herangehen und integraler Einbindung von Landesprogrammen die Mehrförderung deutlich niedriger liegen kann. Unter diesen Voraussetzungen entstehen bundesweit ca. 400.000 neue Arbeitsplätze. In Abbildung 9.4 werden die Ergebnisse analog zum Gutachten für die Region Nürnberg dargestellt.

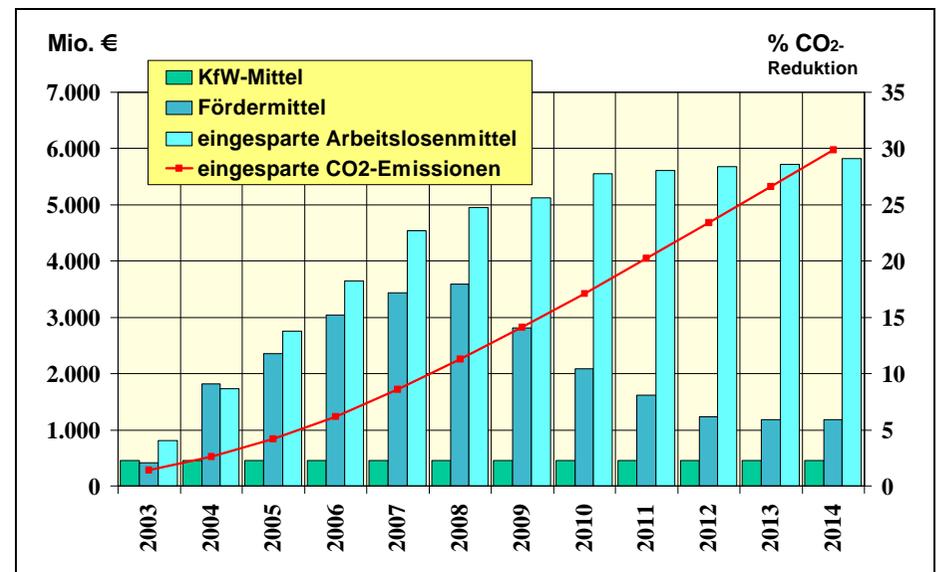


Abb. 9.4 Sanierungsszenario BRD: Verbindung zwischen Fördermitteleinsatz, CO₂-Minderung und Einsparung bei Arbeitslosenkosten (hochgerechnet vom Beispiel Nürnberg); zum Vergleich: aktueller Mitteleinsatz durch KfW-Förderung

9.5 Finanzierungsmodelle als entscheidender Faktor für sinnvolle Strategien

Für jeden Akteur bei der Sanierung sieht die Sachlage hinsichtlich der Finanzierung recht unterschiedlich aus. Es eint sie aber die Tatsache, dass langfristig ausgelegte Finanzierungskonzepte zu den sinnvolleren Lösungen führen werden. Es könnte nicht schaden, wenn Banken und Sparkassen gerade in diesem Punkt eine nachhaltige Beratung durchführen würden. „Basel II“ gilt als Schreckgespenst für viele Kreditnehmer – dieses Rating-Instrumentarium könnte jedoch äußerst sinnvoll für einen langfristig angelegten sinnvollen Umgang mit einer Immobilie oder einem umfassenden Immobilienbesitz genutzt werden. Es ist davon auszugehen, dass bei einem umfassenden Rating, das auf nachhaltige Entwicklung setzt, die in dieser Arbeit dargestellten Ziele der Energieeffizienz eine wesentliche Rolle für die Bewertung von Immobilienbesitz ausmachen.

Private Hausbesitzer sanieren zu einem nicht geringen Teil von der Hand in den Mund: d. h. sie veranlassen die nächste Maßnahme, wenn Defekte auftreten, ein bauphysikalischer Schaden entsteht, der Ölpreis gerade einmal wieder einen Sprung nach oben gemacht hat oder eine unerwartet hohe Steuerrückzahlung erfolgt ist. Das führt in der Summe zu einem hohen Aufwand, weil bei Teilarbeiten jeweils erhöhte Nebenkosten für Baustelleneinrichtung und Anschlussdetails auftreten. Es ist trotz dieses Vorgehens absehbar, dass ein Gebäude innerhalb von zwei bis drei Jahrzehnten einmal rundum saniert wird (Abb. 9.5)

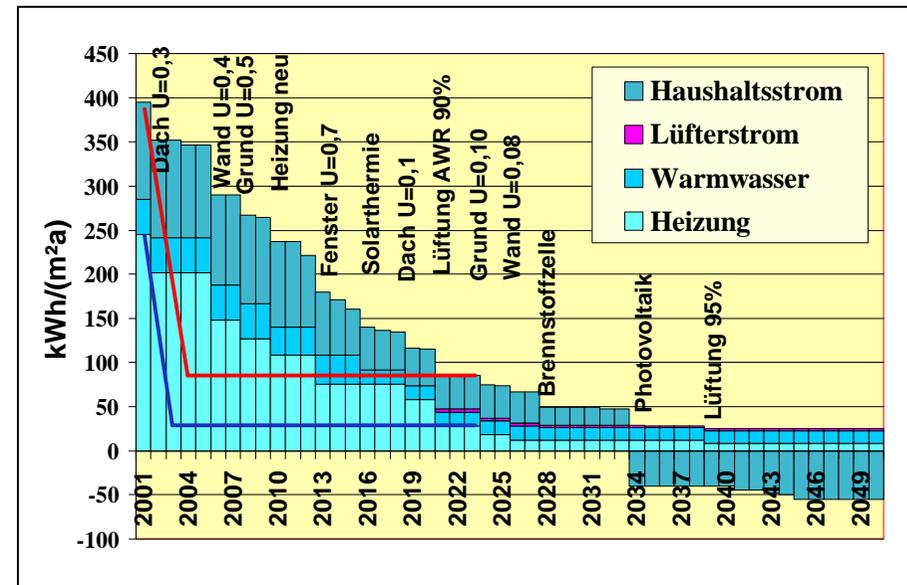


Abb. 9.5 Sanierungsumsetzung Schritt für Schritt oder als Gesamtkonzept – das gesamtheitliche Herangehen ist kostengünstiger und sinnvoller; das Diagramm weist eine – langfristig gesehene – Entwicklung zum Plus-Energie-Haus aus, die mit einer nicht geringen Wahrscheinlichkeit in 30 bis 50 Jahren bei zahlreichen Gebäuden gegeben sein wird

Oftmals ist ein sanierungswilliger Bauherr besser beraten, ein Gesamtkonzept erstellen zu lassen. Ggf. ist es sogar sinnvoll, ein paar Jahre zu warten, bis alle wesentlichen Bauteile ohnehin sanierungswürdig sind. Die Umsetzung in einem Zug stellt sich auf jeden Fall günstiger dar, wenn sie mit einer sinnvollen Finanzierung hinterlegt ist. Zudem ist es symptomatisch, dass insbesondere Privatbauherren schon mit sehr geringen Fördersummen in Form eines Zuschusses oftmals überproportional motiviert werden, in Energiespartechniken zu investieren.

Die **Wohnungswirtschaft** stellt sich äußerst heterogen dar, weil eine kleine Genossenschaft mit einem einzelnen hauptberuflichen Geschäftsführer deutlich anders agieren wird als eine große Gesellschaft mit einem versierten Team. Jede Gesellschaft ist gut beraten, eine langfristige Planung für ihren Immobilienbesitz durchzuführen, um Doppelinvestitionen zu vermeiden. Es ist sicherlich die unwirtschaftlichste Herangehensweise, wenn ein Gebäude mit neuen Fenstern und 6 cm dickem Wärmedämmverbundsystem saniert wird, darauf eine lange Phase Ärger mit den Mietern wegen Schimmelpilzbefall ausgestanden werden muss – und schließlich nach 10 bis 15 Jahren nochmals grundlegend mit erhöhtem Standard saniert wird. Jede Investition muss so geplant sein, dass sie ihre maximale Abschreibungszeit möglichst weitgehend erreicht. Maßnahmen an der Gebäudehülle sollten auf 30 bis 50 Jahre geplant sein. Wer heute sein Gebäude nur streicht statt in vernünftigem Maß zu dämmen, verursacht für jedes Jahr bis zur nächsten Maßnahme bei einem symptomatischen Bau aus den sechziger Jahren Brennstoffkosten in Höhe von 6 €/pro m² Fassadenfläche. Rechnet man die Kosten von Gerüst und Malerarbeiten dagegen, hätte sich die Dämmung bereits nach fünf bis acht Jahren amortisiert.

Ist es möglich, mit sinnvollen Finanzierungsmodellen genügend Liquidität zu schaffen, so kann ein sachorientierter Umgang mit dem Bestand und seinem Wohnumfeld erfolgen, der obendrein vor Downsizing und Leerstand schützt.

Institutionelle Anleger und **Immobilienfonds** könnten unabhängig von aktuellen Marktstrategien zukunftsfähig ausgerichtete Modelle auflegen und für die Anleger als Strategie aufarbeiten. Es ist

anzunehmen, dass zunächst nur ein kleiner Kern von Interessenten gefunden wird. Genauso ist allerdings davon auszugehen, dass bei erfolgreicher Umsetzung weitere Institutionen nachziehen werden. Einzelne Banken bieten bereits jetzt entsprechende Modelle an [Umweltbank 2002]. Grundlagenideen zu Immobilienfonds zur energetischen Bestandssanierung befinden sich in den Anlagen:

Anlage 9.6. Kurzexposé: Immobilienfonds zur energetischen Gebäudesanierung

Anlage 9.7. Projektskizze: Immobilienfonds zur energetischen Gebäudesanierung

Anlage 9.8. Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit eines Immobilienfonds

Anlage 9.9. Erster Immobilienfonds der Umweltbank Nürnberg 2003

Ethisches Ranking bei Investitionsmodellen erfährt in den letzten Jahren zunehmende Aufmerksamkeit. Es werden von vielen Anlegern Abstriche bei der Rendite akzeptiert, wenn günstige Ranking-Werte signalisieren, dass langfristig eine hohe Beständigkeit erzielt werden kann und zudem Unsicherheiten genommen werden, die mit hochaggressiven Marktstrategien verbunden sind. Der Ansatz entspricht Investorengemeinschaften, die einerseits eine faire Rendite für den Einsatz ihrer Mittel zu erzielen wünschen, auf der anderen Seite jedoch nicht allein auf kurzfristige Gewinnmaximierung abheben. Dieses Modell entspricht insbesondere den Rahmenbedingungen des Wohnungsbaus. Bei zukunftsfähigen Gebäudestandards besteht eine hohe Sicherheit und Kontinuität. Dieses Modell stellt im Rahmen einer

Anlagestrategie als Teil eines Portfolios eine hoch attraktive Komponente dar.

Die Überlegungen könnten verbunden werden mit **genossenschaftlichen Ansätzen**, die in den zwanziger Jahren gerade im Wohnungsbaubereich zu äußerst tragfähigen Modellen geführt haben. Viele dieser Gesellschaften haben bis heute Bestand.

Genossenschaften oder geschlossene Immobilienfonds könnten sogar noch einen Schritt weitergehen und versuchen, systemimmanente Probleme des Geldmarkts für ihr Geschäftsgebiet auszuschalten. Als Beispiel sei der Verzicht auf den **Zinseszins-Effekt** genannt, wodurch die immer weiter fortschreitende Akkumulation von Kapital verhindert würde. Gerade im Wohnungsbau, der immer mit Verantwortung für das Gemeinwohl verbunden ist, könnte solch ein Modell wegweisend sein.

Es besteht **Forschungsbedarf** zur sinnvollen Lenkung von Anlagevolumina mit langfristiger Ausrichtung. Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei konsequenter Anwendung nachhaltiger Anlagestrategien ein zunehmender Bedarf an hochwertigen Immobilien mit ökologisch-ökonomisch optimierten Standard besteht. **Immobilienfonds** mit dieser Ausrichtung können zu einer tragenden Säule eines sinnvoll agierenden Wohngebäude-Marktes werden.

10 Strategien zur breitenwirksamen Umsetzung

10 Strategien zur breitenwirksamen Umsetzung

Die Bauwirtschaft ist ein Wirtschaftszweig mit hohem Beharrungsvermögen. Das birgt Vorteile, weil es nicht immer opportun wäre, wenn der Zeitgeist sich innerhalb kürzester Zeiträume auf unsere gebaute Umwelt auswirken könnte. Auf der anderen Seite führt im wahrsten Sinne des Wortes „konservative“ Herangehensweise zu einer sehr langsamen Umsetzung von Innovationen.

Zahlreiche Beispiele zeigen zwar immer wieder, dass es nicht übermäßig schwierig ist, ein Modellvorhaben – möglichst mit ein paar schillernden Attitüden – auf den Weg zu bringen. Schon eine zweite Ausführung ist manchmal deutlich schwieriger umsetzbar – sofort kommt die Frage „...und was ist hier neu?“ Ganz schwierig wird es, wenn eine Technik sich zwar auf der Modellebene bewährt hat, dann aber Einzug halten soll in den Baualltag. Wie ist es möglich, die wirklichen Entscheidungsträger in der Bauwirtschaft zu überzeugen oder gar zu begeistern – oder sie zumindest dazu zu bringen, durch langfristig ausgelegte Investitionsstrategien sinnvollen Innovationen Zugang in den Markt zu verschaffen?

10.1 Hemmnisse und Vorteile bei der Umsetzung energieeffizienter Sanierung

Als Grundlage einer Analyse zum strategischen Vorgehen ist es sinnvoll, sich über Rahmenbedingungen hinsichtlich der Hemmnisse und Vorteile bei der energetischen Sanierung klar zu werden. Es liegen zahlreiche Studien über die Thematik vor [Eicke-Hennig et al 1995 / Knissel et al 2001], in denen die Thematik sehr umfassend dargestellt wird. Eine Gegenüberstellung von PRO und CONTRA veranschaulicht die wesentlichen Aspekte (Tab. 10.1)

Tabelle 10.1: Gegenüberstellung von Hemmnissen und Vorteilen hinsichtlich der Umsetzung von Energieeffizienz bei der Wohngebäudesanierung

CONTRA (Hemmnisse)	PRO (Vorteile)
<p>Bauliche Hemmnisse</p> <p>Informationsdefizit hinsichtlich Energiespartechniken</p> <p>Vorurteil gegenüber Dämm-Maßnahmen</p> <p>Fehlende Transparenz hinsichtlich des realen Energieverbrauchs</p> <p>Konkurrenz energetische vs. nichtenergetische Maßnahmen</p> <p>Fehlende Umlagemöglichkeit der Maßnahmen auf die Miete</p> <p>Finanzierungsprobleme</p> <p>Nichtakzeptanz von Förderprogrammen</p> <p>Fehlende Transparenz gängiger Wirtschaftlichkeitsberechnungen</p> <p>Konfrontation mit den Mietern wegen Mieterhöhungen</p> <p>Nutzer-Vermieter-Dilemma (Warmmiete – ökol. Mietenspiegel)</p> <p>Angeblich geringe Gewichtung des Themas bei Mietern</p> <p>Polarisierende Stellung von Interessensverbänden</p>	<p>Langfristige Vermietbarkeit – Reduzierung des Leerstands</p> <p>Niedrige Betriebskosten mit erhöhtem Kaltmietpotenzial</p> <p>Nachhaltige Erhöhung des Gebäudewertes</p> <p>Höherer Beleihungswert – Rankingkriterien nach BASEL II</p> <p>Ressourceneinsparung als Beitrag zu globaler Gerechtigkeit</p> <p>Umweltentlastung durch verminderte Emissionen</p> <p>Klimaschutz durch CO₂-Reduktion</p> <p>Energieeffizienz als volkswirtschaftlich zukunftsfähige Strategie</p> <p>Behaglichkeit und Komfort (warme Wandoberflächen, keine Zugluft)</p> <p>Bauphysikalisch hochwertige Konstruktion ohne Bauschäden</p> <p>Keine Kondensat- und Schimmelpilzbildung</p> <p>Hohe Raumluftqualität und verbesserte Hygiene durch Komfortlüftung</p> <p>Höhere Attraktivität der Quartiere und Bewohnerzufriedenheit</p>

10.2 Potenziale bei Kommunen, Ländern und Bund

In unserem föderalen Staatswesen ist es wichtig, Entscheidungsabläufe zu analysieren, um Strategien umsetzungsorientiert und erfolgversprechend auf den Weg bringen zu können. Potenziale werden zunächst am regionalen Beispiel analysiert. Die Erfahrungen mit Entscheidungsprozessen und Initiativen in der Region Nürnberg werden dargestellt und um grundsätzliche Aspekte ergänzt. Der Ballungsraum Nürnberg ist als Grundlage hervorragend geeignet, da dort im Rahmen der Bayerischen High-Tech-Offensive eine Energie-Kompetenzregion zunehmend Profil gewinnt.

Regionale Netzwerke werden eine wesentliche Rolle bei zahlreichen Entwicklungen der nächsten Jahre spielen. Es ist äußerst sinnvoll, wenn Landes- und Bundesvorhaben synergetisch zu regionalen Initiativen auf den Weg gebracht werden.

10.2.1 Kommunen und Regionen

„Global denken – lokal handeln“ hat sich zum Leitsatz vieler Kommunen entwickelt. Ob im Rahmen der Lokalen Agenda 21 oder sonstiger Initiativen wird seit Jahren der große Vorteil genutzt, dass in kleineren überschaubaren Zusammenhängen schnelle Entscheidungswege möglich sind und kurzfristig Projekte auf den Weg gebracht werden können. Die Logik ist zwingend: viele Einzelprojekte an vielen Orten führen zu nachhaltiger Veränderung im Ganzen.

Jede Kommune mit einem einigermaßen funktionierenden Umweltressort verfügt über ein Maßnahmenkonzept zur Energieeffizienz bzw. zum Klimaschutz. Die Reihe der Beispiele wäre lang.

Beispiel Region Nürnberg

Am Beispiel der Region Nürnberg sollen Umsetzungsstrategien für Energieeffizienz und vor allem für energetische Sanierung dargestellt werden. Dies geschieht zunächst anhand eines Abrisses über Entwicklungen und Initiativen in der Region.

Bereits Anfang der neunziger Jahre haben sich die Kommunen der Region dem Klimabündnis europäischer Städte zum Erhalt der Erdatmosphäre angeschlossen mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 um 50% zu senken. Die Entwicklung der Region zu einem Kompetenzzentrum für Energietechnik setzte Ende der neunziger Jahre ein und wurde durch zahlreiche Projekte im Rahmen der bayerischen High-Tech-Offensive gefördert.

Durch die traditionell vorhandene Energietechnik im Antriebsbereich waren sehr günstige Synergieeffekte für innovative Initiativen gegeben. Folgende Schritte, die zunehmend durch weitere ergänzende Maßnahmen ergänzt werden, fördern diese Entwicklung:

1. Der Verein **EnergieRegion Nürnberg** bildet den Akkumulationspunkt für Akteure im Bereich Energietechnik. Der seit zwei Jahren mit zunehmendem Erfolg betriebene Zusammenschluss soll zunehmend das gesamte Spektrum der Energietechnik fördern.
2. Bereits im Vorfeld formierten sich **regionale Netzwerke** wie das „Netzwerk Bau und Energie“ mit folgenden Akteuren: Stadt Nürnberg, Stadt Erlangen, Handwerkskammer, Energieagentur Mittelfranken, Bayern Innovativ, Energietechnologisches Zentrum ETZ, Stiftung Stadtökologie sowie weiteren temporären Partnern; das Netzwerk stellt eines der Tätigkeitsfelder der „EnergieRegion Nürnberg“ dar. Das Aktionsspektrum umfasst unter anderem

folgende Zielpunkte, wobei diese inhaltlich z. T. durch einzelne Mitglieder getragen werden:

- Initialveranstaltungen und Workshops [Schulze Darup 2000 / Vortrag zur konstituierenden Sitzung des Netzwerks in **Anlage 10.1**]
- Informationsveranstaltungen für Bauherren und Anwender
- Seminare für Fachleute
- Erarbeitung von Strategien
- Altbautage (medienunterstützte Großveranstaltung)
- Workshop- und Impulstreffen mit Verbänden und Verwaltung
- Anstoßberatungen (durch Mitglieder)
- Erstellung von Energiepässen (durch Mitglieder)
- Koordination und Fortbildung von Energieberatern
- Auslobung von Wettbewerben (durch Mitglieder des Netzwerks)
- Veröffentlichung von beispielhaften Projekten der Region
- Erstellen von Infoblättern (werden Kommunen in der Region zur Verfügung gestellt)

3. **Initiative zur Umsetzung von Passivhaus-Komponenten im Wohnungsbestand:**

- Pilotprojekt mit der städtischen WBG: Sanierung mit Passivhaus-Komponenten (Jean-Paul-Platz 4 (s. Kap. 5.2.5))
- Wissenschaftliche Auswertung und Unterstützung journalistischer Aufbereitungen für eine hohe Multiplikatorwirkung des Leitprojektes
- Fortführung von Modellprojekten und Ausweitung auf weitere Wohnungsbaugesellschaften für verschiedene Baujahre mit Heizwärmebedarf von 15 – 40 kWh/(m²*a), Einbeziehung der Städte für Förderszenarien und integrale städtebauliche Entwicklungen im Rahmen der sozialen Stadt

4. Vorhaben zur breit gestreuten Beauftragung an Planungs- und Ingenieurbüros, mit Integration von Fortbildung, gegenseitigem Austausch, Dokumentation und wissenschaftlicher Begleitforschung; Bildung von Bauteams zur Qualitätssicherung und zum Wissenstransfer zwischen Planern und ausführenden Gewerken
5. Einbeziehung und deutliche Ausweitung des vorhandenen kommunalen **CO₂-Minderungsprogramms** in das Gesamtkonzept der Förderungen.
6. **Synergieeffekte:** Wesentliche Impulse müssen aus der regionalen Wirtschaft kommen. Insbesondere die Immobilienwirtschaft und Banken haben hervorragende Eingriffsmöglichkeiten. So sollten Partner gefunden werden, die entsprechendes Projektmanagement betreiben und einen Finanzierungs-Bonus für Energiespar-Projekte geben [Umweltbank].
7. **Firmierung von Partner-**Netzwerken aus Handwerksfirmen und Unternehmungen; Verpflichtung als Partner mit hohem energetischen Know-How und angepassten Preisen
8. **Partner-**Netzwerk mit regelmäßiger Qualifizierung in Form von berufsbegleitenden jährlichen Seminaren (Teilnahme ist Voraussetzung zur Aufnahme in das Partner-Netzwerk), das Netzwerk fungiert darüber hinaus zur Außenwerbung bei potenziellen Bauherren (vgl. Partnernetzwerk EZA, Kempten)
9. **Forschung und Produktentwicklung:** Entwicklung innovativer Komponenten für energiesparende Gebäude, unterstützt durch Forschungsmittel und im Zusammenwirken von Firmen aus dem Raum Nürnberg (vgl. **Anlage 10.2**).
10. Gründung von **FuE-Instituten** (BIFIE, IEG, ETZ etc.)

11. Solarinformationszentrum **SOLID** als Multiplikator für die regionale Solartechnik, getragen von den Städten und Energieversorgern der Region
12. **Förder-Beratungsstelle** (ETZ u. a.) und Promotor für den wissenschaftlichen Background der Entwicklungen in der Region; Kumulationsstelle für Förderberatung und -vermittlung
13. **Lokale Agenda 21**, Runder Tisch „Energie“, „Wirtschaft“ und „Stadtplanung“ mit jeweiligen Projekten im Energiesektor
14. **Energiepass-Beratung** [Seeberger, Drechsler 1997 / Erlanger Wärmeplan 1998 / EAM 2003 / Infra 2003].
15. **Regional-Konferenzen** zur Kooperation von Akteuren in der Region, einberufen durch verschiedenen Institutionen und Verbände wie Handwerkskammer, Industrie- und Handelskammer etc.
16. **Arbeitsmarkt**: anzustrebende Zusammenarbeit mit den Arbeitsressorts auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene; kommunale Beschäftigungsgesellschaften
17. Die **Landespolitik** fördert zahlreiche dieser Ansätze. Durch die High-Tech-Offensive, EU-Ziel-2-Förderungen und Maßnahmen zur Regionalförderung sind zahlreiche Verbindungen gegeben, die durch weitere Verknüpfungen mit Zielen der Landesregierung erweitert werden müssen gemäß den Arbeitsfeldern der Enquete-Kommission Energie [Anlage]
18. Lenkungskreis im Rahmen des Vereins EnergieRegion Nürnberg zur Koordination

10.2.2 Länder

Die Aufgabengebiete der Bundesländer ermöglichen eine hohe Einflussnahme auf Entwicklungen bei der Gebäudesanierung. Da jedes Land eine andere Strukturierung seiner Zuständigkeiten aufweist,

werden stichpunktartig nur die wesentlichsten Aspekte herausgegriffen. In Kapitel 9.2.2 zeigen die wenigen Beispiele unterschiedlicher Förderprogramme die z. T. konträr gelagerte Vorgehensweise.

Bauordnungsrecht: Auf Grundlage der Musterbauordnung werden die Landesbauordnungen herausgegeben. Der Gestaltungsfreiraum hinsichtlich energetischer Belange ist begrenzt, weil bauordnungsrechtliche Bestimmungen nur in Randbereichen relevante Vorgaben machen können. Ein wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang die Durchführungsverordnung zur EnEV. Durch angemessene Überprüfung der EnEV-Anforderungen kann in der Bauwirtschaft eine gewisse Motivation zur Einhaltung der Mindest-Standards bewirkt werden. Die Philosophie der Länder besteht zur Zeit jedoch eher in der Deregulierung. Das müsste in letzter Konsequenz zum mündigen Planer und Bauherrn führen. Die Einhaltung der EnEV wird jedoch in der Realität nur in Einzelfällen geprüft. Prüfungsstelle sind entweder Fachgutachter oder ein Gericht, das auf zivilrechtlichem Weg von einem nicht zufrieden gestellten Bauherrn eingeschaltet wird.

Wohnungsbauförderung: Ein konstruktiver Ansatzpunkt liegt in der Anwendung von Energiesparmaßnahmen als Voraussetzung für die (erhöhte) Gewährung der Wohnungsbaufördermittel. In zahlreichen Ländern sind Fördersatzungen auf diesen Aspekt hin überprüft worden und Verbesserungen über den Stand der WSVO- bzw. EnEV-Anforderungen hinaus erzielt worden. Im allgemeinen wird allerdings nur ein geringfügig erhöhter Standard erreicht.

Durchführung von Modell- und Demonstrationsvorhaben: auf Landesebene ist das Instrumentarium zur gezielten Demonstration innovativer Techniken gegeben. Durch den engen Verbund zwischen Kommunen, Regionen, Bezirken und Landesregierungen ist ein besonders effizientes Vorgehen grundsätzlich möglich.

Fortbildung und Information: Bei den ohnehin aktuell stattfindenden Durchforstungen der Lehrpläne an den Schulen im Rahmen der Pisa-Nachwirkungen ist es nicht uninteressant, in den betreffenden Fächern „Bauen und Wohnen zum Anfassen“ einzuplanen. Wenn es auf zunächst spielerische Art und Weise gelingt, einfache Inhalte und Anforderungen an das Wohnen unseren Kindern beizubringen, ist das ein erster Schritt zu einem selbstverständlichen Umgang mit den Zusammenhängen von Physik, Behaglichkeit, Komfort und Energie-sparen. Voraussetzung dafür ist die Fortbildung von Lehrern.

Im Fachhochschul- und Universitätsbereich gilt sinngemäß das Gleiche – aber selbstverständlich auf deutlich höherem Niveau. In den letzten Jahren ist erkennbar, dass durch das persönliche Engagement von Lehrenden die Innovationsfrequenz hinsichtlich der Energieeffizienz an den Hochschulen besser wird. Wenn Hochschulen jedoch die eigentlichen Motoren für Innovationen darstellen sollen, so ist noch ein hohes Beschleunigungspotenzial gegeben.

Enquete-Kommissionen können auch in den Ländern Impulse für innovative Entwicklungen setzen. Die Kommission in Bayern „Mit neuer Energie in das neue Jahrtausend“ des Bayerischen Landtags hat einen umfangreichen Maßnahmenkatalog zur Energieeffizienz zusammen gestellt, der mit der entsprechenden Gewichtung auch den Gebäudebereich betrifft.

Bayerische Initiative Bauen & Energie: Die Initiative besteht aus Landes-Energieagenturen, privaten und öffentlichen Instituten und zwei Architekturbüros. Sie will Anstöße an Wirtschaftspartner geben sowie an Ressorts auf Landes-, Bezirks-, Regional- und Kommunalebene. Es soll ein Aktionsbündnis formiert werden, um folgende Ziele gemeinsam voranzutreiben:

- **Impulse für energieeffizientes und solares Bauen** mit integraler Einbindung sozialer, ökonomischer, städtebaulicher, ökologischer und wirtschaftspolitischer Belange
- **Schaffung geeigneter Förderbedingungen** auf bayerischer Ebene unter Einbindung von Bundes-, EU-Mitteln etc.
- **Strukturen für Informationsaustausch und Weiterbildung** als nötige Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung der Ziele.
- **Initiierung von Modellprojekten und breitenwirksamen Projekten** [Ciolek et al 2002] (Anlage 10.3).

Ein hohes Innovationspotenzial auf Landesebene liegt darin begründet, synergetisch wirkende Prozesse zur Stärkung von regionalen Verbänden durch zielgerichtete Maßnahmen auf den Weg zu bringen.

10.2.3 Bund

Auf bundespolitischer Ebene hat die Thematik der Energieeffizienz im Bauwesen lange Zeit eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Ansätze am Ende der achtziger Jahre wurden durch die Wiedervereinigung für etliche Jahre überlagert und verdrängt. Der Regierungswechsel zu Rot-Grün 1998 führte zur Veränderung der Zuständigkeiten. Priorität bei der Energiepolitik lag für einige Jahre beim Ausstieg aus der Kernenergienutzung und den regenerativen und vor allem solaren Energietechniken, für die intensive Impulse gegeben wurden. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der KfW wurde aus Erlösen für UMTS-Lizenzen auf den Weg gebracht. Diese Initiative hatte allerdings keine große Lobby. Der jährliche Betrag von ca. 150.000 €ermöglichte kein bahnbrechendes Programm. Aus Praxiserfahrungen heraus sind auf diesem Weg kaum zusätzliche Sanierungsmaßnahmen stimuliert

worden. Allerdings wurden auf Grund der durchaus sinnvollen Maßnahmenpakete bei Ohnehin-Maßnahmen erhöhte Energieeinsparungen induziert. Die Inanspruchnahme der Mittel lag deutlich unterhalb der Erwartungen.

Bei den Koalitionsverhandlungen nach der Wahl 2002 wurde das Thema erstmals intensiver eingebracht. Ein nicht unwesentlicher Umstand dafür lag in einem Kanzlerbesuch Anfang 2002 bei dem 3-Liter-Haus-Projekt der BASF-Tochter LUWOG in Ludwigshafen, in dessen Folge der Nachhaltigkeitsrat intensiv die Chancen der energetischen Sanierung diskutierte und die Deutsche Energieagentur (DENA) beauftragt wurde, ein Umsetzungsprogramm zu dieser Thematik auf den Weg zu bringen.

Seitens der DENA wurde ein Maßnahmenpapier zur Umsetzung dieser Aufgabe erstellt [DENA 2002]. In ihrem Auftrag wurde zudem zum Jahresende 2002 vom IWU Darmstadt als Beurteilungsgrundlage dazu ein Statusbericht verfasst, bei dem Sanierungsprojekte mit hoher Energieeffizienz im Bundesgebiet zusammengestellt wurden [Hinz et al 2002]. Das DENA-Papier sieht die Umsetzung von ca. 16 Modellprojekten verteilt über die Bundesländer in 2003 / 2004 vor.

In Folge der Koalitionsvereinbarungen wurde darüber hinaus unter Federführung des Bauministeriums ein 160 Millionen Euro-Programm auf den Weg gebracht, das ergänzend zu dem bisherigen KfW-Gebäudesanierungsprogramm wirken soll. Es werden zusätzlich zu den bisherigen Darlehen in Höhe von 250 €/m² (s. Kap. 9.2.1) weitere 100 €/m² als Darlehen ausbezahlt und ein zusätzlicher Teilschuldenerlass gewährt.

Diese Entwicklungen der letzten Jahre werden durch die Einflüsse sonstiger Verordnungen, Institutionen und Initiativen überlagert und ergänzt. Diese werden stichpunktartig dargestellt:

Energieeinsparverordnung EnEV: Die Verordnung wird in Kapitel 2.2 behandelt. Die Einflüsse auf das Sanierungsgeschehen in der Praxis sind gering. Ein kreativer Planer ist in weiten Bereichen in der Lage, die Auflagen zu umgehen. Falls der Bauherr einverstanden ist, kann auch deshalb von Maßnahmen abgesehen werden, weil in den meisten Bundesländern keine bauordnungsrechtlichen Überprüfungen stattfinden.

Förderungen: Vor diesem Hintergrund ist derzeit nur durch Fördermittel Motivation für erhöhte energetische Maßnahmen zu schaffen. Die Möglichkeiten werden in Kapitel 9.2.1 und im Textvorspann dieses Kapitels dargestellt. Weitere Ansätze werden in Kapitel 10.4 beschrieben.

Ökosteuer: Die Einführung der Ökosteuer nach dem Regierungswechsel 1998 war im Ansatz sehr sinnvoll. Da die Einnahmen jedoch zur Reduzierung der Lohnnebenkosten verwendet werden, ist der Begriff „Ökosteuer“ wenig zielführend und emotionalisiert die Diskussion immer wieder in die falsche Richtung. Wirklich wirksam wird das Instrumentarium erst, wenn es für den Steuerzahler erfahrbar auch bei der Mittelvergabe „ökologisch“ eingesetzt wird. In der jetzigen Situation ist der Begriff fast ausnahmslos negativ besetzt.

Grundsätzlich könnte eine richtig eingesetzte „Ökosteuer“ für energetische Maßnahmen im Gebäudebestand den Durchbruch bringen, wenn sie so angelegt wäre, dass eine jährliche Energiekostensteigerung von z. B. 5 % über etwa 20 Jahre in Wirtschaftlichkeitsberechnungen angesetzt werden könnte.

„Ölpreis-Versicherung“: Auf den ersten Blick ist die Idee eines volkswirtschaftlichen Kostenausgleichs für Energiekosten – je nach Blickrichtung – visionär oder naiv. Ein solcher Ansatz wird nur dann umsetzbar sein, wenn eine Umsetzung auf internationaler Ebene möglich ist: das volkswirtschaftliche Wohlergehen eines jeden Landes ist in extrem starker Form mit den Rohölpreisen verknüpft und unvorhergesehene Kostenschocks können zu starken Einbußen bis hin zur Rezession führen. Dennoch scheint dieses Problem in keiner Planung eine Rolle zu spielen. Es kann von niemandem abgestritten werden, dass folgendes Szenario mit hoher Wahrscheinlichkeit irgendwann in den nächsten 20 Jahren auftreten wird: durch politische Verwerfungen, wirtschaftliche Auseinandersetzungen oder einfach nur stilles Einvernehmen der meisten Öl-Förderländer steigt z. B. im Februar 2017 der Preis für einen Barrel Öl von einem bis dahin mühsam gehaltenen Level von 30 \$ sprunghaft auf 100 \$ und bleibt dort dauerhaft. Die Weltwirtschaft würde für mehrere Jahre in eine Rezession getrieben werden. Der Anlass wäre zudem für zahlreiche Nationen mehr als ausreichend für eine militärische Intervention.

Diesem absehbar eintretenden Ernstfall kann in folgender Form begegnet werden: eine jährlich festgelegte Energiepreissteigerung in Art der bisherigen Ökosteuer (s. o.: z. B. 5 % p. a.) wird als eine Art Versicherungsprämie eingezahlt. Die Mittel werden jeweils zur Hälfte eingesetzt:

1. als Förderung für Maßnahmen der Energieeffizienz und für regenerative Energieträger
2. Einzahlung in einen Fonds, aus dem im Ernstfall Ölpreissteigerungen durch Subvention nach unten korrigiert werden (dieser „Fonds“ ist auch darstellbar als Minderung des Staatsdefizits – im Auszahlungsfall wird wieder eine definierte erhöhte Staatsverschuldung in Kauf genommen)

Durch dieses Vorgehen wird frühzeitig ursächlich eine Problembhebung stimuliert, da die Abhängigkeit vom Rohöl mit fortschreitender Substitution durch regenerative und rationelle Energieverwendung geringer wird.

CO₂-Emissionshandel: Die Durchführung des Emissionshandels gemäß Kyoto-Protokoll wird in den nächsten Jahren konkrete Auswirkungen auf die CO₂-Reduktion in der Wirtschaft haben. Ziel muss es sein, Einsparungen im Wohnungsbestand angemessen zu bewerten und Handelserlöse als Zusatzförderung bzw. betriebswirtschaftliche Einnahmeposten in die Gesamtkalkulation einer energetischen Sanierung zu integrieren. Von diesem Prozedere sind starke Anschubwirkungen zu erwarten. Im gleichen Umfang können staatliche Fördervolumina zurückgefahren werden.

Bundesministerien: Kontinuität in der politisch umstrittenen Energiepolitik ist am ehesten durch die Ministerialstrukturen gewährleistet. Dort ist ein beträchtliches Know-How verankert. Ein Problem liegt darin, dass die Zuständigkeiten für das Thema der Energieeffizienz beim Bauen auf mehrere Ministerien verteilt ist: die Bundesministerien für Verkehr, Bauen und Wohnen, für Umwelt, für Forschung und Bildung sowie das Wirtschaftsministerium. Zudem werden die Zuordnungen intern bei fast jedem Ministerwechsel ebenfalls geändert. So gibt es nicht wenige führende Vertreter des Bauministeriums, die schon mehr als neun Minister als obersten Dienstherren dienen mussten. Derzeit liegt die wesentliche Zuständigkeit für die Themenbereiche dieser Arbeit beim Bauministerium. Seitens dieses Ministeriums wird das DBU-Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“ (s. Kap. 10.3) unterstützt. Die Koordination der dort beschriebenen zweiten Projektphase soll gemeinsam durchgeführt werden und mit einem parallel laufenden DENA-Projekt verbunden werden.

Institutionen

Im Laufe der Zeit wurden für zahlreiche Aufgabenbereiche gesonderte Institutionen geschaffen. Dabei sind besonders folgende Einrichtungen zu benennen:

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU): Anfang der neunziger Jahre mit Mitteln des Verkaufs der Stahlwerke Salzgitter als Stiftung zur Förderung der Umwelt gegründet ist diese Einrichtung einer der wichtigsten Fördergeber für Umweltbelange. Hinsichtlich der energetischen Gebäudesanierung wird bei der DBU insbesondere seit dem Jahr 2002 eine besondere Priorität gesehen. Die DBU ist derzeit dem Umweltministerium zugeordnet. Es ist absehbar, dass dadurch diese Gewichtung gestärkt wird.

Das Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“ (s. Kap. 10.3) wird seitens der DBU gefördert. Die Bewilligung wurde im November 2002 erteilt.

Deutsche Energie Agentur (DENA): Die Gründung erfolgte zu Beginn der Rot-Grünen Regierungszeit nach der Wahl 1998. Die Aufgabe wird durch die Namensgebung gut beschrieben. Ein wesentliches Arbeitsfeld liegt in der Unterstützung der Energieeffizienz beim Bauen. Der Gebäudebestand ist ein Schwerpunktthema. Wie oben schon beschrieben wird eine Kooperation mit der DENA hinsichtlich des DBU-Projektes durchgeführt.

Forschungszentrum Jülich, BEO: Schalt- und Förderstelle des Bundeswirtschaftsministeriums für zahlreiche Bereiche, insbesondere auch hinsichtlich der Gebäudemodernisierung und Energieeffizienz. Das Förderprogramm EnSAN wurde von BEO betreut.

Fachinformationszentrum Karlsruhe (BINE): Diese Institution mit Sitz in Bonn ist ebenfalls dem Bundeswirtschaftsministerium zugeordnet und bietet sowohl anwender- und kundenorientierte

Direktberatung als auch sonstige Energie-Dienstleistungen wie den BINE-Informationsdienst in Form von Projektinfos über Fördervorhaben des Wirtschaftsministeriums als auch als Basis-Infos über relevante Themen. Zudem werden Fachbücher in Form von Informationspaketen herausgegeben [Schulze Darup 2002-1].

Die kurze Beschreibung einiger Schaltstellen auf Bundesebene soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir in einem Land leben, in dem Interessenverbände eine hohe Gewichtung haben. Die zahlreichen Hearings und parlamentarischen Nachmittage oder Abende füllen den Terminkalender eines jeden Bundestagsabgeordneten. Lobbyismus spielt eine wichtige Rolle. Einerseits ist dies sehr positiv zu sehen, weil auf diesem Weg direkte Informationen an unsere Parlamentarier herangetragen werden. Auf der anderen Seite gibt es kaum ein schlimmeres Verwässerungselement unserer Politik. Ein eigenes Buch könnte dem Einfluss des Lobbywesens auf die Entstehung der WSVO 95 und EnEV 2002 gewidmet sein. Die sehr sinnvolle Vorgehensweise, nach Vorlage eines Referentenentwurfs diesen an Träger öffentlicher Belange, Verbände und Sonstige zwecks Kommentierung zu schicken, führt in schöner Regelmäßigkeit zu einem Abgleichungsprozess, um den die bearbeitenden Ministerialbeamten nicht zu beneiden sind.

10.3 DBU-Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“

Im Jahr 1999 wurde mit der DBU Kontakt aufgenommen zwecks einer Förderung hocheffizienter Gebäudesanierung. Zu der Zeit lief bereits eine DBU-geförderte Begleitforschung von Passivhäusern in Nürnberg [Schulze Darup 2002]. Die Diskussion im Vorfeld zog sich auf Grund von Umstrukturierungen über einen längeren Zeitraum hin. Im Frühling 2002 wurde schließlich der formelle Antrag gestellt. Die Bewilligung erfolgte im November 2002. Die Projektskizze ist der Arbeit als Anlage beigefügt (s. Anlage 10.4). Die Kurzfassung lautet folgendermaßen:

Die Bereitstellung von Raumwärme führt zu einem Drittel der Kohlendioxid-Emissionen in der BRD. Im Gegensatz zu den anderen Emissionssektoren stehen kostengünstige technische Lösungskonzepte zur Verfügung, um zeitnah deutliche CO₂-Reduktionen durch die energetische Sanierung des Gebäudebestandes zu erhalten. Derzeit werden jährlich 2 % der Gebäude saniert, davon nur ein geringer Anteil energetisch optimal. Ziel ist eine jährliche Sanierungsrate von 3 bis 3,5 % bei nachhaltigen energetischen Standards bis hin zum Faktor 10. Die technischen Komponenten dafür stehen im Neubaubereich vor allem durch die Passivhaus-Technik seit einigen Jahren zur Verfügung. Die Effizienz ist belegt, Komfort und Raumlufthygiene werden gegenüber Standardgebäuden deutlich verbessert.

Bauteil	derzeit üblicher Standard	Zielvariante: technisch sinnvoller Standard
Wand	0-10 cm Dämmung	16-30 cm Dämmung
Dach	10-16 cm Dämmung	20-40 cm Dämmung
Grund/Kellerdecke	0-8 cm Dämmung	10-20 cm Dämmung
Fenster	$U_w=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_w=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Wärmebrücken	Geringe Beachtung	Optimierung
Luft-/Winddichtheit	Geringe Beachtung	Blower-Door-Test$n_{50} < 1,5 (0,6) \text{ h}^{-1}$
Lüftung	Manuelle Lüftung	Abluftwärmerückgewinnung
CO₂-Minderung	10-40%	80-95%

Die Tabelle zeigt die Maßnahmen und deren Effizienz auf, die in Verbindung mit optimierter Anlagentechnik erreicht wird.

In einer ersten Projektphase werden auf der Grundlage einer Gebäudetypologie für geeignete Projekte Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und ökologische Aspekte überprüft. Als Grundlage dafür dient ein Rechenprogramm (PHPP), das an die Erfordernisse der Sanierung angepasst wird. Daraus resultierend werden Zielgrößen für die Sanierungs- und Komponentenkosten erstellt, die kurz- und mittelfristig erzielbar sind. Auf der Basis marktüblicher Finanzierungsberechnungen werden die daraus erwachsenden Anforderungen für zukünftige Finanzierungs- und Umsetzungsmodelle ermittelt. Parallel dazu wird gemeinsam mit Industriepartnern zielgerichtet Entwicklung von Komponenten betrieben.

Am wichtigsten ist die Projektentwicklung von 4 – 8 Bauvorhaben in mehreren Bundesländern, um eine konkrete Umsetzung zu erzielen. Nur durch praktische Erfahrungen können grundlegende Impulse gegeben und Multiplikatorwirkung erzielt werden. Zu diesem Zweck wird zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt. Die weiteren Phasen des Vorhabens sollen eine hohe Kontinuität und Effizienz erzielen:

- Phase 2: Pilotphase Bauen mit Durchführung der Modellvorhaben
- Phase 3: Konzeption der Bausteine für breitenwirksame Umsetzung auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen
- Phase 4: Breitenwirksame Umsetzung einer großen Anzahl von Gebäudesanierungen mit einer Energieeffizienz von Faktor 10.

Dieses Ziel der hohen Verbreitung hocheffizienter Sanierungstechniken lässt unter ökonomischen, ökologischen und städtebaulich-sozialen Aspekten Gewinne entstehen:

- der Wohnungswirtschaft wird Hilfestellung zum Abbau ihres Sanierungsstaus geleistet
- der Industrie wird ein breites Anwendungsspektrum für innovative Produkte eröffnet
- die (regionale) Bauwirtschaft kann die Einbrüche der letzten Jahre ausgleichen
- Fördermitteln steht ein Investitionsvolumen mit dem Faktor 10 gegenüber

- Arbeitslosen- und fiskalische Effekte lassen Fördermittel zu 100 % zurückfließen
- Die avisierten 50er- und 60er-Jahre Quartiere werden städtebaulich aufgewertet
- hoher Komfort und Behaglichkeit statt Kondenswasser- und Schimmelprobleme

Ressourcenschonung und CO₂-Reduktion mit sehr günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Aus der Entwicklung der Passivhaus-Neubautechnologie zeigt sich, dass es wichtig ist, konsequent geplante Beispiele aneinander zu reihen, die wissenschaftlich fundiert begleitet werden. Gleichzeitig müssen die Projekte betriebswirtschaftlich optimiert ausgeführt sein und kostenmäßig zunehmend in den rentierlichen Bereich geraten. Genau auf dieser Grundüberlegung basiert das DBU-Konzept. In Abb. 10.1 wird dargestellt, wie in Phase 1 Projektentwicklung betrieben wird – nicht zuletzt auf Grundlage der Darstellung des Pilotprojektes Jean-Paul-Platz in Nürnberg – um in Phase 2 eine Anzahl von Gebäuden verteilt auf das Bundesgebiet umzusetzen. Parallel erfolgen Auswertungen und Schulung sowie Qualitätssicherung hinsichtlich dezentralen Beratungs- und Info-Stellen, damit in Phase 4 eine nächste Generation von nochmals verbesserten Komponentenstandards in größerer Breite auf den Weg gebracht werden kann. Wenn das Konzept stimmig ist, wird sich dieser Multiplikator-Effekt wiederholen und pyramidenförmig ausweiten.

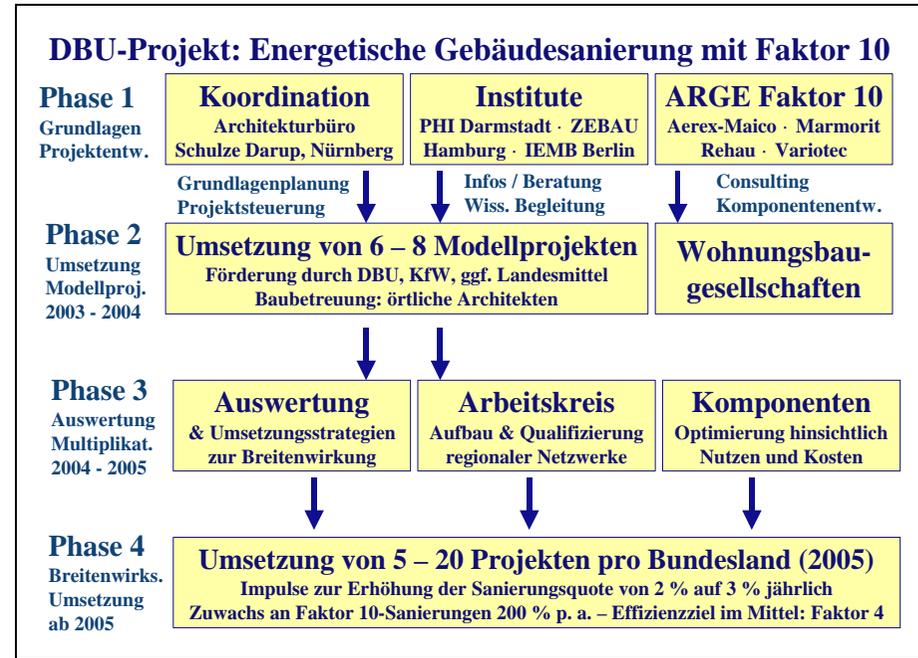


Abb. 10.1 DBU-Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10: Darstellung von vier Phasen als Strategie zur breitenwirksamen Umsetzung energieeffizienter Sanierung; während der Umsetzung von Phase 2 und in den Phasen 3 und 4 findet eine Qualifizierung von regionalen Multiplikatoren im Rahmen eines Arbeitskreises statt

Ein erster zusätzlicher Erfolg ist bereits vor dem Anlaufen der zweiten Phase zu verzeichnen, indem die DENA-Initiative (Kap. 10.2.3) auf Grundlage der Beauftragung des Nachhaltigkeitsrat mit dem DBU-Projekt synergetisch verknüpft wird. In den Jahren 2003/2004 sollen auf diesem Weg Fördermittel für etwa 20 Projekte bereit gestellt werden. (Abb. 10.2)

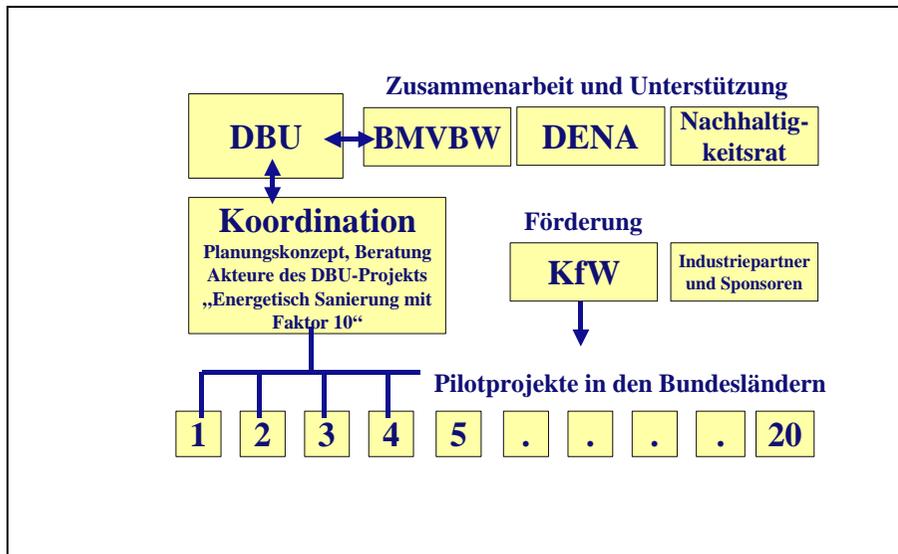


Abb. 10.2 Verknüpfung des DBU-Projekts mit der DENA-Initiative zur Umsetzung von ca. 20 Modellprojekten in 2003 – 2004 (Konzept: Stand April 2003)

Dazu wurde seitens des Bundesbauministeriums mit der KfW im Zuge des 160 Mio. Euro Programms eine Vereinbarung getroffen, dass für diese Projekte nochmals eine erhöhte Förderung gewährt wird. Insgesamt werden 400 bis 450 €/m² als Darlehen zur Verfügung stehen zzgl. eines Teilschulderlasses von ca. 20 % und einer Planungs- und Begleitforschungsunterstützung von nochmals ca. 30-50 €/m². In Kapitel 7.3 wurde auf diese Werte Bezug genommen. Die dort vorgenommene Auswertung zeigt, dass mit diesem Förderrahmen eine hohe Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen bereits im jetzigen Pilotstadium erzielbar ist.

Der Zeitplan für die nächsten Schritte des Projekts wird in Abb. 10.3 dargestellt.

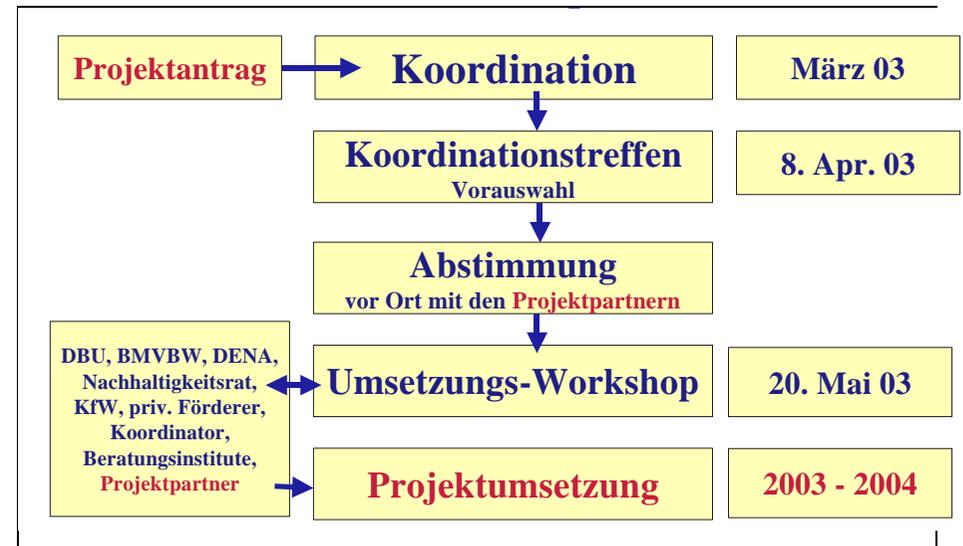


Abb. 10.3 Zeitkonzept der 20 Modellprojekte

Der große Vorteil an der gemeinsamen Durchführung der DBU- und DENA-Initiativen liegt in der dadurch gesicherten Öffentlichkeitswirkung. Die beiden Ansätze lassen sich äußerst sinnvoll verknüpfen. Das DENA-Konzept sah in Form einer Wettbewerbsausschreibung vor allem die Unterstützung bei der Außenwirkung und der Darstellung der Projekte vor.

Wichtig ist in der ersten Umsetzungsphase vor allem, die Projekte mit einem möglichst gutem Ergebnis zu erstellen und ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis zu erzielen. Gute Projektbeispiele sind Grundvoraussetzung für eine einsetzende Multiplikatorwirkung.

10.4 Entwicklungsprognose

Das Thema der energetischen Gebäudesanierung mit Faktor 10 findet seit kurzem in nahezu allen Bereichen hohes Interesse. Die subjektiven Erfahrungen der letzten Monate sind äußerst positiv. Bei der Präsentation des Projektes Jean-Paul-Platz 4 auf zahlreichen Fachforen kamen äußerst ermutigende Reaktionen. Die Projektentwicklung für die Umsetzung von weiteren Modellvorhaben im Rahmen des DBU-Förderprojektes stößt auf äußerst gute Resonanz. Es ist absehbar, dass die beabsichtigten zwanzig Projekte in den nächsten fünfzehn Monaten auf den Weg gebracht werden können. Zahlreiche Anfragen für weitere Vorhaben in den Folgejahren lassen eine hohe Steigerungsrate erwarten. Die Dynamik hinsichtlich der Entwicklung erscheint deutlich höher als bei der Niedrighaus-Technologie Mitte der achtziger Jahre (die seit Anfang 2002 mit der EnEV weitestgehend zum Normal-Standard geworden ist) und ebenfalls höher als beim Passivhaus-Neubau, der am Anfang noch mit grundlegenden Skeptikern hinsichtlich des grundlegenden Funktionierens konfrontiert war. Es ist bei dem großen Überhang an sanierungsbedürftigen Gebäuden aus den fünfziger und sechziger Jahren davon auszugehen, dass gerade in diesem Segment die Passivhaus-Technologie in wenigen Jahren in breiter Form eingesetzt wird. Die erforderlichen Rahmenbedingungen sind in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt worden. Sie werden rechnerisch in vereinfachter Form in Tabelle 10.2 zusammen gefasst. Wichtig ist dabei der jeweilige Ansatz der Förderung, die bewusst degressiv gestaltet ist, um einen zusätzlichen Anreiz für erhöhte Sanierungsquoten zu schaffen. Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass ausgehend von 2 % Sanierungsdurchsatz pro Jahr eine Steigerung innerhalb von 12 Jahren auf 3,5 % p. a. erfolgen wird, d. h. es ist in intensiver Form Öffentlichkeitsarbeit in das Gesamtkonzept zu integrieren. (vgl. Kap. 9.3)

Tabelle 10.2 Entwicklung der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

1	2	3	4	5	6	7	Passivhaus-Komponenten				
Jahr	Projekte	Fläche	Sanierung BRD gesamt	davon Faktor-10	Förder-summe	Förder-summe	Fenster	Lüftung 1/WE	WDVS	Dach	KG-Decke
	Anzahl	m ² ges.	m ² 2% ⇒ 3,5%	%	€m ²	€gesamt	Stück	Stück;	m ² (1,1)	m ² (0,37)	m ² (0,33)
1999	1	1.000	48.000.000	0,002%			100	13	1.100	370	330
2000	1	1.000	50.571.429	0,002%			100	13	1.100	370	330
2001	2	2.000	53.142.857	0,004%			200	27	2.200	740	660
2002	4	4.000	55.714.286	0,007%			400	53	4.400	1.480	1.320
2003	8	8.000	58.285.714	0,014%	150	1.200.000	800	107	8.800	2.960	2.640
2004	16	16.000	60.857.143	0,026%	120	1.920.000	1.600	213	17.600	5.920	5.280
2005	80	80.000	63.428.571	0,13%	100	8.000.000	8.000	1.067	88.000	29.600	26.400
2006	250	250.000	66.000.000	0,38%	85	21.250.000	25.000	3.333	275.000	92.500	82.500
2007	600	600.000	68.571.429	0,88%	70	42.000.000	60.000	8.000	660.000	222.000	198.000
2008	1200	1.200.000	71.142.857	1,69%	60	72.000.000	120.000	16.000	1.320.000	444.000	396.000
2009	2400	2.400.000	73.714.286	3,26%	50	120.000.000	240.000	32.000	2.640.000	888.000	792.000
2010	4800	4.800.000	76.285.714	6,29%	42	201.600.000	480.000	64.000	5.280.000	1.776.000	1.584.000
2011	9600	9.600.000	78.857.143	12,17%	35	336.000.000	960.000	128.000	10.560.000	3.552.000	3.168.000
2012	16500	16.500.000	81.428.571	20,26%	30	495.000.000	1.650.000	220.000	18.150.000	6.105.000	5.445.000
2013	25000	25.000.000	84.000.000	29,76%	28	700.000.000	2.500.000	333.333	27.500.000	9.250.000	8.250.000
2014	30000	30.000.000	86.571.429	34,65%	24	720.000.000	3.000.000	400.000	33.000.000	11.100.000	9.900.000
2015	35000	35.000.000	89.142.857	39,26%	20	700.000.000	3.500.000	466.667	38.500.000	12.950.000	11.550.000

Die berechneten Werte werden in den folgenden Abbildungen grafisch aufbereitet. Zum Vergleich wird jedoch zunächst in Abb. 10.4 die Entwicklung des Passivhaus-Neubaus hinsichtlich der umgesetzten Wohneinheiten schematisch dargestellt. Dort wurde eine durchschnittliche Steigerung von über 100 % jährlich erzielt.

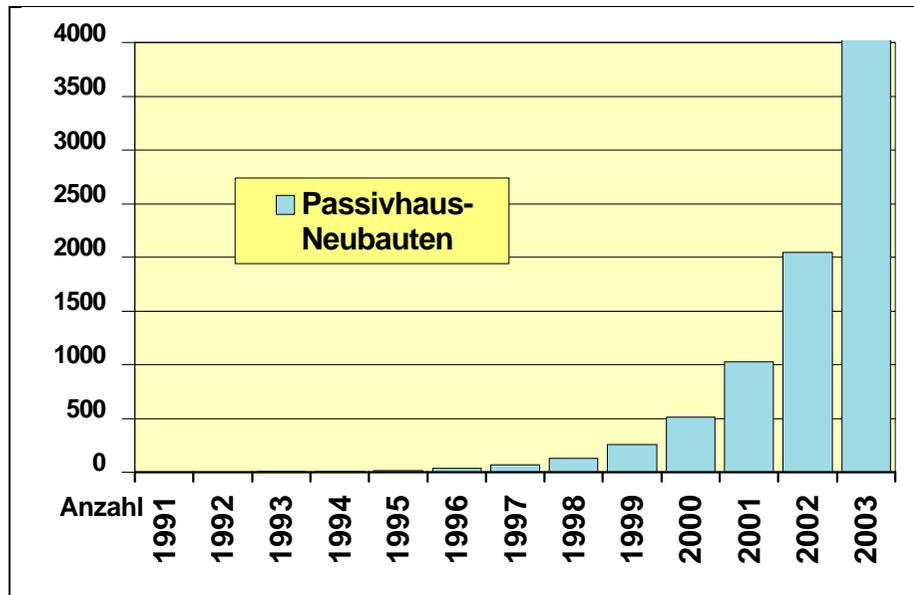


Abb. 10.4 Entwicklung der Anzahl von Passivhaus-Wohneinheiten (Neubau) seit Errichtung des ersten Passivhauses 1991 [PHI 2003-3]

Eine vergleichbare Kennlinie wurde bei der Sanierungs-Entwicklung unterstellt, jedoch in den nächsten beiden absehbaren Jahren leicht abgeändert durch bereits konkret abschätzbare Zahlen. Als Rechengröße wurden dabei Quadratmeter Wohnfläche zu Grunde gelegt. Die in den ersten Jahren eingehenden Flächen entsprechen den konkret angestrebten Programmen. Dabei wurde ein eher zurückhaltender Ansatz darstellt. Die Zahlen in den ersten Jahren werden de facto höher liegen. Selbstverständlich ist dabei relativierend

zu beachten, dass es eine hohe Anzahl von technischen Zwischenlösungen geben wird. Anders als beim Neubau ist eine nochmals höhere Vielfalt an Lösungsansätzen gegeben. Es ist davon auszugehen, dass einzelne Passivhaus-Komponenten auch bei den „Standard“-Sanierungen zunehmend eingesetzt werden. Dies wird zunächst die Dämmdicken und Fenster betreffen. Bei der Lüftungstechnik werden bereits heute bei zahlreichen Sanierungen einfache Abluftanlagen eingesetzt.

Die Darstellung der Sanierungs-Entwicklung in Abb. 10.5 visualisiert das Berechnungsergebnis aus Tabelle 10.2. Die Zuwachsraten für Projekte mit Passivhauskomponenten liegen in den ersten Jahren im Mittel bei hundert Prozent. Ab 2009 wird eine leichte Abflachung der Kurve vorgenommen, die sich bis 2015 verstärkt. Ein Abgleich dieser dargestellten Entwicklung wurde in Form von Interviews mit verschiedenen Fachleuten der Komponenten-Hersteller durchgeführt. Die internen Prognosen für ihre Umsatzzahlen liegen in vergleichbaren Größenordnungen [Pohl et al 2003]. Eine überraschende Kongruenz wurde dabei insbesondere bei den Zahlen hochwertiger Passivhaus-Fenster festgestellt, von denen in besonders einfacher Form auf die Wohnfläche zurückgerechnet werden kann.

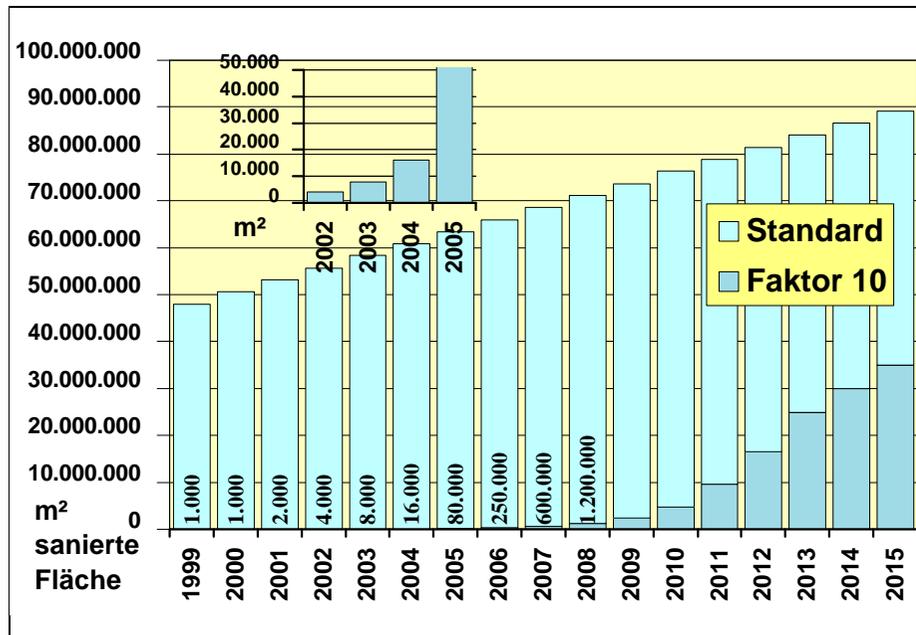


Abb. 10.5 Berechnung des Anteils energetischer Sanierung mit Passivhaus-Komponenten auf Grundlage der Erfahrungen beim Passivhaus-Neubau und Interviews bei Komponenten-Herstellern; es ist davon auszugehen, dass besonders in den Jahren 2005 bis 2007 eine höhere Zuwachsrates als hier dargestellt eintreffen wird, falls förderrechtliche Rahmenbedingungen in der dargestellten Form eintreffen werden

Im Diagramm 10.5 werden die Jahre 2002 bis 2005 gesondert herausgehoben, um zu verdeutlichen, dass entgegen dem ersten Eindruck der Grafik gerade in den ersten Jahren enorme Wachstumsraten eintreten.

Eine der wesentlichen Grundvoraussetzungen für die dargestellten Entwicklungen ist die Verfügbarkeit angepasster Komponenten. Dieser Zusammenhang lässt sich ebenfalls aus den Erfahrungen des Passivhaus-Neubaus hervorragend ableiten. Gerade in diesem Punkt kann mit größtem Optimismus prognostiziert werden, dass die in Abb.

10.6 dargestellten Steigerungsrates, die sich rechnerisch aus Tabelle 10.2 ergeben, mit Sicherheit zu einem extrem hohen Engagement der Industrie führen werden. Es ist ein hoher Umsatz absehbar, der sich in seiner vollen Ausprägung erst in vier bis fünf Jahren einstellen wird. Dies ist jedoch genau die richtige Vorlaufzeit, um die sanierungs-optimierten Produkte zu entwickeln (s. Kap. 2 und 3).

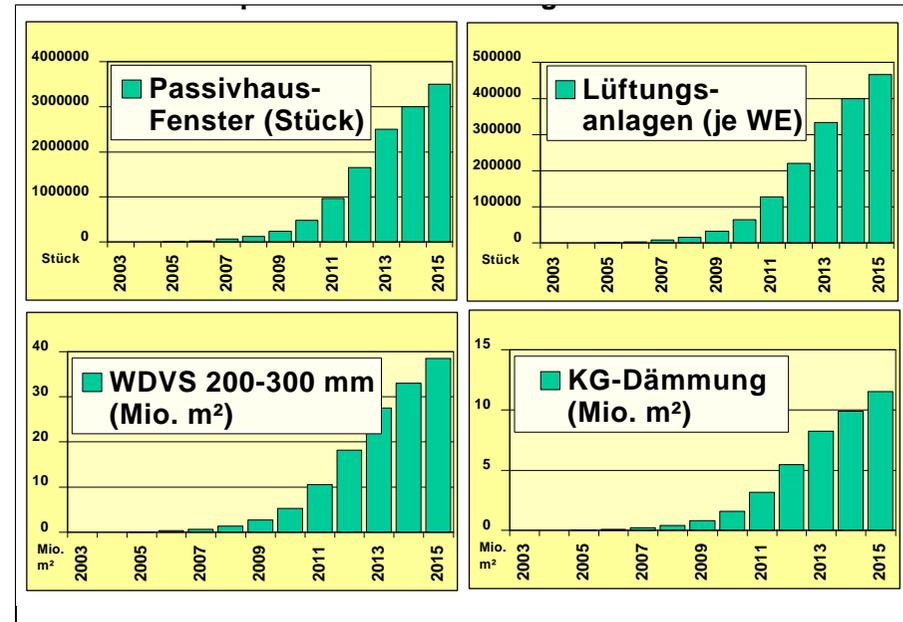


Abb. 10.6 Passivhaus-Komponenten werden sich im Sanierungsbereich deutlich nachhaltiger durchsetzen als beim Passivhaus-Neubau, weil die Volumina deutlich höher liegen und damit der wirtschaftliche Anreiz für die Akteure aus der Industrie sehr hoch ist; die Entwicklungen der Umsätze werden dargestellt am Beispiel Fenster, Lüftungsanlagen, Wärmedämmverbundsystem mit 200-300 mm Dicke und Dämmung der Kellerdecke mit 150 –200 mm Dicke

Fazit

Die prognostizierte Entwicklung für die energieeffiziente Gebäudesanierung wird sich als Prozess mit hoher Dynamik einstellen, wenn es gelingt, die Technik und Wirtschaftlichkeit kontinuierlich zu verbessern bei gleichzeitig angepasstem Anreiz für die Akteure aus der Wohnungswirtschaft, Investoren und der Privatbauherren. Zugleich muss für die Hersteller der Komponenten ein Rahmen geschaffen werden, in dem sie auf Basis von abschätzbaren Umsatzzahlen mit der Produktentwicklung in Vorleistung treten können.

Mindestens ebenso wichtig ist das mediale Umfeld: innovative Techniken werden in der Fachpresse relativ schnell transportiert. Zur Zeit ist ein hohes Medieninteresse hinsichtlich der Anwendung von Passivhauskomponenten bei der Sanierung gegeben. In den nächsten Monaten werden in fast allen wesentlichen Fachzeitschriften Artikel zu dieser Thematik veröffentlicht. Den Anstoß dazu geben Hersteller und die wenigen gebauten Modellprojekte.

Am Wichtigsten ist jedoch, dass die gesellschaftlich relevanten Akteure diese Entwicklung weiter tragen. Es ist sehr erstrebenswert, dass dies in der gewohnt pluralistischen Form auf vielfältigen Ebenen geschieht. Das Schöne an der Energieeffizienz ist, dass es eigentlich keine Argumente dagegen gibt – im Grunde spricht alles für eine schnelle Umsetzung! Die Kunst besteht darin, die gesellschaftlich verfügbaren Qualifikationen, Wege und Mittel für eine zielgerichtete Entwicklung zu nutzen.

11 Ausblick

11 Ausblick

Gebäudesanierung ist seit meiner Studienzeit in Berlin ein Schwerpunkt meiner Arbeit. Ein schönes Symbol für die Kreisläufe im Leben stellt die Tatsache dar, dass die zahlreichen eindrucksvollen Studien-Exkursionen zu dieser Thematik der Mann meiner Promotionsbetreuerin geleitet hat. Ebenso symbolisch empfinde ich die Tatsache, dass Margrit Kennedy während meiner Beschäftigung mit dieser Arbeit den Staffeln weitergegeben hat an die nächste Generation – und als bewundernswert empfinde ich den großen Tatendrang, der sie zu neuen Zielen treibt.

An vielen Punkten der Arbeit war ich versucht, ihre geldpolitischen Ansätze einzubringen. Es ist deutlich erkennbar, dass die eigentliche Lösung meiner Fragestellung in der Finanzierung liegt. Der sinnvolle Einsatz von Investitionsmitteln würde die gesamte Phalanx der offenen Fragen auf einen wirtschaftlich erfolgreichen Weg leiten. Wirklich nachhaltige Geldpolitik würde das umfassend beschriebene ökologisch-soziale Problem des zukunftsfähigen Umgangs mit unserer gebauten Umwelt lösen. Dennoch habe ich allen Versuchen widerstanden, mein Fachgebiet allzu sehr zu verlassen und die Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch weiter in volkswirtschaftliche Zusammenhänge zu vertiefen.

Es beruhigt mich sehr, dass es äußerst lohnende Ziele jenseits meines umfassenden Arbeitsbereiches gibt.

Seit etwa fünf Jahren verfolge ich intensiv den Ansatz, die energetischen Innovationen aus dem Neubaubereich auf den Gebäudebestand zu übertragen. Besonders die ersten Jahre waren vor allem von Misserfolg und geschlossenen Türen geprägt.

Vor eineinhalb Jahren habe ich mir eine Restzeit zur Verfolgung des Ziels gegeben – in Form dieser Promotionsarbeit. Ich wollte mir in meinem beruflichen Zwangsumfeld auf diese Weise einen Freiraum für die systematische Zusammenstellung und Analyse der umfangreichen Erfahrungen geben. Es erfüllt mich mit tiefer Dankbarkeit, dass parallel zu dieser Arbeit plötzlich viele Ansätze fassbare Gestalt angenommen haben. Seit einem Jahr beginnen sich plötzlich die Türen zu öffnen. Ich erfahre – gemeinsam mit vielen anderen – einen Zuspruch für die Idee, den ich in dieser Intensität noch vor wenigen Monaten nicht für möglich gehalten habe.

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mir in den letzten Jahren und Wochen durch Diskussionen, Widerspruch und Zustimmung unterstützt haben. Ich widerstehe allerdings der heftigen Versuchung, Namen zu nennen – ich wüsste nicht recht, an welcher Stelle ich aufhören könnte.

Ich bin sicher, dass in den nächsten Jahren eine intensive und lohnende Arbeit auf uns alle wartet – allen Beteiligten wünsche ich dabei viel Erfolg!

Nürnberg, 4. April 2003

Burkhard Schulze Darup

Quellen

- AGÖF 1998 AGÖF-Tagungsreader, 4. Fachkongress Nürnberg 1998, Springe Eldagsen 1998
- AGÖF 2001 Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute: Kriterienkatalog „AGÖF-Haus“. – AGÖF Eldagsen Springe 2001
- AnBUS 2003 AnBUS: Messreihen zum Luftaustausch mittels Tracer-Gas-Messungen an zahlreichen Objekten. – Vorabbericht, Fürth 2003
- Arbeitsgem. Gebäudepass 2002 Gebäudepass der Arbeitsgemeinschaft Gebäudepass e. V., Bauhaus-Universität Weimar 2002
- BGA 1989 Untersuchung des Bundesgesundheitsamtes (BGA) in ca. 500 Wohnräumen: Konzentrationen flüchtiger organischer Substanzen, Berlin 1989
- BINE 2000 Raumluftkonditionierung mit Erdreichwärmetauschern. –Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe, BINE projektinfo Bonn 2000
- BINE 2003 Fiskus – Fördermittel für Energiesparinvestitionen und erneuerbare Energien (CD-Rom). – BINE Informationsdienst, unterstützt von der DENA, Bonn 2003
- BMU 1992 Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Konzeptionen der Bundesregierung zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen. - Bonn 1992
- Bolender, Eicke-Hennig 2001 Bolender, T; Eicke-Hennig, W.: Luftdichtheit der Gebäudehülle. – Hrsg. IMPULS-Programm Hessen, Darmstadt 2001
- Brennstoffspiegel 2003 www.brennstoffspiegel.de 2003
- Ciolek et al 2002 Ciolek, Reuter, Sambale, Schulze Darup et al.: Strategiepapier der Bayerische Initiative Bauen & Energie, Nürnberg, München, Kempten März 2002
- DENA 2002 Pilotprojekt – Energieeffizienzklasse A im Bestand. – Deutsche Energie Agentur (Hrsg.) Berlin 2002
- DIN 4108 nach Beiblatt 2 zur DIN 4108
- DIW 1997 Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Jobs fürs Klima – Beschäftigungspotentiale von Energiesparmaßnahmen im Raumwärmebereich. – Hrsg. Umweltstiftung WWF-Deutschland Berlin 1997
- EAM 2003 Nürnberger Energiepass. – Energieagentur Mittelfranken, Nürnberg EAM 2003
- EB 2.2001 Übersichtstabelle hochwärmedämmte Fenster. – In: EB Energieeffizientes Bauen 2/2001 Seite 93 ff
- ECOBIS 2000 Bayerische Architektenkammer: ECOBIS 2000 – Ökologisches Baustoffinformationssystem. – München 2000
- Eicke-Hennig et al 1995 Eicke-Hennig, W. et al.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern – Endbericht für die DBU in Kooperation mit der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück; Darmstadt IWU 1995
- EN 832 Berechnungen nach EN 832
- EN ISO 10211-2 Berechnung nach E DIN EN ISO 10211-2
- Energierreferat Frankfurt/M. 1999 Klimaschutz und Mietrechtsreform. – Dokumentation des Expertengesprächs am 21.1.1999, Energierreferat der Stadt Frankfurt am Main
- EnEV 2002 Energieeinsparverordnung (EnEV) § 5 (1)
- Erlanger Wärmepass 1998 Erlanger Wärmepass. - Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen August 1998
- EWAG 1997 Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996. Hrsg. EWAG, Nürnberg 1997

EWAG 1998	EWAG Jahrbuch 1998. EWAG Nürnberg 1998	Haase 2003	Haase, W.: Die zukunftssichere Bestandssanierung – Ökologische Sanierung des Baubestandes der SWG Ochsenfurt. – In: Tagungsband 7. Internationale Passivhaustagung, Darmstadt 2003
Feist 1988	Feist, W.: Forschungsprojekt Passive Häuser, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1988	Hake, Kleemann, Kolb 1999	Hake, J.-Fr.; Kleemann, M.; Kolb, G.: Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden. – Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment 1999
Feist 1992	Feist, W.: Bauvorbereitendes Forschungsprojekt Passive Häuser, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1992	Härig 1994	Härig, S./ Günther, K./ Klausen, D.: Technologie der Baustoffe, 12. Auflage. - Heidelberg: C. F. Müller-Verlag 1994
Feist 1997	Feist, W. (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus. – Heidelberg 1997 S. 83 ff	Hauser 1997	Hauser, Stiegel, Otto: Energieeinsparung im Gebäudebestand. – Hrsg. Gesellschaft für rationelle Energieverwendung, Berlin 1997
Feist 2000	Feist, W.: Varianten für die Wärmeversorgung von Passivhäusern im Vergleich. – In: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Protokollband Nr. 20, PHI Darmstadt 2000	Hauser, Stiegel 1997	Hauser, G./ Stiegel, H.: Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau. - Wiesbaden; Berlin: Bauverlag 1997
Feist 2003	Feist, W.; John, M.; Kah, O.: Passivhaustechnik im Gebäudebestand – Qualitätssicherung für das Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – Passivhaus Institut Darmstadt im Auftrag der WBG Nürnberg 2003	Heide, Eberhard 1988	Heide/Eberhard, Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg 1988
Fink, Rathmann 1997	Fink, Rathmann: Heizenergieverbrauch von Wohnungen. – Hrsg. Techem, Frankfurt 1997	Heide, Eberhard 1992	Heide/Eberhard, Entwicklung der Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen. Hrsg. Stadt Erlangen 1992
Flückinger et al 1997	Flückinger, B.; Wanner, H.; Lüthy, P.: Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern. – Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich 2.1997	Henning, Knöfel 1989	Henning, O./ Knöfel, D.: Baustoffchemie, 4. Auflage. - Wiesbaden: Bauverlag 1989
Fritsche et al 1997	Fritsche, Buchert, Hochfeld e. a.: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) Version 3.0. - Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Wiesbaden 1997	Hinz et al 2002	Hinz, E.; Großklos, M.; Born, R.: Statusbericht zum Thema “Niedrigenergiehäuser im Bestand“ Eine Untersuchung im Auftrag der Deutschen Energie-Agentur (dena). – IWU Darmstadt 2002
GEMIS 2002	www.GEMIS.de	Hundhausen 2000	Hundhausen, M.: Messreihe an einem Erdreichwärmetauscher. – In: Erlangen 2000
Gertis 2000	Gertis et al: Untersuchungen zur TWD. – Fraunhofer IBP Stuttgart 2000	IBP 2000	EPIQR – Softwareprogramm zur Grobdiagnose von Altbauten. – IBP Holzkirchen 2000 www.epiqr.de
Gilgen et al 1997	Gilgen, D.; Feist, W.; Werner, J.; Zwiener, G.: Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene. – Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 8, PHI Darmstadt 1997	Infra 2003	Infra-Energiepass: Infra, Fürth 2003
Großklos, Hinz, Enseling 2001	Großklos, M; Hinz, E; Enseling, A.: Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus. – IWU Darmstadt Dezember 2001	IWU 1992 -1995	IWU: Passivhaus-Bericht 1 – 10 - Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1992 – 1995
Grün 1994	Grün, L.: Untersuchungen zur Bewertung der Luftqualität im Passivhaus Darmstadt-Kranichstein. - In: Luftqualität im Passivhaus. - Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt GmbH, Annastraße 15, 64285 Darmstadt 1994		

IWU 2001	IWU: Mietrechtliche Möglichkeiten zur Umsetzung von Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand. –Hrsg. Energiereferat der Stadt Frankfurt/M. gefördert durch die Deutsche Stiftung Umwelt, Frankfurt 2001	LUWOG 2001	LUWOG: Das 3-Liter-Haus. – Hrsg. LUWOG Ludwigshafen 2001
Kania 2003	Kania, G.: Neue Entwicklungen bei Luft-Erdreichwärmetauschersystemen (L-EWT). – In: Tagungsband 7. Passivhaus Tagung Hamburg, PHI Darmstadt 2003	Münzenberg 2002	Münzenberg, U.; Thumulla, J.: Vergleichende Verlaufsmessungen. – In: Schulze Darup, B. (Hrsg.): Passivhaus Projektbericht: Energie und Raumluftqualität. - AnBUS Fürth 2002
Karsten 1989	Karsten, R.: Bauchemie, 8. Auflage. - Karlsruhe: C. F. Müller Verlag Heidelberg 1989	NEI 1999	Besonders sparsame Haushaltsgeräte 1999, Niedrig-Energie-Institut, Detmold
Kasser, Amman 1992	Kasser, U./Ammann, D.: Deklarationsraster für ökologische Merkmale von Baustoffen. - SIA-Dokumentation D 093, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Postfach, CH-8039 Zürich 1992	PHI 1996-2000	PHI: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband 1 - 22. – Passivhaus Institut Darmstadt 1996 - 2000
Katalyse 1992	Katalyse e. V. (Hrsg.): Zimmerluft-Dicke Luft. - Köln: Verlag Kiepenheuer & Witsch 1992	PHI 1997	PHI: Nutzerverhalten. - Protokollband Nr. 9, AK kostengünstige Passivhäuser, Hrsg. PHI Darmstadt 1997
Knissel et al 2001	Knissel, J. et al.: Mietrechtliche Möglichkeiten zur Umsetzung von Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand. – IWU Darmstadt / Dezernat für Umwelt und Energie der Stadt Frankfurt a. M., gefördert durch die DBU, Darmstadt-Frankfurt 2001	PHI 1999	Wolfgang Feist (Hrsg.): Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern. - Protokollband 17 AK Kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut Darmstadt Okt. 1999
Koenigs 1997	Koenigs, T.: Die Miete muss die Wahrheit sagen. – FR vom 29.7.1997	PHI 2000	PHI: Arbeitsgruppe 6 „Wohnerfahrungen“. – In: Tagungsband 4. Passivhaustagung, Hrsg. Passivhaus Institut, Darmstadt 2000, Seite 429 ff
LEGOE 2002	Projekt LEGOE –Lebenszyklus von Gebäuden unter ökologischen Gesichtspunkten. Internet: http://www.legoe.de	PHI 2003	Herstellerliste von passivhaus-geeigneten Komponenten: Homepage des Passivhaus Instituts Darmstadt: passivhaus-info.de
LGA 1998	LGA-Gebäudepass. – Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg 1998	PHI 2003-1	Wärmerückgewinnungsgerät - Zertifizierungskriterien für Passivhaus geeignete Komponenten. - Passivhaus Institut Darmstadt 2003
LGA 2002	LGA-Baustoffdatenbank. – Nürnberg 2002 (lga.de)	PHI 2003-2	Feist, W.; John, M.; Kah, O.: Passivhaustechnik im Gebäudebestand – Qualitätssicherung für das Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – Qualitätssicherung im Auftrag der WBG Nürnberg, Darmstadt 2003
Lindab 2002	Projektierungsprogramme von mehreren Herstellern: DIMvent, Fa. Lindab, Bargteheide; Lüftungsprojektierung Fa. Westaflex, Gütersloh	PHI 2003-3	Passivhaus Institut Darmstadt: Dokumentation zur 7. Passivhaus-Tagung in Hamburg 2003
LUWOG 2001	LUWOG: Das 3-Liter-Haus. – Hrsg. LUWOG Wohnungsbauunternehmen der BASF GmbH Ludwigshafen 2001	PHPP 2002	Passivhaus Projektierungs Paket. – Passivhaus Institut Darmstadt 2002

Pohl 1997	Pohl et al: Synergie Haus, Luftdicht – Prima-Klima-Programm. – Hrsg. PreussenElektra Hannover 1997		Darup Nürnberg, Verlag AnBUS Fürth 2002
Pohl 2003	Messreihen Fa. Fresh, Eisdorf 2000 ff	Schulze Darup 2002-1	BINE-Informationspaket: z. B. Schulze Darup, B.: Energieeffiziente Wohngebäude – Einfamilienhäuser mit Zukunft. – BINE Informationsdienst, TÜV-Verlag Köln 2002
Pohl et al 2003	Pohl Fa. Aerex, Eisdorf / Thiess Fa. Marmorit, Bollschweil / Hofmann Fa. Rehau, Erlangen / Stölzel Fa. Variotec, Neumarkt 2003	Schulze Darup 2003	Schulze Darup, B. (Koordination): Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10. – Umsetzungsorientiertes Forschungsvorhaben mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Partner: PHI Darmstadt, ZEBAU Hamburg, IEMB Berlin und vier Industriepartner, Laufzeit 2003-2004
Reese 2001	Reese, IngSoft GmbH: EasySanFin (EDV-Programm zur Optimierung energetischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen bei der Sanierung) – Nürnberg 2001		
Schnieders 2001	Schnieders, J.: Passivhaus geeignete Fensterrahmen – das Prinzip. – In: EB Energieeffizientes Bauen 2/2001 Seite 91	Schulze Darup 2003-1	Schulze Darup, B.: Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. – In: Tagungsband 7. Internationale Passivhaustagung in Hamburg, PHI Darmstadt 2003
Schulze Darup 1993	Schulze Darup, B.: Ökologische Stadterneuerung Gostenhof-Ost. – In: Tagungsreader AGÖF-Kongress Berlin 1993	Seeberger, Drechsler 1997	Seeberger, Drechsler: Klimaschutz in Erlangen. - Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Juli 1997
Schulze Darup 1996	Schulze Darup, B.: Bauökologie. – Bauverlag Wiesbaden 1996	SIA 1986	Zimmermann, M.: Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung, SIA-Dokumentation D 010. - Zürich: SIA 1986
Schulze Darup 1998	Schulze Darup, B.: Optimierung von Niedrigenergiehäusern zu Passivhäusern beim kostengünstigen Bauen. – In: Tagungsreader 2. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Passivhaus Institut, Darmstadt 1998	Statistisches Jahrbuch Nürnberg 1998	Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg
Schulze Darup 1999-1	Schulze Darup, B.: Kosten pro eingesparter kWh bei energetischer Sanierung von Dächern. – In: Tagungsreader Dachsanierung, Veranstaltung am IWU Darmstadt 1999	Steinfadt 2000	Steinfadt, M.: Passivhäuser in Kassel – öffentlich gefördertes Gewchosswohnungsbauprojekt. – In: Tagungsband 4. Passivhaustagung in Kassel, PHI Darmstadt 2000
Schulze Darup 1999	Schulze Darup: Altbausanierung im Raum Nürnberg. – In: Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden Band 1, Hrsg. Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt Band 21 1999	Streit 1994	Streit, B.: Lexikon Ökotoxikologie, 2. Auflage. - Weinheim: VCHVerlagsgesellschaft mbH 1994
Schulze Darup 2000	Schulze Darup, B.: Ökologische Bewertung von Passivhäusern. – In: Tagungsreader 4. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Passivhaus Institut, Darmstadt 2000	Umweltbank 2002	Umweltbank.: Geschlossener Immobilienfonds zur umweltfreundlichen Sanierung, Gesamtkatalog 2002
Schulze Darup 2002	Schulze Darup, B. (Hrsg.): Passivhaus Projektbericht: Energie und Raumluftqualität, Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: LGA Nürnberg, Energieagentur Mittelfranken Nürnberg, AnBUS Fürth, N-ERGIE Nürnberg, Architekturbüro Schulze	Umweltreferat Erlangen 2002	Umweltreferat Erlangen: Untersuchungen zur Trinkwassererwärmung bei Mehrfamilienhäusern. – Erlangen 2002
		Umweltreferat Nürnberg 1994	Erster Klimaschutzbericht-CO ₂ -Bilanz. Stadt Nürnberg, Amt für Umweltplanung und Energie, 90317 Nürnberg 1994

- Umweltreferat
Nürnberg 1999 Stadt Nürnberg, Umweltreferat: Klimaschutzbericht 1999 der Stadt Nürnberg, Juli 1999
- Wagner 2000 Wagner, A.: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen / BINE-Informationsdienst. – Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Köln 2000
- WBG 2003 WBG Nürnberg (Hrsg.): Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten: Projektbericht Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – Schulze Darup, B.: Koordination und Zusammenfassung; PHI Darmstadt: Qualitätssicherung; FIW München: Messprogramm; WBG Nürnberg 2003/2004
- Werner 1997 Werner, J.: Stromeinsparung bei der Lüftungs- und Pumpentechnik. – In: Stromsparen im Passivhaus, AK kostengünstige Passivhäuser, Hrsg. Passivhaus Institut Darmstadt 1997
- Werner 1999 Werner, J.: Grundlagen der Wohnungslüftung im Passivhaus. – In: Protokollband Nr. 17 AK kostengünstige Passivhäuser, Hrsg. PHI Darmstadt 1999
- Westaflex 2001 Kontrollierte Wohnungslüftung – Planung und Projektierung. – Fa. Westaflex, Gütersloh 2001
- Wuppertal
Institut 1999 Wuppertal Institut: Gebäudesanierung – eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt. – Hrsg. IG Bauen-Agrar-Umwelt und Greenpeace Hamburg 1999
- Zeller 1996 Zeller, J.: Luftdichtigkeit von Wohngebäuden. – Hrsg. RWE Essen 1996
- Zwiener 1994 Zwiener, G.: Ökologisches Baustoff-Lexikon. – C. F. Müller Verlag Heidelberg 1994
- Zwiener 1997 Zwiener, G.: Handbuch Gebäude-Schadstoffe. – Rudolf Müller Köln 1997

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 Anforderungen der EnEV an Sanierungsfälle (auszugsweise Zusammenstellung) _____	21	verschiedenen Jahresrückwärmgraden; gemessene Luftwechselraten bei Fensterlüftung: im Mittel 0,15 – 0,4 h ⁻¹ [AnBUS 2003] _____	57
Tabelle 2.2: Energetische Standards und sinnvolle Maßnahmenbündel _____	21	Tabelle 3.4 Lüftungsbedarf zum Ausgleich der Kohlendioxidbelastung der Raumluft durch Ausatem _____	58
Tabelle 2.3 Anforderungen nach EnEV 2002: Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs _____	22	Tabelle 3.5 Abscheidegrad von Filtern für Sporen und Pollen ____	60
Tabelle 2.4 Kellerdecken-Konstruktionen _____	28	Tabelle 3.6 Strömungsgeschwindigkeit und Druckverluste von runden Rohren _____	64
Tabelle 2.5 Kostenkalkulation für Kellerdecken-Dämmung mit 20 cm Dicke _____	29	Tabelle 3.7 Einfluss der Kanalform auf den Druckverlust _____	64
Tabelle 2.6 Außenwandkonstruktionen _____	30	Tabelle 3.8 Vergleich von Systemen zur Trinkwassererwärmung für einen 4-Personen-Haushalt _____	76
Tabelle 2.7: Kostenkalkulation für ein WDVS mit 20 cm Dicke __	32	Tabelle 3.9 Stromverbrauch nach Haushaltsgröße (ohne Warmwasserbereitung) _____	78
Tabelle 2.8 Dachkonstruktionen _____	33	Tabelle 3.10 Haushaltsgeräte und ihr Stromverbrauch _____	78
Tabelle 2.9 Kostenkalkulation für Dachbodendämmung in der Estrichvariante mit 30 cm Dicke _____	35	Tabelle 4.1 Aspekte hoher und geringer Raumluftfeuchte _____	84
Tabelle 2.10 Thermische und optische Kennwerte von Verglasungen, Ug-Werte nach Bundesanzeiger _____	37	Tabelle 4.2 Wasserdampftransport durch Konvektion und Diffusion [Borsch-Laaks 1994] _____	85
Tabelle 2.11 U _w in Abhängigkeit von Verglasung und Rahmen ^a __	38	Tabelle 4.3 Formaldehyd-Messwerte der Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf _____	92
Tabelle 2.12 Wärmebrücken als Detail- und Isothermenlinien-Abbildung: Berechnungen am Beispiel Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg; Bilder und Berechnungen mit Angabe des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ψ_a [PHI 2003] _____	42	Tabelle 4.4 Messwerte der Lüftungsanlagen-Einregulierung Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg _____	99
Tab. 2.13 Punktförmiger Wärmebrückenverlustkoeffizient einer Durchdringung mit 30 cm Länge (z. B. Befestigung/Durchführung durch ein Wärmedämmverbundsystem mit 30 cm Dicke) _____	44	Tab. 5.1 Maßnahmen _____	104
Tabelle 3.1 Lüftungsarten in Gebäuden ohne mechanische Lüftung und die daraus resultierenden Luftwechselzahlen _____	55	Tab. 5.2 Maßnahmen BV Dambacher Straße, Fürth _____	105
Tabelle 3.2 Luftwechselraten bei der Fensterlüftung _____	55	Tab. 5.3 Maßnahmen Steigerwaldstraße 25 in Nürnberg _____	106
Tabelle 3.3 Vergleich der jährlichen Lüftungswärmeverluste pro m ² WF bei Fensterlüftung und Abluftwärmerückgewinnung (AWR) mit		Tab. 5.4 Maßnahmen Bindergasse / Platnersgasse in Nürnberg _	107
		Tab. 5.5 Maßnahmen Kieselbergstraße 21 in Nürnberg _____	108
		Tab. 5.6 Maßnahmen Schwabacher Straße 29 in Fürth _____	109
		Tabelle 5.7 Sanierungs-Maßnahmen Reihenmittelhaus _____	111
		Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen _____	112
		Tabelle 5.8 Sanierungs-Maßnahmen MFH Mathildenstraße 48 in Fürth _____	113
		Tabelle 5.9 Kostenschätzung ELAN, Fürth _____	118

Tabelle 5.10 Sanierungs-Maßnahmen BV Karlsbader Straße, Nürnberg _____	119
Tabelle 5.11 Effizienz der Maßnahmen _____	120
Tabelle 5.12 Sanierungs-Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz 4, Nürnberg _____	121
Tabelle 5.13 Auswertung der Beispiele mit Passivhaus- Komponenten: je nach Betrachtungsweise (Heizwärmebedarf – Heizenergiebedarf – Jahresprimärenergiebedarf inkl. Warmwasserbereitung) liegen die Faktoren für die Energieeffizienz zwischen 6,2 und 15,2 _____	124
Tabelle 6.1 Maßnahmenpakete und resultierende Energiekennwerte für 5 Gebäudestandards _____	132
Tabelle 6.2 Kosten in Abhängigkeit vom Gebäudestandard (Kosten nach DIN 276 Kostengruppe 300 und 400 inkl. MWSt.) nach Bauteilen _____	133
Tabelle 6.3 Kosten in Abhängigkeit vom Gebäudestandard pro m ² Wohnfläche _____	133
Tabelle 7.1: Vergleich von energetischen Sanierungsstandards als Zusammenfassung der Ergebnisse aus Kapitel 6.2 _____	141
Tabelle 7.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Ermittlung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach der Annuitätenmethode unter Einbeziehung von Finanzierungs- und Betriebskosten (Ansatz der Baukosten gem. Tabelle 6.3 und der dort zugrunde liegenden Berechnungen) _____	143
Tabelle 9.1 Berechnungsszenario für die energetische Sanierung in Nürnberg mit einer 30 %-igen CO ₂ -Minderung innerhalb von 12 Jahren _____	164
Tabelle 10.1: Gegenüberstellung von Hemmnissen und Vorteilen hinsichtlich der Umsetzung von Energieeffizienz bei der Wohngebäudesanierung _____	170
Tabelle 10.2 Entwicklung der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten _____	182

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1 Schema der Entwicklung des Weltenergieverbrauchs bei verstärktem Einsatz von regenerativen Energien und hohen Anstrengungen zur Energieeinsparung (Angaben in Exajoule; Kennwerte bis 2000: Shell-Studie 1995) _____ 14

Abb. 2.1 Schema der Struktur des Gebäudebestandes nach Baujahren und des Heizwärmebedarfs-Standards sowie mögliche Einsparungen durch energieeffiziente Sanierung [Schulze Darup 1999] _____ 20

Abb. 2.2 Vereinfachtes Schema der energetischen Bilanzierung nach EnEV _____ 22

Abb. 2.3 Bilanzierung der Wärmegewinne und Verluste am Beispiel einer Sanierung mit Passivhaus-Komponenten (BV Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg, MFH mit 895 m² Wohnfläche) _____ 23

Abb. 2.4 Trends für die energetische Wirksamkeit verschiedener Entwurfsaspekte _____ 25

Abb. 2.5 Ergebnis einer Blower-Door-Messung mit Aufzeichnung der Messpunkte mit Unterdruck und Überdruck von 10 bis 50 Pascal _____ 51

Abbildung 3.1: Verlauf der CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer im Vergleich von Fensterlüftung (zwei mal täglich) und einer mechanischen Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung: Messung [Münzenberg, Thumulla 2002] _____ 58

Abbildung 3.2: Temperaturen am Ende eines Erdreichwärmetauscher im Vergleich zu den Außenlufttemperaturen morgens; Länge 25 m, Durchmesser 160 mm, 2 m tief verlegt, lehmiges Material [Hundhausen 2000] _____ 61

Abb. 3.3 Auslegung der Luftwechselraten für eine Wohnung mit einer Belegung von 4 Personen: in den Aufenthaltsräumen beträgt die Luftwechselrate 0,5 bis 0,8 h⁻¹, in den Ablufträumen 2,0 h⁻¹; der Rechenwert für die Gesamtwohnung beträgt 0,4 h⁻¹ _____ 66

Abb. 3.4 Effizienz- und Emissionsvergleich verschiedener Heizsysteme bei einem EFH in Passivbauweise [Feist 2000] _____ 70

Abb. 4.1 Ergebnisse der VOC-Messungen bei Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf: die höchsten Werte wurden in der Ausbauphase gemessen (April – Juni 2000); beim Einzug entstand ein zusätzlicher kleiner Peak durch Möbel, Einrichtungen und Nutzereinflüsse; danach klingt die Kurve ungewöhnlich schnell ab 90

Abb. 4.2 Ergebnisse der VOC-Messungen bei Passivhäusern in Nürnberg-Wetzendorf fünf Monate nach dem Einzug: der strenge Seifert-Zielwert von 300 µg/m³ ist erreicht _____ 91

Abb. 4.3 Prognostizierte und gemessene Raumluftbelastung mit Formaldehyd am Beispiel der Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf _____ 92

Abb. 4.4 Vergleichende Untersuchung auf koloniebildende Schimmelsporen Innenluft – Außenluft bei Gebäuden mit Abluftwärmerückgewinnung; die Ergebnisse zeigten keine Quellen von mikrobiellem Befall durch die Lüftungssysteme; im Dezember 01 befand sich in einem Gebäude eine Quelle für eine außerordentlich hohe Schimmelpilzbelastung, die allerdings nicht mit der Lüftungsanlage bzw. der baulichen Ausführung im Zusammenhang stand [Schulze Darup 2002] _____ 93

Abb. 4.5 Raumluftfeuchte im Schlafzimmer eines Altbaus mit Schimmelpilzproblemen, d. h. mit unzureichender Dämmung unter geringer Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwände _____ 95

Abb. 4.6 Verlauf der Raumluftfeuchte bei einem Niedrigenergiehaus mit kontrollierter Lüftung _____ 95

Abb. 4.7 Verlauf der Raumluftfeuchte bei einem Passivhaus mit kontrollierter Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung _____ 96

Abb. 4.8 CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer der Nürnberger Passivhäuser bei Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung: die Werte schwanken zwischen Tageswerten, die nahe an der Außenluftkonzentration liegen und Nachtwerten unterhalb des Pettenkoferwertes von 1 Vol.-% _____ 96

Abb. 4.9 Charakteristischer Tagesverlauf im Vergleich Fensterlüftung – Abluftwärmerückgewinnung am Beispiel eines Schlafzimmers (ein Tagesgang der Abbildung zuvor) _____	97	Abb. 5.13 Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz, Nürnberg anhand der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für jede Maßnahme (Berechnung gemäß Gutachten vor Durchführung der Maßnahmen) _____	123
Abb. 4.10 Visualisierung der Luftverteilung durch die Lüftungsanlage mit Nebel _____	100	Abb. 5.14 Vergleich die erreichten Faktoren für die Energieeffizienz nach Heizwärmebedarf, Heizenergiebedarf (ohne Trinkwassererwärmung) und Jahresprimärenergiebedarf (inkl. Trinkwassererwärmung) s. Anlage 5.18 _____	125
Abb. 5.1 Reihenmittelhaus mit 120 m ² Bj. 1960 ,II + D: Auswirkung der einzelnen Maßnahmen auf Heizwärmebedarf und Kosten ____	112	Abb. 6.1 Kostenentwicklung bei der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten gegenüber Standard EnEV: Stand 2003 (Angaben in €pro m ² Wohnfläche) _____	128
Abb. 5.2 Reihenmittelhaus mit 120 m ² Bj. 1960, II + D: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in €pro eingesparter Kilowattstunde _____	112	Abb. 6.2 Kostenentwicklung bei der energetischen Sanierung mit Passivhaus-Komponenten: Stand 2006 bis 2010; abhängig vom Innovationstempo und Rahmenbedingungen (Angaben in €pro m ² Wohnfläche) _____	128
Abb. 5.3 MFH Mathildenstraße 48, Fürth: Effizienz und Kosten der einzelnen Maßnahmen _____	114	Abb. 6.3 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für energetische Maßnahmen mit Passivhaus-Standard bei der Sanierung (lineare Berechnung ohne Zinsansatz: vgl. dazu Kap. 7.3) _____	129
Abb. 5.4 MFH Mathildenstraße 48, Fürth: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in €pro eingesparter Kilowattstunde ____	115	Abb. 6.4 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2005: besonders bei Fenstern und Lüftungstechnik werden günstigere Kosten zu realisieren sein. _	129
Abb. 5.6 Sanierung ELAN, Fürth: CO ₂ -Bilanz der drei Sanierungsvarianten; in der CO ₂ -Bilanzierung wirkt sich die Wahl der Haustechnik deutlich aus: die Emissionen der standardmäßig angegebenen Variante mit Gasbrennwerttechnik (helle Säulen) werden durch den kombinierten Einsatz von Solarthermie und regenerativen Energieträgern (hier: Pellets) nochmals um den Faktor 4 unterschritten _____	116	Abb. 6.5 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2010: die Entwicklung des vorhergehenden Diagramms wurde fortgeschrieben. Die durch den Strich dargestellten Gestehungskosten stellen nur einen absehbaren Trend dar (vgl. Kap. 7.3.3 und 10.2.3) _____	130
Abb. 5.7 Heizenergieeinsparung bei BV ELAN, Fürth _____	117	Abb. 6.6 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde: Prognose der Kostenentwicklung für 2020; Komponenten, die vor wenigen Jahren noch außerhalb des wirtschaftlichen Bereichs lagen, sind hoch rentabel _____	130
Abb. 5.8 Effizienz der einzelnen Maßnahmen: BV ELAN, Fürth	117	Abb. 6.7 Kosten verschiedener energetischer Baustandards im Vergleich nach Bauteilen; Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt. _____	134
Abb. 5.9 Sanierung ELAN, Fürth: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen in €pro eingesparter Kilowattstunde _____	118		
Abb. 5.10 Reiheneckhaus Karlsbader Straße: Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen als Berechnung der Kosten je eingesparter Kilowattstunde _____	120		
Abb. 5.11 Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung _____	122		
Abb. 5.12 Effizienz der einzelnen Maßnahmen BV Jean-Paul-Platz, Nürnberg _____	123		

Abb. 6.8 Kosten pro Bauteil, bezogen auf einen Quadratmeter Konstruktionsfläche	134	wesentlichen Aufwendungen erfolgen bei der Dämmung von Dach, Wand (WDVS/Außenputz), Estrich, Schreiner (Fenster) und Lüftungsanlage	150
Abb. 7.1 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für verschiedene energetische Standards: die Kosten liegen bei allen Varianten im rentierlichen Bereich, allerdings wurde die Annuitätenlast nicht berücksichtigt (s. Anlage 7.1)	142	Abb. 8.2 Trends des kumulierten Primärenergieaufwands für Gebäudeerstellung und Gebäudebetrieb, gerechnet auf 50 Jahre – Vergleich von Neubaustandards und Sanierung; besonders bei der Sanierung ist allerdings zu beachten, dass jedes Gebäude hohe individuelle Streubreiten aufweisen kann	151
Abb. 7.2 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für verschiedene energetische Standards mit Referenzvariante EnEV 140 % (vergleichbar üblichen Sanierungen in der Wohnungswirtschaft): die Kosten steigen für erhöhte Standards an, liegen jedoch im rentierlichen Bereich – vor allem ist keine exponentielle Entwicklung für die Best-Variante des 3-Liter-Hauses zu verzeichnen (s. Anlage 7.2)	142	Abb. 8.3 CO ₂ -Reduktions-Potenzial am Beispiel der energetischen Sanierung eines dreigeschossigen Mehrfamilienhauses mit 900 m ² Wohnfläche (Modellrechnung am Beispiel Jean-Paul-Platz 4, s. Kap. 5.2.5)	152
Abb. 7.3 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach dem Annuitätenverfahren: das heutige Energiepreinsniveau (= rötlicher Balken) wird noch überschritten (s. Anlage 7.4)	144	Abb. 9.1 Aufteilung der CO ₂ -Minderung nach Verbrauchs-Sektoren; der Bereich Raumheizung hat das höchste Senkungspotenzial, der Sektor Mechanische Energie wird im Verkehrsbereich in den nächsten Jahren nur geringe Reduktionen ermöglichen	161
Abb. 7.4 Kosten pro eingesparter Kilowattstunde nach dem Annuitätenverfahren unter Berücksichtigung von zielgerichtet eingesetzten Fördermitteln (EnEV-Neubau / EnEV 60 / 3-Liter-Haus: KfW-Kredit 350 / 350 / 450 €/m ² mit ca. 3% Zinsvorteil, 20 / 20 / 50 €/m ² Teilschulderlass, 0 / 0 / 30 €/m ² sonstiger Zuschuss) s. Anlage 7.4	144	Abb. 9.2 Struktur des Wohngebäudebestands in Nürnberg nach Energieträgern für die Beheizung	162
Abb. 7.5 Entwicklung der Brennstoffkosten pro Haushalt: die Steigerung beträgt 5 % p. a. bezogen auf das Ausgangsjahr 1993 und 12,5 % bezogen auf das Jahr 1998 [Brennstoffspiegel 2003] s. Anlage 7.7	146	Abb. 9.3 Sanierungsszenario für die Stadt Nürnberg: Verbindung zwischen Fördermitteleinsatz, CO ₂ -Minderung und Einsparung bei Arbeitslosenkosten	164
Abb. 7.6 Szenarien für die Entwicklung der Brennstoffkosten pro kWh bis 2003 mit einer mittleren Steigerungsrate von drei, fünf und acht Prozent: die tatsächlichen Steigerungen werden in Sprüngen verlaufen.	146	Abb. 9.4 Sanierungsszenario BRD: Verbindung zwischen Fördermitteleinsatz, CO ₂ -Minderung und Einsparung bei Arbeitslosenkosten (hochgerechnet vom Beispiel Nürnberg); zum Vergleich: aktueller Mitteleinsatz durch KfW-Förderung	165
Abb. 8.1 Primärenergiebilanz für den baulichen Energieaufwand einer Sanierung nach Gewerken (Doppelhaushälfte mit 125 m ² Wohnfläche): verglichen wird eine Standardsanierung mit dem Einsatz von hocheffizienten Passivhaus-Komponenten; die		Abb. 9.5 Sanierungsumsetzung Schritt für Schritt oder als Gesamtkonzept – das gesamtheitliche Herangehen ist kostengünstiger und sinnvoller; das Diagramm weist eine – langfristig gesehene – Entwicklung zum Plus-Energie-Haus aus, die mit einer nicht geringen Wahrscheinlichkeit in 30 bis 50 Jahren bei zahlreichen Gebäuden gegeben sein wird	166
		Abb. 10.1 DBU-Projekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10: Darstellung von vier Phasen als Strategie zur breitenwirksamen Umsetzung energieeffizienter Sanierung; während der Umsetzung	

von Phase 2 und in den Phasen 3 und 4 findet eine Qualifizierung von regionalen Multiplikatoren im Rahmen eines Arbeitskreises statt	179
Abb. 10.2 Verknüpfung des DBU-Projekts mit der DENA-Initiative zur Umsetzung von ca. 20 Modellprojekten in 2003 – 2004 (Konzept: Stand April 2003)	180
Abb. 10.3 Zeitkonzept der 20 Modellprojekte	180
Abb. 10.4 Entwicklung der Anzahl von Passivhaus-Wohneinheiten (Neubau) in den ersten zwölf Jahren [PHI 2003-3]	183
Abb. 10.5 Berechnung des Anteils energetischer Sanierung mit Passivhaus-Komponenten auf Grundlage der Erfahrungen beim Passivhaus-Neubau und Interviews bei Komponenten-Herstellern; es ist davon auszugehen, dass besonders in den Jahren 2005 bis 2007 eine höhere Zuwachsrate als hier dargestellt eintreffen wird, falls förderliche Rahmenbedingungen in der dargestellten Form eintreffen werden	184
Abb. 10.6 Passivhaus-Komponenten werden sich im Sanierungsbereich deutlich nachhaltiger durchsetzen als beim Passivhaus-Neubau, weil die Volumina deutlich höher liegen und damit der wirtschaftliche Anreiz für die Akteure aus der Industrie deutlich höher liegt; die Entwicklungen der Umsätze werden dargestellt am Beispiel Fenster, Lüftungsanlagen, Wärmedämmverbundsystem mit 200-300 mm Dicke und Dämmung der Kellerdecke mit 150 –200 mm Dicke	184

Anlagen

Anlagen befinden sich auf Grund ihres hohen Umfang nur auf der beigefügten CD-Rom. Dort ist die vollständige Arbeit in digitaler Form als PDF-Format gespeichert.

Rufen Sie Ihr Laufwerk-Verzeichnis auf und markieren Sie die Datei mit einem Doppelklick. Sie benötigen dazu den Acrobat Reader, der auf nahezu jedem PC installiert ist (ggf. kostenlos downloaden).

Alle Daten wurden in einer einzigen Datei zusammen gefasst. Sie können im Haupttext die grau hinterlegten Anlagen mit der Maus anklicken und geraten dann automatisch zu der jeweiligen Anlage. Am Ende der Anlage befindet sich ein Button, mit dem Sie zurück zum Haupttext gelangen. Alternativ ist dies über das Lesezeichen-Verzeichnis möglich, in dem sich die Gliederung der Arbeit befindet. Ziehen Sie dazu mit der Maus rechts von der linken Menüleiste ein Fenster auf oder gehen folgenden Weg: Menüleiste oben: FENSTER, danach: LESEZEICHEN EINBLENDEN (F5).

Über die Lesezeichen-Leiste können Sie komfortabel zwischen den verschiedenen Kapiteln wählen. Die Systematik entspricht dem Windows-Explorer.

Forschungsbedarf

Arbeitsfeld	Kurzbeschreibung
Nachhaltigkeit	Umfassende Nachhaltigkeitskriterien der hocheffizienten energetischen Gebäudesanierung
Wohnumfeld	Synergetische Effekte traditioneller Quartiersentwicklungsmaßnahmen und energetisch optimierter Modernisierung
Gestaltung	Grundüberlegungen und Gestaltungselemente zur Sanierung bei einfach strukturierten Gebäuden der 50er bis 70er Jahre
Gebäudesimulation	Optimierung energetischer Rechenverfahren für die Sanierungsanwendung (EnEV, unterschiedliche EnEV-Programme, PHPP) – Berücksichtigung divergierender Rechenparameter bei Sanierung mit Passivhaus-Komponenten
Bauphysik	Analyse bauphysikalischer Schwachstellen bei Wohngebäuden der 50er bis 70er Jahre und Strategien zur Sanierung unter Berücksichtigung von Bauschadensfreiheit und Wohnkomfort
Raumluftqualität und Komfort	Einfluss von Sanierungsmaßnahmen auf Wohnkomfort und Raumluftqualität unter Berücksichtigung von Materialauswahl, Lüftung und Nutzerverhalten
Dämm-Materialien	Potenzial und Grenzen vorhandener Dämm-Materialien hinsichtlich Ressourcen, technischer Entwicklung und Produktlinienbetrachtungen
	Potenzialabschätzung neuer Dämmtechnologien auf Basis von Nanotechnologie, zellulärer Vakuumtechnologie, Faserdämmstoffen und

	Dämmschäumen aus nachwachsenden und mineralischen Rohstoffen
Wand	Optimierung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) hinsichtlich Materialien, Schichtenaufbau, Befestigungstechniken, Anschlüssen und Arbeitsablauf sowie Logistik
	Erhöhung des Vorfertigungsgrades von WDVS und sonstigen Dämmsystemen durch digitale Bestandsaufnahme und vorgefertigte elementierte Dämmelemente
	Integrale kostengünstige Gestaltungselemente bei Dämmtechnologien
Dach	Optimierung von integralen Dämmsystemen bei der Dachsanierung (Steildach, Flachdach) unter Berücksichtigung von Luft- und Winddichtheit sowie Wärmebrückenminimierung
	Einfache Lösungen für Luft- und Winddichtheitsanschlüsse im Trockenbaubereich inkl. Durchdringungen
Kellerdecke	Kostenoptimierte Systemlösungen für Kellerdeckendämmung: Dämmung in einem Arbeitsgang von der Unterseite mit einem einfachen Befestigungssystem
	Kostenoptimierte Systemlösungen für Kellerdeckendämmung: Dämmpaneele als Bodenelement auf der Decke mit minimaler Auftragsstärke auf Basis von Vakuumdämmung
	Wärmebrückenreduzierung für KG-Decken-Anschlüsse mit konstruktiv und gestalterisch optimierten Komponenten

Fenster	Entwicklung von Fertigungs- und Vertriebsstrategien zur Kostenoptimierung vorhandener Passivhaus-Fenstersysteme mit $U_w < 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
	Informationsoffensive gemeinsam mit der Fensterindustrie zur flächendeckenden Anwendung hocheffizienter Fenstersysteme mit $U_w < 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei der Sanierung
	Einsatz von Vakuumtechnologie bei Verglasung und Fensterrahmenkonstruktionen inkl. Verbundlösungen für Rahmen und Verglasungen
Tür- und Sonderelemente	Entwicklung von Fertigungs- und Vertriebsstrategien zur Kostenoptimierung vorhandener Passivhaus-Sonderelement mit $U_w < 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
	Einsatz von Vakuumdämmung bei Paneel- und Sonderelementen
Wärmebrücken	Wärmebrückenkatalog für Gebäudesanierungen (50er-70er Jahre) mit Passivhaustechnologie
	Vereinfachtes Wärmebrückenberechnungsprogramm auf Grundlage von Standard-Details mit variablen Eingabeparametern (Dämmdicken, Wanddicken, Lambda-Werte etc.)
	Kosten-Nutzen-Analyse für Standard-Wärmebrücken bei der Sanierung
Luftdichtheit	Analyse von Bestandsgebäuden und symptomatischen Konstruktionen und Anschlüssen hinsichtlich ihrer Luftdichtheit
	Kostengünstige Lösungen für die Luft- und

	Winddichtheitsstrategien hinsichtlich Standard-Details bei der Sanierung
	Optimierung von Blower-Door-Messverfahren bei der Sanierung
Lüftungstechnik	s. Handlungsmatrix unter dem Kapitel „Lüftung“
Qualitätssicherung	Vereinfachung und Kostenoptimierung von Qualitätssicherungsverfahren wie IR-Thermografie, Blower-Door-Tests, Messung von Lüftungsparametern und Raumluftqualität
Monitoring und Messverfahren	Integration von einfachen Monitoring-Systemen in Regelungssysteme der Technischen Gebäudeausrüstung zur effizienten Anwendung von Facility-Management im Wohngebäudebereich und gleichzeitigen Senkung der Neben- und Abrechnungskosten
Strategien zur Umsetzung	Fortschreibung von Strategieansätzen für energieeffiziente Gebäudesanierung unter Einbeziehung der gesellschaftlich relevanten Gruppen
Förderung	Systematische Fortführung der Analyse von sinnvollen Fördermöglichkeiten in Abhängigkeit von der Entwicklung der Energieeffizienz, der Komponenten und der ökologisch-ökonomischen Rahmenbedingungen
Öffentlichkeitsarbeit	Integrale Einbettung von relevanten aktuellen Fragen des Wohnens und Bauens in den Lehrplan (zum großen Teil in bestehende Fächer integriert) an Schulen (Wohngesundheit, Bauphysik, Komfort, Lüftung, Energieeffizienz etc.)

Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse

Vorbemerkungen und Wegweiser

Das Potenzial der energetischen Gebäudesanierung zur Ressourceneinsparung und CO₂-Minderung unterliegt in den letzten Jahren einer hochdynamischen Entwicklung. Die umfassende Beschreibung dieser Vorgänge ist Ziel dieser Arbeit. Der entscheidende Innovationsfaktor liegt dabei in der Zusammenführung von Effizienz und Kostenoptimierung, um eine breitenwirksame Umsetzung zu erhalten.

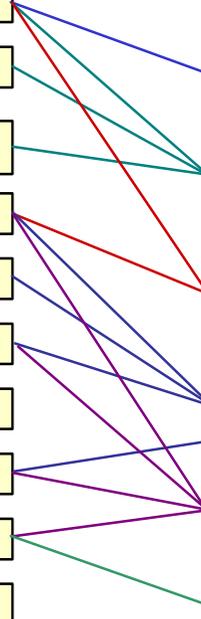
Die neuen Aspekte des Ansatzes können nicht auf einen singulären Aspekt reduziert werden. Die wesentlichen Zielpunkte werden in der unten stehenden Auflistung zusammengefasst. Die Linien zeigen Verbindungen zu den Kapiteln der Arbeit auf. In der zusammenfassenden Einleitung werden auf den folgenden Seiten zu jedem der aufgeführten Punkte die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit in kurzer Form zusammen gestellt.

Inhaltsverzeichnis – Hauptgliederungspunkte

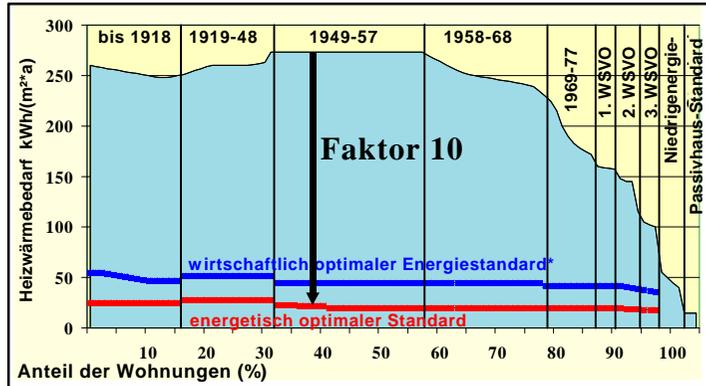
1. Grundlagen und Zielsetzungen
2. Anforderungen an energetische Optimierung bei der Sanierung
3. Anforderungen an die Haustechnik bei der Sanierung
4. Bauphysik und Wohnkomfort
5. Beispiele für energetische Sanierung Richtung Faktor 10
6. Ökonomische Auswertung der dargestellten Beispiele
7. Wirtschaftlichkeit
8. Vereinigung von Ökonomie und Ökologie
9. Finanzierung und Förderungen
10. Strategien zur breitenwirksamen Umsetzung
11. Ausblick

Zusammenfassung neuer Aspekte des Ansatzes

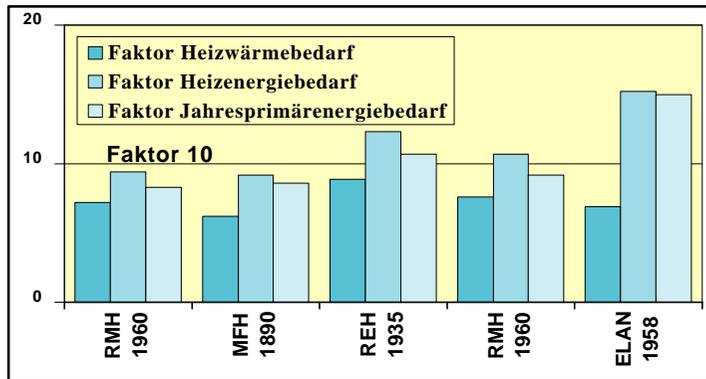
1. Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10
Anforderungen – Potenzial – Begriffserläuterung
2. Entwicklungsprofil für energieeffiziente Sanierungskomponenten
Innovationsanforderungen – Effizienz- und Kostenentwicklung
3. Bauphysikalische Bewertung, Raumlufthygiene und Komfort
Wiss. Pilotprojektbegleitung: Bauphysik – Lüftung – Raumlufthygiene
4. Beispiele mit Faktor 10 – Wirtschaftlichkeitsauswertung
Projektauswertung und Entwicklungsprognose: Effizienz und Kosten
5. Beispiel mit Faktor 10 – Auswertung verschiedener Standards
Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Förderungsanforderungen
6. Strategien zur Umsetzung: von Modellprojekten zur Breitenwirkung
Initiativen Bund – Land – Region, konkreter Ansatz: DBU-Projekt
7. Prognosen für die Entwicklung der Sanierung mit Faktor 10



Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10

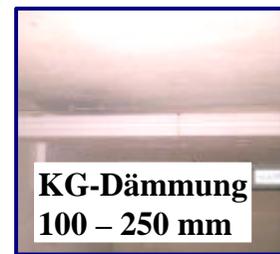


Sanierung mit Faktor 10 ist technisch kein Problem. Der 3-Liter-Standard im Bestand wird durch markt-eingeführte Komponenten definiert, die sich beim Passivhaus-Neubau bewährt haben. Anforderungsprofile zeigen die Fototexte (rechts/unten) auf. Energieeffiziente Gebäudesanierung erfasst ein Drittel des Endenergieverbrauchs (BRD) und bewirkt mit bestem Kosten-Nutzen-Verhältnis Ressourceneinsparung, Klimaschutz und eine Belebung der Bauwirtschaft.



Faktor 10 ist ein Symbol, keine Rechenvorschrift. Das Diagramm zeigt Einsparfaktoren von sanierten Beispielprojekten (Kap. 5.2) hinsichtlich verschiedener Bewertungsaspekte wie:

- Heizwärmebedarf
Anforderung z. B. 30 kWh/(m²a) nach PHPP
- Heizenergiebedarf
Anforderung z. B. 30-40 kWh/(m²a) nach EnEV
- Jahresprimärenergiebedarf (inkl. Warmwasser)
Anforderung z. B. 40 – 55 kWh/m²a nach EnEV



Entwicklungsprofil für energieeffiziente Sanierungskomponenten

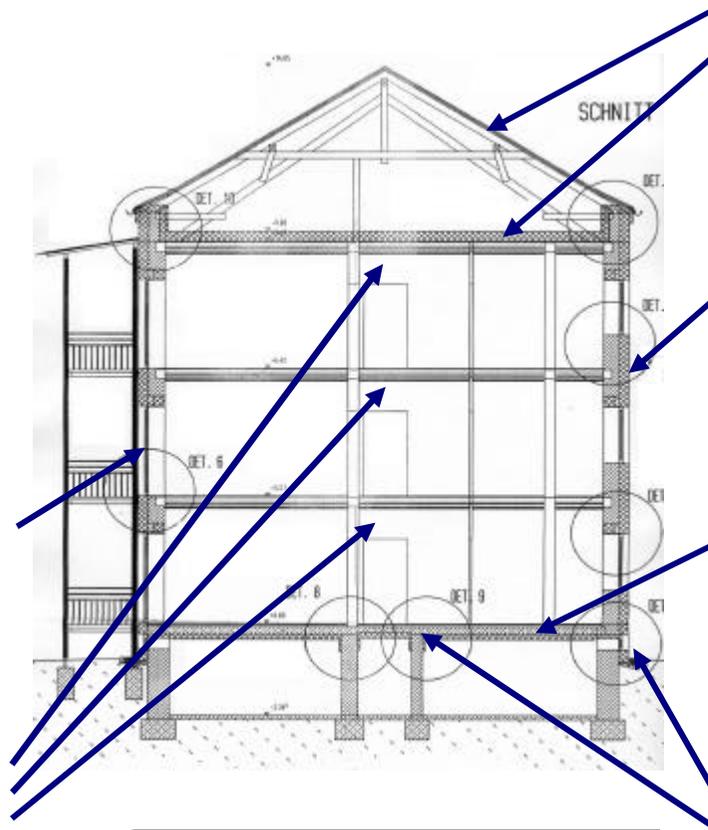
In Kapitel 2 werden marktgängige energieeffiziente Komponenten dargestellt und auf Verbesserungspotenzial und Kostenentwicklungen untersucht. Dieser Prozess wurde gemeinsam mit Industriepartnern im Rahmen des BV Jean-Paul-Platz (Kap. 5.2.5) durchgeführt. Innovationen werden durch ein gemeinsames DBU-Projekt (Kap. 10.3) gefördert. Die Kosten- und Effizienz-Prognosen in den Tabellen resultieren aus diesem Prozess.

Fenster	UW [W/(m²K)]	Kosten/m²
Standard vor Sanierung	2,6-5,6	
Standardsanierung	1,7 / g = 0,58	255 €
Passivhaus-Sanierung	0,8 / g = 0,5	395 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,8 / g = 0,5	300 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,6 / g = 0,6	280 €

s. Kap. 2.4.4

Lüftung	Wärmebereitstell.	Kosten/m² (WE 100m²)
	$\eta_{\text{WBGt,eff}}$	€/m²
Standard vor Sanierung	0,00	
Standardsanierung	0,00	
EnEV-Sanierung	75%	50 €
Passivhaus-Sanierung	85%	55 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	87%	45 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	90%	35 €

s. Kapitel 3.1



Heizung und Trinkwassererw.
 Versorgungssysteme mit minimierten Heizleistungen und möglichst hohem regenerativen Deckungsanteil
 s. Kapitel 3.2 (Darstellung von Entwicklungen und Anforderungen an Innovationen)

Dachdämmung	U [W/(m²K)]	Kosten/m²
Standard vor Sanierung	0,8-1,5	
Standardsanierung	0,26	21 €
EnEV-Sanierung	0,15	30 €
Passivhaus-Sanierung	0,12	36 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,10	35 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,08	35 €

s. Kapitel 2.4.3

WDVS	U [W/(m²K)]	Kosten/m²
Standard vor Sanierung	0,9-1,7	
Standardsanierung	0,40	60 €
EnEV-Sanierung	0,20	70 €
Passivhaus-Sanierung	0,16	75 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,14	75 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,12	75 €

s. Kapitel 2.4.2

Kellerdämmung	U [W/(m²K)]	Kosten/m²
Standard vor Sanierung	0,7-1,5	
Standardsanierung	0,60	36 €
EnEV-Sanierung	0,30	41 €
Passivhaus-Sanierung	0,20	45 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,16	45 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,14	40 €

s. Kapitel 2.4.2

Wärmebrücken	effiziente Sanierung	Jean-Paul-Platz 4
	Ψ_a (W/(mK))	Ψ_a (W/(mK))
Sockel Keller-EG	0,05-0,2	0,134
Innenwand Keller-EG	0,15-0,4	0,300
Kniestock	0,0-0,1	0,056
Fenstereinbau seitlich	0,01-0,02	0,017
Fenstereinbau unten	0,01-0,03	0,030

s. Kap. 2.5

Bauphysikalische Bewertung, Raumlufthygiene und Komfort

Neue Techniken erfordern Qualitätssicherung, um Fehlfunktionen und Belastungen auszuschließen: aufbauend auf zahlreichen Messungen bei der wissenschaftlichen Begleitung von Passivhaus-Neubauten werden für die Sanierung diese Untersuchungen fortgeschrieben und weiter Geführt.

Keine Kondenswasser- und Schimmelbildung

außen -10°C

Qualitätssicherung Bauphysik

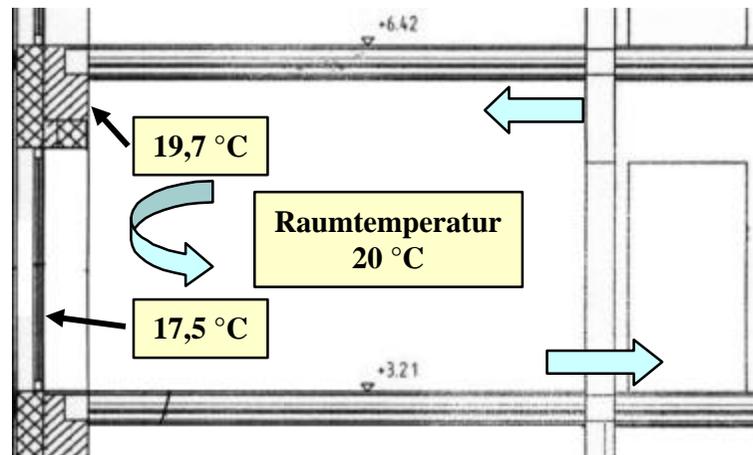
- Wärmebrücken
- Berechnungen
- Infrarotthermografie
- Luftdichtheit /Winddichtheit
- Besonderheiten Bestand
- Blower-Door-Messungen
- Detailoptimierung

s. Kap. 2.5-2.6

Lüftung
Definierte Mindest-Luftwechselrate
0,4 – 0,8 h⁻¹ (30 m³/h pro Person)
(bei Fensterlüftung undefiniert und meist geringer) s. Kap. 3.1

Qualitätssicherung Lüftungsanlage

- Inbetriebnahme/Einregulierung
- Luftverteilung (s. Kap. 4.5.3)
 - Tracer-Gas-Messung
 - CO₂-Messung
 - Nebel-Visualisierung
- Schallschutz (s. Kap. 4.6)



Qualitätssicherung Raumluft

- Messreihen (VOC's etc.)
- Hausstaub und Mikroorganismen
- Verlaufsmessungen (mittel-/langzeit)
- Lüftung und Luftionisation (Kap 4.4)

Bauphysik: Behaglichkeit
warme Oberflächen innen:

- Fenster und Umfassungsflächen
- max. Temperaturdifferenz 4 K
- Kein Heizkörper vor Fenster erforderlich (s. Kap. 4.1/4.2)

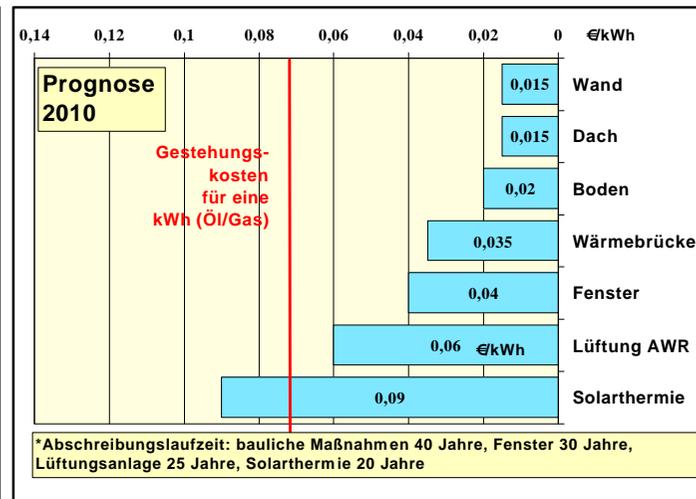
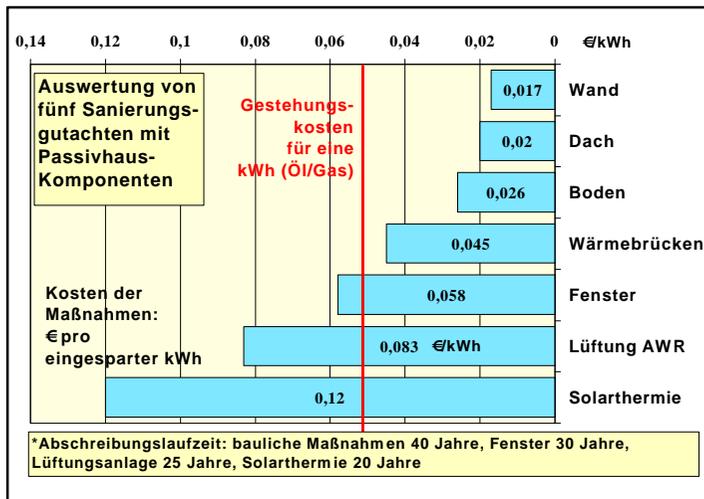
Ergebnis:
Die bauphysikalischen Bedingungen werden grundlegend verbessert und erfahren weitere Komforterhöhung gegenüber Niedrigenergie-technik. Lüftungstechnik ist die Schlüssel-technologie zur Sicherung hoher Raumlufqualität. Es entfällt der Zwang zur regelmäßigen Fensterlüftung, was als Komfortfaktor zu sehen ist.

Beispiele mit Faktor 10 – Wirtschaftlichkeitsauswertung

In Kapitel 5.2 werden Bauvorhaben dokumentiert, bei denen eine Sanierung mit Faktor 10 geplant wurde. Drei der fünf Projekte sind inzwischen realisiert.

Anhand der Beispielprojekte wurden Wirtschaftlichkeit und Effizienz der Einzel-Maßnahmen ausgewertet, indem die Gestehungskosten pro eingesparter kWh ermittelt wurden. Die Abbildung unten links stellt die Ergebnisse Zusammen.

		RMH 1960		MFH 1890		Jugendzentrum		REH 1935		RMH 1960		
		Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	
		Kap. 5.2.1		Kap. 5.2.2		Kap. 5.2.3		Kap. 5.2.4		Kap. 5.2.5		
Beheizte Fläche	m ²	120		500		1350		130 (+ 51)		895		
Wand	U	W/(m ² K)	1,20	0,14	1,9/1,3	0,45/0,15	1,90	0,16	1,60	0,17	1,40	0,15
Dach	U	W/(m ² K)	0,50	0,10	1,05	0,10	1,20	0,20	1,20	0,11	0,87	0,12
Grund	U	W/(m ² K)	0,82	0,25	0,87	0,25	2,60	0,20	1,00	0,21	0,88	0,19
Fenster	U _w	W/(m ² K)	2,80	0,76	2,8-5,6	0,76	5,6/2,8	0,8/1,4	2,80	0,80	2,80	0,80
Luftdichtheit		h ⁻¹	ca. 5,0	0,60	ca. 8	1,00	ca. 8	0,60	ca. 5,0	1,50	ca. 5,0	0,60
Lüftung				AWR		AWR		AWR		AWR		AWR
Heizwärmebedarf (PHPP)	Q _H		179,4	25,0	254,0	41,0	414,0	60,0	301,0	34,0	204,0	27,0
Anlagenaufwand Heizung			1,50	1,15	1,70	1,15	1,65	0,75	1,60	1,15	1,55	1,10
Heizenergiebedarf			269,1	28,8	431,8	47,2	683,1	45,0	481,6	39,1	316,2	29,7
Heizwärme Warmwasser	q _{tw}		17,2	17,2	17,2	17,2	5,0	5,0	17,2	17,2	17,2	17,2
Anlagenaufwandszahl	e _p		1,70	0,95	1,85	1,00	1,75	0,75	1,80	1,05	1,75	0,95
Jahresprimärenergiebedarf	Q _p "		334,2	40,1	501,7	58,2	733,3	48,8	572,8	53,8	387,1	42,0
Faktor Heizwärmebedarf			7,2			6,2		6,9		8,9		7,6
Faktor Heizenergiebedarf			9,4			9,2		15,2		12,3		10,7
Faktor Jahresprimärenergiebedarf			8,3			8,6		15,0		10,7		9,2



Die Auswertung wurde auf 2006 – 2010 - 2020 fortgeschrieben. Als Grundlage dienen die in Kapitel 2 beschriebenen Produkt- und Kostenentwicklungen. In den kommenden Jahren werden die Maßnahmen zunehmend wirtschaftlicher und unterschreiten Kosten fossiler Energieträger (s. Prognose 2010).

Beispiel mit Faktor 10 – Auswertung verschiedener Standards

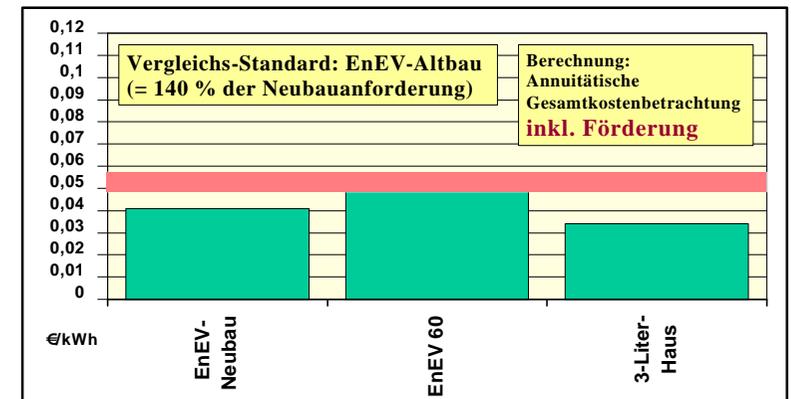
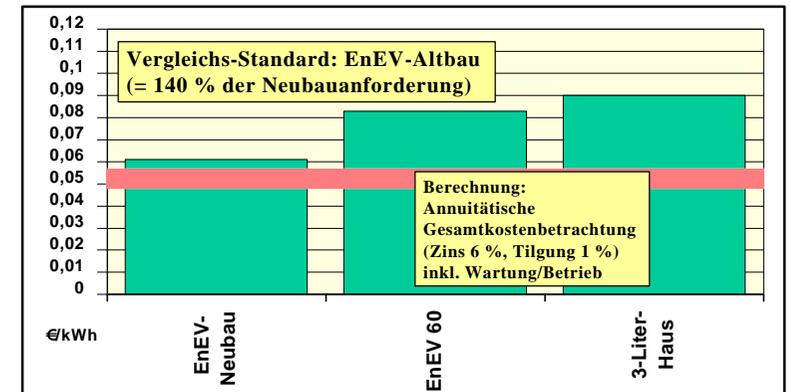
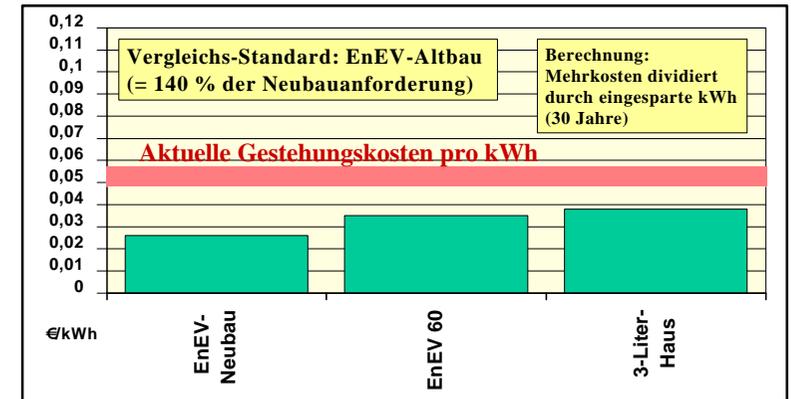
Die Auswertung der 3-Liter-Sanierung Jean-Paul-Platz 4 inkl. Vergleich abgestufter Sanierungsstandards ermöglicht Aussagen zur Wirtschaftlichkeit. In der Tabelle sind Standards, Maßnahmen, Energiekennwerte und Kosten aufgelistet:

- EnEV 140: Standardsanierung
- EnEV-Neubau-Anforderung
- EnEV 60: 60 % von Neubau
- 3-Liter-Haus » EnEV 45 %

Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich nach Kosten pro eingesparter kWh zeigt, dass sich bei gezielter Förderung und kostenoptimierter Planung energieeffiziente Sanierung rechnet = Voraussetzung breitenwirksamer Umsetzung:

Oben: lineare Berechnung
Mitte: Annuitätische Gesamtkostenbetrachtung inkl. Wartung/ Betrieb
Unten: Einbeziehung von Fördermitteln (KfW / Bonus für 3-Liter-Haus) (s. Kapitel 7.3)

Vergleich von vier Sanierungsvarianten	Bestand	EnEV 140%	EnEV-Neubau	EnEV 60%	3-Liter-Haus
	U-Wert	Dämmung	Dämmung	Dämmung	Dämmung
	W/(m²K)	mm / WLG 035	mm / WLG 036	mm / WLG 037	mm / WLG 038
Wand	1,56	60	160	200	200
Dach	1,12	100	200	250	250
Grund	1,23	20	100	140	140
Fenster	2,60	1,70	1,50	0,80	0,80
Türen	2,60	1,80	1,80	1,20	1,20
Wärmebrücken		zzgl. 0,1	zzgl. 0,1	Einzelnachw.	Einzelnachw.
Luftdichtheit		keine Maßn.	keine Maßn.	Blower-Door	Blower-Door
Lüftung	manuell	manuell	manuell	manuell	AWR
Berechnung nach EnEV (kWh/m²a)					
Heizwärmebedarf	141,7	67,0	48,9	26,0	26,0
Jahresprimärenergiebedarf	231,3	119,3	86,0	50,1	40,4
wie vor, jedoch Bezug A _{EB}	332,1	171,2	123,4	71,9	58,0
wie vor, jedoch nach PHPP	361,8	265,1	110,2	83,9	46,8
Kosten pro m² Wohnfläche					
Reine Baukosten inkl. MWSt.	€/m²	289 €	398 €	462 €	513 €
Kosten inkl. Nebenkosten	€/m²	329 €	454 €	526 €	584 €



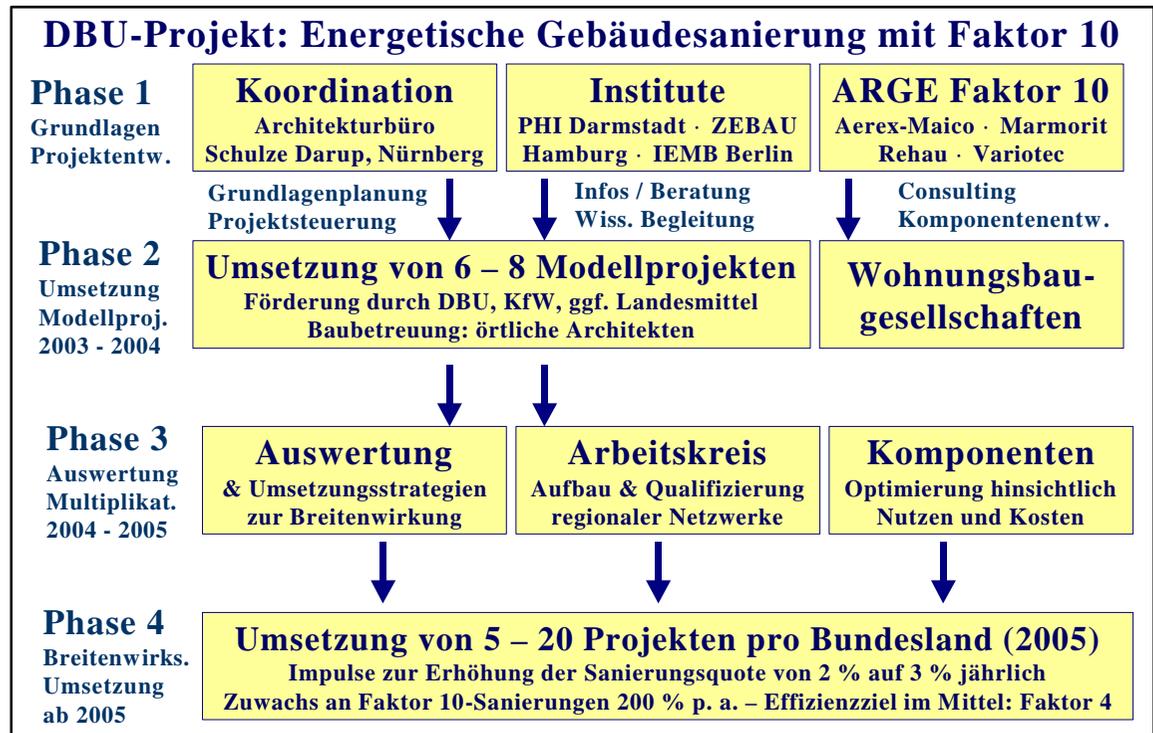
Strategien zur Umsetzung: von Modellprojekten zur Breitenwirkung

Regionen / Kommunen:
Netzwerke von Kompetenzträgern,
Wohnungsbaugesellschaften,
Institutionen und kommunalen
Entscheidungssträgern (Kap. 10.2.1)

Land:
Rahmenbedingungen für Wohnungs-
bauförderung, Sonderförderungen
für breitenwirksame Modellprojekte
sowie Initiativen zur Motivation von
Regionen und Kommunen
(Kap. 10.2.2)

Bund:
Förderungs-Rahmenbedingungen,
Koordination beteiligter Ministerien,
Aufbau von Multiplikatorstrukturen,
Öffentlichkeitsarbeit und
Wettbewerben (Kap. 10.2.3)

Die Strategie zur Umsetzung effizienter Sanierung liegt in der Addition einzelner guter Beispielprojekte. Dazu müssen auf nationaler Ebene Rahmenbedingungen geschaffen werden, um in regionalen Kompetenz-Verbänden eine stetig wachsende Zahl von Projekten auf den Weg zu bringen.



Auf Grundlage des DBU-Projekts und der Umsetzung des Projekts Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg haben sich aus der theoretischen Bearbeitung des Themas sehr konkrete Anknüpfungspunkte ergeben: die geplanten 6 bis 8 DBU-Modellprojekte werden gemeinsam mit einer DENA-Initiative auf ca. 20 Projekte erhöht. Dafür werden über das BMVBW und die KfW angepasste Förderungen initiiert. Darüber hinaus werden regionale Qualifizierungszentren angestrebt, die für weitere Multiplikatorwirkung sorgen sollen.

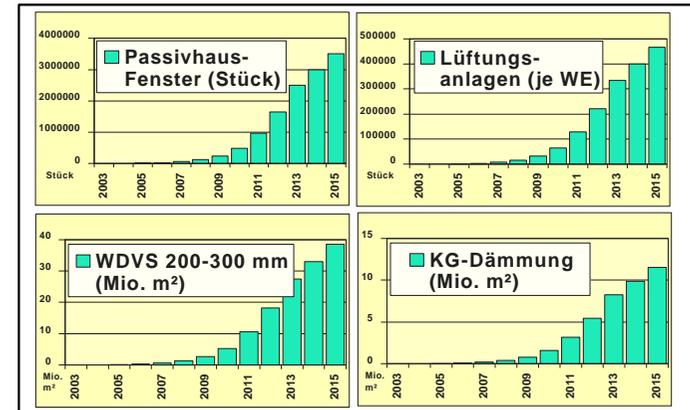
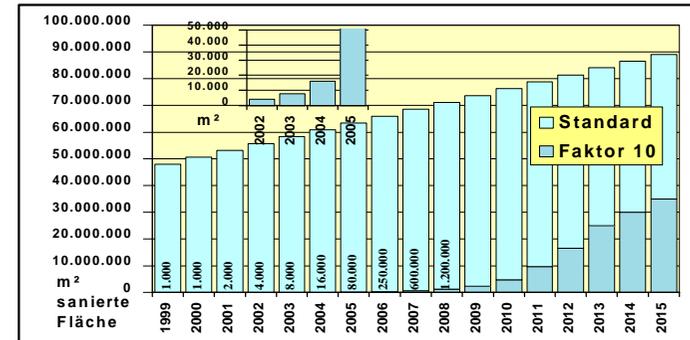
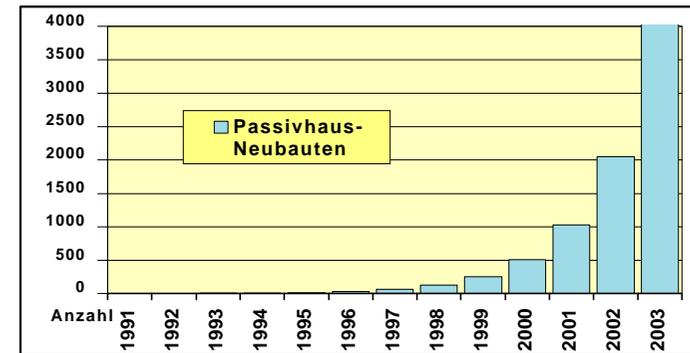
Prognosen für die Entwicklung der Sanierung mit Faktor 10

Die Entwicklung der Niedrigenergiebauweise setzte Mitte der achtziger Jahre ein – etwa fünfzehn Jahre später erhielt der Standard durch die EnEV Allgemeingültigkeit.

Die Passivhaustechnologie und angrenzenden Standards wie Ultra-, Null- oder Plusenergiehaus weisen eine deutlich höhere Dynamik hinsichtlich ihrer Marktdurchdringung auf. Die exponentielle Steigerungskurve von durchschnittlich 100 % p. a. wird in der Abbildung dargestellt. Die Entwicklung wird sich fortsetzen – nicht zuletzt auf Grund flankierender politischer Maßnahmen.

Aus dem Zahlenmaterial von bereits absehbaren Projekten der nächsten Jahre lässt sich erkennen, dass die Wachstumskurve bei der Sanierung mit Faktor 10 nochmals höher ausfallen wird als beim Passivhaus-Neubau. Es ist absehbar, dass bis zum Jahr 2015 mindestens ein Drittel der Sanierungen in hocheffizienter Form ausgeführt wird – bei gleichfalls deutlich steigender Energieeffizienz im Sanierungs-Querschnitt. (s. Kap. 10.4)
Sinnvoll eingesetzte Fördermittel fließen volkswirtschaftlich gesehen im Verhältnis 1 : 1 wieder in die Staatskasse zurück. (s. Kap. 9.4)

Bauwirtschaft und Planer sind gut beraten, wenn sie sich dieses hohe Tätigkeitspotenzial gezielt erschließen und dadurch die rückläufige Branchenentwicklung der letzten Jahre ausgleichen. Industrie und Komponentenhersteller haben die gebotene Chance bereits erkannt und gehen mit ihrer Produktentwicklung in Vorleistung. Dies ist angesichts des im Diagramm erkennbaren Umsatzpotenzials eine sinnvolle Entscheidung. Die Marktentwicklung wird sinkende Kosten mit sich bringen. Die Vereinigung von Ökonomie und Ökologie lässt sich kaum eindrucksvoller darstellen!



Anlagen

Anlagen befinden sich auf Grund ihres hohen Umfangs nur auf der beigefügten CD-Rom. Dort ist die vollständige Arbeit in digitaler Form als PDF-Format gespeichert.

Rufen Sie Ihr Laufwerk-Verzeichnis auf und markieren Sie die Datei mit einem Doppelklick. Sie benötigen dazu den Acrobat Reader, der auf nahezu jedem PC installiert ist (ggf. kostenlos downloaden).

Alle Daten wurden in einer einzigen Datei zusammen gefasst. Sie können im Haupttext die grau hinterlegten Anlagen mit der Maus anklicken und geraten dann automatisch zu der jeweiligen Anlage. Am Ende der Anlage befindet sich ein Button, mit dem Sie zurück zum Haupttext gelangen. Alternativ ist dies über das Lesezeichen-Verzeichnis möglich, in dem sich die Gliederung der Arbeit befindet. Ziehen Sie dazu mit der Maus rechts von der linken Menüleiste ein Fenster auf oder gehen folgenden Weg: Menüleiste oben: FENSTER, danach: LESEZEICHEN EINBLENDEN (F5).

Über die Lesezeichen-Leiste können Sie komfortabel zwischen den verschiedenen Kapiteln wählen. Die Systematik entspricht dem Windows-Explorer.

Statusbericht zum Thema “Niedrigenergiehäuser im Bestand“

Eine Untersuchung im Auftrag der
Deutschen Energie-Agentur (dena)



Statusbericht zum Thema „Niedrigenergiehäuser im Bestand“

Eine Untersuchung im Auftrag der
Deutschen Energie-Agentur (dena)

Autoren: Eberhard Hinz
 Marc Großklos
 Rolf Born

Darmstadt, den 20. Dezember 2002

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH
Annastraße 15
64285 Darmstadt
Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97
Internet: www.iwu.de

Inhalt

1 Einführung.....	1
2 Ergebnisse.....	2
3 Systematische Analysen von Sanierungsprojekten	5
4 Förderprogramme / Wettbewerbe	7
5 Besondere Projekte einzelner Wohnungsunternehmen.....	12
6 Tabellarische Zusammenfassung der Projekte.....	24
7 Weitere Literatur.....	33
8 Anhang.....	34

1 Einführung

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) plant im nächsten Jahr die Durchführung eines Projekts zur energetischen Modernisierung auf Niedrigenergiehaus-Niveau. In einer ad-hoc Studie sollen dazu der derzeitige Stand der Forschung, bisher durchgeführte Projekte und mögliche Fördermittelgeber in einem Grobscreening untersucht und ausgewertet werden.

Auf der Basis von Fachliteratur, Datenbanken, Internet, Telefoninterviews und Erfahrungen des IWU wurde der Forschungsstand der energetischen Modernisierung auf Niedrigenergiehaus-Standard dokumentiert, Pilotprojekte zusammengetragen und Fördermittelgeber aufgelistet. Im Einzelnen wurden folgende Aspekte beleuchtet:

- Welche Forschungsvorhaben und Projekte gibt es bereits, die eine ähnliche Zielsetzung haben, wie sind die energetischen Standards definiert (Frage: wird das NEH erreicht, Energieeffizienz-Klasse A) und stehen diese in Konkurrenz zu dem Projekt der dena?
- Welche Auswertungen der Projekte sind verfügbar und nach welchen Kriterien wurden diese durchgeführt. Gibt es systematische Auswertungen vergleichbarer Projekte?
- Stehen Kostendaten und Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung und wurden wohnungswirtschaftliche Fragestellungen bearbeitet?
- Wurden Mieterbeteiligungen, Wohnumfeldverbesserungen oder städtebauliche Maßnahmen durchgeführt?
- Welche Themenfelder wurden bereits bearbeitet und wie umfassend wurden sie behandelt?
- Welche thematisch relevanten Datenbanken und Informationsangebote bestehen?
- Welche Förderprogramme stehen im Bestand zur Verfügung?

Die Auswertung betrachtet sowohl die Technik für Gebäudehülle (Dämmstoffe, Fenster, transparente Wärmedämmung, etc.) als auch die Anlagentechnik (Heizung, Lüftung, Warmwasser, fossil und regenerativ) sowie die Fragestellung der Einbettung der Maßnahmen in einen umfassenden Sanierungskontext ganzer Kleinsiedlungen und Stadtquartiere.

Im ersten Teil des Berichtes werden die zentralen Fragestellungen beantwortet und Handlungsempfehlungen gegeben. Im zweiten Teil werden die recherchierten Projekte kurz beschrieben und auf weitere Informationsquellen hingewiesen. Im dritten Teil sind die Projekte in tabellarischer Form dokumentiert.

Die zeitlich sehr eingegrenzte Recherche kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Zudem konnte nur auf vorliegende Publikationen, i.w. aus dem Internet und Datenbanken zurückgegriffen werden. Bei vielen Akteuren wurde telefonisch nach geeigneten Projekten gefragt. Es konnten jedoch nur solche Projekte aufgenommen werden, zu denen Publikationen und Berichte vorlagen. Tiefergehende Interviews mit den Akteuren aus der Wohnungswirtschaft, um deren Erfahrungen für die Studie zu nutzen, waren aus zeitlichen Gründen nicht möglich.

2 Ergebnisse

Im Rahmen der ad-hoc-Studie wurde mit ca. 30 Wohnungsunternehmen, Ingenieurbüros oder städtischen Verwaltungen telefonisch Kontakt aufgenommen. Zudem wurde eine umfangreiche Internet-Recherche durchgeführt. Diese Recherchen und die langjährige Kooperation unseres Instituts mit der Wohnungswirtschaft sind die Grundlage für die nachfolgenden Aussagen.

Forschungsvorhaben und Projekte mit ähnlicher Zielsetzung

Bei der Recherche konnten letztlich keine Vorhaben gefunden werden, die den Zielsetzungen des Projektes „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ entsprechen. Es existieren allerdings Projekte, die zumindest Teilaspekte bearbeiten oder auch in Teilbereichen über die Zielsetzungen des Projektes „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ hinausgehen, wie z. B. das Vorhaben der DBU zum Thema Bestandssanierung mit dem Faktor 10 für Gebäude aus den 50er und 60er Jahren auf Passivhausstandard. Das Vorhaben der DBU ist daher nicht als Konkurrenz zum geplanten DENA-Projekt zu sehen, sondern als Ergänzung, indem es eine realistische Perspektive für die Zukunft aufzeigt.

Vorbildhaft für die Kooperation mit lokalen bzw. regionalen Partnern könnten die inzwischen langjährigen Aktivitäten im Bereich der energetischen Bestandssanierung in der Region Hannover mit der neu gegründeten Klimaschutzagentur Region Hannover, dem Netzwerk „Haus-Partner-Hannover“ und dem proKlima-Fonds Hannover sein. Die Aktivitäten in der Region Hannover sind allerdings – im Unterschied zum geplanten Projekt „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ – als Breitenförderung angelegt. Zudem wird in Hannover nicht die „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ eingefordert. Die Erfahrungen in Hannover sind jedoch insofern interessant, weil hier seit langem die unterschiedlichen Akteure mit gegenseitigem Nutzen kooperieren.

Verfügbare Auswertungen

Eine umfassende und systematische Auswertung zur energetisch vorbildhaften Altbauersanierung liegt bisher nicht vor. Es gibt aber inzwischen einige Publikationen, die sich unter verschiedenen Aspekten mit dem Thema der energetischen Altbauersanierung befassen. Das Spektrum reicht von dem Projekt „Soziale Stadt“ über Auswertungen zu investiven Breiten-Förderprogrammen bis hin zu wissenschaftlichen Analysen mit sehr detaillierten Fragestellungen. Eine relativ ausführliche Dokumentation ist die Projektdatenbank EnSan. Interessant erscheinen auch die aktuellen Arbeiten der DBU zum „Leitbild eines solaren Städtebaus“. Unterlagen dazu konnten allerdings in der Kürze der Zeit nicht eingesehen werden.

Die meisten der unten dargestellten Projekte erreichen Energiekennwerte $< 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, es liegen die Maßnahmenbeschreibungen vor sowie bei den meisten Projekten auch Kostangaben. Es bietet sich daher an, auf der Basis dieser Recherche eine zentrale Datenbank bei der DENA aufzubauen.

Kostendaten und Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit

In der ad-hoc Recherche haben sich einige Unternehmen als besonders innovativ bei der Bewertung ökonomischer und ökologischer (Energie) Fragestellungen gezeigt, wie z. B. die LUWOG Ludwighamfen, die Nassauische Heimstätte, die Wohnbau Mainz, die Volkswohnung Karlsruhe und die WBG Nürnberg. Es ist allerdings nicht bekannt, wie weit auch andere Unternehmen als Basis für die Modernisierungsmaßnahmen Struktur- und Marktanalysen durchgeführt haben.

Fragen der ökonomischen Bewertung oder des wertschaffenden Umweltmanagements von Unternehmen sind in der Wohnungswirtschaft im allgemeinen bisher nicht genügend berücksichtigt. Neben technischen Fragestellungen der energetischen Bestandssanierung sollten daher gerade auch

ökonomische Fragestellungen im Rahmen des Projektes „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ bearbeitet werden.

Ökologisch effektiver Umweltschutz, der als nicht rentierliche Investition Unternehmenswert zerstört, findet langfristig keine Akzeptanz. Andererseits sind Modernisierungen ohne eine Verbesserung des energetischen Standards mit weiterhin starken Umweltbelastungen durch hohen Energieverbrauch auch vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Entwicklungen nicht mehr zeitgemäß. In diesem Spannungsfeld agieren Unternehmen. Je bedeutender Umweltfragen für Wohnungsunternehmen werden und je mehr Mittel sie dafür aufwenden, desto dringender stellt sich allerdings die Frage, ob die Investitionen und Aktivitäten das Unternehmen beim Erreichen seiner (Wert-)Ziele unterstützen. Anders formuliert: Schaffen die Umweltaktivitäten eines Unternehmens Unternehmenswert? Diese Frage ist gerade auch aus der Sicht einer nachhaltigen Entwicklung von besonderer Bedeutung. Es wird daher mit entscheidend sein, im Projekt „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ energiesparende Investitionen als Optionen in die Zukunft herauszustellen. Es gilt herauszuarbeiten, dass energiesparende Investitionen den Wert eines Unternehmens steigern und erst so Umweltschutz in Kombination mit sozialen Fragestellungen auch tatsächlich „nachhaltig“ werden kann.

Mieterbeteiligung, Wohnumfeldverbesserung, städtebauliche Maßnahmen

Da es sich bei den unten dargestellten Projekten in der Regel um die Sanierung ganzer Siedlungen oder einzelner Projekte im Umfeld der Sanierung einer Siedlung handelt, sind die baulichen Maßnahmen in der Regel in ein Konzept zur Wohnumfeldverbesserung integriert. Die Neugestaltung kann auch im Zusammenhang mit angestrebten neuen Zielgruppen eines Unternehmens erforderlich werden, z.B. für junge Familie oder ältere Menschen. Besonders weitgehend waren die Maßnahmen der Volkswohnung Karlsruhe. Hier wurde auch eine sozialwissenschaftliche Analyse der Nutzerakzeptanz durchgeführt.

Vollmodernisierungen sind gegen den Willen von Mietern nur schwer realisierbar. Zwar müssen die Mieter die Durchführung von Erneuerungsmaßnahmen im Haus und auch in ihren Wohnungen dulden, Wohnungsunternehmen scheuen aber den Konflikt mit ihren Kunden, den Mietern. Vor diesem Hintergrund sind verschiedene Formen der Mieterbeteiligung bei Modernisierungen üblich. Allerdings bestehen große Unterschiede, je nach Größe der Projekte: Während kleinere Modernisierungen in der Regel ohne wesentliche Mieterbeteiligungen durchgeführt werden, werden die Mieter bei umfassenden Modernisierungsvorhaben intensiv eingebunden.

Zu dem Themenbereich „Mieterbeteiligung“ gibt es eine Vielzahl von Publikationen. Der „Leitfaden für die Wohnungswirtschaft - Nachhaltiges Sanieren im Bestand“ (in der Anlage enthalten), gefördert vom BMBF unter Kooperation der Nassauischen Heimstätte Frankfurt widmet dem Themenkomplex verschiedene Kapitel.

Die Ziele kommunaler Wohnungsunternehmen können eng mit denen der kommunalen Stadtentwicklung verwoben sein. Daher liegt es nahe, dass solche Unternehmen auch städtebauliche Aufgaben erfüllen. Besonders deutlich wird dies z.B. bei der Wohnbau Mainz, die als Gemeinschaftsprojekt mit der Stadtverwaltung Wiesbaden die Sanierung in der Gartenstadt Mainz-Kostheim durchführt. Auch bei diesem Projekt wird dem Thema Mieterbeteiligung ein hoher Stellenwert beigemessen.

Themenspektren realisierter Projekte

Im Bereich der Bestandssanierung ist der umfassende Ansatz der Nachhaltigkeit mit ihren drei Dimensionen (Ökonomie, Ökologie und soziale Fragen) die Ausnahme. Ökologie wird in der Regel eingeeengt auf das Thema Energie. Ökonomische Fragestellungen werden in der Regel nur unzureichend bearbeitet. Zudem sind die Instrumente zur Wirtschaftlichkeitsberechnung häufig unzureichend. Dennoch konnten einzelne Projekte wie das der Nassauischen Heimstätte, der LUWOG oder der WBG Nürnberg gefunden werden, bei denen die Sanierung des Bestandes mit dem An-

spruch der Nachhaltigkeit durchgeführt wurden. Die Erfahrungen aus dem Projekt der Nassauischen Heimstätte sind in den oben genannten Leitfaden eingeflossen. Auch die LEG-NRW beabsichtigt bei der umfassenden Modernisierung ihres Bestandes Aspekte der Nachhaltigkeit zukünftig verstärkt zu berücksichtigen. Es bietet sich an, mit diesen Wohnungsunternehmen im Vorfeld des Projektes „Energieeffizienzklasse A im Bestand“ Kontakt aufzunehmen, um deren Erfahrung aus abgeschlossenen zu nutzen.

Relevante Datenbanken und Informationsangebote

Im Folgenden sind einige der ausgewerteten Datenbanken genannt, die sich als thematisch relevant erwiesen haben:

- Thebis für das 6. EU Rahmenprogramm (thebis.jrc.it)
- BEO-Förderdatenbank (www.beo-jahresbericht.de)
- BAUFO des IRB (www.irb.fhg.de)
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (www.dbu.de)
- EnSan (www.ensan.de)
- BINE (www.bine.info)
- Initiative Arbeit und Klimaschutz (www.arbeitundklimaschutz.de)

Die Literaturdatenbanken, wie die der Technischen Bibliothek Hannover oder kommerzielle ENERGY und ENTEC von STN International haben dagegen wenige zusätzliche Projekte geliefert.

Bei der Auswertung der Datenquellen wurden darüber hinaus u.a. folgende Quellen herangezogen:

- Länder und regionale Programme (Thermie Altbau, ProKlima, Förderprogramme in Schleswig-Holstein, Impulsprogramme wie REN in NRW, Modernisierungswettbewerbe z.B. Hessen, kommunale Programme z.B. Frankfurt am Main, Hessisches Ried, Stadt Münster, etc.)
- Private Initiativen (Modernisierungsinitiative WWF-Deutschland, Initiative Jetzt!, Privatpersonen, etc.)
- Bibliotheken: TIB Hannover, Bibliothek der TU Darmstadt, IWU-Bibliothek
- Zeitschriften etc : PH-Tagungen 1-7, EnergieEffizientes Bauen, „Die Wohnungswirtschaft“, BundesBauBlatt

Das Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza!) stellt auf seiner Homepage (www.eza-online.de) vier Musterobjekte vor, die im Rahmen eines Wettbewerb ausgewählt wurden. Es handelt sich dabei um kleinere Gebäude aus Privatbesitz, die teilweise den NEH-Standard erreichen oder unterschreiten. Die Homepage des Bundesarbeitskreises Altbauerneuerung e.V. (www.altbausanierung.de) bietet Informationen zu Förderprogrammen und Veranstaltungen.

Förderprogramme im Bestand

Neben den bekannten Breiten-Förderprogrammen der KfW existieren eine Reihe weiterer kommunaler Förderprogramme zur energetischen Altbaumodernisierung. Die energetischen Standards sind dabei jedoch sehr unterschiedlich. Breiten-Förderprogramme (z.B. das kommunale Programm der Stadt Viernheim oder Hessisches Ried) setzen oft Mindeststandards bei den Maßnahmen an den einzelnen Bauteilen (z. B. 12 cm Außenwanddämmung) oder streben eine Mindest-CO₂-Einsparung an. Der Niedrigenergiehaus-Standard ist selten direkt als Sanierungsziel definiert.

Im Bereich der Forschungsförderung ist das Bild ähnlich uneinheitlich. Im EnSan-Programm wird eine 50 %-ige Energieeinsparung angestrebt. Die DBU strebt eine Sanierung auf Passivhausstandard an und legt dabei energetische und ökologische Kriterien an. Die einzelnen Programme sind daher schwer zu vergleichen.

Weiterhin gibt es Forschungsvorhaben mit stark wohnungswirtschaftlichen Fragestellungen (z. B. SUREURO), bei denen aber auch systematische energetische Modernisierungen eine Rolle spielen. Eine weitere Gruppe von Vorhaben (z. B. Soziale Stadt) berücksichtigt die Fragen der Energieeinsparung unter dem Aspekt der Sozialverträglichkeit (niedrige Betriebskosten für Personen mit niedrigem Einkommen). Besonders für den Bereich der städtebaulichen Entwicklung gibt es eine Reihe von Projekten und Wettbewerben (z. B. „Gelungene Siedlungen - attraktive Wohnquartiere - lebendige Nachbarschaft“ in Baden-Württemberg, Familienfreundlicher Städtebau in Hessen oder der Bauherrenpreis), die energetische Belange jedoch meist nicht berücksichtigen.

Neben den investiven Förderprogrammen der KfW sowie eventuell kommunalen Förderprogrammen ist vor allem das angelaufene DBU-Projekt „Faktor 10 für 50iger und 60iger Jahre-Wohnhäuser“ (Passivhausstandard) von Interesse für das DENA-Vorhaben. In den DBU-Projekt wird in der ersten Projektphase auf der Grundlage einer Gebäudetypologie für geeignete Projekte Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und ökologische Aspekte überprüft. Als Grundlage dafür dient ein Energiebilanzprogramm (PHPP), das an die Erfordernisse der Sanierung angepasst ist. Daraus resultierend werden Zielgrößen für die Sanierungs- und Komponentenkosten erstellt, die kurz- und mittelfristig erzielbar sind. Auf der Basis marktüblicher Finanzierungsberechnungen werden die daraus erwachsenden Anforderungen für zukünftige Finanzierungs- und Umsetzungsmodelle ermittelt. Parallel dazu wird gemeinsam mit Industriepartnern zielgerichtet Entwicklung von Komponenten betrieben.

Am wichtigsten ist die Projektentwicklung von 6 – 10 Bauvorhaben in mehreren Bundesländern, um eine konkrete Umsetzung zu erzielen. Durch praktische Erfahrungen sollen grundlegende Impulse gegeben und Multiplikatorwirkung erzielt werden. Zu diesem Zweck wird zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt. Die weiteren Phasen des Vorhabens, Pilotphase Bauen mit Durchführung der Modellvorhaben und Konzeption der Bausteine für breitenwirksame Umsetzung auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen sollen eine hohe Kontinuität und Effizienz erzielen:

3 Systematische Analysen von Sanierungsprojekten

Im Folgenden werden ausgewählte Publikationen und Datenbank dargestellt, in denen realisierte Projekte systematisch ausgewertet wurden.

EnSan

In der Publikation von Reiß/Erhorn/Reiber im Rahmen des EnSan-Programms werden 40 modellhafte energetische Sanierungen dokumentiert. Die Projekte stammen aus einem Förderprogramm des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, einem Förderprogramm des BMBFT für Typbauten, dem THERMIE-ALTBAU-Programm in Hannover und einem Gebäude, das vom IWU begleitet wurde. Nach einer ausführlichen Darstellung der Einzelprojekte (mit Literaturangaben) folgt im abschließenden Kapitel eine Zusammenstellung von Flächendaten, der U-Werte vor und nach der Sanierung, von Bedarfs- und Verbrauchswerten vor und nach der Sanierung sowie der Einsparungen. Jährliche Heizkosteneinsparungen, Kosten der energetischen Maßnahmen (für das gesamte Gebäude) und Amortisationszeiten bilden den Abschluss des Buches. Im Mittel wurden 50 % Heizenergieeinsparung erzielt, der berechnete Heizwärmebedarf lag mit 87 kWh/(m²*a) im Mittel über dem NEH-Standard. Die Projekte in Villingen-Schwenningen, Heilbronn, Friedland, Berlin-Mitte und Hannover-Döhren erreichten mit Verbrauchswerten um 70 kWh/(m²*a) oder darunter den NEH-Standard, wobei einige der Werte nicht plausibel sind.

Quelle: Reiß, Erhorn, Reiber: „Energetisch sanierte Wohngebäude – Maßnahmen – Einsparungen – Kosten“, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2002

Beim Symposium zum Förderkonzept von EnSan wurden moderne Planungshilfsmittel, neue bauliche und haustechnische Komponenten sowie Pilot- und Demonstrationsgebäude vorgestellt. Besonders interessant ist ein Beitrag zur energetischen Außenwandsanierung mit industriellen Vorfertigungstechniken sowie fünf Pilotprojekte im Wohnungsbestand, darunter eine Sanierung auf Passivhausniveau, die aber nicht realisiert wird. Die vier verbleibenden Projekte sind im Anhang dokumentiert.

Quelle: Tagungsband zum EnSan - Symposium 2002, Fachinstitut Gebäude - Klima e.V., Danziger Straße 20, 74321 Bietigheim-Bissingen

Energetische Modernisierung in Baden-Württemberg

Alle Projekte (6 Gebäude) sind auch in der EnSan-Dokumentation enthalten, einige zusätzliche Details zu den Gebäuden sind im Abschlussbericht enthalten. Die Messergebnisse waren aber im Vergleich zu Reiß/Erhorn/Reiber nicht identisch (kein NEH-Standard?). Weiterhin finden sich Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach der Barwertmethode, Investitionskosten sowie Dämmstoffkosten.

Quelle: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg: „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“, Stuttgart 1999

Thermie-Altbau

Im Rahmen des von der EU geförderten THERMIE-ALTBAU-Programms wurden in Hannover 30 Gebäude saniert. Die Dokumentation enthält detaillierte Gebäudedatenblätter mit Maßnahmen, Bedarfswerten vorher / nachher, Kosten und Mietpreisveränderungen. Die anschließende Auswertung betrachtet die Struktur der Maßnahmen, Investitionskosten, Kosten der eingesparten Kilowattstunde Heizenergie, CO₂-Vermeidungseffizienz und Auswirkungen auf die Mieten. 12 Gebäude erreichten mit Verbräuchen um 70 kWh/(m²*a) oder darunter den NEH-Standard.

Quelle: Stadtwerke Hannover: „Dokumentation der Modellprojekte – THERMIE-ALTBAU“, Hannover 1996

WWF-Deutschland

Auf Initiative der Umweltorganisation haben fünf Wohnungsunternehmen anstehende Sanierungen energetisch aufgewertet, so dass die Gebäude anschließend den Niedrigenergiehaus-Standard erreichen. Die Darstellung des Themas Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Wohnungsunternehmen ergänzt den Bericht. Die Projekte sind im Anhang dokumentiert.

Quelle: Großklos, Hinz, Enseling: Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus – Über die Machbarkeit ehrgeiziger Klimaschutzziele im Gebäudebestand von Wohnungsunternehmen“, WWF-Deutschland und IWU, Frankfurt 2001.

Hessischer Landeswettbewerb Energetische Modernisierung

Beim Landeswettbewerb wurden bereits durchgeführte Modernisierungen von Privatpersonen und Wohnungsunternehmen gesammelt, kurz dokumentiert und nach Gebäudeklassen bewertet. Besondere Projekte sind im Anhang dokumentiert.

Quelle: „Energie sparen - Heizkosten senken - CO₂-Ausstoß mindern“, Herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden 2001

Umweltbundesamt (UBA)

Leitfaden „CO₂-Reduktion im Wohnungsbestand von Wohnungsunternehmen“ im Auftrag des UBA, durchgeführt von ebök und ifeu. Er ist aus einer Reihe von Workshops mit Akteuren von

Wohnungsunternehmen entstanden und wird Anfang 2003 über den GDW erscheinen. Die fünf Kapitel nennen die Motive der Wohnungswirtschaft für energiesparendes Bauen und sanieren, wie Energieeinsparung im Management verankert und bis in die Hausverwaltungen getragen werden kann. Die Broschüre wird über den GDW an Mitgliedsunternehmen verteilt werden. Sie soll auf einer Tagung des GDW und weiteren Workshops vorgestellt werden.

4 Förderprogramme / Wettbewerbe

In der begrenzten Zeit konnten nicht alle regionalen Förderprogramme analysiert werden. Die wichtigsten sind aber im Folgenden dokumentiert. Dabei konnten nur wenige Förderprogramme zur energetischen Modernisierung des Gebäudebestandes aufgefunden werden. Neben der Förderung durch die Finanzierungstöpfe der KfW sind besonders folgende laufende oder abgeschlossene Programme zu nennen:

Ein umfassender Überblick über die Förderprogramme von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen, die auf eine nachhaltige Energieversorgung und besseren Klimaschutz zielen ist zu finden unter http://www.bmu.de/download/dateien/geld_energiesparen.pdf

Europäische Union

Die EU hat sich im Rahmen des THERMIE-Programms mit THERMIE-ALTBAU, das sich auf die Region um Hannover konzentrierte, im Bereich der energetischen Gebäudemoderisierung engagiert. Es gab auch einige Projekte in anderen EU-Staaten, die sich jedoch meist auf Verwaltungs-, Büro,- oder Schulgebäude konzentrierten oder die Stromeinsparung in den Vordergrund stellten. Das gerade angelaufene 6. Rahmenprogramm zielt dagegen mehr auf die Bildung großer Forschungsverbünde. Es ist nicht zu erwarten, dass im Rahmen des Programms in nennenswertem Umfang die energetische Altbausanierung investiv gefördert wird. Allerdings könnte das 6. Rahmenprogramm vermutlich genutzt werden, um im europäischen Verbund die wissenschaftliche Begleitforschung zu finanzieren. Es könnte somit das geplante Projekt der DENA unterstützen, sofern europäische Partner gefunden werden. Genauere Aussagen können hier nicht getroffen werden, da die Ausschreibung des 6. Rahmenprogramms erst am 17.12.02 erfolgte und eine Sichtung nicht mehr möglich war.

Bund/bundesweit tätige Organisationen

Auf Bundesebene sind insbesondere das Forschungs-, das Bau- und das Wirtschaftsministerium im Bereich der Energieforschung tätig. Für das Wirtschaftsministerium ist das BEO im Forschungszentrum Jülich für den Bereich Gebäudesanierung zuständig. Hier ist besonders das Programm EnSan zu nennen, bei dem auch noch bestimmte kleinere Gebäudetypen als Demonstrationsvorhaben gesucht werden.

- BMVBW

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen ist federführend bei der Ökozulage, die in veränderter Form weitergeführt wird und beim Gebäudesanierungsprogramm der KfW. Im nächsten Jahr soll ein Breitenprogramm in der Größenordnung von 150 T€ zur Altbausanierung und Heizungserneuerung gestartet werden. Details zu diesem Programm standen aber noch nicht fest. Es könnte aber die Projekt der DENA bei Investitionen unterstützen. (BMVBW, Herr Heidrich, Tel. 018886231)

- UBA

Das Bundesumweltamt konzentriert sich in seiner Arbeit schwerpunktmäßig um den Bereich der Vermittlung von Wissen. So wird die oben erwähnte Broschüre von ebök und ifeu im Auftrag des

UBA erstellt und auch die Modernisierungsinitiative des WWF Deutschland wurde vom UBA gefördert. Konkrete (Pilot-)Projekte sind nicht bekannt.

- DBU

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt hat ein Projekt zum Thema Bestandssanierungen mit dem Faktor 10 gestartet, bei dem Wohnhäuser aus den 50-iger und 60-iger Jahren den Passivhausstandard erreichen sollen. In der jetzt angelaufenen ersten Phase wird typologiegestützt ein Energie- und Förderkonzept entwickelt, das dann in ganz Deutschland bei Pilotvorhaben (Sanierung auf Passivhausstandard) umgesetzt werden soll. Unabhängig von diesem Projekt der DBU hat ein interner Fachbeirat der DBU bereits vor einiger Zeit ein Förderkonzept für ökologische Bestandssanierungen entwickelt, das bisher aber nicht umgesetzt wurde (DBU, Herr Djahanschah, Tel. 0541-9633-242).

Im Auftrag der DBU bearbeitet die Firma ECOFYS in Nürnberg zur Zeit eine Studie mit dem Thema „Leitbild eines solaren Städtebaus“. Darin werden Pilotprojekte zur Sanierung von Wohngebäuden typologisiert und von einer Jury bewertet. Auf dieser Grundlage soll ein Leitbild für zukünftige Projekte entwickelt werden. Im Rahmen der Studie wurde bereits eine ausführliche Liste von Sanierungsprojekten erstellt, die aber nicht mehr eingesehen werden konnten. (Frau Dr. Everding, ECOFYS 0911/9944679)

- Bauherrenpreise

Der Bauherrenpreis Modernisierung von GdW, BDA und DST orientiert sich nicht schwerpunktmäßig an der energetischen Modernisierung, sondern stellt städtebauliche, architektonische und soziale Aspekte in den Vordergrund. Trotzdem können hier interessante Objekte gefunden werden (www.kompetenzzentrum-iemb.de/modellprojekte).

Länder

Die folgende Zusammenstellung ist nicht vollständig und gibt nur einen ersten Überblick.

- NRW

In NRW sind besonders das laufende Förderprogramm „Mit der Sonne Bauen – 50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen“ (Landesinitiative Zukunftsenergien NRW) und das REN-Impulsprogramm zu nennen.

- Hessen

In Hessen gibt es keine Förderung des Landes, das Wirtschaftsministerium führt aber Wettbewerbe zur energetischen Altbaumodernisierung durch, von denen einer abgeschlossen ist (siehe Auswertungen) und ausgewertet wurde, ein weiterer läuft im Moment.

- Baden-Württemberg

Das Land Baden-Württemberg startete die „Initiative Altbausanierung“ bei der einige Projekte gefördert und ausgewertet wurden.

- Bayern

Das Land Bayern hatte seine Aktivitäten im Programm isoteg gebündelt. Gefördert wurden Projekte zur Reduktion des Energiebedarfs, zur Optimierung der Energiebereitstellung, zum Energiemanagement sowie Pilotprojekte. Das Programm ist Ende 2001 ausgelaufen. Umfassende Modernisierungskonzepte wie beim geplanten Projekt der DENA sind nicht publiziert. Aktuell gibt es das Bayerische Modernisierungsprogramm und das Programm „Rationellere Energiegewinnung und –verwendung“, die u.U. für das DENA-Projekt genutzt werden können. Weitere Informationen unter <http://www.isoteg.de/teilprojekte.html>

Zusätzlich gibt es den Bayrischen Energiepreis, bei dem 2002 z. B. ein Gebäude in Ochsenfurt ausgezeichnet wurde.

- Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein wurden im Rahmen des Impulsprogramms einige Projekte durchgeführt, die bei den jeweiligen Wohnungsunternehmen dokumentiert wurden. Zwei der Projekte sind in der Anlage dokumentiert.

- Initiative Arbeit und Klimaschutz Hamburg

Die Initiative Arbeit und Klimaschutz stellt auf ihrer Homepage auch eine Projektdatenbank zur Verfügung, die neben EnSan-Projekten auch einige Modernisierungen aus Hamburg enthält (www.arbeitundklimaschutz.de).

Auswahl einiger kommunaler Förderprogramme

Kommunale Förderprogramme wenden sich meist an Privatpersonen, Wohnungsunternehmen sind oft von der Förderung ausgeschlossen. Trotzdem sind im Folgenden einige kommunale Programme zur Altbausanierung aufgelistet, die auch sehr weitreichende Projekte beinhalteten. Es existieren allerdings derartig viele kommunale Förderrichtlinien, auch im Rahmen der lokalen Agenda 21 Aktivitäten, dass eine umfassende Dokumentation an dieser Stelle nicht möglich ist.

Seit 1993 gibt das Energiereferat der Stadt Frankfurt die "Frankfurter Förderfibel" heraus. Tips zum Energiesparen in allen Bereichen (Dämmung, Heizung, Strom) werden durch eine umfassende Übersicht zu Förderprogrammen ergänzt. Die Förderfibel ist in gedruckter Form und auf Diskette erhältlich. Darüber hinaus ist sie auf der CD-ROM Version der "ÖKOBASE"-Datenbank des Umweltbundesamtes enthalten.

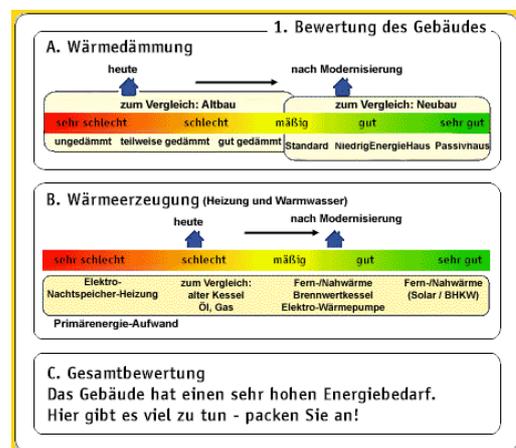
- Klimaschutz-Fonds proKlima

Der Klimaschutz-Fonds proKlima war der erste Klimaschutz-Fonds in Deutschland und Europa. Der Fonds ist ein Modell für die lokale freiwillige, kooperative Umsetzung von Klimaschutzziele der Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992. Der Klimaschutz-Fonds basiert auf einem Partnerschaftsvertrag „zur Förderung und Erfolgskontrolle von Maßnahmen und Projekten Dritter (...) zum Klimaschutz, (...) die ansonsten mangels gegebener ökonomischer Effizienz nicht oder nur in geringerem Umfang realisiert würden. (...)“. Unter dem Motto »Für den Himmel über Hannover« fördert proKlima Energiesparmaßnahmen in Alt- und Neubau und unterstützt die Nutzung regenerativer Energien. Bis maximal 10 Millionen Mark pro Jahr werden bereitgestellt.

Der Klimaschutz-Fonds Hannover proKlima wird finanziell getragen von der Stadtwerke Hannover AG und den Städten Hannover, Langenhagen, Seelze, Laatzen, Ronnenberg und Hemmingen. Weitere Partner sind: Die Handwerkskammer Hannover, der Bundesverband der Energieabnehmer e.V., die Verbraucher-Zentrale Niedersachsen e.V., die Bürgerinitiative Umweltschutz e.V., die Ruhrgas AG und die Thüga AG. Der Partnerschaftsvertrag gilt als Modell für kooperativen Klimaschutz vor Ort.

Zentrale Ziele der gebündelten Aktivitäten im Raum Hannover sind die Verbreitung anwendungsbezogenen Wissens durch professionelle Öffentlichkeitsarbeit, die Einbindung von Multiplikatoren und deren Qualifizierung, die Arbeitsmarktförderung durch Stärkung der regionalen Wirtschaft und Öffnung des Marktes. Wesentlicher Bestandteil in diesem Konzept ist auch der Energiepass Region Hannover.

Weitere Informationen: Klimaschutz-Fonds Hannover, Frau Unverzagt, Tel 0511 61623977



- Klimaschutzagentur Region Hannover

Zehn Gesellschafter unterzeichneten am 29. Juni 2001 die Gründungsurkunde der Klimaschutzagentur Region Hannover GmbH. Die gemeinnützige Gesellschaft ist als Public-Private-Partnership angelegt, an der sich neben den beiden Hauptgesellschaftern Landeshauptstadt Hannover und Kommunalverband Großraum Hannover, die üstra Hannoversche Verkehrsbetriebe AG, die Stadtwerke Hannover AG sowie weitere 14 Privatunternehmen aus dem mittelständischen Bereich und Institutionen aus der Region Hannover beteiligen.

Ziel der Agentur ist es, den lokalen und regionalen Klimaschutz durch eine effiziente Koordinierung sämtlicher Klimaschutz-Aktivitäten in der Region zu fördern. Initiativen und Kampagnen im Stile des Klimaschutzprogramms EXPO-Region Hannover (KLEX) oder der Kampagne „Solarenergie kommt!“ sollen gebündelt, auf weitere Themenfelder wie Stromeinsparung und umweltverträgliche Mobilität ausgeweitet und mit Partnern aus der Wirtschaft erfolgreich umgesetzt werden. So soll auch das Arbeitsplatzpotenzial im Bereich Klimaschutz maximal ausgeschöpft werden. In ihrer Managementfunktion ergänzt die Klimaschutzagentur das finanzielle Förderinstrument des - hauptsächlich von der Stadtwerke Hannover AG getragenen - proKlima-Fonds.

- Haus-Partner Hannover

Die Haus-Partner Hannover sind ein von der Landeshauptstadt gegründetes Netzwerk, in dem sich inzwischen 18 Institutionen für die gemeinsamen Ziele "Klimaschutz und Wirtschaftsförderung" engagieren. Mit der von der Landeshauptstadt Hannover und dem Klimafonds Hannover proKlima finanzierten (H)Eissbären-Kampagne setzen sie sich für die energetische Modernisierung von Altbauten ein. Hausbesitzer werden mit Faltblättern, Stadtrundgängen, Gewinnspielen, und Infoständen auf Messen sowie durch das Internet auf die Kampagne aufmerksam gemacht. Außerdem wird auch die Erstellung des Energiepass Region Hannover gefördert. Darüber hinaus wird die regionale Wirtschaft durch Beratung bei Planung und fachgerechte Ausführung gefördert.

- Klimaschutzprogramm Hessisches Ried

Das Hessische Ried zu einer Musterregion für den aktiven Klimaschutz zu machen, ist das Ziel eines Projektes, für das dem Kreis Bergstraße im vergangenen Jahr ein Landeszuschuss in Höhe von 3,7 Millionen Mark bewilligt wurde. Im Rahmen eines Förderprogramms wurde mit diesem Geld bis zum Jahr 2001 eine regionale Klimaschutz- und Innovationsstrategie umgesetzt, die auch dem Ziel der Bundesregierung entspricht, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2005 um 25 Prozent zu reduzieren. Die Städte und Gemeinden der Region fördern private Hauseigentümer, die an ihren Wohngebäuden nachträgliche Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes vornehmen. Weitere Informationen unter <http://www.bergstrasse.de/aktuelles/0005/12b.html>

- Viernheim

Im Rahmen der Brundtlandstadt Viernheim wurden umfassende Modernisierungen im Bestand durchgeführt. Weitere Informationen bei Philipp Granzow, Brundtlandbeauftragter, Tel: 06204-988379, pgranzow@viernheim.de

- Frankfurt

Im Rahmen des kommunalen Projekts „Frankfurt Soziale Stadt - Neue Nachbarschaften“ wurde die Karl-Kirchner-Siedlung im Stadtteil Preungesheim als ein Projekt-Standort ausgewählt. Seit August 2000 arbeitet dort das Quartiersmanagement des Diakonischen Werkes für Frankfurt am Main im Rahmen des städtischen Programms. Ziel des Quartiersmanagements ist es, positive Entwicklungen im Stadtteil zu unterstützen und zu fördern. Gemeinsam mit den Bürgern, sowie den sozialen Organisationen, der Wohnungsbaugesellschaft u. anderen Institutionen werden Ideen und Projekte zur Verbesserung der Wohn- und Lebenssituation entwickelt. Im Rahmen des Projektes wurden unter anderem auch in der Karl-Kirchner-Siedlung ca. 150 Häuser auf NEH-Standard modernisiert. Weitere Informationen beim Energiereferat der Stadt Frankfurt.

- Münster

Das Förderprogramm "Altbausanierung" basiert auf einer anteiligen Förderung der Gesamtinvestition von Sanierungsmaßnahmen. Um den Antragstellern eine einheitliche Grundlage zu geben, wurden die Grundzüge des Landesenergiesparprogramms des Landes NRW übernommen; beide Förderprogramme sind zudem kombinierbar. Die Förderung erfolgt nach Energieeinsparstaffeln, d. h., eine umfangreiche Sanierung der Gebäudehülle wird stärker gefördert als eine Teilsanierung. Prozentual errechnet wird die Energieeinsparung nach dem Modell der Vor-Ort-Beratung des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi). Damit ist ein einfaches Bewertungsmodell gewählt worden, das in der Umsetzung eine schnelle Bearbeitung der Anträge ermöglicht. Im Einzelnen erfolgt die Förderung wie folgt: Gesamtfördervolumen 5,6 Mio. DM bis Ende 2000, maximale Förderhöhe: 50.000,-- DM für ein Wohngebäude, 5 % Investitionskostenzuschuss bei Energieeinsparung von < 10 %, 10 % Investitionskostenzuschuss bei Energieeinsparung von 10 - 30 %, 15 % Investitionskostenzuschuss bei Energieeinsparung von > 30 %.

Seit der Einführung des Förderprogramms bis Ende 2000 wurden 570 Anträge bewilligt. Dabei wurden Zuschüsse in Höhe von ca. DM 4,7 Mio. gewährt, die wiederum ein privates Investitionsvolumen von DM 34,3 Mio. aktivierten. Hier wird die positive Wirkung eines derartigen Förderprogramms für die heimische Wirtschaft deutlich, 245 Arbeitsplätze wurden konkret dadurch gesichert. Zwar kann auch dieses Förderprogramm Mitnahmeeffekte nicht völlig ausschließen, jedoch konnten nach der Aussage der Berater gerade durch das Anreizsystem der Förderstaffel viele Bürger und Bürgerinnen dazu bewogen werden, weitergehende Energiesparmaßnahmen durchzuführen als ursprünglich geplant.

Das Programm wurde mittlerweile bis Ende 2004 verlängert, das Gesamtfördervolumen hierfür auf 3 Mio. € aufgestockt. Seit dem 1. Januar 2001 wird zudem die Nutzung der Brennwerttechnik (Heisanlage) ab Sanierungskosten von DM 5.000 mit zusätzlichen DM 1.000 bezuschusst.

Weitere Informationen unter http://www.muenster.de/stadt/exwest/beispiel_II1.html bzw. Birgit Wildt, Umweltamt Stadt Münster, Tel: 0251/492-3118

- Österreich

Ein besonders interessanter Ansatz ist das Förderprogramm THEWOSAN in Kombination mit Energiesparcontracting. Die Förderung umfasst die gesamte Gebäudehülle und haustechnische Anlagen. Die Förderhöhe ist abhängig vom erreichten energetischen Standard. Die Förderung wird auch im Zusammenhang mit Einsparcontracting bewilligt. Das unten dargestellte Projekt der BU-WOGE wurde über THEWOSAN gefördert. Weitere Informationen unter www.eva.wsr.ac.at/publ/pdf/althaus241001.pdf

5 Besondere Projekte einzelner Wohnungsunternehmen

Zur Darstellung der im Folgenden skizzierten Projekte konnten Projektdokumentationen genutzt werden. Viele weitere Projekte sind im Anhang dokumentiert. In der Regel konnten die Daten nicht überprüft werden. Die Projekte erreichten nach der Sanierung jedoch alle einen Heizwärmebedarf von $< 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Viele der Vorhaben sind eingebettet in umfangreiche Sanierungsmaßnahmen in den Gebäuden bzw. in Siedlungen.

Am Bilderstöckchen - Köln

Im Rahmen des Programms „50 Solarsiedlungen in NRW“ wurde von der Gemeinnützigen Gesellschaft Am Bilderstöckchen eine Mehrfamilienhauszeile umfassend saniert. Neben der Wärmedämmung bis auf NEH-Niveau wurden auch eine thermische Solaranlage und eine Holzhackschnitzel-Heizung eingebaut. Genauere Informationen zur den betriebswirtschaftlichen Rahmendaten konnten jedoch nicht in Erfahrung gebracht werden. Eine Kurze Darstellung findet sich in der WWF-Broschüre.

Bauen & Wohnen GmbH (BUWOG) - Österreich

Die Wohnanlage Ostmarkgasse wurde in den Jahren 1968 bis 1970 errichtet und besteht aus zwei fünfgeschossigen Objekten mit insgesamt 145 Wohneinheiten. Die Fassade war bislang ungedämmt und wies Baumängel auf. Die Beheizung des Gesamtobjekts erfolgt zentral über Fernwärme. Im Zuge der Sanierung werden nun folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Thermische Verbesserung der Gebäudehülle (Außenwanddämmung, Dämmung der obersten und untersten Geschosdecken, Beseitigung von Wärmebrücken)
- Anpassung der Fernwärmeübergabe (Senken des Temperaturniveaus und Verringerung des Massenstroms, korrekte Einstellung der Verteilpumpen)
- Anpassungen an den Rücklaufventilen der bestehenden Heizkörper und Einbau von Thermostatventilen
- Information und Motivation der Nutzer im Hinblick auf energiesparendes Verhalten
- Instandhaltung und Betriebsführung von allen vom Contractor errichteten Anlagen
- Einrichtung eines Energiemanagement- und Controllingsystems

Folgende Ziele sollten erreicht werden:

- Optimierung im Sinne energetisch-wirtschaftlicher Kriterien,
- höchste Qualitätsmaßstäbe bei der Bauausführung,
- Erreichung der prognostizierten bzw. berechneten Einsparungen.

Insgesamt wurden 1,123 Millionen Euro investiert, die Förderung betrug 35 €/m^2 (THEWOSAN), der Heizwärmebedarf soll von $94 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ auf $39 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ reduziert werden. Garantiert wird eine Heizkosteneinsparung von 60 %. Damit verbunden ist eine Reduktion der CO₂ – Emissionen um 137 t/a.

Darüber hinaus wurde der Einsatz eines Garantiemodells im Rahmen der THEWOSAN – Förderung erprobt und den speziellen Erfordernissen dieser Förderschiene angepasst. Dazu erfolgte von Beginn der Projektentwicklung an ein reger Informationsaustausch mit der Förderstelle, dem Wiener Bodenbereitstellungs- und Stadterneuerungsfonds (WBSF).

Garantieleistung

Der Contractor garantiert, dass die maximale Höhe der jährlichen Energiekosten (preis-, klima- und nutzungsbereinigt) während der gesamten Vertragslaufzeit einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Wird die Garantie nicht eingehalten, reduziert sich das Honorar des Contractors für die laufende Betriebsführung und Instandhaltung im Ausmaß der Nichterreichung. Die Vertragsdauer beträgt 10 Jahre.

Finanzierung

Die Refinanzierung der Sanierungsmaßnahmen erfolgt – wie bei einer konventionellen Sanierung ausschließlich aus dem Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrag (EVB) sowie den Fördermitteln der THEWOSAN-Förderung. Die laufende Anlagenbetreuung wird gesondert vergütet. Diese Vergütung ist jedoch direkt an die Erreichung der Einspargarantie gekoppelt. Um eine allzu drastische Erhöhung der Erhaltungs- und Verbesserungsbeiträge zu vermeiden, wird ein Großteil der nötigen EVB-Erhöhung über die Energiekosteneinsparung ausgeglichen.

Die Ergebnisse

Die Vergabe an den Bestbieter erfolgte Juni 2002, Baubeginn war im Juli, der Abschluss der Sanierungsarbeiten ist für Dezember 2002 geplant. Die vorläufigen Ergebnisse aus dem Pilotprojekt sind durchaus vielversprechend:

Die von der ausführenden Firma garantierte Heizkosteneinsparung beträgt 60 % gegenüber den tatsächlichen Heizkosten vor der Sanierung (das liegt deutlich über den Einsparungen, die bei „Standardsanierungen“ in der Regel erzielt werden), es gibt eine Reihe von renommierten Firmen, die als Generalunternehmer „Qualitätssanierung mit Einspargarantie“ anbieten können und wollen, das Modell ist mit den Förderbestimmungen der Stadt Wien kompatibel, sowohl auf der Nachfrage- als auch auf der Angebotsseite besteht ein großes Marktpotenzial für das neue Modell.

„Um die weitere Markteinführung dieses erfolgversprechenden Ansatzes zu unterstützen, planen wir einerseits die Begleitung weiterer, sichtbarer Pilotprojekte und andererseits die aktive Kommunikation der Vorteile des Ansatzes für die Zielgruppe der Wohnungsunternehmen. Außerdem halten wir es für sinnvoll, Anreize zur Verwendung des Modells im Rahmen der Sanierungsförderungen der Länder zu verankern,“ zeigt sich E.V.A.-Chef Fritz Unterpertinger von der Zukunft des Instruments überzeugt.

Die E.V.A. hat daher für Gebäudeeigentümer und Hausverwaltungen einen Leitfaden für die Umsetzung von umfassenden Sanierungen mit Einspar-Garantie zusammengestellt, bietet unabhängige Beratung an und unterstützt bei der Umsetzung von innovativen Sanierungsverfahren.

Weitere Informationen

BUWOG – Bauen und Wohnen GmbH, Michael Herbek, Hiezinger Kai 131, 1130 Wien, Tel: 818 28 – 282, e-mail: michael.herbek@buwog.at

E.V.A. – Energieverwertungsagentur, DI Walter Hüttler, Otto-Bauer-Gasse 6, 1060 Wien, Tel: 586 15 24 – 45, e-mail: huettler@eva.ac.at

<http://www.eva.wsr.ac.at/projekte/althaus.htm>, Ausdruck im Anhang

<http://www.oegut.at/themen/contract/enprofi.html>

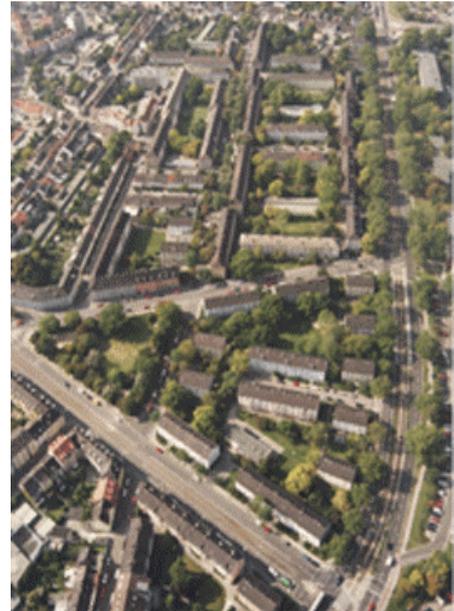
GAG Ludwigshafen

Die GAG Ludwigshafen privatisiert ihren Bestand im Stadtteil Grazer Hof. Die ungünstige Belegungsstruktur mit falschen Wohnungsgrundrissen legte einen Abriss nahe. Man entschloss sich die Reihenhäuser teilsaniert zu verkaufen um finanziell weniger gut gestellten Familien durch Eigenleistung den Erwerb von Eigentum zu ermöglichen. Als Nebeneffekt sollte sich auch das Umfeld für die in der Nähe gelegene Ernst-Schröder-Siedlung mit 1400 WE im Besitz der GAG verbessern. Vor dem Verkauf wurde ein Konzept erstellt, damit die Gebäude den NEH-Standard erreichen. Alle Maßnahmen, die das optische Erscheinungsbild der Häuser bestimmen, wurden vor dem Verkauf von der GAG modernisiert (Außenwanddämmung, Fenster, Dacheindeckung), für die Eigenleistung der Erwerber wurde ein Leitfaden zur Erreichung des NEH-Standard herausgegeben.

LUWOGÉ / GEWOGÉ, Brunckviertel Ludwigshafen

LUWOGÉ und GEWOGÉ sind die beiden Wohnungsunternehmen der BASF am Standort in Ludwigshafen, die heute einen Bestand von 10.000 Mietwohnungen betreuen. Sie betreiben darüber hinaus auch den Bau von Eigenheimen und Eigentumswohnungen für BASF Mitarbeiter. Nachdem seit einigen Jahren die Neubautätigkeit eher zurückgegangen ist, gewinnen die Instandhaltung und Modernisierung des vorhandenen Wohnungsbestandes eine immer größere Bedeutung. Ein zeitgemäßer Wohnungsstandard, attraktive Grundrisse, harmonische Wohnumfeldgestaltung, soziale Verträglichkeit und Mieterzufriedenheit bilden hier eine Einheit.

Seit 1995 engagieren sich die Wohnungsunternehmen im Bereich von Großprojekten erhaltender Stadterneuerung. Die Aufwertung und Stärkung innerstädtischer Wohngebiete ist zu einer gemeinsamen Aufgabe mit Kommune und Land geworden, wo engagierte Partner wohnungswirtschaftliche und städtebauliche Maßnahmen zu großen wohnungswirtschaftlichen Kooperationsprojekten bündeln. Die Projekte Schwarzheide und Brunckviertel haben Modellcharakter weit über die Grenzen von Ludwigshafen hinaus.



Anders als bei den später überwiegend an den Stadträndern angelegten Gartenstädten liegt das mit üppigen Grünflächen durchsetzte Brunckviertel inmitten urbanen städtischen Lebens. Nicht von ungefähr spricht man auch gerne von der grünen Lunge Ludwigshafens. Die Siedlung ist vollständig in den östlichen Stadtteil Friesenheims integriert, der wiederum direkt an das Werksgelände der BASF grenzt.

Das gesamte Brunckviertel wird derzeit von der LUWOGÉ einer Basis einer Strukturanalyse und eines nachhaltigen Modernisierungskonzeptes umfassend saniert. Die Maßnahmen sind detailliert dokumentiert. Weitere Informationen in der Anlage.

Köpenicker Wohnungsbaugesellschaft

Mit ca. 15.400 Wohnungen, 350 Gewerbeeinheiten und mehr als 1.000 Freiflächen und Pachten ist die KöWoGe eine der größten Wohnungsgesellschaften im Süd-Osten Berlins. Der verwaltete Wohnungsbestand von über 30.000 Wohneinheiten reduzierte sich in den 10 Jahren ihres Bestehens durch Rückübertragung an Alteigentümer, die Privatisierungsverpflichtung gemäß Altschuldenerhilfegesetz und Verkäufe zur Liquiditätssicherung auf annähernd die Hälfte. Der überwiegend marode Zustand der Wohnungen erforderte große Investitionen in relativ kurzer Zeitspanne. Nach 10 Jahren sind mehr als 75 % des verbleibenden Bestandes an Wohnungen umfassend saniert. Weitere Informationen unter www.koewege.de

Emrichstraße

Beim BMWi-Modellvorhaben Emrichstraße der KÖWOGÉ handelt es sich um drei viergeschossige Gebäude in Streifenbauweise mit jeweils 32 Wohnungen, die Anfang der 60er Jahre in Berlin-Friedrichshagen errichtet worden waren. Die Köpenicker Wohnungsgesellschaft entwickelte gemeinsam mit ASSMANN Beratern + Planern ein innovatives Sanierungskonzept zur Instandsetzung und Energieeinsparung. Projektstart war im Mai 1998. Die



Wohnungsbaugesellschaft Nürnberg mbH

Jean-Paul-Platz 4

Das Gebäude am Jean-Paul-Platz 4 wurde 1930 in dreigeschossiger Bauweise erbaut und beinhaltet sechs Wohnungen á 149 m² Wohnfläche. Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale sind Außenwände aus Vollziegeln (38 cm dick), Geschossdecken als Holzbalkendecken und die Kellerdecke aus Betonhourdis. Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Die Sanierung wurde umfassend ausgeführt ohne eingreifende Grundrissänderungen und ohne Schönheitsreparaturen in den Wohnungen. Die energetisch bedingten Maßnahmen basieren auf Neubau-Erfahrungen mit Passivhaus-Technologie und sind in der Tabelle dargestellt.



Der Heizwärmebedarf (Berechnung nach PHPP / EN 832) betrug vor der Sanierung 204 kWh/(m²a) und wird durch die Maßnahmen auf 27 kWh/(m²a) gesenkt. Aus primärenergetischer Sicht und hinsichtlich der CO₂-Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach weniger als zwei Jahren.

Die Baukosten betragen 540 €/m² Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWST.) und unterschreiten damit zahlreiche Vergleichsobjekte ohne Passivhaus-Komponenten.

Die Lüftungsanlage hat nicht nur energetische Auswirkungen, sondern stellt vor allem eine Garantie für hygienisch einwandfreie Raumluft und hohen Komfort dar. Die typische Schimmelpilzproblematik wird sicher vermieden und die Raumluftqualität ist sehr hoch. Das Raumklima ist durch die gedämmten Hüllflächen äußerst gut.

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,40 W/m ² K	0,15 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem WLG 035
Decke zum Dachboden	0,87 W/m ² K	0,12 W/m ² K	25 cm Dämmung auf der Decke WLG 035
Kellerdecke	0,88 W/m ² K	0,19 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke WLG 035
Wärmebrücken			Reduktion der Wärmebrücken
Luft- / Winddichtheit		n ₅₀ = 0,55 h ⁻¹	Blower-Door-Tests und Thermografie
Fenster	2,80 W/m ² K	U _w =0,80 W/m ² K	3-fach-Verglasung / gedämmte Rahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Abluftwärmerückgewinnung, 85 % Jahresrückwärmegrad	
Heizung		Gas-Brennwertheizung in kompakter Dachzentrale	
Trinkwassererwärmung		Solarthermie (18 m ²) und Schichtenspeicher	

Weitere Informationen und Fotos in der Anlage, Ansprechpartner bei der WGB: Herr Höger, Tel. 0911 8004220.

Privates Bauvorhaben – Koopmann, Karlsbader Straße 29, 90480 Nürnberg

Das Gebäude wurde in den dreißiger Jahren als Reiheneckhaus in zweigeschossiger Bauweise errichtet und beinhaltet drei Wohnungen. Im Zuge der Sanierung wurden zwei Wohnungen zusammen gefasst und eine Einliegerwohnung im Dachgeschoss beibehalten. Die Wohnfläche beträgt gesamt 181 m². Der energetische Zustand vor der Sanierung entspricht dem Standard des Baujahrs: die Außenwände bestehen aus 30 cm dicken Vollziegel-Mauerwerk, die Geschossdecken wurden als Holzbalkendecken ausgeführt, nur die Kellerdecke besteht aus massiven Materialien. Die Fenster haben z. T. Einscheiben- z. T. Zweisheiben-Verglasung. Das Sanierungskonzept sieht folgende Maßnahmen vor:



Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,58 W/m ² K	0,17 W/m ² K	18 cm WDVS WLG 035
Dach	1,04 W/m ² K	0,11 W/m ² K	30 cm Dämmung
Kellerdecke	1,22 W/m ² K	0,20 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster	2,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmte Fensterrahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Abluftwärme-Rückgewinnung	85 % Jahresrückwärmegrad (EG/OG) (Einliegerwohnung: Fensterlüftung)

Der Heizwärmebedarf betrug rechnerisch nach Passivhaus Projektierungs-Paket (auf Basis EN 832) 301 kWh/(m²a), nach der Sanierung für die Wohnung in den beiden Hauptgeschossen 30 kWh/(m²a). Die Dachgeschoss-Wohnung erhält keine Abluftwärmerückgewinnung und liegt dementsprechend höher im Verbrauch. Seitens der Haustechnik wurde eine Gasbrennwertheizung mit solarer Trinkwassererwärmung eingebaut. Der Bezug erfolgt im Dezember 2002.

Architekten: Burkhard Schulze Darup und Benjamin Wimmer, Augraben 96, 90475 Nürnberg

Weitere Projekte

Vom Regierungspräsidium Sachsen werden Informationen über Projekte aus Sachsen erwartet, die vor Abgabe des Statusberichtes noch nicht vorlagen. Die Projekte werden im Januar nachgereicht. Über den Klimaschutz-Fonds Hannover wurden Projekte betreut und abgeschlossen. Informationen waren bis zum Abschluss des Berichtes nicht verfügbar. Ansprechpartner beim Klimaschutz-Fonds ist Frau Unverzagt, Tel 0511/61623977. Zu weiteren Projekten sind Dokumentationen im Internet vorliegend und zum Teil in der Anlage mit aufgenommen.

6 Tabellarische Zusammenfassung der Projekte

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der telefonischen Befragung sowie der Internet- und Datenbankrecherchen in den unterschiedlichen Kriterien zusammengefasst. Hinter den Kriterien verbergen sich folgende Fragestellungen:

Ökologie

Zur Ökologie wurde vor dem Hintergrund des Projektes „Niedrigenergiehaus im Bestand“ vorrangig der Aspekt des Heizenergiebedarfs betrachtet. Im Wesentlichen wurde darauf geachtet, dass die Maßnahmen weit über die Mindestanforderungen der EnEV hinausgehen und im Sinne des Projektes „Niedrigenergiehaus im Bestand“ vorbildhaft sein können.

Energetischer Standard / Wärmeversorgung / besondere Maßnahmen

Voraussetzung für die Auswahl der Projekte war ein (End-)Energiekennwert von weniger als ca. 70 kWh/(m²a). Dabei war nicht entscheidend, ob besonders ungewöhnliche Maßnahmen bei der Wärmedämmung oder der Wärmeversorgung realisiert wurden. Soweit aber ungewöhnliche Maßnahmen benannt wurden, sind diese in der Tabelle vermerkt.

Weitere ökologische Aspekte

Zum Teil wurde in den Projekten ein besonderer Schwerpunkt auf weitere ökologische Aspekte wie Materialauswahl, Flächenentsiegelung, wassersparende Maßnahmen, nachhaltiges Abfallkonzept, u.a. gelegt. Soweit bekannt, sind diese in der Tabelle erwähnt.

Ökonomie

Ein Schwerpunkt ist der Bereich der Ökonomie. Dabei war besonders wichtig, ob die Maßnahmen als einmalige „Leuchtturmprojekte“ oder im Rahmen eines langfristig angelegten Unternehmenskonzeptes realisiert wurden. Ein zweiter wesentlicher Aspekt war die Frage, auf welcher Basis zur ökonomischen Bewertung die Unternehmen ihre Entscheidung für die energiesparenden Maßnahmen getroffen haben.

Strukturanalyse

Vor den sehr hohen Investitionen in eine umfassende Bestandssanierung liegt es nahe, im Rahmen einer Strukturanalyse die Marktpotentiale des Unternehmens für den modernisierten Wohnraum zu überprüfen. Dabei ist in erster Linie die Struktur und Entwicklung des Immobilienangebotes (Markt(segment)größe, Verhalten von Konkurrenten) von Interesse. Weiter sind sozioökonomische Faktoren wie Bevölkerungs- und Sozialstruktur, Einkommensverhältnisse (der neuen Mieterklientel), Kaufkraft und Arbeitsmarktsituation in der Region von Bedeutung. Mitentscheidend sind auch allgemeine wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie Unternehmensansiedlungen, Branchenmix und Wirtschaftswachstum in der Region. Zu einer Strukturanalyse gehören zudem weiche Faktoren wie Freizeit- und Bildungsangebote, Stadt- und Regionenmarketing oder Imagefaktoren.

Portfolioanalyse

Insbesondere bei Unternehmen mit diversifiziertem Bestand stellt sich die Frage: Welche Immobilien des Unternehmens sind saniert und langfristig attraktiv („Milchkühe“), welche Immobilien sind saniert, aber langfristig nicht mehr attraktiv („eventuell verkaufen“), welche Immobilien sind nicht saniert und dennoch attraktiv („füttern“) und welche Immobilien sind in einem schlechten Zustand und nur noch schlecht zu vermieten („arme Hunde“).

Abstimmung mit der Kommunalpolitik

Politische Rahmenbedingungen wie geplante kommunale Flächenausweisung oder auch die Struktur und Effizienz kommunaler Verwaltung können Entscheidungen eines Wohnungsunternehmens beeinflussen. Es stellt sich daher die Frage, ob die Maßnahmen in Kooperation bzw. Abstimmung mit der Kommunalpolitik (Stichwort: Stadt(teil)erneuerung) realisiert wurden.

ökonomische Bewertung

Eine Portfolioanalyse oder ein wohnungswirtschaftliches Gesamtkonzept sind die Ausnahme in der Wohnungswirtschaft. Daher wurde auch nach Einzelaspekten gefragt, die zur ökonomischen Bewertung der Maßnahmen herangezogen werden können (verlängerte Nutzungs- und Lebensdauer des Gebäudes, verringerten Instandhaltungs- und Verwaltungskosten, geringerer Mietausfall, höhere Potenziale zur Erhöhung des Reinertrages (bessere Möglichkeit zur Mieterhöhung), Aufbau und Realisierung stiller Reserven, verbesserte Absicherung gegen höhere Betriebskosten (der Mieter) u.a.m.

Soziale und kulturelle Infrastruktur

Als dritten Dimension des „nachhaltigen Sanierens im Bestand“ wurden in sehr begrenztem Umfang auch nach sozialen und kulturellen Aspekten gefragt wie Mieterbeteiligung während der Planungs- und Bauphase, Maßnahmen zur langfristigen sozialen Stabilisierung (Angebote zur Kinderbetreuung, Mieterbeiräte, Hausgemeinschaften), Belebung von Nachbarschaften (Gestaltung von Eingangsbereichen, Mietertreffpunkte, Hobbywerkstatt, ...), Gestaltung nutzerorientierter Außenanlagen. Hier werden nur soweit bekannt weitergehende Maßnahmen neben den üblichen Formen der Mieterbeteiligung oder des Umzugsmanagements erwähnt.

Unternehmen	BUWOG - Wien	GeWoBau Erlangen Am Anger, 4-I-Haus	Heimstättengesellschaft Lübeck	Köpenicker Whgs. Emrichstraße
Baujahr	1968 - 70	50er Jahre	1940 - 50	1960
Wohneinheiten	145	16	156	4 * 32 WE
Ökologie				
Energetischer Standard	94 -> 39 kWh/(m²a)	-> 40 kWh/(m²a)	173 -> 48 kWh/(m²a)	65 bis 75 % Einsparung
Außenwände	X	20 cm	12 cm WDVS	X
Dächer	X	20 cm	20 cm	X
Kellerdecke	X	4 cm	10 cm	X
Fenster		3 WSV	2 WSV	X, z.T. 3 WSV
Wärmeversorgung	X	BW - BHKW	Anschluss FW	X
Lüftungstechnik			Abluftanlage	
energetische Besonderheiten	Energiemanagement und Controllingsystem			Kontinuierliche Mess- datenerfassung
weitere ökologische Aspekte		17 m² Solarkollektor, Deckungsgrad 45 %	Blower-Door-Tests	
Ökonomie				
Strukturanalyse				
Portfolioanalyse				
Abstimmung mit Kommunalpolitik			Belegung in Abstimmung mit Wohnungsamt	
ökonomische Bewertung	Wärmedämm- Contracting, 60 % Kosteneinsparung garantiert		Ausführlicher Variantenvergleich in der Dokumentation	
Fördermittel	THEWOSAN, 35 €/m²	Bayerisches Modernisierungsprogramm, KfW	Landesdarlehen, Kommunaldarlehen, KfW	BMWf
Stehen Kostendaten oder Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung		Ja	Ja	
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen		Umzugsmanagement, Sanierungszeitung	Zeitgerechte Grundrisse, kontinuierlicher intensiver Kontakt mit Mietern	
Dokumentation				
Berichte, Publikationen		In der Anlage	in der Anlage	EnSan-Datenbank

Unternehmen	Köpenicker Whgs. Albert-Schweitzer	LEG NRW Köln - Böcklemünd	LEG NRW Lindenhofsiedlung	Nass. Heimstätte Offenbach - Bürgel Bad-Soden Neuenhain
Baujahr		60er Jahre	50er Jahre	1950 - 60
Wohneinheiten	100	548	274	800
Ökologie				
Energetischer Standard	94 -> 39 kWh/(m²a)	126 -> 60 kWh/(m²a)	290 -> 65 kWh/(m²a)	NEH Standard
Außenwände		10 cm MF, Vorhangf.	X	X
Dächer			X	X
Kellerdecke		X	X	X
Fenster			X	X
Wärmeversorgung	X		X	X
Lüftungstechnik	Abluftanlage		Abluftanlage	
energetische Besonderheiten	Solaranlage			
weitere ökologische Aspekte		1500 m² Fotovoltaik, 150 kW _{Peak}	Solarthermie, Blower- Door-Tests, Regen- wasser-Management	
Ökonomie				
Strukturanalyse				X
Portfolioanalyse				X
Abstimmung mit Kommunalpolitik				X
ökonomische Bewertung				
Fördermittel	BMW i	REN – Breitenförderung	Mod.-programm NRW, REN- Breitenförderung	BMBF
Stehen Kostendaten oder Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung		Ja	Ja	Ja
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen			Mod. des gesamten Wohnumfeldes	X
Dokumentation				
Abschlussbericht			In der Anlage	in der Anlage

Unternehmen	Volkswhg. Karlsruhe Kolberger Straße	Volkswhg. Karlsruhe Goerdeler Straße	Wankendorfer Bau- genossenschaft Anschützsiedlung	Wohnbau Mainz Gartenstadt Kostheim
Baujahr	1965	60er Jahre	1953	1920 – 30
Wohneinheiten	36	548		Komplette Siedlung
Ökologie				
Energetischer Standard	187 -> 52 kWh/(m ² a)	182 -> 60 kWh/(m ² a)	270 -> 70 kWh/(m ² a)	NEH Standard
Außenwände	14 cm WDVS (035)	14 cm WDVS	16 cm WDVS	X
Dächer	20 cm		20 cm	X
Kellerdecke	10 cm (WLG 035)		6 cm	X
Fenster	3 WSV		2 WSV	X
Wärmeversorgung	Fernwärme	Erdgas mit BHKW	Gas NT	X
Lüftungstechnik	Abluftanlage	Abluftanlage	Keine	X
energetische Besonderheiten	85 m ² PV, 57 m ² therm. Solar	Teilweise Einzel- raumregelung, Luft- qualitätssensoren. Verbrauchvisualisie- rung		
weitere ökologische Aspekte				
Ökonomie				
Strukturanalyse	X	X	X	X
Portfolioanalyse	X	X		X
Abstimmung mit Kommunalpolitik	Über Aufsichtsrat	Über Aufsichtsrat		Hohe städtebauliche Qualität
ökonomische Bewertung	Wirtschaftlichkeitsrech- nungen, die den erziel- baren Mietpreis be- rücksichtigen	Wirtschaftlichkeits- rechnungen, die den erzielbaren Mietpreis berücksichtigen	Ausführlicher Vari- antenvergleich in der Dokumentation	Mieten für kleiner und mittlere Einkommen
Fördermittel	Keine für Investitionen	Keine für Invest.	Investiver Zuschuss	
Stehen Kostendaten oder Berech- nungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung	Sehr grob	Ja	Ja	
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen	Mietersammlung vor Sanierung und Woh- nungsbegehungen	Sozialwissenschaftli- che Analyse der Nutzerakzeptanz		Kindgerechter Umbau
Dokumentation				
Abschlussbericht	WWF-Broschüre	Ja	in der Anlage	Handzettel aus PPT in der Anlage

Unternehmen	WBG Nürnberg Jean-Paul-Platz	WBG Nürnberg St. Johannis	Familie Koopmann Karlsbader Straße	GAG Ludwigshafen Grazer Hof
Baujahr	1930	1926 – 32	30er Jahre	1939
Wohneinheiten	6	1005	1	Über 100
Ökologie				
Energetischer Standard	204 -> 27 kWh/(m²a)	50 % Einsparung	301 -> 30 kWh/(m²a)	187 -> 57 kWh/(m²a)
Außenwände	20 cm WDVS (035)	X (Denkmalschutz)	18 cm WDVS (035)	12 cm WDVS (035)
Dächer	25 cm (035)	10 cm WDVS	30 cm	20 cm
Kellerdecke	14 (035)		14 cm	8 cm
Fenster	3 WSV	2 WSV, 3 WSV	3 WSV	2 WSV
Wärmeversorgung	Gas BW	Anschluss FW	Gas BW	Gas BW
Lüftungstechnik	WRG		WRG	
energetische Besonderheiten	„Faktor 10 im Bestand“		Faktor 10 im Bestand	
weitere ökologische Aspekte	25 m² Solarkollektoren, Dachbegrünung			
Ökonomie				
Strukturanalyse	X	X		
Portfolioanalyse	X	X		
Abstimmung mit Kommunalpolitik		Städtebaul. Umfeld		Bauleitplanung / Nutzung
Ökonomische Bewertung	energetische Amortisation < 2 Jahre			Eigentumsumwandlung mit Selbstbeteiligung
Fördermittel		KfW		
Stehen Kostendaten oder Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung	Ja	Ja		
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen	Mietergärten, Begleitforschung	Mietergärten, Lärmschutz		
Dokumentation				
Abschlussbericht				WWF-Broschüre

Unternehmen	WGH Hameln	Kreiswohnbau Hil- desheim Briegerweg, Sarstedt	Gem. Gesell. Für Wohnheime und Arbeiterwohnungen, Frankfurt, Niedwiesenstraße	Wohnstadt Fulda Kohlhäuser Feld
Baujahr	1967	1968	1971	1955
Wohneinheiten	12		40	6
Ökologie				
Energetischer Standard	154 -> 44 kWh/(m ² a)	160 -> 55 kWh/(m ² a)	-> 50 kWh/(m ² a)	-> 60 kWh/(m ² a)
Außenwände	14 cm WDVS (035)	12 (15) cm WDVS (035)	12 cm (035)	12 cm WDVS
Dächer	12 cm	20 cm (035)		15 cm
Kellerdecke	8 cm	8 cm	6 – 12 cm	
Fenster	2 WVS	2 WSV	2 WSV	2 WSV
Wärmeversorgung	Gas-NT	Fernwärme	Nahwärme, BHKW	Gas BW mit BHKW
Lüftungstechnik	Mech Lüftung mit WRG			
energetische Besonderheiten	Kippsprren			Thermisch Abkopplung der Balkone
weitere ökologische Aspekte		Flächenentsiedlung, Wassersparen, Gründächer, Müll- konzept		
Ökonomie				
Strukturanalyse				
Portfolioanalyse				
Abstimmung mit Kommunalpolitik	Nein			
Ökonomische Bewertung	Gebietsweises Vorge- hen, Betriebskosten senken-> moderate Mieterhöhungen	Wirtschaftlichkeitsbe- rechnungen		
Fördermittel	KfW	Kleiner Zuschuss der Stadt (LA 21)		
Stehen Kostendaten oder Berech- nungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung	Nein	Nein		
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen	Betreutes Wohnen mit ambulatem Pflege- dienst, Begegnungszo- nen, Gartenhäuser	Betreutes Wohnen mit ambulatem Pflegedienst		Wohnumfeldverbess- erung, Mietergärten, Gemeinschaftsflächen
Dokumentation				
Abschlussbericht	WWF-Broschüre	WWF-Broschüre	Hessischer Landes- wettbewerb	Hessischer Landes- wettbewerb

Unternehmen	Familie Steinhardt, Diemelsee-Adorf	Wohngemeinschaft Niederkaufungen	Familie Käser, Viernheim	Familie Runzheimer Wettenberg-Wißmar
Baujahr	1820	Ca. 1800	1850	Um 1900
Wohneinheiten	2		1	5
Ökologie				
Energetischer Standard	20 kWh/(m²a)	-> 50 kWh/(m²a)	-> 15 kWh/(m²a)	-> 55 kWh/(m²a)
Außenwände		12 cm Zellulose	Ca. 30 cm	20 - 38 cm Zellulose bzw. 15 – 19 cm WDVS
Dächer	26 cm Zellulose	18 cm Zellulose	Bis 44 cm	33 cm Zellulose
Kellerdecke	18 cm Zellulose	12 cm Zellulose	8 cm	12 – 16 cm PU-Platten
Fenster	Sehr gute 2 WSV	2 WSV	3 WSV	2 und 3 WSV
Wärmeversorgung	Öl NT, therm. Solar	Nahwärme mit BHKW, Solarkollektoren, Holzheizung	Gas BW	Gas BW, therm. Solaranlage
Lüftungstechnik	Mech Lüftung mit WRG		Mech Lüftung mit WRG	Abluftanlage
energetische Besonderheiten	Denkmalgeschütztes Fachwerkhaus, Südwand mit TWD, Minimierung der Wärmebrücken	Denkmalgeschütztes Fachwerkhaus	Denkmalgeschütztes Ensemble, Wiederaufbau des bestehenden Gebäudes	Teilweise Fachwerk
weitere ökologische Aspekte				Regenwassernutzung
Ökonomie				
Strukturanalyse				
Portfolioanalyse				
Abstimmung mit Kommunalpolitik				
Ökonomische Bewertung				
Fördermittel				
Stehen Kostendaten oder Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung				
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen				
Dokumentation				
Abschlussbericht	Hessischer Landeswettbewerb	Hessischer Landeswettbewerb	Hessischer Landeswettbewerb	Hessischer Landeswettbewerb

Unternehmen	Villingen-Schwenningen	Heilbronn	Altenpflegeheim Haus Sonnenberg Stuttgart	
Baujahr	1957	1959/60		
Wohneinheiten	18	9	5181 m ² Grundfläche	
Ökologie				
Energetischer Standard	154 -> 60 kWh/(m ² a)	142 -> 64 kWh/(m ² a)	300 -> 70 kWh/(m ² a)	
Außenwände	14 cm WDV	12 cm	Holzgefachkonstruktion U-Wert 0,23 W/(m ² K)	
Dächer	16 cm	16 cm	U-Wert 0,13 W/(m ² K)	
Kellerdecke	12 cm (035)	6 cm	U-Wert 0,4 W/(m ² K)	
Fenster	2 WVS	2 WSV	3 WSV	
Wärmeversorgung	Gas BW	Gas BW	BHKW	
Lüftungstechnik			Abluftanlage	
energetische Besonderheiten		Besondere Beachtung von Wärmebrücken	Kippsperre in der Heizperiode, Giebelseite 20 cm WDV, teilweise mit TWD, teilweise Luftkollektoren, stromsparende Anlagentechnik	
weitere ökologische Aspekte				
Ökonomie				
Strukturanalyse				
Portfolioanalyse				
Abstimmung mit Kommunalpolitik				
Ökonomische Bewertung				
Fördermittel				
Stehen Kostendaten oder Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zur Verfügung	Ja	Ja		
soziale und kulturelle Aspekte				
Weitergehende Maßnahmen				
Dokumentation				
Abschlussbericht	EnSan, IBP WB 99/1998	EnSan, IBP WB 99/1998	EnSan-Symposium 2002	

7 Weitere Literatur

Spohr, Guido: „Kommunale Handlungsstrategien für eine energiegerechte Modernisierung im Wohngebäudebestand der Wohnungsunternehmen – Beispielhafte Darstellung anhand der Stadt Kaiserslautern und ihrer Wohnungswirtschaft“, Diplomarbeit an der Universität Kaiserslautern, Fachrichtung Raum- und Umweltplanung, Kaiserslautern 2002. Der Autor sieht Informations- und Bewusstseinsdefizite bei Wohnungsunternehmen, die keine weitreichenden energetischen Sanierungen durchführen. Bei solchen Unternehmen, die bereits Niedrigenergiehausprojekte durchgeführt haben, stehen wirtschaftliche Beweggründe nicht unbedingt im Vordergrund.

„Zukunft der Energieversorgung in Altbauquartieren“, Dokumentation des Workshops in Berlin, Neue Energiepolitik für Berlin Heft 5; Überwiegend Energieversorgung mit BHKW

„Nachhaltiges Sanieren im Bestand – Leitfaden für die Wohnungswirtschaft“, Nassauische Heimstätte zusammen mit ISOE, Öl, IÖW, April 2001. Ökologische, soziale und wirtschaftliche Einflussfaktoren für eine nachhaltige Gebäude- und Quartierssanierung

Ladener (Hrsg.): „Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus“, ökobuch Verlag, 2. Auflage, Freiburg 1998. Im Buch sind neben den Grundlagen zur energetischen Modernisierung auch 12 Beispielgebäude dokumentiert. Etwa die Hälfte erreicht den NEH-Standard. Es handelt sich dabei um Privathäuser und nicht um Bestände von Wohnungsunternehmen.

Lörx, Wittke: „Evaluation des Förderprogramms Wärmetechnische Gebäudesanierung in der Brundtland-Stadt Viernheim“, Forschungsgesellschaft für umweltschonende Energieumwandlung und –nutzung, Kiel 1997. Die Bauteilgezogene Förderung erhielt eine gute Bewertung.

Dagmar Everding: „Städtebauliche Konzepte für energiesparendes Bauen“, 3. Passivhaus-Tagung, Bregenz, 1999. Anforderungen an Städtebau und Landschaftsentwicklung, Liste von Programmen in NRW

Raimund Käser: „Umbau einer unter Denkmalschutz stehenden Scheune zu einem Passivhaus“, in 5. Passivhaustagung in Böblingen, Reutlingen 2001

Zum gleichen Objekt: Raimund Käser: „Scheune wird Passivhaus“, in EnergieEffizientes Bauen 4/2000

Binz, Lehmann, Erb: „Ökologische Nachhaltigkeit im Wohnungsbau“, in EnergieEffizientes Bauen 4/2000. Untersuchung der optimalen Stoff- und Energieflüsse bei Wohnungsanierungen.

Karl Viridén: „Passivhaus im Bestand“, in EnergieEffizientes Bauen 4/2001. Passivhausaufstockung und Altbauanierung gemischt. Weitere Darstellung auf der 6. Passivhaustagung

Matthias von Oesen: „Sanierung eines Mehrfamilienhauses im Passivhausstandard zu vertretbaren Mehrkosten“, in EnergieEffizientes Bauen 4/2001. Modernisierungsmaßnahmen, Haustechnik. Weitere Darstellung auf der 6. und 7. Passivhaustagung (21./22.2.03 Hamburg)

Frank Otte: „Mehrfamilienhaus von 1910 wird Passivhaus“, 6. Passivhaustagung in Basel, Januar 2002. Projekt war in Planung, Eckhaus mit 3 WE

Jörg Pfäffinger: „Wohnquartier wird modernisiert: 64 % Heizenergieeinsparung“, in EnergieEffizientes Bauen 4/2000, Dokumentation eines Quartiers mit 316 WE. Maßnahmen 10 cm AW, 15 cm Keller und 12 cm Dach, neue Fenster, Abluftanlagen, Nahwärme mit Holzfeuerungen

Zukünftige Veranstaltungen

21.05.2003: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser: Einsatz von Passivhaustechnologie in der Altbau-Modernisierung

21./22.02.03: Passivhaustagung in Hamburg mit einer Arbeitsgruppe „Modernisierung mit Passivhauskomponenten“

8 Anhang

Siehe separate Anlage

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Heizwärmebedarf – Wärmegewinne und Verluste der Gebäudehülle

Der Heizwärmebedarf wird auf der Grundlage der EnEV 2002 nach EN 832 / DIN 4108-6 ermittelt. Dabei werden Wärmeverluste und Gewinne des Gebäudes bilanziert. Um die Bilanz auszugleichen, muss die verbleibende Differenz durch die Zuführung von Heizwärme ausgeglichen werden. Abbildung 2.2 zeigt am Beispiel eines Passivhauses die Bilanzierung der Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle sowie die Lüftungswärmeverluste und auf der Gegenseite solare und interne Gewinne sowie den verbleibenden Heizwärmebedarf von 14,8 kWh/(m²a).

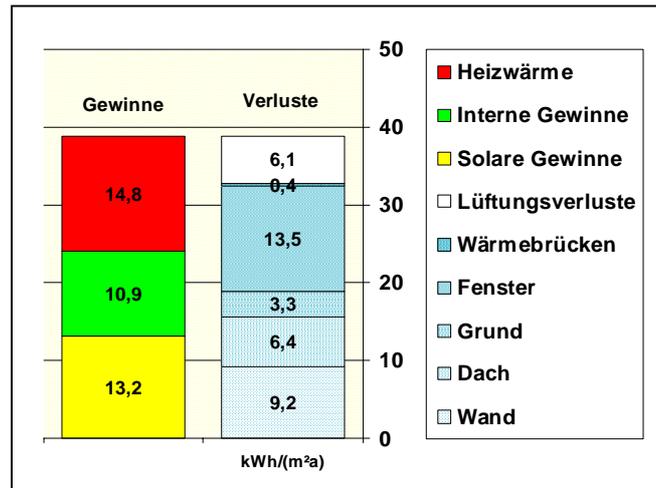


Abb. 2.2 Bilanzierung der Wärmegewinne und Verluste am Beispiel eines Passivhauses pro m² beheizter Fläche (Doppelhaushälfte mit 126 m² Wohnfläche)

In Abbildung 2.3 wird die energetische Bilanzierung nach EN 832 / DIN 4108-6 schematisch aufgelistet. Entgegen der Betrachtung nach WSV0 1995 wird nicht nur die Nutzwärme (Heizwärmebedarf), sondern die End- und Primärenergiebedarf in die Betrachtung einbezogen.

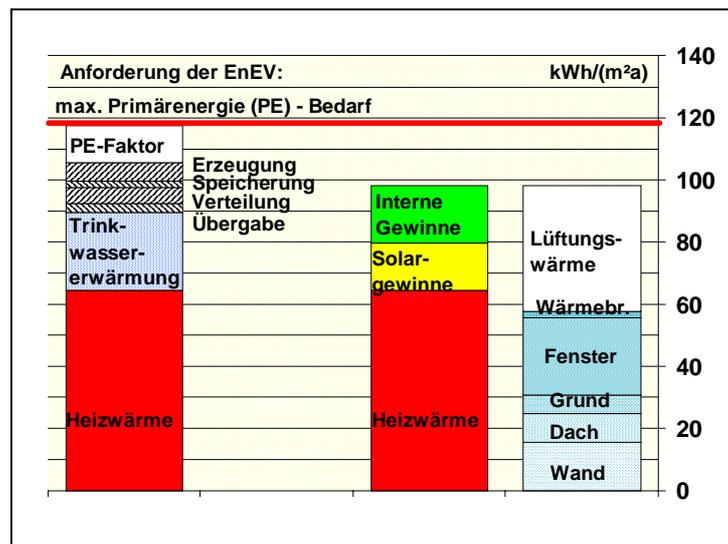


Abb. 2.3 Vereinfachtes Schema der energetischen Bilanzierung nach EnEV

Eine vereinfachte Form des Rechengangs nach EN 832 für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs wird in Tabelle 2.3 als Muster zusammen gestellt. Zum Vergleich wird die Berechnung für sehr energiesparende Gebäude nach Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP)ⁱ in Tabelle 2.4 gegenüber gestellt. Im Folgenden Anmerkungen zur Berechnung der Gewinne und Verluste. Der Vergleich zeigt, weshalb für extrem energiesparende Gebäude der Rechengang nach PHPP erforderlich ist:

Die **Transmissionswärmeverluste** (Q_T) über die wärmeübertragende Außenfläche ergeben sich als Produkt aus Fläche, U-Wert, Reduktionsfaktor (f_i) und einem Faktor, der die Heizgradstunden (G_T) abbildet. Die Fläche muss ermittelt werden bezogen auf die Außenmaße der Dämmung des beheizten Gebäudevolumens. Die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) können berechnet oder für fertige Bauteile von Herstellern erfragt werden.

In die U-Wert-Berechnung der Fenster gehen die verglasten Flächen, die Rahmenanteile (30-50 %) und die Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Glasrandverbunds und des Fenstereinbaus ein.

Wärmebrückenverluste können pauschal mit einem Aufschlag zum U-Wert von 0,1 W/(m²K) gerechnet werden oder bei Verwendung von vorgegebenen Standarddetails nach DIN 4108 (Beiblatt 2) mit 0,5 W/(m²K). Dies ist bei energieoptimierten Gebäuden nicht sinnvoll, weil die Situation nicht exakt beschrieben wird. Bei solch optimierten Bauvorhaben ist es unerlässlich, die Wärmebrücken einzeln zu berechnen.

Die **Lüftungswärmeverluste** (Q_L) ergeben sich durch die Multiplikation der Luftwechselrate (n) mit Volumen, spezifischer Wärmespeicherfähigkeit der Luft und Heizgradstunden (G_T). Der Ansatz für den Luftwechsel beträgt bei freier manueller Lüftung $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$, für luftdichtheitsgeprüfte Gebäude ($n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$) kann $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$ angesetzt werden.

Bei der Passivhausberechnung wird die Formel für den Luftwechsel n in der Tabelle angegeben. Sind pro Person etwa 30 m² Wohnfläche gegeben, kann für n_L ein Wert von 0,3 bis 0,4 h⁻¹ eingesetzt werden. Bei sehr guten Abluftwärmerückgewinnungsanlagen ist ein Wärmebereitstellungsgrad von $\eta_v = 0,85$ (0,90) anzunehmen, ansonsten $\eta_v = 0,75$ (0,80). Bei der zusätzlicher Nutzung von einfachen Erdreichwärmetauschern können überschlägig die Werte in den Klammern eingesetzt werden.

Einen entscheidenden Unterschied in den beiden Rechenverfahren stellt der Faktor für den Infiltrationsluftwechsel dar. Bei Anwendung des Wertes von 0,2 h⁻¹ nach EN 832 werden die Rahmenbedingungen eines Gebäudes mit guter Luftdichtung nicht getroffen und es ergeben sich deutlich überhöhte Lüftungswärmeverluste.

Die **solaren Wärmegewinne** errechnen sich aus dem Produkt von Fensterfläche (Rohbaumaß), Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert), solarer Einstrahlung und Reduktionsfaktor r . In letzteren gehen ein der Rahmenanteil der Fensterfläche, die Verschattung, Verschmutzung und der nichtsenkrechte Strahlendurchgang. Als Standardwert kann $r = 0,45$ angesetzt werden. Die Abweichungen der beiden Rechenverfahren resultieren aus der jeweiligen Festlegung der Heizzeit, die beim PHPP länger angesetzt wird. Auch wenn

die Heizung keine Wärme mehr bereitstellen muss, müssen die Rahmenbedingungen der internen Gewinne sowie der solaren Beiträge im Gleichgewicht zu Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten gegeben sein.

Die **internen Wärmegewinne** umfassen die im Gebäude erzeugte Wärme von Personen, Elektrogeräten, Kochen, Waschen etc. Die Ansätze nach EN 832 und PHPP weichen deutlich voneinander ab. Es kann sinnvoll sein, die tatsächlich zu erwartenden Wärmegewinne exakt zu ermitteln, wozu jeweils Rechentools zur Verfügung stehen. Rechen- und Projektbeispiele der letzten Jahre zeigen, dass die PHPP-Werte der Realität sehr nahe kommen.

Werden die Zwischenergebnisse zusammengestellt und die Wärmegewinne mit dem Faktor für den Nutzungsgrad multipliziert, ergibt sich der Gesamtheizwärmebedarf für das Gebäude. Wird dieser Wert durch die Fläche dividiert, ergibt sich der Kennwert für den Heizwärmebedarf in kWh/(m²a). Dabei muss berücksichtigt werden, dass nach EnEV die Fläche aus dem Gebäudevolumen ermittelt wird ($A_N=0,32*V$). Dieser Wert liegt bei kleinen Wohngebäuden 20 bis über 30 % über der tatsächlichen beheizten Wohnfläche. Im Umkehrschluss liegt der Kennwert um diesen Prozentsatz günstiger als bei Bezugsflächen, die identisch mit der beheizten Wohnfläche (A_{EB}) sind.

Tabelle 2.3 Berechnung des Heizwärmebedarfs nach EN 832

Transmissionswärmeverluste

	Fläche		U-Wert		Reduktionsfaktor f_t		G_t		Transmissions-Verlust Q_T
	m ²		W/(m ² K)				kKh/a		kWh/a
Wand		*		*	1,0	*	66	=	
Dach		*		*	1,0	*	66	=	
Grund		*		*	0,5	*	66	=	
Fenster		*		*	1,0	*	66	=	
Wärmebrücken	(m)	*	W/(mK)	*	0,5	*	66	=	

Lüftungswärmeverluste

Luftwechsel		Lüftungs-Volumen		Spez. Wärmespeicherkap.		Heizgr.-stunden		Lüftungswärmeverlust
n		V _L		c		G _t		Q _L
h ⁻¹		m ³		Wh/(m ³ K)		kKh/a		kWh/a
	*		*	0,34	*	66	=	

Bei Einsatz von Abluftwärmerückgewinnungsanlagen: $n = 0,4 (1 - \eta_V) + 0,2$

η_V : Nutzungsfaktor/Wärmebereitstellungsgrad der Abluftwärmerückgewinnung

V_L: Nettovolumen 80% des außenmaßbezogenen Gebäudevolumens (EnEV)

Solare Wärmegewinne

	Fläche		g-Wert		Reduktionsfaktor		Solare Einstrahlung		Solare Wärmegewi. Q _s
	m ²				R		kWh/(m ² a)		KWh/a
Ost		*		*		*	225	=	
Süd		*		*		*	370	=	
West		*		*		*	225	=	
Nord		*		*		*	140	=	

Interne Wärmegewinne

			Länge Heizzeit		spezif. Leistung		Bezugsfläche		Interne Wärmegew.
	kh/d		D/a		q _i		A _N = V * 0,32		kWh/a
					W/m ²		m ²		Q _i
EN 832	0,024	*	183	*	5,0	*		=	

V= außenmaßbezogenes Gebäudevolumen (Volumen des Baukörpers)

Zusammenstellung

Wärmeverluste und Gewinne		Ergebnis		Nutzungsgrad Wärmegewinne		Bezugsfläche (m ²)		Heizwärmebedarf pro m ²
		KWh/a				A _N /A _{EB}		kWh/(m ² a)
Transmission	Q _T		*	1,00	/		=	+
Lüftung	Q _L		*	1,00	/		=	+
Solare Wärme	Q _s		*	0,95	/		=	-
Interne Wärme	Q _i		*	0,95	/		=	-

Heizwärmebedarf pro m² (Energiebezugsfläche EN 832: A_N)

Heizwärmebedarf gesamt (vorige Zeile * A_N)

Tabelle 2.4 Berechnung des Heizwärmebedarfs nach Passivhaus Projektierungs Paket

Transmissionswärmeverluste

	Fläche		U-Wert		Reduktionsfaktor f_t		G_t		Transmissions-Verlust Q_T
	m ²		W/(m ² K)				kKh/a		kWh/a
Wand		*		*	1,0	*	84	=	
Dach		*		*	1,0	*	84	=	
Grund		*		*	0,5	*	84	=	
Fenster		*		*	1,0	*	84	=	
Wärmebrücken	(m)	*	W/(mK)	*	0,5	*	84	=	

Lüftungswärmeverluste

Luftwechsel		Lüftungs-Volumen		Spez. Wärmespeicherkap.		Heizgr.-stunden		Lüftungswärmeverlust
n		V		c		G_t		Q_L
h ⁻¹		m ³		Wh/(m ³ K)		kKh/a		kWh/a
	*		*	0,34	*	84	=	

Bei Einsatz von Abluftwärmerückgewinnungsanlagen: $n = n_L (1 - \eta_V) + 0,042$

V: beheizte Fläche * 2,40 m Raumhöhe

η_V : Nutzungsfaktor/Wärmebereitstellungsgrad der Abluftwärmerückgewinnung

n_L : 0,3-0,6 h⁻¹

Solare Wärmegewinne

	Fläche		g-Wert		Reduktionsfaktor		Solare Einstrahlung		Solare Wärmegew. Q_s
	m ²						kWh/(m ² a)		kWh/a
Ost		*		*		*	155	=	
Süd		*		*		*	270	=	
West		*		*		*	155	=	
Nord		*		*		*	100	=	

Interne Wärmegewinne

			Länge Heizzeit		spezif. Leistung		Bezugsfläche		Interne Wärmegew.
	kh/d	*	D/a	*	q_i		A_{EB}		kWh/a
					W/m ²		m ²		Q_i
PHPP	0,024	*	225	*	2,1	*		=	

Zusammenstellung

Wärmeverluste und Gewinne		Ergebnis		Nutzungsgrad Wärmegewinne		Bezugsfläche (m ²)		Heizwärmebedarf pro m ²
		KWh/a	*			A_{EB}		kWh/(m ² a)
Transmission	Q_T		*	1,00	/		=	+
Lüftung	Q_L		*	1,00	/		=	+
Solare Wärme	Q_s		*	0,95	/		=	-
Interne Wärme	Q_i		*	0,95	/		=	-
Heizwärmebedarf (Energiebezugsfläche: A_{EB})								
Heizwärmebedarf gesamt (vorige Zeile * A_{EB})								

ⁱ Passivhaus Projektierungs Paket. – Passivhaus Institut Darmstadt 2002

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Energetische Dachsanierung

Beispiele aus der Praxis

Burkhard Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes ist eine vorrangige Aufgabe der nächsten Jahre. Sie verknüpft auf äußerst konstruktive Weise Aspekte des Umweltschutzes und der Wirtschaftspolitik. CO₂-Reduzierung und Schaffung von Arbeitsplätzen auf regionaler Ebene sind durch gezielte Information und Fördermaßnahmen auf den Weg zu bringen.

Dabei muß bedacht werden, daß Sanierungsmaßnahmen nur dann sinnvoll greifen, wenn ohnehin anstehende Gebäudereparaturen in energetisch effizienter Art ausgeführt werden. Derzeitige Sanierungsraten von ca. 2% des Gebäudebestandes pro Jahr können gezielt auf Werte über 3,5% erhöht werden.

Maßnahmen an der Gebäudehülle bieten die hervorragende Möglichkeit, diese Ziele effizient zu erreichen. Dabei sind die Dachflächen besonders wirtschaftlich zu sanieren bei gleichzeitiger deutlicher Verbesserung der energetischen Eckwerte. Aufgrund der Schutzfunktion von Dächern gegen Witterung ist eine regelmäßige Sanierung essentiell für die Substanzbewahrung von Gebäuden. Der typische Sanierungszyklus beträgt etwa dreißig Jahre. Durch Instandsetzungsmaßnahmen ist eine Verlängerung auf bis zu fünfzig Jahre möglich. Maßnahmen, die jetzt durchgeführt werden, müssen auch im Jahr 2030 noch den angemessenen Standard beweisen. Insbesondere aus energetischer Sicht wird deutlich, daß bei diesem Zeithorizont jede Maßnahme deutlich über den Anforderungen der jetzigen Wärmeschutzverordnung liegen sollte, um zukunftsfähig zu sein.

In der Praxis gibt es vor allem folgende Situationen, in denen sich ein Bauherr für eine Sanierung entscheidet:

1. Undichtigkeit in der Dachfläche - Reparatur aus funktionellen Gründen
2. Verkauf des Gebäudes - Reparatur bei Eigentumsübergang
3. Systematische Pflege des Gebäudebestandes (Private und Wohnungsbaugesellschaften).

Bezieht sich die Sanierung nicht auf das gesamte Gebäude, sondern nur auf die Dachfläche, wird der energetische Gedanke oftmals kaum berücksichtigt. Dachdeckerfirmen bieten Neueindeckung an. Dabei wird allenfalls eine Unterspannbahn mit einbezogen als zusätzlicher Witterungsschutz aber kaum eine energetische Beratung durchgeführt. Erst in letzter Zeit bemühen sich die Handwerksinnungen, an diesem Punkt anzusetzen.

Wird für ein Gebäude ein energetisches Gutachten durchgeführt, wird die Dachsanierung immer zu den wirtschaftlichsten Betätigungsfeldern gehören, sofern es sich in einem sanierungswerten Zustand befindet. Ist die Dacheindeckung erst wenige Jahre alt, ist zu überprüfen, ob von unten, von der Gebäudeinnenseite eine Sanierung sinnvoll und kostenmäßig vertretbar ist.

Im folgenden werden anhand typischer Beispiele für verschiedene Gebäudejahrgänge Sanierungstypologien beschrieben. Dabei findet eine Beschränkung auf Steildächer statt.

Altbauten (vor 1949)

Bis Mitte dieses Jahrhunderts wurden Dachgeschosse aufgrund der technischen und kulturellen Gegebenheiten durchweg nicht als attraktive Wohnfläche gesehen. Durch die vorhandenen Konstruktionsweisen konnte nur bedingt Behaglichkeit in den Dachräumen geschaffen werden.

Infolgedessen wurden Dachräume oftmals für untergeordnete Zwecke genutzt, als Dachböden zu Aufbewahrungszwecken und Trockenflächen für Wäsche, zum Teil als Wohnfläche, jedoch durchweg für gering bewertete Wohnungen. In alten Plänen werden „Dienstboten-Wohnungen“ angegeben. In der Praxis findet man oftmals Ausbauten, die auch für ihre Zeit eher als provisorisch zu bezeichnen sind oder erst im Nachhinein errichtet wurden, z. B. als Behelfswohnraum nach dem zweiten Weltkrieg. Energetisch ist diesen Konstruktionen gemein, daß sie U-Werte zwischen 0,7 und 1,8 W/(m²K) aufweisen. Die Winddichtheit läßt stark zu wünschen übrig. Der winterliche und vor allem sommerliche Wärmeschutz ist mehr als unzureichend für behagliches Wohnen. Darüber hinaus sind die bauphysikalischen Gegebenheiten hinsichtlich des Diffusionsverhaltens nur dadurch erträglich, daß aufgrund der hohen gegebenen Luftwechselrate anfallende Feuchte auf sehr natürliche Weise entfernt wird. Sobald erhöhte Abdichtungen durch die Bewohner erfolgen oder gar Fenster erneuert werden, kann dies zu eklatanten Feuchteschäden in der sonstigen Hüllfläche führen.

Abbildung 1 zeigt eine typische Standardkonstruktion mit einem U-Wert von etwa 0,7 bis 1,0. Die Berechnungsparameter können in Abhängigkeit von den eingesetzten Baustoffen variieren. Die untere Hälfte der Darstellung zeigt eine Sanierungsvariante mit Erneuerung der Dacheindeckung, Aufdoppelung des Sparrens und vollständig neuem oberem Aufbau. Besonders zu überprüfen ist bei solch einer Teilsanierung die Funktion der unteren dampfbremsenden Schicht und die entsprechende Konzeption des neuen Aufbaus. Sinnvoll ist immer eine Komplettisanierung. Aus Kostengründen wird an dieser Stelle jedoch bewußt die wirtschaftlichste Sanierungsvariante dargestellt, die auch in vielen Fällen in der Praxis angewandt wird. In Tabelle 1 werden die Kosten überschlägig dargestellt. Die energetisch bedingten Mehrkosten liegen bei ca. 50 bis 70 DM pro Quadratmeter sanierter Dachfläche. Bei einer Verringerung des U-Wertes von 0,75 auf 0,17 W/(m²K) ergeben sich Kosten von 4 Pfennig pro eingesparter Kilowattstunde, wenn die Berechnung auf einen Zeithorizont von 30 Jahren durchgeführt wird ohne Einbeziehung von Zins- und Abschreibungseffekten. Das heißt, daß die Maßnahme höchst wirtschaftlich ist. Für ein Einfamilienhaus mit 80 m² Grundfläche und 115 m² Dachfläche kostet die Maßnahme etwa 20.000 DM mit einem Anteil von rund 7.000 DM für die energetische Verbesserung des Gebäudes. In den nächsten dreißig Jahren werden bei einem mittleren Energiepreis von (niedrig angesetzten) 10 Pfg/kWh insgesamt etwa 170.000 kWh eingespart - entsprechend 17.000 DM.

Abbildung 2 stellt den gleichen Fall für eine Sanierung von unten, von der Innenseite des Gebäudes dar. Die dazugehörige Tabelle 2 weist in etwa die gleiche Wirtschaftlichkeit wie im aufgezeigten Fall aus.

Baujahre bis vor dem zweiten Weltkrieg haben die gleiche Grundproblematik. Zu beachten sind in allen Fällen die statischen Rahmenbedingungen, da durch die erhöhten Aufbauten die vorhandenen Querschnitte oftmals zu gering bemessen sind. Es zahlt sich aus, in der Sanierung bewanderte Statiker zu Rate zu ziehen, da sonst sehr hohe und unsinnige Aufwendungen gefordert werden können. Da ohnehin eine erhöhte Konstruktionshöhe für die Dämmung erforderlich ist, können durch beidseitiges Anlaschen von Bohlen an die vorhandenen Sparren sowohl statische Anforderungen erfüllt werden als auch die Außen- und Innenfläche egalisiert werden. Als Abfallprodukt fällt der Raum für die erhöhte Dämmung an, die grundsätzlich als Vollsparrendämmung ausgeführt werden sollte. Zur Reduzierung der Wärmebrückeneffekte der Tragkonstruktion ist zu überprüfen, ob mit Stegkonstruktionen aus Holzwerkstoffen die gleichen Effekte erzielt werden können bei möglicherweise geringeren Kosten. Unterkonstruktionen werden oftmals sinnvoller vom Trockenbauer als vom Zimmerer durchgeführt.

Systeme mit Aufsparrendämmung können in verschiedenen Fällen eine Berechtigung haben. Dies gilt jedoch eher im Neubaubereich als bei der Sanierung. Bei der Kostenbetrachtung muß immer auch beachtet werden, ob durch eine Änderung der Außen- oder Innenbegrenzung des Daches

entweder Wohnraum entfällt oder aber außen die Randabschlüsse des Daches zu erhöhten Kosten führen bzw. angrenzende Gebäude der Veränderung Grenzen setzen.

Nachkriegsgebäude - 50er bis 60er Jahre

Während Vorkriegsgebäude durchweg mit Dämmmaterialien aus Holzwolleleichtbauplatten oder bimsartigen mineralischen Dämmstoffen gedämmt waren, kamen nach dem zweiten Weltkrieg zunehmend neue Materialien auf den Markt. Vor allem Mineralwolle ist in Gebäuden aus den fünfziger Jahren neben den althergebrachten Stoffen zu finden. In den Sechzigern tritt die KMF (künstliche Mineralfaser) dann endgültig ihren Siegeszug an. Die Dämmdicken liegen zwischen drei und sechs Zentimetern, erst gegen Mitte bis Ende der Sechziger Jahre macht sich sehr langsam ein Energiespar-Denken breit. Bis dahin wird jedoch noch diskutiert, ob der physikalische Gebäudeschutz und mithin z. B. Dämmdicken und Baukosten nicht noch weiter zu senken sind, weil Erdöl beliebig billig zu haben ist - nach dem Motto „Hauptsache die Heizleistung reicht aus“. Bei der Sanierung ist die Feinstaubproblematik der faserigen Dämmstoffe zu beachten, die nach wie vor in der MAK-Liste als krebserregend bis krebserregend eingestuft werden. Wichtig ist auch die Beachtung des chemischen Holzschutzes, der als Abfallprodukt chemischer Kampfstoffe in den Nachkriegsjahren auf jeder Baustelle angewandt wird: von DDT über PCP und Lindan wurde neben den Holzschutz-Salzen ein schlagkräftiges Gift-Instrumentarium eingesetzt.

Die vorhandenen k-Werte dieser Jahrgänge weichen nicht stark von den Vorkriegs-Jahrgängen ab. Abbildung 3 zeigt das Beispiel einer Komplettsanierung eines Dachstuhls aus den fünfziger Jahren. Man sieht, daß die vorhandenen Aufbauten oftmals extrem sparsam ohne Unterdach ausgeführt wurden. Für die Sanierung gelten die gleichen Grundregeln wie für den Altbaubereich (s. o.). Die Sanierung des Gebäudebestands aus den 50er und 60er Jahren bringt energetisch oftmals einen höheren Effekt als ältere Jahrgänge, weil die Ausgangs-Standards nochmals niedriger lagen und die Sanierung im allgemeinen mit geringen Problemen und geringeren Kosten durchgeführt werden kann.

„Neubauten“ - 70er und 80er Jahre

Die marktbeherrschende Situation der alukaschierten Mineralwollbahnen zeigt sich bei der Betrachtung von Gebäuden aus den siebziger und achtziger Jahren. Einerseits ging mit der Ölkrise 1973 ein wachsendes Bewußtsein fürs Energiesparen einher, was sich an den erhöhten Dämmdicken von 100 bis 140 mm in den Nachfolgejahren ablesen läßt. Andererseits bieten gerade die Dächer hohe Mängelfrequenz, die in Eigenleistung oder auch von schlecht ausgebildeten Trockenputzbetrieben ausgeführt wurden:

- starke Windundichtheit aufgrund der schlechten Verarbeitung der luftdichtenden Alukaschierung, die durchweg die einzig dichtende Ebene darstellt, insbesondere bei Innenverkleidungen aus Holz
- entsprechend schlechte Wirkung als Dampfbremse
- nicht funktionierende Hinterlüftungen zwischen Dämmung und Unterdach (im allgemeinen als Unterspannbahn ausführt)
- nicht funktionierende Unterdach-Konstruktionen: vor allem glasfaserbewehrte Unterspannbahnen der ersten und zweiten Generation erweisen sich nach fünf bis fünfzehn Jahren nur noch als Geflecht der Glasfasern, die Folienanteile haben sich aufgrund der ausdiffundierten Weichmacheranteile aufgelöst bzw. sind als kleine Teilchen auf die Dämmung gefallen

- schlecht funktionierender sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz, weil ein Teil der Dämmung von der Außenluft durchströmt wird, was zu einem real deutlich sinkenden U-Wert gegenüber der geplanten Ausführung führt
- seitliche Anschlüsse der Dämmfilze an die Sparren sind unsauber und werden luftdurchströmt
- Dämm-Matten sind deutlich eingefallen und weisen nur noch einen Teil der ursprünglichen Höhe auf.

Abbildung 4 und Tabelle 4 zeigen Möglichkeiten für die Sanierung. Die resultierenden Einsparkosten sind nominell niedriger, weil von einem erhöhten Standard ausgegangen wird. Grundsätzlich ist allerdings davon auszugehen, daß eine Sanierung der meisten Dachkonstruktionen aus den siebziger Jahren schon heute energetisch sinnvoll ist. Allerdings muß beachtet werden, daß ein Entfernen der Dachziegel in einem noch funktionsfähigen Zustand auch Energieverluste mit sich bringt, so daß eine maßgeschneiderte Sanierungsform gesucht werden muß. Dies kann ein Vorgehen raumweise von der Innenseite sein. Oftmals ist es aber auch möglich, nachträglich vom Dachboden aus nachträglich Dämmung einzubauen. Einblasverfahren sind hierfür besonders geeignet. Voraussetzung ist allerdings, das Diffusionsverhalten des sich ergebenden Dachaufbaus zu überprüfen. Tabelle 5 zeigt die hohe Wirtschaftlichkeit und energetische Effizienz solch eines Vorgehens: es ergeben sich Kosten in Höhe von 2 Pfennig pro eingesparter Kilowattstunde.

Vergleiche

Abbildung 5 und 6 zeigen Vergleiche zur Wirtschaftlichkeit sonstiger Sanierungsmaßnahmen aus den Bereichen Gebäudehülle und Haustechnik, die nach dem gleichen Rechenmuster erstellt wurden. Es zeigt sich, daß die profanen Maßnahmen an der Gebäudehülle die effizientesten sind. Leider stellen diese Techniken Standard-Handwerk und nicht High-Tech-Maßnahmen dar, wodurch die politische Unterstützung noch etwas zu wünschen übrig läßt.

Wichtig ist es, energetische Gebäudesanierungen als Gesamtmaßnahmen auszuführen, die in sich eine Stimmigkeit aufweisen. Während ein erster energetischer Gebäudecheck schematisch mit geringem Grundwissen erstellt werden kann, können Sanierungsgutachten nur von erfahrenen Fachleuten ausgeführt werden. Ziel muß es sein, jedes Objekt individuell mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis zu sanieren. Dabei ergeben sich Gesamtsanierungskosten, die größenordnungsmäßig in Abbildung 7 dargestellt werden. Der Einsatz eines effizienten Förderprogramms für die energetische Sanierung ist eine sinnvolle Konjunktur- und Umweltschutzmaßnahme. Abbildung 8 stellt am Beispiel Nürnberg dar, wie günstig die Korrelation zwischen Fördermitteln und Einsparungen durch Schaffung von Arbeitsplätzen durch geeignete Maßnahmen sein kann.

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Dämmung ohne Mehraufwand		Dicke (cm)		Sanier. Kosten ¹⁾	energ. San. Anteil
		vorher	nachher		
1	Dacheindeckung	3,0	3,0		
2	Lattung	2,5	2,5		
3	Konterlattung	2,5	2,5		
4	Unterdach	0,2	0,2		
5	Sparren	20,0	20,0		
5	Dämmung	8,0	20,0	16,80 DM	16,80 DM
6	Unterkonstruktion	2,5	2,5		
7	Bekleidung	1,5	1,5		
	Gesamt	32,2	32,2	16,80 DM	16,80 DM

	U-Wert	Kosten ²⁾	kWh/(m ² *a)	DM/kWh ³⁾
vor Sanierung	0,550		46,2	
nach Sanierung	0,220	16,80 DM	18,5	0,02

¹⁾ inkl. Kosten für Abriß und Entsorgung der alten Konstruktion; Zuschlag für Anschlüsse

²⁾ nur Anteil der energetischen Sanierung (Mehrkosten ohne Sowieso-Kosten)

³⁾ Kosten pro eingesparter Kilowattstunde (Laufzeit 30 Jahre, ohne Zinseffekte; linear gerec

1975 San. von oben		Dicke (cm)		Sanier. Kosten ¹⁾	energ. San. Anteil
		vorher	nachher		
1	Dacheindeckung	3,0	3,0	75,00 DM	
2	Lattung	2,5	2,5	15,00 DM	
3	Konterlattung	2,5	2,0	6,00 DM	
4	Unterdach	0,2	0,2	20,00 DM	10,00 DM
5	Sparren	18,0	28,0	20,00 DM	20,00 DM
5	Dämmung	8,0	28,0	39,20 DM	39,20 DM
6	Unterkonstruktion	2,5	2,5		
7	Bekleidung	1,5	1,5		
	Gesamt	30,2	37,2	175,20 DM	69,20 DM

	U-Wert	Kosten ²⁾	kWh/(m ² *a)	DM/kWh ³⁾
vor Sanierung	0,550		46,2	
nach Sanierung	0,160	69,20 DM	13,4	0,07

¹⁾ inkl. Kosten für Abriß und Entsorgung der alten Konstruktion; Zuschlag für Anschlüsse

²⁾ nur Anteil der energetischen Sanierung (Mehrkosten ohne Sowieso-Kosten)

³⁾ Kosten pro eingesparter Kilowattstunde (Laufzeit 30 Jahre, ohne Zinseffekte; linear gerec

1950 Komplettsanierung		Dicke (cm)		Sanier. Kosten ¹⁾	energ. San. Anteil
		vorher	nachher		
1	Dacheindeckung	3,0	3,0	75,00 DM	
2	Lattung	2,5	2,5	15,00 DM	
3	Konterlattung		2,0	6,00 DM	
4	Unterdach		0,2	20,00 DM	
5	Sparren	14,0	14,0	0,00 DM	
5	Dämmung	5,0	28,0	39,20 DM	39,20 DM
6	Unterkonstruktion	2,0	14,0	30,00 DM	30,00 DM
7	Bekleidung	1,5	1,5	40,00 DM	
	Gesamt	26,0	37,2	225,20 DM	69,20 DM

	U-Wert	Kosten ²⁾	kWh/(m ² *a)	DM/kWh ³⁾
vor Sanierung	0,800		67,2	
nach Sanierung	0,160	69,20 DM	13,4	0,04

¹⁾ inkl. Kosten für Abriß und Entsorgung der alten Konstruktion; Zuschlag für Anschlüsse

²⁾ nur Anteil der energetischen Sanierung (Mehrkosten ohne Sowieso-Kosten)

³⁾ Kosten pro eingesparter Kilowattstunde (Laufzeit 30 Jahre, ohne Zinseffekte; linear gerec

1880-1920 San. v. unten		Dicke (cm)		Sanier. Kosten ¹⁾	energ. San. Anteil
		vorher	nachher		
1	Dacheindeckung	3,0	3,0	0,00 DM	
2	Lattung	2,5	2,5	0,00 DM	
3	Konterlattung	2,0	2,0	0,00 DM	
4	Unterdach	2,5	2,5	0,00 DM	
5	Sparren	12,0	12,0	0,00 DM	
5	Dämmung	4,0	28,0	33,60 DM	33,60 DM
6	Unterkonstruktion		16,0	30,00 DM	30,00 DM
7	Bekleidung	2,0	1,5	40,00 DM	
	Gesamt	28,0	39,5	103,60 DM	63,60 DM

	U-Wert	Kosten ²⁾	kWh/(m ² *a)	DM/kWh ³⁾
vor Sanierung	0,750		63,0	
nach Sanierung	0,170	63,60 DM	14,3	0,04

¹⁾ inkl. Kosten für Abriß und Entsorgung der alten Konstruktion; Zuschlag für Anschlüsse

²⁾ nur Anteil der energetischen Sanierung (Mehrkosten ohne Sowieso-Kosten)

³⁾ Kosten pro eingesparter Kilowattstunde (Laufzeit 30 Jahre, ohne Zinseffekte; linear gerec

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Spezifische Fensterkosten Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg

Pos.	Beschreibung	Masse geprüft	EH	EP	GP	Fläche pro Fenster	Fläche gesamt	Kosten pro m ² Fensterfläche netto	Kosten pro m ² Fensterfläche brutto	Demontage der alten Fenster	Beiputzarbeiten	Fenster gesamt
				€	€	m ²	m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
2701	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 1,58/1,39 m (b/h), Glasteilung im Verhältnis 2 zu 1 (Drehkipplügel zu Drehflügel) Stulpflügel	30,00	St	784,00	23.520,00	2,20	65,89	356,98	414,10			
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h).	6,00	St	502,00	3.012,00	1,24	7,44	404,77	469,54			
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h).	6,00	St	502,00	3.012,00	1,24	7,44	404,77	469,54			
2703	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 2,16/1,39 m (b/h). Stulpflügel	3,00	St	1.060,00	3.180,00	3,00	9,01	353,05	409,54			
2704	Fenster, zweiflügelig (DK/DK), 2,16/1,39 m (b/h), Ausführung mit Mittelpfosten, auf den Mittelpfosten läuft innenseitig eine Wand zu (ca. 7 cm dick); alternativ können zwei einflügelige Fenster	3,00	St	1.160,00	3.480,00	3,00	9,01	386,36	448,17			
2705	Fenstertür, zweiflügelig (DK/D), 2,18/2,30 m (b/h).	6,00	St	1.203,00	7.218,00	5,01	30,08	239,93	278,32			
2706	Treppenhausfenster, zweiflügelig (DK/D) 1,60/1,17	3,00	St	720,00	2.160,00	1,87	5,62	384,62	446,15			
	Durchschnittliche Kosten	57,00			45.582,00	17,57	134,48	338,94	393,17	20,27	43,29	456,74

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Energetische Sanierung mit Faktor 10

Handlungsmatrix für Lüftungskomponenten

Vorgehen: im Rundmailverfahren der Beteiligten sollten die Punkte ergänzt werden; danach Workshop-Arbeitssitzung am IEMB (8. Mai 2003)

Bauteil / Aspekt	Konstruktion / Lösungsansatz	Fragestellungen	Handlungs- / Maßnahmenbedarf
Außen-/ Fortluftelement	Standardlösungen wie Außengitter (gestalterisch mäßig), Aerex-Auslässe (Ohrwascherl) etc.	Erforderlicher Abstand für hygienisch einwandfreie Trennung zwischen Fortluft und angesaugter Außenluft	Laboruntersuchung: Anteil der wieder angesaugten Luft bei welchen Rahmenbedingungen;
		Feuchtigkeitsniederschlag neben dem Fortluftelement mit Folge von Schimmelpilzbildung; Bildung von Eiszapfen und	Überprüfung in Klimakammer
			Entwicklung eines einfachen, kostengünstigen Elements
	Fortluftleitung als Rohführung über Dach; Ausführung außen (innen nicht günstig, weil kalte Leitung mit extrem hoher Dämmanforderung)	Gestaltung (Materialoberfläche möglichst edel, damit es eher „ziert“), Befestigungspunkte wärmebrückenarm, unterer Abschluss?!, Kondensatansammlung könnte zur Verstopfung des Rohres bei Vereisung führen – pro WE ca. 300 g/h * 5 WE * 24 h * 5 Tage)	Entwicklung von Standardelementen, möglichst kostenneutral zu den oben beschriebenen einfachen Ausblasöffnungen;
Vorheizregister und Defrosterregelung	Integrales System im Gerät (außerhalb zu viel Platzbedarf und Kälteeintrag durch Oberfläche)	Bisher zwei voneinander unabhängige Regelsysteme, die z. T. gegeneinander arbeiten; Als integriertes Bauteil max. Mehrkosten 100 €	Labormessungen in Klimakammer, Feldversuche, Entwicklung ggf. mit mehreren Lüftungsherstellern gemeinsam
	Alternativlösungen: z. B. Bypassleitung von der Zuluft (10 %) auf die Außenluftleitung (geregelt / ungeregelt?)	Welche Effizienzverluste ergeben sich für das Gerät, wie ist der Kosten-Nutzen-Effekt primärenergetisch und Kostenmäßig	Empirische Grundlagenforschung in der Klimakammer, Messreihen; ggf. Integration in das Gerät, damit keine zusätzliche Leitungsführung erforderlich wird
Filter Außenluft	Zahlreiche Ansätze, die mit der Ansaugung und den Fragestellungen des vorherigen Punktes korrelieren	Hygienische Anforderungen??? – keine klaren Grundlagen vorhanden; bisherige empirische Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der Hygienesituation durch Lüftungsanlagen	Optimierung der Komponenten in Verbindung mit Grundlagenarbeit in Hygieneinstituten; z. B. Zusammenarbeit mit der AGÖF (Analyseinstitute)

Filter allgemein	Die neue Geschäftsidee!!	Bisher zu hohe Kosten: „ink-jet-Effekt“; Kostenziel: max. 30 €/pro Gerät und Jahr; Konstruktives Vorgehen seitens der Hersteller = normierte Maße, die zu Massenware führen können	Neue Herstellungslinie und vor allem direkter Vertrieb (vgl. Küchenabzugshauben im Supermarkt)
Filtertausch	Einfachste Konstruktion (Edelstahlfilter für G 3?)	Wartung durch Nutzer in einfachster, sicherer Form (Edelstahlfilter in der Spülmaschine säubern?)	Bei Geräten als Einfachlösung integrieren
Abluftfilter Bad und Küche	Einfache Konstruktion mit auswaschbarem Edelstahlfilter	Wie vor	Abluftelemente auf einfache Revision durch Nutzer auslegen, Verschmutzung optisch sichtbar (?)
Lüftungsgerät	Konstruktion und Abmessungen für: 1. Einbaugerät in Küchenschrank 2. Einbaugerät an Decke 30*40*110 3. Einbau in Außenwand (ideal!) Anforderungen: PHI-zertifizierbar	Einbaulösungen vereinfachen: idealtypisch Gerät in der Wand zur Minimierung der Fortluft und Außenluftleitung (= Kalte Oberflächen mit hohem Transmissionsverlust = hohe Kosten für Leitungen, Dämmung und Betriebskostenverluste)	Geräteentwicklung!!! Kostenziel für die Sanierung (Luftmenge ca. 100 m³/h ± 50%; geeignet für 60 – 90 m² WF, 2-4 Personen): 1200 €+ MWSt. (innerhalb 1 Jahr / 1000 €innerhalb 2,5 Jahren)
Leitungsnetz	Einfaches System mit vorgefertigten Anschluss- und Kreuzungspunkten und integriertem Schalldämpfersystem; Gesamtaufbauhöhe (z. B. im Flur: ca. 150 mm)	Einrohrsystem oder Mehrrohrsystem (= jedes Ventil einzeln anfahren), 2-3 Abluftstutzen und 3-4 Zuluftstutzen; Abgleich der Luftmengen möglichst einfach, Montage als Stecksystem oder in einfachster Verbindungsform, kein „Denken“ bei der Montage erforderlich; Verkleidung der Rohre möglichst integriert; Emissionsverhalten prüfen	Kompetente Partner zusammenführen: z. B. auf Kunststoffseite REHAU, auf Wickelfalzseite n. n.; Systemvorgaben präzise beschreiben, Reduktion der Formteile auf ein Minimum; Kosten pro lfm und pro Formteil minimieren; Kostenziel: 10 €/m im montierten Zustand zzgl. 10 €Zuschlag pro Formteil (?)
Schalldämpfer	Allgemeingültiges System für 2 – 4 – Zimmer Wohnung (vgl. oben); Aufbauhöhe max. 150 mm	Ziele gemäß PHI einhalten: in den Aufenthaltsräumen 20 – 25 db(A); Partikel/Abrieb	Wie vor, Partikelmessung unter Laborbedingungen
Zuluftdüsen		Verteilungswirkung im Raum überprüfen (bisherige Ergebnisse durchweg gut), geringer Druckverlust bei Weitwurfdüsen	
Abluftdüsen		s.o. Filter Abluft	
Einregulierung / Balance	Elektronikbauteile, Regelung, Motoren und System hinsichtlich der Balance fehlertolerant ausbilden	Welche Anlagen funktionieren in der Praxis gut, wer hat einen Überblick über die Gesamtzusammenhänge, ist die Disbalance wirklich so schädlich wie theoretisch dargestellt??? Wie führt der einfachste Weg zu einer Lösung?	Heftiger Handlungsbedarf: - Überprüfung von Anlagenkonfigurationen - Schaffung von reproduzierbaren Rahmenbedingungen - Schaffung von Messgeräten mit höherer Zuverlässigkeit bei günstigen Kosten

Montage-optimierung	Kalkulationsschemata aufstellen, die präzise die Schwachstellen aufdecken	Überprüfung in der Praxis, Stundenauflistung bei Erst-, Zweit- oder Mehrfachmontage durch ein Team	Kalkulationen zwischen Herstellern und Handwerkern optimieren
Ausbildung von Lüftungsfirmen und Lüftungsplanern	Seminarprogramm seitens der Hersteller anbieten	Bisheriger Leistungsstand ist extrem schlecht, Ansprechpartner: Elektro- oder Sanitärbranche; oder nur reine Lüftungsfirmen (die gibt es zu wenig)	Grundlagen für Seminarprogramme zentral erarbeiten mit mehreren Herstellern (für umfassende Akzeptanz ist intensive Fortbildung sehr wichtig)
Kosten			Gesamtkosten pro Wohnung (60-80 m ²): kurzfristig (1 Jahr) 3500 €zzgl. MWSt.; in 3-5 Jahren 2500 €(vollständig montiert und in Betrieb genommen)

aufgestellt: 8.2.2003, Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Kostenzusammenstellung

Kostenermittlung nach Berechnung zum Diagramm "Kosten pro m² Konstruktionsfläche" auf Grundlage der Berechnungen BV Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg

Kellerdämmung	U [W/(m ² K)]	Kosten/m ²
Standard vor Sanierung	0,7-1,5	
Standardsanierung	0,60	36 €
EnEV-Sanierung	0,30	41 €
Passivhaus-Sanierung	0,20	45 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,16	45 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,14	40 €
s. Kapitel 2.4.2		

Berechnung Tabelle 2.7	netto	27,87 €
	brutto	32,33 €
mit Nebenpositionen	1,39	45,00 €

WDVS	U [W/(m ² K)]	Kosten/m ²
Standard vor Sanierung	0,9-1,7	
Standardsanierung	0,40	60 €
EnEV-Sanierung	0,20	70 €
Passivhaus-Sanierung	0,16	75 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,14	75 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,12	75 €
s. Kapitel 2.4.2		

Berechnung Tabelle 2.9	netto	50,71 €
	brutto	58,82 €
mit Nebenpositionen	1,27	75,00 €

Dachdämmung	U [W/(m ² K)]	Kosten/m ²
Standard vor Sanierung	0,8-1,5	
Standardsanierung	0,26	21 €
EnEV-Sanierung	0,15	30 €
Passivhaus-Sanierung	0,12	36 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,10	35 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,08	35 €
s. Kapitel 2.4.3		

Berechnung Tab. 2.11	netto	23,92 €
	brutto	27,75 €
mit Nebenpositionen	1,30	36,00 €

Fenster	UW [W/(m ² K)]	Kosten/m ²
Standard vor Sanierung	2,6-5,6	
Standardsanierung	1,7 / g = 0,58	255 €
Passivhaus-Sanierung	0,8 / g = 0,5	395 €
Ziel 2006 (infl.-bereinigt)	0,8 / g = 0,5	300 €
Ziel 2015 (infl.-bereinigt)	0,6 / g = 0,6	280 €
s. Kap. 2.4.4		

Energetische Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

Sanierungsgutachten und Grobkostenschätzung

Mehrfamilienhaus Mathildenstraße 38 in Fürth

Bauherr: Sabine Weber und Jörg Thumulla Nürnberger Straße 49, 90762 Fürth

Zusammenfassung

Das Gründerzeitgebäude in der Mathildenstraße 38 in Fürth stellt idealtypisch die Bauweise der vorletzten Jahrhundertwende dar. Deshalb ist die Aufgabenstellung einer durchgreifenden energetischen Sanierung mit aktuellen Techniken aus dem Neubaubereich besonders interessant und wegweisend für weitere Sanierungsstrategien. Abbildung 1 stellt das hochgesteckte Sanierungsziel im Vergleich zu anderen Energiestandards dar.

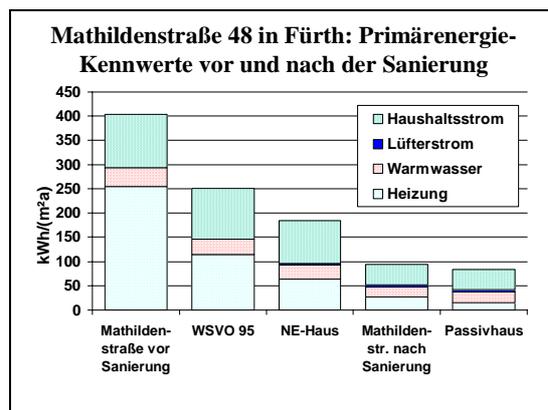


Abbildung 1: angestrebte Energie-Kennwerte

Der bauliche Zustand des Gebäudes ist als durchschnittlich zu bezeichnen. Die Instandhaltung ist in den letzten Jahrzehnten eher zurückhaltend ausgeführt worden, sodass eine grundlegende Sanierung erforderlich ist, die alle Bauteile des Gebäudes umfasst.

Die Wohnungen sind heizungsseitig mit einem Mix aus Ölfen, Gaseinzelöfen und Nachtspeicherheizung ausgerüstet. Die Gebäudehülle befindet sich im ursprünglichen Zustand bis auf einen Teil der Fenster mit Zweischeiben- und Isolierverglasung, die ab den 60er Jahren eingebaut wurden.

Das Sanierungskonzept sieht einen grundlegenden und möglichst umfangreichen Wärmeschutz der wärmeübertragenden Außenbauteile vor. Dabei sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

1. **Südwand** mit 100 mm mineralischer Innendämmung WLG 040; U-Wert 0,316 W/(m²K)
2. **Nordwand und Nebengebäude** mit 180 mm mineralischem Wärmedämmverbundsystem WLG 040; U-Wert 0,172 W/(m²K)
3. **Kellerabgang und Gauben** U-Wert 0,152 W/(m²K)
4. **Durchgang zum Hof:** U-Wert 0,198 W/(m²K)
5. **Dachdämmung** mit 360 mm Dämmung WLG 035, U-Wert 0,123 W/(m²K).
6. **Dach des Nebengebäudes** mit 360 mm Dämmung WLG 035, U-Wert 0,123 W/(m²K).
7. **Kellerdecke** unterseitig gedämmt mit 150 mm Dämmung WLG 040, U-Wert 0,204 W/(m²K).
8. **Wärmebrückenreduktion** durch flankierende Dämmung der Bauteile, welche die Dämmlage durchdringen
9. **Fenster** mit gedämmten Rahmen und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Argonfüllung; Wärmedurchgangskoeffizient für die Verglasung $U_g = 0,6$ (0,7) W/(m²K)¹ bei einem Energiedurchlaßgrad $g = 50$ %; Rahmen $U_f = 0,64$ W/(m²K); der resultierende Wert für das gesamte Fenster $U_w = 0,80$ W/(m²K)
10. **Luft- und Winddichtheit** der Konstruktion; Überprüfung durch Blower-Door-Tests: Zielwert 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz ($n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹);
11. **Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung** mit einem Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{WRG,eff} = 85$ %, Stromeffizienz $p_{el} < 0,4$ Wh/m³

¹ Wert in Klammern: U-Wert gemäß Bundesanzeiger

12. Heizung mit einer **Gas-Brennwerttherme** zentral für alle Wohneinheiten
13. **Solarkollektor-Anlage** zur Brauchwassererwärmung mit 60 % Jahresdeckung
14. **Warmwasser-Anschlüsse** für Waschmaschinen und Spülmaschinen
15. **Stromsparkonzept mit Option auf Fotovoltaik**

Abbildung 2 zeigt die energetische Wirksamkeit der Maßnahmen anhand der Bilanzierung von Wärmegewinnen und Verlusten mittels Berechnung nach EN 832.

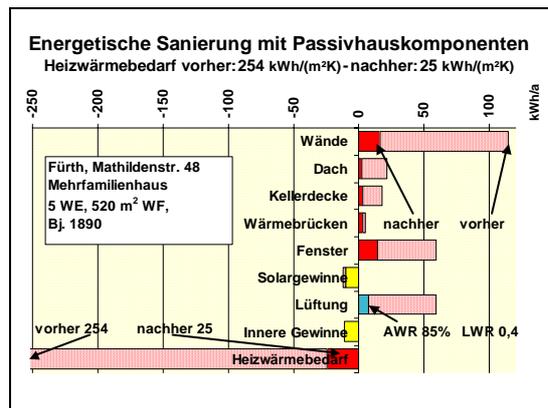


Abbildung 2: Bilanzierung der Energieflüsse

Ökologische Aspekte

Die Auswahl der **Baustoffe** wird möglichst weitgehend nach Kriterien der Umweltentlastung und Ressourcenschonung vorgenommen. Dabei wird auf geringe Emissionen, niedrige Primärenergieinhalte und eine möglichst verträgliche Produktlinie über alle Lebensphasen des Baustoffs geachtet: Das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Langlebigkeit sind weitere wesentliche Faktoren.

Wesentliches Ziel ist die Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien Raumluftqualität. Dies gilt hinsichtlich der Schadstoffbelastung sowie der durch die Bewohner vorgegebenen CO₂-Belastung. Durch die Lüftungsanlage wird ein Optimum an Qualität erreicht. Die Raumluftfeuchte stellt sich in einem wohngygienisch hervorragenden Zielkorridor von 35-60% rel. Feuchte ein. Dadurch wird eine Belastung mit Mikroorganismen minimiert. Schimmelpilzbildung an Wänden auf Grund von Feuchte Kondensation kann nicht entstehen. Wichtig hierfür ist eine sorgfältige Vermeidung von Wärmebrücken und Luftundichtheiten in der Gebäudehülle.

Durch die gute Wärmedämmung wird weiterhin ein hervorragendes Raumklima mit

ausgeglichene Temperaturen an den Innenoberflächen der Gebäudehülle erzielt.

Ergebnisse

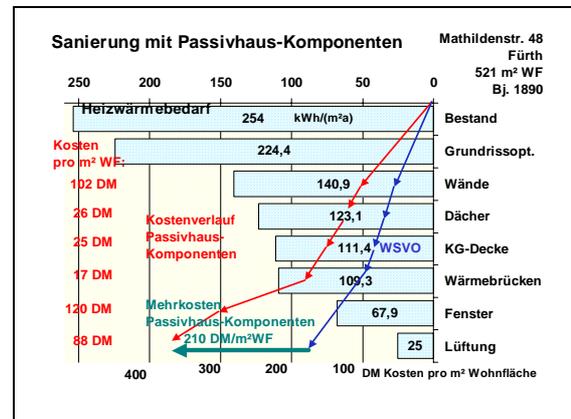


Abbildung 3: Kosteneffizienz der Maßnahmen

Die Sanierungskosten betragen 1.12 Mio DM (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.). Das sind 2.156 DM pro m² Wohn- und Büronutzfläche (mit Kellerfläche: 1.980 DM/m²). Die darin enthaltenen energetisch bedingten Kosten liegen bei 200 DM/m² für den Standard nach WSV0 (Heizenergie-Kennwert ca. 80 kWh/m²a) und weiteren 210 DM pro m² für die Passivhaus-Komponenten mit dem resultierenden Kennwert von 25 kWh/(m²a). (vgl. Abb. 3)

Die Maßnahmen befinden sich schon bei heutigen Energiepreisen im wirtschaftlich sinnvollen Bereich (Abb. 4).

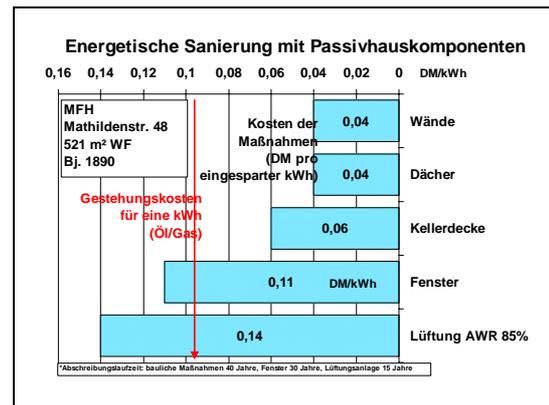


Abbildung 4: Kosten pro eingesparter kWh

aufgestellt: 6.3.2001

Burkhard Schulze Darup, Architekturbüro
 Augraben 96, 90475 Nürnberg
 Tel. 0911 8325262 fax 8325263

Zusammenstellung der Unterlagen

1. Zusammenfassung (1 Seite)
2. Kostenschätzung nach DIN 276 (Zusammenstellung, 1 Seite)
3. Kostenschätzung nach Bauteilen (10 Seiten)
 - Energetische Sanierung
 - Instandsetzung und Modernisierung
4. Passivhaus-Qualitätsnachweis (Berechnung des Heizwärmebedarfs)
 - Flächenermittlung
 - Wohn- und Nutzflächenermittlung, beheizter Raum
 - Energiekennwert (Heizwärmebedarf nach PHPP 99)
 - Jahresheizwärmebedarf nach WSV0 1995
 - U-Werte der Bauteile (k-Werte) 4 Seiten
5. Grundlagenuntersuchung: Kostenschätzung nach Bauteilen / energetischen Maßnahmen (5 Seiten)
6. Wirtschaftlichkeit der energetischen Maßnahmen (1 Seite / Ergänzung zur Grundlagenuntersuchung)
7. Passivhaus-Qualitätsnachweis zur Grundlagenuntersuchung: Berechnung der Bestands-Situation (8 Seiten, Gliederung s. o.)
8. Passivhaus-Qualitätsnachweis für die Grundlagenuntersuchung anhand von 17 Verbesserungsschritten (Maßnahmen gem. Aufstellung der Grundlagenuntersuchung; 24 Seiten)
9. Planunterlagen Sanierungsvariante (M. 1:100)
 - Grundriss Kellergeschoss
 - Grundriss Erdgeschoss
 - Grundriss 1. OG
 - Grundriss 2. OG
 - Grundriss 3. OG
 - Grundriss Dachgeschoss
 - Ansichten Nord und Süd
 - Schnitt
10. Planunterlagen Bestand (Grundrisse KG bis DG, Schnitt, Ansichten); 8 Pläne

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME BESTAND

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Gebäudetyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers pro m² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Fassaden	330,2	1,498	1,0	84	41562	
2. Gaubenvände	3,5	1,968	1,0	84	582	
3. Durchgang	28,9	1,801	0,5	84	2187	
4. Treppen-/Kellerabschl.	22,8	2,028	0,5	84	1942	
5. Decke zum Dachboden	140,7	1,028	0,5	84	6071	
6. Dach	29,3	1,051	1,0	84	2583	
7. Kellerdecke	171,6	0,872	0,5	84	6284	
8. Decke über Durchfahrt	23,4	0,961	0,5	84	944	
9. Türen zu unbeh. Räumen	6,7	3,200	0,5	84	896	
10. Wärmebrücken	240,0	0,100	1,0	84	2016	
11. Fenster mit 1-Scheib.-Vergl.	18,0	5,600	1,0	84	8467	
12. Fenster	61,9	2,800	1,0	84	14568	

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe kWh/(m²a)

Lüftungsanlage: wirksames Luftvolumen V_L m² * lichte Raumhöhe m = m³

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers h_{WRG} Wärmebereitstellungsgrad

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers h_{EWT} energetisch wirksamer Luftwechsel n_L 1/h * (1 - 0,00) + n_{L,Infiltr.} 1/h = 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L m³ * 1/h * Wh/(m²K) * kWh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V (kWh/a + kWh/a) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendauslenkung = kWh/a 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	0,45	0,58	0,0	225	0	
2. Süd	0,38	0,58	40,4	370	3297	
3. West	0,35	0,58	6,0	225	272	
4. Nord	0,45	0,58	33,6	140	1226	
5.	0,35	0,58	0,0	140	0	

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I Länge Heizzeit kh/d * spezif. Leistung q_i d/a * W/m² * A_{EB} m² = kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne h_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G h_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

Anforderung Bauwerksart Grenzwert kWh/(m²a) Anforderung erfüllt?

(ankreuzen) Zielwert

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Maßnahme: **Geplante Sanierungsvariante**

Klima:	Deutschland		Gebäudetyp/Nutzung:	Mehrfamilienhaus
Objekt:	Mehrfamilienhaus		Energiebezugsfläche A _{EB} :	521,3 m ²
Standort:	Mathildenstraße 48		Standard-Personenbelegung:	3 Pers

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kKh/a	kWh/a	pro m ² Energie- bezugsfläche
1. Fassade Süd	126,3	1,268	1,0	84	13455	
1. Fassade Nord/Nebengeb.	182,3	0,172	1,0	84	2636	
1. Giebel	30,0	1,268	0,5	84	1598	
2. Gaubenwände	12,3	0,152	1,0	84	157	
3. Durchgang	28,9	0,198	0,5	84	240	
4. Abschluß Kellerabgang	12,0	0,232	0,5	84	117	
41. Kellerwände	131,0	0,305	0,5	84	1678	
5. Dach	167,0	0,123	0,5	84	865	
6. Dach Hofgebäude	29,3	0,123	1,0	84	302	
7. Kellerdecke	171,6	0,204	0,5	84	1472	
8. Decke über Durchfahrt	23,4	0,102	0,5	84	100	
9. Türen zu unbeh. Räumen	6,7	0,800	0,5	84	224	
10. Wärmebrücken	240,0	0,080	1,0	84	1613	
11. Fenster	18,0	0,800	1,0	84	1210	
12. Fenster	86,9	0,800	1,0	84	5842	

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe 31508 kWh/(m²a) 60,4

Lüftungsanlage:		wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	m ³
		85%	521,3	3,05	1590
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	h _{WRG}	Wärmebereitstellungsgrad			
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	h _{EWT}	0%	n _{L,Anlage} 1/h	F _{WRG}	n _{L,Infiltr.} 1/h
energetisch wirksamer Luftwechsel n _L		0,300	* (1 - 0,85)		+ 0,042 = 0,087

Lüftungswärmeverluste Q_L V_L m³ * n_L 1/h * c_{Luft} Wh/(m³K) * G_t kKh/a = 3834 kWh/(m²a) 7,4

Summe Wärmeverluste Q_V (31508 + 3834) * 1,0 = 35343 kWh/(m²a) 67,8

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit	kWh/a
1. Ost	0,45	0,50	0,0	225	0
2. Süd	0,38	0,50	52,4	370	3686
3. West	0,35	0,50	9,0	225	352
4. Nord	0,45	0,50	43,6	140	1372

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe 5410 kWh/(m²a) 10,4

Interne Wärmequellen Q_I Länge Heizzeit d/a * spezif. Leistung q_i W/m² * A_{EB} m² = 6756 kWh/(m²a) 13,0

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = 12166 kWh/(m²a) 23,3

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,344

Nutzungsgrad Wärmegewinne h_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = 0,997 kWh/(m²a) 23,3

Wärmegewinne Q_G h_G * Q_F = 12128 kWh/(m²a) 23,3

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 23215 kWh/(m²a) 44,5

Anforderung Bauwerksart	<input checked="" type="checkbox"/> Grenzwert	kWh/(m ² a)	(ja/nein)
(ankreuzen)	Zielwert	15	Anforderung erfüllt? nein

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Kostenschätzung nach Bauteilen

Objekt: Mehrfamilienhaus
 Standort: Mathildenstraße 48 Fürth

A Energetische Sanierung									
1	DG-Ausbau (siehe unten)								
2	Südwand-Innendämmung			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
2	1	Innendämmung mit Mineralschaum 100 mm WLG 040, verspachteln	166,75	m ²	95,00	30,00	10.838,82	15.841,35	
2	2	Überprüfen der Balkenköpfe, luftdichtes Umschließen der Balkenköpfe mit der Dämmung	51,60	m	60,00	25,00	1.806,00	3.096,00	
2	3	Mehrkosten für Leibungsanschlüsse (eigentlich in der übermessen Fläche enthalten)	1,00	pauschal	1.500,00		1.500,00	1.500,00	
2	4	kein Kostenansatz für Wärmebrückenreduzierung					0,00	0,00	
2	Südwand-Innendämmung						14.144,82	20.437,35	
3	Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung 180 mm WLG 04			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
3	1	Wärmedämmverbundsystem 160 mm WLG 040 inkl. Gerüst, Dübelung 50%	225,70	m ²	150,00	65,00	19.184,67	33.855,30	
3	2	Nebenpositionen: Sockel, Leibungen, Anschlüsse	225,70	m ²	30,00	10,00	4.514,04	6.771,06	
3	3	Gestaltungsmerkmale: Traufausbildung etc.	1,00	pauschal	1.500,00	750,00	750,00	1.500,00	
3	Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung						24.448,71	42.126,36	
4	Kellerabgang und Gauben dämmen			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
4	1	Kellerabgang dämmen, Gefache und Fläche, gesamt 160 mm WLG 040, Gipskarton-Verkleidung	12,00	m ²	140,00	60,00	960,00	1.680,00	
4	2	Gaubenwände dämmen	3,50	m ²	250,00	120,00	455,00	875,00	
4	Kellerabgang und Gauben dämmen						1.415,00	2.555,00	
5	Durchgang dämmen (Wand)			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
5	1	Wärmedämmverbundsystem 100 mm WLG 040	28,92	m ²	150,00	50,00	2.891,64	4.337,46	
5	2	Nebenpositionen: Sockel, Anschlüsse	28,92	m ²	22,50	8,00	419,29	650,62	
5	Durchgang dämmen (Wand)						3.310,93	4.988,08	

6		Dach-Dämmung Hauptgebäude	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
6	1	Dacheindeckung erneuern inkl. Lattung und Entsorgung der alten Dacheindeckung, inkl. Nebenpositionen	167,00	m²	120,00	120,00	0,00	20.039,40
6	2	Diffusionsoffene Dachbahn/Holzweichfaserplatte	167,00	m²	12,00	8,00	667,98	2.003,94
6	3	Dämmung WLG 035, Dicke 350 mm (DM/m³=120 DM)	167,00	m²	43,75	0,00	7.306,03	7.306,03
6	4	Dampfbremse (luftdicht)	167,00	m²	14,00	8,00	1.001,97	2.337,93
6	5	Gipskartonbekleidung inkl. Nebenarbeiten	167,00	m²	78,00	78,00	0,00	13.025,61
6		Dach-Dämmung Hauptgebäude					8.975,98	44.712,91
7		Dachdämmung Hofgebäude	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
7	1	Dachabdichtung erneuern inkl. Nebenarbeiten	29,26	m²	160,00	160,00	0,00	4.681,92
7	2	Aufdoppeln der Konstruktionshöhe (nach unten/oben)	29,26	m²	30,00	10,00	585,24	877,86
7	3	Dämmung Dicke 35 cm WLG 035	29,26	m²	43,75		1.280,21	1.280,21
7	4	Innenbekleidung ?	29,26	m²			0,00	0,00
7		Dachdämmung Hofgebäude					1.865,45	6.839,99
8		Dämmung Kellerdecke	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
8	1	Dämmung 15 cm WLG 040 C65 von unten aufbringen	171,60	m²	40,00		6.864,00	6.864,00
8	2	Spachteln/Streichen der Fläche	171,60	m²	42,00	32,00	1.716,00	7.207,20
8	3	kein Kostenansatz für Wärmebrückenreduktion		m²			0,00	0,00
8		Dämmung Kellerdecke					8.580,00	14.071,20
9		Dämmung der Decke über Durchfahrt	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
9	1	Dämmung 30 cm WLG 035	23,37	m²	40,00		934,78	934,78
9	2	Bekleidung mit Gipskarton inkl. Lattenkonstruktion, streichen	23,37	m²	80,00	35,00	1.051,63	1.869,57
9		Dämmung der Decke über Durchfahrt					1.986,42	2.804,35
10		Wärmebrückenreduktion um 50 %	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
10	1	Südseite: Innenwände ca. 30-50 cm weit mit einem Dämmkeil dämmen	29,76	m²	100,00		2.976,00	2.976,00
10	2	Haustrennwände unter Dachschräge mit Dämmkeilen ca. 30-50 cm weit dämmen	10,40	m²	100,00		1.040,00	1.040,00
10	3	Kellerwände 30 cm mit Dämmkeilen dämmen an den Anschlussstellen zur Decke	28,66	m²	100,00		2.866,20	2.866,20
10		Wärmebrückenreduktion um 50 %					6.882,20	6.882,20

11		Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung Uw=1,3 W/m²K	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
11	1	Ausführung der Fenster und Türen mit Wärmeschutzverglasung (neue Fenster/Türen: gegengerechnet: Instandsetzung der alten Fenster), inkl. Einbau/Ausbau und Beiputzarbeiten	104,94	m²	580,00	295,00	29.907,90	60.865,20
11		Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					29.907,90	60.865,20
12		Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzv. Uw=0,8 W/m²K und gedämmten Rahmen	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
12	1	Mehrkosten für Verglasung Ug=0,7 W/m²K und Dämmrahmen (kostengünstige Ausführung / Holzfenster teurer)	104,94	m²	240,00	0,00	25.185,60	25.185,60
12		Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung					25.185,60	25.185,60
13		Kontrollierte Lüftung	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
13	1	Abluftgerät zur mechanischen kontrollierten Lüftung	4,00	Stück	1.000,00	200,00	3.200,00	4.000,00
13	2	Leitungsführungen, Schalldämpfer	4,00	pauschal	1.200,00		4.800,00	4.800,00
13	3	Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	4,00	pauschal	800,00		3.200,00	3.200,00
13		Kontrollierte Lüftung					11.200,00	12.000,00
14		Abluftwärmerückgewinnung 85 %	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
14	1	Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung, Wärmebereitstellungsgrad 75%, Elektroeffizienz $pe < 0,45$ W/m³	4,00	Stück	4.500,00		18.000,00	18.000,00
14	2	Leitungsführungen, Schalldämpfer, Zu-/Abluftelemente	4,00	pauschal	3.000,00		12.000,00	12.000,00
14	3	Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	4,00	pauschal	2.200,00		8.800,00	8.800,00
14	4	Abzug: Kosten für kontrollierte Lüftung					-11.200,00	-12.000,00
14		Abluftwärmerückgewinnung					27.600,00	26.800,00

* "Sowieso-Kosten" sind bereits bei Instandsetzung/Modernisierung enthalten (werden unten deshalb nicht berücksichtigt)

B	Instandsetzung und Modernisierung	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
0100	Gerüstarbeiten						
0101	Südfassade	202,56	m²	10,00		2.025,60	2.025,60
0102	noch nicht erfasste Bereiche der sonstigen Fassaden	50,00	m²	10,00	500,00		500,00
0103	Nebenpositionen, Vorhaltung pauschal	1,00	pauschal	2.000,00	2.000,00		2.000,00
0100	Gerüstarbeiten				2.500,00	2.025,60	4.525,60
0900	Entwässerungsarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
0901	Überprüfen der Entwässerungsleitungen/Kanal; Ansatz für eine mittlere Instandsetzung (Kosten können sehr stark variieren 5.000 bis über 50.000 DM)	1,00	pauschal	20.000,00		20.000,00	20.000,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	20.000,00	20.000,00
1100	Abbrucharbeiten						
1101	Abbruch von Wänden und Bauteilen, Entrümpelung, Abfuhr	1,00	pauschal	7.000,00	7.000,00		7.000,00
1102	Erstellen von Durchbrüchen	1,00	pauschal	5.000,00	5.000,00		5.000,00
1103	Abbruch von Kaminen	1,00	pauschal	3.500,00	3.500,00		3.500,00
1100	Abbrucharbeiten				15.500,00	0,00	15.500,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
1201	Maßnahmen zur Trockenlegung von Mauerwerk im Kellerbereich (lt. Begehung keine umfassenden Maßnahmen erforderlich, d. h. der Keller kann nur zur Lagerung von nicht feuchteanfälligen Materialien genutzt werden); Maßnahmen in kleinen Teilbereichen	1,00	pauschal	5.000,00		5.000,00	5.000,00
1202	Nachbessern von Kaminköpfen, Mauerwerk im Dachbereich, Kellermauerwerk	1,00	pauschal	2.500,00		2.500,00	2.500,00
1203	Ändern von Türen und Türstürzen	1,00	pauschal	2.500,00	2.500,00		2.500,00
1204	Türdurchbrüche zu den Balkons	4,00	Stück	500,00	2.000,00		2.000,00
1205	Stahlbau (Unterzüge, statische Maßnahmen, Bereich Dachterrasse)	1,00	pauschal	5.000,00	5.000,00		5.000,00
1206	Plattenbelag auf der Terrasse Nebengebäude und Dachterrasse	27,00	m²	150,00	4.050,00		4.050,00
1207	Extensive Dachbegrünung Nebengebäude	1,00	pauschal	2.500,00	2.500,00		2.500,00
1208	Sonstige Mauerarbeiten	1,00	pauschal	3.000,00		3.000,00	3.000,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				16.050,00	10.500,00	26.550,00

1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
1301	Beton- und Stahlbetonarbeiten pauschal	1,00	pauschal	4.000,00	4.000,00		4.000,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				4.000,00	0,00	4.000,00
1400	Naturwerksteinarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
1401	Sanieren der Sandsteinfassade (einfacher Standard)	196,23	m²	120,00		23.547,60	23.547,60
1402	Ausbessern von Natursteinteilen im Sockelbereich etc.	1,00	pauschal	3.000,00		3.000,00	3.000,00
1400	Naturwerksteinarbeiten				0,00	26.547,60	26.547,60
1600	Zimmererarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
1601	Aufdoppeln der Sparrenstärke im Dachbereich (statische Maßnahme)	167,00	m²	40,00	6.679,80		6.679,80
1602	Überarbeiten des Daches/Nebengebäude	29,26	m²	50,00	1.463,10		1.463,10
1603	Anschlüsse im Dachbereich anpassen	1,00	pauschal	2.500,00	2.500,00		2.500,00
1604	Balken und Balkenköpfen nacharbeiten und ausbessern (Annahme nach Erfahrungswert mittel-guter Zustand)	1,00	pauschal	5.000,00		5.000,00	5.000,00
1605	Erstellen der Dachterrasse: seitliche Wände, Auswechslungen, Aufbau der unteren Fläche und Unterkonstruktion der Brüstung	1,00	pauschal	12.000,00	12.000,00		12.000,00
1606	Erstellen der Gaube auf der Nordseite	1,00	pauschal	4.000,00	4.000,00		4.000,00
1607	Lattenroste auf den Balkons	4,00	Stück	600,00	2.400,00		2.400,00
1608	Lattenverschläge im Keller	4,00	Stück	600,00		2.400,00	2.400,00
1609	Sonstige Zimmererarbeiten	1,00	pauschal	3.000,00		3.000,00	3.000,00
1600	Zimmererarbeiten				29.042,90	10.400,00	39.442,90
1700	Stahlbauarbeiten						
1701	Balkon auf der Nordseite	4,00	Stück	6.000,00	24.000,00		24.000,00
1702	Brüstungsgeländer, Brüstungsstäbe etc.	1,00	pauschal	2.000,00	2.000,00		2.000,00
1703	Sonstiges	1,00	pauschal	2.000,00	2.000,00		2.000,00
1700	Stahlbauarbeiten				28.000,00	0,00	28.000,00
2000	Dachdeckerarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
2001	Hauptdach und Nebengebäude bereits enthalten						
2002	Mehraufwand für Dachabdichtung, begehbar beim Nebengebäude: Mehraufwand für begehbare und bepflanzbare Abdichtung inkl. Nebenpositionen	29,26	m²	120,00	3.511,44		3.511,44
2003	Dachabdichtung Dachterrasse DG	16,00	m²	120,00	1.920,00		1.920,00
2003	Sonstige Dachdeckerarbeiten	1,00	pauschal	1.500,00		1.500,00	1.500,00
2000	Dachdeckerarbeiten				5.431,44	1.500,00	6.931,44
2200	Flaschnerarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP

2201	Regenrinnen	35,00	m	40,00		1.400,00	1.400,00
2202	Fallrohre	60,00	m	45,00		2.700,00	2.700,00
2203	Einblechungen inkl. Gesimseinblechungen	50,00	m ²	140,00	7.000,00		7.000,00
2204	Fensterbleche	20,00	m ²	150,00		3.000,00	3.000,00
2205	Nebenpositionen 20%					2.820,00	2.820,00
2200	Flaschnerarbeiten				7.000,00	9.920,00	16.920,00

2300	Putz- und Stuckarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
2301	Außenputz s. o.						
2302	Innenputz (empfohlen: abschlagen und erneuern inkl. Nebenpositionen)	1.711,20	m ²	39,00		66.736,80	66.736,80
2303	Innenputz: Minderpreis bei Vorgehen mittels Ausbessern mit möglichst geringem Aufwand; nur möglich, wenn keine E-Installationen in größerem Maß in Putzflächen eingreift)	1.711,20	m ²	-25,00		-42.780,00	-42.780,00
2304	Innenputz im Keller nachbessern mit geringem Aufwand	1,00	pauschal	4.000,00		4.000,00	4.000,00
2305	Trockenputz-Wände EG	8,00	m ²	120,00	960,00		960,00
2306	Trockenputz-Wände 3. OG Treppenhaus	12,00	m ²	120,00	1.440,00		1.440,00
2307	Trockenputz-Wände DG	43,90	m ²	120,00	5.268,00		5.268,00
2308	Verkleidungen von Wandteilen, Gaubenteilen und Installationsbereichen	50,00	m ²	120,00	6.000,00		6.000,00
2309	Überarbeiten von Deckenbereichen (50% Annahme)	230,00	m ²	70,00		16.100,00	16.100,00
2310	sonstige Trockenputzarbeiten	1,00	pauschal	5.000,00	5.000,00		5.000,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				18.668,00	44.056,80	62.724,80

2400	Fliesenarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
2401	Wandfliesen EG (WC und Küchenzeile)	19,00	m ²	90,00	1.710,00		1.710,00
2402	Wandfliesen 1. OG (Bad und Küche)	29,00	m ²	90,00	2.610,00		2.610,00
2403	Wandfliesen 2. OG (Bad und Küche)	29,00	m ²	90,00	2.610,00		2.610,00
2404	Wandfliesen 3. OG (Bad)	24,00	m ²	90,00	2.160,00		2.160,00
2403	Wandfliesen DG (Küche und WC)	22,00	m ²	90,00	1.980,00		1.980,00
2404	Wandfliesen Labor	40,00	m ²	85,00	3.400,00		3.400,00
2405	Nebenpositionen (20%)				2.894,00		2.894,00
2406	Bodenfliesen s. Bodenbelagsarbeiten 3600						
2400	Fliesenarbeiten				17.364,00	0,00	17.364,00

2500	Estricharbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
2501	Unterböden sollen in den Wohnungen belassen werden, es wird von Instandhaltungsaufwand und ggf. Teilerneuerungen ausgegangen mit einer Mischkalkulation 70:30%	350,00	m ²	20,00	3.500,00	3.500,00	7.000,00
2502	Unterböden im Büro, Labor und Dachgeschoss	200,00	m ²	35,00	7.000,00		7.000,00

2500	Estricharbeiten				10.500,00	3.500,00	14.000,00
2700	Schreinerarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
2701	Fenster und Außentüren sind bereits erfaßt						
2702	Wohnungseingangstüren	4,00	Stück	2.500,00	10.000,00		10.000,00
2703	Innentüren (Mischkalkulation aus erneuern und instandsetzen)	43,00	Stück	350,00	7.525,00	7.525,00	15.050,00
2704	Treppe überarbeiten	1,00	pauschal	10.000,00	5.000,00	5.000,00	10.000,00
2705	Haustore überarbeiten	2,00	Stück	3.000,00	3.000,00	3.000,00	6.000,00
2706	Sockelleisten-Mehraufwand als Leitungsführung	1,00	pauschal	2.000,00	1.000,00	1.000,00	2.000,00
2707	Sonstige Schreinerarbeiten	1,00	pauschal	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000,00
2700	Schreinerarbeiten				28.025,00	18.025,00	46.050,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
3001	Maßnahmen im 3. OG und DG	1,00	pauschal	7.000,00	7.000,00		7.000,00
3002	sonst keine Maßnahmen		m²			0,00	0,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz				7.000,00	0,00	7.000,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
3301	Gebäudegrobreinigung	521,30	m²	7,00	3.649,12		3.649,12
3302	Gebäudefeinreinigung vor Bezug	521,30	m²	6,00	3.127,82		3.127,82
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				6.776,94	0,00	6.776,94
3400	Anstricharbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
3401	Malerarbeiten Wandflächen (inkl. geringe Untergrundvorbereitung)	1.711,20	m²	10,00	8.556,00	8.556,00	17.112,00
3402	Malerarbeiten Decken wie vor	440,38	m²	12,00	2.642,29	2.642,29	5.284,58
3403	Malerarbeiten Dachschrägen (Gipskarton)	80,00	m²	8,00	320,00	320,00	640,00
3404	Malerarbeiten Keller (Kalk- oder Silikatanstrich; keine dauerhaft weiße Fläche zu erwarten, keine grundlegende Vorbereitung des Untergrunds)	1,00	pauschal	1.500,00	750,00	750,00	1.500,00
3405	Lackierarbeiten Treppenhaus	1,00	pauschal	4.000,00	2.000,00	2.000,00	4.000,00
3406	Lackierarbeiten Türen und Tore	1,00	pauschal	5.000,00	2.500,00	2.500,00	5.000,00
3407	Lackierarbeiten Außenbauteile	1,00	pauschal	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000,00
3408	sonstige Malerarbeiten	1,00	pauschal	4.000,00	2.000,00	2.000,00	4.000,00
3400	Anstricharbeiten				20.268,29	20.268,29	40.536,58
3600	Bodenbelagsarbeiten	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
3601	Bodenbeläge (Fliesen und Holz/Kork)	560,00	m²	85,00	47.600,00		47.600,00
3602	Nebenpositionen für Randleisten etc. (22%)				10.472,00		10.472,00
3600	Bodenbelagsarbeiten				58.072,00	0,00	58.072,00
4000	Sanitärinstallation	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
4001	Steigstränge und zentrale Installation	1,00	pauschal	14.000,00	14.000,00		14.000,00

4002	WC´s inkl. Zuleitung und Entwässerungsanschluß und Armaturen	5,00	Stück	1.300,00	6.500,00		6.500,00
4003	Waschbecken wie vor	5,00	Stück	900,00	4.500,00		4.500,00
4004	Duschen wie vor	4,00	Stück	1.400,00	5.600,00		5.600,00
4005	Badewannen wie vor	4,00	Stück	1.600,00	6.400,00		6.400,00
4006	Küchenanschlüsse wie vor (ohne Küche)	4,00	Stück	400,00	1.600,00		1.600,00
4007	Labor (ohne Hebeanlage, mit einfachem Rückstauverschluß; keine abwasserrechtlichen Kosten betr. Abwasserbehandlung etc.)	1,00	pauschal	4.000,00	4.000,00		4.000,00
4008	Waschmaschinenanschlüsse WW und KW	4,00	m²	600,00	2.400,00		2.400,00
4000	Sanitärinstallation				45.000,00	0,00	45.000,00
4200	Heizungsinstallation	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
4201	Heizzentrale mit Gasbrennwert-Therme, Verteilung und Steigleitungen, BWW-Speicher	1,00	pauschal	16.000,00	16.000,00		16.000,00
4202	Solarthermie-Anlage (ohne BWW-Speicher) ca. 15 m² Kollektorfläche	1,00	pauschal	18.000,00	18.000,00		18.000,00
4203	Abgasleitung	1,00	pauschal	8.000,00	8.000,00		8.000,00
4204	Heizkörper inkl. Verteilung	28,00	Stück	600,00	16.800,00		16.800,00
4205	Wärmemengenzähler (alt.: Durchflußzähler 100 DM/Stück)	4,00	m²	700,00	2.800,00		2.800,00
4200	Heizungsinstallation				61.600,00	0,00	61.600,00
5000	Elektroinstallation	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
5001	Pauschale Mischkalkulation: möglichst wenig Neuinstallation im Bereich der Räume, nur Zuleitungen (Flur) im Bereich von Installationslinien; Überprüfung der Anlage; Installation von Haupt- Leerrohren für IT-/BUS-Technik	1,00	pauschal	25.000,00	15.000,00	10.000,00	25.000,00
5000	Elektroinstallation				15.000,00	10.000,00	25.000,00

Zusammenstellung							
A	Energetische Sanierungsmaßnahmen					GP energ.	GP
2	Südwand-Innendämmung					14.144,82	20.437,35
3	Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung					24.448,71	42.126,36
4	Kellerabgang und Gauben dämmen					1.415,00	2.555,00
5	Durchgang dämmen (Wand)					3.310,93	4.988,08
6	Dach-Dämmung Hauptgebäude					8.975,98	44.712,91
7	Dachdämmung Hofgebäude					1.865,45	6.839,99
8	Dämmung Kellerdecke					8.580,00	14.071,20
9	Dämmung der Decke über Durchfahrt					1.986,42	2.804,35
10	Wärmebrückenreduktion um 50 %					6.882,20	6.882,20
11	Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					29.907,90	60.865,20
12	Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung					25.185,60	25.185,60
13	Kontrollierte Lüftung					11.200,00	12.000,00
14	Abluftwärmerückgewinnung					27.600,00	26.800,00
	Summe netto					165.503,00	270.268,24
	Mehrwertsteuer		16%			26.480,48	43.242,92
	Summe inkl. MWSt.					DM 191.983,48	313.511,16
	energetisch bedingte Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche					DM/m² 368,28	

	zum Vergleich: bis Maßnahme 11 (entspricht etwa Standard WSV0)						
	Summe netto					101.517,40	206.282,64
	Mehrwertsteuer		16%			16.242,78	33.005,22
	Summe inkl. MWSt.					DM 117.760,19	239.287,86
	energetisch bedingte Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche					DM/m² 225,90	

B	Instandsetzung und Modernisierung					Modernisierung	Instandsetzung	GP
0100	Gerüstarbeiten					2.500,00	2.025,60	4.525,60
0900	Entwässerungsarbeiten					0,00	20.000,00	20.000,00
1100	Abbrucharbeiten					15.500,00	0,00	15.500,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten					16.050,00	10.500,00	26.550,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten					4.000,00	0,00	4.000,00
1400	Naturwerksteinarbeiten					0,00	26.547,60	26.547,60
1600	Zimmererarbeiten					29.042,90	10.400,00	39.442,90
1700	Stahlbauarbeiten					28.000,00	0,00	28.000,00
2000	Dachdeckerarbeiten					5.431,44	1.500,00	6.931,44
2200	Flaschnerarbeiten					7.000,00	9.920,00	16.920,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten					18.668,00	44.056,80	62.724,80
2400	Fliesenarbeiten					17.364,00	0,00	17.364,00

2500	Estricharbeiten				10.500,00	3.500,00	14.000,00
2700	Schreinerarbeiten				28.025,00	18.025,00	46.050,00
3200	Rolladen und Sonnenschutz				7.000,00	0,00	7.000,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				6.776,94	0,00	6.776,94
3400	Anstricharbeiten				20.268,29	20.268,29	40.536,58
3600	Bodenbelagsarbeiten				58.072,00	0,00	58.072,00
4000	Sanitärinstallation				45.000,00	0,00	45.000,00
4200	Heizungsinstallation				61.600,00	0,00	61.600,00
5000	Elektroinstallation				15.000,00	10.000,00	25.000,00
	Summe netto Instandsetzung und Modernisierung				395.798,57	176.743,29	572.541,86
	Mehrwertsteuer		16%		63.327,77	28.278,93	91.606,70
	Summe inkl. MWSt.			DM	459.126,35	205.022,22	664.148,56
	Kosten gesamt						
	Summe netto Instandsetzung/Modernisierung und energetische Maßnahmen				666.066,81	176.743,29	842.810,10
	Mehrwertsteuer		16%		106.570,69	28.278,93	134.849,62
	Summe inkl. MWSt.				772.637,50	205.022,22	977.659,72
	Für Unvorhergesehenes		15%		115.895,63	30.753,33	146.648,96
	Sanierungskosten inkl. MWSt.				888.533,13	235.775,55	1.124.308,68
	Kosten pro m ² Wohn-/Nutzfläche			DM/m ²	1.704,45	452,28	2.156,73

aufgestellt: Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

[ZURÜCK ZUM HAUTTEXT](#)

Kostenschätzung										
Energetische Sanierung										
Mathildenstraße 48, Fürth										
1 Grundrissanpassung (s. energetische Berechnung)										
2 Südwand-Innendämmung										
Abschlagen des mürben Putzes, verkleben der Mineralschaumplatten vollflächig auf der unebenen Fläche mit entsprechend differierenden Dämmdicken (verschiedene Materialdicken müssen verfügbar sein), dabei im Brüstungsbereich erhöhte Dämmdicke, die durch ein durchlaufendes Fensterbrett egalisiert wird.										
Verspachteln der Mineralschaumplatten (dieser Aufwand ist deutlich geringer als das Neuverputzen auf dem unebenen Untergrund; der Unterschied beträgt im Mittel: Spachteln ca. 6 €/m², Verputz auf dem Sandsteinmauerwerk ca. 20 €/m²; die Differenz wird kalkulatorisch bei Position 2380-2382 dem energetisch bedingten Mehraufwand gegengerechnet.										
Die Konstruktion ist durch ein dynamisches Diffusionsrechenprogramm zu überprüfen und wird seitens des Bauherrn mit Messfühlern ausgestattet zur Überprüfung. Es ist für absolute Luftdichtheit im Bereich der Balkenköpfe zu achten. Die Heizkörper müssen möglichst vollflächig an allen Stirnseiten der Zimmer aufgestellt sein.										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2379	Abschlagen des Putzes und Entsorgen des Materials	150,89	m²		10,00		1.508,89		1.508,89	0,00
2380	Innendämmung mit Mineralschaum 120 mm dick, im Bereich der Brüstungen aufbringen	40,63	m²		35,00	21,00	1.421,91		1.421,91	853,15
2381	wie vor, jedoch Dicke 80 mm von OK Brüstung bis UK Balken; die Fenster werden übermessen und die Leibungen in 40-80 mm Dämmdicke sind enthalten	97,62	m²		25,00	11,00	2.440,60		2.440,60	1.073,86
2382	wie vor, jedoch Dicke 100 mm zwischen den Balkenköpfen	12,64	m²		38,00	24,00	480,29		480,29	303,34
2383	Alternativ zur Vorposition: Verwendung von Schaumglas	12,64	m²				0,00		0,00	0,00
2384	Abdichten der Fuge zwischen Balkenköpfen und Dämmung durch eine dauerhaft dichtende Fugenmasse	60,00	lfm		5,00	5,00	300,00		300,00	300,00
1680	Freilegen der Balkenköpfe auf den vordersten 30-40 cm von der Außenwand zur Überprüfung des Zustands: Dielen entfernen, Fehlboden ausbauen und wieder Einbauen aller Bauteile, dabei die erste Diele längs an die neue Konstruktion anleihen	45,14	lfm		27,00	10,00	1.218,78		1.218,78	451,40
2385	Entfernen des Stucks an der Fassadenseite des Raumes	45,14	lfm		10,00	10,00	451,40		451,40	451,40
2386	Anbringen eines vergleichbaren Stuckgesimses aus Dämmmaterial	45,14	lfm		32,00	32,00	1.444,48		1.444,48	1.444,48
2387	Verspachteln der Flächen aus Pos. 2380-2382	150,89	m²		6,00		905,33		905,33	0,00
							0,00		0,00	0,00
							0,00		0,00	0,00
Putzarbeiten Südwand-Innendämmung							10.171,68	0,00	10.171,68	4.877,63
3 Wärmedämmverbundsystem Wände Nord / Nebengebäude										
Das Wärmedämmverbundsystem an den Hoffassaden (und östliche Gaubenwange DG) wird mit Mineralschaumdämmung (Fabr. STO o. glw.) ausgeführt in einer Dämmdicke von 160 mm. Dübelung ist dort erforderlich, wo der Untergrund nicht tragfähig ist. Dies muss mit der ausführenden Firma genau untersucht werden. Die Fenster sollten bündig zur Außenkante bzw. besser außerhalb des Mauerwerks montiert werden, um Wärmebrücken zu minimieren und einen einfachen Detailanschluss zu bewerkstelligen.										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon	GP (gesamt)	Instand-	Moder-	davon
201	Stahlrohrrahmengerüst mit allen erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen		qm				0,00		0,00	0
202	Gerüst-Innengeländer wegen erhöhtem Abstand zur Wand		m				0,00		0,00	0

203	Dachdecker-Fanggerüst		m				0,00		0,00	0
204	Zulage für Standzeitverlängerung pauschal		St				0,00		0,00	0
2301	Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus Mineralschaumdämmung, Dicke 160 mm, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045, Beschichtung mit Armierungsmörtel und Armierungsgewebe, mineralischer Oberputz als Kratzputzstruktur mit einer Körnung von 2 mm, leicht getönt, Fabr. STO o. glw.	268,46	qm		70,00	33,00	18.792,20		18.792,20	8859,18
2302	Dübelung zur Vorposition	50,00	qm		15,00		750,00		750,00	0
2303	Zulage für den Sockelabschluss: im Sockelbereich XPS-Platten und Oberflächenbeschichtung mit Feuchteschutz inkl. unterer Anschluss an das bestehende Mauerwerk: Höhe ca. 30 cm	24,10	lfm		12,00	12,00	289,20		289,20	289,2
2304	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibungen und Ecken	110,70	m		4,00	4,00	442,80		442,80	442,8
2305	Zulage für Panzergewebe	10,00	qm		8,00	8,00	80,00		80,00	80
2306	Zulage für die Fensterleibungen bei Öffnungen größer als 2,5 qm, Abrechnung nach lfdm; die Fenster werden auf die Außenfläche der Außenwand gesetzt (vgl. Detail)	6,00	m		15,00	15,00	90,00		90,00	90
2307	Putzanschluß am Fensterrahmen mittels Kompriband oder nach Wahl des Bieters: Beschreibung:	110,70	m		4,00	4,00	442,80		442,80	442,8
2308	wie vor, jedoch Dachanschlüsse im feuchtegeschützten Bereich Beschreibung:	40,00	m		4,00	4,00	160,00		160,00	160
2309	Sonstiges	1,00	pau		1000,00	500,00	1.000,00		1.000,00	500
2310							0,00		0,00	0
Putzarbeiten Wärmedämmverbundsystem							22.047,00	0,00	22.047,00	10.863,98
4 Kellerabgang und Durchgang/EG dämmen										
Das Treppenhaus gehört zum gedämmten, warmen Bereich. Die thermische Trennung verläuft gem. Variante B (Skizze in der Anlage) entlang der Wand zwischen Büro 1 und Durchgang bis zur Eingangstür zum Büro. Diese wird hochwärmedämmend ausgeführt, ebenso die anschließende Tür zur OG-Treppe.										
Die Dämmung trennt diese Treppe zum Treppenhaus ab (Trennung vertikal zwischen den Treppen im EG und Dämmung über der Kellerabgangs-Treppe. Weiterhin läuft die Dämmung links neben dem Treppenabgang an der Wand bis UK OG-Treppe bis hinein in den Abstellraum bis zum Fenster.										
					Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM	EP €	davon	GP (gesamt)	Instand-	Moder-	davon
2311	Wärmedämmverbundsystem aus Mineralschaumdämmung, Dicke 100 m, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045, Beschichtung mit Armierungsmörtel und Armierungsgewebe, mineralischer Oberputz	40,91	qm		55,00	33,00	2.250,05		2.250,05	1350,03
2312	Dübelung zur Vorposition	20,00	qm		8,00		160,00		160,00	0
2313	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibungen und Ecken	30,00	lfm		4,00	4,00	120,00		120,00	120
2314	Zulage für Panzergewebe	10,00	m ²		8,00	8,00	80,00		80,00	80
2315	Sonstiges	1,00	pau		1000,00	500,00	1.000,00		1.000,00	500
Trockenputzarbeiten										
2316	Dämmung über der Kellertreppe (unter der OG-Treppe)	3,00	m ²		50,00	30,00	150,00			90
2317	Leichtbauwand zwischen den Treppen (Treppendreieck) bis hin zur Wand/Büro in wärmegeämmter Ausführung mit 140 mm Dämmung WLG 040	12,40	m ²		55,00	30,00	682,00			372
2318	Nebenarbeiten	1,00	pau		100,00	50,00	100,00			50
Kellerabgang und Durchgang/EG dämmen							4.542,05	0,00	3.610,05	2.562,03

5 Dach-Dämmung Hauptgebäude inkl. Gauben										
Die Dämmung des Daches verläuft nach der Sanierung nicht mehr in der Ebene oberhalb des 3. OG's, sondern im Bereich des Hauptdachs, der beiden Mansardbereiche im 3. OG sowie an den alten und neuen Gauben. Im Zuge der Zimmererarbeiten wird der Dachstuhl statisch an die neue Situation angepasst und zimmermannsmäßig mit einer konstruktiven Dämmhöhe von 350 mm aufgebaut (genaue Beschreibung unter Zimmererarbeiten). Ebenfalls durch den Zimmerer wird ein diffusionsoffenes Unterdach erstellt. Weiterer Aufbau (Dachdecker): Konterlattung, Lattung, Dacheindeckung.										
Die Dämmung wird im Rahmen der Trockenbauarbeiten mit Mineralwolle WLG 035 ausgeführt. Als unterer Abschluss eine feuchteadaptive Dampfbremse (G+H Difunorm Vario, oder in Abstimmung mit dem Bauherrn PE-bedampfte bewehrte Baupappe). Die Innenbekleidung erfolgt mit Gipskarton-/Gipsfaserplattenbekleidung auf Lattung und Ausgleichslattung.										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2320	Dämmung Hauptdach inkl. Kniestockbereich und Gauben mit Mineralwolldämmung WLG 035, Dämmdicke 0,35 m	53,62	m³		65,00	65,00	3.485,14		3.485,14	3.485,144
2321	wie vor, jedoch Wandbereiche der Dachterrasse, Dämmdicke 0,25 m	2,50	m³		65,00	65,00	162,50			162,5
2322	wie vor, jedoch Mansarddach mit Dämmdicke 0,35 m und Gauben mit 0,25 m	6,03	m³		65,00	65,00	391,63			391,625
2323	Dampfbremse zu den Vorpositionen, luftdicht montiert	181,56	m²		7,00		1.270,89			0
2324	Gipskartonbekleidung inkl. Lattung und Ausgleichslattung im Bereich der Dachschrägen (F-30)	141,06	m²		25,00		3.526,40			0
2325	wie vor, jedoch Mansardbereich (F-90 B) inkl. Gaubenwangen	18,70			40,00		748,00			0
2326	wie vor, jedoch Kniestockbereich (F-30), inkl. Tragkonstruktion	10,98			28,00		307,44			0
2327	wie vor, jedoch Gaubenwangen, Unterkonstruktion wie Pos. 2324	1,62			28,00		45,36			0
2328	wie vor, jedoch Bekleidung von Wänden einlagig	12,40			25,00		310,00			0
2329	Eckwinkel						0,00			0
2330	Fugen dauerelastisch ausspritzen						0,00			0
Dach-Dämmung Hauptgebäude inkl. Gauben							10.247,36	0,00	3.485,14	4.039,27
6 Dachdämmung Dachterrasse										
Im Bereich der Dachterrasse müssen die tragenden Querschnitte auf Grund der Statik erhöht werden (vgl. Zimmerarbeiten). Der Aufbau wird als Warmdach ausgeführt, um Konstruktionshöhe einzusparen mit Dämmmaterial WLG 035. Abdichtungsarbeiten und Oberbelag bei Dachdeckerarbeiten.										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2330	Dämmung Dachterrasse mit Mineralwolldämmung WLG 035, Dämmdicke 0,35 m	6,19	m³		65,00	65,00	402,22		402,22	402,22
2331	Dampfbremse zur Vorposition, luftdicht montiert	6,19	m²		7,00		43,32			0
2332	Gipskartonbekleidung inkl. Lattung und Ausgleichslattung im Bereich der Decke unterhalb (F-90 B)	6,19	m²		40,00		247,52			0
2333	Fugen dauerelastisch ausspritzen		lfm				0,00			0
Dachdämmung Dachterrasse							693,06	0,00	402,22	402,22
7 Dachdämmung Nebengebäude										
Im Bereich des Nebengebäudes müssen die tragenden Querschnitte auf Grund der Statik (Umnutzung zu Dachterrasse) erhöht werden (vgl. Zimmerarbeiten). Der Aufbau wird als Warmdach ausgeführt, um Konstruktionshöhe einzusparen mit Dämmmaterial WLG 035. Abdichtungsarbeiten und Oberbelag bei Dachdeckerarbeiten; auf Wunsch des Bauherrn Dachbegrünung im nördlichen Bereich des Nebengebäudes (Kosten bei Außenanlagen).										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2335	Dämmung Nebengebäude mit Mineralwolldämmung WLG 035, Dämmdicke 0,35 m	10,49	m³		65,00	65,00	681,64		681,64	681,6355
2336	Dampfbremse zur Vorposition, luftdicht montiert	10,49	m²		7,00		73,41			0

2337	Gipskartonbekleidung inkl. Lattung und Ausgleichslattung im Bereich der Decke unterhalb (F-90 B)	10,49	m ²		40,00		419,47				0
2338	Fugen dauerelastisch ausspritzen		lfm				0,00				0
Dachdämmung Nebengebäude							1.174,51	0,00	681,64	681,64	
8 Dämmung Kellerdecke											
Die Kellerdecke wird im Mittel mit einer 15 cm dicken Dämmung WLG 035 (PS-Dämmung) versehen. Die Dämmplatten werden mit Klebemörtel unter der Decke befestigt. Dafür ist die Decke (Kappendecke) vorher von Staub- und Schmutzpartikeln grob zu reinigen. Die Dämmung wird verspachtelt und verschlemt.											
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instandsetzung	Moder-nisierung	davon energetisch bedinat	
2340	Grobreinigung der Kellerdecke	62,40	m ²		3,00	0,00	187,20		187,20	0	
2341	Dämmung der Kellerdecke mit PS WLG 035, Dicke i. M. 0,15 m (nur unbeheizte Räume gem. Massenermittlung)	62,40	m ²		20,00	20,00	1.248,00		1.248,00	1248	
2342	Spachteln und Schlemmen der Dämmung	62,40	m ²		21,00		1.310,40			0	
Dämmung Kellerdecke							2.745,60	0,00	1.435,20	1.248,00	
9 Dämmung Kellerwände und Kellerboden											
Im Keller werden zwei Räume beheizt: Souterrain unter dem Nebengebäude und das Archiv. Die angestrebte Raumlufttemperatur liegt bei ca. 16 °C. Im Archiv wird die Heizanlage untergebracht. Die Wände zu ungedämmten Bereichen werden mit Innendämmung mit einer Dicke von 8 cm WLG 040 versehen.											
Der Kellerboden von den beheizten Räumen wird abgedichtet mit Bitumenschweißbahn und erhält einen schwimmenden Estrich mit 8 cm Dämmung WLG 035 und Estrich 6 cm dick											
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instandsetzung	Moder-nisierung	davon energetisch bedinat	
2340	Grobreinigung der Kellerwände	74,02	m ²		3,00	0,00	222,06		222,06	0	
2341	Dämmung der Kellerwände, Dämmdicke 0,08 m WLG 035	74,02	m ²		22,00	20,00	1.628,42		1.628,42	1480,38	
2342	Spachteln und Schlemmen der Dämmung	74,02	m ²		21,00		1.554,40			0	
Boden											
2501	Schweißbahn	54,75	m ²		10,00		547,50			0	
2502	Dämmung PS WLG 035, Dicke 80 mm	46,75	m ²		8,00	8,00	374,00			374	
2503	Estrich inkl. Trennlage, Dicke 60 mm	46,75	m ²		10,00	5,00	467,50			233,75	
3200	Oberboden ?										
Dämmung Kellerwände und Kellerboden							4.793,87	0,00	1.850,48	2.088,13	
10 Dämmung der Decke über der Durchfahrt											
Die Decke über der Durchfahrt und im Bereich des Treppenhauses über dem kalten Bereich bis zur Tür muss von unten gedämmt werden. Die Ausführung erfolgt mittels einer abgehängten Trockenbaudecke mit einer Dämmstärke von 30 cm Mineralwolle WLG 035.											
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instandsetzung	Moder-nisierung	davon energetisch bedinat	
2350	Dämmung der Decke über der Durchfahrt mit Mineralwolle WLG 035, Dicke 30 cm	15,46	m ²		21,00	21,00	324,73		324,73	324,7335	
2351	Dämmung der Decke über EG Treppenhaus/kalter Bereich und Abstellraum/außen mit Mineralwolle WLG 035, Dicke 30 cm	11,48	m ²		21,00	21,00	241,08		241,08	241,08	
2352	Gipskartondecke mit Unterkonstruktion und Abhängern zur Vorposition	26,94	m ²		35,00	15,00	943,02		943,02	404,15	
2353	Fugen dauerelastisch ausspritzen	45,00	lfm		4,00		180,00		180,00	0,00	
Dämmung der Decke über der Durchfahrt							1.688,84	0,00	1.688,84	969,97	
11 Wärmebrückenreduktion											

	Reduktion der Wärmebrücken durch Anbringen von Dämmung an Wandanschlüssen, die eine Wärmebrücke bilden, vor allem im Bereich von Innendämmung. Dazu gehören: Wände Südseite, Haustrennwände unter der Dachschräge und die Oberkante der Kellerwände im nicht gedämmten Bereich. Die Ausführung er									
					Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2360	Wärmebrückenreduktion durch seitliche Wärmedämmung an einbindenden Wänden: 25 cm breit d=60 mm, davor 3 cm breit d=30 mm, inkl. verspachteln	73,20	lfm		18,00	18,00	1.317,60		1.317,60	1.317,60
2361	wie vor, jedoch im Bereich der Haustrennwände an den Dachschrägen	24,00	lfm		18,00	18,00	432,00		432,00	432,00
2362	wie vor, jedoch 30 cm breit d=60 mm unter der Decke im kalten Bereich des Kellers	56,70	lfm		14,00	14,00	793,80		793,80	793,80
2363	Dämmung mit Mineralwollplatten auf Haustrennwänden, möglichst dick ausführen, soweit es die Konstruktion zulässt (bis direkt unter die Dacheindeckung), mittlere Dämmdicke 12 cm	10,00	m ²		8,00	8,00	80,00		80,00	80,00
Wärmebrückenreduktion							2.623,40	0,00	2.623,40	2.623,40
12 Fenster und Türen										
Die Fenster und Türen müssen vollständig erneuert werden. Ziel ist eine denkmalgerechte Ausführung bei gleichzeitiger Beachtung der energetischen Belange. Folgende Maßnahmen werden ausgeführt:										
Südfassade: Die Fenster werden als Holzfenster mit Fensterteilung nach Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde ausgeführt, U-Wert der Verglasung 1,1 W/(m ² K), Rahmen 1,5 W/(m ² K), g-Wert 62 %										
Südfassade/Terrasse: Fenster mit einem U-Wert der Verglasung von 0,6 (0,7 nach Bundesanzeiger) W/(m ² K), Rahmen 0,6 W/(m ² K), g-Wert 53 % (passivhausgerechte Ausführung)										
Nordfassade: Fenster mit einem U-Wert der Verglasung von 0,6 (0,7 nach Bundesanzeiger) W/(m ² K), g-Wert 53 %, Rahmen 0,6 W/(m ² K) in passivhausgerechter Ausführung; (kostengünstige Alternative, die möglichst nicht ausgeführt werden soll: Rahmen 1,5 W/(m ² K), diese Variante wird energiemäßig nicht gerechnet; Überdämmung des Stockrahmens fast vollständig zur Verbesserung des resultierenden U-										
Nordfassade/Dachgeschoss: Fenster mit einem U-Wert der Verglasung von 0,6 (0,7 nach Bundesanzeiger) W/(m ² K), g-Wert 53 %, Rahmen 0,6 W/(m ² K) (passivhausgerechte Ausführung)										
Türen und Tore: energetisch relevante Türen werden mit einem U-Wert < 0,8 W/(m ² K) ausgeführt, sonst Standardmäßige Gläser und Rahmen;										
Alle Einheitspreise inkl. Montage; Demontage und Entsorgen der alten Fenster bei allen Positionen außer im Dachgeschoss										
					Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instand- setzung	Moder- nisierung	davon energetisch bedinat
2701	Südfassade Holzfenster zweiteilig mit feststehendem Unter-/Oberlicht, Fensterflügel mit DK-Beschlag, 1080/1850 mm (b/h) U-Wert der Verglasung 1,1 W/(m ² K), Rahmen 1,5 W/(m ² K), g-Wert 62 %	23,00	Stck		525,00		12.075,00		12.075,00	0,00
2702	Südfassade Terrassentürelement, 1980/1950 mm (b/h) U _w < 0,6 W/(m ² K), g-Wert 53 %, zweiteilig, mit DK-Beschlag (ohne Demontage)	1,00	Stck		1020,00	280,00	1.020,00		1.020,00	280,00
2703	wie vor, jedoch feststehend (ohne Demontage)	1,00	Stck		900,00	250,00	900,00		900,00	250,00
2704	Südfassade Terrassentürelement, seitlich 1480/1500 mm (b/h), von diesem Maß oben schräg im ca. 30°-Winkel abgeschnitten, U _w < 0,6 W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, festverlast (ohne Demontage)	2,00	Stck		800,00	200,00	1.600,00		1.600,00	400,00
2705	Nordfassade: Fenster 1000/1750 mm (b/h) U _w < 0,6 W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	11,00	Stck		720,00	210,00	7.920,00		7.920,00	2.310,00
2706	Nordfassade 3. OG: Fenster 1000/1450 mm (b/h) U _w < 0,6 W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	4,00	Stck		700,00	200,00	2.800,00		2.800,00	800,00

2707	Nordfassade Fenstertüren an den Balkons 1000/2035 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	3,00	Stck		850,00	225,00	2.550,00		2.550,00	675,00
2708	Nordfassade: WC-Fenster 500/1750 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	4,00	Stck		650,00	180,00	2.600,00		2.600,00	720,00
2709	Nebengebäude EG: Fenster 1000/1450 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	3,00	Stck		700,00	200,00	2.100,00		2.100,00	600,00
2710	Nebengebäude Souterrain: Fenster 1000/1000 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag	3,00	Stck		600,00	175,00	1.800,00		1.800,00	525,00
2711	Nordfassade DG: Fenstertür am Balkon 1000/2200 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag (ohne Demontage)	1,00	Stck		850,00	225,00	850,00		850,00	225,00
2712	Nordfassade DG: Gaubenfenster 1000/1450 mm (b/h) $U_w < 0,6$ W/(m ² K), g-Wert 53 %, einteilig, mit DK-Beschlag (ohne Demontage)	1,00	Stck		700,00	200,00	700,00		700,00	200,00
2713	Kellerfenster: 800/500 mm (b/h) U-Wert der Verglasung 1,1 W/(m ² K), Rahmen 1,5 W/(m ² K). α -Wert 62 %.	5,00	Stck		250,00		1250,00		1250,00	0,00
Außentüren hochwärmegeklämt und luftdicht (Abschluss der thermischen Hülle)										
2720	EG: Eingangstür Büro, 1000/2010 mm (b/h) $U_w < 0,8$ W/(m ² K), Sicherheitsbeschlag, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit einfachem aufgesetztem Profil gestaltet	1,00	Stck		1350,00	300,00	1350,00		1350,00	300,00
2721	EG: Eingangstür zum Treppenaufgang, 1000/2010 mm (b/h) $U_w < 0,8$ W/(m ² K), Sicherheitsbeschlag, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit einfachem aufgesetztem Profil gestaltet z T verlast	1,00	Stck		1500,00	340,00	1500,00		1500,00	340,00
2722	Nebengebäude: Eingangstür zum Büro 3, 1000/2200 mm (b/h) $U_w < 0,8$ W/(m ² K), Sicherheitsbeschlag, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit einfachem aufgesetztem Profil gestaltet z T verlast	1,00	Stck		1600,00	360,00	1600,00		1600,00	360,00
2723	Nebengebäude: Eingangstür zum Keller, 900/2000 mm (b/h) $U_w < 0,8$ W/(m ² K), Sicherheitsbeschlag, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; glatte einfache Ausführung	1,00	Stck		1200,00	280,00	1200,00		1200,00	280,00
Sonstige Außentüren und Tore										
2724	EG: Hauseingangstür, 1080/2300 mm (b/h) $U_w < 1,5$ W/(m ² K), Sicherheitsbeschlag, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit aufgesetztem Profil gestaltet, 2 Verlasungsfelder	1,00	Stck		2000,00		2000,00		2000,00	0,00
2725	EG: Element über der Hauseingangstür, 1080/1300 mm (b/h) $U_w < 1,5$ W/(m ² K), 2-Teiliges Fenster, fest verlast	1,00	Stck		350,00		350,00		350,00	0,00
2726	EG: Hoftür 1080/2300 mm (b/h) $U_w < 1,5$ W/(m ² K), einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit aufgesetztem Profil gestaltet, 2 Verlasungsfelder	1,00	Stck		1500,00		1500,00		1500,00	0,00

2727	EG: Kellertür zum Hof 1080/2300 mm (b/h) $U_w < 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche mit aufgesetztem Profil gestaltet, 2 Verlasungsfelder	1,00	Stck		1500,00		1500,00		1500,00	0,00
2728	Kellertür zur Werkstatt 1000/2000 mm (b/h) $U_w < 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, einfacher Drücker/Knauf/Rosette; Fläche einfach gestaltet, 2 Verlasungsfelder	1,00	Stck		1200,00		1200,00		1200,00	0,00
Fenster, Türen und Tore							50.365,00	0,00	50.365,00	8.265,00
Fensterbretter innen										
Fensterbleche außen										
Wohnungseingangstüren										
Innentüren										
Fenster und Türen							0,00	0,00	0,00	0,00
13 Heizanlage mit Solaranlage										
Ersatz der bisherigen Einzelöfen und Etagenlösungen durch eine zentrale Gas-Brennwertheizung. Thermische Solaranlage (15m ² Solarfläche) mit Heizungsunterstützung										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instandsetzung	Moder-nisierung	davon energetisch bedinat
4201	Heizkessel und Zubehör, Abgasanlage	1,00	Stck		5300,00	5300,0	5300,00		5300,00	5300,00
4202	Heizkörper und Verteilungen	1,00	Stck		7800,00	7800,0	7800,00		7800,00	7800,00
4203	Montage	1,00	Stck		6300,00	6300,0	6300,00		6300,00	6300,00
4204	Solaranlage	1,00	Stck		11000,00	11000	11000,00		11000,00	11000,00
Heizanlage mit Solaranlage							30.400,00	0,00	30.400,00	30.400,00
14 Lüftungsanlagen mit Abluftwärmerückgewinnung										
Dezentrale Errichtung von Abluftanlagen mit Abluftwärmerückgewinnung (AWR). Die Geräte werden in den Bädern/WC's auf der Hofseite installiert, die Fortluft und Ansaugung erfolgt durch die Wand (letztere ggf. gesammelt über eine Ansaugung mit zentraler Entfrostdung und vertikaler Verteilung). AWR-Geräte mit einem Luftvolumen von 80-250 m ³ /h. Verteilung vor allem im FLurbereich mit Leitungen in Wickelfalzrohr, Schalldämpfer gemäß Schallschutzberechnung. Zuluft in die Räume über Weitwurfdüsen, Absaugung in den Neben- und Sanitärräumen.										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP DM nicht verknüpft	Einheitspreis EP		Gesamtpreis GP (in €)			
					EP €	davon energ. bedinat	GP (gesamt)	Instandsetzung	Moder-nisierung	davon energetisch bedinat
7500	Lüftungsanlage mit AWR Büro									
7501	Lüftungsgerät mit Abluftwärmerückgewinnung 80-250 m ³ /h, inkl. Regelung, Ausführung gem. Kriterien PH-Institut Darmstadt	1,00	Stck		2200,00	2200,0	2200,00	0,00	2200,00	2200,00
7502	Vorheizregister zur Frostsicherheit des Wärmetauschers	1,00	Stck		400,00	400,0	400,00	0,00	400,00	400,00
7503	Ansaugung inkl. Filter	1,00	Stck		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7504	Zuluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,0	34,50	0,00	34,50	34,50
7505	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,0	45,00	0,00	45,00	45,00
7506	Fortluft-Formteil	1,00	Stck		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7507	Fortluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,0	34,50	0,00	34,50	34,50
7508	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,0	45,00	0,00	45,00	45,00
7509	Wickelfalzrohre DN 150	12,00	lfm		23,00	23,0	276,00	0,00	276,00	276,00
7510	Wickelfalzrohre DN 100	17,00	lfm		18,00	18,0	306,00	0,00	306,00	306,00
7511	Formteile zu den Rohren	1,00	pau		500,00	500,0	500,00	0,00	500,00	500,00
7512	Schalldämpfer	9,00	Stck		75,00	75,0	675,00	0,00	675,00	675,00
7513	Weitwurfdüsen	4,00	Stck		60,00	60,0	240,00	0,00	240,00	240,00
7514	Abluftdüsen	3,00	Stck		50,00	50,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7515	Filter	1,00	pau		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7516	Kernbohrungen	1,00	pau		250,00	250,0	250,00	0,00	250,00	250,00
7517	Einregulierung, Abgleich	1,00	pau		100,00	100,0	100,00	0,00	100,00	100,00
7518	Inbetriebnahme	1,00	pau		100,00	100,0	100,00	0,00	100,00	100,00
Summe Lüftungsanlage Büro EG							5806,00	0,00	5806,00	5806,00
7520	Lüftungsanlage mit AWR Wohnung 1									
7521	Lüftungsgerät mit Abluftwärmerückgewinnung 80-250 m ³ /h, inkl. Regelung, Ausführung gem. Kriterien PH-Institut Darmstadt	1,00	Stck		2000,00	2000,0	2000,00	0,00	2000,00	2000,00

7522	Vorheizregister zur Frostsicherheit des Wärmetauschers	1,00	Stck		400,00	400,0	400,00	0,00	400,00	400,00
7523	Ansaugung inkl. Filter	1,00	Stck		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7524	Zuluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,0	34,50	0,00	34,50	34,50
7525	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,0	45,00	0,00	45,00	45,00
7526	Fotluft-Formteil	1,00	Stck		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7527	Fortluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,0	34,50	0,00	34,50	34,50
7528	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,0	45,00	0,00	45,00	45,00
7529	Wickelfalzrohre DN 150	8,00	lfm		23,00	23,0	184,00	0,00	184,00	184,00
7530	Wickelfalzrohre DN 100	15,00	lfm		18,00	18,0	270,00	0,00	270,00	270,00
7531	Formteile zu den Rohren	1,00	pau		400,00	400,0	400,00	0,00	400,00	400,00
7532	Schalldämpfer	7,00	Stck		75,00	75,0	525,00	0,00	525,00	525,00
7533	Weitwurfdüsen	5,00	Stck		60,00	60,0	300,00	0,00	300,00	300,00
7534	Abluftdüsen	2,00	Stck		50,00	50,0	100,00	0,00	100,00	100,00
7535	Filter	1,00	pau		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7536	Kernbohrungen	1,00	pau		150,00	150,0	150,00	0,00	150,00	150,00
7537	Einregulierung, Abgleich	1,00	pau		100,00	100,0	100,00	0,00	100,00	100,00
7538	Inbetriebnahme	1,00	pau		100,00	100,0	100,00	0,00	100,00	100,00
	Summe Lüftungsanlage Wohnung 1						5138,00	0,00	5138,00	5038,00
7520	Lüftungsanlage mit AWR Wohnung 2									
7521	Lüftungsgerät mit Abluftwärmerückgewinnung 80-250 m³/h, inkl. Regelung, Ausführung gem. Kriterien PH-Institut Darmstadt	1,00	Stck		2000,00	2000,0	2000,00	0,00	2000,00	2000,00
7522	Vorheizregister zur Frostsicherheit des Wärmetauschers	1,00	Stck		400,00	400,00	400,00	0,00	400,00	400,00
7523	Ansaugung inkl. Filter	1,00	Stck		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7524	Zuluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,00	34,50	0,00	34,50	34,50
7525	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,00	45,00	0,00	45,00	45,00
7526	Fotluft-Formteil	1,00	Stck		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7527	Fortluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,00	34,50	0,00	34,50	34,50
7528	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,00	45,00	0,00	45,00	45,00
7529	Wickelfalzrohre DN 150	8,00	lfm		23,00	23,00	184,00	0,00	184,00	184,00
7530	Wickelfalzrohre DN 100	15,00	lfm		18,00	18,00	270,00	0,00	270,00	270,00
7531	Formteile zu den Rohren	1,00	pau		400,00	400,00	400,00	0,00	400,00	400,00
7532	Schalldämpfer	7,00	Stck		75,00	75,00	525,00	0,00	525,00	525,00
7533	Weitwurfdüsen	5,00	Stck		60,00	60,00	300,00	0,00	300,00	300,00
7534	Abluftdüsen	2,00	Stck		50,00	50,00	100,00	0,00	100,00	100,00
7535	Filter	1,00	pau		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7536	Kernbohrungen	1,00	pau		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7537	Einregulierung, Abgleich	1,00	pau		100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
7538	Inbetriebnahme	1,00	pau		100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
	Summe Lüftungsanlage Wohnung 2						5138,00	0,00	5138,00	5138,00
7500	Lüftungsanlage mit AWR Wohnungen 3 und 4									
7501	Lüftungsgerät mit Abluftwärmerückgewinnung 80-250 m³/h, inkl. Regelung, Ausführung gem. Kriterien PH-Institut Darmstadt	1,00	Stck		2000,00	2000,0	2000,00	0,00	2000,00	2000,00
7502	Vorheizregister zur Frostsicherheit des Wärmetauschers	1,00	Stck		400,00	400,00	400,00	0,00	400,00	400,00
7503	Ansaugung inkl. Filter	1,00	Stck		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7504	Zuluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,00	34,50	0,00	34,50	34,50
7505	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,00	45,00	0,00	45,00	45,00
7506	Fotluft-Formteil	1,00	Stck		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7507	Fortluftleitung DN 150	1,50	lfm		23,00	23,00	34,50	0,00	34,50	34,50
7508	Dämmung zur Vorposition	1,50	Stck		30,00	30,00	45,00	0,00	45,00	45,00
7509	Wickelfalzrohre DN 150	15,00	lfm		23,00	23,00	345,00	0,00	345,00	345,00
7510	Wickelfalzrohre DN 100	20,00	lfm		18,00	18,00	360,00	0,00	360,00	360,00
7511	Formteile zu den Rohren	1,00	pau		500,00	500,00	500,00	0,00	500,00	500,00
7512	Schalldämpfer	11,00	Stck		75,00	75,00	825,00	0,00	825,00	825,00
7513	Weitwurfdüsen	7,00	Stck		60,00	60,00	420,00	0,00	420,00	420,00
7514	Abluftdüsen	4,00	Stck		50,00	50,00	200,00	0,00	200,00	200,00
7515	Filter	1,00	pau		150,00	150,00	150,00	0,00	150,00	150,00
7516	Kernbohrungen	1,00	pau		200,00	200,00	200,00	0,00	200,00	200,00
7517	Einregulierung, Abgleich	1,00	pau		100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
7518	Inbetriebnahme	1,00	pau		100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
	Summe Lüftungsanlage Wohnungen 3 und 4						6059,00	0,00	6059,00	6059,00
	Lüftungsanlagen mit AWR gesamt						22141,00	0,00	22141,00	22041,00

ZUSAMMENSTELLUNG ENERGETISCHE MASSNAHMEN					
2	Putzarbeiten Südwand-Innendämmung	10.171,68	0,00	10.171,68	4.877,63
3	Putzarbeiten Wärmedämmverbundsystem	22.047,00	0,00	22.047,00	10.863,98
4	Kellerabgang und Durchgang/EG dämmen	4.542,05	0,00	3.610,05	2.562,03
5	Dach-Dämmung Hauptgebäude inkl. Gauben	10.247,36	0,00	3.485,14	4.039,27
6	Dachdämmung Dachterrasse	693,06	0,00	402,22	402,22
7	Dachdämmung Nebengebäude	1.174,51	0,00	681,64	681,64
8	Dämmung Kellerdecke	2.745,60	0,00	1.435,20	1.248,00
9	Dämmung Kellerwände und Kellerboden	4.793,87	0,00	1.850,48	2.088,13
10	Dämmung der Decke über der Durchfahrt	1.688,84	0,00	1.688,84	969,97
11	Wärmebrückenreduktion	2.623,40	0,00	2.623,40	2.623,40
12	Fenster, Türen und Tore	50.365,00	0,00	50.365,00	8.265,00
13	Heisanlage mit Solaranlage	30.400,00	0,00	30.400,00	30.400,00
14	Lüftungsanlagen mit AWR gesamt	22.141,00	0,00	22.141,00	22.041,00
	Summe netto €	163.633,37	0,00	150.901,64	91.062,26
	MWSt	26.181,34	0,00	24.144,26	14.569,96
	Summe brutto €	189.814,71	0,00	175.045,91	105.632,22

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

BV Mathildenstraße Kostenschätzung nach Bauteilen

Südwand-Innendämmung	Masse	Masse ko	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
				DM	DM	DM	DM
Innendämmung mit Mineralschaum 100 mm WLK 040, verspachteln	166,75	166,75	m ²	95,00	30,00	10.838,82	15.841
Überprüfen der Balkenköpfe, luftdichtes Umschließen der Balkenköpfe mit der Dämmung	51,60	51,60	m	60,00	25,00	1.806,00	3.096
Mehrkosten für Leibungsanschlüsse (eigentlich in der übermessen Fläche enthalten)	1,00	1,00	auschal	1.500,00		1.500,00	1.500
kein Kostenansatz für Wärmebrückenreduzierung						0,00	0
Südwand-Innendämmung						14.144,82	20.437
Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung							
Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Wärmedämmverbundsystem 160 mm WLK 040 inkl. Gerüst, Dübelung 50%	225,70	225,70	m ²	150,00	65,00	19.184,67	33.855
Nebenpositionen: Sockel, Leibungen, Anschlüsse	225,70	225,70	m ²	30,00	10,00	4.514,04	6.771
Gestaltungsmerkmale: Traufausbildung etc.	1,00	1,00	auschal	1.500,00	750,00	750,00	1.500
Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung						24.448,71	42.126
Kellerabgang und Gauben dämmen							
Kellerabgang und Gauben dämmen	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Kellerabgang dämmen, Gefache und Fläche, gesamt 160 mm WLK 040, Gipskarton-Verkleidung	12,00		m ²	140,00	60,00	960,00	1.680
Gaubenwände dämmen	3,50	3,50	m ²	250,00	120,00	455,00	875
Kellerabgang und Gauben dämmen						1.415,00	2.555
Durchgang dämmen (Wand)							
Durchgang dämmen (Wand)	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Wärmedämmverbundsystem 100 mm WLK 040	28,92		m ²	150,00	50,00	2.891,64	4.337
Nebenpositionen: Sockel, Anschlüsse	28,92		m ²	22,50	8,00	419,29	651
Durchgang dämmen (Wand)						3.310,93	4.988

Dach-Dämmung Hauptgebäude	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Dacheindeckung erneuern inkl. Lattung und Entsorgung der alten Dacheindeckung, inkl. Nebenpositionen	167,00	167,00	m²	120,00	120,00	0,00	20.039
Diffusionsoffene Dachbahn/Holzweichfaserplatte	167,00	167,00	m²	12,00	8,00	667,98	2.004
Dämmung WLG 035, Dicke 350 mm (DM/m³=120 DM)	167,00	167,00	m²	43,75	0,00	7.306,03	7.306
Dampfbremse (luftdicht)	167,00	167,00	m²	14,00	8,00	1.001,97	2.338
Gipskartonbekleidung inkl. Nebenarbeiten	167,00	167,00	m²	78,00	78,00	0,00	13.026
Dach-Dämmung Hauptgebäude						8.975,98	44.713

Dachdämmung Hofgebäude	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Dachabdichtung erneuern inkl. Nebenarbeiten	29,26	29,26	m²	160,00	160,00	0,00	4.682
Aufdoppeln der Konstruktionshöhe (nach unten/oben)	29,26	29,26	m²	30,00	10,00	585,24	878
Dämmung Dicke 35 cm WLG 035	29,26	29,26	m²	43,75		1.280,21	1.280
Innenbekleidung ?	29,26	29,26	m²			0,00	0
Dachdämmung Hofgebäude						1.865,45	6.840

Dämmung Kellerdecke	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Dämmung 15 cm WLG 040 C65 von unten aufbringen	45,00		m²	40,00		1.800,00	1.800
Spachteln/Streichen der Fläche	45,00		m²	42,00	32,00	450,00	1.890
kein Kostenansatz für Wärmebrückenreduktion			m²			0,00	0
Dämmung Kellerdecke						2.250,00	3.690

Dämmung der Decke über Durchfahrt	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Dämmung 30 cm WLG 035	23,37		m²	40,00		934,78	935
Bekleidung mit Gipskarton inkl. Lattenkonstruktion, streichen	23,37		m²	80,00	35,00	1.051,63	1.870
Dämmung der Decke über Durchfahrt						1.986,42	2.804

Wärmebrückenreduktion um 50 %	Masse		EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Südseite: Innenwände ca. 30-50 cm weit mit einem Dämmkeil dämmen	29,76	29,76	m²	100,00		2.976,00	2.976
Haustrennwände unter Dachschräge mit Dämmkeilen ca. 30-50 cm weit dämmen	10,40	10,40	m²	100,00		1.040,00	1.040

Kellerwände 30 cm mit Dämmkeilen dämmen an den Anschlussstellen zur Decke	28,66	0,00	m ²	100,00		2.866,20	2.866	
Wärmebrückenreduktion um 50 %						6.882,20	6.882	
Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung Uw=1,3 W/m²K	Masse			EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Ausführung der Fenster und Türen mit Wärmeschutzverglasung (neue Fenster/Türen: gegengerechnet: Instandsetzung der alten Fenster), inkl. Einbau/Ausbau und Beiputzarbeiten	104,94	104,94	m ²		580,00	295,00	29.907,90	60.865
Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung							29.907,90	60.865
Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzv. Uw=0,8 W/m²K und gedämmten Rahmen	Masse			EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Mehrkosten für Verglasung Ug=0,7 W/m ² K und Dämmrahmen (kostengünstige Ausführung / Holzfenster teurer)	104,94	18,00	m ²		240,00	0,00	25.185,60	25.186
Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung							25.185,60	25.186
Kontrollierte Lüftung	Masse			EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Abluftgerät zur mechanischen kontrollierten Lüftung	4,00	4,00	Stück		1.000,00	200,00	3.200,00	4.000
Leitungsführungen, Schalldämpfer	4,00	4,00	tauschal		1.200,00		4.800,00	4.800
Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	4,00	4,00	tauschal		800,00		3.200,00	3.200
Kontrollierte Lüftung							11.200,00	12.000
Abluftwärmerückgewinnung 85 %	Masse			EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP
Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung, Wärmebereitstellungsgrad 75%, Elektroeffizienz pe<0,45 W/m ³	4,00	4,00	Stück		4.500,00		18.000,00	18.000
Leitungsführungen, Schalldämpfer, Zu-/Abluftelemente	4,00	4,00	tauschal		3.000,00		12.000,00	12.000
Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	4,00	4,00	tauschal		2.200,00		8.800,00	8.800
Abzug: Kosten für kontrollierte Lüftung							-11.200,00	-12.000
Abluftwärmerückgewinnung							27.600,00	26.800

so-Kosten" sind bereits bei Instandsetzung/Modernisierung enthalten (werden unten deshalb nicht berücksichtigt)

Instandsetzung und Modernisierung	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Gerüstarbeiten							
Südfassade	202,56		m²	10,00		2.025,60	2.026
noch nicht erfasste Bereiche der sonstigen Fassaden	50,00		m²	10,00	500,00		500
Nebenpositionen, Vorhaltung pauschal	1,00		pauschal	2.000,00	2.000,00		2.000
Gerüstarbeiten					2.500,00	2.025,60	4.526
Entwässerungsarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Überprüfen der Entwässerungsleitungen/Kanal; Ansatz für eine mittlere Instandsetzung (Kosten können sehr stark variieren 5.000 bis über 50.000 DM)	1,00		pauschal	20.000,00		20.000,00	20.000
Entwässerungsarbeiten					0,00	20.000,00	20.000
Abbrucharbeiten							
Abbruch von Wänden und Bauteilen, Entrümpelung, Abfuhr	1,00		pauschal	7.000,00	7.000,00		7.000
Erstellen von Durchbrüchen	1,00		pauschal	5.000,00	5.000,00		5.000
Abbruch von Kaminen	1,00		pauschal	3.500,00	3.500,00		3.500
Abbrucharbeiten					15.500,00	0,00	15.500
Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Maßnahmen zur Trockenlegung von Mauerwerk im Kellerbereich (lt. Begehung keine umfassenden Maßnahmen erforderlich, d. h. der Keller kann nur zur Lagerung von nicht feuchteanfälligen Materialien genutzt werden); Maßnahmen in kleinen Teilbereichen	1,00		pauschal	5.000,00		5.000,00	5.000
Nachbessern von Kaminköpfen, Mauerwerk im Dachbereich, Kellermauerwerk	1,00		pauschal	2.500,00		2.500,00	2.500
Ändern von Türen und Türstürzen	1,00		pauschal	2.500,00	2.500,00		2.500
Türdurchbrüche zu den Balkons	4,00	3,00	Stück	500,00	2.000,00		2.000
Stahlbau (Unterzüge, statische Maßnahmen, Bereich Dachterrasse)	1,00		pauschal	5.000,00	5.000,00		5.000

Plattenbelag auf der Terrasse Nebengebäude und Dachterrasse	27,00		m²	150,00	4.050,00		4.050
Extensive Dachbegrünung Nebengebäude	1,00		pauscha	2.500,00	2.500,00		2.500
Sonstige Mauerarbeiten	1,00		pauscha	3.000,00		3.000,00	3.000
Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten					16.050,00	10.500,00	26.550

Beton- und Stahlbetonarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Beton- und Stahlbetonarbeiten pauschal	1,00		pauscha	4.000,00	4.000,00		4.000
Beton- und Stahlbetonarbeiten					4.000,00	0,00	4.000

Naturwerksteinarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Sanieren der Sandsteinfassade (einfacher Standard)	196,23		m²	120,00		23.547,60	23.548
Ausbessern von Natursteinteilen im Sockelbereich etc.	1,00		pauscha	3.000,00		3.000,00	3.000
Naturwerksteinarbeiten					0,00	26.547,60	26.548

Zimmererarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Aufdoppeln der Sparrenstärke im Dachbereich (statische Maßnahme)	167,00		m²	40,00	6.679,80		6.680
Überarbeiten des Daches/Nebengebäude	29,26		m²	50,00	1.463,10		1.463
Anschlüsse im Dachbereich anpassen	1,00		pauscha	2.500,00	2.500,00		2.500
Balken und Balkenköpfen nacharbeiten und ausbessern (Annahme nach Erfahrungswert mittel-guter Zustand)	1,00		pauscha	5.000,00		5.000,00	5.000
Erstellen der Dachterrasse: seitliche Wände, Auswehlungen, Aufbau der unteren Fläche und Unterkonstruktion der Brüstung	1,00		pauscha	12.000,00	12.000,00		12.000
Erstellen der Gaube auf der Nordseite	1,00		pauscha	4.000,00	4.000,00		4.000
Lattenroste auf den Balkons	4,00		Stück	600,00	2.400,00		2.400
Lattenverschläge im Keller	4,00		Stück	600,00		2.400,00	2.400
Sonstige Zimmererarbeiten	1,00		pauscha	3.000,00		3.000,00	3.000
Zimmererarbeiten					29.042,90	10.400,00	39.443

Stahlbauarbeiten							
Balkon auf der Nordseite	4,00	2,00	Stück	6.000,00	24.000,00		24.000
Brüstungsgeländer, Brüstungsstäbe etc.	1,00		pauscha	2.000,00	2.000,00		2.000
Sonstiges	1,00		pauscha	2.000,00	2.000,00		2.000
Stahlbauarbeiten					28.000,00	0,00	28.000

Dachdeckerarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Hauptdach und Nebengebäude bereits enthalten							
Mehraufwand für Dachabdichtung, begebar beim Nebengebäude: Mehraufwand für begehbare und bepflanzbare Abdichtung inkl. Nebenpositionen	29,26		m²	120,00	3.511,44		3.511
Dachabdichtung Dachterrasse DG	16,00		m²	120,00	1.920,00		1.920
Sonstige Dachdeckerarbeiten	1,00		pauscha	1.500,00		1.500,00	1.500
Dachdeckerarbeiten					5.431,44	1.500,00	6.931

Flaschnerarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Regenrinnen	35,00		m	40,00		1.400,00	1.400
Fallrohre	60,00		m	45,00		2.700,00	2.700
Einblechungen inkl. Gesimseinblechungen	50,00		m²	140,00	7.000,00		7.000
Fensterbleche	20,00		m²	150,00		3.000,00	3.000
Nebenpositionen 20%						2.820,00	2.820
Flaschnerarbeiten					7.000,00	9.920,00	16.920

Putz- und Stuckarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Außenputz s. o.							
Innenputz (empfohlen: abschlagen und erneuern inkl. Nebenpositionen)	1.711,20	427,80	m²	39,00		66.736,80	66.737
Innenputz: Minderpreis bei Vorgehen mittels Ausbessern mit möglichst geringem Aufwand; nur möglich, wenn keine E-Installationen in größerem Maß in Putzflächen eingreift)	1.711,20		m²	-25,00		-42.780,00	-42.780
Innenputz im Keller nachbessern mit geringem Aufwand	1,00		pauscha	4.000,00		4.000,00	4.000
Trockenputz-Wände EG	8,00		m²	120,00	960,00		960
Trockenputz-Wände 3. OG Treppenhaus	12,00		m²	120,00	1.440,00		1.440
Trockenputz-Wände DG	43,90		m²	120,00	5.268,00		5.268
Verkleidungen von Wandteilen, Gaubenteilen und Installationsbereichen	50,00		m²	120,00	6.000,00		6.000
Überarbeiten von Deckenbereichen (50% Annahme)	230,00		m²	70,00		16.100,00	16.100
sonstige Trockenputzarbeiten	1,00		pauscha	5.000,00	5.000,00		5.000
Putz- und Stuckarbeiten					18.668,00	44.056,80	62.725

Fliesenarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Wandfliesen EG (WC und Küchenzeile)	19,00	10,00	m²	90,00	1.710,00		1.710
Wandfliesen 1. OG (Bad und Küche)	29,00	29,00	m²	90,00	2.610,00		2.610
Wandfliesen 2. OG (Bad und Küche)	29,00	0,00	m²	90,00	2.610,00		2.610
Wandfliesen 3. OG (Bad)	24,00	12,00	m²	90,00	2.160,00		2.160
Wandfliesen DG (Küche und WC)	22,00	10,00	m²	90,00	1.980,00		1.980
Wandfliesen Labor	40,00	0,00	m²	85,00	3.400,00		3.400
Nebenpositionen (20%)					2.894,00		2.894
Bodenfliesen s. Bodenbelagsarbeiten 3600							
Fliesenarbeiten					17.364,00	0,00	17.364

Estricharbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Unterböden sollen in den Wohnungen belassen werden, es wird von Instandhaltungsaufwand und ggf. Teilerneuerungen ausgegangen mit einer Mischkalkulation 70:30%	350,00		m²	20,00	3.500,00	3.500,00	7.000
Unterböden im Büro, Labor und Dachgeschoss	200,00	35,00	m²	35,00	7.000,00		7.000
Estricharbeiten					10.500,00	3.500,00	14.000

Schreinerarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Fenster und Außentüren sind bereits erfaßt							
Wohnungseingangstüren	4,00	1,00	Stück	2.500,00	10.000,00		10.000
Innentüren (Mischkalkulation aus erneuern und instandsetzen)	43,00		Stück	350,00	7.525,00	7.525,00	15.050
Treppe überarbeiten	1,00		pauscha	10.000,00	5.000,00	5.000,00	10.000
Haustore überarbeiten	2,00		Stück	3.000,00	3.000,00	3.000,00	6.000
Sockelleisten-Mehraufwand als Leitungsführung	1,00		pauscha	2.000,00	1.000,00	1.000,00	2.000
Sonstige Schreinerarbeiten	1,00		pauscha	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000
Schreinerarbeiten					28.025,00	18.025,00	46.050

Rolladen und Sonnenschutz	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Maßnahmen im 3. OG und DG	1,00		pauscha	7.000,00	7.000,00		7.000
sonst keine Maßnahmen			m²			0,00	0
Rolladen und Sonnenschutz					7.000,00	0,00	7.000

Gebäudereinigungsarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Gebäudegrobreinigung	521,30		m²	7,00	3.649,12		3.649
Gebäudefeinreinigung vor Bezug	521,30		m²	6,00	3.127,82		3.128
Gebäudereinigungsarbeiten					6.776,94	0,00	6.777

Anstricharbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Malerarbeiten Wandflächen (inkl. geringe Untergrundvorbereitung)	1.711,20		m²	10,00	8.556,00	8.556,00	17.112
Malerarbeiten Decken wie vor	440,38		m²	12,00	2.642,29	2.642,29	5.285
Malerarbeiten Dachschrägen (Gipskarton)	80,00		m²	8,00	320,00	320,00	640
Malerarbeiten Keller (Kalk- oder Silikatanstrich; keine dauerhaft weiße Fläche zu erwarten, keine grundlegende Vorbereitung des Untergrunds)	1,00		pauschal	1.500,00	750,00	750,00	1.500
Lackierarbeiten Treppenhaus	1,00		pauschal	4.000,00	2.000,00	2.000,00	4.000
Lackierarbeiten Türen und Tore	1,00		pauschal	5.000,00	2.500,00	2.500,00	5.000
Lackierarbeiten Außenbauteile	1,00		pauschal	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000
sonstige Malerarbeiten	1,00		pauschal	4.000,00	2.000,00	2.000,00	4.000
Anstricharbeiten					20.268,29	20.268,29	40.537

Bodenbelagsarbeiten	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Bodenbeläge (Fliesen und Holz/Kork)	560,00	250,00	m²	85,00	47.600,00		47.600
Nebenpositionen für Randleisten etc. (22%)					10.472,00		10.472
Bodenbelagsarbeiten					58.072,00	0,00	58.072

Sanitärinstallation	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Steigstränge und zentrale Installation	1,00	1,00	pauschal	14.000,00	14.000,00		14.000
WC's inkl. Zuleitung und Entwässerungsanschluß und Armaturen	5,00	5,00	Stück	1.300,00	6.500,00		6.500
Waschbecken wie vor	5,00	4,00	Stück	900,00	4.500,00		4.500
Duschen wie vor	4,00	3,00	Stück	1.400,00	5.600,00		5.600
Badewannen wie vor	4,00	3,00	Stück	1.600,00	6.400,00		6.400
Küchenanschlüsse wie vor (ohne Küche)	4,00	3,00	Stück	400,00	1.600,00		1.600
Labor (ohne Hebeanlage, mit einfachem Rückstauverschluß; keine abwasserrechtlichen Kosten betr. Abwasserbehandlung etc.)	1,00	0,00	pauschal	4.000,00	4.000,00		4.000
Waschmaschinenanschlüsse WW und KW	4,00	3,00	m²	600,00	2.400,00		2.400
Sanitärinstallation					45.000,00	0,00	45.000

Heizungsinstallation	Masse		EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Heizzentrale mit Gasbrennwert-Therme, Verteilung und Steigleitungen, BWW-Speicher	1,00		pauschal	16.000,00	16.000,00		16.000
Solarthermie-Anlage (ohne BWW-Speicher) ca. 15 m² Kollektorfläche	1,00		pauschal	18.000,00	18.000,00		18.000

Abgasleitung	1,00	pauscha	8.000,00	8.000,00		8.000
Heizkörper inkl. Verteilung	28,00	Stück	600,00	16.800,00		16.800
Wärmemengenzähler (alt.: Durchflußzähler 100 DM/Stück)	4,00	m²	700,00	2.800,00		2.800
Heizungsinstallation				61.600,00	0,00	61.600
Elektroinstallation	Masse	EH	EP	Modernisierung	Instandsetzung	GP
Pauschale Mischkalkulation: möglichst wenig Neuinstallation im Bereich der Räume, nur Zuleitungen (Flur) im Bereich von Installationslinien; Überprüfung der Anlage; Installation von Haupt-Leerrohren für IT-/BUS- Technik	1,00	pauscha	25.000,00	15.000,00	10.000,00	25.000
Elektroinstallation				15.000,00	10.000,00	25.000

Zusammenstellung							
Energetische Sanierungsmaßnahmen							
						GP energ.	GP
Südwand-Innendämmung						14.144,82	20.437
Wände Nord / Nebengebäude: Außendämmung						24.448,71	42.126
Kellerabgang und Gauben dämmen						1.415,00	2.555
Durchgang dämmen (Wand)						3.310,93	4.988
Dach-Dämmung Hauptgebäude						8.975,98	44.713
Dachdämmung Hofgebäude						1.865,45	6.840
Dämmung Kellerdecke						2.250,00	3.690
Dämmung der Decke über Durchfahrt						1.986,42	2.804
Wärmebrückenreduktion um 50 %						6.882,20	6.882
Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung						29.907,90	60.865
Fenster/Türen mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung						25.185,60	25.186
Heizungsinstallation				61.600,00		0,00	61.600
Kontrollierte Lüftung						11.200,00	12.000
Abluftwärmerückgewinnung						27.600,00	26.800
Summe netto						159.173,00	321.487
Mehrwertsteuer (16%*0,7)	11,2%					17.827,38	36.007
Summe inkl. MWSt.					DM	177.000,38	357.494
energetisch bedingte Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche					DM/m²	339,53	
zum Vergleich: bis Maßnahme 11 (entspricht etwa Standard WSVO)							
Summe netto						95.187,40	195.901
Mehrwertsteuer	11,2%					10.660,99	21.941
Summe inkl. MWSt.					DM	105.848,39	217.842
energetisch bedingte Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche					DM/m²	203,05	

Instandsetzung und Modernisierung					Modernisierung	Instandsetzung	GP
Gerüstarbeiten					2.500,00	2.025,60	4.526
Entwässerungsarbeiten					0,00	20.000,00	20.000
Abbrucharbeiten					15.500,00	0,00	15.500
Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten					16.050,00	10.500,00	26.550
Beton- und Stahlbetonarbeiten					4.000,00	0,00	4.000
Naturwerksteinarbeiten					0,00	26.547,60	26.548
Zimmererarbeiten					29.042,90	10.400,00	39.443
Stahlbauarbeiten					28.000,00	0,00	28.000
Dachdeckerarbeiten					5.431,44	1.500,00	6.931
Flaschnerarbeiten					7.000,00	9.920,00	16.920
Putz- und Stuckarbeiten					18.668,00	44.056,80	62.725
Fliesenarbeiten					17.364,00	0,00	17.364
Estricharbeiten					10.500,00	3.500,00	14.000
Schreinerarbeiten					28.025,00	18.025,00	46.050
Rolladen und Sonnenschutz					7.000,00	0,00	7.000
Gebäudereinigungsarbeiten					6.776,94	0,00	6.777
Anstricharbeiten					20.268,29	20.268,29	40.537
Bodenbelagsarbeiten					58.072,00	0,00	58.072
Sanitärinstallation					45.000,00	0,00	45.000
Elektroinstallation					15.000,00	10.000,00	25.000
Summe netto Instandsetzung und Modernisierung					334.198,57	176.743,29	510.942
Mehrwertsteuer	11,2%				37.430,24	19.795,25	57.225
Summe inkl. MWSt.				DM	371.628,81	196.538,54	568.167
Kosten gesamt							
Summe netto Instandsetzung/Modernisierung und energetische Maßnahmen					655.685,61	176.743,29	832.429
Mehrwertsteuer	11,2%				104.909,70	28.278,93	93.232
Summe inkl. MWSt.					760.595,31	205.022,22	925.661
Für Unvorhergesehenes	15%				114.089,30	30.753,33	138.849
Sanierungskosten inkl. MWSt.					874.684,61	235.775,55	1.064.510
Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche				DM/m²	1.677,88	452,28	2.042
Sanierungskosten inkl. Baunebenkosten	15%					DM	1.224.187
Kosten pro m² Wohn-/Nutzfläche						DM	2.348

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

ELAN Kapellenstraße 47 Fürth Bestandsanalyse



Objekt:	ELAN
Standort:	
Straße:	Kapellenstraße 47
PLZ/Ort:	90762 Fürth
Land:	Bayern

	Vorhanden:	Anforderung:	Erfüllt
Energiekennwert Heizwärme:	414,3 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	-
Heizenergiebedarf:	488,4 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	-
Primärenergie-Kennwert:	522,6 kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a)	-

Bauteil	Bauteil 1: Büro/Bistro
Bauteil	Bauteil 2: Spielhaus/Seminarräume
Bauteil	Bauteil 3: Halle

Bauherr(en):	ELAN gGmbH
Straße:	Kapellenstraße 47
PLZ/Ort:	90762 Fürth

Architekt:	Burkhard Schulze Darup
Straße:	Augraben 96
PLZ/Ort:	90475 Nürnberg

Baujahr: 1958

	gesamt		Kennwert Heizw.	Ausgestellt am:
Energiebezugsfläche Bauteil 1	461,2	m ²	412	gezeichnet:
Energiebezugsfläche Bauteil 2	439,9	m ³	455	
Energiebezugsfläche Bauteil 3	251,5		347	
Summe	1152,6			

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Deutschland	
Objekt:	ELAN	Bauteil 1: Büro/Bistro
Standort:	Kapellenstraße 47	Fürth

Gebäudetyp/Nutzung:	Bauteil 1: Büro/Bistro	
Energiebezugsfläche A _{EB} :	461,2	m ²
Standard-Personenbelegung:	20	Pers pro m ² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kKh/a	=	kWh/a
1. Fassade HLz	238,4	1,473	1,0	84	=	29486
2. Fassade Beton	39,1	2,059	1,0	84	=	6758
3. Fassade Zwischenbau	35,8	2,059	1,0	84	=	6186
4. Dach	545,0	0,370	1,0	84	=	16931
5. Grund	545,0	3,839	0,5	84	=	87871
6. Wärmebrücken	288,0	0,083	1,0	84	=	2003
7. Fenster Glas-Stahl	50,9	5,400	1,0	84	=	23068
8. Fenster	123,2	1,400	1,0	84	=	14489

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe 186793 405,0 kWh/(m²a)

Lüftungsanlage:	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
		461,2	3,00	=	1384
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	η _{WRG}	0%	Wärmebereitstellungsgrad		1/h
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	η _{EWT}	0%	energetisch wirksamer Luftwechsel n _L		1/h
			0,600 * (1 - 0,00) + 0,042	=	0,642

Lüftungswärmeverluste Q_L 1384 * 0,642 * 0,33 * 84 = 24625 53,4 kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V (186793 + 24625) * 1,0 = 211418 458,4 kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a
1. Südost	0,45	0,65	14,4	285	=	1200
2. Südwest	0,45	0,65	94,2	292	=	8047
3. Nordost	0,45	0,65	34,0	175	=	1740
4. Nordwest	0,45	0,65	31,5	179	=	1647
5. Horizontal	0,45			360	=	

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe 12634 27,4 kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I 0,024 * 225 * 3,5 * 461,2 = 8717 18,9 kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = 21351 46,3 kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,101

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = 1,000 kWh/(m²a)

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = 21351 46,3 kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 190067 412,1 kWh/(m²a)

Anforderung Bauwerksart	<input checked="" type="checkbox"/>	Grenzwert	kWh/(m ² a)	
(ankreuzen)		Zielwert	15	Anforderung erfüllt? nein

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:

Objekt: Bauteil 2: Gebäudetyp/Nutzung:

Standort: Energiebezugsfläche A_{EB}: m²

Standard-Personenbelegung Pers pro m² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Fassade HLz	176,4	1,473	1,0	84	= 21826	
2. Fassade Beton	164,3	2,059	1,0	84	= 28430	
3. Fassade Hauptgebäude	178,7	0,855	1,0	84	= 12841	
4. Dach	549,6	0,487	1,0	84	= 22465	
5. Grund	554,4	2,721	0,5	84	= 63351	
6. Wärmebrücken	385,5	0,085	1,0	84	= 2742	
7. Fenster 1-Sch.-Vergl.	60,1	5,400	1,0	84	= 27268	
8. Dachfenster	4,9	5,400	1,0	84	= 2204	
9. Fenster Isoliergl.	27,3	3,000	1,0	84	= 6880	
10. Fenster	76,2	1,400	1,0	84	= 8962	

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe kWh/(m²a)

Lüftungsanlage: wirksames Luftvolumen V_L m² * m = m³

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η_{WRG}

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWT}

energetisch wirksamer Luftwechsel n * (1 -) + = 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L m³ * 1/h * kWh/(m³K) * kWh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V (+) * = kWh/a 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. Südost	0,45	0,65	6,8	285	= 567	
2. Südwest	0,45	0,65	83,2	292	= 7105	
3. Nordost	0,45	0,65	71,0	175	= 3636	
4. Nordwest	0,45	0,65	2,6	179	= 136	
5. Horizontal	0,45	0,65	4,9	360	= 512	

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I kh/d * d/a * W/m² * m² = kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

Anforderung Bauwerksart Grenzwert kWh/(m²a) (ja/nein)

(ankreuzen) Zielwert **Anforderung erfüllt?**

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Deutschland	
Objekt:	ELAN	Bauteil 3: Halle
Standort:	Kapellenstraße 47	Fürth

Gebäudetyp/Nutzung:		
Energiebezugsfläche A _{EB} :	251,5	m ²
Standard-Personenbelegung:	150	Pers pro m ² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	=	kWh/a
1. Fassade HLz + HWP	311,1	0,927	1,0	84	=	24210
2. Fassade Beton	0,0	2,059	1,0	84	=	0
3.			1,0		=	
4. Dach	252,9	0,249	1,0	84	=	5283
5. Grund	252,9	2,721	0,5	84	=	28895
6. Wärmebrücken	187,6	0,080	1,0	84	=	1255
7. Fenster 1-Sch.-Vergl	48,0	5,400	1,0	84	=	21773
8. Dachfenster	0,0	5,400	1,0	84	=	0
9. Fenster Isoliertgl.	0,0	2,800	1,0	84	=	0
10. Fenster	0,0	1,400	1,0	84	=	0

Transmissionswärmeverluste Q_T	Summe	81416	kWh/(m ² a)	323,7
---	-------	-------	------------------------	-------

Lüftungsanlage:	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
		251,5	5,00	=	1258
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η _{WRG}	0%				
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η _{EWT}	0%				
energetisch wirksamer Luftwechsel im Mittel	η _L	Φ _{WRG}	η _{L,Infiltr.}	=	1/h
	0,350	(1 - 0,00)	0,042	=	0,392

Lüftungswärmeverluste Q_L	V _L m ³	η _L 1/h	C _{Luft} Wh/(m ³ K)	G _t kWh/a	=	kWh/a	kWh/(m ² a)
	1258	0,392	0,33	84	=	13665	54,3

Summe Wärmeverluste Q_V	(Q _T + Q _L)	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendauslenkung	=	kWh/a	kWh/(m ² a)
	(81416 + 13665)	1,0	=	95081	378,0

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a
1. Südost	0,10	0,78	4,0	285	=	89
2. Südwest	0,30	0,78	44,0	292	=	3006
3. Nordost	0,45	0,78	0,0	175	=	0
4. Nordwest	0,45	0,78	0,0	179	=	0
5. Horizontal	0,45	0,78	0,0	360	=	0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S	Summe	3095	kWh/(m ² a)	12,3
--	-------	------	------------------------	------

Interne Wärmequellen Q_I	kh/d	Länge Heizzeit d/a	spezif. Leistung q _i W/m ²	A _{EB} m ²	=	kWh/a	kWh/(m ² a)
	0,024	225	3,5	251,5	=	4754	18,9

Freie Wärme Q _F	Q _S + Q _I	=	7849	kWh/a	31,2
----------------------------	---------------------------------	---	------	-------	------

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten	Q _F / Q _V	=	0,083
-------------------------------------	---------------------------------	---	-------

Nutzungsgrad Wärmegewinne η _G	(1 - (Q _F /Q _V) ⁵) / (1 - (Q _F /Q _V) ⁶)	=	1,000
--	---	---	-------

Wärmegewinne Q_G	η _G * Q _F	=	7849	kWh/a	31,2
-----------------------------------	---------------------------------	---	------	-------	------

Heizwärmebedarf Q_H	Q _V - Q _G	=	87232	kWh/a	346,8
--------------------------------------	---------------------------------	---	-------	-------	-------

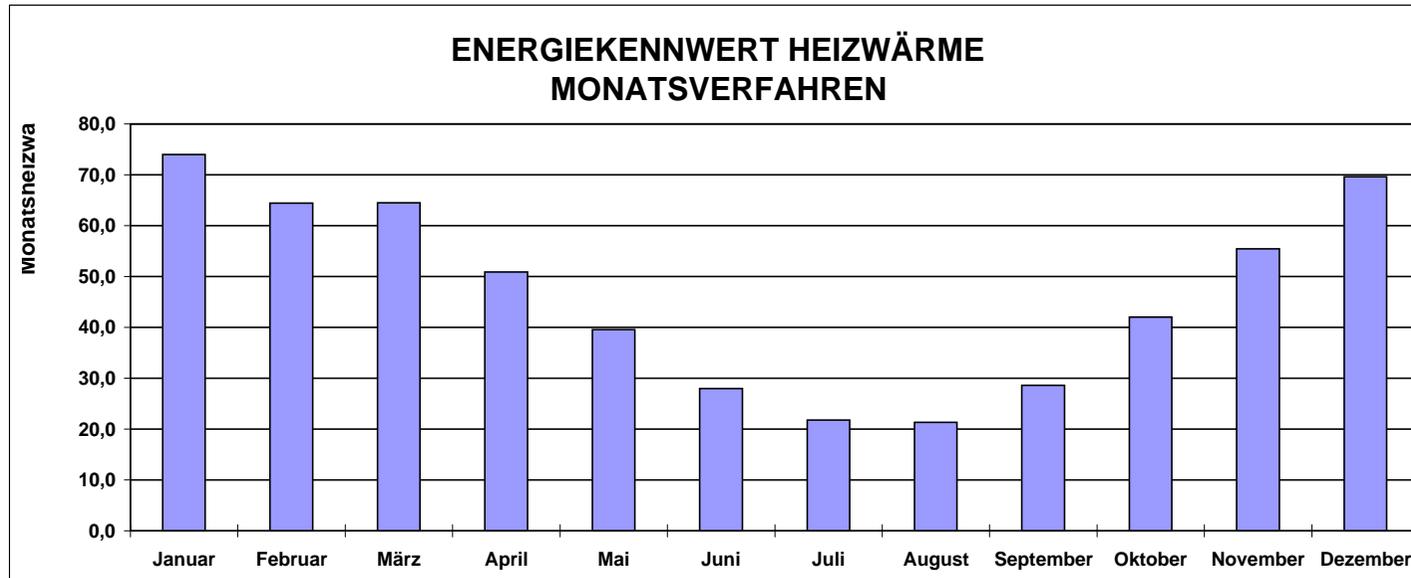
Anforderung Bauwerksart (ankreuzen)	<input checked="" type="checkbox"/>	Grenzwert	kWh/(m ² a)	(ja/nein)
		Zielwert	15	Anforderung erfüllt? nein

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME MONATSVERFAHREN

Klima: Deutschland
 Objekt: ELAN
 Standort: Kapellenstraße 47

Gebäudetyp/Nutzung: Bauteil 1: Büro/Bistro
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 461,24 m²
 Standard-Personenbelegung: 20 Pers

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	14,2	11,9	10,9	7,6	4,5	1,9	0,9	1,4	3,9	7,7	10,8	13,7	90	kKh
Heizgr.Std. Grund	7,4	7,1	8,1	7,7	7,5	6,6	6,0	5,5	5,1	5,4	5,7	6,6	79	kKh
Verluste Außen	20901	17494	16086	11225	6675	2859	1313	2079	5718	11271	15885	20135	131641	kKh
Verluste Grund	15438	14945	17003	16152	15651	13715	12650	11478	10653	11353	12008	13897	164943	kKh
Solare Gewinne Ost	51	93	156	257	303	282	324	278	177	135	59	34	2148	kKh
Solare Gewinne Süd	827	1295	1543	1846	1874	1598	1874	1901	1516	1653	937	579	17443	kKh
Solare Gewinne West	119	219	358	547	666	646	736	597	388	288	139	80	4783	kKh
Solare Gewinne Nord	64	110	202	313	377	414	442	350	221	147	74	46	2760	kKh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kKh
Innere Wärmequellen	1201	1085	1201	1162	1201	1162	1201	1201	1162	1201	1162	1201	14142	kKh
Solarer Ausnutzungsgrad	98%	97%	97%	94%	92%	90%	86%	86%	91%	94%	97%	98%	92%	
Heizwärmebedarf	34116	29713	29749	23484	18257	12900	10049	9838	13208	19393	25584	32122	258411	kKh
spez. Heizwärmebedarf	74,0	64,4	64,5	50,9	39,6	28,0	21,8	21,3	28,6	42,0	55,5	69,6	560,3	kWh/m ²



[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus-Projektierung

Sanierungsmaßnahme: Passivhaushülle/Abluftwärmerückgewinnung mit Erdreichwärmetauscher

Klima:	Deutschland	
Objekt:	ELAN	Bauteil 1: Büro/Bistro
Standort:	Kapellenstraße 47	Fürth
Gebäudetyp/Nutzung:	Bauteil 1: Büro/Bistro	
Energiebezugsfläche A _{EB} :	461,2	m ²
Standard-Personenbelegung:	20	Pers pro m ² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	=	kWh/a
1. Fassade HLz	238,4	0,133	1,0	84	=	2657
2. Fassade Beton	39,1	0,136	1,0	84	=	447
3. Fassade Zwischenbau	35,8	0,131	1,0	84	=	395
4. Dach	545,0	0,117	1,0	84	=	5378
5. Grund	545,0	0,133	0,5	84	=	3040
6. Wärmebrücken	288,0	0,050	1,0	84	=	1210
7. Fenster	50,9	0,780	1,0	84	=	3332
8. Fenster	123,2	0,780	1,0	84	=	8072

Fenster U=0,8

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe **24531** kWh/(m²a) **53,2**

Lüftungsanlage:

wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
	461,2	2,40	=	1107
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η _{WRG}	85%	Wärmebereitstellungsgrad	2,5	1/h
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η _{EWT}	33%	energetisch wirksamer Luftwechsel n _L	0,300	1/h
			(1 - 0,90) +	0,042
			=	0,072

Lüftungswärmeverluste Q_L V_L 1107 m³ * 0,3 1/h * c_{Luft} 0,33 Wh/(m³K) * G_t 84 kWh/a = **2214** kWh/a **4,8** kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V (Q_T 24531 kWh/a + Q_L 2214 kWh/a) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung 1,0 = **26745** kWh/a **58,0** kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.) i.M	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a
1. Südost	0,45	0,50	14,4	285	=	923
2. Südwest	0,45	0,50	94,2	292	=	6190
3. Nordost	0,45	0,52	34,0	175	=	1392
4. Nordwest	0,45	0,50	31,5	179	=	1267
5. Horizontal	0,45	0,50		360	=	0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S 0,6 Summe **9772** kWh/(m²a) **21,2** kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I kh/d 0,024 * Länge Heizzeit d/a 225 * spezif. Leistung q_i 3,5 W/m² * A_{EB} 461,2 m² = **8717** kWh/a **18,9** kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = **18489** kWh/a **40,1** kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = **0,691**

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = **0,945** kWh/a

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = **17478** kWh/a **37,9** kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = **9267** kWh/a **20,1** kWh/(m²a)

Anforderung Bauwerksart (ankreuzen)	<input checked="" type="checkbox"/>	Grenzwert	kWh/(m ² a)	(ja/nein)
		Zielwert	15	Anforderung erfüllt? nein

Passivhaus-Projektierung

Sanierungsmaßnahme: Passivhaushülle/Abluftwärmerückgewinnung mit Erdreichwärmetauscher

Klima:	Deutschland			Gebäudetyp/Nutzung:			
Objekt:	ELAN	Bauteil 2: Spielhaus/Seminarräume		Energiebezugsfläche A _{EB} :	439,9	m ²	
Standort:	Kapellenstraße 47	Fürth		Standard-Personenbelegung	20	Pers	pro m ² Energiebezugsfläche

1. Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _i	G _i kWh/a	=	kWh/a
2. Fassade HLz	176,4	0,133	1,0	84	=	1967
3. Fassade Beton	164,3	0,136	1,0	84	=	1880
4. Hauptgeb. (Höhenred.)	129,3	0,125	1,0	84	=	1353
5. Dach	549,6	0,117	1,0	84	=	5413
6. Grund	554,4	0,138	0,5	84	=	3211
7. Wärmebrücken	385,5	0,050	1,0	84	=	1619
8. Fenster	60,1	0,780	1,0	84	=	3939
9. Dachfenster	4,9	0,780	1,0	84	=	318
10. Fenster	27,3	0,780	1,0	84	=	1789
Fenster	76,2	0,780	1,0	84	=	4993

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe **26481** kWh/(m²a) **60,2**

Lüftungsanlage:

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	η _{WRG}	78%	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	η _{EWT}	33%	0,3	439,9	2,5	=	1056
energetisch wirksamer Luftwechsel n _L			0,300	Φ _{WRG}	2,5	=	1/h
				0,90	n _{L,Infiltr.}	=	1/h
					0,042	=	0,072

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ n_L 1/h c_{Luft} Wh/(m³K) G_i kWh/a = **2111** kWh/(m²a) **4,8**

Summe Wärmeverluste Q_V

(Q_T + Q_L) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendabsenkung = **28593** kWh/(m²a) **65,0**

Wärmeangebot Solarstrahlung

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	i.M	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a
2. Südost	0,45	0,5	6,8	285	=	436
3. Südwest	0,45	0,50	83,2	292	=	5466
4. Nordost	0,45	0,50	71,0	175	=	2797
5. Nordwest	0,45	0,50	2,6	179	=	105
Horizontal	0,45	0,50	4,9	360	=	394

Summe **9197** kWh/(m²a) **20,9**

Interne Wärmequellen Q_I

Länge Heizzeit kh/d spezif. Leistung q_i W/m² A_{EB} m² kWh/a = **8313** kWh/(m²a) **18,9**

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = **17510** kWh/a **39,8**

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = **0,612**

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = **0,965**

W_I:

η_G * Q_F = **16893** kWh/a **38,4**

Heizwärmebedarf Q_H

Q_V - Q_G = **11699** kWh/a **26,6**

Anforderung Bauwerksart (ankreuzen)	<input checked="" type="checkbox"/>	Grenzwert	kWh/(m ² a)	(ja/nein)
	<input type="checkbox"/>	Zielwert	15	nein

Passivhaus-Projektierung

Sanierungsmaßnahme: **Passivhaushülle/Abluftwärmerückgewinnung mit Erdreichwärmetauscher**

Klima:	Deutschland	
Objekt:	ELAN	Bauteil 3: Halle
Standort:	Kapellenstraße 47	Fürth

Gebäudetyp/Nutzung:		
Energiebezugsfläche A _{EB} :	251,5	m ²
Standard-Personenbelegung:	150	Pers pro m ² Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	Summe kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Fassade HLz + HWP	311,1	0,126	1,0	84	3292	
2. Fassade Beton	0,0	0,136	1,0	84	0	
3.			1,0			
4. Dach	252,9	0,117	1,0	84	2491	
5. Grund	252,9	0,138	0,5	84	1464	
6. Wärmebrücken	187,6	0,050	1,0	84	788	
7. Fenster	48,0	0,780	1,0	84	3145	
8.	0,0	0,000	1,0	84	0	
9.	0,0	0,000	1,0	84	0	
10.	0,0	0,000	1,0	84	0	

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe **11181** kWh/(m²a) **44,5**

Lüftungsanlage:	78%	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	2,5	2,5	m ³
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	η _{WRG}	85%	251,5	2,5	2,40	604
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	η _{EWT}	33%	0,3	Φ _{WRG}	η _{L,Infiltr.}	1/h
energetisch wirksamer Luftwechsel im Mittel	η _L	0,300	(1 - 0,90)	0,042	0,072	

Lüftungswärmeverluste Q_L V_L m³ 604 * η_L 1/h 0,072 * C_{Luft} Wh/(m³K) 0,33 * G_t kWh/a 84 = 1207 kWh/a **4,8**

Summe Wärmeverluste Q_V (Q_T kWh/a 11181 + Q_L kWh/a 1207) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendauslenkung 1,0 = 12388 kWh/a **49,3**

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	i.M 0,58	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	Summe kWh/a	kWh/(m ² a)
1. Südost	0,10	0,50	4,0	285	57	
2. Südwest	0,30	0,50	44,0	292	1927	
3. Nordost	0,45	0,50	0,0	175	0	
4. Nordwest	0,45	0,50	0,0	179	0	
5. Horizontal	0,45	0,50	0,0	360	0	

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe **1984** kWh/(m²a) **7,9**

Interne Wärmequellen Q_I kh/d 0,024 * Länge Heizzeit d/a 225 * spezif. Leistung q_i W/m² 3,5 * A_{EB} m² 251,5 = 4754 kWh/a **18,9**

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = 6738 kWh/a **26,8**

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,544

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = 0,978

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = 6588 kWh/a **26,2**

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = 5801 kWh/a **23,1**

Anforderung Bauwerksart (ankreuzen)	<input checked="" type="checkbox"/>	Grenzwert	kWh/(m ² a)	Zielwert	15	Anforderung erfüllt?	nein
-------------------------------------	-------------------------------------	-----------	------------------------	----------	----	----------------------	-------------

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Kostenschätzung

ELAN, Kapellenstraße 47, 90762 Fürth

Bauteil 1: Büro/Bistro

A										
Energetische Sanierung										
Bauteilmethode; Bezugsflächen entsprechen der Flächenermittlung der Transmissionsflächen (entspricht nicht der Massenermittlung nach VOB; Umrechnung der Einheitspreise auf diesen Flächenansatz)										
1			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1	1	Aussenwand-Dämmung 200 mm WLG 040	313,19	m²	150,00	65,00	26.620,83	46.977,93		0,00
1	2	Wärmedämmverbundsystem 200 mm WLG 040 inkl. Dübelung	313,19	m²	30,00	10,00	6.263,72	9.395,59		0,00
1	3	Nebenpositionen: Sockel, Leibungen, Anschlüsse	1,00	pau	2.000,00	750,00	1.250,00	2.000,00		0,00
1	4	Wärmebrückenreduktion	313,19	pau	20,00	20,00	0,00	6.263,72		0,00
1		Untergrundvorbereitung wg. Graffiti								0,00
1		Aussenwand-Dämmung					34.134,55	64.637,24		0,00
0,00										
2		Dach-Dämmung	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenleistung Lohn
2	1	Wärmedämmung 200 mm WLG 040 PS 20 SE	178,60	m²	40,00	0,00	7.144,16	7.144,16		0,00
2	2	Flachdachabdichtung komplett	178,60	m²	58,00	58,00	0,00	10.359,03		0,00
2	3	Nebenarbeiten (Anschlüsse, Randabschluss)	178,60	m²	38,00	28,00	1.786,04	6.786,95		0,00
2	4	Verblechung des Randabschlusses etc.	1,00	pau	4.000,00	3.200,00	800,00	4.000,00		0,00
2		Dach-Dämmung Hauptgebäude					9.730,20	28.290,14		0,00
0,00										
3		Wärmedämmung des Bodenaufbaus	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3	1	Demontage s. Abbrucharbeiten		m²			0,00	0,00		0,00
3	2	Sauberkeitsschicht mit Magerbeton 5 cm	461,24	m²	12,50	12,50	0,00	5.765,50		0,00
3	3	Bitumenschweißbahn als Feuchtigkeitsabdichtung	461,24	m²	17,00	17,00	0,00	7.841,08		0,00
3	4	Dämmung PS WLG 035, 150 mm dick	461,24	m²	38,00		17.527,12	17.527,12	20%	3.505,42
3	5	Zementestrich ZE 30, faserbewehrt	461,24	m²	27,00	27,00	0,00	12.453,48		0,00
3	6	Oberbodenbelag s. u.	461,24	m²			0,00	0,00		0,00
3		Wärmedämmung Bodenaufbau					17.527,12	43.587,18		3.505,42

4		Fenster/Türen	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4	1	Fenster, die 1998/1999 erneuert wurden, bleiben erhalten; U _w =1,4 W/m²K		m²						
4	2	Fenster erneuern, hochwärmedämmend mit Dreifach- Wärmeschutzverglasung und Wärmedämmrahmen U _w =0,8 W/m²K, g=50%	50,86	m²	740,00	350,00	19.833,45	37.632,70		0,00
4	3	Demontage der alten Fenster	50,86	m²	50,00	0,00	2.542,75	2.542,75	80%	2.034,20
4	4	Beiputzarbeiten	50,86	m²	50,00	0,00	2.542,75	2.542,75	70%	1.779,93
4		Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					24.918,95	42.718,20		3.814,13
5		Abluftwärmerückgewinnung 78 %	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
5	1	Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung, Wärmebereitstellungsgrad 78%, Elektroeffizienz pe<0,45 W/m³, 200-625 m³/h	1,00	St	7.500,00		7.500,00	7.500,00		0,00
5	2	Leitungsführungen	1,00	pau	6.000,00		6.000,00	6.000,00		0,00
5	3	Schalldämpfer	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
5	4	Zu-/Abluftelemente	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
5	5	Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	1,00	pau	4.500,00		4.500,00	4.500,00	20%	900,00
5		Abluftwärmerückgewinnung					24.000,00	24.000,00		900,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten gegenüber Niedertemperaturkessel)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
6	1	Mehrkosten Brennwertkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 24 kW Heizleistung	1,00	St	2.500,00		2.500,00	2.500,00		0,00
6	2	Minderkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	-1.000,00		-1.000,00	-1.000,00		0,00
6	3	Mehrkosten für erhöhte Heizflächen zur Erzielung einer niedrigen Vorlauftemperatur von 50 ° C	20,00	St	70,00		1.400,00	1.400,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten)					2.900,00	2.900,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	461,24	m² Bt.1	1.160,48	1.160,48		0,00

7		Holz-Pelletkessel (Alternativ)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
7	1	Mehrkosten Holz-Pelletkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 20 kW Heizleistung	1,00	St	7.000,00		7.000,00	7.000,00		0,00
7	2	Differenzkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
7	3	Erhöhter Aufwand Heizzentrale	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
7	4	zu erwartende Förderung aus Landesmitteln	1,00	pau	-4.000,00		-4.000,00	-4.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten)					7.000,00	7.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	461,24	m² Bt.1	2.801,16	2.801,16		0,00
8		Solarthermie	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
8	1	Solarthermie-Anlage (solarer Deckungsbeitrag Heizwärme 15 %, Warmwasser 70%)								
8	2	Solarkollektoren	15,00	m²	700,00		10.500,00	10.500,00		0,00
8	3	Leitungen und Regelung	1,00	pau	4.000,00		4.000,00	4.000,00		0,00
8	4	Mehrkosten Speicher (Schichtenspeicher)	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
8		Solarthermie					17.500,00	17.500,00		0,00
8		Solarthermie (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	461,24	m² Bt.1	7.002,90	7.002,90		0,00
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
9	1	Aussendämmung 24 statt 20 cm (WLG 035)	313,19	m²	28,00		8.769,21	8.769,21		0,00
9	2	Dach 30 statt 20 cm	178,60	m²	20,00		3.572,08	3.572,08		0,00
9	3	Sanierte Dachflächen 30 statt 12 cm inkl. Abdichtung und Nebenarbeiten	366,36	m²	150,00		54.953,42	54.953,42		0,00
9	4	Grund 25 statt 15 cm	461,24	m²	27,00		12.453,48	12.453,48		0,00
9	5	Fenster: auch die neuen Fenster ändern in U=0,78	123,20	m²	800,00		98.563,84	98.563,84		0,00
9	6	Lüftungsanlage: verbesserte Anlage mit Erdreichwärmeuascher	1,00	pau	5.000,00		5.000,00	5.000,00		0,00
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage					183.312,04	183.312,04		0,00

* "Sowieso-Kosten": ohnehin erforderliche Maßnahmen (Achtung: diese Positionen werden unten bei "Instandsetzung und Modernisierung" nicht mehr

B Instandsetzung und Modernisierung									
Die Beauftragung umfasst ein Energiegutachten. Zur Entscheidungsfindung sind die darüber hinaus anfallenden Kosten sehr wesentlich. Deshalb wird überschlägig für die oben nicht erfassten Leistungen nach Gewerken eine Kostenschätzung erstellt. Es wird empfohlen, nach Festlegung der anzustrebenden energetischen Sanierungsvariante im Zuge der weiteren Planung die Kostenplanung detailliert fortzuschreiben.									
0100	Gerüstarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0101	Gerüstfläche	560,33	m²	10,00		5.603,33	5.603,33		0,00
0103	Nebenpositionen, Vorhaltung pauschal	1,00	pau- schal	2.000,00		2.000,00	2.000,00		0,00
0100	Gerüstarbeiten				0,00	7.603,33	7.603,33		0,00
0,00									
0900	Entwässerungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0901	Überprüfen der Entwässerungsleitungen/Kanal; Ansatz für eine mittlere Instandsetzung (Kosten können sehr stark variieren 5.000 bis über 50.000 DM) für Bauteil 1	1,00	pau- schal	15.000,00		15.000,00	15.000,00		0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	15.000,00	15.000,00		0,00
0,00									
1100	Abbrucharbeiten						0,00		0,00
1101	Abbruch Dach: altes Trapezblech entfernen	101,42	m²	25,00		2.535,61	2.535,61		0,00
1102	Abbruch Zwischengebäude	1,00	pau	8.000,00	8.000,00		8.000,00		0,00
1102	Abbruch Sanitärbereich neben Bistro	1,00	pau	4.000,00	4.000,00		4.000,00		0,00
1103	Abbruch Bodenaufbau (Zementplatten 60 m dick)	461,24	m²	15,00	6.918,6		6.918,60		0,00
1104	Aushub Boden (sandiges Material) ca. 20 cm dick	461,24	m²	35,00	16.143,4		16.143,40	70%	11.300,38
1105	Abbruch von Wänden und Bauteilen, Entrümpelung, Abfuhr	1,00	pau	7.000,00	7.000,00		7.000,00		0,00
1106	Erstellen von Durchbrüchen	1,00	pau	2.500,00	2.500,00		2.500,00		0,00
1100	Abbrucharbeiten				44.562,00	2.535,61	47.097,61	0,70	11.300,38
0,00									
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1201	Maßnahmen zur Trockenlegung von Mauerwerk: keine Maßnahmen vorgesehen; lt. Bauherr keine aufsteigende Feuchtigkeit vorhanden	0,00		0,00		0,00	0,00		0,00
1202	Aussenwände Neubau Zwischenbereich	11,88	m³	420,00	4.987,50		4.987,50		0,00
1203	sonstiges	1,00	pau	5.000,00	5.000,00		5.000,00		0,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				9.987,50	0,00	9.987,50		0,00

									0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1301	Fundamentierung Neubaur Zwischenbereich	1,00	pau	7.000,00	7.000,00		7.000,00		0,00
1302	Bodenplatte Neubaur Zwischenbereich (Mehrkosten gegenüber Pos. A 3 und B 1104)	86,40	m²	45,00	3.888,00		3.888,00		0,00
1303	Decke Neubaur Zwischenbereich	86,40	m²	110,00	9.504,00		9.504,00		0,00
1304	Betonstahl	1.555,20	kg	2,40	3.732,48		3.732,48		0,00
1305	sonstiges	1,00	pau	4.000,00	4.000,00		4.000,00		0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				4.000,00	0,00	4.000,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1601		0,00	pau	0,00		0,00	0,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten								0,00
1701	Stahlbauarbeiten	0,00	pau	0,00	0,00		0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2001	s. o. Dach A2								0,00
2002	sonstige Arbeiten	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten (Ausführung von Teilarbeiten)	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2201	Regenrinnen	60,00	m	40,00		2.400,00	2.400,00		0,00
2202	Fallrohre	20,00	m	45,00		900,00	900,00		0,00
2203	Einblechungen	10,00	m²	140,00		1.400,00	1.400,00		0,00
2204	Nebenpositionen	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	5.700,00	5.700,00		0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2301	Außenputz s. o. A 1								0,00
2302	Innenputz Neubaur Zwischentrakt	56,00	m²	24,00	1.344,00		1.344,00	50%	672,00
2303	Beiputzarbeiten	1,00	pau	2.000,00		2.000,00	2.000,00	50%	1.000,00
2304	Trockenputz-Wände Neubaur Zwischentrakt	81,00	m²	90,00	7.290,00		7.290,00	50%	3.645,00
2305	sonstige Trockenputz-Wände	50,00	m²	90,00	4.500,00		4.500,00	50%	2.250,00

2306	Verkleidungen von Wandteilen und Installationsbereichen	30,00	m²	80,00	2.400,00		2.400,00	50%	1.200,00
2307	sonstige Trockenputzarbeiten	1,00	pauschal	2.000,00	2.000,00		2.000,00	50%	1.000,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				17.534,00	2.000,00	19.534,00		9.767,00
2400	Fliesenarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2401	Wandfliesen Neubau Zwischentrakt	72,00	m²	90,00	6.480,00		6.480,00	40%	2.592,00
2402	Wandfliesen Erneuerung von best. Flächen z. T.	50,00	m²	110,00	5.500,00		5.500,00	40%	2.200,00
2403	Nebenpositionen (20%)	1,00	pau	1.500,00	1.500,00		1.500,00	50%	750,00
2404	Bodenfliesen s. Bodenbelagsarbeiten 3600								0,00
2400	Fliesenarbeiten				13.480,00	0,00	13.480,00		5.542,00
2500	Estricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2501	in A 3 enthalten	0,00	m²	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2700	Schreinerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2701	Fenster s. A 4								0,00
2702	Eingangstüren: Zulage zu A 4	4,00	St	2.000,00	8.000,00		8.000,00		0,00
2703	Innentüren (Mischkalkulation aus erneuern und instandsetzen)	25,00	St	250,00	3.125,00	3.125,00	6.250,00	20%	1.250,00
2704	Sonstige Schreinerarbeiten	1,00	pau	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000,00	30%	900,00
2700	Schreinerarbeiten				12.625,00	4.625,00	17.250,00		2.150,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3001	keine Maßnahmen		m²			0,00	0,00		0,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00		0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3301	Gebäudegrobreinigung	461,24	m²	7,00	3.228,68		3.228,68	80%	2.582,94
3302	Gebäudefeinreinigung vor Bezug	461,24	m²	6,00	2.767,44		2.767,44	80%	2.213,95
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				5.996,12	0,00	5.996,12		4.796,90
3400	Anstricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3401	Malerarbeiten Wandflächen (inkl. geringe Untergrundvorbereitung)	1.200,00	m²	10,00	6.000,00	6.000,00	12.000,00		0,00

3402	Malerarbeiten Decken wie vor	461,24	m²	10,00	2.306,20	2.306,20	4.612,40	80%	3.689,92
3403	Lackierarbeiten pauschal	1,00	pau	5.000,00	2.500,00	2.500,00	5.000,00	80%	4.000,00
3404	Lackierarbeiten Außenbauteile	1,00	pau	2.500,00	1.250,00	1.250,00	2.500,00	80%	2.000,00
3405	sonstige Malerarbeiten	1,00	pau	1.000,00	500,00	500,00	1.000,00	80%	800,00
3400	Anstricharbeiten				12.556,20	12.556,20	25.112,40		10.489,92

3600	Bodenbelagsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3601	Bodenbeläge (Mischkalkulation: Fliesen und Holz/Lino)	461,24	m²	75,00	34.593,00		34.593,00	50%	17.296,50
3602	Nebenpositionen für Randleisten etc. (22%)				7.610,46		7.610,46	50%	3.805,23
3600	Bodenbelagsarbeiten				42.203,46	0,00	42.203,46		21.101,73

4000	Sanitärinstallation (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse")	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4001	Verteilleitungen und zentrale Installation	0,40	pauschal	12.000,00	4.801,99		4.801,99		0,00
4002	Anschluss von bestehenden Elementen an die neuen Verteilleitungen	12,00	St	250,00	3.000,00		3.000,00		0,00
4003	WC's inkl. Zuleitung und Entwässerungsanschluß und Armaturen	5,00	St	1.000,00	5.000,00		5.000,00		0,00
4004	Waschbecken wie vor	3,00	St	900,00	2.700,00		2.700,00		0,00
4005	Urinale wie vor	3,00	St	900,00	2.700,00		2.700,00		0,00
4005	Duschen wie vor	1,00	St	1.400,00	1.400,00		1.400,00		0,00
4006	Badewannen wie vor	0,00	St	1.600,00	0,00		0,00		0,00
4007	Küchenanschlüsse wie vor (ohne Küche)	2,00	St	400,00	800,00		800,00		0,00
4008	sonstige Anschlüsse	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00		0,00
4009	sonstige Arbeiten	2,00	pau	1.000,00	2.000,00		2.000,00		0,00
4000	Sanitärinstallation				23.401,99	0,00	23.401,99		0,00

4200	Heizungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4201	Heizzentrale mit Niedertemperatur-Gaskessel, Hauptverteilung im Breich der Dämmelage unter dem Estrich, BWW-Speicher (vgl. höhere Standards A 6-8 (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse"))	0,40	pau	20.000,00	8.003,32		8.003,32		0,00
4202	Abgasleitung	0,40	pauschal	6.000,00	2.401,00		2.401,00		0,00
4203	Heizkörper inkl. Verteilung (Mischkalkulation: 50% der Heizkörper können bestehen bleiben; angesetzter Heizkörperpreis inklusive Zuleitungen 900 DM*50%)	17,00	St	450,00	7.650,00		7.650,00		0,00
4204	Wärmemengenzähler	1,00	St	700,00	700,00		700,00		0,00

4200	Heizungsinstallation				18.754,31	0,00	18.754,31		0,00
4300	Lüftungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4301	Abluftanlage/Küchenabzug ergänzen und an die Abluftwärmerückgewinnung anpassen als ergänzende Spitzenentlüftung	1,00	pau	4.000,00	4.000,00		4.000,00		0,00
4302				0,00	0,00		0,00		0,00
4303				0,00	0,00		0,00		0,00
4300	Lüftungsinstallation				4.000,00	0,00	4.000,00		0,00
5000	Elektroinstallation								
5001	Pauschale Mischkalkulation: möglichst wenig Neuinstallation im Bereich der Räume, nur Zuleitungen (Flur) im Bereich von Installationslinien; Überprüfung der Anlage; Installation von Haupt-Leerrohren für IT-/BUS-Technik	1,00	pausc hal	15.000,00	15.000,00	0,00	15.000,00		0,00
5000	Elektroinstallation				15.000,00	0,00	15.000,00		0,00
	Zusammenstellung								
A	Energetische Sanierungsmaßnahmen					GP energ.	GP		Eigenleist.
1	Aussenwand-Dämmung					34.134,55	64.637,24		0,00
2	Dach-Dämmung Hauptgebäude					9.730,20	28.290,14		0,00
3	Wärmedämmung Bodenaufbau					17.527,12	43.587,18		3.505,42
4	Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					24.918,95	42.718,20		3.814,13
5	Abluftwärmerückgewinnung					24.000,00	24.000,00		900,00
6	Brennwertkessel (Mehrkosten)					1.160,48	1.160,48		0,00
7	Holz-Pelletkessel (Mehr. gegenüber Brennw.-Kessel)					1.640,68	1.640,68		0,00
8	Solarthermie					7.002,90	7.002,90		0,00
9	Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage				183.312,04				
	Summe netto (Pos. 1-8)					120.114,89	213.036,83		8.219,55
	Mehrwertsteuer	16%				19.218,38	34.085,89		0,00
	Summe inkl. MWSt.				DM	139.333,27	247.122,72		8.219,55
	energetisch bedingte Kosten pro m² Nutzfläche				DM/m²	302,08			

B	Instandsetzung und Modernisierung				Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	Eigen- leistung
0100	Gerüstarbeiten				0,00	7.603,33	7.603,33	0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	15.000,00	15.000,00	0,00
1100	Abbrucharbeiten				44.562,00	2.535,61	47.097,61	11.300,38
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				9.987,50	0,00	9.987,50	0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				4.000,00	0,00	4.000,00	0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00	0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	5.700,00	5.700,00	0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				17.534,00	2.000,00	19.534,00	9.767,00
2400	Fliesenarbeiten				13.480,00	0,00	13.480,00	5.542,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2700	Schreinerarbeiten				12.625,00	4.625,00	17.250,00	2.150,00
3200	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00	0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				5.996,12	0,00	5.996,12	4.796,90
3400	Anstricharbeiten				12.556,20	12.556,20	25.112,40	10.489,92
3600	Bodenbelagsarbeiten				42.203,46	0,00	42.203,46	21.101,73
4000	Sanitärinstallation				23.401,99	0,00	23.401,99	0,00
4200	Heizungsinstallation				18.754,31	0,00	18.754,31	0,00
4300	Lüftungsinstallation				4.000,00		4.000,00	0,00
5000	Elektroinstallation				15.000,00	0,00	15.000,00	0,00
	Summe netto Instandsetzung und Modernisierung				224.100,58	51.020,14	275.120,72	65.147,93
	Mehrwertsteuer		16%		35.856,09	8.163,22	44.019,32	10.423,67
	Summe inkl. MWSt.			DM	259.956,68	59.183,36	319.140,04	75.571,59

	Kosten gesamt				Moder- nisierung	Instand- setzung	Gesamt	
	Summe netto Instandsetzung/Modernisierung und energetische Maßnahmen				437.137,41	51.020,14	488.157,55	
	Mehrwertsteuer		16%		69.941,99	8.163,22	78.105,21	
	Summe inkl. MWSt.				507.079,40	59.183,36	566.262,76	
	Für Unvorhergesehenes		15%		76.061,91	8.877,50	84.939,41	
	Sanierungskosten inkl. MWSt.				583.141,31	68.060,87	651.202,17	
	Kosten pro m² Nutzfläche			DM/m²	1.264,29	147,56	1.411,85	

aufgestellt: Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

Kostenschätzung

ELAN, Kapellenstraße 47, 90762 Fürth

Bauteil 2: Spielhaus/Seminarräume

A										
Energetische Sanierung										
Bauteilmethode; Bezugsflächen entsprechen der Flächenermittlung der Transmissionsflächen (entspricht nicht der Massenermittlung nach VOB; Umrechnung der Einheitspreise auf diesen Flächenansatz)										
1			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1	1	Aussenwand-Dämmung 200 mm WLG 040	519,53	m²	150,00	65,00	44.159,71	77.928,90		0,00
1	2	Wärmedämmverbundsystem 200 mm WLG 040 inkl. Dübelung	519,53	m²	30,00	10,00	10.390,52	15.585,78		0,00
1	3	Nebenpositionen: Sockel, Leibungen, Anschlüsse	1,00	pau	3.200,00	750,00	2.450,00	3.200,00		0,00
1	4	Wärmebrückenreduktion	300,00	pau	20,00	20,00	0,00	6.000,00		0,00
1		Untergrundvorbereitung wg. Graffiti								0,00
1		Aussenwand-Dämmung					57.000,23	102.714,68		0,00
0,00										
2		Dach-Dämmung	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenleistung Lohn
2	1	Wärmedämmung 200 mm WLG 040 PS 20 SE	298,82	m²	40,00	0,00	11.952,91	11.952,91		0,00
2	2	Flachdachabdichtung komplett	298,82	m²	58,00	58,00	0,00	17.331,72		0,00
2	3	Nebenarbeiten (Anschlüsse, Randabschluss)	298,82	m²	38,00	28,00	2.988,23	11.355,27		0,00
2	4	Verblechung des Randabschlusses etc.	1,00	pau	4.500,00	3.400,00	1.100,00	4.500,00		0,00
2		Dach-Dämmung Hauptgebäude					16.041,14	45.139,90		0,00
0,00										
3		Wärmedämmung des Bodenaufbaus	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3	1	Demontage s. Abbrucharbeiten		m²			0,00	0,00		0,00
3	2	Sauberkeitsschicht mit Magerbeton 5 cm	289,45	m²	12,50	12,50	0,00	3.618,09		0,00
3	3	Bitumenschweißbahn als Feuchtigkeitsabdichtung	289,45	m²	17,00	17,00	0,00	4.920,60		0,00
3	4	Dämmung PS WLG 035, 150 mm dick	289,45	m²	38,00		10.998,99	10.998,99	20%	2.199,80
3	5	Zementestrich ZE 30, faserbewehrt	289,45	m²	27,00	27,00	0,00	7.815,07		0,00
3	6	Oberbodenbelag s. u.	289,45	m²			0,00	0,00		0,00
3		Wärmedämmung Bodenaufbau					10.998,99	27.352,74		2.199,80

4		Fenster/Türen	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4	1	Fenster, die 1998/1999 erneuert wurden, bleiben erhalten; U _w =1,4 W/m²K		m²						
4	2	Fenster erneuern, hochwärmedämmend mit Dreifach- Wärmeschutzverglasung und Wärmedämmrahmen U _w =0,8 W/m²K, g=50%	87,41	m²	740,00	350,00	34.091,46	64.686,36		0,00
4	3	Demontage der alten Fenster	87,41	m²	50,00	0,00	4.370,70	4.370,70	80%	3.496,56
4	4	Beiputzarbeiten	87,41	m²	50,00	0,00	4.370,70	4.370,70	70%	3.059,49
4		Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					42.832,86	73.427,76		6.556,05
5		Abluftwärmerückgewinnung 78 %	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
5	1	Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung, Wärmebereitstellungsgrad 78%, Elektroeffizienz p _e <0,45 W/m³, 200-625 m³/h	1,00	St	7.500,00		7.500,00	7.500,00		0,00
5	2	Leitungsführungen	1,00	pau	7.500,00		7.500,00	7.500,00		0,00
5	3	Schalldämpfer	1,00	pau	3.800,00		3.800,00	3.800,00		0,00
5	4	Zu-/Abluftelemente	1,00	pau	3.500,00		3.500,00	3.500,00		0,00
5	5	Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	1,00	pau	5.000,00		5.000,00	5.000,00	20%	1.000,00
5		Abluftwärmerückgewinnung					27.300,00	27.300,00		1.000,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten gegenüber Niedertemperaturkessel)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
6	1	Mehrkosten Brennwertkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 24 kW Heizleistung	1,00	St	2.500,00		2.500,00	2.500,00		0,00
6	2	Minderkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	-1.000,00		-1.000,00	-1.000,00		0,00
6	3	Mehrkosten für erhöhte Heizflächen zur Erzielung einer niedrigen Vorlauftemperatur von 50 ° C	16,00	St	70,00		1.120,00	1.120,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten)					2.620,00	2.620,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	439,87	m² Bt.1	999,85	999,85		0,00

7		Holz-Pelletkessel (Alternativ)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
7	1	Mehrkosten Holz-Pelletkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 20 kW Heizleistung	1,00	St	7.000,00		7.000,00	7.000,00		0,00
7	2	Differenzkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
7	3	Erhöhter Aufwand Heizzentrale	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
7	4	zu erwartende Förderung aus Landesmitteln	1,00	pau	-4.000,00		-4.000,00	-4.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten)					7.000,00	7.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	439,87	m² Bt.1	2.671,36	2.671,36		0,00
8		Solarthermie								
8		Solarthermie	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
8	1	Solarthermie-Anlage (solarer Deckungsbeitrag Heizwärme 15 %, Warmwasser 70%)								
8	2	Solarkollektoren	15,00	m²	700,00		10.500,00	10.500,00		0,00
8	3	Leitungen und Regelung	1,00	pau	4.000,00		4.000,00	4.000,00		0,00
8	4	Mehrkosten Speicher (Schichtenspeicher)	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
8		Solarthermie					17.500,00	17.500,00		0,00
8		Solarthermie (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	439,87	m² Bt.1	6.678,40	6.678,40		0,00
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage								
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
9	1	Aussendämmung 24 statt 20 cm (WLG 035)	519,53	m²	28,00		14.546,73	14.546,73		0,00
9	2	Dach 30 statt 20 cm	298,82	m²	20,00		5.976,46	5.976,46		0,00
9	3	Sanierte Dachflächen 30 statt 12 cm inkl. Abdichtung und Nebenarbeiten	250,74	m²	150,00		37.610,81	37.610,81		0,00
9	4	Grund 25 statt 15 cm	289,45	m²	27,00		7.815,07	7.815,07		0,00
9	5	Fenster: auch die neuen Fenster ändern in U=0,78	81,07	m²	800,00		64.852,80	64.852,80		0,00
9	6	Lüftungsanlage: verbesserte Anlage mit Erdreichwärmeuascher	1,00	pau	5.000,00		5.000,00	5.000,00		0,00
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage					135.801,86	135.801,86		0,00

* "Sowieso-Kosten": ohnehin erforderliche Maßnahmen (Achtung: diese Positionen werden unten bei "Instandsetzung und Modernisierung" nicht mehr

B Instandsetzung und Modernisierung									
Die Beauftragung umfasst ein Energiegutachten. Zur Entscheidungsfindung sind die darüber hinaus anfallenden Kosten sehr wesentlich. Deshalb wird überschlägig für die oben nicht erfassten Leistungen nach Gewerken eine Kostenschätzung erstellt. Es wird empf									
0100	Gerüstarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0101	Gerüstfläche	774,80	m²	10,00		7.747,99	7.747,99		0,00
0103	Nebenpositionen, Vorhaltung pauschal	1,00	pausc hal	2.500,00		2.500,00	2.500,00		0,00
0100	Gerüstarbeiten				0,00	10.247,99	10.247,99		0,00
0,00									
0900	Entwässerungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0901	Überprüfen der Entwässerungsleitungen/Kanal; Ansatz für eine mittlere Instandsetzung (Kosten können sehr stark variieren 5.000 bis über 50.000 DM) für Bauteil 1	1,00	pausc hal	15.000,00		15.000,00	15.000,00		0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	15.000,00	15.000,00		0,00
0,00									
1100	Abbrucharbeiten						0,00		0,00
1101	Abbruch Dach: altes Trapezblech entfernen	298,82	m²	25,00		7.470,57	7.470,57		0,00
1103	Abbruch Bodenaufbau (Zementplatten 60 m dick)	289,45	m²	15,00	4.341,7		4.341,71		0,00
1104	Aushub Boden (sandiges Material) ca. 20 cm dick	289,45	m²	35,00	10.130,6		10.130,65	70%	7.091,45
1105	Abbruch von Wänden und Bauteilen, Entrümpelung, Abfuhr	1,00	pau	4.000,00	4.000,00		4.000,00		0,00
1106	Erstellen von Durchbrüchen	1,00	pau	2.500,00	2.500,00		2.500,00		0,00
1100	Abbrucharbeiten				20.972,35	7.470,57	28.442,92	0,70	7.091,45
0,00									
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1201	Maßnahmen zur Trockenlegung von Mauerwerk: keine Maßnahmen vorgesehen; lt. Bauherr keine aufsteigende Feuchtigkeit vorhanden	0,00		0,00		0,00	0,00		0,00
1202	Aussenwände Neubau Zwischenbereich	0,00	m³	0,00	0,00		0,00		0,00
1203	sonstiges	1,00	pau	3.500,00	3.500,00		3.500,00		0,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				3.500,00	0,00	3.500,00		0,00
0,00									
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.

1305	sonstiges	1,00	pau	3.000,00	3.000,00		3.000,00		0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				3.000,00	0,00	3.000,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1601		0,00	pau	0,00		0,00	0,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten								0,00
1701	Stahlbauarbeiten	0,00	pau	0,00	0,00		0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2001	s. o. Dach A2								0,00
2002	sonstige Arbeiten	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten (Ausführung von Teilarbeiten)	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2201	Regenrinnen	75,00	m	40,00		3.000,00	3.000,00		0,00
2202	Fallrohre	28,00	m	45,00		1.260,00	1.260,00		0,00
2203	Einblechungen	10,00	m ²	140,00		1.400,00	1.400,00		0,00
2204	Nebenpositionen	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	6.660,00	6.660,00		0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2301	Außenputz s. o. A 1								0,00
2302	Innenputz	0,00	m ²	24,00	0,00		0,00	50%	0,00
2303	Beiputzarbeiten	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00	50%	1.500,00
2304	Trockenputz-Wände	40,00	m ²	90,00	3.600,00		3.600,00	50%	1.800,00
2305	Verkleidungen von Wandteilen und Installationsbereichen	30,00	m ²	80,00	2.400,00		2.400,00	50%	1.200,00
2306	sonstige Trockenputzarbeiten	1,00	pausc hal	2.000,00	2.000,00		2.000,00	50%	1.000,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				8.000,00	3.000,00	11.000,00		5.500,00
2400	Fliesenarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2401	Wandfliesen Erneuerung von best. Flächen z. T.	50,00	m ²	110,00	5.500,00		5.500,00	40%	2.200,00
2402	Nebenpositionen	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00	50%	500,00
2403	Bodenfliesen s. Bodenbelagsarbeiten 3600								0,00

2400	Fliesenarbeiten				6.500,00	0,00	6.500,00		2.700,00
2500	Estricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2501	in A 3 enthalten	0,00	m²	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2700	Schreinerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2701	Fenster s. A 4								0,00
2702	Eingangstüren: Zulage zu A 4	6,00	St	2.000,00	12.000,00		12.000,00		0,00
2703	Innentüren (Mischkalkulation aus erneuern und instandsetzen)	20,00	St	250,00	2.500,00	2.500,00	5.000,00	20%	1.000,00
2704	Sonstige Schreinerarbeiten	1,00	pau	3.000,00	1.500,00	1.500,00	3.000,00	30%	900,00
2700	Schreinerarbeiten				16.000,00	4.000,00	20.000,00		1.900,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz	Masse	EH	EP					
3001	keine Maßnahmen		m²			0,00	0,00		0,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00		0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3301	Gebäudegrobreinigung	439,87	m²	7,00	3.079,07		3.079,07	80%	2.463,26
3302	Gebäudefeinreinigung vor Bezug	439,87	m²	6,00	2.639,20		2.639,20	80%	2.111,36
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				5.718,27	0,00	5.718,27		4.574,62
3400	Anstricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3401	Malerarbeiten Wandflächen (inkl. geringe Untergrundvorbereitung)	1.300,00	m²	10,00	6.500,00	6.500,00	13.000,00		0,00
3402	Malerarbeiten Decken wie vor	439,87	m²	10,00	2.199,34	2.199,34	4.398,67	80%	3.518,94
3403	Lackierarbeiten pauschal	1,00	pau	4.800,00	2.400,00	2.400,00	4.800,00	80%	3.840,00
3404	Lackierarbeiten Außenbauteile	1,00	pau	2.800,00	1.400,00	1.400,00	2.800,00	80%	2.240,00
3405	sonstige Malerarbeiten	1,00	pau	1.000,00	500,00	500,00	1.000,00	80%	800,00
3400	Anstricharbeiten				12.999,34	12.999,34	25.998,67		10.398,94
3600	Bodenbelagsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3601	Bodenbeläge (Mischkalkulation: Fliesen und Holz/Lino)	439,87	m²	75,00	32.990,03		32.990,03	50%	16.495,01
3602	Nebenpositionen für Randleisten etc. (22%)				7.257,81		7.257,81	50%	3.628,90
3600	Bodenbelagsarbeiten				40.247,83	0,00	40.247,83		20.123,92

4000	Sanitärinstallation (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse")	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4001	Verteilleitungen und zentrale Installation	0,38	pausc hal	12.000,00	4.579,48		4.579,48		0,00
4002	Anschluss von bestehenden Elementen an die neuen Verteilleitungen	15,00	St	250,00	3.750,00		3.750,00		0,00
4003	WC's inkl. Zuleitung und Entwässerungsanschluß und Armaturen	2,00	St	1.000,00	2.000,00		2.000,00		0,00
4004	Waschbecken wie vor	2,00	St	900,00	1.800,00		1.800,00		0,00
4005	Urinale wie vor	0,00	St	900,00	0,00		0,00		0,00
4005	Duschen wie vor	0,00	St	1.400,00	0,00		0,00		0,00
4006	Badewannen wie vor	0,00	St	1.600,00	0,00		0,00		0,00
4007	Küchenanschlüsse wie vor (ohne Küche)	2,00	St	400,00	800,00		800,00		0,00
4008	sonstige Anschlüsse	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00		0,00
4009	sonstige Arbeiten	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00		0,00
4000	Sanitärinstallation				14.929,48	0,00	14.929,48		

4200	Heizungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4201	Heizzentrale mit Niedertemperatur-Gaskessel, Hauptverteilung im Bereich der Dämmlage unter dem Estrich, BWW-Speicher (vgl. höhere Standards A 6-8 (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse"))	0,38	pau	20.000,00	7.632,46		7.632,46		0,00
4202	Abgasleitung	0,38	pausc hal	6.000,00	2.289,74		2.289,74		0,00
4203	Heizkörper inkl. Verteilung (Mischkalkulation: 50% der Heizkörper können bestehen bleiben; angesetzter Heizkörperpreis inklusive Zuleitungen 900 DM*50%)	16,00	St	450,00	7.200,00		7.200,00		0,00
4204	Wärmemengenzähler	1,00	St	700,00	700,00		700,00		0,00
4200	Heizungsinstallation				17.822,20	0,00	17.822,20		0,00
4300	Lüftungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4301	keine zusätzliche Lüftungsinstallation zur Abluftwärmerückgewinnung	0,00	pau	0,00	0,00		0,00		0,00
4302				0,00	0,00		0,00		0,00
4303				0,00	0,00		0,00		0,00
4300	Lüftungsinstallation				0,00	0,00	0,00		0,00
5000	Elektroinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
5001	Pauschale Mischkalkulation: möglichst wenig Neuinstallation im Bereich der Räume, nur Zuleitungen (Flur) im Bereich von Installationslinien; Überprüfung der Anlage; Installation von Haupt-Leerrohren für IT-/BUS-Technik	1,00	pausc hal	12.000,00	12.000,00	0,00	12.000,00		0,00
5000	Elektroinstallation				12.000,00	0,00	12.000,00		0,00

Zusammenstellung											
A	Energetische Sanierungsmaßnahmen					GP energ.	GP	Eigenleist.			
1	Aussenwand-Dämmung					57.000,23	102.714,68	0,00			
2	Dach-Dämmung Hauptgebäude					16.041,14	45.139,90	0,00			
3	Wärmedämmung Bodenaufbau					10.998,99	27.352,74	2.199,80			
4	Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					42.832,86	73.427,76	6.556,05			
5	Abluftwärmerückgewinnung					27.300,00	27.300,00	1.000,00			
6	Brennwertkessel (Mehrkosten)					999,85	999,85	0,00			
7	Holz-Pelletkessel (Mehr. gegenüber Brenn.-Kessel)					1.671,51	1.671,51	0,00			
8	Solarthermie					6.678,40	6.678,40	0,00			
9	Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage					135.801,86					
	Summe netto (Pos. 1-8)					163.522,98	285.284,84	9.755,85			
	Mehrwertsteuer					16%	26.163,68	45.645,58	0,00		
	Summe inkl. MWSt.					DM	189.686,65	330.930,42	9.755,85		
	energetisch bedingte Kosten pro m² Nutzfläche					DM/m²	411,25				

B	Instandsetzung und Modernisierung				Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	Eigen- leistung
0100	Gerüstarbeiten				0,00	10.247,99	10.247,99	0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	15.000,00	15.000,00	0,00
1100	Abbrucharbeiten				20.972,35	7.470,57	28.442,92	7.091,45
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				3.500,00	0,00	3.500,00	0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				3.000,00	0,00	3.000,00	0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00	0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	6.660,00	6.660,00	0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				8.000,00	3.000,00	11.000,00	5.500,00
2400	Fliesenarbeiten				6.500,00	0,00	6.500,00	2.700,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2700	Schreinerarbeiten				16.000,00	4.000,00	20.000,00	1.900,00
3200	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00	0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				5.718,27	0,00	5.718,27	4.574,62
3400	Anstricharbeiten				12.999,34	12.999,34	25.998,67	10.398,94
3600	Bodenbelagsarbeiten				40.247,83	0,00	40.247,83	20.123,92
4000	Sanitärinstallation				14.929,48	0,00	14.929,48	0,00
4200	Heizungsinstallation				17.822,20	0,00	17.822,20	0,00
4300	Lüftungsinstallation				0,00		0,00	0,00
5000	Elektroinstallation				12.000,00	0,00	12.000,00	0,00
	Summe netto Instandsetzung und Modernisierung				161.689,46	60.377,89	222.067,35	52.288,92
	Mehrwertsteuer		16%		25.870,31	9.660,46	35.530,78	8.366,23
	Summe inkl. MWSt.			DM	187.559,77	70.038,35	257.598,13	60.655,15

	Kosten gesamt				Moder- nisierung	Instand- setzung	Gesamt	
	Summe netto Instandsetzung/Modernisierung und energetische Maßnahmen				446.974,30	60.377,89	507.352,19	
	Mehrwertsteuer		16%		71.515,89	9.660,46	81.176,35	
	Summe inkl. MWSt.				518.490,19	70.038,35	588.528,55	
	Für Unvorhergesehenes		15%		77.773,53	10.505,75	88.279,28	
	Sanierungskosten inkl. MWSt.				596.263,72	80.544,11	676.807,83	
	Kosten pro m² Nutzfläche			DM/m²	1.355,45	183,10	1.538,55	

aufgestellt: Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

Kostenschätzung

ELAN, Kapellenstraße 47, 90762 Fürth

Bauteil 3: Halle

A										
Energetische Sanierung										
Bauteilmethode; Bezugsflächen entsprechen der Flächenermittlung der Transmissionsflächen (entspricht nicht der Massenermittlung nach VOB; Umrechnung der Einheitspreise auf diesen Flächenansatz)										
1			Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1	1	Aussenwand-Dämmung 200 mm WLG 040	311,08	m²	150,00	65,00	26.441,80	46.662,00		0,00
1	2	Wärmedämmverbundsystem 200 mm WLG 040 inkl. Dübelung	311,08	m²	30,00	10,00	6.221,60	9.332,40		0,00
1	3	Nebenpositionen: Sockel, Leibungen, Anschlüsse	1,00	pau	3.200,00	750,00	2.450,00	3.200,00		0,00
1	4	Wärmebrückenreduktion	250,00	pau	20,00	20,00	0,00	5.000,00		0,00
1		Untergrundvorbereitung wg. Graffiti								0,00
1		Aussenwand-Dämmung					35.113,40	64.194,40		0,00
0,00										
2		Dach-Dämmung	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenleistung Lohn
2	1	Wärmedämmung 200 mm WLG 040 PS 20 SE	0,00	m²	40,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2	2	Flachdachabdichtung komplett	0,00	m²	58,00	58,00	0,00	0,00		0,00
2	3	Nebenarbeiten (Anschlüsse, Randabschluss)	0,00	m²	38,00	28,00	0,00	0,00		0,00
2	4	Verblechung des Randabschlusses etc.	0,00	pau	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2		Dach-Dämmung Hauptgebäude					0,00	0,00		0,00
3		Wärmedämmung des Bodenaufbaus	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3	1	Demontage s. Abbrucharbeiten		m²			0,00	0,00		0,00
3	2	Sauberkeitsschicht mit Magerbeton 5 cm	251,52	m²	12,50	12,50	0,00	3.143,94		0,00
3	3	Bitumenschweißbahn als Feuchtigkeitsabdichtung	251,52	m²	17,00	17,00	0,00	4.275,76		0,00
3	4	Dämmung PS WLG 035, 150 mm dick	251,52	m²	38,00		9.557,57	9.557,57	20%	1.911,51
3	5		251,52	m²	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
3	6	Oberbodenbelag s. u.	251,52	m²			0,00	0,00		0,00
3		Wärmedämmung Bodenaufbau					9.557,57	16.977,26		1.911,51

4		Fenster/Türen	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4	1	Fenster, die 1998/1999 erneuert wurden, bleiben erhalten; U _w =1,4 W/m ² K		m ²						
4	2	Fenster erneuern, hochwärmedämmend mit Dreifach- Wärmeschutzverglasung und Wärmedämmrahmen U _w =0,8 W/m ² K, g=50%	48,00	m ²	820,00	350,00	22.560,00	39.360,00		0,00
4	3	Demontage der alten Fenster	48,00	m ²	50,00	0,00	2.400,00	2.400,00	80%	1.920,00
4	4	Beiputzarbeiten	48,00	m ²	50,00	0,00	2.400,00	2.400,00	70%	1.680,00
4		Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung					27.360,00	44.160,00		3.600,00
5		Abluftwärmerückgewinnung 78 %	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
5	1	Lüftungsgerät zur Abluftwärmerückgewinnung, Wärmebereitstellungsgrad 78%, Elektroeffizienz pe<0,45 W/m ³ , 200-625 m ³ /h (Grundlüftung, s. u.)	1,00	St	7.500,00		7.500,00	7.500,00		0,00
5	2	Leitungsführungen	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
5	3	Schalldämpfer	1,00	pau	2.500,00		2.500,00	2.500,00		0,00
5	4	Zu-/Abluftelemente	1,00	pau	2.000,00		2.000,00	2.000,00		0,00
5	5	Installationsaufwand inkl. Durchbrüche	1,00	pau	3.500,00		3.500,00	3.500,00	20%	700,00
5		Abluftwärmerückgewinnung					18.500,00	18.500,00		700,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten gegenüber Niedertemperaturkessel)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
6	1	Mehrkosten Brennwertkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 24 kW Heizleistung	1,00	St	2.500,00		2.500,00	2.500,00		0,00
6	2	Minderkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	-1.000,00		-1.000,00	-1.000,00		0,00
6	3	Mehrkosten für erhöhte Heizflächen zur Erzielung einer niedrigen Vorlauftemperatur von 50 ° C	16,00	St	70,00		1.120,00	1.120,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten)					2.620,00	2.620,00		0,00
6		Brennwertkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	251,52	m² Bt.1	571,71	571,71		0,00

7		Holz-Pelletkessel (Alternativ)	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
7	1	Mehrkosten Holz-Pelletkessel gegenüber Niedertemperaturkessel; 20 kW Heizleistung	1,00	St	7.000,00		7.000,00	7.000,00		0,00
7	2	Differenzkosten bei der Kaminsanierung	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
7	3	Erhöhter Aufwand Heizzentrale	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
7	4	zu erwartende Förderung aus Landesmitteln	1,00	pau	-4.000,00		-4.000,00	-4.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten)					7.000,00	7.000,00		0,00
7		Holz-Pelletkessel (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	251,52	m² Bt.1	1.527,48	1.527,48		0,00
Solarthermie										
8		Solarthermie	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
8	1	Solarthermie-Anlage (solarer Deckungsbeitrag Heizwärme 15 %, Warmwasser 70%)								
8	2	Solarkollektoren	15,00	m²	700,00		10.500,00	10.500,00		0,00
8	3	Leitungen und Regelung	1,00	pau	4.000,00		4.000,00	4.000,00		0,00
8	4	Mehrkosten Speicher (Schichtenspeicher)	1,00	pau	3.000,00		3.000,00	3.000,00		0,00
8		Solarthermie					17.500,00	17.500,00		0,00
8		Solarthermie (Mehrkosten) Anteil Bauteil 1	1.152,62	m²	251,52	m² Bt.1	3.818,70	3.818,70		0,00
Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage										
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage	Masse	EH	EP gesamt	EP sowieso*	GP energ.	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
9	1	Aussendämmung 24 statt 20 cm (WLG 035)	311,08	m²	28,00		8.710,24	8.710,24		0,00
9	2	Dach 30 statt 20 cm	0,00	m²	20,00		0,00	0,00		0,00
9	3	Sanierte Dachflächen 30 statt 12 cm inkl. Abdichtung und Nebenarbeiten	252,88	m²	150,00		37.932,00	37.932,00		0,00
9	4	Grund 25 statt 15 cm	251,52	m²	27,00		6.790,91	6.790,91		0,00
9	5	Fenster: auch die neuen Fenster ändern in U=0,78	0,00	m²	800,00		0,00	0,00		0,00
9	6	Lüftungsanlage: verbesserte Anlage mit Erdreichwärmetauscher	1,00	pau	5.000,00		5.000,00	5.000,00		0,00
9		Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage					58.433,15	58.433,15		0,00

* "Sowieso-Kosten": ohnehin erforderliche Maßnahmen (Achtung: diese Positionen werden unten bei "Instandsetzung und Modernisierung" nicht mehr

B Instandsetzung und Modernisierung									
Die Beauftragung umfasst ein Energiegutachten. Zur Entscheidungsfindung sind die darüber hinaus anfallenden Kosten sehr wesentlich. Deshalb wird überschlägig für die oben nicht erfassten Leistungen nach Gewerken eine Kostenschätzung erstellt. Es wird empf									
0100	Gerüstarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0101	Gerüstfläche	357,74	m²	10,00		3.577,42	3.577,42		0,00
0103	Nebenpositionen, Vorhaltung pauschal	1,00	pauschal	2.000,00		2.000,00	2.000,00		0,00
0100	Gerüstarbeiten				0,00	5.577,42	5.577,42		0,00
0,00									
0900	Entwässerungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
0901	Überprüfen der Entwässerungsleitungen/Kanal; Ansatz für eine mittlere Instandsetzung (Kosten können sehr stark variieren 5.000 bis über 50.000 DM) für Bauteil 1	1,00	pauschal	8.000,00		8.000,00	8.000,00		0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	8.000,00	8.000,00		0,00
0,00									
1100	Abbrucharbeiten						0,00		0,00
1103	Abbruch Bodenaufbau	251,52	m²	17,00	4.275,8		4.275,76		0,00
1104	Aushub Boden (sandiges Material) ca. 10 cm dick	251,52	m²	20,00	5.030,3		5.030,30	70%	3.521,21
1105	Abbruch von Wänden und Bauteilen, Entrümpelung, Abfuhr	1,00	pau	2.000,00	2.000,00		2.000,00		0,00
1106	Erstellen von Durchbrüchen	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00		0,00
1100	Abbrucharbeiten				12.306,06	0,00	12.306,06	0,70	3.521,21
0,00									
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1201	Maßnahmen zur Trockenlegung von Mauerwerk: keine Maßnahmen vorgesehen; lt. Bauherr keine aufsteigende Feuchtigkeit vorhanden	0,00		0,00		0,00	0,00		0,00
1202	Wände	3,00	m³	420,00	1.260,00		1.260,00		0,00
1203	sonstiges	1,00	pau	2.000,00	2.000,00		2.000,00		0,00
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				3.260,00	0,00	3.260,00		0,00
0,00									
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1305	sonstiges	1,00	pau	1.500,00	1.500,00		1.500,00		0,00

1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				1.500,00	0,00	1.500,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
1601		0,00	pau	0,00		0,00	0,00		0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten								0,00
1701	Stahlbauarbeiten	0,00	pau	0,00	0,00		0,00		0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2001	s. o. Dach A2								0,00
2002	sonstige Arbeiten	1,00	pau	1.000,00		1.000,00	1.000,00		0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten (Ausführung von Teilarbeiten)	Masse	EH						
2201	Regenrinnen	50,00	m	40,00		2.000,00	2.000,00		0,00
2202	Fallrohre	10,00	m	45,00		450,00	450,00		0,00
2203	Einblechungen	2,00	m ²	140,00		280,00	280,00		0,00
2204	Nebenpositionen	1,00	pau	500,00		500,00	500,00		0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	3.230,00	3.230,00		0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2301	Außenputz s. o. A 1								0,00
2302	Innenputz	0,00	m ²	24,00	0,00		0,00	50%	0,00
2303	Beiputzarbeiten	1,00	pau	500,00		500,00	500,00	50%	250,00
2304	Trockenputz-Wände	10,00	m ²	90,00	900,00		900,00	50%	450,00
2305	Verkleidungen von Wandteilen und Installationsbereichen	10,00	m ²	80,00	800,00		800,00	50%	400,00
2306	sonstige Trockenputzarbeiten	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00	50%	500,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				2.700,00	500,00	3.200,00		1.600,00
2400	Fliesenarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2401	Wandfliesen Erneuerung von best. Flächen z. T.	10,00	m ²	110,00	1.100,00		1.100,00	40%	440,00
2402	Nebenpositionen	1,00	pau	500,00	500,00		500,00	50%	250,00
2403	Bodenfliesen s. Bodenbelagsarbeiten 3600								0,00
2400	Fliesenarbeiten				1.600,00	0,00	1.600,00		690,00

2500	Estricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2501	in A 3 enthalten	0,00	m²	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00		0,00
2700	Schreinerarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
2701	Fenster s. A 4								0,00
2702	Eingangstüren: Zulage zu A 4	2,00	St	2.000,00	4.000,00		4.000,00		0,00
2703	Innentüren (Mischkalkulation aus erneuern und instandsetzen)	3,00	St	250,00	375,00	375,00	750,00	20%	150,00
2704	Umbau Bühne	1,00	pau	12.000,00	12.000,00	0,00	12.000,00	90%	10.800,00
2700	Schreinerarbeiten				16.375,00	375,00	16.750,00		10.950,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz	Masse	EH	EP					
3001	keine Maßnahmen		m²			0,00	0,00		0,00
3000	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00		0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3301	Gebäudegrobreinigung	251,52	m²	7,00	1.760,61		1.760,61	80%	1.408,48
3302	Gebäudefeinreinigung vor Bezug	251,52	m²	6,00	1.509,09		1.509,09	80%	1.207,27
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				3.269,70	0,00	3.269,70		2.615,76

3400	Anstricharbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3401	Malerarbeiten Wandflächen (inkl. geringe Untergrundvorbereitung)	500,00	m²	10,00	2.500,00	2.500,00	5.000,00		0,00
3402	Malerarbeiten Decken wie vor	251,52	m²	10,00	1.257,58	1.257,58	2.515,15	80%	2.012,12
3403	Lackierarbeiten pauschal	1,00	pau	2.000,00	1.000,00	1.000,00	2.000,00	80%	1.600,00
3404	Lackierarbeiten Außenbauteile	1,00	pau	1.500,00	750,00	750,00	1.500,00	80%	1.200,00
3405	sonstige Malerarbeiten	1,00	pau	1.000,00	500,00	500,00	1.000,00	80%	800,00
3400	Anstricharbeiten				6.007,58	6.007,58	12.015,15		5.612,12
3600	Bodenbelagsarbeiten	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
3601	Bodenbeläge (Schwingboden)	251,52	m²	150,00	37.727,25		37.727,25	50%	18.863,63
3602	Nebenpositionen für Randleisten etc. (22%)				8.300,00		8.300,00	50%	4.150,00
3600	Bodenbelagsarbeiten				46.027,25	0,00	46.027,25		23.013,62
4000	Sanitärinstallation (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse")	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4001	Verteilleitungen und zentrale Installation	0,22	pauschal	12.000,00	2.618,53		2.618,53		0,00
4002	Anschluss von bestehenden Elementen an die neuen Verteilleitungen	2,00	St	500,00	1.000,00		1.000,00		0,00
4003	sonstige Arbeiten	1,00	pau	1.000,00	1.000,00		1.000,00		0,00
4000	Sanitärinstallation				4.618,53	0,00	4.618,53		

4200	Heizungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4201	Heizzentrale mit Niedertemperatur-Gaskessel, Hauptverteilung im Breich der Dämmlage unter dem Estrich, BWW-Speicher (vgl. höhere Standards A 6-8 (Anteil Bauteil 1 = Faktor unter "Masse"))	0,22	pau	20.000,00	4.364,22		4.364,22		0,00
4202	Abgasleitung	0,22	pauschal	6.000,00	1.309,27		1.309,27		0,00
4203	Wärmeübertragung (überprüfen, inwieweit die bestehenden Umluftventilatoren für Spitzenlasten weiter genutzt werden können)	1,00	pau	15.000,00	15.000,00		15.000,00		0,00
4204	Wärmemengenzähler	1,00	St	700,00	700,00		700,00		0,00
4200	Heizungsinstallation				21.373,49	0,00	21.373,49		0,00
4300	Lüftungsinstallation	Masse	EH	EP	Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	EL % Lohn	Eigenl. (EL) ges.
4301	Abluftanlage für Leistungsspitzen bei hoher Belegungsdichte zusätzlich zur Abluftwärmerückgewinnungsanlage (Grundlast)	1,00	pau	10.000,00	10.000,00		10.000,00		0,00
4300	Lüftungsinstallation				10.000,00	0,00	10.000,00		0,00
5000	Elektroinstallation								
5001	Elektroinstallation erneuern	1,00	pau	12.000,00	12.000,00	0,00	12.000,00		0,00
5002	nicht enthalten: Beleuchtung, elctr. Bühnenausstattung, Audiosystem etc.	0,00		0,00			0,00		0,00
5000	Elektroinstallation				12.000,00	0,00	12.000,00		0,00

Zusammenstellung										
A	Energetische Sanierungsmaßnahmen						GP energ.	GP		Eigenleist.
1	Aussenwand-Dämmung						35.113,40	64.194,40		0,00
2	Dach-Dämmung Hauptgebäude						0,00	0,00		0,00
3	Wärmedämmung Bodenaufbau						9.557,57	16.977,26		1.911,51
4	Fenster/Türen mit Wärmeschutzverglasung						27.360,00	44.160,00		3.600,00
5	Abluftwärmerückgewinnung						18.500,00	18.500,00		700,00
6	Brennwertkessel (Mehrkosten)						571,71	571,71		0,00
7	Holz-Pelletkessel (Mehr. gegenüber Brennw.-Kessel)						955,76	955,76		0,00
8	Solarthermie						3.818,70	3.818,70		0,00
9	Passivhaushülle und verbesserte Lüftungsanlage						58.433,15			
	Summe netto (Pos. 1-8)						95.877,14	149.177,84		6.211,51
	Mehrwertsteuer						16%	15.340,34	23.868,45	0,00
	Summe inkl. MWSt.						DM	111.217,49	173.046,29	6.211,51
	energetisch bedingte Kosten pro m² Nutzfläche						DM/m²	241,13		

B	Instandsetzung und Modernisierung				Moder- nisierung	Instand- setzung	GP	Eigen- leistung
0100	Gerüstarbeiten				0,00	5.577,42	5.577,42	0,00
0900	Entwässerungsarbeiten				0,00	8.000,00	8.000,00	0,00
1100	Abbrucharbeiten				12.306,06	0,00	12.306,06	3.521,21
1200	Mauerarbeiten, Isolierung, Erdarbeiten				3.260,00	0,00	3.260,00	0,00
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten				1.500,00	0,00	1.500,00	0,00
1600	Zimmererarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
1700	Stahlbauarbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2000	Dachdeckerarbeiten				0,00	1.000,00	1.000,00	0,00
2200	Flaschnerarbeiten				0,00	3.230,00	3.230,00	0,00
2300	Putz- und Stuckarbeiten				2.700,00	500,00	3.200,00	1.600,00
2400	Fliesenarbeiten				1.600,00	0,00	1.600,00	690,00
2500	Estricharbeiten				0,00	0,00	0,00	0,00
2700	Schreinerarbeiten				16.375,00	375,00	16.750,00	10.950,00
3200	Rolladen und Sonnenschutz				0,00	0,00	0,00	0,00
3300	Gebäudereinigungsarbeiten				3.269,70	0,00	3.269,70	2.615,76
3400	Anstricharbeiten				6.007,58	6.007,58	12.015,15	5.612,12
3600	Bodenbelagsarbeiten				46.027,25	0,00	46.027,25	23.013,62
4000	Sanitärinstallation				4.618,53	0,00	4.618,53	0,00
4200	Heizungsinstallation				21.373,49	0,00	21.373,49	0,00
4300	Lüftungsinstallation				10.000,00		10.000,00	0,00
5000	Elektroinstallation				12.000,00	0,00	12.000,00	0,00
	Summe netto Instandsetzung und Modernisierung				141.037,59	24.690,00	165.727,59	48.002,71
	Mehrwertsteuer		16%		22.566,02	3.950,40	26.516,41	7.680,43
	Summe inkl. MWSt.			DM	163.603,61	28.640,39	192.244,00	55.683,14

	Kosten gesamt				Moder- nisierung	Instand- setzung	Gesamt	
	Summe netto Instandsetzung/Modernisierung und energetische Maßnahmen				290.215,43	24.690,00	314.905,43	
	Mehrwertsteuer		16%		46.434,47	3.950,40	50.384,87	
	Summe inkl. MWSt.				336.649,90	28.640,39	365.290,29	
	Für Unvorhergesehenes		15%		50.497,48	4.296,06	54.793,54	
	Sanierungskosten inkl. MWSt.				387.147,38	32.936,45	420.083,84	
	Kosten pro m² Nutzfläche			DM/m²	1.539,26	130,95	1.670,21	

aufgestellt: Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Kostenübersicht: Baukosten inkl. MWSt.

ELAN, Kapellenstraße 47, 90762 Fürth

A	Energetische Sanierungsmaßnahmen		Bauteil 1: Büros und Bistro			Bauteil 2: Spielhaus und			Bauteil 3: Halle			Summe						
			energ. bedingt	Kosten gesamt	Eigenleist.	energ. bedingt	Kosten gesamt	Eigenleist.	energ. bedingt	Kosten gesamt	Eigenleist.	energ. bedingt	Kosten gesamt	Eigenleist.				
1	Aussenwand-Dämmung	DM	39.596	74.979	0	66.120	119.149	0	40.732	74.466	0	146.448	268.594	0				
2	Dach-Dämmung Hauptgebäude	DM	11.287	32.817	0	18.608	52.362	0	0	0	0	29.895	85.179	0				
3	Wärmedämmung Bodenaufbau	DM	20.331	50.561	4.066	12.759	31.729	2.552	11.087	19.694	2.217	44.177	101.984	8.835				
4	Fenster/Türen	DM	28.906	49.553	4.424	49.686	85.176	7.605	31.738	51.226	4.176	110.330	185.955	16.205				
5	Abluftwärmerückgewinnung	DM	27.840	27.840	1.044	31.668	31.668	1.160	21.460	21.460	812	80.968	80.968	3.016				
6	Brennwertkessel (Mehrkosten)	DM	1.346	1.346	0	1.160	1.160	0	663	663	0	3.169	3.169	0				
7	Holz-Pelletkessel (Mehr.)	DM	1.903	1.903	0	1.939	1.939	0	1.109	1.109	0	4.951	4.951	0				
8	Solarthermie	DM	8.123	8.123	0	7.747	7.747	0	4.430	4.430	0	20.300	20.300	0				
9	Passivhaushülle/verb. Lüftung	DM	212.642	212.642	0	157.530	157.530	0	67.782	67.782	0	437.955	437.955	0				
	Sanierungsvar. 1 (Pos. 1-5)	DM	127.961	235.750	9.535	178.841	320.085	11.317	105.016	166.845	7.205	411.817	722.679	28.057				
	Sanierungsvar. 2 (Pos. 1-8)	DM	139.333	247.123	9.535	189.687	330.930	11.317	111.217	173.046	7.205	440.237	751.099	28.057				
	Sanierungsvar. 3 (Pos. 1-9)	DM	351.975	459.765	9.535	347.217	488.461	11.317	179.000	240.829	7.205	878.192	1.189.054	28.057				
B	Instandsetzung und Modernisierung		Moder-nisier.	Instand-setzung	Kosten gesamt	Eigen-leist.	Moder-nisier.	Instand-setzung	Kosten gesamt	Eigen-leist.	Moder-nisier.	Instand-setzung	Kosten gesamt	Eigen-leist.	Moder-nisier.	Instand-setzung	Kosten gesamt	Eigen-leist.
100	Gerüstarbeiten	DM	0	8.820	8.820	0	0	11.888	11.888	0	0	6.470	6.470	0	0	27.177	27.177	0
900	Entwässerungsarbeiten	DM	0	17.400	17.400	0	0	17.400	17.400	0	0	9.280	9.280	0	0	44.080	44.080	0
1100	Abbrucharbeiten	DM	51.692	2.941	54.633	13.108	24.328	8.666	32.994	8.226	14.275	0	14.275	4.085	90.295	11.607	101.902	25.419
1200	Mauerarbeiten, Erdarbeiten	DM	11.586	0	11.586	0	4.060	0	4.060	0	3.782	0	3.782	0	19.427	0	19.427	0
1300	Beton- und Stahlbetonarbeiten	DM	4.640	0	4.640	0	3.480	0	3.480	0	1.740	0	1.740	0	9.860	0	9.860	0
1600	Zimmererarbeiten	DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1700	Stahlbauarbeiten	DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	Dachdeckerarbeiten	DM	0	1.160	1.160	0	0	1.160	1.160	0	0	1.160	1.160	0	0	3.480	3.480	0
2200	Flaschnerarbeiten	DM	0	6.612	6.612	0	0	7.726	7.726	0	0	3.747	3.747	0	0	18.084	18.084	0
2300	Putz- und Stuckarbeiten	DM	20.339	2.320	22.659	11.330	9.280	3.480	12.760	6.380	3.132	580	3.712	1.856	32.751	6.380	39.131	19.566
2400	Fliesenarbeiten	DM	15.637	0	15.637	6.429	7.540	0	7.540	3.132	1.856	0	1.856	800	25.033	0	25.033	10.361
2500	Estricharbeiten	DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2700	Schreinerarbeiten	DM	14.645	5.365	20.010	2.494	18.560	4.640	23.200	2.204	18.995	435	19.430	12.702	52.200	10.440	62.640	17.400
3200	Rolladen und Sonnenschutz	DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3300	Gebäudereinigungsarbeiten	DM	6.955	0	6.955	5.564	6.633	0	6.633	5.307	3.793	0	3.793	3.034	17.382	0	17.382	13.905
3400	Anstricharbeiten	DM	14.565	14.565	29.130	12.168	15.079	15.079	30.158	12.063	6.969	6.969	13.938	6.510	36.613	36.613	73.226	30.741
3600	Bodenbelagsarbeiten	DM	48.956	0	48.956	24.478	46.687	0	46.687	23.344	53.392	0	53.392	26.696	149.035	0	149.035	74.518
4000	Sanitärinstallation	DM	27.146	0	27.146	0	17.318	0	17.318	0	5.357	0	5.357	0	49.822	0	49.822	0
4200	Heizungsinstallation	DM	21.755	0	21.755	0	20.674	0	20.674	0	24.793	0	24.793	0	67.222	0	67.222	0
4300	Lüftungsinstallation	DM	4.640	0	4.640	0	0	0	0	0	11.600	0	11.600	0	16.240	0	16.240	0
5000	Elektroinstallation	DM	17.400	0	17.400	0	13.920	0	13.920	0	13.920	0	13.920	0	45.240	0	45.240	0
	Summe Inst. u. Modernisierung	DM	259.957	59.183	319.140	75.572	187.560	70.038	257.598	60.655	163.604	28.640	192.244	55.683	611.120	157.862	768.982	191.910
	Summe Sanierungsvar. 1 ges.	DM	259.957	294.933	554.890	85.106	187.560	390.123	577.683	71.972	163.604	195.485	359.089	62.888	611.120	880.542	1.491.662	219.967
	Summe Sanierungsvar. 2 ges.	DM	259.957	306.306	566.263	85.106	187.560	400.969	588.529	71.972	163.604	201.687	365.290	62.888	611.120	908.962	1.520.082	219.967
	Summe Sanierungsvar. 3 ges.	DM	259.957	518.948	778.905	85.106	187.560	558.499	746.059	71.972	163.604	269.469	433.073	62.888	611.120	1.346.916	1.958.036	219.967

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Optimierte Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Innentemperatur: °C
 Gebäudetyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _i kKh/a	kWh/a	Energie- bezugsfläche
1. Außenwand	A	192,4	0,173	1,00	84,0	2799	
2. Dach	D	119,8	0,106	1,00	84,0	1063	
3. Grund	B	100,8	0,207	0,50	84,0	876	
4.							
5.							
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,5	0,819	1,00	84,0	2651	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	88,0	0,017	1,00	84,0	126	
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	27,0	0,396	0,50	84,0	449	
Summe aller Hüllflächen		451,5					

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe kWh/(m²a)

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad
der Wärmerückgewinnung η_{eff}
 Wärmebereitstellungsgrad des
Erdeichwärmetauschers η_{EWT}

wirksames Luftvolumen V_L

A_{EB} m² * lichte Raumhöhe m = * = m³

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L (1 * η_{eff} * $n_{L,Anlage}$ + Φ_{WRG} * $n_{L,Rest}$) = 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_i kKh/a = * * * = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

(Q_T + Q_L) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung = + * = kWh/a kWh/(m²a)

Ausrichtung
der Fläche

Reduktionsfaktor
vgl. Blatt Fenster

g-Wert
(senkr. Einstr.)

Fläche
m²

Globalstr. Heizzeit
kWh/(m²a)

kWh/a

1. Ost	0,38	0,50	6,99	225	296
2. Süd	0,40	0,50	19,74	370	1461
3. West	0,40	0,00	0,00	230	0
4. Nord	0,31	0,50	11,79	140	260
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Summe kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I

kh/d * Länge Heizzeit spezif. Leistung q-l d/a * W/m² * A_{EB} m² = * * * = kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F = Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G

(1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G

η_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H

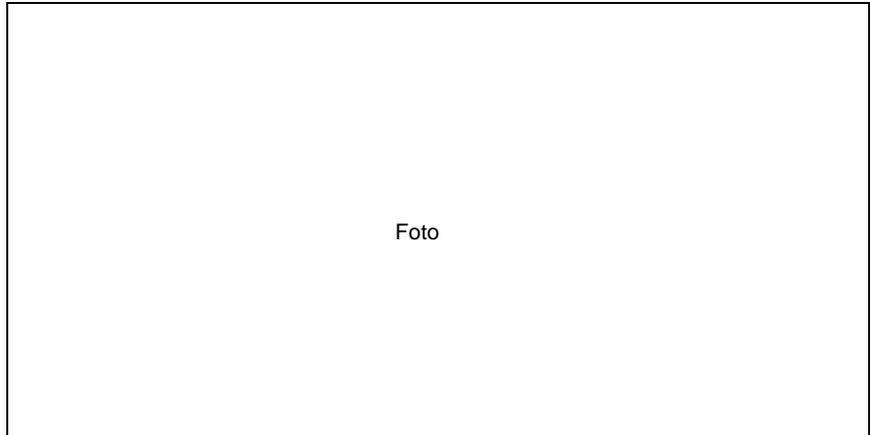
Q_V - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

Grenzwert kWh/(m²a)

Anforderung erfüllt?

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus Qualitätsnachweis



Objekt:	Sanierung mit Passivhauskomponenten	
Standort und Klima:	Nürnberg	Standard Deutschland
Straße:	Jean-Paul-Platz 4	
PLZ/Ort:	90461 Nürnberg	
Land:	Bayern	Variante: genaue Berchn./Abst. 21.8.02

	Verwendet: Monatsverfahren	Anforderung:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	27,4 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	-
Drucktest-Ergebnis:	1,00 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	-
Primärenergie-Kennwert:	108 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	✓
Heizlast:	13,0 W/m ²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0% über 25 °C		

Objekt-Typ:	Sanierung MFH Baujahr 1929	
Bauherr(en):	WBG Nürnberg	
Straße:	Glogauer Straße 70	
PLZ/Ort:	90473 Nürnberg	
Architekt:	Burkhard Schulze Darup	
Straße:	Augraben 96	
PLZ/Ort:	90475 Nürnberg	
Haustechnik:	VIP Versorgungstechnik	
Straße:	Pillenreuther Straße 34	
PLZ/Ort:	90459 Nürnberg	
Baujahr:	1929	
Zahl WE:	6	
Energiebezugsfläche:	893,0 m ²	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Ausgestellt am:</p> <p>gezeichnet:</p> </div>
Umbautes Volumen:	4007,7 m ³	
Personenzahl:	29	

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: **Standard**
 Objekt: **Sanierung mit Passivhauskomponenten**
 Standort: **Nürnberg**

Innentemperatur: **20,0** °C
 Gebäudetyp/Nutzung: **Sanierung MFH Baujahr 19**
 Energiebezugsfläche A_{EB} : **893,0** m²
 Standard-Personenbelegung: **29** Pers pro m²

Ergebnis
 Monatsverfahren
 kWh/(m²a)
27,4

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f_t	G_t kWh/a	Summe	Ergebnis kWh/(m ² a)
1. Außenwand gegen Außenluft	A	794,2	0,157	1,00	84,0	10497	11,8
2. Dach	A	390,5	0,126	1,00	84,0	4135	4,6
3. Kellerdecke	B	389,2	0,233	0,62	84,0	4701	5,3
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	0,164	1,00	84,0	572	0,6
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,288	0,62	84,0	110	0,1
6. Haustür	A	2,6	1,090	1,00	84,0	236	0,3
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	1,300	0,62	84,0	256	0,3
8. Fenster	A	140,5	0,855	1,00	84,0	10091	11,3
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,105	1,00	84,0	2212	2,5
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,342	0,62	84,0	1364	1,5
Summe aller Hüllflächen		1769,5				34174	38,3

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} **82%** Fa. Fresh-Aerex, Reco-Box Comfort, bisheriger Wert 89 - 12 = 77%, lt. fresh / ebök aber höher

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWT}

wirksames Luftvolumen V_L **893,0** m² * **2,50** m = **2232,5** m³

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L **0,390** (1 **0,82**) + **0,046** = **0,118** 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_t kWh/a = kWh/(m²a)

2233 * **0,118** * **0,33** * **84,0** = **7286** kWh/a **8,2** kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

Q_T kWh/a + Q_L kWh/a * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung = kWh/a

(**34174** + **7286**) * **1,0** = **41461** kWh/a **46,4** kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche

1. Ost
2. Süd
3. West
4. Nord
5. Horizontal

Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	Summe kWh/a	Ergebnis kWh/(m ² a)
0,23	0,50	18,10	189	389	
0,38	0,50	57,42	360	3910	
0,22	0,50	18,10	268	525	
0,36	0,50	46,90	143	1197	
0,40	0,00	0,00	360	0	
Summe				6020	6,7

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Interne Wärmequellen Q_i

kh/d * Länge Heizzeit spezif. Leistung q-l d/a W/m² * A_{EB} m² = kWh/a

0,024 * **225** * **2,10** * **893,0** = **10127** kWh/a **11,3** kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F $Q_S + Q_i$ = **16146** kWh/a **18,1** kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = **0,39**

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G $(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6)$ = **99%**

Wärmegewinne Q_G

$\eta_G * Q_F$ = **16058** kWh/a **18,0** kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H

$Q_V - Q_G$ = **25403** kWh/a **28,4** kWh/(m²a)

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

Passivhaus-Projektierung

HEIZWÄRMELAST

Objekt: Sanierung mit Passivhauskomponenten	Gebäudetyp/Nutzung: Sanierung MFH Baujahr	Innen-temperatur: 20 °C
Standort: Nürnberg	Energiebezugsfläche A _{EB} : 893 m ²	
Wetterregion (01 - 12): 0 Franken und nördliches Baden-Württemberg, z.B. Würzburg	Klima: Standard	

Bauteile	Temperaturzone	m ²	U-Wert W/(m ² K)	Faktor immer 1 (außer 'X')	K	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	=	P _T	
									Watt	Watt
1. Außenwand gegen Außenlu	A	794,2	0,157	1,0	26,0	21,0	21,0	=	3249	2624
2. Dach	A	390,5	0,126	1,0	26,0	21,0	21,0	=	1280	1034
3. Kellerdecke	B	389,2	0,233	1,0	12,1	12,1	12,1	=	1100	1100
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	0,164	1,0	26,0	21,0	21,0	=	177	143
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,288	1,0	12,1	12,1	12,1	=	26	26
6. Haustür	A	2,6	1,090	1,0	26,0	21,0	21,0	=	73	59
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	1,300	1,0	12,1	12,1	12,1	=	60	60
8. Fenster	A	140,5	0,855	1,0	26,0	21,0	21,0	=	3124	2523
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,105	1,0	26,0	21,0	21,0	=	685	553
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,342	1,0	12,1	12,1	12,1	=	319	319
11. Haus/Wohnungstrennwand	I			1,0	3	3	3	=		

Transmissionswärmelast P_T

Summe = 10092 bzw. 8441

Lüftungsanlage:

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η_{WRG} 82%

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWT} 0%

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L 0,390 * (1 - 0,82) + 0,116 = 0,187

Lüftungswärmelast P _L	V _L m ³	n _L 1/h	c _{Luft} Wh/(m ³ K)	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	=	P _L	
							W	W
	2232,5	0,187	0,33	26,0	21,0	=	3589	2898

Summe Wärmelast P_V

P_T + P_L = 13681 bzw. 11339

Ausrichtung der Fläche	Fläche m ²	g-Wert (senkr. Einstrahlung/vgl. Blatt Fenster)	Reduktionsfaktor	Strahlung 1 W/m ²	Strahlung 2 W/m ²	=	P _S	
							W	W
1. Ost	18,1	0,50	0,23	8,8	5,0	=	18	10
2. Süd	57,4	0,50	0,38	47,2	5,0	=	513	54
3. West	18,1	0,50	0,22	24,2	5,0	=	47	10
4. Nord	46,9	0,50	0,36	5,0	5,0	=	42	42
5. Horizontal	0,0	0,00	0,40	5,0	5,0	=	0	0

Wärmeangebot Solarlast P_S

Summe = 620 bzw. 116

Interne Wärmelast P _I	spez. Leistung W/m ²	A _{EB} m ²	=	P _I	
				W	W
	1,6	893	=	1429	1429

Wärmegewinne P_G

P_S + P_I = 2049 bzw. 1545

P_V - P_G = 11632 bzw. 9794

Heizwärmelast P_H

= 11632 W

wohnlächenspezifische Heizwärmelast P_H/A_{EB}

= 13,0 W/m²

Zulufttemperatur ohne Nachheizung $\vartheta_{zu,Min}$ 15 °C Zulufttemperatur Max. $\vartheta_{zu,Max}$ 52 °C

zum Vergleich: Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist $P_{Zuluft,Max}$ = 10554 W spezifisch: 11,8 W/m²

Passivhaus-Projektierung

U-WERTE DER BAUTEILE

Objekt: Sanierung mit Passivhauskomponenten

1 Außenwand						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i : 0,13		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
		außen 1/α _e : 0,04				
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)			Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Innenputz				0,350		15
2. Vollklinker				0,960		380
3. Außenputz				0,870		20
4. Dämmung PS				0,035		200
5. Außenputz				0,870		8
6.						
Anteil Teilfläche 2 : 				U-Wert: 0,157 W/(m²K)		Summe 62,3 cm

2 Dach / Decke über 2. OG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i : 0,10		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
		außen 1/α _e : 0,10				
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)			Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Innenputz				0,350		20
2. Putzträger (Holz/Schilf)				0,100		0
3. Fehlbodenschüttung	Holz balken	5,882		0,610	0,130	100
4. Ruhende Luftschicht	Holz balken	1,3		0,857	0,130	140
5. Dielen				0,130		24
6. Dämmung				0,035		240
7. Anhydritestrich				1,200		60
Anteil Teilfläche 2 : 23%				U-Wert: 0,125 W/(m²K)		Summe 58,4 cm

Hilfsmittel: Äquivalente Wärmeleitfähigkeit ruhender Luftschichten

Dicke der Luftschicht	140 mm			λ
Richtung des Wärmestroms (nur ein Feld ankreuzen)	x Aufwärts	h _a	1,95 W/(m ² K)	0,857182 W/(mK)
	Horizontal	h _r	4,17273 W/(m ² K)	
	Abwärts			

2a Dach / Decke über Treppenhaus						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i : 0,10		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
		außen 1/α _e : 0,10				
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)			Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Gipskarton				0,210		40
2. Luftraum	Lattung			0,122	0,130	20
3. Innenputz				0,350		20
4. Putzträger (Holz/Schilf)				0,060		0
5. Dämmung	Holz balken			0,035	0,130	125
6. Dämmung				0,035		125
7. Vlies						0
Anteil Teilfläche 2 : 15%				U-Wert: 0,139 W/(m²K)		Summe 33,0 cm

Hilfsmittel: Äquivalente Wärmeleitfähigkeit ruhender Luftschichten

Dicke der Luftschicht	20 mm			λ
Richtung des Wärmestroms (nur ein Feld ankreuzen)	x Aufwärts	h _a	1,95 W/(m ² K)	0,122455 W/(mK)
	Horizontal	h _r	4,17273 W/(m ² K)	
	Abwärts			

2b Dach / Dachschräge über Treppenhaus		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _i :	0,10			
		außen 1/α _e :	0,10			
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Dicke d in mm		
1. Gipskarton		0,210		15		
2. Luftraum	Lattung	0,122	0,130	20		
3. Innenputz		0,350		0		
4. Putzträger (Holz/Schilf)		0,060		0		
5. Dämmung		0,035		150		
6. Dämmung	Holzbalken	0,035	0,130	150		
7. Vlies				0		
Anteil Teilfläche 2 : 15%		U-Wert: 0,120 W/(m ² K)		Summe 33,5 cm		

Hilfsmittel: Äquivalente Wärmeleitfähigkeit ruhender Luftschichten			
Dicke der Luftschicht	20 mm		
Richtung des Wärmestroms	x	Aufwärts	h _a 1,95 W/(m ² K)
(nur ein Feld ankreuzen)		Horizontal	h _r 4,17273 W/(m ² K)
		Abwärts	
			λ 0,122455 W/(mK)

2c Dach / Decke über Heizraum		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _i :	0,10			
		außen 1/α _e :	0,10			
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Dicke d in mm		
1. Gipskarton		0,210		15		
2. Luftraum	Lattung	0,122	0,130	20		
3. Dämmung	Konstruktionsteile / Stahl	0,035	60,0	100		
4. Dämmung		0,035		150		
5. Vlies				0		
6.				0		
7.				0		
Anteil Teilfläche 2 : 15%		U-Wert: 0,144 W/(m ² K)		Summe 28,5 cm		

Hilfsmittel: Äquivalente Wärmeleitfähigkeit ruhender Luftschichten			
Dicke der Luftschicht	20 mm		
Richtung des Wärmestroms	x	Aufwärts	h _a 1,95 W/(m ² K)
(nur ein Feld ankreuzen)		Horizontal	h _r 4,17273 W/(m ² K)
		Abwärts	
			λ 0,122455 W/(mK)

3 Kellerdecke		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _i :	0,17			
		außen 1/α _e :	0,17			
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Dicke d in mm		
1. Parkett (alt: Dielen+Belag)		0,130		22		
2. Lufthohraum		0,180		30		
3. Stahlbetonträgerdecke	Luftzwischenräume	2,100	1,102	180		
4. Putz		0,350		10		
5. Dämmung		0,035		140		
6. Spachtelung		0,350		5		
Anteil Teilfläche 2 : 35%		U-Wert: 0,207 W/(m ² K)		Summe 38,7 cm		

Hilfsmittel: Äquivalente Wärmeleitfähigkeit ruhender Luftschichten			
Dicke der Luftschicht	180 mm		
Richtung des Wärmestroms	x	Aufwärts	h _a 1,95 W/(m ² K)
(nur ein Feld ankreuzen)		Horizontal	h _r 4,17273 W/(m ² K)
		Abwärts	
			λ 1,102091 W/(mK)

3a Kellerdecke / Bereich ungedämmter Eingang		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm	
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _s :	außen 1/α _s :				
		0,17					
		0,17					
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Summe			
1. Steinzeug		1,000		10			
2. Estrich		1,400		40			
3. Stahlbetonträgerdecke	Luftzwischenräume	2,100	1,102	180			
4. Luftschicht							
5. Sandschüttung		0,700		0			
6.							
Anteil Teilfläche 2 : 27%		U-Wert: 2,071 W/(m ² K)		23,0 cm			
		2,071					

4 Innenwände zum Dachraum: Wand Treppenhaukopf		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm	
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _s :	außen 1/α _s :				
		0,13					
		0,13					
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Summe			
1. Innenputz		0,350		15			
2. Vollklinker	Holzständer	0,960	0,130	120			
3. Außenputz		0,870		20			
4. Dämmung PS		0,035		200			
5. Spachtelung		0,870		5			
6.							
Anteil Teilfläche 2 : 5%		U-Wert: 0,161 W/(m ² K)		36,0 cm			

4a Innenwände zum Dachraum: Wand Heizraum		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm	
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _s :	außen 1/α _s :				
		0,13					
		0,13					
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Summe			
1. Gipskarton		0,210		30			
2. Dämmung	Konstruktionsteile / Stahl	0,035	60,0	50			
3. Dämmung		0,035		100			
4. Dämmung	Konstruktionsteile / Stahl	0,035	60,0	50			
5. Gipskarton		0,210		15			
6.				0			
7.				0			
Anteil Teilfläche 2 : 3%		U-Wert: 0,166 W/(m ² K)		24,5 cm			

4b Innenwände zum Dachraum: Heizraumwand mit Kamin (U-Wert wie 4a)		Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		Dicke d in mm	
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		innen 1/α _s :	außen 1/α _s :				
		0,13					
		0,13					
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	Summe			
1. Innenputz		0,350		15			
2. Vollklinker		0,960		125			
3. Vollklinker	Dämmung	0,960	0,035	250			
4. Vollklinker		0,960		125			
5. Innenputz		0,350		15			
6. Dämmung Mineralwolle		0,035		50			
7. Dämmung Mineralwolle		0,035		50			
8. Gipskarton							
Anteil Teilfläche 2 : 55%		U-Wert: 0,173 W/(m ² K)		63,0 cm			

5		Innenwände zum Keller: Treppenhauswände EG (Treppenhaus zum seitlich angrenzenden Keller)		
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung				
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i :	0,13	
		außen 1/α _e :	0,13	
Wärmeleitfähigkeit λ		in W/(mK)		Dicke d
				in mm
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Innenputz		0,350		15
2. Vollklinker		0,960		250
3. Innenputz		0,350		15
4. Dämmung PS		0,040		100
5. Putz		0,870		8
6.				
Anteil Teilfläche 2 : <input type="text"/>		U-Wert:	0,321	W/(m ² K)
				Summe
				38,8
				cm

5a		Innenwände zum Keller: KG-Abgang zu Wohnung 1		
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung				
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i :	0,13	
		außen 1/α _e :	0,13	
Wärmeleitfähigkeit λ		in W/(mK)		Dicke d
				in mm
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Innenputz		0,350		15
2. Vollklinker		0,960		250
3. Innenputz		0,350		15
4. Dämmung PS		0,040		100
5. Putz		0,870		8
6.				
Anteil Teilfläche 2 : <input type="text"/>		U-Wert:	0,321	W/(m ² K)
				Summe
				38,8
				cm

5b		Innenwände zum Keller: Innenwand zum Kellerabgang		
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung				
Wärmeübergangswiderstand in m ² K/W		innen 1/α _i :	0,13	
		außen 1/α _e :	0,13	
Wärmeleitfähigkeit λ		in W/(mK)		Dicke d
				in mm
Teilfläche 1	Teilfläche 2 (optional)	Teilfl. 1	Teilfl. 2	
1. Holz		0,130		10
3. Dämmung		0,035		100
4. Dämmung	Konstruktionsteile / Stahl	0,035	60	50
5. Gipskarton		0,210		12
6.				0
7.				0
Anteil Teilfläche 2 : <input type="text" value="3%"/>		U-Wert:	0,216	W/(m ² K)
				Summe
				17,2
				cm

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN. BEISPIEL MFH JEAN-PAUL-PI. 4, NÜRNBERG
LEISTUNGSVERZEICHNIS
PASSIVHAUS-KOMPONENTE 1: AUSSENWANDDÄMMUNG 20cm WLG 035

Aufgeführt werden die Kosten für die Gerüststellung und das Erstellen des Wärmedämmverbundsystems inkl. allen Nebenarbeiten wie Anschlüssen etc.
Sonderkosten sind bei diesem Beispiel für die Reduzierung der Wärmebrücke durch das Außenmauerwerk nach oben hin auf der Außenseite enthalten (70 cm über OG-Decke hinausführen). Die innere Seite wird bei der Dachbodendämmung angesetzt.

Pos.	Beschreibung	Instandsetzung				Passivhauskomp. Mehrkosten		Gesamt DM
		Masse	EH	EP	GP	EP	GP	
	PUTZARBEITEN							
	AUSSENPUTZARBEITEN							
2301	Stahlrohrrahmengerüst mit allen erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen	1.087,7	qm	12,00	13.052,16		0,00	13.052,16
2302	Gerüst-Innengeländer wegen erhöhtem Abstand zur Wand	543,8	m		0,00	3,50	1.903,44	1.903,44
2303	Reinigung (evtl. Entfernen des alten Anstrichs) Untergrundbehandlung (Risse überarbeiten etc.) und Streichen der Fassade	974,6	qm	50,00	48.730,00	0,00	0,00	48.730,00
2304	Mehrpriis zu Pos. 2303 für: Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus PS-Hartschaum, Dicke 200 mm, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035, Beschichtung mit Armierungsmörtel und Armierungsgewebe Dübelung, mineralischer Oberputz als Kratzputzstruktur mit einer Körnung	974,6	qm		0,00	105,00	102.333,00	102.333,00
2305	Sockelabschlußprofil aus Edelstahl als Zulage zu Pos. 2302 (entfällt: Dämmung wird unten auf das vorstehende Fundament aufgestellt)	89,0	m		0,00	14,50	1.291,08	1.291,08
2306	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibungen und Ecker	350,0	m		0,00	4,50	1.575,00	1.575,00
2307	Zulage für Panzergewebe	0,0	qm		0,00	22,00	0,00	0,00
2308	Zulage für die Fensterleibungen bei Öffnungen größer als 2,5 qm, Abrechnung nach lfdm; die Fenster werden auf die Außenfläche der Außenwand gesetzt (vgl. Detail)	40,0	m		0,00	14,00	560,00	560,00
2309	Putzanschluß am Fensterrahmen mittels Kompriband oder nach Wahl des Bieters: Beschreibung	350,0	m		0,00	5,20	1.820,00	1.820,00
2310	wie vor, jedoch Dachanschlüsse im feuchtegeschützten Bereich Beschreibung	77,6	m		0,00	5,20	403,52	403,52
2309	Sockelausbildung 30 cm hoch	25,0	qm	50,00	1.250,00	50,00	1.250,00	2.500,00
2300	Summe Außenputzarbeiten netto				63.032,16		111.136,04	174.168,20
	Mehrwertsteuer				10.085,15		17.781,77	27.866,91
2300	Summe Außenputzarbeiten brutto				73.117,31		128.917,81	202.035,11
2300	Kosten pro m² Wohnfläche				81,70		144,04	225,74

Massenermittlung der Hauptpositionen		Anzahl	Fakt.	Länge	Breite	Höhe	Zwischens.	Summe
2301	Gerüst Längsseiter	2,0	1	33,92		12,00	814,08	
	Gerüst Giebel	2,0	1	11,40		12,00	273,60	1.087,68

2303	Streichen/WäDäVS Süd/Norc	2,0	1	33,92		11,00	746,24	
	Giebel	2,0	1	11,40		11,00	250,80	
	Abzüge Fenster	6,0	-1	1,45		2,20	-19,14	
	Abzüge Haustür	1,0	-1	2,20		1,50	-3,30	974,60
2305	Sockel	2,0	1	33,92			67,84	
		2,0	1	11,40			22,80	
		1,0	-1	1,60			-1,60	89,04

Wirtschaftlichkeitsberechnung							
1	Mehrkosten der Maßnahme (Passivhauskomponenten)					DM	128.917,81
2	Einsparungen durch die Maßnahme pro m ² beheizter Wohnfläche					kWh	107,00
3	Beheizte Wohnfläche					m ²	895,00
4	Einsparungen pro Jahr gesamt					kWh	95.765,00
5	energetischer Abschreibungszeitraum der Maßnahme					Jahre	40,00
6	Einsparungen während des energetischen Abschreibungszeitraums					kWh	3.830.600,00
7	Kosten pro eingesparter kWh					DM	0,034
8	CO ₂ -Einsparung (Bezugsbrennstoff: Gas) durch die Maßnahme	229,0	g/kWh			kg	877.207,40

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN: MFH JEAN-PAUL-STRASSE 4, NÜRNBERG
LEISTUNGSVERZEICHNIS
PASSIVHAUS-KOMPONENTE 2: DACHDÄMMUNG 25cm WLK 035

Es sind zwei Konstruktionsarten möglich:

1. Dämmung oberhalb der Decke über dem 2. OG: die Kosten hängen sehr davon ab, welche Anforderung an die Nutzung/Begehbarkeit des Dachbodens gestellt werden;
2. Dämmung unterhalb der Decke: Vorteil durch Einsparung von Reparaturarbeiten des bestehenden Deckenputzes; Nachteil: Wärmebrücken an den Innenwänden-Oberseiten.

Zur Kalkulation wird ein Ansatz für das Dämmmaterial und eine Verkleidung erstellt, wobei zunächst offen bleibt, welche Konstruktion gewählt wird.

Zusätzlich wird bei der Dachdämmung die innere Verkleidung des Kniestocks als Position angesetzt, die erforderlich ist, falls das Dachgeschoß nicht ausgebaut wird. Weiterhin ist der Treppenkopf zu dämmen,

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	Instandsetzung		Passivhauskomp. Mehrkosten		Gesamt DM
				EP	GP	EP	GP	
	DÄMMUNG DER DECKE ÜBER 2. OG							
2601	Dämmmaterial inkl. Einbringen (160 DM/m³ = 40 DM/m² bei 25 cm Dämmdicke)	337,1	m²		0,00	40,00	13.484,03	13.484,03
2602	Aufbringen eines Fließestrichs (Einsparung möglich durch Einschränkung der Begehbarkeit auf einen Laufbereich)	337,1	m²		0,00	25,00	8.427,52	8.427,52
2603	Verkleiden und Dämmen der Treppenhauskopf-Seiter	19,4	m²		0,00	75,00	1.458,00	1.458,00
2604	Wärmebrückenreduzierung an den Kniestöcken im Dachboden; Abwicklung seitlich und oberhalb 80 cm (nicht erforderlich bei DG-Ausbau)	69,1	m²		0,00	50,00	3.452,80	3.452,80
2600	Summe netto				0,00		26.822,35	26.822,35
	Mehrwertsteuer					0,00	4.291,58	4.291,58
2600	Summe brutto				0,00		31.113,93	31.113,93
2600	Kosten pro m² Wohnfläche				0,00		34,76	34,76

	Massenermittlung der Hauptpositionen	Anzahl	Fakt.	Länge	Breite	Höhe	Zwischens.	Summe
2301	Dachfläche inkl. Oberseite Treppenkop	1,0	1	32,92	10,24		337,10	
							0,00	337,10
2303	Verkleidung Treppenhaus-Kop	3,0	1	2,70		2,40	19,44	19,44
2304	Wärmebrücken/Außenwanc	2,0	1	32,92		0,80	52,67	
		2,0	1	10,24		0,80	16,38	69,06
							0,00	0,00

Wirtschaftlichkeitsberechnung							
1	Mehrkosten der Maßnahme (Passivhauskomponenten)					DM	31.113,93
2	Einsparungen durch die Maßnahme pro m² beheizter Wohnfläche					kWh	27,40
3	Beheizte Wohnfläche					m²	895,00
4	Einsparungen pro Jahr gesamt					kWh	24.523,00
5	energetischer Abschreibungszeitraum der Maßnahme					Jahre	40,00
6	Einsparungen während des energetischen Abschreibungszeitraums					kWh	980.920,00
7	Kosten pro eingesparter kWh					DM	0,032
8	CO2-Einsparung (Bezugsbrennstoff: Gas) durch die Maßnahme	229,0	g/kWh			kg	224.630,68

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN: MFH JEAN-PAUL-STRASSE 4, NÜRNBERG
LEISTUNGSVERZEICHNIS
PASSIVHAUS-KOMPONENTE 3: DÄMMUNG KELLERDECKE 14 cm WLK 035

Die kostengünstigste Einsparmaßnahme, wenn nicht der Beiwert 0,5 in der Berechnung wäre! Nach unten geht weniger Wärme verloren, deshalb der Rechnungs-Faktor von 50% bei der Heizwärmebedarfs Berechnung.

Konstruktiv wird von einem System ausgegangen, das unter die Kellerdecke geklebt wird. Als Material wurde PS hinsichtlich der Kosten veranschlagt, einbezogen ist ein Zuschlag für das Verspachteln der Decke. Alternativ wird die Verwendung von Mineralschaumdämmung vorgeschlagen. Dabei ist das Material teurer aber die Spachtelung günstiger.

Pos.	Beschreibung	Instandsetzung				Passivhauskomp. Mehrkosten		Gesamt DM
		Masse	EH	EP	GP	EP	GP	
	PUTZARBEITEN							
	KELLERDÄMMUNG							
2351	Kellerdecke dämmen mit PS WLK 035, 140 mm dick	289,0	m ²		0,00	50,00	14.450,00	14.450,00
2352	Spachtelung	289,0	m ²		0,00	40,00	11.560,00	11.560,00
2353	Zusätzlicher Aufwand für die Aussparung von Leitungen	1,0	pau		0,00	1000,00	1.000,00	1.000,00
2354	Dämmen des Kelleraufgangs seitlich	5,0	m ²		0,00	100,00	500,00	500,00
					0,00		0,00	0,00
2300	Summe netto				0,00		27.510,00	27.510,00
	Mehrwertsteuer				0,00		4.401,60	4.401,60
2300	Summe brutto				0,00		31.911,60	31.911,60
2300	Kosten pro m² Wohnfläche				0,00		35,66	35,66

Massenermittlung der Hauptpositionen								
	Anzahl	Fakt.	Länge	Breite	Höhe	Zwischens.	Summe	
2351	Fläche (entspricht den Kellerräumen)							
	1,0	1				138,00		
	1,0	1				138,00		
	1,0	1				13,00		289,00

Wirtschaftlichkeitsberechnung								
1	Mehrkosten der Maßnahme (Passivhauskomponenten)						DM	31.911,60
2	Einsparungen durch die Maßnahme pro m ² beheizter Wohnfläche						kWh	12,40
3	Beheizte Wohnfläche						m ²	895,00
4	Einsparungen pro Jahr gesamt						kWh	11.098,00
5	energetischer Abschreibungszeitraum der Maßnahme						Jahre	40,00
6	Einsparungen während des energetischen Abschreibungszeitraums						kWh	443.920,00
7	Kosten pro eingesparter kWh						DM	0,072
8	CO ₂ -Einsparung (Bezugsbrennstoff: Gas) durch die Maßnahme	229,0	g/kWh				kg	101.657,68

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN: MFH JEAN-PAUL-STRASSE 4, NÜRNBERG
LEISTUNGSVERZEICHNIS
PASSIVHAUS-KOMPONENTE 4: FENSTER

Im Bestand befinden sich Kastenfenster, die bezogen auf das Erstellungsdatum ein hochwertiges Fenstersystem darstellen. Der Fenster-k-Wert von ca. 2,6 W/(m²K) hat sich bis Mitte der 80er Jahre nicht verbessert. Die Dichtheit läßt jedoch sehr zu wünschen übrig. Die Mieter wiesen auf private Nachbesserungen mittels Dichtbändern und Decken vor den Fenstern im Winter hin. In den nächsten Jahren werden Dreifach-Wärmeschutzverglasungen mit U_v=0,6-0,7 W/(m²K) zunehmend zum Standard. Damit gehen verbesserte, wärmegeämmte Rahmen einher, die als Gesamtsystem U_w<0,8 W/(m²K) ergeben. Als Rahmenmaterial sind derzeit Holz mit ca. 50 % Purenit-Anteil oder PVC mit PUR-Füllung auf dem Markt erhältlich, wobei letztere ca. 40% niedriger vom Preis her liegen (= Kostenansatz in der Berechnung). Wichtig für das Konzept ist die Ausführung eines warmen Treppenhauses mit Windfang, damit die Wohnungseingangstüren in einfacher Form gehalten werden können und die Treppenhauswände keine

Pos.	Beschreibung	Instandsetzung				Passivhauskomp. Mehrkosten		Gesamt DM
		Masse	EH	EP	GP	EP	GP	
	FENSTER UND TÜREN							
2701	Fenster, dreiflügelig (DK/D/F), 1,60/1,45 m (b/h), inkl. luftdichter Montage, Demontage des Bestandsfensters; bei "Instandsetzung" werden die erforderlichen Instandhaltungskosten angesetzt, unter Passivhauskomponenten die darüber hinausgehenden Mehrkosten	36,0	St	650,00	23.400,00	1220,00	43.920,00	67.320,00
2702	wie vor, jedoch 1,50/1,00 m (b/h)	3,0	St	610,00	1.830,00	1150,00	3.450,00	5.280,00
2703	wie vor, jedoch 1,00/1,45 m (b/h), einflügelig (DK)	6,0	St	480,00	2.880,00	420,00	2.520,00	5.400,00
2704	wie vor, jedoch 1,00/1,10 m (b/h), einflügelig (DK)	6,0	St	450,00	2.700,00	480,00	2.880,00	5.580,00
2705	wie Pos. 2701, jedoch 2,20/1,45 m (b/h)	6,0	St	680,00	4.080,00	1420,00	8.520,00	12.600,00
2706	Haustür	1,0	St	1200,00	1.200,00		0,00	1.200,00
2707	Windfangtür, Treppenhaus unter	1,0	St		0,00	3800,00	3.800,00	3.800,00
2708	Treppenhaustür zum Dachboden	1,0	St		0,00	2800,00	2.800,00	2.800,00
2709	Einputzarbeiten pro Fenste	51,0	St		0,00	65,00	3.315,00	3.315,00
2710	Fensterbleche außen (ohnehin Erneuerung notwendig)	87,3	m	65,00	5.674,50		0,00	5.674,50
2711	Fensterbretter innen inkl. Einputzer	87,3	m	40,00	3.492,00	35,00	3.055,50	6.547,50
2700	Summe netto				45.256,50		74.260,50	119.517,00
	Mehrwertsteuer				7.241,04		11.881,68	19.122,72
2700	Summe brutto				52.497,54		86.142,18	138.639,72
2700	Kosten pro m² Wohnfläche				58,66		96,25	154,90

Wirtschaftlichkeitsberechnung							
1	Mehrkosten der Maßnahme (Passivhauskomponenten)					DM	86.142,18
2	Einsparungen durch die Maßnahme pro m ² beheizter Wohnfläche					kWh	21,50
3	Beheizte Wohnfläche					m ²	895,00
4	Einsparungen pro Jahr gesamt					kWh	19.242,50
5	energetischer Abschreibungszeitraum der Maßnahme					Jahre	30,00
6	Einsparungen während des energetischen Abschreibungszeitraums					kWh	577.275,00
7	Kosten pro eingesparter kWh					DM	0,149
8	CO ₂ -Einsparung (Bezugsbrennstoff: Gas) durch die Maßnahme	229,0	g/kWh			kg	132.195,98

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN: MFH JEAN-PAUL-STRASSE 4, NÜRNBERG
LEISTUNGSVERZEICHNIS
PASSIVHAUS-KOMPONENTE 5: ABLUFTWÄRMERÜCKGEWINNUNG

Es werden die Kosten für die vollständige Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung angerechnet. Dabei ist zu beachten, dass ein erhöhter hygienischer Standard erreicht wird durch die regelmäßige Zufuhr von frischer Außenluft. Darüber hinaus werden jegliche Probleme von Tauwasserbildung mit der Folge von Schimmelpilzbildung vermieden.

Die Kosten umfassen das Lüftungsgerät, das Rohrnetz, Wanddurchführungen und Verkleidung der Rohre.

Bei der Kostenermittlung wird von sechs Einzelgeräten ausgegangen, die für jeweils eine Wohnung veranschlagt sind. Alternativ wird im Zuge der weiteren Planung überprüft, inwieweit eine zentrale Anlage zu Kostenersparnissen führen kann. Dabei wird der Wärmetauscher auf dem Dachboden oder im Keller positioniert. Für jede Haushälfte wird ein Steigstrang erstellt, von dem Abzweige zu den Wohnungen führen. Die Luftverteilung erfolgt individuell mit je einem Ventilatorenpaar pro Wohnung, so dass jeder Mieter die eigene Luftwechselrate einstellen kann.

Pos.	Beschreibung	Instandsetzung				Passivhauskomp. Mehrkosten		Gesamt DM
		Masse	EH	EP	GP	EP	GP	
	LÜFTUNGSANLAGE MIT AWR							
5201	Lüftungsgerät mit Abluftwärmerückgewinnung inkl. Regelung	6,0	St		0,00	4500,00	27.000,00	27.000,00
5202	Rohrnetz inkl. Schalldämpfer, Außenluft- und Fortluftführung und Düsen für Absaugung und Zuluft inkl. Montage	6,0	St		0,00	4600,00	27.600,00	27.600,00
5203	Verkleidung der Leitungsführung	6,0	St		0,00	1000,00	6.000,00	6.000,00
5204	Kernbohrungen 100 -125 mm	6,0	St		0,00	50,00	300,00	300,00
5205	Kernbohrungen 200 mm	2,0	St		0,00	150,00	300,00	300,00
5206	Inbetriebnahme	6,0	St		0,00	250,00	1.500,00	1.500,00
2300	Summe netto				0,00		62.700,00	62.700,00
	Mehrwertsteuer				0,00		10.032,00	10.032,00
2300	Summe brutto				0,00		72.732,00	72.732,00
2700	Kosten pro m² Wohnfläche				0,00		81,26	81,26

Wirtschaftlichkeitsberechnung							
1	Mehrkosten der Maßnahme (Passivhauskomponenten)					DM	72.732,00
2	Einsparungen durch die Maßnahme pro m² beheizter Wohnfläche					kWh	18,70
3	Beheizte Wohnfläche					m²	895,00
4	Einsparungen pro Jahr gesamt					kWh	16.736,50
5	energetischer Abschreibungszeitraum der Maßnahme					Jahre	20,00
6	Einsparungen während des energetischen Abschreibungszeitraums					kWh	334.730,00
7	Kosten pro eingesparter kWh					DM	0,22
8	CO2-Einsparung (Bezugsbrennstoff: Gas) durch die Maßnahme	229,0	g/kWh			kg	76.653,17

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Kosten

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN. BEISPIEL MFH JEAN-PAUL-PI. 4, NÜRNBERG KOSTENSCHÄTZUNG NACH DIN 276

Dreigeschossiges Gebäude mit 6 Wohnungen á 149 m² Wohnfläche, unterkellert, Dachboden ungenutzt, Satteldach, keine Versprünge, einfache Bauform,

WF (m²) 895,00

100	BAUGRUNDSTÜCK INKL. NEBENKOSTEN UND ERSCHLIESSUNG	m ²		DM/m ²	
	Gebäude ist im Bestand vorhanden				
100	BAUGRUNDSTÜCK INKL. NEBENKOSTEN UND ERSCHLIESSUNG				0,00

200	Herrichten und Erschließen				
210	ÖFFENTLICHE ERSCHLIESSUNG				
220	Kanal (Netzbeitrag)	keine Maßnahmen im Rahmen der Sanierung			
220	Kanal				0,00
221	Strom (Netzbeitrag, Hausanschluß inkl. Grabarbeiten, Zähler)		bleibt erhalten		0,00
222	Gas (Netzbeitrag, Hausanschluß ohne Grabarbeiten, Zähler)		bleibt erhalten		0,00
223	Wasser Netzbeitrag, Wasserzähler		bleibt erhalten		0,00
224	Fernmeldetechnik (Antragstellung je Haus durch den Bauherrn), Verlegung im Graben der Stromversorgung		bleibt erhalten		0,00
210	PRIVATE ERSCHLIESSUNG				
220	Kanal (Leitung vom öffentlichen Kanal bis zum Haus)	keine Maßnahmen im Rahmen der Sanierung			
221	Strom				2.000,00
222	Gas				2.000,00
223	Wasser				1.000,00
224	Fernmeldetechnik				2.000,00
226	Regenwasserleitungen im Grundstück				0,00
200	HERRICHTEN UND ERSCHLIESSEN				7.000,00

300	Bauwerk	Instandsetzung	Modernisierung	Passivhaus-Komp.	Gesamt
	Zusammenstellung der Kosten nach Gewerken: für die energetischen Maßnahmen werden Passivhaus-Komponenten mit hohem Standard ausgeführt, ansonsten wird neben den erforderlichen Instandsetzungen nur minimale Modernisierung betrieben; auf Wunsch der Mieter können individuelle Verbesserungen (z. B. neues Bad) ausgeführt werden und werden über die Miete verrechnet				
1200	ROHBAUARBEITEN (keine Grundrissänderung, keine Keller trockenlegung)				0,00
1600	ZIMMERERARBEITEN (keine Leistungen)				0,00
2000	DACHDECKERARBEITEN (Dachfläche neu eindecken, Dachüberstände vergrößern)	35.000,00			35.000,00
2200	Blecharbeiten	15.000,00			15.000,00
2300	PUTZARBEITEN (Außenputz gem. Anlage 1: Kosten Außenwand)	73.117,31		128.917,81	202.035,11
2300	PUTZARBEITEN (Dämmung Kellerdecke gem. Anlage 3: Kosten Kellerdecke)			31.911,60	31.911,60
2300	PUTZARBEITEN (Innenputz und Trockenputz) z. T. Leistungen bei Fenster/Beiputzarbeiten und Lüftung/Trockenputzverkleidung enthalten:	10.000,00	10.000,00		20.000,00
2400	FLIESENARBEITEN (nur Nachbesserungsarbeiten, keine Erneuerung der Fliesen)		10.000,00		10.000,00
2500	ESTRICHARBEITEN (Dämmung Decke über dem obersten Geschoss gem. Anlage 2: Kosten Dach) keine weiteren Estricharbeiten			31.113,93	31.113,93
2700	FENSTER (gem. Anlage 4: Kosten Fenster)	52.497,54		86.142,18	138.639,72
2780	INNENTÜREN: keine Maßnahmen, nur Instandsetzung	10.000,00			10.000,00
3600	OBERBODENBELÄGE: keine Maßnahmen				0,00
3400	MALERARBEITEN: Maßnahmen nur in den Gemeinschaftsbereichen (Treppenhaus und Kellerflur) und bei Einariffen in den Wohnungen	20.000,00			20.000,00
3400	SCHLOSSER (Balkons: 6 Stück á 9000 DM)		54.000,00		54.000,00
4000	SANITÄRINSTALLATION (nur Steigleitungen, keine neuen Bäder)		40.000,00		40.000,00
4200	HEIZUNGSINSTALLATION (Brennwerttherme/Zentrale und Steigleitungen, Verwendung der vorhandenen Heizkörper und Wohnungsverteileranlagen: BWW-Speicher)		70.000,00	-15.000,00	55.000,00

Kosten

4300	SOLARTHERMIE zur solaren Brauchwassererwärmung mit 50% Deckungsgrad (30 m² Absorberfläche)			38.000,00	38.000,00
4400	LÜFTUNG MIT ABLUFTWÄRMERÜCKGEWINNUNG (gem. Anlage 5: Kosten Lüftung AWR) Anmerkung: bei kleineren Wohnungen sind höhere Kosten zu erwarten durch die Anzahl der Anlagen			72.732,00	72.732,00
5000	ELEKTROINSTALLATION (Überprüfung der bestehenden Elektroinstallation; evtl. Neuinstallation im zentralen Bereich/Flur; Neuinstallation von Türsprechanlage und Niedervoltinstallation zum Flur)		28.000,00		28.000,00
300	BAUWERK	DM	212.000,00	373.817,51	801.432,36
	Kosten pro qm Wohnfläche	DM/qm	236,87	417,67	895,46
500	Außenanlagen				
	Pauschaler Kostenansatz				
500	AUSSENANLAGEN (ohne Nebengebäude)				70.000,00
600	Ausstattung und Kunstwerke, Einrichtung, Möbel (kein Ansatz)				
700	Baunebenkosten				
	pauschal: 15 % aus Kostengruppe 200/300/400/50				131.764,85
700	SUMME NEBENKOSTEN				131.764,85
	ZUSAMMENSTELLUNG		DM/m² WF		
100	BAUGRUNDSTÜCK		0,00	DM	0,00
200	HERRICHTEN UND ERSCHLIESSEN		7,82	DM	7.000,00
300	BAUWERK 300/400		895,46	DM	801.432,36
500	AUSSENANLAGEN		78,21	DM	70.000,00
700	BAUNE BENKOSTEN		147,22	DM	131.764,85
	SUMME GESAMT		1.128,71	DM	1.010.197,21

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Spezifische Fensterkosten Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg

Pos.	Beschreibung	Masse geprüft	EH	EP	GP	Fläche pro Fenster	Fläche gesamt	Kosten pro m² Fensterfläche netto	Kosten pro m² Fensterfläche brutto	Demontage der alten Fenster	Beiputzarbeiten	Fenster gesamt
				€	€	m²	m²	€/m²	€/m²	€/m²	€/m²	€/m²
2701	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 1,58/1,39 m (b/h), Glasteilung im Verhältnis 2 zu 1 (Drehkipplügel zu Drehflügel) Stulpflügel	30,00	St	784,00	23.520,00	2,20	65,89	356,98	414,10			
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h).	6,00	St	502,00	3.012,00	1,24	7,44	404,77	469,54			
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h).	6,00	St	502,00	3.012,00	1,24	7,44	404,77	469,54			
2703	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 2,16/1,39 m (b/h). Stulpflügel	3,00	St	1.060,00	3.180,00	3,00	9,01	353,05	409,54			
2704	Fenster, zweiflügelig (DK/DK), 2,16/1,39 m (b/h), Ausführung mit Mittelpfosten, auf den Mittelpfosten läuft innenseitig eine Wand zu (ca. 7 cm dick); alternativ können zwei einflügelige Fenster	3,00	St	1.160,00	3.480,00	3,00	9,01	386,36	448,17			
2705	Fenstertür, zweiflügelig (DK/D), 2,18/2,30 m (b/h).	6,00	St	1.203,00	7.218,00	5,01	30,08	239,93	278,32			
2706	Treppenhausfenster, zweiflügelig (DK/D) 1,60/1,17	3,00	St	720,00	2.160,00	1,87	5,62	384,62	446,15			
	Durchschnittliche Kosten	57,00			45.582,00	17,57	134,48	338,94	393,17	20,27	43,29	456,74

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten

Burkhard Schulze Darup, Architekt, Augraben 96, 90475 Nürnberg schulze-darup@t-online.de

1 Grundlagen

Die energetische Gebäudesanierung ist ein zentrales Aufgabengebiet der Bauwirtschaft in den kommenden Jahren und bietet hervorragende Potenziale für die Wirtschafts-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik. Primärenergieeinsparung und CO₂-Reduktion lassen sich in kaum einem Sektor mit solch einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis erzielen - im Raumwärmebereich sind Einsparungen mit dem Faktor 10 möglich. Die hervorragenden Erfahrungen mit der Passivhaus-Technologie bei Neubauten führen zwingend zu deren Anwendung bei der Modernisierung von Gebäuden.

Die wbG Nürnberg ist traditionell ein Partner für die Anwendung innovativer und nachhaltiger Konzepte [WBG 2002]. Im Rahmen der EU-Ziel 2-Förderung wählte sie ein Gebäude in der Nürnberger Südstadt aus, um erstmals eine Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten durchzuführen. Das MFH Jean-Paul-Platz 4 mit sechs Wohnungen á 149 m² Wohnfläche wurde 1930 erbaut. Die Sanierung wurde im bewohnten Zustand durchgeführt.



Abb. 1: Vor der Sanierung



Abb. 2: Kurz vor Fertigstellung

2 Konstruktion

Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale des Gebäudes sind Außenwände aus Vollziegeln, Geschossdecken als Holzbalkendecken mit Fehlböden und die Kellerdecke aus Betonhourdis. Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Die Sanierung wurde umfassend ausgeführt, wobei die energetisch relevanten Bauteile besondere Beachtung erführen. Zugleich wurde ein möglichst sparsames Sanierungskonzept angewandt: es wurden keine eingreifenden Grundrissänderungen durchgeführt, keine Baderneuerung und keine Schönheitsreparaturen in den Wohnungen.

2.1 Wand

Die aus Vollziegeln gemauerten Außenwände in einer Gesamtdicke von 41 cm weisen im Zustand vor der Sanierung einen U-Wert von 1,4 W/(m²K) auf. Sie wurden mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit einer Dämmdicke von 20 cm versehen. Dabei

wurde Polystyrol mit Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 verwendet, die bei einer sehr niedrigen Rohdichte von 15 kg/m^3 durch Zusatz von Graphit bei der Herstellung erreicht wird. Der resultierende U-Wert beträgt $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Die erhöhte Dammstärke war ohne Probleme durchführbar. Mehraufwand ergab sich allerdings aus dem sehr unebenen Untergrund.

2.2 Decke über 2. Obergeschoss

Da der Dachboden nicht ausgebaut ist, bildet die Fehlbodendecke über dem 2. Obergeschoss den thermischen Abschluss nach oben. Ausgehend von $U = 0,87 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ im unsanierten Zustand wurde folgender Aufbau durchgeführt: PE-Folie als luftdichtende Bahn, PS-Dämmung WLG 035 mit 25 cm Dicke, Ölpapier als Trennlage und Zementestrich mit 6 cm Aufbauhöhe. Der resultierende U-Wert beträgt $0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

2.3 Kellerdecke

Die Kellerdecke besteht aus Stahlbetonträgerdecken mit eingehängten Betonhourdis. Die Kellerhöhe betrug etwa 2,15 m, sodass eine maximale Dämmhöhe von 14 cm möglich war, die in Form von PS-Dämmung WLG 035 aufgebracht wurde. In den Flurbereichen wurde aus brandschutztechnischen Gründen Mineralwolle verwendet. Die Oberflächen wurden verspachtelt mit eingelegtem Glasfasergewebe. Der U-Wert wurde von $0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auf $0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ verbessert.

2.4 Fenster

Das Bestandsgebäude war mit den Original-Kastenfenstern von 1930 sowie in Nebenräumen mit Einfachfenstern versehen. Die Montage erfolgte seinerzeit mit einem Anschlag hinter der äußeren Steinschicht, was bei einer Fenstertiefe von ca. 18 cm zu einer kleinen inneren Leibungstiefe von ca. 8 cm führte. Bei der Fensterdemontage musste der Putz auf Grund der soliden Einbauweise bis über die Innenkante hinaus entfernt werden, was zu relativ hohen Aufwendungen für die späteren Einputzarbeiten führte. Der Einbau der passivhaus-geeigneten Kunststoffenster erfolgte mit ca. 5 cm Einstand von der Außenputzkante, sodass innen eine Leibungstiefe von ca. 37 cm entstand, während außen das ursprüngliche Bild mit etwa 15 cm erhalten blieb. Die Dämmung umgreift außen das Fenster um ca. 7 cm. Der Einbau erfolgte mit Montagewinkeln.



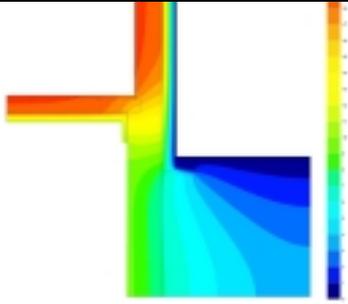
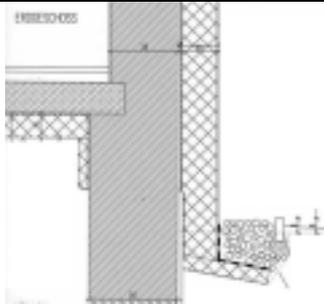
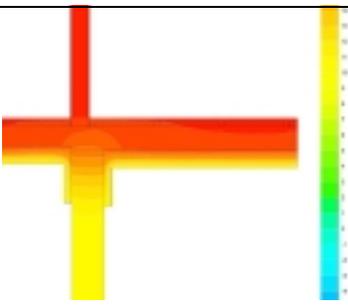
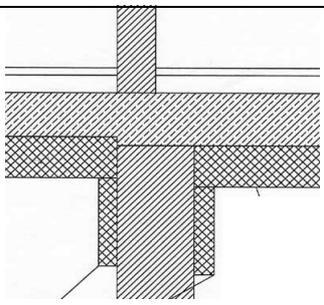
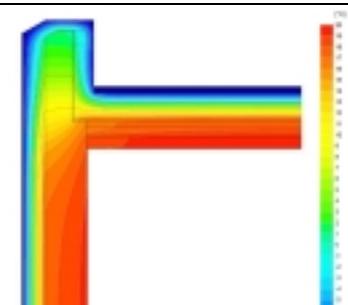
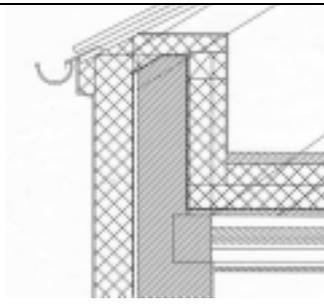
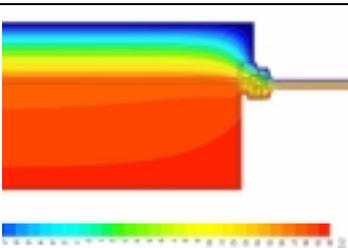
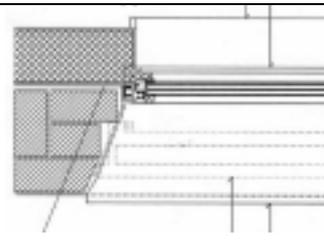
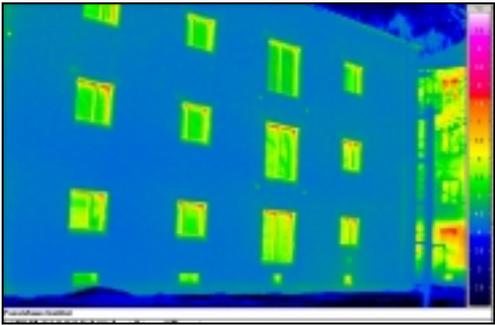
Abb. 3: WDV 20 cm dick – luftdichter Anschluss an das Fenster



Abb. 4: Dämmung der KG-Decke und Wärmebrückenreduktion an den Wänden

3 Wärmebrücken

Zu den Wärmebrücken wurde auf Grundlage der Architektendetails mit dem PHI ein Abstimmungsgespräch durchgeführt und danach durch das PHI Berechnungen zur Optimierung erstellt [PHI 2003]. Eine Auswahl der Lösungen wird tabellarisch dargestellt:

		<p>Sockelbereich Keller-Außenwand: die Dämmung wird aus Kostengründen nur 25 cm tief ins Erdreich eingebunden, ergänzend wird eine nach außen verlaufenden Frostschürze verlegt; der Wärmebrückendurchgangskoeffizient beträgt $\Psi_a = 0.134 \text{ W/(mK)}$</p>
		<p>Kellerinnenwände zu aufgehendem Mauerwerk im EG: durch die senkrechte Fortsetzung der Dämmung an den Kellerwänden nach unten (30 cm) wurde $\Psi_a = 0.30 \text{ W/(mK)}$ erreicht, bei den 38 cm dicken KG-Wänden $\Psi_a = 0.46 \text{ W/(mK)}$</p>
		<p>Kniestock: durch vollständiges Umdämmen des Kniestocks mit einer Dicke von seitlich 20 cm und oberhalb 10 cm ergibt sich ein äußerst günstiger Wärmebrückendurchgangskoeffizient: $\Psi_a = 0.056 \text{ W/(mK)}$</p>
		<p>Fenster: Wärmebrücke vergleichbar einer Neubau-Situation $\Psi_a = 0.017 \text{ W/(mK)}$ beim seitlichen Anschluss; der untere Bereich zum Fensterblech weist $\Psi_a = 0.030 \text{ W/(mK)}$ auf</p>
		<p>Thermografie der Südfassade kurz vor Fertigstellung und vor der Balkonmontage (4 Aussteifungsbolzen sind als Wärmebrücke erkennbar); zum Vergleich rechts ein baugleiches Bestandsgebäude [PHI 2003]</p>

4 Luftdichtheit

Auf Grund nicht ausreichender Erfahrungswerte war es nicht möglich, im Planungsstadium einen fundierten n_{50} -Zielwert festzulegen. Im Vorfeld wurde ein Blower-Door-Test durchgeführt, der für das Gesamtgebäude zu $n_{50} = 4,9 \text{ h}^{-1}$ führte. Die drei übereinanderliegenden Wohnungen auf der Ostseite wurden einzeln gemessen und erbrachten folgende Werte: Wohnung EG: $n_{50} = 4,2 \text{ h}^{-1}$; Wohnung 1. OG: $n_{50} = 6,2 \text{ h}^{-1}$; Wohnung 2. OG: $n_{50} = 9,9 \text{ h}^{-1}$ [AnBUS 2002]. Daraus lässt sich ableiten, dass einerseits der Übergang zum Dachboden eine besondere Leckagequelle darstellt und zudem zwischen den Wohnungen relativ hohe Undichtigkeiten bestehen.

Die **Außenwand** kann nicht als luftdicht angesehen werden, weil die dichtende Innenputzschicht an zahlreichen Stellen unterbrochen wird. Das betrifft sowohl die Durchdringungen von Elektroinstallationen als auch Risse im Innenputz. Vor allem ist jedoch der gesamte Bereich des Deckenaufagers der Holzbalkendecken unverputzt, sodass in diesem obendrein geschwächten Bereich die Gefahr von Undichtheiten sehr hoch ist. Da im Innenbereich keine Maßnahmen durchgeführt werden konnten, blieb als einzige Lösung die Ausführung der luftdichtenden Ebene an der Außenseite der Wand. Dazu wurde das Wärmedämmverbundsystem vollflächig verklebt bzw. vor dem Kleben eine vollflächige Spachtelung aufgetragen.

Fensteranschlüsse konnten sehr einfach in diese Luftdichtungsebene eingearbeitet werden durch Einspachteln der Fensterverklebung, die mit vlieskaschiertem Butylklebeband auf den bestehenden Außenputz ausgeführt wurde. Unebenheiten im Mauerwerk und poröse Putzoberflächen wurden mit einem feuchte- und temperaturbeständigen Zusatzkleber ausgeglichen. Mit dem Mörtel des Wärmedämmverbundsystems wurde das Klebeband zudem eingeputzt.

Die **Fehlbodendecke über dem 2. Obergeschoss** zum Dachboden stellte die wesentliche Herausforderung hinsichtlich der Abdichtung dar. Als Abdichtungsebene wurde eine PE-Folie auf der Dielung unter der aufzubringenden Estrichdämmung gewählt. Problempunkte stellten das aufgehende Mauerwerk des Kniestocks und der Kamine sowie die zahlreichen Durchdringungen des Dachstuhls dar. Am Mauerwerk wurde die PE-Folie bis auf 30 cm hoch gezogen, zweifach mit dauerelastischem Kleber angedichtet sowie überspachtelt mit dem Mörtel des darauf angebrachten WDVS an der Innenseite des Kniestocks. An die Balkendurchdringungen wurde die Folie auf etwa 3 – 5 cm herangezogen und luftdicht eingebunden mit Gipsschlämme, die ihrerseits in die Unebenheiten und Risse des Holzes luftdicht einbindet.

Treppenabgang und Treppenhaukopf mit angrenzendem Heizraum beinhalteten zahlreiche Anschlüsse mit hohen Anforderungen an die Handwerker und mussten detailliert in den zahlreichen Anschlusspunkten luftdicht ausgeführt werden.

Der Zeitpunkt des zweiten **Blower-Door-Tests** wurde so gewählt, dass die Montage der Fenster sowie die frisch verlegte PE-Folie auf dem Dachboden überprüft und nachgearbeitet werden konnten. Während bei den Fenstern nahezu keine Undichtheit festgestellt werden konnte, war im Dachbodenbereich Nacharbeit erforderlich. Es wurde Überdruck in der jeweils darunter liegenden Wohnung mit geringen 15 Pascal erzeugt, um die Folie nicht gar zu weit abheben zu lassen. Mittels IR-Thermografie konnten dann zielgerichtet die Leckagen geortet und weitestgehend geschlossen werden. Die abschließende Messung des Gesamtgebäudes ergab einen hervorragenden n_{50} -Wert von $0,55 \text{ h}^{-1}$ und einige Hinweise zur weiteren Abdichtung der Hülle [PHI 2003]. Bei der Schlussabnahme wurde ein n_{50} -Wert von $0,35 \text{ h}^{-1}$ erzielt [AnBUS 2003].



Abb. 5: Thermografie der Dachboden-Luftdichtung



Abb. 6: Luftdichtung der Fenster außenwand-bündig



Abb. 7: Blower-Door-Messung – n_{50} vorher $4,9 \text{ h}^{-1}$ nachher $0,35 \text{ h}^{-1}$

5 Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf (Berechnung nach PHPP / EN 832) betrug vor der Sanierung $204 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und wird durch die Maßnahmen auf $27 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ gesenkt. Aus primärenergetischer Sicht und hinsichtlich der CO_2 -Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach weniger als zwei Jahren.

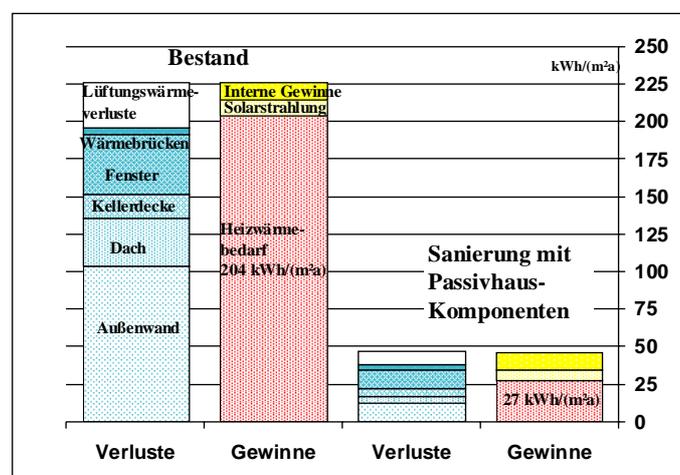


Abb. 8: Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung

6 Haustechnik - Lüftung

Lüftungsanlagen haben nicht nur energetische Auswirkungen, sondern garantieren vor allem hygienisch hochwertige Raumlufte, Vermeidung von Schimmelpilzproblematik und hohen Komfort. Am Jean-Paul-Platz wurden passivhausgeeignete Abluftwärmerückgewinnungsanlagen dezentral für jede einzelne Wohnung installiert. Der Aufstellort ist ein Abstellraum an der Außenwand, Frischluftansaugung und Fortluft erfolgen direkt nach außen. Ein Vorheizregister vor dem Gerät sorgt für Frostsicherheit mittels Vorheizung ab $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Verteilung erfolgt über den Wohnungsflur, die Einbringung der Luft in die Aufenthaltsräume wird durch Weitwurfdüsen sichergestellt. Die gesamte Luftmenge pro Wohnung beträgt 140 bis 150 m^3 (ca. 30 m^3 pro Person) bei Normalstellung. Abgesaugt wird in Bad (40 m^3), WC (20 m^3), Küche (60 m^3), Neben- und Abstellraum (20-30 m^3).

Durchführungen vom Flur zu den Wohnungen wurden mittels Kernbohrung erstellt, was mit den vorhandenen Absaug-Kernbohrgeräten prinzipiell einfach und staubfrei durchführbar war. Probleme ergaben sich aber auf Grund der sehr umfangreichen und unstrukturiert verlegten Elektroleitungen im oberen Wandbereich der Flure und Materialwechsell zwischen Holzstützen und losem Mauerwerk.

Die Inbetriebnahme der Lüftungsanlagen wurde von Werksvertretern durchgeführt und zusätzlich im Rahmen der Begleitforschung vom Passivhaus Institut überprüft. Die richtige Einregulierung der Anlagen ist von hoher Bedeutung für die einwandfreie Funktion.

Seitens der Bewohner bestand zunächst eine gewisse Neugier bis Abneigung gegenüber den Lüftungsanlagen. Von einigen Seiten wurde sehr begrüßt, dass wie bisher die Fenster nicht zum Lüften geöffnet werden müssen – vorher waren die Fenster so undicht, dass dies nicht nötig war. Andere Parteien nutzten jedoch heftig die neu gewonnene Option der Kipplüftung. Nicht zu unterschätzen sind bei der Lüftungssituation die olfaktorischen Faktoren wie hohe Beladung der Wohnungen mit Möblierung, Interieur und Teppichböden sowie intensive Haushaltsführung. Im Rahmen der Begleitforschung wird während der ersten beiden Heizperioden eine Mieterbetreuung durchgeführt, die möglicherweise zu aufschlussreichen Ergebnissen führen wird.



Abb. 9: Lüftungsgerät - Innenansicht



Abb. 10: Lüftungs- und Heizleitungen unter Flurdecke



Abb. 11: Kunst am Bau: Dämmung der Leitungen im Heizraum

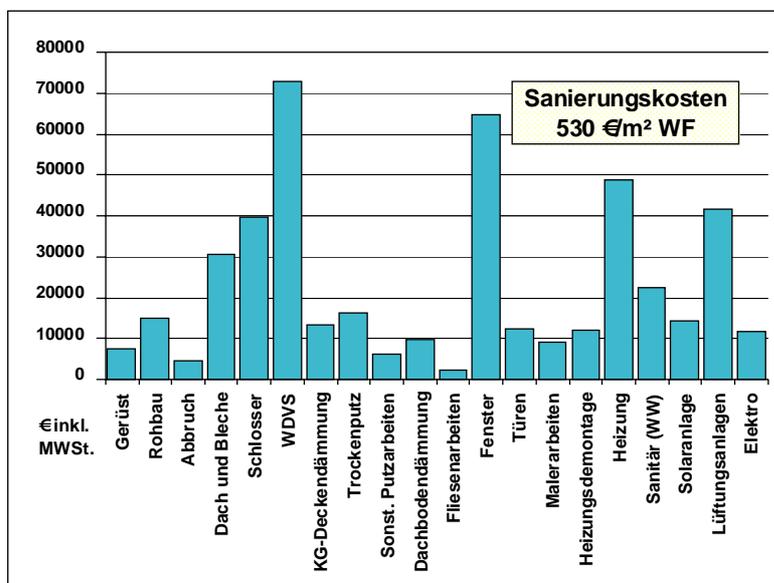
7 Haustechnik - Heizung und Trinkwassererwärmung

Die vorhandenen dezentralen Etagenheizungen (System-Baujahr 1930) wurden durch eine neue zentrale Heizungsanlage ersetzt. Der Heizraum mit einer minimierten Grundfläche von 6 m² befindet sich im Dachbodenbereich neben dem Treppenhauskopf. Eine Gasbrennwerttherme wurde ausgelegt nach den Anforderungen der Trinkwassererwärmung mit 30 kW Leistung. Ergänzend wurde eine solarthermische Anlage mit 17 m² Flachkollektor und 1000 Liter-Schichtenspeicher installiert, die auf den sommerlichen Wärmeertrag ausgelegt ist. Die systembedingte Heizungseinbindung wird zu keiner großen Heizungsunterstützung führen. Die Verteilung der Heizleitungen erfolgte parallel zu den Lüftungsleitungen im Deckenbereich der Flure. Die Leitungen werden auf Putz an den Innenwänden der Räume nach unten zum Heizkörper geleitet.

Die Bäder befinden sich an den diametral entgegengesetzten Enden des Gebäudes. Zur Minimierung der Zirkulationsverluste wurden die Verteil- und Zirkulationsleitungen im Mittel mit 10 cm Wärmedämmung versehen und zudem vollständig im beheizten Bereich geführt. Alle Bäder wurden neu an die zentrale Warmwasserversorgung angeschlossen. Eine Badsanierung erfolgte nur im Rahmen der individuellen Mietersanierung mit gesonderter Kostenumlage.

8 Baukosten und resultierende Miete

8.1 Baukosten



Die Baukosten betragen 530 € pro m² Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.) und unterschreiten damit zahlreiche Vergleichsobjekte ohne Passivhaus-Komponenten [Schulze Darup 2003].

Mehrkosten für die Passivhaus-Komponenten gegenüber einer standardmäßigen energetischen Sanierung betragen etwa 100 € pro Quadratmeter Wohnfläche [Schulze Darup 2000].

Abb. 12: Baukosten nach DIN 276 Kostengruppe 300/400

8.2 Miete

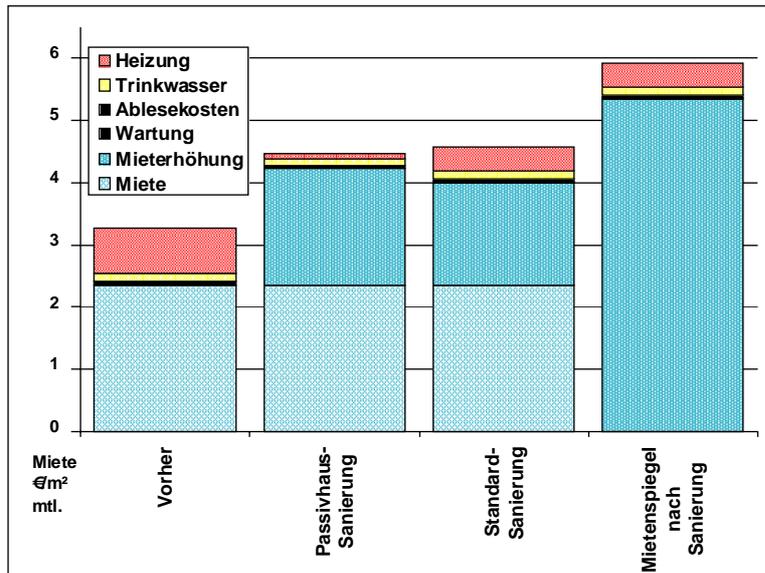


Abb. 13: Monatliche Mietkosten und Betriebskosten pro m² Wohnfläche im Vergleich

Die Kaltmiete der Bestandswohnungen am Jean-Paul-Platz lag bei ca. 2,35 € und damit deutlich unterhalb des Mietenspiegels. Ähnlich günstige Wohnungen mit fast 150 m² Wohnfläche sind in ganz Nürnberg nicht zu erhalten. Die Mieterhöhung beträgt 1,87 €/m² im Monat, wobei die umlagefähigen Kosten nicht voll ausgeschöpft wurden. Unter Einbeziehung der Betriebskosteneinsparungen ergibt sich eine resultierende Erhöhung von etwa 1,20 €/m² (vgl. Abbildung links).

9 Schlussfolgerungen - Strategien zur Umsetzung

Während sich die Passivhaustechnik beim Neubau schon fast zum Stand der Technik entwickelt hat, besteht bei der energetischen Sanierung heftiger Nachholbedarf. Es geht darum, in den nächsten Jahren energieeffiziente Modernisierung an zahlreichen Beispielen darzustellen und auf dieser Grundlage eine breitenwirksame Umsetzung auf den Weg zu bringen. Im Rahmen eines DBU-Förderprojektes werden 6 – 8 Modernisierungsprojekte unter Anwendung von Passivhaus-Komponenten unterstützt. Engagierte Wohnungsbau-gesellschaften mit geeigneten Sanierungsobjekten werden dafür noch gesucht [DBU 2003].

Für die Industrie ist es höchst attraktiv, Produktentwicklungen für die Sanierung mit hohem Marktpotenzial auf den Weg zu bringen. Es ist davon auszugehen, dass sowohl bei Dämm-systemen als auch vor allem bei den Fenstern, Lüftungs- und Haustechnikanlagen ein hoher Synergieeffekt für Fortentwicklungen gegeben ist. Die Umsatzerwartungen bei energetisch optimierten Modernisierungsprodukten sind ungleich höher als im Neubaubereich.

Die politisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen müssen so gefasst werden, dass während einer etwa vier- bis achtjährigen Markteinführungsphase solch energieeffiziente Maßnahmen besonders gefördert werden. Jeder in diesem Bereich sinnvoll eingesetzte Euro wird durch Einsparungen bei der Arbeitslosenförderung und sonstige volkswirtschaftliche Aspekte zurückfließen. Nebenbei wird die Umwelt entlastet und – zumindest in diesem Sektor – eine Art Versicherung gegen Ressourcenverknappung und steigende Energiekosten initiiert.

Quellen

- [AnBUS 2002] AnBUS: **Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4**, Interdisziplinäre Begleitforschung, AnBUS Fürth 2003
- [DBU 2003] Arbeitsgemeinschaft: **Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10**, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), Projektkoordination und Information: Schulze Darup, Nürnberg 2003
- [PHI 2003] Passivhaus Institut Darmstadt: **Passivhaustechniken im Bestand – Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4**, Passivhaus Institut Darmstadt 2003
- [Schulze Darup 2000] Burkhard Schulze Darup: **Energiekonzept und Kosten - Energetische Sanierung mit Passivhaus-Komponenten, Jean-Paul-Platz 4**, Konzept, Nürnberg 2000
- [Schulze Darup 2002] Burkhard Schulze Darup: **Energieeffiziente Wohngebäude**, BINE Informationsdienst, www.bine.info, TÜV-Verlag Köln 2002
- [Schulze Darup 2003] Burkhard Schulze Darup: **Sanierung mit Passivhauskomponenten**, Interdisziplinäre Begleitforschung, Nürnberg 2003
- [WBG 2002] Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Nürnberg, WBG Nürnberg, Glogauer Straße 70, 90473 Nürnberg, Ansprechpartner: Herr Höger

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Auswertung der Beispiele für energetische Sanierung mit Faktor 10 (Kap. 5.2.1 - 5)

			RMH 1960		MFH 1890		Jugendzentrum		REH 1935		RMH 1960	
			Kap. 5.2.1		Kap. 5.2.2		Kap. 5.2.3		Kap. 5.2.4		Kap. 5.2.5	
			Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert	Bestand	saniert
Beheizte Fläche		m ²	120		500		1350		130 (+ 51)		895	
Wand	U	W/(m ² K)	1,20	0,14	1,9/1,3	0,45/0,15	1,90	0,16	1,60	0,17	1,40	0,15
Dach	U	W/(m ² K)	0,50	0,10	1,05	0,10	1,20	0,20	1,20	0,11	0,87	0,12
Grund	U	W/(m ² K)	0,82	0,25	0,87	0,25	2,60	0,20	1,00	0,21	0,88	0,19
Fenster	U _W	W/(m ² K)	2,80	0,76	2,8-5,6	0,76	5,6/2,8	0,8/1,4	2,80	0,80	2,80	0,80
	g		0,62	0,50	0,62	0,50	0,6-0,65	0,5/0,6	0,62	0,50	0,60	0,50
Türen		W/(m ² K)			4,80	1,20	4,50	0,80			3,50	0,95
Wärmebrücken			Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis		Einzelnachweis	
Luftdichtheit		h ⁻¹	ca. 5,0	0,60	ca. 8	1,00	ca. 8	0,60	ca. 5,0	1,50	ca. 5,0	0,60
Lüftung			manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR	manuell	AWR
Heizwärmebedarf (PHPP)	Q _H		179,4	25,0	254,0	41,0	414,0	60,0	301,0	34,0	204,0	27,0
Anlagenaufwand Heizung			1,50	1,15	1,70	1,15	1,65	0,75	1,60	1,15	1,55	1,10
Heizenergiebedarf			269,1	28,8	431,8	47,2	683,1	45,0	481,6	39,1	316,2	29,7
Heizwärme Warmwasser	q _{tw}		17,2	17,2	17,2	17,2	5,0	5,0	17,2	17,2	17,2	17,2
Anlagenaufwandszahl	e _P		1,70	0,95	1,85	1,00	1,75	0,75	1,80	1,05	1,75	0,95
Jahresprimärenergiebedarf	Q _p "		334,2	40,1	501,7	58,2	733,3	48,8	572,8	53,8	387,1	42,0
Faktor Heizwärmebedarf				7,2		6,2		6,9		8,9		7,6
Faktor Heizenergiebedarf				9,4		9,2		15,2		12,3		10,7
Faktor Jahresprimärenergiebedarf				8,3		8,6		15,0		10,7		9,2

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Ergebnis
 Monatsverfahren
 kWh/(m²a)

Innentemperatur: °C
 Gebäudetyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kKh/a	kWh/a	Energie- bezugsfläche	
1. Außenwand gegen Außenluft	A	794,2	1,560	1,00	84,0	104095	116,6	
2. Dach	A	390,5	1,124	1,00	84,0	36885	41,3	
3. Kellerdecke	B	389,2	1,217	0,30	84,0	11938	13,4	
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	1,200	1,00	84,0	4175	4,7	
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,562	0,30	84,0	104	0,1	
6. Haustür	A	2,6	2,600	1,00	84,0	562	0,6	
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	2,600	0,30	84,0	249	0,3	
8. Fenster	A	140,5	2,600	1,00	84,0	30691	34,4	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,179	1,00	84,0	3781	4,2	
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,627	0,30	84,0	1215	1,4	
Summe aller Hüllflächen		1769,5						
Transmissionswärmeverluste Q_T						Summe	193696	216,9

Lüftungsanlage:

wirksames Luftvolumen V_L m² * lichte Raumhöhe m = m³

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} Fa. Fresh-Aerex, Reco-Box Comfort, bisheriger Wert 89 - 12 = 77%, lt. fresh / ebök aber höher

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWt}

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L (1 * 0,00 + 0,001) = 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_t kKh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

(Q_T kWh/a + Q_L kWh/a) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung = kWh/a kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a)	kWh/a	kWh/(m²a)	
1. Ost	0,23	0,62	18,10	189	482		
2. Süd	0,38	0,62	57,42	360	4848		
3. West	0,22	0,62	18,10	268	650		
4. Nord	0,36	0,62	46,90	143	1484		
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0		
Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S					Summe	7465	8,4

Interne Wärmequellen Q_I

kh/d * Länge Heizzeit spezif. Leistung q_I d/a * W/m² * A_{EB} m² = kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F = Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G = (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G η_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

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

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Ergebnis
 Monatsverfahren
 kWh/(m²a)

Innentemperatur: °C
 Gebäudetyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers pro m² Energiebezugsfläche

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a	Summe	Ergebnis kWh/(m²a)
1. Außenwand gegen Außenluft	A	794,2	0,425	1,00	84,0	28326	31,7
2. Dach	A	390,5	0,259	1,00	84,0	8510	9,5
3. Kellerdecke	B	389,2	0,732	0,39	84,0	9261	10,4
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	0,233	1,00	84,0	811	0,9
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,409	0,39	84,0	98	0,1
6. Haustür	A	2,6	1,800	1,00	84,0	389	0,4
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	1,800	0,39	84,0	222	0,2
8. Fenster	A	140,5	1,700	1,00	84,0	20067	22,5
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,179	1,00	84,0	3781	4,2
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,627	0,39	84,0	1566	1,8
Summe aller Hüllflächen		1769,5					
						73031	81,8

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

wirksames Luftvolumen V_L m³ * lichte Raumhöhe m = m³

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} Fa. Fresh-Aerex, Reco-Box Comfort, bisheriger Wert 89 - 12 = 77%, lt. fresh / ebök aber höher

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWt}

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L (1 - Φ_{WRG}) + n_{Rest} =

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_t kWh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

Q_T kWh/a + Q_L kWh/a * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung = kWh/a kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche

1. Ost
2. Süd
3. West
4. Nord
5. Horizontal

Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a)	Summe kWh/a	Ergebnis kWh/(m²a)
0,23	0,62	18,10	189	482	
0,38	0,62	57,42	360	4848	
0,22	0,62	18,10	268	650	
0,36	0,62	46,90	143	1484	
0,40	0,00	0,00	360	0	
				7465	8,4

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

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

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G

η_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H

Q_V - Q_G = kWh/a kWh/(m²a)

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

Berechnungsblatt für das vereinfachte Verfahren der Energie-Einspar-Verordnung

JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF EnEV

Objekt:

Gebäudetyp/Nutzung: Baujahr

Standort:

Umbautes Volumen m³ vgl: Wohnfläche m²
 EnEV-Nutzfläche m²
 AV-Verhältnis m⁻¹

Achtung: in diesem Blatt wird konsequent mit der EnEV-Bezugsfläche gerechnet.
 Alle flächenbezogenen Kennwerte sind daher mit den PHPP-Werten nicht vergleichbar.

Behandlung Wärmebrücken:	ohne Nachweis	4108 Bbl. 2	vollständig berechnet	ΔU_{wb} Zuschlag
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,10"/>

Wärmeverluste:

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temperatur-Korrekturfaktor EnEV	spez. Transm. Wärme-verlust W/K
1. Außenwand gegen Außenluft	A 794,2	0,52	1,0	416,6
2. Dach	A 390,5	0,36	0,8	112,3
3. Kellerdecke	B 389,2	0,83	0,6	194,3
4. Innenwände zum Dachraum	A 41,4	0,33	0,8	11,0
5. Innenwände zum Keller	B 7,3	0,51	0,6	2,2
6. Haustür	A 2,6	1,90	1,0	4,9
7. Türen zum KG und DG	B 3,8	1,90	0,6	4,3
8. Fenster	A 140,5	1,80	1,0	252,9
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A 250,9	0,18	1,0	45,0
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B 76,9	0,63	0,6	28,9
SUMME Hüllflächen	1769,5			

spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T W/K

Jahres-Transmissionswärmeverluste Q_T kWh/a

$$1073 \cdot 66,12 = 70923 \text{ kWh/a}$$

Luftvolumenfaktor: EFH/ZFH bis zwei Vollgeschosse 0.76 sonst 0.8

$$0,80 \cdot 4008 = 3206,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Luftwechsel: Achtung: kein Ansatz für WRG! Mit Drucktestergebnis <3.0 h⁻¹ Ansatz 0.6; sonst 0.7 h⁻¹

$$3206 \cdot 0,700 \cdot 0,34 = 763 \text{ W/K}$$

$$763 \cdot 66,12 = 50454 \text{ kWh/a}$$

spezifischer Lüftungswärmeverlust H_L W/K

Jahres-Lüftungswärmeverluste Q_V kWh/a

$$70923 + 50454 = 121378 \text{ kWh/a}$$

Jahreswärmeverluste Q_L kWh/a

Wärmegewinne:

Ausrichtung der Fensterfläche	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fensterfläche Aw m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a
1. Ost	0,567	0,62	18,1	986
2. Süd	0,567	0,62	57,4	5450
3. West	0,567	0,62	18,1	986
4. Nord	0,567	0,62	46,9	1649
5. Horizontal	0,567	0,00	0,0	0

Wärmeangebot Solarstrahlung $Q_{S,HP}$ kWh/a

Interne Wärmequellen $Q_{i,HP}$ kWh/a

Wärmegewinne $Q_{g,HP}$ kWh/a

Jahresheizwärmebedarf Q_h kWh/a

$$121378 - 0,95 \cdot 37286 = 85956 \text{ kWh/a}$$

Anforderung an den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T W/(m²a)

$$0,76 \text{ W/(m}^2\text{a)} \text{ erfüllt? ja (ja/nein)}$$

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Ergebnis
 Monatsverfahren
 kWh/(m²a)

Innentemperatur: °C **62,0**

Gebäudetyp/Nutzung:

Energiebezugsfläche A_{EB}: m²

Standard-Personenbelegung: Pers pro m² Energiebezugsfläche

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kWh/a		Ergebnis kWh/(m²a)	
1. Außenwand gegen Außenluft	A	794,2	0,192	1,00	84,0	=	12799	
2. Dach	A	390,5	0,152	1,00	84,0	=	4972	
3. Kellerdecke	B	389,2	0,296	0,56	84,0	=	5439	
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	0,164	1,00	84,0	=	572	
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,288	0,56	84,0	=	100	
6. Haustür	A	2,6	1,800	1,00	84,0	=	389	
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	1,800	0,56	84,0	=	322	
8. Fenster	A	140,5	1,500	1,00	84,0	=	17706	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,179	1,00	84,0	=	3781	
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,627	0,56	84,0	=	2273	
		Summe aller Hüllflächen 1769,5					Summe	48354
								54,1

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} Fa. Fresh-Aerex, Reco-Box Comfort, bisheriger Wert 89 - 12 = 77%, lt. fresh / ebök aber höher

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWT}

wirksames Luftvolumen V_L m³ * lichte Raumhöhe m = m³

energetisch wirksamer Luftwechsel η_L (1 Φ_{WRG}) + $\eta_{L,Rest}$ = 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * η_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_t kWh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung

(+) * = kWh/a kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche

1. Ost
2. Süd
3. West
4. Nord
5. Horizontal

Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a)		kWh/a
0,23	0,62	18,10	189	=	482
0,38	0,62	57,42	360	=	4848
0,22	0,62	18,10	268	=	650
0,36	0,62	46,90	143	=	1484
0,40	0,00	0,00	360	=	0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Summe kWh/a kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I

kh/d * Länge Heizzeit spezif. Leistung q-l d/a * W/m² * A_{EB} m² = kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G

η_G * Q_F = kWh/a kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H

Q_V - Q_G = kWh/a **61,5** kWh/(m²a)

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

Berechnungsblatt für das vereinfachte Verfahren der Energie-Einspar-Verordnung
JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF EnEV

Objekt:

Gebäudetyp/Nutzung: Baujahr

Standort:

Umbautes Volumen m³ vgl: Wohnfläche
 EnEV-Nutzfläche m² m²
AV-Verhältnis m⁻¹

Achtung: in diesem Blatt wird konsequent mit der EnEV-Bezugsfläche gerechnet.
 Alle flächenbezogenen Kennwerte sind daher mit den PHPP-Werten nicht vergleichbar.

Behandlung Wärmebrücken:	ohne Nachweis	4108 Bbl. 2	vollständig berechnet	ΔU_{wb} Zuschlag
	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="text" value="0,10"/>

Wärmeverluste:

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temperatur-Korrekturfaktor EnEV	spez. Transm. Wärme-verlust W/K
1. Außenwand gegen Außenluft	A 794,2	* 0,29	* 1,0	= 231,8
2. Dach	A 390,5	* 0,25	* 0,8	= 78,6
3. Kellerdecke	B 389,2	* 0,40	* 0,6	= 92,6
4. Innenwände zum Dachraum	A 41,4	* 0,26	* 0,8	= 8,8
5. Innenwände zum Keller	B 7,3	* 0,39	* 0,6	= 1,7
6. Haustür	A 2,6	* 1,90	* 1,0	= 4,9
7. Türen zum KG und DG	B 3,8	* 1,90	* 0,6	= 4,3
8. Fenster	A 140,5	* 1,60	* 1,0	= 224,8
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A 250,9	* 0,18	* 1,0	= 45,0
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B 76,9	* 0,63	* 0,6	= 28,9
SUMME Hüllflächen	1769,5 m ²			

spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T

Jahres-Transmissionswärmeverluste Q_T

W/K * F_{Gt} [kKh/a] = kWh/a

Luftvolumenfaktor: EFH/ZFH bis zwei Vollgeschosse 0.76 sonst 0.8

Faktor * umbautes Vol. m³ = m³/h

Luftwechsel: Achtung: kein Ansatz für WRG! Mit Drucktestergebnis <3.0 h⁻¹ Ansatz 0.6; sonst 0.7 h⁻¹

m³ * 1/h * C_{Luft} 0,34 Wh/(m³K) = W/K
 W/K * F_{Gt} [kKh] = kWh/a

spezifischer Lüftungswärmeverlust H_L

Jahres-Lüftungswärmeverluste Q_V

kWh/a + kWh/a = kWh/a

Jahreswärmeverluste Q_L

Wärmegewinne:

Ausrichtung der Fensterfläche	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fensterfläche A _w m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a
1. Ost	0,567	* 0,62	* 18,1	= 986
2. Süd	0,567	* 0,62	* 57,4	= 5450
3. West	0,567	* 0,62	* 18,1	= 986
4. Nord	0,567	* 0,62	* 46,9	= 1649
5. Horizontal	0,567	* 0,00	* 0,0	= 0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_{S,HP}

Summe

Interne Wärmequellen Q_{i,HP}

spezif. interne Queller kWh/(m²a) * A_N m² = kWh/a

Wärmegewinne Q_{g,HP}

Q_S + Q_{i,HP} = kWh/a

Jahresheizwärmebedarf Q_h

Q_L - 0.95 Q_{g,HP} = kWh/a
Q_h kWh/(m²a)

Anforderung an den spezifischen Transmissionswärmeverlust

H_T Anforderung W/(m²a) **erfüllt?** ja (ja/nein) **H_T** W/(m²a)

Jahresprimärenergiebedarf (überschlägig)

Rechenweg EnEV				
	Q_H	AN	Heizwärmebedarf ges.	
	kWh/m ² a	m ²	kWh/a	
Heizwärmebedarf Q_H	48,9	1.282	62.733	
Warmwasserbereitung	12,5	1.282	16.031	
Anlagenaufwandszahl	e_P	1,40		
Primärenergiebedarf	Q_p		110.269 kWh/a	
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''		86,0 kWh/(m ² a)	Prozent v. max zul. 100%
Maximal zulässig	$Q_{p,zul.}''$		86,1 kWh/(m ² a)	
Bezugsfläche A_{EB}	m ²	893	123,5 kWh/(m ² a)	nur zum Vergleich: Bezugsfläche = beheizte Wohnfläche

zum Vergleich: Rechenweg PHPP				
	Q_H	AN	Heizwärmebedarf ges.	
	kWh/m ² a	m ²	kWh/a	
Heizwärmebedarf Q_H	61,5	893	54.940	
Warmwasserbereitung	17,2	893	15.348	siehe Berechnung WW+Verteilung
Anlagenaufwandszahl	e_P	1,40		
Primärenergiebedarf	Q_p		98.403 kWh/a	
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''		110,2 kWh/(m ² a)	

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Ergebnis
Monatsverfahren
kWh/(m²a)

Innentemperatur: °C

Gebäudetyp/Nutzung:

Energiebezugsfläche A_{EB}: m²

Standard-Personenbelegung: Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f _r	G _i kKh/a	kWh/a	Energie- bezugsfläche
1. Außenwand gegen Außenluft	A	794,2	0,157	1,00	84,0	10497	11,8
2. Dach	A	390,5	0,126	1,00	84,0	4135	4,6
3. Kellerdecke	B	389,2	0,233	0,62	84,0	4701	5,3
4. Innenwände zum Dachraum	A	41,4	0,164	1,00	84,0	572	0,6
5. Innenwände zum Keller	B	7,3	0,288	0,62	84,0	110	0,1
6. Haustür	A	2,6	1,090	1,00	84,0	236	0,3
7. Türen zum KG und DG	B	3,8	1,300	0,62	84,0	256	0,3
8. Fenster	A	140,5	0,855	1,00	84,0	10091	11,3
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	250,9	0,105	1,00	84,0	2212	2,5
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	76,9	0,342	0,62	84,0	1364	1,5
Summe aller Hüllflächen		1769,5					

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad η_{eff} a. Fresh-Aerex, Reco-Box Comfort, bisheriger Wert 89 - 12 = 77%, lt. fresh / ebök aber höher

der Wärmerückgewinnung η_{EWT}

Wärmebereitstellungsgrad des Erdsichwärmetauschers η_{L}

energetisch wirksamer Luftwechsel η_{L} (1 \cdot 0,00) + =

Lüftungswärmeverluste Q_L m³ \cdot 1/h \cdot kWh/(m²K) \cdot kWh/a = kWh/a

Summe Wärmeverluste Q_V (+) \cdot 1,0 = kWh/a

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a)	kWh/a	kWh/(m²a)
1. Ost	0,23	0,50	18,10	189	389	
2. Süd	0,38	0,50	57,42	360	3910	
3. West	0,22	0,50	18,10	268	525	
4. Nord	0,36	0,50	46,90	143	1197	
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0	
Summe					<input type="text" value="6020"/>	<input style="border: 2px solid black;" type="text" value="6,7"/>

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S Summe kWh/a

Interne Wärmequellen Q_I Länge Heizzeit spezif. Leistung q_I \cdot A_{EB} = kWh/a

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) =

Wärmegewinne Q_G $\eta_G \cdot Q_F =$ kWh/a

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = kWh/a

Grenzwert kWh/(m²a) Anforderung erfüllt?

Berechnungsblatt für das vereinfachte Verfahren der Energie-Einspar-Verordnung
JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF EnEV

Objekt:

Gebäudetyp/Nutzung: Baujahr

Standort:

Umbautes Volumen m³ vgl: Wohnfläche
 EnEV-Nutzfläche m² m²
 AV-Verhältnis m⁻¹

Achtung: in diesem Blatt wird konsequent mit der EnEV-Bezugsfläche gerechnet.
 Alle flächenbezogenen Kennwerte sind daher mit den PHPP-Werten nicht vergleichbar.

Behandlung Wärmebrücken:	ohne Nachweis	4108 Bbl. 2	vollständig berechnet	ΔU_{wb} Zuschlag
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,00"/>

Wärmeverluste:

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temperatur-Korrekturfaktor EnEV	spez. Transm. Wärme-verlust W/K
1. Außenwand gegen Außenluft	A 794,2	0,16	1,0	125,0
2. Dach	A 390,5	0,13	0,8	39,4
3. Kellerdecke	B 389,2	0,23	0,6	54,4
4. Innenwände zum Dachraum	A 41,4	0,16	0,8	5,5
5. Innenwände zum Keller	B 7,3	0,29	0,6	1,3
6. Haustür	A 2,6	1,09	1,0	2,8
7. Türen zum KG und DG	B 3,8	1,30	0,6	3,0
8. Fenster	A 140,5	0,85	1,0	120,1
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A 250,9	0,10	1,0	26,3
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B 76,9	0,34	0,6	15,8
SUMME Hüllflächen	1769,5			

spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T
 Jahres-Transmissionswärmeverluste Q_T

W/K
 $394 \cdot 66,12 = 26022$ kWh/a

Luftvolumenfaktor: EFH/ZFH bis zwei Vollgeschosse 0.76 sonst 0.8

Faktor * umbautes Vol. m³ = m³
 $3045,9 / 5 = 609,18$ 1/h

Luftwechsel: Achtung: kein Ansatz für WRG! Mit Drucktestergebnis <3.0 h⁻¹ Ansatz 0.6; sonst 0.7 h⁻¹

spezifischer Lüftungswärmeverlust H_L
 Jahres-Lüftungswärmeverluste Q_V

$3046 \cdot 0,600 \cdot 0,34 = 621$ W/K
 $621 \cdot 66,12 = 41084$ kWh/a

Jahreswärmeverluste Q_L

$Q_T + Q_V = 26022 + 41084 = 67106$ kWh/a

Wärmegewinne:

Ausrichtung der Fensterfläche	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fensterfläche Aw m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a	
1. Ost	0,567	0,50	18,1	155	796
2. Süd	0,567	0,50	57,4	270	4395
3. West	0,567	0,50	18,1	155	796
4. Nord	0,567	0,50	46,9	100	1330
5. Horizontal	0,567	0,00	0,0	225	0

Wärmeangebot Solarstrahlung $Q_{S,HP}$

Summe

Interne Wärmequellen $Q_{i,HP}$

spezif. interne Quellen kWh/(m²a) * A_N m² = kWh/a

Wärmegewinne $Q_{g,HP}$

$Q_S + Q_{i,HP} = 7316 + 28214 = 35530$ kWh/a

Jahresheizwärmebedarf Q_h

$Q_L - 0,95 Q_{g,HP} = 67106 - 0,95 \cdot 35530 = 33352$ kWh/a
 $Q'_h = 26,0$ kWh/(m²a)

Anforderung an den spezifischen Transmissionswärmeverlust

H'_T Anforderung W/(m²a) erfüllt? ja (ja/nein) H'_T W/(m²a)

Jahresprimärenergiebedarf (überschlägig)

Rechenweg EnEV				
	Q_H	AN	Heizwärmebedarf ges.	
	kWh/m ² a	m ²	kWh/a	
Heizwärmebedarf Q_H	26,0	1.282	33.352	
Warmwasserbereitung	12,5	1.282	16.031	
Anlagenaufwandszahl	e_P	1,30		
Primärenergiebedarf	Q_p		64.198 kWh/a	Verhältnis zu Zul. 58%
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''		50,1 kWh/(m ² a)	
Maximal zulässig	$Q_{p,zul.}''$		86,1 kWh/(m ² a)	
Bezugsfläche A_{EB}	m ²	893	71,9 kWh/(m ² a)	nur zum Vergleich: Bezugsfläche = beheizte Wohnfläche

zum Vergleich: Rechenweg PHPP				
	Q_H	AN	Heizwärmebedarf ges.	
	kWh/m ² a	m ²	kWh/a	
Heizwärmebedarf Q_H	47,3	893	42.213	
Warmwasserbereitung	17,2	893	15.348	siehe Berechnung WW+Verteilung
Anlagenaufwandszahl	e_P	1,30		
Primärenergiebedarf	Q_p		74.829 kWh/a	
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p''		83,8 kWh/(m ² a)	

Kostenzusammenstellung nach Gewerken										
Vergleich der Standards: EnEV Instands. / EnEV 140 % / EnEV-Neubau / EnEV 60 / 3-Liter-Haus										
Gerüstarbeiten										
	Die Gerüstarbeiten werden für Instandsetzungsarbeiten benötigt. Energetisch bedingt sind nur Sondermaßnahmen wie die Konsolen, Innengeländer und die Standzeitverlängerung.									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	TITEL 1 GERÜSTARBEITEN									
101	Gerüst als Stahlrohrrahmengerüst	1043,07	m²	3,32	3.462,99	3.462,99	3.462,99	3.462,99	3.462,99	3.462,99
102	Zulage für Konsole	127,68	m	5,00	638,40		255,36	319,20	638,40	638,40
105	Zulage für Überbauung Eingang	3,07	m	10,00	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70
108	Innengeländer (Abstand des Gerüstes zur Wand vor dem Anbringen vor 20 cm Wärmedämmverbundsystem ca. 45 cm)	363,36	lfdm	1,40	508,70				508,70	508,70
109	Zulage für Dachdeckerfangengerüst	98,84	m	6,70	662,23	662,23	662,23	662,23	662,23	662,23
110	Standzeitverlängerung je qm und Woche	3129,21	m²	0,30	938,76		938,76	938,76	938,76	938,76
111	Sondernutzungsgebühr (Kostenangabe nur, wenn eine Gebühr anfällt)		Stck							
	TITEL 1 GERÜSTARBEITEN SUMME NETTO				6.241,79	4.155,92	5.350,04	5.413,88	6.241,79	6.241,79

Erdarbeiten, Maurer- und Betonarbeiten und										
	energetisch relevante Maßnahmen: das Schließen der Schornsteinzüge i zum Erreichen der Luftdichtheit erforderlich; Maßnahmen am Heizraum sind Voraussetzung für die neue angepasste Heizanlage (s. u.); die Rabattenausbildung ist zur Wärmebrückenreduktion auszuführen; Schließen von Durchbrüchen									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	LOS 1: Erdarbeiten									
201	Aushub für Balkonfundamente, ca. 0,7 / 0,7 / 0,8 m (b / l / h), Abfuhr de Aushubmaterials	2,99	m³	19,00	56,81	56,81	56,81	56,81	56,81	56,81
202	Liefern von Verfüllmaterial	14,53	m³	9,10	132,22	132,22	132,22	132,22	132,22	132,22
203	Verfüllen und Verdichten im Bereich des vormaligen Kellerabgangs	14,53	m³	7,57	109,99	109,99	109,99	109,99	109,99	109,99
	SUMME NETTO				299,03	299,03	299,03	299,03	299,03	299,03
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden		Std.	39,00						
9902	Facharbeiterstunden		Std.	38,00						
9903	Helferstunden		Std.	37,00						
9904	Auszubildende		Std.	30,00						
9900	TITEL STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO									
	LOS 2 Maurer- und Betonarbeiten									
Pos.	Beschreibung									
1200	TITEL 1 MAUERARBEITEN									
1201	Senkrechte Mauerwerksabdichtung mit Zweikomponenten-Bitumenabdichtung gegen drückendes Wasser im Bereich des vormaligen Kellerabgangs	22,65	m²	25,00	566,25	566,25	566,25	566,25	566,25	566,25
1202	Pordränplatten	12,42	m²	6,14	76,26	76,26	76,26	76,26	76,26	76,26
1203	Abdecken Vlies	12,42	m²	3,80	47,20	47,20	47,20	47,20	47,20	47,20
1203	Untergrundvorbereitung für Dickbeschichtung (Facharbeiter)		Std	38,00						
1204	Aufmauern der Kellertüren bis UK Kellerfenster, KS 12 / 1,4, Dicke 24	1,26	m³	203,00	255,78	255,78	255,78	255,78	255,78	255,78
1205	Untermauern von Balkonfundamenten mit Betonstein-Mauerwerk oder KS	0,30	m³	198,00	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40
1206	Schornsteinzug schließen: Einbringen einer provisorischen verlorenen Schalung (nichtbrennbar, z. B. in den Querschnitt gepresste Gipsfaserplatten) und luftdichtes Ausgießen mit Beton (oder Anhydrit/Gips) in einer Höhe von ca. 25 cm; Querschnitt innen ca. 25/25 cm	11,00	Stck	35,00	385,00		385,00	385,00	385,00	385,00
1206	wie vor, jedoch Querschnitt innen ca. 13,5/13,5 cm	10,00	Stck	29,00	290,00		290,00	290,00	290,00	290,00
1207	Zulage zu den beiden Vorpositionen für das Erstellen und wieder Verschließen einer dafür notwendigen Montageöffnung durch die 12,5 cm dicke Wandung (Backstein)	10,00	Stck	8,00	80,00		80,00	80,00	80,00	80,00
1207	T-30 Tür zum Heizraum 101/201 cm, Leibungstiefe ca. 24 cm	1,00	Stck	239,00	239,00			239,00	239,00	239,00
1257	TITEL 1 MAUERARBEITEN SUMME NETTO				1.998,88	1.004,88	1.759,88	1.998,88	1.998,88	1.998,88
	TITEL 2 BETONARBEITEN									

1301	Betonarbeiten in B 25 für Balkon-Einzel- und Streifenfundamente, 4 Einzelfundamente ca. 0,7 / 0,7 / 0,8 m; 2 Streifenfundamente ca. 0,5 / 3,5 / 0,8m (b / l / h;) (Schalung und Bewehrung in gesonderter Position)	3,83	m³	121,00	463,43	463,43	463,43	463,43	463,43
1302	Betonplatte in B 25 im Dachgeschoss des Wohngebäudes als Boden für den Heizraum, Maße ca. 1,80 / 4,00 / 0,12 m (zeitgleich mit Vorposition möglich, Schalung und Bewehrung in gesonderter Position)	0,95	m³	119,00	113,05			113,05	113,05
1303	zur Vorposition: PE-Folie, auf dem Fehlboden des Dachbodens verlegt	7,90	m²	1,00	7,90			7,90	7,90
1304	Schalung zu den Vorpositionen	4,16	m²	9,00	37,44			37,44	37,44
1305	Betonstahl (Matten und Stabstahl)	263,33	kg	1,23	323,90			323,90	323,90
1300	TITEL 2 BETONARBEITEN SUMME NETTO				945,72	463,43	463,43	945,72	945,72
9900	STUNDENLOHNARBEITEN								
9901	Meisterstunden		Std.	39,00					
9902	Facharbeiterstunden		Std.	38,00					
9903	Helferstunden		Std.	37,00					
9904	Auszubildende		Std.	30,00					
9900	TITEL STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO								

Pos.	LOS 3 Landschaftsbauarbeiten									
301	Entfernen und Entsorgen der vorhandenen Traufplatten 30/30/4 cm am Gebäudesockel	24,30	m²	9,71	235,95		235,95	235,95	235,95	235,95
302	Aushub im Wandanschluss-Bereich mit einem Profil von ca. 30 cm Tiefe und 65 cm Breite inkl. Abfuhr des Aushub-Materials	14,69	m³	19,00	279,11		167,47	167,47	279,11	279,11
303	Zulage für Verunreinigung wie Mauerbrocken etc.	5,36	m³	6,00	32,16		32,16	32,16	32,16	32,16
304	Beton-Rabattenplatten 20/6 cm senkrecht in Betonbett verlegt zur Begrenzung des Rabatten-Anschlusses, Außenkante ca. 60 cm von der Bestandswand (ca. 40 cm von AK Dämmung) entfernt	83,00	m	24,00	1.992,00		1.992,00	1.992,00	1.992,00	1.992,00
305	Kiespackung im Rabattenbereich, Querschnitt ca. 35 / 20 cm; Grobkies mit Materialquerschnitt im Mittel ca. 4 cm	83,00	m	12,60	1.045,80		1.045,80	1.045,80	1.045,80	1.045,80
306	Noppenplatte zum Schutz der Dämmung und Ableitung des Wassers von der Wand weg, Zuschnittsbreite ca. 50 cm	42,00	m²	6,80	285,60		285,60	285,60	285,60	285,60
307	Perimeterdämmplatten mit einer Zuschnittsbreite von ca. 40 - 50 cm Breite (Dicke 8 cm WLK 035) lose verlegen (ohne Kleber und Wandanschluss)	43,40	m²	19,00	824,60				824,60	824,60
308	Mietergartenabtrennung in Form eines Maschendrahtzauns, kunststoffummantelt, grün, 80 cm hoch,	50,00	m	25,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00
309	Zulage zur Vorposition für Ecken	2,00	St	14,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
310	Zulage für Endaussteifung eines Pfostens	4,00	St	12,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
311	Zulage für eine Gartenpforte	2,00	St	194,00	388,00	388,00	388,00	388,00	388,00	388,00
312	Zulage zur Vorposition für verschließbaren Beschlag, PZ-vorgerichtet	2,00	St	64,00	128,00	128,00	128,00	128,00	128,00	128,00
	SUMME NETTO				6.537,22	1.842,00	5.600,98	5.600,98	6.537,22	6.537,22
9900	STUNDENLOHNARBEITEN		EH	EP						
9901	Meisterstunden	5,00	Std.	39,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00	195,00
9902	Facharbeiterstunden	5,00	Std.	38,00	190,00	190,00	190,00	190,00	190,00	190,00
9903	Helferstunden	5,00	Std.	37,00	185,00	185,00	185,00	185,00	185,00	185,00
9904	Auszubildende	5,00	Std.	30,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
9901	Stürze und Teilabbruch KG-Tür Waschkeller	1,50		38,00	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00
		1,00		19,94	19,94	19,94	19,94	19,94	19,94	19,94
		2,00		19,94	39,88	39,88	39,88	39,88	39,88	39,88
9902	Altes Fundament (Südwest) abgestemmt	4,00		38,00	152,00	152,00	152,00	152,00	152,00	152,00
		3,00		19,94	59,82	59,82	59,82	59,82	59,82	59,82
9903	Bodenplatte für Balkonfundament aufschneiden	1,00		38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
		0,50		19,94	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97
	13.11. Kaminöffnungen in 6 Wohnungen zugemauert	8,25		38,00	313,50		313,50	313,50	313,50	313,50
	15.11. Durchbrüche zugemauert	6,50		38,00	247,00			247,00	247,00	247,00
	18./19.11 Durchbrüche zugemauert	6,50		38,00	247,00			247,00	247,00	247,00
9904	Arbeitsbericht Nr. 2 vom 13.10.2002									
	Alte Kellertüren ausgebaut und entsorgt	1,50		38,00	57,00			57,00	57,00	57,00
	DG-Boden für Bodenplatte vorbereitet	1,00		38,00	38,00			38,00	38,00	38,00
	Rabatten für Dämmung vor- und nachbereitet	4,00		38,00	152,00			152,00	152,00	152,00
	Türen entsorgen	2,00		9,80	19,60			19,60	19,60	19,60
9905	Arbeitsbericht Nr. 3 vom 13.11.2002									

	Kaminöffnungen in Wohnungen geschlossen und Durchbrüche geschlossen	8,25	38,00	313,50			313,50	313,50	313,50
	Material	2,00	7,93	15,86			15,86	15,86	15,86
9906	Arbeitsbericht Nr. 4 vom 15.11.02								
	Durchbrüche in den Wohnungen geschlossen	6,50	38,00	247,00			247,00	247,00	247,00
	Material	2,00	7,93	15,86			15,86	15,86	15,86
	Material	10,00	0,88	8,80			8,80	8,80	8,80
9907	Arbeitsbericht Nr. 5 vom 18/19.11.02								
	Durchbrüche in den Wohnungen geschlossen	6,50	38,00	247,00			247,00	247,00	247,00
	Material	1,00	7,93	7,93			7,93	7,93	7,93
9900	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO			3.026,66	1.096,61	1.410,11	3.026,66	3.026,66	3.026,66
	Erdarbeiten, Maurer- und Betonarbeiten und Landschaftsbauarbeiten Summe netto			12.807,51	4.705,95	9.533,43	11.871,26	12.807,51	12.807,51

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	TITEL 1 ABBRUCHARBEITEN									
1101	Abbruch von Mauerwerk Heizraumtür	0,68	m³	294,00	199,20			199,20	199,20	199,20
1101	Abbruch von Mauerwerk Kellertür	0,35	m³	294,00	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47
1101	Abbruch von Fensterbrüstungen: geändert nach Aufmaß	6,00	Stck	160,00	960,00		960,00	960,00	960,00	960,00
1102	Schlitz von 20 cm in eine Außenmauer schneiden, Mauerdicke 38 cm, Höhe 2,00 m; einseitig stößt die Mauer stumpf an das Gebäude an (dort ist kein Schnitt erforderlich, nur auf der anderen Seite des Schlitzes)	1,00	Stck	75,00	75,00				75,00	75,00
1103	Abbruch von Kaminmauerwerk (Backstein) oberhalb der Dachhaut im Zuge einer Dachneueindeckung; im Mittel ca. 80 cm hoch, Kaminaußenmaß von 2 Kaminen ca. 50/50 cm und von weiteren 2 Kaminen ca. 50/140 cm, Abrechnung nach Mauerwerksvolumen; bauseits wird das Dach abgedeckt, ein portables Dachgerüst wird bauseits bereit gestellt	1,76	m³	294,00	518,07			518,07	518,07	518,07
1104	wie vor, jedoch im Bereich des Dachbodens	0,66	m³	289,00	190,74			190,74	190,74	190,74
1105	Abbruch des oberen Teils der Wand (Backstein) am Kellerabgang auf der Rückseite des Gebäudes, Höhe 75 cm, Dicke 25 cm	2,80	m³	140,00	392,24		392,24	392,24	392,24	392,24
1106	Abbruch der beiden obersten Beton-Blockstufen des Kellerabgangs	1,00	pau	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
1107	Entfernen eines Geländers, bestehend aus Obergurt und Untergurt (ohne senkrechte Streben), Stützen ca. alle drei Meter mit Flex abtrennen; Stahlrohr mit 40 mm Durchmesser, Länge 15 m	1,12	pau	117,00	131,04	131,04	131,04	131,04	131,04	131,04
1108	Bodenplatte des Kellerabgangs durchlöchern, um Sickerfähigkeit für den Bereich herzustellen, Abrechnung nach Stundenaufwand in Abstimmung mit der Bauleitung	4,00	Std	34,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00
1109	Entfernen von Wandputz in kleinen Flächen		m²	9,50						
1110	Entfernen von Lattenverschlägen im Dachboden	19,88	m²	8,80	174,94	174,94		174,94	174,94	174,94
1111	Oberer Wandabschluss des Treppenhausmauerwerkes um ca. 15 cm abtragen, Wanddicke 12,5 cm im Bereich der Schräge des Treppenhauskopfes (Arbeiten werden ausgeführt, wenn das Dach abgedeckt ist, sodass frei gearbeitet werden kann, die Oberfläche muss nicht glatt abgetrennt sein, kann in Stufen ausgeformt sein, die sich durch das Mauerwerk ergeben)	6,20	m	10,00	62,00				62,00	62,00
1112	Vordach über der Haustür abtrennen; Maße ca. 1,50 m breit ca. 0,20 m hoch, Material: Betonstein	1,00	Stck	100,00	100,00				100,00	100,00
1113	Oberer Wandabschluss im Traufbereich um etwa eine Steinschichtdicke (12,5 cm) abtragen, Wanddicke ca. 12,5 cm im Bereich zwischen den Sparren (zur Abrechnung werden die Sparren übermessen); Gerüst bauseits, das Dach ist zum Zeitpunkt der Arbeit abgedeckt und der Arbeitsbereich gut zugänglich		m	10,00						
1114	Holzdecke Whg. 5 entfernen/entsorgen	18,70	m²	14,00	261,80					261,80
1115	Staubschutzwand/Bodenschutz zu Pos. 1101	6,00	Stck	60,00	360,00			360,00	360,00	360,00
1116	Treppenschräge abrechen	7,00	m²	13,00	91,00			91,00	91,00	91,00
1117	Stundenlohnarbeiten Helfer	2,50	Std	33,00	82,50			82,50	82,50	82,50
1118	Material zur Vorposition	1,00	pa	30,00	30,00			30,00	30,00	30,00
	TITEL 1 ABBRUCHARBEITEN SUMME NETTO				3.911,01	588,46	1.765,75	3.412,21	3.649,21	3.911,01
	Abbrucharbeiten Summe netto				3.911,01	588,46	1.765,75	3.412,21	3.649,21	3.911,01

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Dachdeckerarbeiten										
	energetisch bedingt ist das Anbringen des Aufschieblings und alle damit verbundenen Arbeiten inkl. der Neueindeckung im unteren Anschlussbereich; weiterhin die Arbeiten für die Solaranlage inkl. Dachausstieg zur Revision									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
TITEL 1 DACHDECKERARBEITEN										
2001	Entfernen von Biberschwanzeindeckung inkl. Lattung; inkl. Entsorgung	462,02	m2	6,90	3.187,94	2.550,35	2.550,35	3.187,94	3.187,94	3.187,94
2002	Entfernen von Schneefanggittern; inkl. Entsorgung	82,70	m	1,60	132,32	132,32	132,32	132,32	132,32	132,32
2003	Entfernen von einfachverglasten Dachbelichtungsfenster ca. 25/40 cm; inkl. Entsorgung	14,00	Stck	2,10	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40
2004	Dacheindeckung mit Betondachsteinen Fabr. Braas Tegalit o. glw. Klassisch-Rot; angebotenes Fabrikat:	463,02	m²	14,90	6.899,00	5.519,20	5.519,20	6.899,00	6.899,00	6.899,00
2005	Unterspannbahn; angebotenes Fabrikat:	481,26	m²	2,70	1.299,40	1.299,40	1.299,40	1.299,40	1.299,40	1.299,40
2006	Konterlattung	481,26	m²	2,20	1.058,77	847,02	847,02	1.058,77	1.058,77	1.058,77
2007	Lattung zur Vorposition nach DIN 68 365; 30 / 50 mm	481,26	m²	4,00	1.925,04	1.540,03	1.540,03	1.925,04	1.925,04	1.925,04
2008	Trockenfirstausbildung	25,65	m	27,10	695,12	695,12	695,12	695,12	695,12	695,12
2009	Traufbohle	92,30	m	4,20	387,66			387,66	387,66	387,66
2010	Gratausbildung	32,80	m	34,80	1.141,44	799,01	799,01	1.141,44	1.141,44	1.141,44
2011	Schneefanggitter, verzinkter Winkelstahl 25/25/3	84,30	m	15,20	1.281,36	1.281,36	1.281,36	1.281,36	1.281,36	1.281,36
2012	Dunstrohraufsatz mit Durchgangspfanne	4,00	Stck	52,10	208,40	208,40	208,40	208,40	208,40	208,40
2013	Sicherheitsdachhaken, verzinkt	40,00	Stck	7,10	284,00	284,00	284,00	284,00	284,00	284,00
2014	Bereitstellen eines portablen Dachgerüsts für das Abbrechen von Schornsteinköpfen durch eine Drittfirma (2 mal 1 Tag Vorhalt)	2,00	Tage	95,00	190,00			190,00	190,00	190,00
2015	Provisorisches Andichten an zwei Schornsteinköpfe (45/45 cm) am First (die Schornsteinköpfe werden bauseits ca. 2 Wochen zeitversetzt abgerissen); nach Abriss Herstellung der vollständigen Dacheindeckung in den beiden Bereichen	2,00	pau	55,00	110,00			110,00	110,00	110,00
TITEL 1 DACHDECKERARBEITEN SUMME NETTO					18.829,85	15.185,60	15.185,60	18.829,85	18.829,85	18.829,85
TITEL 2 DACHDECKER-NEBENARBEITEN										
2021	Verlängern der vorhandenen Sparren (ca. 12/14) um 30 cm mittels Aufschiebling;	128,00	Stck	3,90	499,20				499,20	499,20
2022	Sparrenauswechslung (liegender Dachstuhl): Sparrenabstand ca. 0,70 m einen Sparren auf eine Länge von ca. 1,40 m ausnehmen, so dass sich eine Öffnung von ca. 1,40 x 1,40 m ergibt	1,00	Stck	98,00	98,00				98,00	98,00
2023	Anarbeiten der Ziegel an eine Solaranlage	18,00	m	4,55	81,90				81,90	81,90
TITEL 2 DACHDECKER-NEBENARB. SUMME NETTO					679,10				679,10	679,10
TITEL 3 DACHFLÄCHENFENSTER										
2080	TITEL 3 DACHFLÄCHENFENSTER									
2081	Schornsteinfegerausstieg Fabrikat: Velux GVT 103 0000 o. glw.	1,00	Stck	746,00	746,00				746,00	746,00
2082	Universal-Metalldachfenster Fabr. Braas o. glw.	2,00	Stck	105,00	210,00	210,00	320,00	320,00	210,00	210,00
9900	TITEL 3 DACHFLÄCHENFENSTER SUMME NETTO				956,00	210,00	320,00	320,00	956,00	956,00

9901	NACHTRAG								
9902	Aufschiebling Mehrpreis	1,00	Paus	250,00	250,00			250,00	250,00
	TITEL STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				250,00			250,00	250,00
	Abtropfblech an der Traufe	57,95		4,50	260,78			260,78	260,78
	Abzüge				-210,00	-210,00		-210,00	-210,00
	Dachdeckerarbeiten Summe netto				20.765,72	15.185,60	15.505,60	19.149,85	20.765,72
	Schlosserarbeiten								

LOS 1: 6 Stahlbalkons und 2 Überdachungen										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
3101	Balkon-Grundkonstruktion aus einem Stahlrahmen 3,40 / 1,60 m, rundumlaufend Rechteck-Stahl-Hohlprofil 140 x 80 x 4,0, inkl. vierseitig Anschlussprofil (je ca. 15 cm) mit gleichem Querschnitt zu den Balkonstützen gem. Folgeposition	6,00	Stck	555,29	3.331,74	3.331,74	3.331,74	3.331,74	3.331,74	3.331,74
3102	Querstreben zu obigem Rahmen für Auflage des Balkonbodens gem. Folgeposition, bestehend aus jeweils ca. 1,44 m langem Rechteck-Stahl-Hohlprofil 60 x 40 x 4,0; Rasterabstand ca. 60 cm	43,00	m	38,47	1.654,21	1.654,21	1.654,21	1.654,21	1.654,21	1.654,21
3103	Balkonstützen als Stahlrohr 101,6 x 2,9, je 4 Stützen pro Balkon, Länge 10 bis 11 m	86,00	m	26,83	2.307,38	2.307,38	2.307,38	2.307,38	2.307,38	2.307,38
3104	Zulage zur Vorposition für die Gestaltung des oberen Anschlusses an das Glasdach, bestehend aus einer Rundplatte (ca. Durchmesser 20 cm) und einem verjüngten Stahlrohr oberhalb	8,00	Stck	47,68	381,44	381,44	381,44	381,44	381,44	381,44
3105	wie vor, jedoch Anschluss an das Fundament, bestehend aus einer Rundplatte ca. Durchmesser 20 cm und einer Schraubverbindung zum Fundament	8,00	Stck	97,10	776,80	776,80	776,80	776,80	776,80	776,80
3106	Verbindung der Stützen zum Mauerwerk mittels Edelstahl-Gewindestab, Durchmesser ca. 10 mm, Länge ca. 300 mm	8,00	Stck	30,80	246,40	246,40	246,40	246,40	246,40	246,40
3107	Balkonboden aus zementgebundener Spanplatte, ca. 24 bis 28 mm dick, Fabr. Eternit-Duripanel, Balkodur o. glw., wetterfest ohne Oberflächenbehandlung, durch die Konstruktion mit 2 % Gefälle nach außen verlegt	33,00	m²	167,77	5.536,41	5.536,41	5.536,41	5.536,41	5.536,41	5.536,41
3108	Rinne an der Vorderseite des Balkons aus einem U-Stahl (U-50, 50 mm breit 38 mm hoch)	21,00	m	21,29	447,09	447,09	447,09	447,09	447,09	447,09
3109	Wasserspeier zur Vorposition, bestehend aus einem Stahlrohr mit Durchmesser 22 mm, i. M. 30 cm lang	6,00	Stck	42,64	255,84	255,84	255,84	255,84	255,84	255,84
3110	Balkongeländer an der Vorderseite (Breite ca. 3,50 m), bestehend aus der Tragkonstruktion (3 Felder), befestigt am unteren Balkonrahmen, innenseitig an den Stützen entlanglaufend und nur mit einem filigranen Rundrohr an den Stützen befestigt, inkl. zwei waagerechten Geländerstäben als Rundrohr 33,7 x 2,6 (nicht enthalten: Bekleidung, s. nächste Position)	6,00	Stck	235,89	1.415,34	1.415,34	1.415,34	1.415,34	1.415,34	1.415,34
3111	Geländerverkleidungen (gesamt 6 Stück, ca. 3,50 / 0,70 m) zur Vorposition mit Edelstahl-Lochplatten, Plattenhöhe ca. 70 cm, 3 Platten pro Balkonfront, gefasst mit Einfassprofilen (Rechteckprofil 20/30 mm Fabr. Meck Typ PE), Edelstahlplatten mit Quadratlochung in geraden Reihen, Blechdicke nach Anforderung, Lochweite 4 mm t 7 (Fabr.	6,00	Gel.	768,41	4.610,46	4.610,46	4.610,46	4.610,46	4.610,46	4.610,46
3112	Blumenkastenhalterung auf Geländerbreite auf Höhe der Oberkante der Geländerverkleidungen (OK Blumenkasten = 62 cm über Balkonfussboden), einfache Ausführung	6,00	Stck	35,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00

3113	Balkongeländer an den Geländeseiten (Breite ca. 1,60 m), bestehend aus der Tragkonstruktion, befestigt am unteren Balkonrahmen (unterer Abschluss als Rechteckprofil 50 x 30 x 2,9; gleichzeitig als seitliche Begrenzung zur Spanplatte auf dem Balkonboden), darüber senkrechte Geländerstäbe mit ca. 15 mm Durchmesser im Abstand von 12 cm, obere Begrenzung durch Rundrohr 33,7 x 2,6 in 62 cm Höhe über Balkonboden, darüber weitere zwei waagerechte Geländerstäbe als	12,00	Stck	136,25	1.635,00	1.635,00	1.635,00	1.635,00	1.635,00	1.635,00
3114	Querträger für das Glasdach als IPE 140	16,00	m	85,83	1.373,28	1.373,28	1.373,28	1.373,28	1.373,28	1.373,28
3115	Lochungen zur Gestaltung des IPE 140, Durchmesser ca. 7 cm	20,00	Stck	17,25	345,00	345,00	345,00	345,00	345,00	345,00
3116	Tragprofile für das Glasdach (z. B. als Rechteck-Stahlprofil 60 x 40 x 2,9), Rastermaß ca. 70 cm, Gesamtdachbreite ca. 4,20 m	32,20	m	33,32	1.072,90	1.072,90	1.072,90	1.072,90	1.072,90	1.072,90
3117	Glashalteprofile inkl. Alu-Abdeckleiste, pulverbeschichtet; Fabr. / Beschreibung beilegen	32,20	m	28,84	928,65	928,65	928,65	928,65	928,65	928,65
3118	Verbundsicherheitsglas für das Glasdach (gehalten durch die Profile aus der Vorposition; es soll kein Anschluss an den Wandputz erfolgen (Montage mit 5 mm Luft zur Wand) und keine Regenrinne montiert werden (freier Ablauf, der erhöhte Feuchteintrag auf die Balkons bei Wind wird seitens des Bauherrn bewusst in Kauf genommen, um wegen des Baumbestands keine erhöhten Wartungsaufwendungen zu erhalten) Glasdicke: mm	18,48	m²	143,40	2.650,03	2.650,03	2.650,03	2.650,03	2.650,03	2.650,03
3119	Treppenabgang zum Garten, 4 Stufen mit ca. 26 cm Auftrittlänge (ergibt 5 Steigungen 18/26) inkl. seitlichem Geländer; Stufen als Lochblech; gegengerechnet werden muss der Kostenansatz aus den beiden Positionen des vorderen Balkongeländers	2,00	Stck	619,54	1.239,08	1.239,08	1.239,08	1.239,08	1.239,08	1.239,08
3150	BRIEFKASTENANLAGE				1.751,96	1.751,96	1.751,96	1.751,96	1.751,96	1.751,96
	Auftragserweiterung: Eingangsüberdachung				1.959,00	1.959,00	1.959,00	1.959,00	1.959,00	1.959,00
	TITEL 1 SCHLOSSERARBEITEN SUMME NETTO				34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01

Flaschnerarbeiten										
	Die Flaschnerarbeiten beinhalten vollständig Instandsetzungsbereiche; Ausnahme bilden die Besonderheiten des Traufanschlusses und einige Anschlüsse in der Fassade, die durch das WDVS bedingt sind									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2201	TITEL 1 FLASCHNERARBEITEN									
2201	Hängerinne aus Titanzink	93,50	m	16,30	1.524,05	1.524,05	1.524,05	1.524,05	1.524,05	1.524,05
2201	Alt. Hängerinne als Kastenrinne aus Titanzink		m	19,10						
2202	Fallrohranschlußstützen als Zulage	4,00	Stek	17,80	71,20	71,20	71,20	71,20	71,20	71,20
2203	Rinnen-Eckausbildung	4,00	Stek	23,90	95,60	95,60	95,60	95,60	95,60	95,60
2204	Dehnungsausgleich der Rinnen	8,00	Stek	24,60	196,80	196,80	196,80	196,80	196,80	196,80
2205	Regenrohr aus Titanzink NW 100 mm	36,00	m	12,30	442,80	442,80	442,80	442,80	442,80	442,80
2206	Doppelbögen als Zulage zur Vorposition	4,00	Stek	9,20	36,80	36,80	36,80	36,80	36,80	36,80
2207	Standrohr aus Gußeisen NW 100 mm 50 cm hoch	4,00	Stek	23,50	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00
2208	Zulage zur Vorposition für Doppelbögen	4,00	Stek	34,65	138,60	138,60	138,60	138,60	138,60	138,60
2208	Abdeckrosette für Anschluß Standrohr	4,00	Stek	6,70	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80
2209	Traufblech aus Titanzink, Rinneneinhang 250 mm	92,30	m	8,65	798,40	798,40	798,40	798,40	798,40	798,40
2210	Entfernen der vorhandenen o. a. Bleche inkl. Entsorgung	1,00	pau	665,00	665,00	665,00	665,00	665,00	665,00	665,00
2211	Lüftungsgitter an der Traufe, Kunststoff	92,30	m	2,10	193,83			193,83	193,83	193,83
2212	Kleinflächige Einblechungen Abdeckung Mauer West	0,70	m²	98,20	68,74				68,74	68,74
2213	Verblechung mit Titanzink	7,38	m²	87,95	649,07		649,07	649,07	649,07	649,07
2214	Blechanschluß bei aufgehender Wand, inkl. Überhangblech		m	34,70						
2215	Überhangblech		m	10,90						
NA	SML-Gussrohr DN 100, 1700 mm lang	4,00	m	79,90	319,60	319,60	319,60	319,60	319,60	319,60
	TITEL 1 FLASCHNERARBEITEN SUMME NETTO				5.321,29	4.409,65	5.321,29	5.321,29	5.321,29	5.321,29
9900	TITEL 2 STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden		Std.	42,60						
9902	Facharbeiterstunden		Std.	40,80						
9903	Helferstunden		Std.	37,60						
9904	Auszubildende		Std.							
	TITEL 2 STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO									
	Flaschnerarbeiten Summe netto				5.321,29	4.409,65	5.321,29	5.321,29	5.321,29	5.321,29

Putzarbeiten										
LOS 1: Außenputz										
	Sowohl nach WSVO als auch nach EnEV (Anhang 3 Nr. 1) bestehen keine Maßnahmen-anforderungen: der ausgeführten Dämmvariante wird kostenmäßig eine Instandsetzungsmaßnahme gegenüber gestellt mit Streichen des vorhandenen intakten Putzes									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2300	TITEL 1 WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM									
2300	Baustelleneinrichtung, bestehend aus Strom- und Wasseranschluss (vgl. allgemeine Vertragsbedingungen), im Gebäude einrichten und für Folgegewerke vorhalten	1,00	pau	250,00	250,00		250,00	250,00	250,00	250,00
2301	Wärmedämmverbundsystem: Dämmung PS 15, Dicke 200 mm, WLГ 035, Untergrund: verputzte Wand; Dämmplatten vollflächig verklebt; Beschichtung mit Armierungsmörtel und Armierungsgewebe, inkl. Dübelung, Oberputz als Silikonharzputz mit Kratzputzstruktur Körnung 3 mm, gelb getönt nach Muster (Hellbezugswert ca. 50), (Dämmhöhe ca. 11,00 m, Gebäude mit 3 Geschossen)	1018,23	m²	47,00	47.856,81	9.571,36	39.721,15	45.463,97	47.856,81	47.856,81
2301	Zulage für Ausgleich des unebenen Untergrundes beim Verkleben des WDVS	1018,23	m²	3,93	4.000,00		4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00
2302	Brandschutzausführung (Brandbarriere) über allen Fenstern und Türen als Zulage zu Pos. 2301 (EG bis 2. OG) mit Mineralfaserplatten (A 1, beidseitiger Überstand 300 mm, Höhe 200 mm) oder mit Gewebeschaufen (nicht gewählt durchstreichen; Abrechnung nach lichter Fenster- / Türbreite)	107,24	m	10,50	1.126,02			900,82	1.126,02	1.126,02
2303	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibungen und Ecken	334,26	m	2,75	919,22		919,22	919,22	919,22	919,22
2304	Zulage für zweite Gewebelage für erhöhte mechanische Festigkeit des Oberputzes		m²	12,00						
2305	Zulage für die Fensterleibungen bei Öffnungen größer als 2,5 qm, Abrechnung nach lfdm; die Fenster stehen ca. 6 cm in die Putzebene hinein, der Rahmen wird ca. 4 cm überdämmt	39,96	m	5,00	199,80		199,80	199,80	199,80	199,80
2306	Putzanschluß am Fensterrahmen mit Kompribändern	275,74	m	1,50	413,61		413,61	413,61	413,61	413,61
2307	Putzanschluß an Fensterbrettern mit Kompribändern	127,70	m	1,50	191,55		153,24	181,97	191,55	191,55
2308	Sonstige Putzanschlüsse mit Kompribändern	52,19	m	1,50	78,29		78,29	78,29	78,29	78,29
2309	Sockelausbildung 40 cm hoch im Spritzwasser- und Feuchtebereich mit Dämmplatten PS 30 WLГ 035	45,42	m²	11,00	499,62		399,70	474,64	499,62	499,62
2310	Aluminium-Fensterbretter außen, Tiefe ca. 20 cm, mittlere Fensterbreite ca. 1,40 m, inkl. zugehörigen Seitenabschlüssen, Abrechnung nach lfdm	78,78	m	23,00	1.811,94		1.449,55	1.630,75	1.811,94	1.811,94
2311	Austrittsbank aus Edelstahl (mit Leichtbetonkern) zu den Balkons mit wärmebrückenminimierten Konsolen, Tiefe ca. 20 cm, Fenstertürbreite 2,18 m, inkl. Seitenabschlüssen, Abrechnung nach lfdm	12,96	m	63,00	816,48		571,54	734,83	816,48	816,48
2312	Aluminium-Fensterbretter außen für die Kellerfenster, Tiefe ca. 20 cm, mittlere Fensterbreite ca. 0,70 m, inkl. Seitenabschlüssen, Abrechnung nach lfdm	14,40	m	25,00	360,00		360,00	360,00	360,00	360,00
2313	Panzergewebe bis auf 2 m Höhe rund um das Gebäude		m²	15,00						
2314	Anschluss und Dichtfuge mit APU-Leiste	275,74	m	4,50	1.240,83		1.240,83	1.240,83	1.240,83	1.240,83

2315	Bitumenabdichtung im Sockelbereich	90,84	m	6,00	545,04		545,04	545,04	545,04	545,04
2316	Standrohre mit Glimmerfarbe streichen	9,00	m	8,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00
	TITEL 1 AUSSENPUTZARBEITEN SUMME NETTO				60.381,20	9.643,36	50.373,96	57.465,76	60.381,20	60.381,20
Pos.	Beschreibung									
2301	TITEL 2 GESTALTUNGSELEMENTE AUSSENPUTZ									
2321	Zulage zu Pos. 2301 für die Ausbildung von Fensterfaschen, Breite ca. 15 cm, Farbton weiß oder leicht abgetönt		m	6,00						
2322	Gesimsabschluss an der Traufe in Form eines aufgesetzten Dämmstreifens unter der Traufe im Querschnitt ca. 8/8 cm, inkl. des Kantenschutzes an der sich daraus ergebenden unteren Kante	90,84	m	4,00	363,36		363,36	363,36	363,36	363,36
2323	Nachtrag: Zulage für trapezförmige Ausbildung mit 20 cm Höhe	90,84	m	3,90	354,28		354,28	354,28	354,28	354,28
2324	Nachtrag: Putzstreifen fein gefilzt als Farbtrennung	192,78	m	6,00	1.156,68		1.156,68	1.156,68	1.156,68	1.156,68
2323	Aufgesetztes Putzprofil beidseits neben der Haustür, ca. 25 cm breit, 5 cm auftragend, in der Mitte nochmals ca. 2 cm zusätzlich auftragend, farblich abgesetzt;		m	55,00						
2324	Aufgesetztes Putzprofil über der Haustür, nach oben hin in zwei Stufen von ca. 10 auf ca. 20 cm auskragend, Höhe ca. 25 cm; leichtes Gefälle auf der Oberseite nach außen (bauseits wird eine Verblechung		m	55,00						
2324	Änderung zu den beiden Vorpositionen: vereinfachte Ausführung 25 cm breit, 5 cm auftragend	6,70	m	49,00	328,30		328,30	328,30	328,30	328,30
	TITEL 2 GESTALTUNGSELEMENTE SUMME NETTO				2.202,62		2.202,62	2.202,62	2.202,62	2.202,62
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden		Std.	40,00						
9902	Facharbeiterstunden	10,00	Std.	35,00	350,00		350,00	350,00	350,00	350,00
9903	Helferstunden		Std.	30,00						
9904	Auszubildende		Std.	20,00						
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				350,00		350,00	350,00	350,00	350,00
	Summe Außenputz netto				62.933,82	9.643,36	52.926,57	60.018,37	62.933,82	62.933,82

LOS 2: Innenputz- und Trockenputzarbeiten										
	Die Innenputzarbeiten stellen Nebendarbeiten zu sonstig erforderlichen Maßnahmen dar (Anmerkungen s. dort, z. B. Fenster, Heizung)									
	Trockenputzarbeiten sind im Wesentlichen Arbeiten zur Verbesserung der energetischen Gebäudehülle sowie Verkleidungen für Haustechnikleitungen; z. T. Folgearbeiten (vgl. Innenputz)									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Innenputzarbeiten										
2331	Abschlagen von Innenwandputz inkl. Entsorgen des Schutts		m²	10,00						
2332	Innenwandputz erstellen als Gipsputz in kleinen Teilflächen von 2 bis 1 m²		m²	12,00						
2333	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen 1-2 qm	2,00	m²	15,00	30,00		15,00	21,00	27,00	30,00
2334	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen unter 1 qm; abgerechnet wird je Teilfläche eine Mindestfläche von 50/50 cm (0,25 m²)	37,85	m²	20,00	757,00		378,50	529,90	681,30	757,00
2335	Innenwandputz als Kalkzementputz in kleinen Teilflächen von 2 bis 10 m²		m²	13,00						
2336	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen 1-2 qm	2,86	m²	16,00	45,76		22,88	32,03	41,18	45,76
2337	neue Tür einputzen	1,00	St	50,00	50,00		50,00	50,00	50,00	50,00
2337	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen unter 1 qm; abgerechnet wird je Teilfläche eine Mindestfläche von 50/50 cm (0,25 m²)		m²	22,00						
2336	Dichtes Einputzen der Gassteigeleitung DN 22 mit 15 mm Mindest- Putzüberdeckung	10,00	m	15,00	150,00			150,00	150,00	150,00
2337	Beiputzarbeiten und Putzreparatur (Facharbeiterstunden)		Std.	35,00						
2338	Eckschutzschienen (Fenster einputzen)	267,57	m	3,00	802,71		802,71	802,71	802,71	802,71
2336	Streckmetall als Zulage zu den Putzpositionen		m²	5,00						
2337	Revisionstür 20/20 cm, verzinkt	3,00	Stck	20,00	60,00		60,00	60,00	60,00	60,00
2338	Revisionstür 30/30 cm, verzinkt		Stck	25,00						
2339	Revisionstür 40/60 cm, verzinkt		Stck	30,00						
2340	Gewebeeinlage im Putz als Glasseidengewebe		m²	1,50						
NA	Briefkasten sauber ausbauen und Loch füllen und zuputzen	1,00	pau	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
2330	TITEL 1 INNENPUTZARBEITEN SUMME NETTO				1.945,47	50,00	1.379,09	1.695,64	1.862,19	1.945,47
2330	TITEL 2 FENSTER EINPUTZEN									
2335	Fenster seitlich einputzen: zu verputzende Leibungstiefe ca. 30 cm, Leibungshöhe i. M. 1,50 m, die Leibung verengt sich mit zwei Anschlägen nach außen um ca. 10 cm, so dass die fertig verputzte Leibung schräg nach innen verläuft; Ausführung nach Wahl des Anbieters mit Naßputz oder Trockenputz, innenseitig sauber an die bestehende Putzkante anschließen	175,98	lfdm	10,00	1.759,80		1.055,88	1.055,88	1.759,80	1.759,80
2335	Zulage zur Vorposition wegen Erschwernis	175,98	lfdm	5,00	879,90		527,94	527,94	879,90	879,90
2336	Eventualposition: Putzanschlussprofil an den Fensterflügel; Beschreibung / Fabrikat:		m	3,00						
2337	Stundenlohnarbeiten für Unvorhergesehenes	22,00	Std	35,00	770,00		462,00	462,00	770,00	770,00
2338	Goldband zu Regiebericht 4	120,00	kg	0,26	31,40				31,40	31,40
2338	Seitliche Ausbrüche an Leibungen einputzen	57,00	m	4,00	228,00				228,00	228,00
2339	Fensterbänke einputzen (bei Fa. Stema entfallen)	54,00	St	25,00	1.350,00		1.350,00	1.350,00	1.350,00	1.350,00

2330	TITEL 2 FENSTER EINPUTZEN SUMME NETTO				5.019,10		3.395,82	3.395,82	5.019,10	5.019,10
2350	TITEL 3 TROCKENPUTZARBEITEN									
2351	Metallständerkonstruktion als Vorsatzschale im Heizraum zur bestehenden Treppenhauswand zur F-30-Ausbildung des Heizraumes; bestehend aus Metallständerwerk, einseitiger Gipskartonbekleidung	14,82	m ²	25,75	381,62			381,62	381,62	381,62
2352	Metallständerwand (Bereich Heizraum / Dachboden), Ausführung F-30 nicht brennbar, System Knauf W 111 o. glw. jedoch mit erhöhter Dämmdicke (20 cm) gemäß gesonderter Position	23,67	m ²	46,25	1.094,74			1.094,74	1.094,74	1.094,74
2353	Leichtbaudecke (Bereich Heizraum / Dachboden), Ausführung F-30, nicht brennbar; statisch tragende Grundkonstruktion ist vorhanden, so dass nur Tragweiten von ca. 1,00 m zu überbrücken sind, Dämmung gemäß gesonderter Position	9,01	m ²	31,25	281,56			281,56	281,56	281,56
2354	Trockenbauwand		m ²	36,50						
2355	Gipskarton-Deckenbekleidung als Abhängung der vollständigen Wohnungsflure und WC's; (Abhängungshöhe ca. 30 cm), bestehend aus Tragkonstruktion, Abhängern und Gipskartonbekleidung	114,21	m ²	31,25	3.569,06			3.569,06	3.569,06	3.569,06
2356	Dachschrägenbekleidung im Bereich des Treppenhauskopfes mit Unterkonstruktion (Dämmung und Dampfbremse unter gesonderter Position)	6,92	m ²	25,75	178,19		178,19	178,19	178,19	178,19
2357	Deckenbekleidung im Bereich des Treppenhauskopfes mit Unterkonstruktion, Ausführung F-90-B (Dämmung und Dampfbremse unter gesonderter Position)	7,90	m ²	42,00	331,80		331,80	331,80	331,80	331,80
2358	Metallständerkonstruktion als Vorsatzschale im Treppenhaus (1. und 2. OG) zur vollflächigen Verkleidung von Installationen; bestehend aus Metallständerwerk, einseitiger Gipskartonbekleidung, doppelagig	17,47	m ²	31,25	545,94			545,94	545,94	545,94
2359	Gipskartonverkleidung F-30 von Balken im Heizraum, Querschnitt der Verkleidung ca. 20/30 cm	4,38	m ²	46,25	202,58			202,58	202,58	202,58
2360	Gipskartonverkleidung von Installationssträngen senkrecht und waagrecht, Maße im Mittel 30/30 cm	25,41	m ²	45,75	1.162,51			1.162,51	1.162,51	1.162,51
2361	Gipskarton-Verkleidung von alten Rolladen-Nischen über den Fenstern (30 cm hoch / 35 cm tief, Fensterbreiten i. M. 1,60 m;	76,19	m ²	45,75	3.485,69		3.485,69	3.485,69	3.485,69	3.485,69
2362	Gipskarton-Verkleidung der Innenseite des Treppenhauskopfes in F-30-Ausführung; Platten direkt auf den intakten Putzuntergrund der Treppenhauswände kleben	25,31	m ²	17,25	436,60		436,60	436,60	436,60	436,60
2363	Zulage zu den Vorpositionen für Feuchtraumplatten		m ²	2,00						
2364	Zulage zu den Metallständerwänden für Türöffnungen	1,00	Stck	25,75	25,75		25,75	25,75	25,75	25,75
2365	Dampfsperre zu den Vorpositionen 2352, 2353, 2354, 2356, 2357 als PE-Folie, luftdicht montiert	47,50	m ²	3,75	178,13		106,88	178,13	178,13	178,13
2366	Dämmung mit Mineralwollplatten, WLK 035, Dicke 200 bis 300 mm, Abrechnung nach m ³	61,16	m ³	11,50	703,34		351,67	492,34	562,67	703,34
2367	Dämmung mit Mineralwollplatten, WLK 035, Dicke 200 bis 300 mm, Abrechnung nach m ³		m ³	9,00						
2367	wie vor, jedoch Dicke 50 bis 200 mm		m ³	8,50						

2368	Zusatzdämmung von Warmwasserleitungen mit Flachs- oder Baumwollmatten, Dämmdicke 60 mm: es handelt sich um bereits gedämmte parallel verlaufende 2 Leitungen mit einem Umfang von insgesamt 30 cm (=Zuschnitt der Matten), Abrechnung nach lfdm	23,94	m	15,00	359,10					359,10
2369	Eckausbildung von Gipskartonbeplankung mit Kunststoff-Eckprofilen	189,30	m	4,50	851,85		511,11	851,85	851,85	851,85
2370	Anschlußfuge, dauerelastisch	347,44	m	2,25	781,74		469,04	781,74	781,74	781,74
	BEREICH DACHBODEN									
2371	Dampfdiffusionsoffene Bahn luftdicht auf dem Dachboden verlegen und seitlich anschließen		m²	8,50						
2372	Dämmung aus Mineralfaserplatten, Dicke 25 cm, WLK 035, Oberseite abriebsicher, verlegt auf dem Treppenhaukopf und Heizraum	17,67	m²	9,00	159,03		47,71	79,52	127,22	159,03
9900	TITEL 3 TROCKENPUTZARBEITEN SUMME NETTO				14.729,21		5.944,44	14.079,60	14.197,64	14.729,21
Pos.	Beschreibung									
2370	TITEL 4 WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM IM INNENBEREICH									
2371	Wärmedämmverbundsystem am Treppenhaukopf im Dachbodenbereich außenseitig: Dämmung aus Mineralfaser, Dicke 200 mm, WLK 040, Untergrund: verputzte ebene Wand; Dämmplatten vollflächig verklebt; inkl. Dübelung (1 Dübel je Platte), Beschichtung mit Armierungsmörtel und Armierungsgewebe, glatt verrieben (kein Oberputz)	20,96	m²	31,00	649,76		389,86	487,32	552,30	649,76
2372	Wärmedämmverbundsystem im Treppenhaus direkt am Eingang beidseitig: Dämmung aus Mineralfaser-Lamellenplatten, Dicke 80 mm, WLK 040, Untergrund: verputzte ebene Wand; Beschichtung mit Armierungsmörtel und Wandschutzplatte		m²	80,00						
2373	WDVS (diese Position nur Dämmung) an der Kniestockwand im Dachboden innenseitig, Mineralwolle Dicke 20 cm, WLK 040, Oberseite abriebsicher, vollflächig verklebt; Höhe des Kniestocks 55 cm am oberen Abschluss muss ein Balkenquerschnitt von ca. 14/14 cm an der Wand ausgespart werden	60,76	m²	18,00	1.093,68				929,63	1.093,68
2374	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	54,18	m²	3,00	162,54				162,54	162,54
2375	Zulage zur vorletzten Position für Armierungsmörtel inkl. Einbetten von Armierungsgewebe für die o. a. WDVS-Position, glatt abziehen; die Flächen erhalten KEINEN Oberputz	54,18	m²	10,00	541,80				541,80	541,80
2376	Dämmung aus Mineralfaserplatten, Dicke 10 cm, WLK 040, vollflächig verklebt auf die Oberseite des Kniestocks in einer Breite von ca. 50 cm, einzukalkulieren ist der Anschluss an die Dachsparren in einem Abstand von etwa 70 cm	57,87	m²	20,50	1.186,34				1.186,34	1.186,34
2377	Zulage zur Vorposition für Armierungsmörtel inkl. Einbetten von Armierungsgewebe für die o. a. WDVS-Position, glatt abziehen; die Flächen erhalten KEINEN Oberputz	57,87	m²	10,00	578,70				578,70	578,70
2378	WDVS an den Kaminen im Dachboden innenseitig, Mineralwolle Dicke 10 cm, WLK 040, vollflächig verklebt, inkl. ein Dübel pro Platte und Spachtelung mit Gewebe (KEIN Oberputz)	13,25	m²	32,50	430,63				430,63	430,63
2379	Kantenschutz-Profile	133,23	m	3,00	399,69		239,81	399,69	399,69	399,69
2380	Anstrich im Heizraum vor Montage	37,28	m	5,25	195,72		195,72	156,58	195,72	195,72

	TITEL 4 WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM IM INNENBEREICH				5.238,85		825,39	1.043,59	4.977,33	5.238,85
	SUMME NETTO									
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden		Std.	40,00						
9902	Facharbeiterstunden	14,00	Std.	35,00	490,00		490,00	490,00	490,00	490,00
9903	Helferstunden		Std.	30,00						
9904	Auszubildende		Std.	20,00						
9904	Dachlatten	80,00	m	1,35	108,00			108,00	108,00	108,00
9905	Schrauben	110,00	St	0,06	6,60			6,60	6,60	6,60
9906	Dachlatten	30,00	m	1,35	40,50			40,50	40,50	40,50
9907	PE-folie	12,00	m²	1,05	12,60			12,60	12,60	12,60
9908	Gips	4,00	Sack	8,25	33,00			33,00	33,00	33,00
9909	Schuttcontainer	1,00	St	162,00	162,00		162,00	162,00	162,00	162,00
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				852,70		652,00	852,70	852,70	852,70

LOS 3: Dämmung Kellerdecke										
	Nach WSVO und EnEV (Anhang 3 Nr. 5) sind keine Maßnahmen erforderlich; deshalb werden die energetisch bedingten Kosten in voller Höhe angerechnet									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2650	TITEL 1 DÄMMUNG KELLERDECKE									
2651	Dämmung der Kellerdecke mit PS 15 SE WLK 035, 140 mm dick, vollflächig an der Decke verklebt	263,93	m²	16,50	4.354,85		2.612,91	3.483,88	4.354,85	4.354,85
2652	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	263,93	m²	1,00	263,93		211,14	237,54	263,93	263,93
2652	Dämmung der Kellerdecke im Bereich des Flurs mit Mineralwollplatten WLK 035, 140 mm dick, vollflächig an der Decke verklebt	27,34	m²	23,50	642,49		385,49	513,99	642,49	642,49
2653	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	27,34	m²	1,00	27,34		27,34	27,34	27,34	27,34
2653	Dämmung der Treppe zum 1. OG unterseitig im Bereich des Kellerabgangs mit Mineralwollplatten WLK 035, 140 mm dick, vollflächig an der Decke verklebt, inkl. 1 Dübel je Platte		m²	25,00						
2654	Zu den vorherigen Positionen: Spachteln der Dämmung unter der Kellerdecke inkl. Einbetten von Glasfasergewebe (KEIN Oberputz)	291,27	m²	10,00	2.912,70		2.912,70	2.912,70	2.912,70	2.912,70
2655	Wärmedämmverbundsystem aus Mineralwollplatten im Innenbereich seitlich der Kellertreppe zur Wohnung, Dicke 10 cm WLK 035, mit Spachtelung und Panzergewebe, Oberfläche glatt verspachtelt (KEIN Oberputz)	5,12	m²	25,00	128,00		128,00	128,00	128,00	128,00
2656	Zulage zur Vorposition bei Verwendung einer Wandschutzplatte statt Panzergewebe und Spachtelung		m²	45,00						
2657	Dämmung für ein Wärmedämmverbundsystem aus PS-Platten im Innenbereich am oberen Ende der Kellerwände auf eine Höhe von 30 bis 40 cm zur Wärmebrückenreduktion, Dicke 6 cm WLK 035, vollflächig verklebt	80,97	m²	12,00	971,64		971,64	971,64	971,64	971,64
2658	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	80,97	m²	1,00	80,97		80,97	80,97	80,97	80,97
2658	Verspachtelung zur Vorposition inkl. Einbetten eines Glasfasergewebes (KEIN Oberputz)	80,97	m²	10,00	809,70		809,70	809,70	809,70	809,70
2659	Kantenschutzprofile	302,67	m²	3,00	908,01		908,01	908,01	908,01	908,01
9900	TITEL 1 DÄMMUNG KELLERDECKE SUMME NETTO				11.099,63		9.047,91	10.073,77	11.099,63	11.099,63
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden		Std.	40,00						
9902	Facharbeiterstunden	2,00	Std.	35,00	70,00		35,00	49,00	70,00	70,00
9903	Helferstunden		Std.	30,00						
9904	Auszubildende		Std.	20,00						
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				70,00		35,00	49,00	70,00	70,00
	lt. Rechnung:									
	Putzarbeiten Summe netto			101.888,69	101.888,77	9.693,36	74.206,22	91.208,48	101.012,41	101.888,77
	5 % Nachlass			5.094,43	5.094,44	484,67	3.710,31	4.560,42	5.050,62	5.094,44
	Putzarbeiten Summe netto abzgl. Nachlass			96.794,26	96.794,33	9.208,69	70.495,90	86.648,06	95.961,79	96.794,33
	Putzarbeiten Summe brutto			112.281,34	112.281,43	10.682,08	81.775,25	100.511,74	111.315,67	112.281,43

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Estricharbeiten (Dämmung Dachboden 25 cm PS-Dämmung und 6 cm Fließestrich)										
Nach WSVO und EnEV (Anhang 3 Nr. 4.1) sind keine Maßnahmen erforderlich; die Kosten für die Dämm-Maßnahmen und damit zusammenhängenden Maßnahmen zur Begehbarkeit werden vollständig angerechnet										
2501	Dampfdiffusionsoffene Bahn luftdicht auf dem Dachboden verlegen und seitlich anschließen	345,42	m²	1,00	345,42		345,42	345,42	345,42	345,42
2502	Dämmlage zum schwimmenden Estrich aus PS-Dämmplatten, Dicke 25 cm, WLG 035, zweilagig verlegt auf dem Dachboden oberhalb der Bahn aus Pos. 2501	324,24	m²	13,00	4.215,16		1.053,79	2.782,00	4.215,16	4.215,16
2503	Estrich auf dem Dachboden, als Anhydrit-Fließestrich, Dicke 60 mm, inkl. Trennlage und Randabstellung PE-Schaum	295,76	m²	11,80	3.490,00		3.141,00	3.490,00	3.490,00	3.490,00
2503	Mehrstärken	295,76	m²	0,62	183,37		183,37	183,37	183,37	183,37
2504	Kantenausbildung für einen Versatz in der Dämmdicke im Bereich der Dachbodentür	3,00	lfm	1,50	4,50		4,50	4,50	4,50	4,50
9903	Facharbeiterstunden	6,00	Std	36,00	216,00		216,00	216,00	216,00	216,00
NA I	Kantenausbildung für einen Versatz in der Dämmdicke im Bereich der Dachbodentür	1,00	pau	200,00	200,00		100,00	140,00	200,00	200,00
Estricharbeiten Summe netto (Dämmung Dachboden)					8.654,45		5.044,08	7.161,30	8.654,45	8.654,45

Pos.	FLIESENARBEITEN									
	Die Fliesenarbeiten wurden erforderlich, weil die Trinkwassererwärmung in Verbindung mit der Solaranlage zentral erfolgt. Die Fliesenarbeiten dienen dazu, die dadurch entstandenen									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2401	Wandfliesen aus glasierten Steingutfliesen, Materialpreis 2€ (der tatsächliche Materialpreis wird nach Listenpreis gegengerechnet), in Kleinflächen auf neu errichtetem Untergrund (Gipskarton etc.) oder fliesfähigem Grund; Flächen über 2 m² je Ausbesserungsstelle	20,00	m²	45,00	900,00				900,00	900,00
2402	wie vor, jedoch Flächen über von 2 m² bis 1 m² je Ausbesserungsstelle	12,00	m²	45,00	540,00				540,00	540,00
2403	wie vor, jedoch Flächen unter 1 m², Mindestabrechnungsfläche 0,25 m² je Ausbesserungsstelle	10,00	m²	60,00	600,00				600,00	600,00
2404	Bodenfliesen aus glasierten Steingutfliesen	5,00	m²	45,00	225,00				225,00	225,00
2405	Fliesen im Außenbereich auf dem Wärmedämm-Verbundsystem (Angaben des Wärmedämmverbundsystem-Herstellers sind einzuhalten)		m²	45,00						
2406	Zulage zu den Vorpositionen für die Beschaffung der Kleinmengen Fliesen; Kostenansatz je Fliesenart	4,00	St	10,00	40,00				40,00	40,00
2407	Jollyprofile liefern und einbauen.	20,00	m	7,00	140,00				140,00	140,00
2408	Revisionstür 20/20 als Zulage zu Pos. 2401		Stck	20,00						
2409	Revisionstür 30/40 als Zulage zu Pos. 2401		Stck	25,00						
2410	Hartschaumplatte als Installationsverkleidung	5,00	m2	30,00	150,00				150,00	150,00
2411	Dauerelastische Fugen aus Silikon-Kautschuk	85,00	m	3,50	297,50				297,50	297,50
2412	Aluminium- oder Messing-Anschlusschienen		m	7,00						
2411	Eventualposition: Fensterbretter innen aus Juramarmor, Tiefe ca. 35 cm Fensterbreiten i. M. 1,50 m, inkl. Einputzen, Abrechnung nach lfdm									
	TITEL 1 FLIESENARBEITEN SUMME NETTO				2.892,50				2.892,50	2.892,50
9901	TITEL 2 STUNDENLOHNARBEITEN									
9902	Vorarbeiterstunden	2,00	Std	40,00	80,00				80,00	80,00
9903	Facharbeiterstunden	2,00	Std	40,00	80,00				80,00	80,00
9904	Helferstunden	2,00	Std	10,00	20,00				20,00	20,00
9904	Auszubildende		Std	10,00						
	TITEL 2 STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				180,00				180,00	180,00
	Fliesenarbeiten Summe netto				3.072,50				3.072,50	3.072,50

Schreinerarbeiten										
LOS 1: Fenster										
	Nach WSVO (Anlage 3 Nr. 1) und EnEV (Anlage 3 Nr. 2) war ein Fensteraustausch nicht erforderlich. Die neu eingebauten Fenster dienen vollständig zur Reduktion des Heizwärmebedarfs. Die Standardvariante hätte die Instandsetzung der vorhandenen Fenster vorgesehen. Der Kostenansatz für die Passivhaus-Komponenten wird abzüglich der Kosten für die Instandsetzung angesetzt.									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2700	TITEL 1 FENSTER									
2701	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 1,58/1,39 m (b/h), Glasteilung im Verhältnis 2 zu 1 (Drehkipplügel zu Drehflügel), Stulpflügel	30,00	St	784,00	23.520,00	3.528,00	15.993,60	16.464,00	23.520,00	23.520,00
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h),	6,00	St	502,00	3.012,00	451,80	2.048,16	2.108,40	3.012,00	3.012,00
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h),	6,00	St	502,00	3.012,00	451,80	2.048,16	2.108,40	3.012,00	3.012,00
2703	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 2,16/1,39 m (b/h), Stulpflügel	3,00	St	1.060,00	3.180,00	477,00	2.162,40	2.226,00	3.180,00	3.180,00
2704	Fenster, zweiflügelig (DK/DK), 2,16/1,39 m (b/h), Ausführung mit Mittelpfosten, auf den Mittelpfosten läuft innenseitig eine Wand zu (ca. cm dick); alternativ können zwei einflügelige Fenster zusammengefügt werden	3,00	St	1.160,00	3.480,00	522,00	2.366,40	2.436,00	3.480,00	3.480,00
2705	Fenstertür, zweiflügelig (DK/D), 2,18/2,30m (b/h),	6,00	St	1.203,00	7.218,00	1.082,70	4.908,24	5.052,60	7.218,00	7.218,00
2706	Treppenhausfenster, zweiflügelig (DK/D) 1,60/1,17	3,00	St	720,00	2.160,00	324,00	1.468,80	1.512,00	2.160,00	2.160,00
2707	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Fenster aus den Positionen 2701 bis 2706 inkl. Innenfensterbrett (10 cm tief) und Fensterblech (15 cm tief); Anmerkung zu Pos. 2705: vorhandene Fensterhöhe: 1,39 m; die Brüstung wird bauseits aberissen und beigeputzt	1,00	pau	2.350,00	2.350,00		2.350,00	2.350,00	2.350,00	2.350,00
2708	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Rolläden zu Fenstern Pos. 2701: Rolladenmaße 1,58/1,39 m; bestehend aus Rolläden und Kasten-Verkleidung: untere Holzblende der Verkleidung waagrecht ca. 10 cm tief, vertikaler Kastendeckel (geschraubt oder geklemmt) und Deckelrahmen (bestehend aus rundumlaufenden Latten mit Querschnitt ca. 30/40 mm)	30,00	St.	15,00	450,00		450,00	450,00	450,00	450,00
2709	wie vor jedoch zu Pos. 2703, Rolladenmaße 2,16/1,39 m (b/h)	6,00	St.	20,00	120,00		120,00	120,00	120,00	120,00
2710	wie vor jedoch zu Pos. 2704, Rolladenmaße 2,18/1,39 m (b/h)	6,00	St.	20,00	120,00		120,00	120,00	120,00	120,00
2711	Fensterbretter innen, Tiefe ca. 35 cm, zu Pos. 2701 bis 2704 und 2706, inkl. Einputzen, Abrechnung nach lfdm	30,00	m²	126,00	3.780,00	567,00	3.024,00	3.024,00	3.780,00	3.780,00
4000	Abzug für Einputzen der Innenfensterbänke	51,00	St	-15,00	-765,00		-765,00	-765,00	-765,00	-765,00
	Summe Fenster netto				51.637,00	7.404,30	36.294,76	37.206,40	51.637,00	51.637,00
LOS 3: Kellerfenster										
	Bei einer Standardsanierung wäre der Einbau neuer Kellerfenster nicht erforderlich gewesen. Zur gezielten Erhöhung der Temperatur im Keller in der Heizzeit wird eine frei Lüftung unterbunden und mit einer Abluftanlage die erforderliche Luftmenge ausgetauscht. Abgezogen werden die Kosten für die Instandhalten der Kellerfenster.									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus

2730	TITEL 1 KELLERFENSTER									
2731	Fenster, einflügelig, festverglast, 0,7/0,40 m (b/h), möglichst einfacher und schlanker Rahmen, oberer Rahmen aufgedoppelt auf gesamt ca. 10 cm Rahmenbreite; Verglasung mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung, $U_f = 1,1/1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; Einbauebene wie Pos. 2701	16,00	St	110,00	1.760,00	352,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	1.760,00
2732	wie vor, jedoch 0,7/0,70 m (b/h),	2,00	St	122,00	244,00	48,80	305,00	305,00	305,00	244,00
2733	wie vor, jedoch 0,9/0,40 m (b/h),	2,00	St	120,00	240,00	48,00	300,00	300,00	300,00	240,00
2734	Einputzarbeiten innenseitig pauschal für die vorangegangenen Positionen		St	13,00						
2735	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Fenster nach Pos. 2731 bis 2733; Einfachverglaste Kellerfenster mit Holzrahmen	1,00	pau	220,00	220,00		220,00	220,00	220,00	220,00
2736	Zulage zu Pos. 2731 für ein Zuluftventil im unteren Fenster-Stockrahmen: freier Querschnitt ca. 30-35 cm ² (vgl. techn.	16,00	St	64,50	1.032,00					1.032,00
	Kellerfenster Summe netto				3.496,00	448,80	3.025,00	3.025,00	3.025,00	3.496,00
	Summe Fa. Stema gesamt				55.133,00	7.853,10	39.319,76	40.231,40	54.662,00	55.133,00
	LOS 2: Haustür und Treppenhaustüren									
	Eine Erneuerung der Außentüren wäre nach WSVO/EnEV (Anhang 3 Nr. 3) nicht erforderlich gewesen; der Austausch erfolgte vor allem aus Gründen der Luftdichtung und Wärmedämmung mit Passivhaus-Komponenten; Keller- und Dachbodentür erfüllen die Kennwerte nicht ganz, da sie als T-30-Tür erstellt werden mussten; abgezogen wurden nur Kosten für das Streichen der Türen									
Pos.	Beschreibung	Masse geprüft	EH	EP	GP Ausführung	#WERT!	GP Ausführung	GP Ausführung	GP Ausführung	GP Ausführung
2730	TITEL 1 HAUSTÜREN UND TREPPENHAUST.									
	Die Haustür sowie KG- und Dachbodentür mussten aus energetischen Gründen erneuert werden, um das Dichtheitskonzept einhalten zu können. Ansonsten wäre eine malermäßige Überarbeitung der Türen ausreichend gewesen; von den Positionen werden die entsprechenden Kosten abgezogen									
2731	Haustür in Passivhaus-Ausführung, 1090/2300 (b/h) gem. techn. Vorbemerkungen, mit thermisch getrenntem Blendrahmen und Bodenanschlagsystem, Oberfläche deckend lackiert nach RAL, Lichtausschnitt bis 0,25 m ² , Sicherheitsverriegelung dreifach, Wetterschenkel außen	1,00	St	3.586,75	3.586,75	100,00	2.266,39	2.266,39	3.586,75	3.586,75
2732	Beschlag zur Vorposition: Griff Hoppe Schutzgarnitur Alu F 1 Naturfarben, innen Drücker, außen fester Knopf,	1,00	Stek							
2733	Hochwertiger selbstschließender Türschließer zur Vorposition, Fabrikat	1,00	Stek	163,75	163,75		106,44	106,44	163,75	163,75

2734	Treppenhaus-Abgang zum Keller: Holztür T-30; 885/2010 (b/h), mit erhöhter Wärmedämmung und hoher Luftdichtigkeit (bitte Werte eintragen) Uw ≤ 1,25 W/m²K _____ W/(m²K) Fugendurchlasskoeffizient _____ m³/(hm(daPa)2/3), deckend lackiert nach RAL, Verriegelung 3 fach, PZ-vorgerichtet; Bodenanschlagsystem ISO 2000 und absenkbares Bodendichtung, inkl. Beschlag	1,00	St	2.175,50	2.175,50	75,00	1.365,33	1.365,33	2.175,50	2.175,50
2735	Treppenhaustür zum Dachboden: Holztür T-30; 885/1983 (b/h), mit erhöhter Wärmedämmung und hoher Luftdichtigkeit (bitte Werte eintragen) Uw ≤ 1,25 W/m²K _____ W/(m²K) Fugendurchlasskoeffizient _____ m³/(hm(daPa)2/3), deckend lackiert nach RAL, Verriegelung 3 fach, PZ-vorgerichtet; Bodenanschlagsystem ISO 2000 und absenkbares Bodendichtung, inkl. Beschlag	1,00	St	2.175,50	2.175,50	75,00	1.365,33	1.365,33	2.175,50	2.175,50
2736	Einputzarbeiten für die Haustür (Pos. 3731), Leibungstiefe ca. 35 cm, dreiseitig		St	116,69						
2737	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Elemente (Haustür als Holztür, Kellerabgangstür und Dachbodentür als einfache Holz-Türblätter)	1,00	pau	226,90	226,90				226,90	226,90
	Profilzylinder für die Heizraumtür	1,00	pau	38,00	38,00		38,00	38,00	38,00	38,00
	Profilzylinder für die Hauseingangstür mit 17 Schlüsseln	1,00	pau	87,00	87,00		87,00	87,00	87,00	87,00
	Profilzylinder für die KG- und Dachboden-Tür	2,00	pau	24,00	48,00		48,00	48,00	48,00	48,00
	TITEL 1 HAUSTÜR UND TREPPENHAUSTÜR SUMME NETTO				8.501,40	250,00	5.276,48	5.276,48	8.501,40	8.501,40
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Stundenlohnarbeiten		Std.							
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO									
	Haustür und Treppenhaustüren Summe netto				8.501,40	250,00	5.276,48	5.276,48	8.501,40	8.501,40
	LOS 4: Instandsetzungsarbeiten									
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
2745	TITEL 1 TÜREN UND SONSTIGES									
2740	Überarbeiten der Wohnungseingangstüren und Herstellen von erhöhter Luftdichtheit durch Einfräsen von Gummilippen-Dichtprofilen an den Türseiten und der Türoberkante, Fabrikat (Prospekt / Beschreibung des Profils beilegen)	31,00	m	10,00	310,00		310,00	310,00	310,00	310,00
2741	Überarbeiten der Wohnungseingangstüren und Herstellen von erhöhter Luftdichtheit durch Montage einer unterseitigen Abdichtung (Kältefeind), Fabrikat (Prospekt / Beschreibung beilegen)	6,00	Stck	40,00	240,00		240,00	240,00	240,00	240,00
2742	Einbau von Nachströmöffnungen in die vorhandenen Innentüren der Wohnung im unteren Rahmen: Kunststoffgitter ca. 160 cm² (Beschreibung / Prospekt beilegen)	65,00	Stck	9,50	617,50					617,50

2744	Fußbodenanschluss im Bereich der Terrassentüren an den bestehenden Fußboden in Form einer Holzschwelle im Leibungsbereich: Tiefe ca. 38 cm, Breite ca. 2,20 m, inkl. seitlichen Abschlüssen an der Leibung	6,00	Stck	29,00	174,00		174,00	174,00	174,00	174,00
TITEL 1 TÜREN UND SONSTIGES NETTO					1.341,50		724,00	724,00	724,00	1.341,50
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
NA1	Wandregal für Computer-Auswertung Begleitforschung	1,00	Stck	150,00	150,00					150,00
NA2	Lattenabtrennungen im Keller kürzen, damit die Dämmung möglichst vollflächig angebracht werden kann	3,00	Std.	20,00	60,00		60,00	60,00	60,00	60,00
NA3	Stufenpodest zum Dachboden zur Überwindung der Dämmstärke unter dem Estrich des Dachbodens	1,00	Stck	200,00	200,00		100,00	150,00	200,00	200,00
NA4	Boden im Treppenhaus entfernt und ausgebessert	1,00	Stck	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO					450,00	40,00	200,00	250,00	300,00	450,00
Türen und Sonstiges Summe netto					1.791,50	40,00	924,00	974,00	1.024,00	1.791,50
Schreinerarbeiten Summe netto Fa. Kaul					10.292,90	290,00	6.200,48	6.250,48	9.525,40	10.292,90
Malerarbeiten										
Es werden nur solche Bereiche als Anschlussarbeiten angerechnet, die auf Grund von Passivhaus-Komponenten erstellt werden mussten										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
3400	TITEL 1 MALERARBEITEN / INNEN									
3401	Streichen von Innenwänden im Treppenhaus: Dispersionsfarbe inkl. Grundierung	113	m²	3,00	339,00	339,00	339,00	339,00	339,00	339,00
3402	Streichen von Innenwänden im Treppenhaus im Treppenlaufbereich: Binderfarbe inkl. Grundierung	75	m²	3,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00
3403	Streichen von Decken und Treppenuntersichten im Treppenhaus: Dispersionsfarbe inkl. Grundierung	73	m²	3,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00
3404	Streichen von Wänden und Decken im Heizraum: Dispersionsfarbe inkl. Grundierung	29	m²	5,00	145,00				145,00	145,00
3405	Bordüre am Abschluss der Binderfarbe zur Dispersionsfarbe (EG bis 2. OG)	53	m	2,00	106,00	106,00	106,00	106,00	106,00	106,00
3406	Streichen von Decken mit Dispersionsfarbe inkl. Grundierung (weiß), Untergrund Gipskarton (Flure mit jeweils ca. 19 m² und WC's)	121	m²	3,00	363,00				108,90	363,00
3407	wie vor, jedoch in Teilflächen bis 1 m² Größe, Mindest-Abrechnungsfläche je Ausbesserungsfläche 0,5 m²	10	m²	5,00	50,00					50,00
3408	Tapezieren mit Rauhfaser und Streichen mit Dispersionsfarbe (weiß), Untergrund tapezierfähig (Fensterleibungen 1,40 bis 2,30 m hoch, ca. 30 cm tief; Bereich über den Fenstern 1,10 bis 2,20 m breit, ca. 1,00 m hoch inkl. Leibung und ähnliche Flächen)	215	m²	5,00	1.075,00		1.075,00	1.075,00	1.075,00	1.075,00
3409	wie vor, jedoch in Teilflächen bis 1 m² Größe, Mindest-Abrechnungsfläche je Ausbesserungsfläche 0,5 m²	10	m²	7,00	70,00		70,00	70,00	70,00	70,00
TITEL 1 MALERARBEITEN SUMME NETTO					2.592,00	889,00	2.034,00	2.034,00	2.287,90	2.592,00
TITEL 2 LACKIERARBEITEN										

3450	Schützen von Treppenstufen mit trittfestem Material, Stufenbreite ca. 1,10 m, Stufenmaße ca. 18/28 cm	59,00	Stufen	2,00	118,00		118,00	118,00	118,00	118,00
3451	Wie vor, jedoch Treppenpodeste	26,00	m²	2,00	52,00		52,00	52,00	52,00	52,00
3452	Abschleifen von Holzstufen (Trittfläche), es liegen keine größeren Schäden vor und es ist bei der Kalkulation davon auszugehen, dass ein Abtrag ca. 0,5 mm ausreichend ist, Stufen ca. 1,10*0,28 m	59,00	Stufen	13,00	767,00	767,00	767,00	767,00	767,00	767,00
3453	Grundieren und Lasieren der Stufen	59,00	Stufen	5,00	295,00	295,00	295,00	295,00	295,00	295,00
3454	Grundieren und Lackieren der Stellstufen (ca. 1,10 * 0,17 cm)	59,00	Stck	2,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00
3455	Grundieren und Lasieren des Treppengeländer-Handlaufs	20,00	m	1,50	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3456	Grundieren und Lackieren des restlichen Treppengeländers, bestehend aus Rechteck-Stäben (30/40 mm) im Abstand von ca. 12 cm und Treppenwange innen- und außenseitig	20,00	m	20,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
3457	Zulage zur Vorposition für eine zweifarbige Ausführung (Absetzen der Stäbe)	20,00	m	1,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
3458	Lackieren von Treppenhaustüren (nur treppenhausseitig): Türblattgröße ca. 2,00/0,95 m, Rahmentiefe ca. 15 cm, Rahmenbreite ca. 12 cm, Profilierung: nur Rahmen und ein kleines Fenster in der Mitte	6,00	Stck	40,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
3459	Zulage zur Vorposition für eine zweifarbige Ausführung (Absetzen des Türblatt-Rahmens)	6,00	Stck	5,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3459	Lackieren von grundierten Flächen	5,00	m²	15,00	75,00				75,00	75,00
3456	Lasieren von bestehenden Holzflächen	5,00	m²	9,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
3457	Grundieren von unbehandelten neuen Holzflächen	5,00	m²	5,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
	TITEL 2 LACKIERARBEITEN SUMME NETTO				2.215,00	1.970,00	2.140,00	2.140,00	2.215,00	2.215,00
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9901	Meisterstunden	10,00	Std.	36,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
9902	Facharbeiterstunden	15,00	Std.	36,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
9903	Helferstunden	15,00	Std.	15,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00
9904	Auszubildende	10,00	Std.	7,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				1.195,00	1.195,00	1.195,00	1.195,00	1.195,00	1.195,00
	Malerarbeiten Summe netto				6.002,00	4.054,00	5.369,00	5.369,00	5.697,90	6.002,00
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
3500	BAUREINIGUNG									
3501	Fensterreinigung von Kellerfenstern (verglaste Kunststofffenster ca. 40/70 cm)	18,00	Stck	10,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
3502	Fensterreinigung von Treppenhausfenstern (zweiflügelige Kunststofffenster ca. 130/110 cm)	3,00	Stck	10,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3503	Abfegen eines Dachbodens; Untergrund: Estrich, wenig verschmutzt, einzelne Abfallteile verstreut (gesamt ca. 0,2 m² leichter brennbarer Abfall), Fläche ca. 290 m²	1,00	pause hal	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3504	Treppenhaus reinigen, 3 Geschosse: Holzterasse wischen, Geländer und Handlauf säubern, 3 Kunststoff-Fensterbänke säubern	1,00	pause hal	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

3505	Heizraum säubern (7 m² groß), Fußboden (Estrich) fegen, Leitungen reinigen (feucht abwischen der Kunststoff-Ummantelung der Heizleitungen), Abwischen des Warmwasserspeichers (Höhe ca. 2,10 m) und der Geräte (Vorsichtig abwischen, damit keine Ventilstellungen, Kabelanschlüsse etc. beschädigt bzw. geändert werden)	1,00	pauschal	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3506	Hautür, Kellertür, Heizraumtür und Dachbodentür reinigen; Oberflächen lackiert, jeweils beidseitig	4,00	Türen	15,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
3507	Kellerräume besenrein reinigen	50,00	m²	1,50	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
3508	Entfernen und Entsorgen von Sperrmüll und brennbarem Müll	1,00	m³	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
	BAUREINIGUNGSARBEITEN SUMME NETTO				785,00	785,00	785,00	785,00	785,00	785,00
9900	STUNDENLOHNARBEITEN									
9902	Sonstige Reinigungsarbeiten nach Stundenaufwand	5,00	Std.	28,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
	STUNDENLOHNARBEITEN SUMME NETTO				140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
	BAUREINIGUNGSARBEITEN SUMME NETTO				925,00	925,00	925,00	925,00	925,00	925,00
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	EIGENLEISTUNGEN DER MIETER / SONSTIGE KOSTEN									
	Summe Eigenleistung etc.				4.070,00	510,00	2.700,00	3.250,00	3.670,00	4.070,00
	Heizung, Sanitär, Lüftung									
	Heizung: die vorhandenen dezentralen Anlagen sind nicht mit Abluftwärmerückgewinnung vereinbar, weil die Brennkammern und Abgassysteme offen sind und auf Grund dessen bei Unterdruck durch Lüftungstechnik Vergiftungsgefahr besteht; 3 Kessel hätten in den nächsten Jahren ausgetauscht werden müssen, diese wurden von den Aufwendungen abgezogen									
	Solaranlage: zusätzliche energetische Komponente									
	Sanitärinstallation: Folgeinvestition zur Solaranlage (die Kosten beinhalten den neuen Anschluss der Bäder über ein zentrales Warmwasser-System)									
	Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung = Passivhauskomponente									
	Sonstiges und Stundenlohnarbeiten: Ansatz zu 50 %									

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
4000	Heizung, Sanitär, Lüftung									
4001	Einrichten der Baustelle				365,00	182,50	182,50	182,50	365,00	365,00
4002	Demontage				14.970,25			14.970,25	14.970,25	14.970,25
4003	Kessel mit Zubehör				7.582,10	3.791,05	3.791,05	11.373,15	9.098,52	7.582,10
4004	Solaranlage mit Zubehör				12.931,40				12.931,40	12.931,40
4005	Rohrleitungen mit Zubehör				9.867,71			16.775,11	11.347,87	9.867,71
4006	Gasversorgung				669,11			669,11	669,11	669,11
4007	Heizkörper mit Zubehör				6.998,95			9.798,53	8.748,69	6.998,95
4008	Sanitärinstalltion				6.307,41				6.307,41	6.307,41
4009	Wärmedämmung				5.120,28			6.144,34	6.144,34	5.120,28
4010	Lüftung				32.741,75					32.741,75
4011	Sonstiges				17.150,62	8.575,31	8.575,31	8.575,31	10.290,37	17.150,62
4010	Stundenlohnarbeiten				5.517,38	2.758,69	2.758,69	2.758,69	3.310,43	5.517,38
9900	Heizung, Sanitär, Lüftung Summe netto				120.221,96	15.307,55	15.307,55	71.246,98	84.183,38	120.221,96
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
5000	TITEL 1 ELEKTROINSTALLATION									
	Die Arbeiten wurden auf Stundenlohnnachweis ausgeführt und unterschritten die Auftragssumme, die Auflistung der energetisch relevanten Punkte erfolgt gemäß Angebot									
	Titel 1 Elektroarbeiten Heizung / Lüftung				695,11			347,56	347,56	695,11
	Titel 2 Messtechnik Begleitforschung				1.096,12					1.096,12
	Titel 3 Treppenhausinstallation				1.783,10	1.783,10	1.783,10	1.783,10	1.783,10	1.783,10
	Titel 4 Sonstige Arbeiten				537,14	268,57	537,14	537,14	537,14	537,14
	Titel 5 Allgemeinverteiler				242,49	145,49	242,49	242,49	242,49	242,49
	Titel 6 Regiarbeiten				1.768,00	884,00	884,00	1.237,60	1.414,40	1.768,00
	Elektroinstallation gesamt gem. Beauftragung				6.121,96	6.121,96	6.121,96	6.121,96	6.121,96	6.121,96
	Elektroinstallation für zusätzliche Maßnahmen wegen unvorhergesehener Erschwernisse bei Leitungsführungen der Haustechnikgewerke				1.239,59			867,71	991,67	1.239,59
9900	Elektroinstallation Summe netto				7.361,55	6.121,96	6.121,96	6.989,67	7.113,63	7.361,55

ZUSAMMENSTELLUNG NACH GEWERKEN UND TITELN										
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Kostengruppe 300										
100	Gerüstarbeiten				6.241,79	4.155,92	5.350,04	5.413,88	6.241,79	6.241,79
201	Erd-, Maurer-, Beton- und Landschaftsbauarbeiten				12.807,51	4.705,95	9.533,43	11.871,26	12.807,51	12.807,51
1100	Abbrucharbeiten				3.911,01	588,46	1.765,75	3.412,21	3.649,21	3.911,01
2000	Dachdeckerarbeiten				20.765,72	15.185,60	15.505,60	19.149,85	20.765,72	20.765,72
3100	Schlosserarbeiten				34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01
2200	Flaschnerarbeiten				5.321,29	4.409,65	5.321,29	5.321,29	5.321,29	5.321,29
2300	Putzarbeiten				96.794,33	9.208,69	70.495,90	86.648,06	95.961,79	96.794,33
2500	Estricharbeiten (Dachboden)				8.654,45		5.044,08	7.161,30	8.654,45	8.654,45
2400	Fliesenarbeiten				3.072,50				3.072,50	3.072,50
2700	Schreinerarbeiten Stema				55.133,00	7.853,10	39.319,76	40.231,40	54.662,00	55.133,00
2700	Schreinerarbeiten Kaul				10.292,90	290,00	6.200,48	6.250,48	9.525,40	10.292,90
3400	Malerarbeiten				6.002,00	4.054,00	5.369,00	5.369,00	5.697,90	6.002,00
	Gebäudereinigung				785,00	785,00	785,00	785,00	785,00	785,00
	Kosten für Eigenleistungen Mieter für Unvorhergesehenes			4.070,00	3.508,62	510,00	2.700,00	3.250,00	3.670,00	4.070,00
	Summe Kostengruppe 300 netto inkl. Eigenleistungen Mieter und Unvorhergesehenes				267.418,13	85.874,39	201.518,35	228.991,73	264.942,56	267.979,51
	Summe Kostengruppe 300 brutto inkl. Eigenleistungen Mieter und Unvorhergesehenes				310.205,03	99.614,29	233.761,29	265.630,41	307.333,37	310.856,23
Kostengruppe 400										
Heizung, Sanitär, Lüftung										
4000	Heizung, Sanitär, Lüftung Summe netto				120.221,96	15.307,55	15.307,55	71.246,98	84.183,38	120.221,96
5200	Elektroinstallation Summe netto				7.361,55	6.121,96	6.121,96	6.989,67	7.113,63	7.361,55
	Summe Kostengruppe 400 netto				127.583,51	21.429,51	21.429,51	78.236,66	91.297,01	127.583,51
	Summe Kostengruppe 400 brutto				147.996,87	24.858,23	24.858,23	90.754,52	105.904,53	147.996,87
	Summe Kostengruppe 300 / 400 gesamt netto				395.001,64	107.303,90	222.947,86	307.228,39	356.239,57	395.563,02
	Summe Kostengruppe 300 / 400 gesamt brutto				€ 458.201,90	124.472,52	258.619,52	356.384,93	413.237,91	458.853,10
	Kosten pro m² Wohnfläche				511,96 €	139,08 €	288,96 €	398,20 €	461,72 €	512,69 €

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen

Vergleich der Standards: EnEV Instands. / EnEV 140 % / EnEV-Neubau / EnEV 60 / 3-Liter-Haus

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Außenwanddämmung												
102	Zulage für Konsole	127,68	m	5,00	638,40		638,40		255,36	319,20	638,40	638,40
108	Innengeländer (Abstand des Gerüstes zur Wand vor dem A	363,36	ldm	1,40	508,70		508,70				508,70	508,70
110	Standzeitverlängerung je qm und Woche	3.129,21	m²	0,30	938,76		938,76		938,76	938,76	938,76	938,76
2301	Wärmedämmverbundsystem: Dämmung PS 15, Dicke 200	1.018,23	m²	47,00	47.856,81	38.285,45		9.571,36	39.721,15	45.463,97	47.856,81	47.856,81
2301	Zulage für Ausgleich des unebenen Untergrundes beim Ver	1.018,23	m²	3,93	4.000,00	4.000,00			4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00
2302	Brandschutzausführung (Brandbarriere) über allen Fenster	107,24	m	10,50	1.126,02	1.126,02				900,82	1.126,02	1.126,02
2303	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibur	334,26	m	2,75	919,22	919,22			919,22	919,22	919,22	919,22
2304	Zulage für zweite Gewebelage für erhöhte mechanische Festigkeit des		m²	12,00								
2305	Zulage für die Fensterleibungen bei Öffnungen größer als 2	39,96	m	5,00	199,80	199,80			199,80	199,80	199,80	199,80
2306	Putzanschluß am Fensterrahmen mit Kompribändern	275,74	m	1,50	413,61	413,61			413,61	413,61	413,61	413,61
2307	Putzanschluß an Fensterbrettern mit Kompribändern	127,70	m	1,50	191,55	191,55			153,24	181,97	191,55	191,55
2308	Sonstige Putzanschlüsse mit Kompribändern	52,19	m	1,50	78,29	78,29			78,29	78,29	78,29	78,29
2309	Sockelausbildung 40 cm hoch im Spritzwasser- und Feucht	45,42	m2	11,00	499,62	499,62			399,70	474,64	499,62	499,62
2310	Aluminium-Fensterbretter außen, Tiefe ca. 20 cm, mittlere	78,78	m	23,00	1.811,94	1.811,94			1.449,55	1.630,75	1.811,94	1.811,94
2311	Austrittsbank aus Edelstahl (mit Leichtbetonkern) zu den B	12,96	m	63,00	816,48	816,48			571,54	734,83	816,48	816,48
2312	Aluminium-Fensterbretter außen für die Kellerfenster, Tiefe	14,40	m	25,00	360,00	360,00			360,00	360,00	360,00	360,00
2313	Panzergewebe bis auf 2 m Höhe rund um das Gebäude		m²	15,00								
2314	Anschluss und Dichtfuge mit APU-Leiste	275,74	m	4,50	1.240,83	1.240,83			1.240,83	1.240,83	1.240,83	1.240,83
2315	Bitumenabdichtung im Sockelbereich	90,84	m	6,00	545,04	545,04			545,04	545,04	545,04	545,04
2322	Gesimsabschluss an der Traufe in Form eines aufgesetzten	90,84	m	4,00	363,36	363,36			363,36	363,36	363,36	363,36
2323	Nachtrag: Zulage für trapezförmige Ausbildung mit 20 cm	90,84	m	3,90	354,28	354,28			354,28	354,28	354,28	354,28
2324	Nachtrag: Putzstreifen fein gefilzt als Farbtrennung	192,78	m	6,00	1.156,68	1.156,68			1.156,68	1.156,68	1.156,68	1.156,68
2324	Änderung zu den beiden Vorpositionen: vereinfachte Ausfu	6,70	m	49,00	328,30	328,30			328,30	328,30	328,30	328,30
9902	Facharbeiterstunden	10,00	Std.	35,00	350,00	350,00			350,00	350,00	350,00	350,00
	Außenwanddämmung	Summe netto			64.697,68	53.040,45	2.085,87	9.571,36	53.798,70	60.954,33	64.697,68	64.697,68
Dachdämmung												
1116	Treppenschräge abrechnen	7,00	m²	13,00	91,00	91,00				91,00	91,00	91,00
2356	Dachschrägenbekleidung im Bereich des Treppenhauskopfe	6,92	m²	25,75	178,19	178,19			178,19	178,19	178,19	178,19
2357	Deckenbekleidung im Bereich des Treppenhauskopfes mit	7,90	m²	42,00	331,80	331,80			331,80	331,80	331,80	331,80
2365	Dampfsperre zu den Vorpositionen 2352, 2353, 2354, 2356	47,50	m²	3,75	178,13	178,13			106,88	178,13	178,13	178,13
2366	Dämmung mit Mineralwollplatten, WLG 035, Dicke 200 bi	61,16	m³	11,50	703,34	703,34			351,67	492,34	562,67	703,34
2367	Dämmung mit Mineralwollplatten, WLG 035, Dicke 200 bis 300 mm,		m³	9,00								

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

2372	Dämmung aus Mineralfaserplatten, Dicke 25 cm, WLG 035	17,67	m²	9,00	159,03	159,03			47,71	79,52	127,22	159,03
	Dachdämmung	Summe netto			1.641,49	1.641,49			1.016,24	1.350,97	1.469,01	1.641,49
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Dachbodendämmung											
2501	Dampfdiffusionsoffene Bahn luftdicht auf dem Dachboden	345,42	m²	1,00	345,42	345,42			345,42	345,42	345,42	345,42
2502	Dämmlage zum schwimmenden Estrich aus PS-Dämmplatte	324,24	m²	13,00	4.215,16	4.215,16			1.053,79	2.782,00	4.215,16	4.215,16
2503	Estrich auf dem Dachboden, als Anhydrit-Fließestrich, Dicke	295,76	m²	11,80	3.490,00	3.490,00			3.141,00	3.490,00	3.490,00	3.490,00
2503	Mehrstärken	295,76	m²	0,62	183,37	183,37			183,37	183,37	183,37	183,37
2504	Kantenausbildung für einen Versatz in der Dämmdicke im	3,00	lfm	1,50	4,50	4,50			4,50	4,50	4,50	4,50
9903	Facharbeiterstunden	6,00	Std	36,00	216,00	216,00			216,00	216,00	216,00	216,00
NA 1	Kantenausbildung für einen Versatz in der Dämmdicke im	1,00	pau	200,00	200,00	200,00			100,00	140,00	200,00	200,00
NA3	Stufenpodest zum Dachboden zur Überwindung der Dämm	1,00	Stck	200,00	200,00	200,00			100,00	150,00	200,00	200,00
	Dachbodendämmung	Summe netto			8.854,45	8.854,45			5.144,08	7.311,30	8.854,45	8.854,45
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kellerdeckendämmung											
2651	Dämmung der Kellerdecke mit PS 15 SE WLG 035, 140 m	263,93	m²	16,50	4.354,85	4.354,85			2.612,91	3.483,88	4.354,85	4.354,85
2652	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	263,93	m²	1,00	263,93	263,93			211,14	237,54	263,93	263,93
2652	Dämmung der Kellerdecke im Bereich des Flurs mit Mineral	27,34	m²	23,50	642,49	642,49			385,49	513,99	642,49	642,49
2653	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	27,34	m²	1,00	27,34	27,34			27,34	27,34	27,34	27,34
2653	Dämmung der Treppe zum 1. OG unterseitig im Bereich des Kellerab		m²	25,00								
2654	Zu den vorherigen Positionen: Spachteln der Dämmung unt	291,27	m²	10,00	2.912,70	2.912,70			2.912,70	2.912,70	2.912,70	2.912,70
2655	Wärmedämmverbundsystem aus Mineralwollplatten im Inn	5,12	m²	25,00	128,00	128,00			128,00	128,00	128,00	128,00
2656	Zulage zur Vorposition bei Verwendung einer Wandschutzplatte statt		m²	45,00								
2657	Dämmung für ein Wärmedämmverbundsystem aus PS-Plat	80,97	m²	12,00	971,64	971,64			971,64	971,64	971,64	971,64
2658	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	80,97	m²	1,00	80,97	80,97			80,97	80,97	80,97	80,97
2658	Verspachtelung zur Vorposition inkl. Einbetten eines Glasf	80,97	m²	10,00	809,70	809,70			809,70	809,70	809,70	809,70
2659	Kantenschutzprofile	302,67	m²	3,00	908,01	908,01			908,01	908,01	908,01	908,01
9902	Facharbeiterstunden	2,00	Std.	35,00	70,00	70,00			35,00	49,00	70,00	70,00
NA2	Lattenabtrennungen im Keller kürzen, damit die Dämmung	3,00	Std.	20,00	60,00	60,00			60,00	60,00	60,00	60,00
	Kellerdeckendämmung	Summe netto			11.229,63	11.229,63			9.142,91	10.182,77	11.229,63	11.229,63
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Treppenhausdämmung											
2371	Wärmedämmverbundsystem am Treppenhauskopf im Dach	20,96	m²	31,00	649,76	649,76			389,86	487,32	552,30	649,76
2372	Wärmedämmverbundsystem im Treppenhaus direkt am Eingang beids		m²	80,00								
	Treppenhausdämmung	Summe netto			649,76	649,76			389,86	487,32	552,30	649,76

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Luftdichtungsmaßnahmen												
1206	Schornsteinzug schließen: Einbringen einer provisorischen	11,00	Stck	35,00	385,00		385,00		385,00	385,00	385,00	385,00
1206	wie vor, jedoch Querschnitt innen ca. 13,5/ 13,5 cm	10,00	Stck	29,00	290,00		290,00		290,00	290,00	290,00	290,00
1207	Zulage zu den beiden Vorpositionen für das Erstellen und w	10,00	Stck	8,00	80,00		80,00		80,00	80,00	80,00	80,00
	13.11. Kaminöffnungen in 6 Wohnungen zugemauert	8,25		38,00	313,50	313,50			313,50	313,50	313,50	313,50
	Kaminöffnungen in Wohnungen geschlossen und Dürchbrü	8,25		38,00	313,50	313,50				313,50	313,50	313,50
	Material	2,00		7,93	15,86	15,86				15,86	15,86	15,86
	Luftdichtungsmaßnahmen	Summe netto			1.397,86	642,86	755,00		1.068,50	1.397,86	1.397,86	1.397,86
Wärmebrückenreduktion												
302	Aushub im Wandanschluss-Bereich mit einem Profil von ca	14,69	m³	19,00	279,11	279,11			167,47	167,47	279,11	279,11
303	Zulage für Verunreinigung wie Mauerbrocken etc.	5,36	m³	6,00	32,16	32,16			32,16	32,16	32,16	32,16
307	Perimeterdämmplatten mit einer Zuschnittsbreite von ca. 40	43,40	m²	19,00	824,60	824,60					824,60	824,60
1102	Schlitz von 20 cm in eine Außenmauer schneiden, Mauerdi	1,00	Stck	75,00	75,00	75,00					75,00	75,00
1111	Oberen Wandabschluss des Treppenhausmauerwerkes um c	6,20	m	10,00	62,00	62,00					62,00	62,00
1112	Vordach über der Haustür abtrennen; Maße ca. 1,50 m breit	1,00	Stck	100,00	100,00	100,00					100,00	100,00
1113	Oberen Wandabschluss im Traufbereich um etwa eine Steir		m	10,00								
2021	Verlängern der vorhandenen Sparren (ca. 12/14) um 30 cm	128,00	Stck	3,90	499,20		499,20				499,20	499,20
9902	Aufschiebling Mehrpreis	1,00	Paus	250,00	250,00		250,00				250,00	250,00
2373	WDVS (diese Position nur Dämmung) an der Kniestockwa	60,76	m²	18,00	1.093,68	1.093,68					929,63	1.093,68
2374	Dübelung zur Vorposition: 1 Dübel pro Platte	54,18	m²	3,00	162,54	162,54					162,54	162,54
2375	Zulage zur vorletzten Position für Armierungsmörtel inkl. E	54,18	m²	10,00	541,80	541,80					541,80	541,80
2376	Dämmung aus Mineralfaserplatten, Dicke 10 cm, WLG 040	57,87	m²	20,50	1.186,34	1.186,34					1.186,34	1.186,34
2377	Zulage zur Vorposition für Armierungsmörtel inkl. Einbette	57,87	m²	10,00	578,70	578,70					578,70	578,70
2378	WDVS an den Kaminen im Dachboden innenseitig, Minera	13,25	m²	32,50	430,63	430,63					430,63	430,63
2379	Kantenschutz-Profile	133,23	m	3,00	399,69	399,69			239,81	399,69	399,69	399,69
	Wärmebrückenreduktion	Summe netto			6.515,44	5.766,24	749,20		439,44	599,32	6.351,39	6.515,44
Fenster												
2338	Eckschutzschienen (Fenster einputzen)	267,57	m	3,00	802,71		802,71		802,71	802,71	802,71	802,71
2335	Fenster seitlich einputzen: zu verputzende Leibungstiefe ca	175,98	lfdm	10,00	1.759,80	1.759,80			1.055,88	1.055,88	1.759,80	1.759,80
2335	Zulage zur Vorposition wegen Erschwernis	175,98	lfdm	5,00	879,90	879,90			527,94	527,94	879,90	879,90

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

2337	Stundenlohnarbeiten für Unvorhergesehenes	22,00	Std	35,00	770,00	770,00			462,00	462,00	770,00	770,00
2338	Goldband zu Regiebericht 4	120,00	kg	0,26	31,40	31,40					31,40	31,40
2338	Seitliche Ausbrüche an Leibungen einputzen	57,00	m	4,00	228,00	228,00					228,00	228,00
2339	Fensterbänke einputzen (bei Fa. Stema entfallen)	54,00	St	25,00	1.350,00	1.350,00			1.350,00	1.350,00	1.350,00	1.350,00
2361	Gipskarton-Verkleidung von alten Rolladen-Nischen über d	76,19	m²	45,75	3.485,69	3.485,69			3.485,69	3.485,69	3.485,69	3.485,69
2701	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 1,58/1,39 m (b/h), Glasteilun	30,00	St	784,00	23.520,00	19.992,00		3.528,00	15.993,60	16.464,00	23.520,00	23.520,00
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h),	6,00	St	502,00	3.012,00	2.560,20		451,80	2.048,16	2.108,40	3.012,00	3.012,00
2702	Fenster, einflügelig (DK), 1,06/1,17 m (b/h),	6,00	St	502,00	3.012,00	2.560,20		451,80	2.048,16	2.108,40	3.012,00	3.012,00
2703	Fenster, zweiflügelig (DK/D), 2,16/1,39 m (b/h), Stulpflügel	3,00	St	1.060,0	3.180,00	2.703,00		477,00	2.162,40	2.226,00	3.180,00	3.180,00
2704	Fenster, zweiflügelig (DK/DK), 2,16/1,39 m (b/h), Ausführ	3,00	St	1.160,0	3.480,00	2.958,00		522,00	2.366,40	2.436,00	3.480,00	3.480,00
2705	Fenstertür, zweiflügelig (DK/D), 2,18/2,30 m (b/h),	6,00	St	1.203,0	7.218,00	6.135,30		1.082,70	4.908,24	5.052,60	7.218,00	7.218,00
2706	Treppenhausfenster, zweiflügelig (DK/D) 1,60/1,17	3,00	St	720,0	2.160,00	1.836,00		324,00	1.468,80	1.512,00	2.160,00	2.160,00
2707	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Fenster aus der	1,00	pau	2.350,0	2.350,00	2.350,00			2.350,00	2.350,00	2.350,00	2.350,00
2708	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Rolläden zu Fe	30,00	St.	15,00	450,00	450,00			450,00	450,00	450,00	450,00
2709	wie vor jedoch zu Pos. 2703, Rolladenmaße 2,16/1,39 m (b	6,00	St.	20,00	120,00	120,00			120,00	120,00	120,00	120,00
2710	wie vor jedoch zu Pos. 2704, Rolladenmaße 2,18/1,39 m (b	6,00	St.	20,00	120,00	120,00			120,00	120,00	120,00	120,00
2711	Fensterbretter innen, Tiefe ca. 35 cm, zu Pos. 2701 bis 2704	30,00	m²	126,00	3.780,00	3.213,00		567,00	3.024,00	3.024,00	3.780,00	3.780,00
4000	Abzug für Einputzen der Innenfensterbänke	51,00	St	-15,00	-765,00	-765,00			-765,00	-765,00	-765,00	-765,00
	Ersatzbeschaffung von Verdunkelungsrollos statt Rollläden				200,00		200,00		200,00	200,00	200,00	200,00
	Ersatzbeschaffung von Verdunkelungsrollos statt Rollläden				200,00		200,00		200,00	200,00	200,00	200,00
	Ersatzbeschaffung von Verdunkelungsrollos statt Rollläden				200,00		200,00		200,00	200,00	200,00	200,00
	Malerarbeiten (erhöhter Aufwand durch größere Tapetenflächen, die entfernt wurden)				100,00		100,00		50,00	50,00	100,00	100,00
	Ersatzbeschaffung von Verdunkelungsrollos statt Rollläden				200,00		200,00		200,00	200,00	200,00	200,00
	Fenster	Summe netto			61.844,50	52.737,49	1.702,71	7.404,30	44.828,98	45.740,62	61.844,50	61.844,50
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Türen											
2731	Haustür in Passivhaus-Ausführung, 1090/2300 (b/h) gem. te	1,00	St	3.586,8	3.586,75	3.486,75		100,00	2.266,39	2.266,39	3.586,75	3.586,75
2732	Beschlag zur Vorposition: Griff Hoppe Schutzgarnitur Alu	1,00	Stck									
2733	Hochwertiger selbstschließender Türschließer zur Vorpositi	1,00	Stck	163,8	163,75	163,75			106,44	106,44	163,75	163,75
2734	Treppenhaus-Abgang zum Keller: Holztür T-30; 885/2010	1,00	St	2.175,5	2.175,50	2.100,50		75,00	1.365,33	1.365,33	2.175,50	2.175,50
2735	Treppenhaustür zum Dachboden: Holztür T-30; 885/1983 (1,00	St	2.175,5	2.175,50	2.100,50		75,00	1.365,33	1.365,33	2.175,50	2.175,50
2736	Einputzarbeiten für die Haustür (Pos. 3731), Leibungstiefe		St	116,69								
2737	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Elemente (Hau	1,00	pau	226,90	226,90	226,90					226,90	226,90
	Profilzylinder für die Hauseingangstür mit 17 Schlüsseln	1,00	pau	87,00	87,00	87,00			87,00	87,00	87,00	87,00
	Profilzylinder für die KG- und Dachboden-Tür	2,00	pau	24,00	48,00	48,00			48,00	48,00	48,00	48,00
2740	Überarbeiten der Wohnungseingangstüren und Herstellen v	31,00	m	10,00	310,00	310,00			310,00	310,00	310,00	310,00
2741	Überarbeiten der Wohnungseingangstüren und Herstellen v	6,00	Stck	40,00	240,00	240,00			240,00	240,00	240,00	240,00
	Türen	Summe netto			9.013,40	8.763,40		250,00	5.788,48	5.788,48	9.013,40	9.013,40

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Balkon											
201	Aushub für Balkonfundamente, ca. 0,7 / 0,7 / 0,8 m (b / l / h)	2,99	m³	19,00	56,81			56,81	56,81	56,81	56,81	56,81
202	Liefern von Verfüllmaterial	14,53	m³	9,10	132,22			132,22	132,22	132,22	132,22	132,22
203	Verfüllen und Verdichten im Bereich des vormaligen Kellers	14,53	m³	7,57	109,99			109,99	109,99	109,99	109,99	109,99
1201	Senkrechte Mauerwerksabdichtung mit Zweikomponenten-	22,65	m²	25,00	566,25			566,25	566,25	566,25	566,25	566,25
1202	Pordränplatten	12,42	m²	6,14	76,26			76,26	76,26	76,26	76,26	76,26
1203	Abdecken Vlies	12,42	m²	3,80	47,20			47,20	47,20	47,20	47,20	47,20
1204	Aufmauern der Kellertüren bis UK Kellerfenster, KS 12 / 1	1,26	m³	203,00	255,78			255,78	255,78	255,78	255,78	255,78
1205	Untermauern von Balkonfundamenten mit Betonstein-Mauerwerk	0,30	m³	198,00	59,40			59,40	59,40	59,40	59,40	59,40
1301	Betonarbeiten in B 25 für Balkon-Einzel- und Streifenfundamente	3,83	m³	121,00	463,43			463,43	463,43	463,43	463,43	463,43
9903	Bodenplatte für Balkonfundament aufschneiden	1,00		38,00	38,00			38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
	Sonstiges	0,50		19,94	9,97			9,97	9,97	9,97	9,97	9,97
	Alte Kellertüren ausgebaut und entsorgt	1,50		38,00	57,00		57,00			57,00	57,00	57,00
1101	Abbruch von Fensterbrüstungen: geändert nach Aufmaß	6,00	Stck	160,00	960,00	960,00			960,00	960,00	960,00	960,00
1105	Abbruch des oberen Teils der Wand (Backstein) am Kellerabgang	2,80	m³	140,00	392,24	392,24			392,24	392,24	392,24	392,24
1106	Abbruch der beiden obersten Beton-Blockstufen des Kellerabgangs	1,00	pau	45,00	45,00			45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
1107	Entfernen eines Geländers, bestehend aus Obergurt und Untergurt	1,12	pau	117,00	131,04			131,04	131,04	131,04	131,04	131,04
1108	Bodenplatte des Kellerabgangs durchlöchern, um Sickerfähigkeit zu gewährleisten	4,00	Std	34,00	136,00			136,00	136,00	136,00	136,00	136,00
1115	Staubschutzwand/Bodenschutz zu Pos. 1101	6,00	Stck	60,00	360,00	360,00				360,00	360,00	360,00
3101	Balkon-Grundkonstruktion aus einem Stahlrahmen 3,40 / 1,00	6,00	Stck	555,29	3.331,74			3.331,74	3.331,74	3.331,74	3.331,74	3.331,74
3102	Querstreben zu obigem Rahmen für Auflage des Balkonbodens	43,00	m	38,47	1.654,21			1.654,21	1.654,21	1.654,21	1.654,21	1.654,21
3103	Balkonstützen als Stahlrohr 101,6 x 2,9, je 4 Stützen pro Balkon	86,00	m	26,83	2.307,38			2.307,38	2.307,38	2.307,38	2.307,38	2.307,38
3104	Zulage zur Vorposition für die Gestaltung des oberen Anschlusses	8,00	Stck	47,68	381,44			381,44	381,44	381,44	381,44	381,44
3105	wie vor, jedoch Anschluss an das Fundament, bestehend aus	8,00	Stck	97,10	776,80			776,80	776,80	776,80	776,80	776,80
3106	Verbindung der Stützen zum Mauerwerk mittels Edelstahl-4	8,00	Stck	30,80	246,40			246,40	246,40	246,40	246,40	246,40
3107	Balkonboden aus zementgebundener Spanplatte, ca. 24 bis	33,00	m²	167,77	5.536,41			5.536,41	5.536,41	5.536,41	5.536,41	5.536,41
3108	Rinne an der Vorderseite des Balkons aus einem U-Stahl (U	21,00	m	21,29	447,09			447,09	447,09	447,09	447,09	447,09
3109	Wasserspeier zur Vorposition, bestehend aus einem Stahlrohr	6,00	Stck	42,64	255,84			255,84	255,84	255,84	255,84	255,84
3110	Balkongeländer an der Vorderseite (Breite ca. 3,50 m), bestehend	6,00	Stck	235,89	1.415,34			1.415,34	1.415,34	1.415,34	1.415,34	1.415,34
3111	Geländerverkleidungen (gesamt 6 Stück, ca. 3,50 / 0,70 m)	6,00	Gel.	768,41	4.610,46			4.610,46	4.610,46	4.610,46	4.610,46	4.610,46
3112	Blumenkastenhalterung auf Geländerbreite auf Höhe der Oberkante	6,00	Stck	35,00	210,00			210,00	210,00	210,00	210,00	210,00
3113	Balkongeländer an den Geländerseiten (Breite ca. 1,60 m), bestehend	12,00	Stck	136,25	1.635,00			1.635,00	1.635,00	1.635,00	1.635,00	1.635,00
3114	Querträger für das Glasdach als IPE 140	16,00	m	85,83	1.373,28			1.373,28	1.373,28	1.373,28	1.373,28	1.373,28
3115	Lochungen zur Gestaltung des IPE 140, Durchmesser ca. 7	20,00	Stck	17,25	345,00			345,00	345,00	345,00	345,00	345,00
3116	Tragprofile für das Glasdach (z. B. als Rechteck-Stahlprofil	32,20	m	33,32	1.072,90			1.072,90	1.072,90	1.072,90	1.072,90	1.072,90
3117	Glashaltesprofile inkl. Alu-Abdeckleiste, pulverbeschichtet;	32,20	m	28,84	928,65			928,65	928,65	928,65	928,65	928,65
3118	Verbundsicherheitsglas für das Glasdach (gehalten durch die	18,48	m²	143,40	2.650,03			2.650,03	2.650,03	2.650,03	2.650,03	2.650,03

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

3119	Treppenabgang zum Garten, 4 Stufen mit ca. 26 cm Auftritt	2,00	Stck	619,54	1.239,08			1.239,08	1.239,08	1.239,08	1.239,08	1.239,08
2744	Fußbodenanschluss im Bereich der Terrassentüren an den b	6,00	Stck	29,00	174,00	174,00			174,00	174,00	174,00	174,00
	Balkon	Summe netto			34.487,64	1.886,24	57,00	32.544,40	34.070,64	34.487,64	34.487,64	34.487,64
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kellerfenster											
2731	Fenster, einflügelig, festverglast, 0,7/0,40 m (b/h), möglich	16,00	St	110,00	1.760,00	1.408,00		352,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	1.760,00
2732	wie vor, jedoch 0,7/0,70 m (b/h),	2,00	St	122,00	244,00	195,20		48,80	305,00	305,00	305,00	244,00
2733	wie vor, jedoch 0,9/0,40 m (b/h),	2,00	St	120,00	240,00	192,00		48,00	300,00	300,00	300,00	240,00
2734	Einputzarbeiten innenseitig pauschal für die vorangegangene		St	13,00								
2735	Demontage und Entsorgen der vorhandenen Fenster nach P	1,00	pau	220,00	220,00	220,00			220,00	220,00	220,00	220,00
2736	Zulage zu Pos. 2731 für ein Zuluftventil im unteren Fenster	16,00	St	64,50	1.032,00	1.032,00						1.032,00
	Kellerfenster	Summe netto			3.496,00	3.047,20		448,80	3.025,00	3.025,00	3.025,00	3.496,00
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Modernisierungsmaßnahmen											
3150	BRIEFKASTENANLAGE				1.751,96			1.751,96	1.751,96	1.751,96	1.751,96	1.751,96
	Auftragserweiterung: Eingangüberdachung				1.959,00			1.959,00	1.959,00	1.959,00	1.959,00	1.959,00
NA	Briefkasten sauber ausbauen und Loch füllen und zuputzen	1,00	pau	50,00	50,00			50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
2358	Metallständerkonstruktion als Vorsatzschale im Treppenhaus	17,47	m²	31,25	545,94	545,94				545,94	545,94	545,94
2362	Gipskarton-Verkleidung der Innenseite des Treppenhausko	25,31	m²	17,25	436,60	436,60			436,60	436,60	436,60	436,60
2363	Zulage zu den Vorpositionen für Feuchtraumplatten		m²	2,00								
2364	Zulage zu den Metallständerwänden für Türöffnungen	1,00	Stck	25,75	25,75	25,75			25,75	25,75	25,75	25,75
	5 Energiesparlampen (werden seitens WBG besorgt)				50,00		50,00					50,00
4011	Sonstiges				17.150,62		8.575,31	8.575,31	8.575,31	8.575,31	10.290,37	17.150,62
4010	Stundenlohnarbeiten				5.517,38		2.758,69	2.758,69	2.758,69	2.758,69	3.310,43	5.517,38
	Modernisierungsmaßnahmen	Summe netto			27.487,25	1.008,29	11.384,00	15.094,96	15.557,31	16.103,25	18.370,05	27.487,25
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Instandsetzungsarbeiten											
101	Gerüst als Stahlrohrrahmengerüst	1.043,07	m²	3,32	3.462,99			3.462,99	3.462,99	3.462,99	3.462,99	3.462,99
105	Zulage für Überbauung Eingang	3,07	m	10,00	30,70			30,70	30,70	30,70	30,70	30,70
109	Zulage für Dachdeckerfanggerüst	98,84	m	6,70	662,23			662,23	662,23	662,23	662,23	662,23
9901	Stürze und Teilabbruch KG-Tür Waschkeller	1,50		38,00	57,00			57,00	57,00	57,00	57,00	57,00
		1,00		19,94	19,94			19,94	19,94	19,94	19,94	19,94
		2,00		19,94	39,88			39,88	39,88	39,88	39,88	39,88
9902	Altes Fundament (Südwest) abgestemmt	4,00		38,00	152,00			152,00	152,00	152,00	152,00	152,00

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

				3,00		19,94	59,82		59,82	59,82	59,82	59,82	59,82	59,82
	Türen entsorgen			2,00		9,80	19,60		19,60		19,60	19,60	19,60	19,60
1101	Abbruch von Mauerwerk Kellertür			0,35	m³	294,00	101,47		101,47	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47
1103	Abbruch von Kaminmauerwerk (Backstein) oberhalb der D			1,76	m³	294,00	518,07		518,07		518,07	518,07	518,07	518,07
1104	wie vor, jedoch im Bereich des Dachbodens			0,66	m³	289,00	190,74		190,74		190,74	190,74	190,74	190,74
1109	Entfernen von Wandputz in kleinen Flächen				m²	9,50								
1110	Entfernen von Lattenverschlügen im Dachboden			19,88	m²	8,80	174,94		174,94		174,94	174,94	174,94	174,94
1117	Stundenlohnarbeiten Helfer			2,50	Std	33,00	82,50	82,50			82,50	82,50	82,50	82,50
1118	Material zur Vorposition			1,00	pa	30,00	30,00	30,00			30,00	30,00	30,00	30,00
2001	Entfernen von Biberschwanzeindeckung inkl. Lattung; inkl			462,02	m2	6,90	3.187,94		637,59	2.550,35	2.550,35	3.187,94	3.187,94	3.187,94
2002	Entfernen von Schneefanggittern; inkl. Entsorgung			82,70	m	1,60	132,32			132,32	132,32	132,32	132,32	132,32
2003	Entfernen von einfachverglasten Dachbelichtungsfenster ca			14,00	Stck	2,10	29,40			29,40	29,40	29,40	29,40	29,40
2004	Dacheindeckung mit Betondachsteinen Fabr. Braas Tegalit			463,02	m²	14,90	6.899,00		1.379,80	5.519,20	5.519,20	6.899,00	6.899,00	6.899,00
2005	Unterspannbahn; angebotenes Fabrikat:			481,26	m²	2,70	1.299,40			1.299,40	1.299,40	1.299,40	1.299,40	1.299,40
2006	Konterlattung			481,26	m²	2,20	1.058,77		211,75	847,02	847,02	1.058,77	1.058,77	1.058,77
2007	Lattung zur Vorposition nach DIN 68 365; 30 / 50 mm			481,26	m²	4,00	1.925,04		385,01	1.540,03	1.540,03	1.925,04	1.925,04	1.925,04
2008	Trockenfirstausbildung			25,65	m	27,10	695,12			695,12	695,12	695,12	695,12	695,12
2009	Traufbohle			92,30	m	4,20	387,66		387,66			387,66	387,66	387,66
2010	Gratausbildung			32,80	m	34,80	1.141,44		342,43	799,01	799,01	1.141,44	1.141,44	1.141,44
2011	Schneefanggitter, verzinkter Winkelstahl 25/25/3			84,30	m	15,20	1.281,36			1.281,36	1.281,36	1.281,36	1.281,36	1.281,36
2012	Dunstrohraufsatz mit Durchgangspfanne			4,00	Stck	52,10	208,40			208,40	208,40	208,40	208,40	208,40
2013	Sicherheitsdachhaken, verzinkt			40,00	Stck	7,10	284,00			284,00	284,00	284,00	284,00	284,00
2014	Bereitstellen eines portablen Dachgerüsts für das Abbrech			2,00	Tage	95,00	190,00		190,00			190,00	190,00	190,00
2015	Provisorisches Andichten an zwei Schornsteinköpfe (45/45			2,00	pau	55,00	110,00		110,00			110,00	110,00	110,00
2082	Universal-Metalldachfenster Fabr. Braas o. glw.			2,00	Stck	105,00	210,00			210,00	320,00	320,00	210,00	210,00
	Abtropfblech an der Traufe			57,95		4,50	260,78		260,78				260,78	260,78
	Abzüge						-210,00			-210,00			-210,00	-210,00
2201	Hängerinne aus Titanzink			93,50	m	16,30	1.524,05			1.524,05	1.524,05	1.524,05	1.524,05	1.524,05
2202	Fallrohranschlußstutzen als Zulage			4,00	Stck	17,80	71,20			71,20	71,20	71,20	71,20	71,20
2203	Rinnen-Eckausbildung			4,00	Stck	23,90	95,60			95,60	95,60	95,60	95,60	95,60
2204	Dehnungsausgleich der Rinnen			8,00	Stck	24,60	196,80			196,80	196,80	196,80	196,80	196,80
2205	Regenrohr aus Titanzink NW 100 mm			36,00	m	12,30	442,80			442,80	442,80	442,80	442,80	442,80
2206	Doppelbögen als Zulage zur Vorposition			4,00	Stck	9,20	36,80			36,80	36,80	36,80	36,80	36,80
2207	Standrohr aus Gußeisen NW 100 mm 50 cm hoch			4,00	Stck	23,50	94,00			94,00	94,00	94,00	94,00	94,00
2208	Zulage zur Vorposition für Doppelbögen			4,00	Stck	34,65	138,60			138,60	138,60	138,60	138,60	138,60
2208	Abdeckrosette für Anschluß Standrohr			4,00	Stck	6,70	26,80			26,80	26,80	26,80	26,80	26,80
2209	Traufblech aus Titanzink, Rinneneinhang 250 mm			92,30	m	8,65	798,40			798,40	798,40	798,40	798,40	798,40
2210	Entfernen der vorhandenen o. a. Bleche inkl. Entsorgung			1,00	pau	665,00	665,00			665,00	665,00	665,00	665,00	665,00
2211	Lüftungsgitter an der Traufe, Kunststoff			92,30	m	2,10	193,83		193,83			193,83	193,83	193,83
2212	Kleinflächige Einblechungen Abdeckung Mauer West			0,70	m²	98,20	68,74		68,74				68,74	68,74

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

2213	Verblechung mit Titanzink	7,38	m²	87,95	649,07		649,07		649,07	649,07	649,07	649,07
2214	Blechanschluß bei aufgehender Wand, inkl. Überhangblech		m	34,70								
2215	Überhangblech		m	10,90								
NA	SML-Gussrohr DN 100, 1700 mm lang	4,00	m	79,90	319,60		319,60	319,60	319,60	319,60	319,60	319,60
2300	Baustelleneinrichtung, bestehend aus Strom- und Wasseran	1,00	pau	250,00	250,00	250,00		250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
2316	Standrohre mit Glimmerfarbe streichen	9,00	m	8,00	72,00		72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00
2333	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen 1-2 qm	2,00	m²	15,00	30,00		30,00		15,00	21,00	27,00	30,00
2334	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen unter 1 qm; abgerech	37,85	m²	20,00	757,00		757,00		378,50	529,90	681,30	757,00
2336	wie Pos. 2332, jedoch von Teilflächen 1-2 qm	2,86	m²	16,00	45,76		45,76		22,88	32,03	41,18	45,76
2336	Streckmetall als Zulage zu den Putzpositionen		m²	5,00								
2369	Eckausbildung von Gipskartonbeplankung mit Kunststoff-E	189,30	m	4,50	851,85	851,85		511,11	851,85	851,85	851,85	851,85
2370	Anschlußfuge, dauerelastisch	347,44	m	2,25	781,74	781,74		469,04	781,74	781,74	781,74	781,74
9902	Facharbeiterstunden	14,00	Std.	35,00	490,00	490,00		490,00	490,00	490,00	490,00	490,00
9904	Dachlatten	80,00	m	1,35	108,00	108,00			108,00	108,00	108,00	108,00
9905	Schrauben	110,00	St	0,06	6,60	6,60			6,60	6,60	6,60	6,60
9906	Dachlatten	30,00	m	1,35	40,50	40,50			40,50	40,50	40,50	40,50
9907	PE-folie	12,00	m²	1,05	12,60	12,60			12,60	12,60	12,60	12,60
9908	Gips	4,00	Sack	8,25	33,00	33,00			33,00	33,00	33,00	33,00
9909	Schuttcontainer	1,00	St	162,00	162,00	162,00		162,00	162,00	162,00	162,00	162,00
NA4	Boden im Treppenhaus entfernt und ausgebessert	1,00	Stck	40,00	40,00		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
3401	Streichen von Innenwänden im Treppenhaus: Dispersionsfa	113,00	m²	3,00	339,00		339,00	339,00	339,00	339,00	339,00	339,00
3402	Streichen von Innenwänden im Treppenhaus im Treppenlau	75,00	m²	3,00	225,00		225,00	225,00	225,00	225,00	225,00	225,00
3403	Streichen von Decken und Treppenuntersichten im Treppen	73,00	m²	3,00	219,00		219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00
3405	Bordüre am Abschluss der Binderfarbe zur Dispersionsfarb	53,00	m	2,00	106,00		106,00	106,00	106,00	106,00	106,00	106,00
3406	Streichen von Decken mit Dispersionsfarbe inkl. Grundieru	121,00	m²	3,00	363,00		363,00				108,90	363,00
3407	wie vor, jedoch in Teilflächen bis 1 m² Größe, Mindest-Ab	10,00	m²	5,00	50,00		50,00					50,00
3450	Schützen von Treppenstufen mit trittfestem Material, Stufen	59,00	Stu-fer	2,00	118,00		118,00		118,00	118,00	118,00	118,00
3451	Wie vor, jedoch Treppenpodeste	26,00	m²	2,00	52,00		52,00		52,00	52,00	52,00	52,00
3452	Abschleifen von Holzstufen (Trittfläche), es liegen keine gr	59,00	Stu-fer	13,00	767,00		767,00	767,00	767,00	767,00	767,00	767,00
3453	Grundieren und Lasieren der Stufen	59,00	Stu-fer	5,00	295,00		295,00	295,00	295,00	295,00	295,00	295,00
3454	Grundieren und Lackieren der Stellstufen (ca. 1,10 * 0,17 c	59,00	Stck	2,00	118,00		118,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00
3455	Grundieren und Lasieren des Treppengeländer-Handlaufs	20,00	m	1,50	30,00		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3456	Grundieren und Lackieren des restlichen Treppengeländers.	20,00	m	20,00	400,00		400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
3457	Zulage zur Vorposition für eine zweifarbige Ausführung (A	20,00	m	1,00	20,00		20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
3458	Lackieren von Treppenhaustüren (nur treppenhausseitig): T	6,00	Stck	40,00	240,00		240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
3459	Zulage zur Vorposition für eine zweifarbige Ausführung (A	6,00	Stck	5,00	30,00		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3459	Lackieren von grundierten Flächen	5,00	m²	15,00	75,00		75,00				75,00	75,00
3456	Lasieren von bestehenden Holzflächen	5,00	m²	9,00	45,00		45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
3457	Grundieren von unbehandelten neuen Holzflächen	5,00	m²	5,00	25,00		25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
9901	Meisterstunden	10,00	Std.	36,00	360,00		360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

9902	Facharbeiterstunden	15,00	Std.	36,00	540,00			540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
9903	Helferstunden	15,00	Std.	15,00	225,00			225,00	225,00	225,00	225,00	225,00
9904	Auszubildende	10,00	Std.	7,00	70,00			70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
3501	Fensterreinigung von Kellerfenstern (verglaste Kunststofffenster)	18,00	Stck	10,00	180,00			180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
3502	Fensterreinigung von Treppenhausfenstern (zweiflügelige Fenster)	3,00	Stck	10,00	30,00			30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
3503	Abfegen eines Dachbodens; Untergrund: Estrich, wenig verschmutzt	1,00	tausch	100,00	100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3504	Treppenhaus reinigen, 3 Geschosse: Holztreppe wischen, Gittereisenputzen	1,00	tausch	100,00	100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3505	Heizraum säubern (7 m² groß), Fußboden (Estrich) fegen, Lüftung reinigen	1,00	tausch	100,00	100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3506	Haustür, Kellertür, Heizraumtür und Dachbodentür reinigen	4,00	Türen	15,00	60,00			60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
3507	Kellerräume besenrein reinigen	50,00	m²	1,50	75,00			75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
3508	Entfernen und Entsorgen von Sperrmüll und brennbarem Müll	1,00	m³	140,00	140,00			140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
9902	Sonstige Reinigungsarbeiten nach Stundenaufwand	5,00	Std.	28,00	140,00			140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden)				240,00		240,00		120,00	240,00	240,00	240,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden)				240,00		240,00		120,00	240,00	240,00	240,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden; nur Kostenansatz, keine Eigenleistung)				240,00		240,00		120,00	240,00	240,00	240,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden)				240,00		240,00		240,00	240,00	240,00	240,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden)				240,00		240,00		120,00	120,00	240,00	240,00
	Malerarbeiten (Beseitigung der Schäden; nur Kostenansatz, keine Eigenleistung)				240,00		240,00		120,00	240,00	240,00	240,00
	Titel 3 Treppenhausinstallation Elektro				1.783,10			1.783,10	1.783,10	1.783,10	1.783,10	1.783,10
	Titel 4 Sonstige Arbeiten Elektro				537,14		268,57	268,57	537,14	537,14	537,14	537,14
	Titel 5 Allgemeinverteiler Elektro				242,49		97,00	145,49	242,49	242,49	242,49	242,49
	Titel 6 Regiarbeiten Elektro				1.768,00		884,00	884,00	884,00	1.237,60	1.414,40	1.768,00
	Ausgleichskosten				-4.556,23		-6.193,32	-217,66	2.416,13	-912,51	-1.789,90	-2.401,67
	Instandsetzungsarbeiten		Summe netto		40.546,35		-3.506,53	9.669,74	34.944,52	36.084,11	41.914,93	41.959,93
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Heizung											
1207	T-30 Tür zum Heizraum 101/201 cm, Leibungstiefe ca. 24 cm	1,00	Stck	239,00	239,00		239,00			239,00	239,00	239,00
1302	Betonplatte in B 25 im Dachgeschoss des Wohngebäudes auf	0,95	m³	119,00	113,05		113,05			113,05	113,05	113,05
1303	zur Vorposition: PE-Folie, auf dem Fehlboden des Dachbodens	7,90	m²	1,00	7,90		7,90			7,90	7,90	7,90
1304	Schalung zu den Vorpositionen	4,16	m²	9,00	37,44		37,44			37,44	37,44	37,44
1305	Betonstahl (Matten und Stabstahl)	263,33	kg	1,23	323,90		323,90			323,90	323,90	323,90
	15.11. Durchbrüche zugemauert	6,50		38,00	247,00	247,00				247,00	247,00	247,00
	18./19.11 Durchbrüche zugemauert	6,50		38,00	247,00	247,00				247,00	247,00	247,00
	DG-Boden für Bodenplatte vorbereitet	1,00		38,00	38,00	38,00				38,00	38,00	38,00
	Durchbrüche in den Wohnungen geschlossen	6,50		38,00	247,00	247,00				247,00	247,00	247,00
	Material	1,00		7,93	7,93	7,93				7,93	7,93	7,93
1101	Abbruch von Mauerwerk Heizraumtür	0,68	m³	294,00	199,20	199,20				199,20	199,20	199,20
2337	neue Tür einputzen	1,00	St	50,00	50,00		50,00		50,00	50,00	50,00	50,00

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

2336	Dichtes Einputzen der Gassteigeleitung DN 22 mit 15 mm l	10,00	m	15,00	150,00		150,00			150,00	150,00	150,00
2351	Metallständerkonstruktion als Vorsatzschale im Heizraum z	14,82	m²	25,75	381,62		381,62			381,62	381,62	381,62
2352	Metallständerwand (Bereich Heizraum / Dachboden), Ausf	23,67	m²	46,25	1.094,74		1.094,74			1.094,74	1.094,74	1.094,74
2353	Leichtbaudecke (Bereich Heizraum / Dachboden), Ausführ	9,01	m²	31,25	281,56		281,56			281,56	281,56	281,56
2359	Gipskartonverkleidung F-30 von Balken im Heizraum, Que	4,38	m²	46,25	202,58		202,58			202,58	202,58	202,58
2360	Gipskartonverkleidung von Installationssträngen senkrecht	25,41	m²	45,75	1.162,51	1.162,51				1.162,51	1.162,51	1.162,51
2380	Anstrich im Heizraum vor Montage	37,28	m	5,25	195,72		195,72		195,72	156,58	195,72	195,72
	Profilzylinder für die Heizraumtür	1,00	pau	38,00	38,00	38,00			38,00	38,00	38,00	38,00
3404	Streichen von Wänden und Decken im Heizraum: Dispersid	29,00	m²	5,00	145,00		145,00				145,00	145,00
	Ausbesserung Putz in Eigenleistung				70,00		70,00			70,00	70,00	70,00
	Reinigungsarbeiten während der Bauphase (Feinreinigung)				100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	inkl. Ausbesserungen im Bodenbereich											
	Reinigungsarbeiten während der Bauphase (Feinreinigung)				100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Ausbesserungen im Bodenbereich (nur Kostenansatz, keine Eigenleistung)				200,00		200,00				200,00	200,00
	Reinigungsarbeiten während der Bauphase (Feinreinigung)				100,00			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Reinigungsarbeiten während der Bauphase (Feinreinigung)				110,00			110,00	110,00	110,00	110,00	110,00
	Ausbesserungen im Bodenbereich komplett				150,00		150,00		150,00	150,00	150,00	150,00
	Reinigungsarbeiten während der Bauphase (Feinreinigung)				100,00			100,00	50,00	50,00	100,00	100,00
	Ausbesserungen im Bodenbereich (nur Kostenansatz, keine Eigenleistung)				200,00		200,00		200,00	200,00	200,00	200,00
4001	Einrichten der Baustelle				365,00		182,50	182,50	182,50	182,50	365,00	365,00
4002	Demontage				14.970,25		14.970,25			14.970,25	14.970,25	14.970,25
4003	Kessel mit Zubehör				7.582,10	3.791,05		3.791,05	3.791,05	11.373,15	9.098,52	7.582,10
4005	Rohrleitungen mit Zubehör				9.867,71	9.867,71				16.775,11	11.347,87	9.867,71
4006	Gasversorgung				669,11	669,11				669,11	669,11	669,11
4007	Heizkörper mit Zubehör				6.998,95	6.998,95				9.798,53	8.748,69	6.998,95
4009	Wärmedämmung				5.120,28	5.120,28				6.144,34	6.144,34	5.120,28
	Heizung (ohne Sonstiges und Stundenlohnarb.)		Summe netto		52.112,53	28.633,74	18.995,25	4.483,55	5.067,27	66.017,97	57.882,90	52.112,53
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Lüftungsanlage											
	Durchbrüche in den Wohnungen schließen	6,50		38,00	247,00	247,00				247,00	247,00	247,00
	Material	2,00		7,93	15,86	15,86				15,86	15,86	15,86
	Material	10,00		0,88	8,80	8,80				8,80	8,80	8,80
1114	Holzdecke Whg. 5 entfernen/entsorgen	18,70	m²	14,00	261,80	261,80						261,80
2355	Gipskarton-Deckenbekleidung als Abhängung der vollständ	114,21	m2	31,25	3.569,06	3.569,06				3.569,06	3.569,06	3.569,06
2742	Einbau von Nachströmöffnungen in die vorhandenen Innen	65,00	Stck	9,50	617,50	617,50						617,50
3408	Tapezieren mit Rohfaser und Streichen mit Dispersionsfar	215,00	m²	5,00	1.075,00		1.075,00		1.075,00	1.075,00	1.075,00	1.075,00
3409	wie vor, jedoch in Teilflächen bis 1 m² Größe, Mindest-Abt	10,00	m²	7,00	70,00		70,00		70,00	70,00	70,00	70,00
	Decke Flur: Demontage und neue Montage in Eigenleistung				500,00		500,00		200,00	200,00	200,00	500,00

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

	Decke WC: Demontage und neue Montage in Eigenleistung				50,00		50,00					50,00
4010	Lüftung				32.741,75	32.741,75						32.741,75
	Titel 1 Elektroarbeiten Heizung / Lüftung				695,11	695,11				347,56	347,56	695,11
	Lüftungsanlage	Summe netto			39.851,88	38.156,88	1.695,00		1.345,00	5.533,28	5.533,28	39.851,88
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Sanitärinstalltion											
2337	Revisionstür 20/20 cm, verzinkt	3,00	Stck	20,00	60,00	60,00			60,00	60,00	60,00	60,00
2368	Zusatzdämmung von Warmwasserleitungen mit Flachs- oder	23,94	m	15,00	359,10	359,10						359,10
2401	Wandfliesen aus glasierten Steingutfliesen, Materialpreis 20	20,00	m²	45,00	900,00		900,00				900,00	900,00
2402	wie vor, jedoch Flächen über von 2 m² bis 1 m² je Ausbesser	12,00	m²	45,00	540,00		540,00				540,00	540,00
2403	wie vor, jedoch Flächen unter 1 m², Mindestabrechnungsflä	10,00	m²	60,00	600,00		600,00				600,00	600,00
2404	Bodenfliesen aus glasierten Steingutfliesen	5,00	m²	45,00	225,00		225,00				225,00	225,00
2405	Fliesen im Außenbereich auf dem Wärmedämm-Verbundsystem (Ang		m²	45,00								
2406	Zulage zu den Vorpositionen für die Beschaffung der Klein	4,00	St	10,00	40,00		40,00				40,00	40,00
2407	Jollyprofile liefern und einbauen.	20,00	m	7,00	140,00		140,00				140,00	140,00
2410	Hartschaumplatte als Installationsverkleidung	5,00	m2	30,00	150,00		150,00				150,00	150,00
2411	Dauerelastische Fugen aus Silikon-Kautschuk	85,00	m	3,50	297,50		297,50				297,50	297,50
9902	Vorarbeiterstunden	2,00	Std	40,00	80,00		80,00				80,00	80,00
9903	Facharbeiterstunden	2,00	Std	40,00	80,00		80,00				80,00	80,00
9904	Helferstunden	2,00	Std	10,00	20,00		20,00				20,00	20,00
4008	Sanitärinstalltion				6.307,41		6.307,41				6.307,41	6.307,41
	Sanitärinstalltion	Summe netto			9.799,01	419,10	9.379,91		60,00	60,00	9.439,91	9.799,01
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Solaranlage mit Zubehör											
2022	Sparrenauswechslung (liegender Dachstuhl): Sparrenabstan	1,00	Stck	98,00	98,00		98,00				98,00	98,00
2023	Anarbeiten der Ziegel an eine Solaranlage	18,00	m	4,55	81,90		81,90				81,90	81,90
2081	Schornsteinfegerausstieg Fabrikat: Velux GVT 103 0000 o.	1,00	Stck	746,00	746,00		746,00				746,00	746,00
4004	Solaranlage mit Zubehör				12.931,40	12.931,40					12.931,40	12.931,40
	Solaranlage mit Zubehör	Summe netto			13.857,30	12.931,40	925,90				13.857,30	13.857,30
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Außenanlagen											
301	Entfernen und Entsorgen der vorhandenen Traufplatten 30/	24,30	m²	9,71	235,95		235,95		235,95	235,95	235,95	235,95
304	Beton-Rabattenplatten 20/6 cm senkrecht in Betonbett verle	83,00	m	24,00	1.992,00	1.992,00			1.992,00	1.992,00	1.992,00	1.992,00
305	Kiespackung im Rabattenbereich, Querschnitt ca. 35 / 20 cm	83,00	m	12,60	1.045,80	1.045,80			1.045,80	1.045,80	1.045,80	1.045,80

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

306	Noppenplatte zum Schutz der Dämmung und Ableitung des	42,00	m²	6,80	285,60	285,60			285,60	285,60	285,60	285,60
308	Mietergartenabtrennung in Form eines Maschendrahtzauns,	50,00	m	25,00	1.250,00			1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00	1.250,00
309	Zulage zur Vorposition für Ecken	2,00	St	14,00	28,00			28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
310	Zulage für Endaussteifung eines Pfostens	4,00	St	12,00	48,00			48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
311	Zulage für eine Gartenpforte	2,00	St	194,00	388,00			388,00	388,00	388,00	388,00	388,00
312	Zulage zur Vorposition für verschließbaren Beschlag, PZ-v	2,00	St	64,00	128,00			128,00	128,00	128,00	128,00	128,00
9901	Meisterstunden	5,00	Std.	39,00	195,00			195,00	195,00	195,00	195,00	195,00
9902	Facharbeiterstunden	5,00	Std.	38,00	190,00			190,00	190,00	190,00	190,00	190,00
9903	Helferstunden	5,00	Std.	37,00	185,00			185,00	185,00	185,00	185,00	185,00
9904	Auszubildende	5,00	Std.	30,00	150,00			150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	Rabatten für Dämmung vor- und nachbereitet	4,00		38,00	152,00	152,00				152,00	152,00	152,00
	Außenanlagen	Summe netto			6.273,35	3.475,40	235,95	2.562,00	6.121,35	6.273,35	6.273,35	6.273,35
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Wissenschaftliche Begleitforschung											
NA1	Wandregal für Computer-Auswertung Begleitforschung	1,00	Stck	150,00	150,00	150,00						150,00
	Titel 2 Messtechnik Begleitforschung Elektroinst.				1.096,12	1.096,12						1.096,12
	Wissenschaftliche Begleitforschung (Nebenarb.)	Summe netto			1.246,12	1.246,12						1.246,12

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

ZUSAMMENSTELLUNG NACH BAUTEILEN												
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Außenwanddämmung	Summe netto			64.697,68	53.040,45	2.085,87	9.571,36	53.798,70	60.954,33	64.697,68	64.697,68
	Dachdämmung	Summe netto			1.641,49	1.641,49			1.016,24	1.350,97	1.469,01	1.641,49
	Dachbodendämmung	Summe netto			8.854,45	8.854,45			5.144,08	7.311,30	8.854,45	8.854,45
	Kellerdeckendämmung	Summe netto			11.229,63	11.229,63			9.142,91	10.182,77	11.229,63	11.229,63
	Treppenhäusdämmung	Summe netto			649,76	649,76			389,86	487,32	552,30	649,76
	Luftdichtungsmaßnahmen	Summe netto			1.397,86	642,86	755,00		1.068,50	1.397,86	1.397,86	1.397,86
	Wärmebrückenreduktion	Summe netto			6.515,44	5.766,24	749,20		439,44	599,32	6.351,39	6.515,44
	Fenster	Summe netto			61.844,50	52.737,49	1.702,71	7.404,30	44.828,98	45.740,62	61.844,50	61.844,50
	Türen	Summe netto			9.013,40	8.763,40		250,00	5.788,48	5.788,48	9.013,40	9.013,40
	Balkon	Summe netto			34.487,64	1.886,24	57,00	32.544,40	34.070,64	34.487,64	34.487,64	34.487,64
	Kellerfenster	Summe netto			3.496,00	3.047,20		448,80	3.025,00	3.025,00	3.025,00	3.496,00
	Modernisierungsmaßnahmen	Summe netto			27.487,25	1.008,29	11.384,00	15.094,96	15.557,31	16.103,25	18.370,05	27.487,25
	Instandsetzungsarbeiten	Summe netto			40.546,35	-3.506,53	9.669,74	34.944,52	36.084,11	41.914,93	41.959,93	41.107,73
	Heizung (ohne Sonstiges und Stundenlohnarb.)	Summe netto			52.112,53	28.633,74	18.995,25	4.483,55	5.067,27	66.017,97	57.882,90	52.112,53
	Lüftungsanlage	Summe netto			39.851,88	38.156,88	1.695,00		1.345,00	5.533,28	5.533,28	39.851,88
	Sanitärinstalltion	Summe netto			9.799,01	419,10	9.379,91		60,00	60,00	9.439,91	9.799,01
	Solaranlage mit Zubehör	Summe netto			13.857,30	12.931,40	925,90				13.857,30	13.857,30
	Außenanlagen	Summe netto			6.273,35	3.475,40	235,95	2.562,00	6.121,35	6.273,35	6.273,35	6.273,35
	Wissenschaftliche Begleitforschung (Nebenarb.)	Summe netto			1.246,12	1.246,12						1.246,12
	Summe netto				395.001,64	230.623,60	57.635,52	107.303,90	222.947,86	307.228,38	356.239,58	395.563,02
	Summe brutto				458.201,90	267.523,38	66.857,21	124.472,52	258.619,52	356.384,92	413.237,91	458.853,10

Kostenzusammenstellung nach Bauteilen - Vergleich der energetischen Standards

ZUSAMMENSTELLUNG NACH GEWERKEN												
Pos.	Beschreibung	Masse	EH	EP	GP mit PH-Kompon.	PH-Kompon.	Mehrkosten Anschl.arb.	EnEV Instands.	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kostengruppe 300											
100	Gerüstarbeiten				6.241,79		2.085,87	4.155,92	5.350,04	5.413,88	6.241,79	6.241,79
201	Erd-, Maurer-, Beton- und Landschaftsbauarbeiten				12.807,51	6.312,72	1.788,84	4.705,95	9.533,43	11.871,26	12.807,51	12.807,51
1100	Abbrucharbeiten				3.911,01	2.613,74	708,81	588,46	1.765,75	3.412,21	3.649,21	3.911,01
2000	Dachdeckerarbeiten				20.765,72		5.580,12	15.185,60	15.505,60	19.149,85	20.765,72	20.765,72
3100	Schlosserarbeiten				34.128,01			34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01	34.128,01
2200	Flaschnerarbeiten				5.321,29		911,64	4.409,65	5.321,29	5.321,29	5.321,29	5.321,29
2300	Putzarbeiten				96.794,33	83.639,64	3.946,00	9.208,69	70.495,90	86.648,06	95.961,79	96.794,33
2500	Estricharbeiten (Dachboden)				8.654,45	8.654,45			5.044,08	7.161,30	8.654,45	8.654,45
2400	Fliesenarbeiten				3.072,50		3.072,50				3.072,50	3.072,50
2700	Schreinerarbeiten Stema				55.133,00	47.279,90		7.853,10	39.319,76	40.231,40	54.662,00	55.133,00
2700	Schreinerarbeiten Kaul				10.292,90	10.002,90		290,00	6.200,48	6.250,48	9.525,40	10.292,90
3400	Malerarbeiten				6.002,00		1.948,00	4.054,00	5.369,00	5.369,00	5.697,90	6.002,00
	Gebäudereinigung				785,00			785,00	785,00	785,00	785,00	785,00
	Kosten für Eigenleistungen Mieter für Unvorhergesehenes				3.508,62		3.560,00	510,00	2.700,00	3.250,00	3.670,00	4.070,00
	Summe Kostengruppe 300 netto				267.418,13	158.503,35	23.601,77	85.874,39	201.518,35	228.991,73	264.942,56	267.979,51
	Summe Kostengruppe 300 brutto				310.205,03	183.863,89	27.378,06	99.614,29	233.761,29	265.630,41	307.333,37	310.856,23
	Kostengruppe 400											
	Heizung, Sanitär, Lüftung											
4000	Heizung, Sanitär, Lüftung Summe netto				120.221,96	72.120,25	32.794,16	15.307,55	15.307,55	71.246,98	84.183,38	120.221,96
5200	Elektroinstallation Summe netto				7.361,55		1.239,59	6.121,96	6.121,96	6.989,67	7.113,63	7.361,55
	Summe Kostengruppe 400 netto				127.583,51	72.120,25	34.033,75	21.429,51	21.429,51	78.236,66	91.297,01	127.583,51
	Summe Kostengruppe 400 brutto				147.996,87	83.659,49	39.479,15	24.858,23	24.858,23	90.754,52	105.904,53	147.996,87
	Summe Kostengruppe 300 / 400 gesamt netto				395.001,64	230.623,60	57.635,52	107.303,90	222.947,86	307.228,39	356.239,57	395.563,02
	Summe Kostengruppe 300 / 400 gesamt brutto			€	458.201,90	267.523,38	66.857,21	124.472,52	258.619,52	356.384,93	413.237,91	458.853,10
	Kosten pro m² Wohnfläche				511,96	298,91	74,70	139,08	288,96	398,20	461,72	512,69

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Sanierungskosten nach Gebäudestandard					
Kosten pro m ² Wohnfläche (inkl. MWSt.)					
	EnEV- Instands	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten
	€	€	€	€	€
Wand	12,41	69,73	79,00	83,85	83,85
Dach	0,00	7,98	11,23	13,38	13,60
Kellerdecke	0,00	11,85	13,20	14,55	14,55
Fenster	9,60	58,10	59,28	80,16	80,16
Türen	0,32	7,50	7,50	11,68	11,68
Wärmebrücken	0,00	0,57	0,78	8,23	8,44
Luftdichtheit	0,00	1,38	1,81	1,81	1,81
Lüftung	0,00	0,00	0,00	0,00	51,65
Heizung	5,81	6,57	85,57	75,02	67,54
Solarthermie	0,00	0,00	0,00	17,96	17,96
Balkon	42,18	44,16	44,70	44,70	44,70
Sonstige Kosten	68,76	81,11	95,13	110,37	116,72
Kosten gesamt	139,08	288,96	398,20	461,72	512,69

Sanierungskosten nach Gebäudestandard					
Kosten pro m ² Konstruktionsfläche					
	EnEV- Instands	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten
	€	€	€	€	€
Wand	10,91	61,30	69,46	73,72	73,72
Dach	0,00	21,02	29,55	35,22	35,81
Kellerdecke*	0,00	36,32	40,45	44,61	44,61
Fenster**	63,86	386,63	394,49	533,38	533,38
Fenster***		267,32	275,18	393,12	393,12

* Kellerdecke (inkl. Wärmebrückenreduktion)

** Fenster inkl. aller Nebenarbeiten (Demontage, Entfernen und Verkleiden Rollladenkasten, Fensterbrett, Beiputzen)

*** Nur Liefern und Montage der Fenster

TAB 6.3 Sanierungskosten nach Gebäudestandard

Jeweilige Mehrkosten pro m² Wohnfläche (inkl. MWSt.) als Grundlage für Diagramm

	EnEV- Instands	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten	Kosten
	€	€	€	€	€
Wand	12,41	57,32	9,27	4,85	0,00
Dach	0,00	7,98	3,24	2,15	0,22
Kellerdecke	0,00	11,85	1,35	1,36	0,00
Fenster	9,60	48,51	1,18	20,87	0,00
Türen	0,32	7,18	0,00	4,18	0,00
Wärmebrücken	0,00	0,57	0,21	7,46	0,21
Luftdichtheit	0,00	1,38	0,43	0,00	0,00
Lüftung	0,00	0,00	0,00	0,00	51,65
Heizung	5,81	0,76	79,00	-10,54	-7,48
Solarthermie	0,00	0,00	0,00	17,96	0,00
Balkon	42,18	1,98	0,54	0,00	0,00
Sonstige Kosten	68,76	12,35	14,02	15,24	6,36

Kosten pro Bauteil, bezogen auf einen m² Konstruktionsfläche

Zusammenstellung der Kosten pro m² Konstruktionsfläche auf Grundlage der Bauteilberechnung BV Jean-Paul-Platz 4

	EnEV- Instands.	EnEV 140	EnEV-Neubau	3-L-Haus
Wand	10,91	61,3	69,46	73,72
Dach	0	21,02	29,55	35,81
Kellerdecke	0	36,32	40,45	44,61
Fenster	63,86	386,63	394,49	533,38
Fenster (nur liefern/mont.)		267,32	275,18	393,12

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnung der Kosten pro eingesparter kWh über die Gesamtinvestition bei Referenzvariante EnEV -Sanierung (= keine energetischen Maßnahmen)

		Referenzvaria	Standard	Standard	Standard	Standard	
Bezeichnung	Einheit	San EnEV	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus	
Endenergiebedarf	kWh/(m²a)		328,9	241,0	100,2	76,2	42,6
Kosten gemäß Tabelle 6.3	€/m²		139,08	289,0	398,2	461,7	512,7
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante	€/m²	C	0	149,9	259,1	322,6	373,6
Endenergieeinsparung gegenüber Referenzvariante	kWh/(m²a)		0	87,9	228,7	252,7	286,3
Endenergieeinsparung über 30 Jahre	kWh/m²	B	0	2638,4	6862,1	7580,2	8589,8
Kosten pro eingesparter kWh gegenüber Referenzvariante	€/m²	A		0,057	0,038	0,043	0,043

Rechengang: A = C : B

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnung der Kosten pro eingesparter kWh über die Gesamtinvestition bei Referenzvariante EnEV +40

			Referenzvariante	Standard	Standard	Standard
Bezeichnung	Einheit		EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Endenergiebedarf	kWh/(m²a)		241,0	100,2	76,2	42,6
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante	€/m²	C		109,24	172,76	223,73
Endenergieeinsparung gegenüber Referenzvariante	kWh/(m²a)			140,8	164,7	198,4
Endenergieeinsparung über 30 Jahre	kWh/m²	B		4223,7	4941,8	5951,5
Kosten pro eingesparter kWh gegenüber Referenzvariante	€/m²	A		0,026	0,035	0,038

Rechengang: A = C : B

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnung von Gestehungskosten pro eingesparter kWh Stand 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	60,00	100,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	2.580,00	4.300,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	86,00	143,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	750,00	400,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	11,47	35,83

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=45\%$		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	100,00	160,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	4.300,00	6.880,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	143,33	229,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	900,00	500,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	15,93	45,87

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=60\%$ (Süd)		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	200/Süd; 100/sonstige	280/Süd; 160/sonstige
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	7.300,00	10.480,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	243,33	349,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	1.380,00	1.120,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	17,63	31,19

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=60\%$ (Süd) und gedämmte Fensterrahmen; Fenster k-Wert $k_F < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Fenstern	DM/m ²	200/Süd; 100/sonstige	280/Süd; 160/sonstige
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	12.000,00	16.000,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	400,00	533,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	2.450,00	2.050,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	16,33	26,02

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt

Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Regelung, einfache Maßnahmen (elektronische Thermostatventile, Fenster gekoppelt); Whg. 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	1.000,00	1.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	1.000,00	1.000,00
Abschreibung	Jahre	20,00	20,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	40,00	40,00
Wartungskosten	DM/a	40,00	40,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	130,00	130,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 10-15%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	1.800,00	1.200,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	7,22	10,83

Kostenberechnung			
Regelung, vollelektronische Wohnungsregelung und Erfassung; Bezug: Wohnung mit 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	6.000,00	6.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	6.000,00	6.000,00
Abschreibung	Jahre	20,00	20,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	20,00	40,00
Wartungskosten	DM/a	-40,00	-20,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	280,00	320,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 15-30%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	3.600,00	1.800,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	7,78	17,78

Kosten von Sanierungsmaßnahmen

Kostenberechnung			
Bewohner-Info (Lüftungs- und Heizverhalten): Wohnung mit 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	100,00	400,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	100,00	400,00
Abschreibung	Jahre	5,00	5,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	20,00	80,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 5-10%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	1.200,00	600,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	1,67	13,33

Kostenberechnung			
Kontrollierte Lüftung; Bezug Reihenmittelhaus 115 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	2.500,00	4.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	2.500,00	4.000,00
Abschreibung	Jahre	15,00	15,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	15,80	25,00
Wartungskosten	DM/a	40,00	60,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	222,47	351,67
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B):Luftwechselrate (LWR) 0,4-0,6 statt 0,7 ;	kWh/a	2.415,00	805,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	9,21	43,69

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)

Kostenberechnung			
Abluftwärmerückgewinnung; Bezug Reihenmittelhaus 115 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	12.000,00	18.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	12.000,00	18.000,00
Abschreibung	Jahre	15,00	15,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	50,00	70,00
Wartungskosten	DM/a	60,00	100,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	910,00	1.370,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B):LWR 0,3-0,5 statt 0,7; Jahresrückwärmegrad 70-85%	kWh/a	5.500,00	4.000,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	16,55	34,25

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnung der Kosten pro eingesparter kWh über die Gesamtinvestition bei Referenzvariante EnEV +40

Bezeichnung		Einheit	EnEV + 40 %	EnEV-Neubau	EnEV 60	3-Liter-Haus
Kosten			Referenzvariante			
Kosten (reine Baukosten Kostengruppe 300/400 DIN 276)		€m ²	288,96	398,20	461,72	512,69
Nebenkosten (% aus den Baukosten)	14%	€m ²	40,45	55,75	64,64	71,78
Kosten gesamt			329,41	453,95	526,36	584,47
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (reine Baukosten)		€m ²	0	109,24	172,76	223,73
Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (inkl. Nebenkosten)	I	€m ²	0	124,53	196,95	255,05
Förderung als Zuschuss						
Energiekennzahlen						
Endenergiebedarf inkl. Hilfsenergien		kWh/(m ² a)	241,0	100,2	76,2	42,6
Endenergieeinsparung gegenüber Referenzvariante (Eo - Es)		kWh/(m ² a)	0	140,8	164,7	198,4
Endenergieeinsparung über 30 Jahre		kWh/m ²		4223,7	4941,8	5951,5
Finanzierung Kapitalmarktdarlehen						
Zinsen		%	6%	6%	6%	6%
Tilgung		%	1%	1%	1%	1%
Annuitätsfaktor	a	%	7%	7%	7%	7%
Wartung vor der Sanierung						
Gasetagenheizung Wartung		€m ² a	0,86	0,86	0,86	0,86
Kaminkehrer		€m ² a	0,40	0,40	0,40	0,40
Ablesekosten		€m ² a	0,20	0,20	0,20	0,20
Grundpreisanteil der Energielieferung (Mehr- oder Minderkosten)		€m ² a				
Hilfsenergie bei Anlagenaufwandszahl enthalten						
Wartung vor der Sanierung	Z _{vor}	€m ² a	1,46	1,46	1,46	1,46
Wartung nach der Sanierung						
Wartung Heizzentrale		€m ² a	0,56	0,56	0,56	0,56
Wartung Solaranlage		€m ² a				0,09
Ablesekosten		€m ² a	0,48	0,48	0,48	0,48
Wartung Lüftungsanlage inkl. Filter		€m ² a	0,34	0,34	0,34	0,34
Hilfsenergie bei Anlagenaufwandszahl enthalten						
Wartung nach der Sanierung	Z _{nach}	€m ² a	1,38	1,38	1,38	1,47
Preis pro eingesparter kWh:						
Kosten pro eingesparter kWh	P _{eingsp.kWh}	€kWh		0,061	0,083	0,090
= (a * I + (Z _{nach} - Z _{vor})) / (Eo - Es)						
Auswirkung von Fördermitteln						
Förderung nach KfW Gebäudesanierungsprogramm		€m ²	250	350	350	450
Zinsvorteil	2,8%	€(m ² a)	7	9,8	9,8	12,6
Teilschulderlass vom KfW-Darlehen		€m ²			25	50
Sonstige-Förderung als Zuschuss		€m ²				30
Resultierende Mehrkosten gegenüber Referenzvariante (Teilschulderlass und DBU-Förderung werden abgezogen)	I _x	€m ²		124,53	171,95	175,05
komplementärer Einfluss auf die Annuität (der Zinsvorteil wird auf die KfW-Darlehenssumme abzgl. Teilschulderlass gerechnet und in der Formel abgezogen)	a ₁			2,8%	2,8%	2,8%
Wirksame Darlehenssumme für den Minderzins	I ₁			100	100	200
Preis pro eingesparter kWh (Förder.)						
Kosten pro eingesparter kWh inkl. Förderung	P _{eingsp.kWh*}	€kWh		0,041	0,056	0,034
P _{eingsp.kWh*} = (a * I _x - a ₁ * I ₁ + (Z _{nach} - Z _{vor})) / (Eo - Es)						

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Wirtschaftlichkeit

SANIERUNG MIT PASSIVHAUSKOMPONENTEN. BEISPIEL MFH JEAN-PAUL-PL. 4, NÜRNBERG					
WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG NACH ENERGETISCHEN GESICHTSPUNKTEN					
im Vorfeld der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten am Beispiel Jean-Paul-Platz 10					
Stand: Herbst 2001				WF (m²)	895,00
300	Bauwerk	Instandsetzung	Modernisierung	Passivhaus-Komp.	Gesamt
Zusammenstellung nach energetisch bedingten Kosten und sonstiger Instandhaltung und Modernisierung					
2300	DÄMMUNG AUSSENWAND	73.117,31		128.917,81	202.035,11
2300	DÄMMUNG KELLERDECKE			31.911,60	31.911,60
2500	DACHDÄMMUNG			31.113,93	31.113,93
2700	FENSTER	52.497,54		86.142,18	138.639,72
4200	HEIZUNGSINSTALLATION		70.000,00	-15.000,00	55.000,00
4300	SOLARTHERMIE			38.000,00	38.000,00
4400	LÜFTUNG MIT ABLUFTWÄRMERÜCKGEWINNUNG (gem.)			72.732,00	72.732,00
	Summe energetisch bedingte Kosten	125.614,85	70.000,00	373.817,51	569.432,36
1200	ROHBAUARBEITEN				0,00
1600	ZIMMERERARBEITEN				0,00
2000	DACHDECKERARBEITEN	35.000,00			35.000,00
2200	Blecharbeiter	15.000,00			15.000,00
2300	PUTZARBEITEN	10.000,00	10.000,00		20.000,00
2400	FLIESENARBEITEN		10.000,00		10.000,00
2780	INNENTÜREN	10.000,00			10.000,00
3600	OBERBODENBELÄGE				0,00
3400	MALERARBEITEN	20.000,00			20.000,00
3400	SCHLOSSER		54.000,00		54.000,00
4000	SANITÄRINSTALLATION		40.000,00		40.000,00
5000	ELEKTROINSTALLATION		28.000,00		28.000,00
	Summe Sonstige Instandhaltung und Modernisierung	90.000,00	142.000,00	0,00	232.000,00
300	BAUWERK	215.614,85	212.000,00	373.817,51	801.432,36
	Kosten pro qm Wohnfläche	240,91	236,87	417,67	895,46
ZUSAMMENSTELLUNG					
100	BAUGRUNDSTÜCK	0,00	0,00	0,00	0,00
200	HERRICHTEN UND ERSCHLIESSEN	3.000,00	4.000,00		7.000,00
300	BAUWERK 300/400	215.614,85	212.000,00	373.817,51	801.432,36
500	AUSSENANLAGEN	70.000,00	0,00	0,00	70.000,00
700	BAUNEKENKOSTEN	43.292,23	32.400,00	56.072,63	131.764,85
	SUMME GESAMT	331.907,07	248.400,00	429.890,14	1.010.197,21
Finanzierungskonzepte					
	Instandhaltungskosten-Anteil (Projekträger Instandhaltung)				331.907,07
	Modernisierungskosten-Anteil				678.290,14
	nach § 3 MHG theoretisch umlagefähig 11% (DM/a bei 895 m² Wohnfläche (DM/m²a	74.611,92	DM/a		
	Umlagefähige Kosten pro m² im Monat (DM/m²mtl)	83,37	DM/m²a		
	Ausgangsmiete vor Sanierung (DM/m²mtl.) ka	6,95	DM/m²M		
	theor. Miete nach Sanierung: Mietobergrenze nach Mietspiegel und soziale Rahmenbedingungen lassen diese Erhöhung nicht zu (DM/m²mtl.)	8,00	DM/m²M		
	14,95	DM/m²M			
	Berechnung der Warmmiete vor Sanierung				
	Heizkosten pro m²: 204 kWh * 0,10 DM/kWh	20,40	DM/m²a		
	BWW-Erwärmung pro m² (1 Person pro 30 m²: 40 l/d * 40K * 0,00116 kWh * 365 d / 30m² * 0,10 DM/kWh * 1,3 (Faktor Anlagenverluste)	2,94	DM/m²a		
	Nebenkosten (Ablesung, Wartung)	3,00	DM/m²a		
	Summe Nebenkosten Heizung/BWW pro Jah	26,34	DM/m²a		
	Summe Nebenkosten Heizung/BWW pro Mona	2,19	DM/m²a		
	Kaltmiete vorher	8,00	DM/m²M		
	Warmmiete vorher	10,19	DM/m²M		

Wirtschaftlichkeit

Berechnung der Nebenkosten Heizung /BWW nach Sanierung				
Heizkosten pro m²: 25 kWh * 0,10 DM/kWh	2,50	DM/m²a		
BWW-Erwärmung pro m² wie oben, jedoch 50 % solarel Deckungsgrad und Anlagenfaktor 1,2	1,35	DM/m²a		
Nebenkosten (Ablesung, Wartung)	3,50	DM/m²a		
Summe Nebenkosten Heizung/BWW pro Jah	7,35	DM/m²a		
Summe Nebenkosten Heizung/BWW pro Mona	0,61	DM/m²M		
Einsparung zu vorher	1,58	DM/m²M		
Zulässige Erhöhung der Miete (doppelte Einsparung)	3,16	DM/m²M		
Resultierende Kaltmiete nach der Sanierun	11,16	DM/m²M		
Resultierende Warmmiete nach der Sanierung	11,78	DM/m²M		
tatsächliche Mieterhöhung durch die Sanierun	1,58	DM/m²M		
Für die Finanzierung steht somit folgender Betrag zur Verfügung	3,16	DM/m²M		
pro Jahr	37,96	DM/m²a		
Wohnfläche gesamt	895,00	m²		
Variante 1				
Kreditaufnahme zu Marktkonditionen				
Zins	5,8%			
Tilgung	1,0%			
Abdeckung von Investitionskosten in Höhe von			DM	499.638,84
Deckungslücke Investitionskoster			DM	178.651,30
Deckungslücke Investitionskosten pro m² Wohnfläch			DM	199,61
Variante 2				
Kreditaufnahme zu Marktkonditionen in Verbindung mit dem KfW-CO2-Gebäudesanierungs-Programm				
KfW-CO2-Gebäudesanierungsprogramm: Zins	3,25%	Betrag: DM	430.000,00	
Tilgung (ab dem 3. Jahr / anfänglich)	3,24%			
Hypothekendarlehen: Zins	5,8%			
Tilgung	1,0%			
Abdeckung von Investitionskosten in Höhe von			DM	519.241,78
Deckungslücke Investitionskoster			DM	159.048,36
Deckungslücke Investitionskosten pro m² Wohnfläch			DM	177,71
Variante 3				
Kreditaufnahme zu Sonderkonditionen (für zahlreiche Wohnbaugesellschaften verfügbar)				
Hypothekendarlehen: Zins	4,5%			
Tilgung	1,0%			
Abdeckung von Investitionskosten in Höhe von			DM	617.735,29
Deckungslücke Investitionskoster			DM	60.554,85
Deckungslücke Investitionskosten pro m² Wohnfläch			DM	67,66

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Wirtschaftlichkeits-Varianten

**SANIERUNG MIT PASSIVHAUS-KOMPONENTEN BEI MEHRFAMILIENHÄUSERN
WIRTSCHAFTLICHKEITSVARIANTEN 1-5**

Rahmenbedingungen: Baujahr ca. 1965 / ca. 1000-2000 m² Wohnfläche pro Gebäude, 3-4-geschossig, unterkellert
Berechnung bezogen auf 1 m² Wohnfläche

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
		Kredit mit Markt- konditionen	Hypothek und KfW-Mittel	Zins-Sonder- konditionen	Var. 1 / optim. Baukosten	Var. 4 / erhöhte Energiekosten 15 Pfg/kWh
Kosten						
Energetisch bedingte Kosten						
Aussenwand	DM/m ² WF	144	144	144	115	115
Kellerdecke	DM/m ² WF	36	36	36	30	30
Dach	DM/m ² WF	35	35	35	30	30
Fenster	DM/m ² WF	96	96	96	70	70
Heizung	DM/m ² WF	-17	-17	-17	-17	-17
Solarthermie	DM/m ² WF	42	42	42	35	35
Lüftung mit Abluftwärmerückgew.	DM/m ² WF	81	81	81	60	60
Summe energetisch bedingte Kosten	DM/m ² WF	418	418	418	323	323
Sonstige Instandhaltungskosten	DM/m ² WF	241	241	241	241	241
Sonstige Modernisierungskosten	DM/m ² WF	237	237	237	237	237
Bauwerkskosten gesamt	DM/m ² WF	895	895	895	801	801
Erschließungskosten	DM/m ² WF	8	8	8	8	8
Aussenanlagen	DM/m ² WF	78	78	78	78	78
Baunebenkosten	DM/m ² WF	147	147	147	133	133
Investitionskosten gesamt	DM/m ² WF	1.129	1.129	1.129	1.020	1.020

Energieeinsparung						
Heizenergieverbrauch vor Sanierung	kWh/m ² a	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00
Heizenergieverbrauch nach Sanierung	kWh/m ² a	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Verbrauch für BWW vor Sanierung	kWh/m ² a	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40
Verbrauch für BWW nach Sanierung	kWh/m ² a	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Nebenkosten vor Sanierung	DM/m ² a	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nebenkosten nach Sanierung	DM/m ² a	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Kosten vor Sanierung	DM/m ² a	26,34	26,34	26,34	26,34	38,01
Kosten nach Sanierung	DM/m ² a	7,35	7,35	7,35	7,35	9,28

Finanzierung						
Instandhaltungskosten-Anteil	DM/m ²	370,85	370,85	370,85	370,85	370,85
Modernisierungskosten-Anteil	DM/m ²	757,87	757,87	757,87	649,27	649,27
Miete kalt vor der Sanierung	DM/m ² M	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Miete warm vor der Sanierung	DM/m ² M	10,20	10,20	10,20	10,20	11,17
Einsparung Warmmiete vorher/nachher	DM/m ² M	1,58	1,58	1,58	1,58	2,39
Erhöhung der Miete (dopp. Einspar.)	DM/m ² M	3,17	3,17	3,17	3,17	4,79
Miete kalt nach der Sanierung	DM/m ² M	11,17	11,17	11,17	11,17	12,79
Miete warm nach der Sanierung	DM/m ² M	11,78	11,78	11,78	11,78	13,56
tatsächliche Mieterhöhung durch Sanierung (Warmmiete)	DM/m ² M	1,58	1,58	1,58	1,58	2,39
Hypothek Zins	%	5,80%	5,80%	4,50%	5,80%	5,80%
Hypothek Tilgung	%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
KfW-Mittel Zins			3,25%			
KfW-Mittel Tilgung (ab 3. Jahr/20 J)			3,24%			
KfW-Kredit: DM/m ²			485,00	31,48		
Abdeckung von Investitionskosten	DM/m ²	558,53	580,64	690,55	558,53	845,15
Deckungslücke Investitionskosten	DM/m ²	199,34	177,23	67,32	90,74	-195,88
Ansatz für Wertschöpfung (zu Lasten Eigent.)	DM/m ²	59,34	57,23	17,32	40,74	-195,88
Erforderliche Fördermittel	DM/m ²	140,00	120,00	50,00	50,00	0,00

Wirtschaftlichkeits-Variant (2)

**SANIERUNG MIT PASSIVHAUS-KOMPONENTEN BEI MEHRFAMILIENHÄUSERN
WIRTSCHAFTLICHKEITSVARIANTEN 6-10**

wie Var. 1-5, jedoch höhere sonstige Modernisierungs- und Instandhaltungskosten

Rahmenbedingungen: Baujahr ca. 1965 / ca. 1000-2000 m² Wohnfläche pro Gebäude, 3-4-geschossig, unterkerl
Berechnung bezogen auf 1 m² Wohnfläch

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
		Kredit mit Markt- konditionen	Hypothek und KfW-Mittel	Zins-Sonder- konditionen	Var. 1 / optim. Baukosten	Var. 4 / erhöhte Energiekosten 15 Pfg/kWh
Kosten						
Energetisch bedingte Kosten						
Aussenwanc	DM/m ² WF	144	144	144	115	115
Kellerdecke	DM/m ² WF	36	36	36	30	30
Dach	DM/m ² WF	35	35	35	30	30
Fenster	DM/m ² WF	96	96	96	70	70
Heizung	DM/m ² WF	-17	-17	-17	-17	-17
Solarthermie	DM/m ² WF	42	42	42	35	35
Lüftung mit Abluftwärmerückgev	DM/m ² WF	81	81	81	60	60
Summe energetisch bedingte Kosten	DM/m² WF	418	418	418	323	323
Sonstige Instandhaltungskosten	DM/m² WF	350	350	350	350	350
Sonstige Modernisierungskosten	DM/m² WF	400	400	400	400	400
Bauwerkskosten gesamt	DM/m ² WF	1.168	1.168	1.168	1.073	1.073
Erschließungskoster	DM/m ² WF	8	8	8	8	8
Aussenanlagen	DM/m ² WF	78	78	78	78	78
Baunebenkosten	DM/m ² WF	188	188	188	174	174
Investitionskosten gesamt	DM/m² WF	1.442	1.442	1.442	1.333	1.333

Energieeinsparung						
Heizenergieverbrauch vor Sanierunç	kWh/m ² a	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00
Heizenergieverbrauch nach Sanierun	kWh/m ² a	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Verbrauch für BWW vor Sanierun	kWh/m ² a	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40
Verbrauch für BWW nach Sanierun	kWh/m ² a	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Nebenkosten vor Sanierunç	DM/m ² a	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nebenkosten nach Sanierunç	DM/m ² a	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Kosten vor Sanierunç	DM/m ² a	26,34	26,34	26,34	26,34	38,01
Kosten nach Sanierunç	DM/m ² a	7,35	7,35	7,35	7,35	9,28

Finanzierung						
Instandhaltungskosten-Ante	DM/m ²	492,44	492,44	492,44	492,44	492,44
Modernisierungskosten-Ante	DM/m ²	949,32	949,32	949,32	840,72	840,72
Miete kalt vor der Sanierunç	DM/m ² M	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Miete warm vor der Sanierunç	DM/m ² M	10,20	10,20	10,20	10,20	11,17
Einsparung Warmmiete vorher/nachhe	DM/m ² M	1,58	1,58	1,58	1,58	2,39
Erhöhung der Miete (dopp. Einspar.	DM/m ² M	3,17	3,17	3,17	3,17	4,79
Miete kalt nach der Sanierunç	DM/m ² M	11,17	11,17	11,17	11,17	12,79
Miete warm nach der Sanierunç	DM/m ² M	11,78	11,78	11,78	11,78	13,56
tatsächliche Mieterhöhung durç Sanierung (Warmmiete)	DM/m ² M	1,58	1,58	1,58	1,58	2,39
Hypothek Zins	%	5,80%	5,80%	4,50%	5,80%	5,80%
Hypothek Tilgunç	%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
KfW-Mittel Zins			3,25%			
KfW-Mittel Tilgung (ab 3. Jahr/20 J			3,24%			
KfW-Kredit: DM/m ²			485,00	31,48		
Abdeckung von Investitionskoste	DM/m ²	558,53	580,64	690,55	558,53	845,15
Deckungslücke Investitionskoste	DM/m ²	390,79	368,68	258,77	282,19	-4,43
Ansatz für Wertschöpfung (zu Laste Eigent.)	DM/m ²	140,79	118,68	108,77	82,19	-4,43
Erforderliche Fördermitte	DM/m ²	250,00	250,00	150,00	200,00	0,00

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Steigerung der Energiekosten (Quelle: www.brennstoffspiegel.de 2003)

€ pro Haushalt (s. u.)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Erdgas	1017	1009	986	969	1042	1028	1049	1246	1530	1462
Erdöl	736	684	653	773	780	647	808	1231	1137	1050
Mittelwert	877	847	820	871	911	838	929	1239	1334	1256
5% pro Jahr Steigerung	877	920	966	1015	1065	1119	1175	1233	1295	1360
5 % Steigerung p. a. bezogen auf 1993	877	919	961	1003	1045	1087	1129	1172	1214	1256
12 % Steigerung p. a. bezogen auf 1998						838	942	1047	1152	1257

Basis: 3000 Liter Heizöl bzw. 33540 kWh Erdgas pro Jahr; Durchschnittspreis einschließlich MWS

Kosten pro kWh im Mittel	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mittelwert (s. o.) €/kWh	0,026	0,025	0,024	0,026	0,027	0,025	0,028	0,037	0,040	0,037

Kostensteigerung bis 2030	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Steigerung jährlich 3 %	0,038	0,039	0,040	0,042	0,043	0,044	0,046	0,047	0,048	0,050	0,051	0,053	0,054	0,056	0,058	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,075	0,077	0,080	0,082	0,085
Steigerung jährlich 5 %	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046	0,049	0,051	0,054	0,056	0,059	0,062	0,065	0,068	0,072	0,075	0,079	0,083	0,087	0,092	0,096	0,101	0,106	0,111	0,117	0,123	0,129	0,136	0,142
Steigerung jährlich 8 %	0,038	0,041	0,044	0,048	0,052	0,056	0,060	0,065	0,071	0,076	0,082	0,089	0,096	0,104	0,112	0,121	0,131	0,141	0,152	0,164	0,178	0,192	0,207	0,224	0,242	0,261	0,282	0,304

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

PRIMÄRENERGIEBILANZ PASSIVHAUS

PASSIVHAUSMODELL NÜRNBERG - HAUS 1, Nürnberg-Wetzendorf, Wachtelstraße/Prälat-Nicol-Straße

Pos.	Beschreibung	Masse		EH	Material/Beschr.	MJ/m³ oder m²/m²	Faktor	MJ gesamt	MJ+ Passivhaus- kompon.
		PH	PH+						
	TITEL 1 ERDARBEITEN (gerechnet sind nur die Positionen, die das Haus direkt betreffen / ohne Erschließung und Entwässerung)								
201	Oberboden (Mutterboden nach DIN 18300 Ziff. 2.2, Bkl. 1) ca. 20 cm stark abtragen und in Mieten fachgerecht lagern.	169,32		qm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 100 m³/h	7	1,20	1.463	0
204	Baugrubenaushub nach DIN 18300, Ziff. 2, Bkl. 3-5 einschl. der erforderlichen Arbeitsräume ausheben und seitlich lagern; Baugrube, (Revisionschacht etc. s. unten)	31,05		cbm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 30 m³/h	24	1,20	894	0
207	Erdaushub für Fundamentgräben ausheben und seitlich lagern. Bkl. 3-5	6,73		cbm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 15 m³/h	48	1,20	388	0
207	Erdaushub für Fundamentgräben (Südseite Erdreichwärmetauscher 0,4 hoch*0,8 breit*0,5 tief)	0,16	0,16	cbm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 15 m³/h	48	1,20	9	9
208	Erdaushub 0-1,25 m für Rohrleitungsgräben DIN18300, Ziff. 2.2, Bkl. 3-5 einschl. erforderlichem Verbau ausheben und seitlich lagern. Abrechnung erfolgt nach Mindestbreiten der DIN 18300	5,00	2,00	cbm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 15 m³/h	48	1,20	288	115
212	Abfahren von Aushubmaterial inkl. Kippgebühr	20,00		cbm	LKW 20 L Diesel/h; 10 m³/h	72	1,20	1.728	0
213	Einfüllen und lagenweises Verdichten der Fundament- und Rohrgräben mit geeignetem, vorhandenen seitlich gelagertem Material. Die Abrechnung erfolgt nach fest eingebauten Massen.	0,00		cbm				0	0
214	Auffüllen und lagenweise Verdichten der Baugrube nach Angabe mit seitlich gelagertem Aushubmaterial.	11,02		cbm	Radlader (MJ/m³) 20 L Diesel/h; 15 m³/h	48	1,20	635	0
	ERDARBEITEN							5.405	124
Pos.	Beschreibung			EH					
	TITEL 2 KANALARBEITEN (gerechnet sind alle Rohre für alle vier Häuser, am Titelseite wird die Summe durch vier geteilt)								
901	PVC-Rohre DN 100, hart	12,00		m	PVC; m³ /m=Faktor	70000	0,0019	1.583	0
904	wie vor, jedoch DN 150 (für Erdreichwärmetauscher)	15,00	15,00	m	PVC	70000	0,0033	3.462	3.462
905	Zulage zur Vorposition für das wurzelfeste Verkleben von Muffen	6,00	6,00	Stck	Klebeband			30	30
904	Zulage für Bögen DN 100	6,00		Stck	PVC; m³/Stck=Faktor	70000	0,0003	119	0
905	Zulage für Abzweige DN 100	1,00		Stck	PVC; m³/Stck=Faktor	70000	0,0003	20	0
906	Zulage für Reduzierstück 150/100	1,00		Stck	PVC; m³/Stck=Faktor	70000	0,0003	20	0
910	Zulage für Bögen DN 150	2,00	2,00	Stck	PVC; m³/Stck=Faktor	70000	0,0003	40	40
900	KANALARBEITEN							5.272	3.531
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
1200	TITEL 3 MAUERARBEITEN								
1201	Baustelleneinrichtung, enthaltend: Baustrom und Bauwasser gemäß Vorbemerkungen, Gerüst wird seitens des Putzers gestellt, Bauwagen, Bautafel aufstellen	1,00		psch.				2.500	0
1202	Kalksandstein-Mauerwerk KSI 12/1,4, MG II, d = 17,5 cm	23,82		cbm	Kalksandstein KS 1,4	1200	1,00	28.586	0
1203	Zulage zur Vorposition für die Verwendung von porosiertem Steinmaterial in der untersten Lage (25 cm hoch) zur Verminderung von Wärmebrücken, Porenbeton Lambda 0,17	0,00		cbm				0	0
1204	Wie vor, jedoch Porenbeton Pb 600 (Lambda 0,14)	1,99		cbm	Porenbeton 0,35	1650	1,00	3.279	0
1205	Kalksandstein-Mauerwerk KSI 12/1,4 MG II, d = 11,5 cm	65,04		qm	Kalksandstein KS 1,4	1200	0,115	8.975	0
1204	Porenbeton Lambda 0,17, Dicke 11,5 cm zwischen Küche und Keller	15,18		qm	Porenbeton 0,35	1650	0,12	2.880	0
1206	Sturz, d = 11,5 cm, Abrechnung nach lichter Auflagerweite, als Zulage zum Mauerwerk	4,30		m	Betonstabstahl	75000	0,0006	194	0
1207	Sturz, d = 17,5 cm, Abrechnung nach lichter Auflagerweite, Auflagerweiten im Mittel 1,00 m, als Zulage zum Mauerwerk	3,78		m	Betonstabstahl	75000	0,0008	227	0
1208	Waagerechte Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit mit Bitumenschweißbahn nach DIN 52129, unterhalb allen Wänden oberhalb der Bodenplatte, nach innen 8 cm überstehend, nach außen an Hohlkehle anschließen (ca. 2 cm überstehend),	8,61		qm	Bitumenschweißbahn	15000	0,01	645	0
1209	wie vor, jedoch Bitumenpappe besandet über der ersten Steinschicht des Außenmauerwerks gemäß Detail	6,31		qm	Bitumenschweißbahn	15000	0,01	473	0
1210	Schallschutzmatten, zweilagig (2 * 15 mm) zwischen den Kommunwänden, Mineralwolle	42,25		qm	Künstliche Mineralfasern Glaswolle	750	0,03	951	0
1200	SUMME NETTO MAUERWERKSARBEITEN							48.711	0

Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
	TITEL 4 BETONARBEITEN								
1301	Fundamentanker aus verzinktem Bandstahl 30 x 3,5 mm in den Fundamentbeton nach den VDEW-Richtlinien einbetonieren einschl. aller Verbindungselemente und Erdungsfahnen komplett liefern und einbauen.	39,50		m	Stahl	252000	0,0002	1.991	0
1302	Magerbeton B 5 für Sauberkeitsschicht (unter der Betonbodenplatte des Kellers) liefern und einbauen, Dicke = 5 cm	18,42		qm	Beton unbewehrt	1600	0,05	1.474	0
1303	Bodenplatte aus wasserundurchlässigem Beton B 25, Dicke = 25 cm, auf vorhandener Sauberkeitsschicht nach Plan liefern, herstellen und eben abziehen (Randschalung und Bewehrung in gesonderter Pos.);	18,42		qm	Beton unbewehrt	1600	0,25	7.368	0
1304	PE-Folie doppellagig	18,42		qm	Polyethylen LDPE	65100	0,004	4.797	0
1305	Seitliche Bodenplattenschalung zur Bodenplatte	4,72		qm				0	0
1306	Kellerwände aus Stahlbeton, Wanddicke 25 cm, wasserundurchlässiger Beton, nur Beton ohne Schalung und Bewehrung, inkl. allen Anschlüssen außer Fugenband zur Bodenplatte (s.u.)	4,35		cbm	Beton unbewehrt	1600	0,25	1.742	0
1307	Schalung zur Vorposition, jede Seite getrennt gerechnet	33,14		cbm				0	0
1308	Fugenband zur Bodenplatte inkl. fachgerechter Anbindung zwischen Bodenplatte und Kellerwänden; Ausführung mit	15,48		m	Polyethylen LDPE	65100	0,0002	202	0
1309	Schotterschüttung (Grobkorn) als kapillarbrechende Schicht unter der Bodenplatte, sorgfältige Verdichtung, Abdeckung des Schotters mit PE-Folie (0,2 mm dick, doppellagig), komplett liefern und einbauen, Dicke = 20 cm.	45,27		qm	Kiesschüttung	30	0,20	272	0
1310	Streifen- und Punktfundamente in B 25 liefern und in vorhandene Fundamentgräben komplett einbauen (Ausführung in Frosttiefe/Mindesttiefe in Abstimmung mit Statiker)	8,30		cbm	Beton unbewehrt	1600	1,00	13.278	0
1310	Streifen- und Punktfundamente	0,16	0,16	cbm	Beton unbewehrt	1600	1,00	256	256
1311	Fundamentschalung, Schalung wird nur ab OK Gelände, d. h. im Bereich des Schotters eingebaut in einer Höhe von 20 cm, ansonsten wird gegen Erdreich betoniert; der Bauherr akzeptiert die optisch evtl. auftretenden Unebenheiten unterhalb dieser Fläche;	11,51		qm				0	0
1312	Zulage zur Vorposition für das Abstellen des Fundaments von außen mit PS-30-Perimeterdämmung (als "verlorene" Schalung), Höhe der Dämmung ca. 50 cm, Dämmdicke 10 cm	12,49		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 30	970	0,10	1.212	0
1314	Bodenplatte in B 25, d = 15 cm, auf vorhandener Schotterschüttung nach Plan liefern, herstellen und eben abziehen (Randschalung und Bewehrung in gesonderter Pos.).	57,69		qm	Beton unbewehrt	1600	0,15	13.845	0
1315	Seitliche Bodenplattenschalung	3,88		qm				0	0
1316	Im Bereich der Kommunwand Trennung des Fundamentbetons und der Bodenplatte durch Einlegen einer doppellagigen Schallschutzdämmmatte; schallschutzsichere Ausführung	7,56		qm	Künstliche Mineralfasern Glaswolle	750	0,03	170	0
1317	Beton-Füllranddecke (ohne Bewehrung, s. gesonderte Pos.); komplett, inkl. Abstellungen/Vormauerungen, Auflagern, Unterstützungen etc. nach werksseitig erstellten Verlegeplänen und werksseitiger Statik; d=23 cm, tapezierfähiges Verspachteln	112,87		qm	Beton unbewehrt	1600	0,20	36.118	0
1318	als Zulage zur Decke: Mehrpreis/Minderpreis für je 2 cm Mehrstärke	129,08		qm	Beton unbewehrt	1600	0,02	4.131	0
1319	als Zulage zur Decke: Ausbildung eines deckengleichen Unterzuges, inkl. Schalung, Bewehrung in gesonderter Position, Abrechnung nach lichten Maßen	31,30		lfdm				0	0
1320	außenseitige Kellerdämmung mit PS-30 Perimeterdämmung, 10 cm dick	6,00		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 30	970	0,10	582	0
1321	außenseitige Kellerdämmung von OK Kellerboden bis 75 cm unter Kellerdecke mit PS-30 Perimeterdämmung, 10 cm dick (EP einsetzen, wenn gewünscht)	5,90		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 30	970	0,10	572	0
1322	wasserdichte Kellerwanddurchführung für die Entwässerungsleitung DN 100	1,00		Stck				70	0
1323	wasserdichte Kellerwanddurchführung für den Erdreichwärmetauscher DN 150	1,00		Stck				100	0
1327	Mehrschichtleichtbauplatten als Wärmedämmung der Stahlbetonbauteile (z.B. Unterzüge, Stützen) als Zulage zu den Stahlbeton-Positionen komplett liefern und einbauen, d=50 mm.	5,00		qm	Mehrschicht-Leichtbauplatten (PS)	940	0,05	235	0
1328	Stahlbetontreppe geradläufig, 6 Steigungen ca. 19/24, ca. 1 m breit; inkl. Schalung, Beton und Bewehrung	2,00		Stck	Beton unbewehrt	1600	0,35	1.120	0
1329	Betonstabstahl 500 S, alle Durchmesser und Längen liefern, schneiden, biegen und verlegen einschl. Kleinteile und Abstandshalter, Zuschläge für Überlängen werden nicht vergütet.	625,00		kg	Betonstabstahl	75000	0,00013	6.010	0
1330	Beton-Stahlmatten 500 M liefern, schneiden verlegen einschl. Kleinteile und Abstandshalter, Zuschläge für Sondermatten werden nicht besonders vergütet.	2998,0		kg	Betonstahlmatten	78000	0,00013	29.980	0
1331	Perimeterdämmung, 60 mm dick, oberhalb des Erdreichwärmetauschers ca. 30 cm oberhalb der Leitung auf eine Breite von 50-60 cm verlegen (10 m Länge unter Bodenplatte=5m² und auf 1,00 m Breite und 1 m Länge vor dem Fundament=1m²)	6,00	6,00	qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 30	970	0,06	349	349
1300	BETONARBEITEN							125.872	605

Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
TITEL 1 DACHDECKERARBEITEN									
2001	Tonziegel Walther Arial Großflächenziegel, naturrot	104,27		qm	Dachziegel unglasiert	4100,00	0,035	14.963	0
2002	Firstziegel	6,24		m	Dachziegel unglasiert	4100,00	0,008	192	0
2003	Ortgangziegel	20,00		m				0	0
2004	Dunstrohraufsatz mit Durchgangspfanne, Wetterkappe und Anschlußschlauch DN 100; Schlauch winddicht durch die Dachschalung (Holzweichfaserplatte) führen, Anschluß bauseits	1,00		Stck				0	0
2010	Zulage zur Vorposition für Metallprofile im Haustrennwandbereich der Doppelhäuser (Abrechnung nach Abwicklung Wand)	8,00		m	Stahl	252000,00	0,0004	762	0
2015	Traubbohle	12,51		m	Fichte, Kiefer, Tanne	630,00	0,008	63	0
2010	Sicherheitsdachhaken	15,00		Stck	Stahl	252000,00	0,00004	165	0
2009	Schneefanggitter über Haustür	3,00		m	Stahl	252000,00	0,001	756	0
2000	DACHDECKERARBEITEN							16.902	0
TITEL 1 FLASCHNERARBEITEN									
Ausführung von Verblechungen mit Titanzink wenn nicht anders angegeben									
2201	Hängerrinne aus Titanzink, Zuschnitt 33 cm, Einschl.Rinnenhaken aus verz. Stahl, komplett liefern und montieren, (Befestigung an jedem Sparren, Abstand ca.80 cm), einschl. Verschnitt, Nietung, Verlötung, Befestigungsmittel und Anschlüsse etc.	7,89		m	Titanzink	300000,00	0,00023	547	0
2202	Fallrohranschlußstützen einschl. Seiherkorb als Zulage zu Pos. 2201	2,00		Stck	Titanzink	300000,00	0,00010	60	0
2203	Rinnenböden	3,00		Stck	Titanzink	300000,00	0,00010	90	0
2204	Fallrohr aus Titanzink NW 100 mm einschl. Rohrschellen und Stifte aus verz. Stahl, komplett liefern und montieren, einschl. Verschnitt, Nietung, Lötung, Befestigungsmittel und Anschlüssen etc.	6,50		m	Titanzink	300000,00	0,00024	471	0
2205	Doppelbogen als Zulage zur Vorposition	2,00		Stck	Titanzink	300000,00	0,00008	47	0
2206	Rosette als untere Abdeckung des Fallrohranschlusses an die PVC-Entwässerungsleitung	2,00		Stck	Titanzink	300000,00	0,00010	60	0
2209	Traubblech aus Titanzink, Zuschnitt ca. 25 cm, komplett liefern und montieren, einschl. Verschnitt, Nietung, Lötung, Befestigungsmittel und Anschlüsse.	7,89		m	Titanzink	300000,00	0,00018	414	0
2210	Lochblech aus Titanzink als Fliegengitter an der Traufe	7,89		m	Titanzink	300000,00	0,00007	166	0
2215	Gaubenverblechung mit Titanzink, Fläche je Gaube ca. 3,2*5,2m	19,00		qm	Titanzink	300000,00	0,00070	3.990	0
2216	Dachverblechung, Vorbau Nord, Fläche je Vorbau ca. 1,0*4,0 m	7,00		qm	Titanzink	300000,00	0,00070	1.470	0
2217	Rinnenausbildung als Kastenrinne 50/50mm zur Vorposition	4,00		m	Titanzink	300000,00	0,00014	168	0
2217	Wasserspeier zur Vorposition	1,00		Stck	Titanzink	300000,00	0,00010	30	0
2218	waagerechter Blechabschluß in der Fassade, Zuschnitt ca. 20 cm; Titanzink	2,00		qm	Titanzink	300000,00	0,00014	84	0
2200	FLASCHNERARBEITEN							7.598	0
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
TITEL 3 TREPPEN									
1641	2 Treppen, EG/OG 15 Stg 18,5/26 cm und OG/Spitzboden 15 Stg, 18/26cm; Stahlkonstruktion aus Rechteckrohr, Harfentreppe;	2,00		Stck	Stahl	252000,00	0,018	8.820	0
	Stufen aus Buche, bunt, keilverzinkt; inkl. Holzhandlauf	30,00		Stck	Buche	2700,00	0,013	1.021	0
1642	Stellstufen für die Treppe EG/OG	15,00		Stck	Buche	2700,00	0,003	113	0
1643	Geländer im Spitzboden	2,50		m	Stahl	252000,00	0,002	1.134	0
1643	Geländer Nebenraum/Kellerersatzraum	1,00		m	Stahl	252000,00	0,002	454	0
1644	Handläufe Kellertreppe	2,00		m	Buche	2700,00	0,004	20	0
1645	Sonstiges	1,00		Stck				0	0
1640	TREPPEN							11.562	0
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
PUTZARBEITEN									
AUSSENPUTZARBEITEN									
2301	Stahlrohrmengerüst mit allen erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen inkl. gesamter Standzeit ab Anforderung Rohbau	2,00		Std	LKW 20 L Diesel/h	72,00	1,20	173	0
2301	Stahlrohrmengerüst mit allen erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen inkl. gesamter Standzeit ab Anforderung Rohbau	154,16		qm	Stahl	252000,00	0,0001	3.885	0
2302	Gerüst-Innengeländer wegen erhöhtem Abstand zur Wand	95,00	95,00	m	enthalten			0	0
2303	Dachdecker-Fanggerüst+Konsolen	12,58		m	enthalten			0	0
2304	Wärmedämmverbundsystem, PS-Hartschaum, Dicke 100 mm, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040, (Standarddicke nach WSV)	75,39		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,10	5.202	0
2304	Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus PS-Hartschaum, Dicke 300 mm - 100 mm (Mehraufwand Passivhaus)	75,39	75,39	qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,20	10.404	10.404
2304	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Dispersion im Kleber/Gitter	75,39		qm	Polyethylen HDPE	68000,00	0,0002	1.025	0
2304	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Mörtel im Kleber, Spachtelmasse	75,39		qm	Kalkputz	1100,00	0,002	166	0
2306	wie vor, jedoch Dämmdicke 160 mm; Dicke 100 mm (Standard WSV)	28,28		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,10	1.952	0
2306	Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus PS-Hartschaum, Dicke 160 mm - 100 mm (Mehraufwand Passivhaus)	28,28	28,28	qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,06	1.171	1.171
2306	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Dispersion im Kleber/Gitter	28,28		qm	Polyethylen HDPE	68000,00	0,0002	385	0
2306	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Mörtel im Kleber, Spachtelmasse	28,28		qm	Kalkputz	1100,00	0,002	62	0

2307	wie vor, jedoch Dämmdicke 220 mm; Dicke 100 mm (Standard WSV)	4,16		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,10	287	0
2307	Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus PS-Hartschaum, Dicke 220 mm - 100 mm (Mehraufwand Passivhaus)	4,16	4,16	qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,12	344	344
2307	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Dispersion im Kleber/Gitter	4,16		qm	Polyethylen HDPE	68000,00	0,0002	57	0
2307	Wärmedämmverbundsystem, Anteil Mörtel im Kleber, Spachtelmasse	4,16		qm	Kalkputz	1100,00	0,002	9	0
2308	Sockelabschlußprofil aus Edelstahl als Zulage zu Pos. 2302 (entfällt: Dämmung wird unten auf das vorstehende Fundament bzw. auf die Dämmung aufgestellt)	0,00		m				0	0
2309	Kantenschutz als Glasfaser-Eckwinkel an den Fensterleibungen und Ecken	59,38		m	PVC	70000,00	0,00004	166	0
2310	Zulage für Panzergewebe	2,00		qm	enthalten			0	0
2311	Zulage für die Fensterleibungen bei Öffnungen größer als 2,5 qm, Abrechnung nach lfdm; die Fenster werden auf die Außenfläche der Außenwand gesetzt (vgl. Detail)	36,34		m				0	0
2312	Putzanschluß am Fensterrahmen mittels Kompriband oder nach Wahl des Bieters:Beschreibung:	66,24		m	Extrudierter Polystyrolschaum	1500,00	0,00010	10	0
2313	wie vor, jedoch sonstige Bauteile im feuchteschutzten Bereich Beschreibung:	28,90		m	enthalten			0	0
2314	Fugenprofil zwischen den Doppelhaushälften (50% je Haus)	5,00		m	enthalten			0	0
2315	Sockelausbildung (Pos. 2304) gegen Spritzwasser bis 30 cm über OK Gelände und im erdberührten Bereich als Zulage, Dämmmaterial, Isolierung / Beschichtung Beschreibung:	10,00	10,00	qm	enthalten			0	0
2316	wie vor jedoch für Pos. 2305 (Dämmdicke 100 mm) (in 2315 enthalten)	0,00		qm				0	0
2317	Dämmung 16 cm dick, PS 30, als Unterkonstruktion einer Verschalung (Wandbereich über Keller) verkleben ohne Oberflächenbeschichtung, Höhe ca. 60 cm, Länge ca. 9,1 m	5,46		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,16	603	0
2752	Außenfensterbretter als Alu-Fensterbleche, alu-farbig eloxiert, nicht begehbar, Blechtiefe ca. 25 cm, inkl. Putz-Endstücken	11,20		lfdm	Aluminium	288200,0	0,0012	3.743	0
2300	SUMME AUSSENPUTZARBEITEN NETTO							29.643	11.919
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
	TITEL 2 INNENPUTZARBEITEN							0	0
2331	Innenputz als Kalkgipsputz, Ausführung als Maschinenputz, geglättet, Wandputz Fabr.:	235,88		qm	Gipsputz	950,00	0,015	3.361	0
2332	Zulage zur Vorposition für Grundierung von Porenbeton	14,88		qm	Polyethylen LDPE	65100,00	0,0002	194	0
2332	wie vor, jedoch Deckenputz	0,00		qm				0	0
2334	Innenputz Bad und Keller/KG als Kalkzementputz, geglättet,	59,68		m	Kalkputz	1100,00	0,02	1.313	0
2335	Leibungen von Fenstern, die in Abzug gebracht wurden	32,12		m	Abzug/enthalten			0	0
2338	EckschutzschienenFabr./Beschr.:	59,81		m	PVC	70000,00	0,00004	167	0
2339	Streckmetall zur Überdeckung und Ausführung von Installationsschächten, Abrechnung nach erforderlichem Streckmetall inkl. seitlicher Einbindung (z. B. Abschluß zum Dach/Traufseite)	2,00		qm	Stahl	252000,0	0,00040	202	0
2341	Anputzleisten Protektor Typ 3779, PVC an Übergängen Trockenbau-Massiv und Fenster (nur auf Bauherrnwunsch)	0,00		Stck				0	0
2341	Revisionstür 20/20 cm, verzinkt	0,00		Stck				0	0
2342	Revisionstür 40/60 cm, verzinkt	0,00		Stck				0	0
2343	Gewebeeinlage im Putz, Ausführung an allen erforderlichen Stellen	5,00		qm	Glasfasern	25000,00	0,0005	63	0
	SUMME INNENPUTZARBEITEN NETTO							5.300	0

2500	ESTRICHARBEITEN							0	0
2501	Feuchtigkeitsisolierung gegen aufsteigende Feuchtigkeit, bestehend aus einer Lage Bitumenschweißbahn V 60 S 4,4 mm dick, nach Herstellervorschrift liefern und verlegen (verschweißen und verkleben) einschl. seitlichem Hochziehen um ca. 15 cm (EG)	60,40		qm	Bitumenschweißbahn	15000,00	0,004	3.624	0
2502	Schwimmender Estrich im EG: PS-Dämmplatten PS15/20 d = 100 mm = Standard WSV	55,69		qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 15	550,00	0,10	3.063	0
2502	Schwimmender Estrich im EG: PS-Dämmplatten PS15/20 d = 150 mm erhöhte Dämmstärke Passivhaus-Standard	55,69	55,69	qm	Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690,00	0,15	5.764	5.764
2502	Schwimmender Estrich im EG: PE-Folie, Randstreifen als PE-Dämmstreifen	55,69		qm	Polyethylen LDPE	65100,00	0,0002	725	0
2502	Schwimmender Estrich im EG: Zementestrich 60 mm	55,69		qm	Zementestrich	1100,00	0,06	3.676	0
2503	Schwimmender Estrich im Obergeschoß und Spitzboden, bestehend aus Holzweichfaserdämmung	82,61		qm	Holzweichfaserplatte	600,00	0,035	1.735	0
	Schwimmender Estrich: PE-Folie, Randstreifen als PE-Dämmstreifen	82,61		qm	Polyethylen LDPE	65100,00	0,0002	1.076	0
	Schwimmender Estrich: Zementestrich 45 mm	82,61		qm	Zementestrich	1100,00	0,0450	4.089	0
2505	Verbundestrich auf Trennlage (Keller, Nebenraum und über Windfang)	25,44		qm	Zementestrich	1100,00	0,05	1.259	0
2505	Trennlage (Keller, Nebenraum und über Windfang) zur Vorposition	25,44		qm	Polyethylen LDPE	65100,00	0,0002	331	0
2512	Randabstellung von Estrich und Dämmung im Bereich von Treppenöffnungen, Konvektorschächten u.ä. einschl. Schalungsmaterial nach Angabe herstellen.	7,50		m				0	0
2515	Estrich-Bewehrung mit Glasfasern (im Bereich von Fliesen: Diele, WC, Küche, Wohnen, Bad, Flur KG)	34,53		qm	Glasfasern	25000,00	0,003	2.590	0
2515	Estrichbeschichtung Bereich Nebenräume (nur EP)	25,44		qm				0	0
2516	Mehrstärken je cm	0,00		qm				0	0
	Estricharbeiten Summe netto							27.931	5.764
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
	DÄMMARBEITEN (siehe Massenermittlung)								
2601	Dämmung Dach: Liefern und Einblasen von Zellulosedämmstoff Fabr. Isofloc o. glw. in Dach-Sparrenzwischenräume etc.; 30 cm	33,13	14,71	cbm	Zellulosedämmung	120,00	1,00	3.975	1.765
2602	wie vor, jedoch Wände	11,44	3,25	cbm	Zellulosedämmung	120,00	1,00	1.373	390
2603	Liefern und Ausstopfen von Material für das Dämmen von Bereichen, die nach Anbringen der Dampfbremse nicht mehr zugänglich sind (seitlicher Abschluß zwischen Mauerwerk und Sparren etc.)	0,00			enthalten			0	0
2600	DÄMMARBEITEN							5.348	2.155

Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
	LEISTUNGSVERZEICHNIS SCHREINERARBEITEN TITEL 1 FENSTER								
2701	Typ 1: Süd/EG dreiflügeliges Fenstertürelement, Dreh-Kipp, Drehflügel und ein feststehendes Teil, Rohbauöffnung 3760/2760 mm (b/h), Fußbodenaufbau 340 mm, oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	1,00	1,00	Stck				0	0
2701	Typ 2: Süd/OG einflügeliges Fenstertürelement, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/2510 mm (b/h), Fußbodenaufbau 90 mm, oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	2,00	2,00	Stck				0	0
2702	Typ 3: Giebel/EG/Küche einflügelige Fenstertür, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/2760 mm (b/h), Fußbodenaufbau 340 mm, oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	1,00	1,00	Stck				0	0
2703	Typ 3a: Giebel/EG/Küche einflügeliges Fenster, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/1560 mm (b/h), oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	1,00	1,00	Stck				0	0
2703	Typ 4: Giebel/OG/Bad einflügeliges Fenster, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/1560 mm (b/h), oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	1,00	1,00	Stck				0	0
2704	Typ 4: Giebel/OG/Zimmer3 einflügeliges Fenster, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/1750 mm (b/h), oben ohne Sturz (Abstand für Gardinenstange beachten)	1,00	1,00	Stck				0	0
2704	Typ 5: Giebel/Spitzboden, einflügeliges Fenster, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbauöffnung 1250/2200 mm (b/h) Höhe inkl. Aufbauhöhe Rolladen	1,00	1,00	Stck				0	0
2705	Typ 6: Nebenräume, einflügeliges Fenster ohne Wärmedämmrahmen, Dreh-Kipp-Beschlag, Rohbaumaß 635/700 mm (b/h), normaler Rahmen, Verglasung k=1,1 W/m²K	4,00		Stck				0	0
2706	Haustür, Rohbaumaß 1135/2600 (b/h), oben 100 mm aufgedoppelt, Fußbodenaufbau 170 mm, genaue Beschreibung bzw. Prospekt beifügen, Sicherheits-PZ vorgerichtet, Griffe, inkl ca. 40/40 Verglasung Typ 4 k=1,1	1,00		Stck				0	0
2707	Haustür wie vor, jedoch zwischen Windfang und Wohnbereich, k-Wert der Gesamttür < 0,8 W/m², Dämmrahmen mit Verglasungs-Typ 1	1,00	1,00	Stck				0	0
2708	Zulage zur Vorposition: Schließzylinder mit Drehknopf von innen	1,00	1,00	Stck				0	0
2709	enthalten in den obigen Positionen:							0	0
2710	Leisten zum Abschluß von Fensterabschlüssen zum Mauerwerk bzw. zur Decke	10,00		m				0	0
2715	Außenseitiger unterer Terrassentür- und Haustürabschluß, feuchte- und tagwasserdichte Ausführung	8,00		m				0	0
2716	Abkleben der Fenster für dauerhafte Luftdichtheit in den Einheitspreisen enthalten			pau				0	0
	Fensterrahmenprofile außen	85,86		m					
	Fensterrahmenprofile innen	5,52		m					
	Fensterflügelprofile	75,00		m					
	Fensterprofile gesamt	166,38		m	PVC	70000,00	0,0014	16.422	3.284
	Stahleinlage	166,38		m	Stahl	252000,00	0,0002	7.547	0
	Dämmung	166,38		m	PUR-Hartschaum	4500,00	0,0036	2.695	2.695
	Bänder	166,38		m	Stahl	252000	0,00006	2.516	0
	Lippendichtungen	160,86		m	Polyethylen LDPE	65100,00	0,00003	262	0
	Verklebungen	85,86		m	Abdichtungsmasse/Kunststoff	60000,00	0,00030	1.545	0
	Holzrahmen/Montagerahmen	85,86		m	Fichte, Kiefer, Tanne	630,00	0,0024	130	0
								0	0
	Verglasung	26,40		m²	Glasscheiben	55000,00	0,014	20.328	6.708
	Zulage für Metallbedampfung, Rahmenverbund etc.	26,40	26,40	m²	Metalloxidbeschichtung	100	1,00	2.640	1.056
	Fenster							54.085	13.744
2750	TITEL 2 INNEN-FENSTERBRETTER (Außenfensterbretter durch Putzer)								
2751	Innenfensterbretter, Werzalit, Tropfkante an der Unterseite, Tiefe ca. 23cm,	5,27		lfdm	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0058	1.818	0
2750	FENSTERBRETTER							1.818	0
2760	TITEL 3 ROLLÄDEN								
	Rolläden gemäß Angebot								
2761	zu Fenster Typ 1 EG/Süd	0,00	0,00	Stck				0	0
2762	zu Fenster Typ 2 OG/Süd	2,00	2,00	Stck				0	0
2763	zu Fenster Typ 3 EG/Giebel/Fenstertür	0,00	0,00	Stck				0	0
2764	zu Fenster Typ 3a EG Küchenfenster	0,00	0,00	Stck				0	0
2764	zu Fenster Typ 4 OG Zimmer 3	1,00	1,00	Stck				0	0
2765	zu Fenster Typ 5 Spitzboden	0,00	0,00	Stck				0	0
2760	TITEL 3 ROLLÄDEN SUMME NETTO				Rolläden werden nicht aufgeführt			0	0
	Nachlaß bei Zahlung nach Zahlungsplan	0,05	0,05					0	0
	Summe Rolläden netto gesamt							0	0

Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
2780	TITEL 4 INNENTÜREN								
2781	Innentür mit Zarge, Röhrenspanfüllung, RBLM 0,635/0,76/0,885 Breite 2,01 m Höhe, inkl. Standardbeschlag	11,00		Stck				0	0
2782	Schiebetür/Innentür mit Zarge, RBLM 0,635/0,76/0,885 Breite 2,01 m Höhe,	1,00		Stck				0	0
2783	Mehrpriess zur Position 2781 für Badezimmer-Beschlag	2,00		Stck				0	0
2784	Minderpreis für gemeinsamen Einbau mit Haus 2	12,00		Stck				0	0
	Türblätter im Mittel 1,98*0,80	12,00		Stck	Holzspanplatten flach- und strangpreß	2900,00	0,048	1.654	0
	Türzargen	12,00		Stck	Holzspanplatten flach- und strangpreß	2900,00	0,024	835	0
	Bänder, Beschläge	12,00		Stck	Stahl	252000,00	0,0002	726	0
				Stck				0	0
2780	INNENTÜREN							3.215	0
2900	Schlosserarbeiten			Stck					
2901	Vordach, Hauseingang (Hälfte des Gesamtvordaches gemeinsam mit dem Nachbarn), Breite ca. 1,60 m, Länge ca. 1,00 m, Verglasung mit Verbund Sicherheitsglas	1,00		Stck	Stahl	252000,00	0,0109	2.742	0
2901	Glas zur Vorposition	1,00		Stck	Glasscheiben	55000,00	0,0077	422	0
2902	Brüstungsgeländer zu Fenstertür Süd/OG, Breite 1,20, Höhe ca. 0,80 m, Obergurt und Untergurt ca. 30 mm mit möglichst filigranen senkrechten Stäben ca. 15 mm, Material: Aluminium oder verzinkter Stahl	2,00		Stck	Stahl	252000,00	0,0018	888	0
2903	Brüstungsstab zu Fenstertür Giebel/Spitzboden, Breite 1,10, Höhe ca. 0,80 m, Obergurt und Untergurt ca. 30 mm mit möglichst filigranen senkrechten Stäben ca. 15 mm, Material: Aluminium oder verzinkter Stahl	1,00		Stck	Stahl	252000,00	0,0002	47	0
2904	Brüstungsstab zu Fenster Giebel/OG, Breite 1,10m, Material: Aluminium oder verzinkter Stahl, Durchmesser 20-25 mm	1,00		Stck	Stahl	252000,00	0,0002	47	0
2900	SCHLOSSERARBEITEN							4.147	0
	BODENBELAGSARBEITEN								
Pos.	Beschreibung	Masse		EH					
2801	Spachteln der Estrich-Oberfläche (Spachtelmasse ohne Lösemittel); Füllstoffe auf Zementbasis	103,77		qm	Zementmörtel	1200,00	0,0010	125	0
2802	Kunstharzanteile in der Spachtelmasse (10%)	104,77		qm	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0001	629	0
2802	Mosaikparkett 8 mm, geölt und gewachst oder versiegelt mit Wasserlack; Holz	103,77		qm	Buche	2700,00	0,008	2.241	0
2802	Kleber	103,77		qm	Klebstoff	40000,00	0,0015	6.226	0
2802	Öl/Wachs	103,77		qm	Öl/Wachs	30000,00	0,0010	3.113	0
2802		103,77		qm				0	0
2804	Bodenbeläge im Keller und Nebenraum nicht enthalten (nur Verbundestrich)	25,44		qm	kein Ansatz			0	0
2806	Holzsockel Eiche lasiert 24/24mm,	90,04		lfdm	enthalten			0	0
2809	Anarbeiten an den Treppenbereich	4,00		lfdm	enthalten			0	0
2810	Abschlußschiene, Aluminium oder Messing	3,00		lfdm	enthalten			0	0
2800	TITEL 1 SUMME NETTO							12.334	0
	TITEL 4 MALERARBEITEN								
3401	Taufabschluß, Gaubenabschluß und Ortgangbretter streichen, bauseits imprägniert, mit einem Lack auf Wasserbasis, Farbe: weiß, deckend; 2 mal streichen	5,00		qm	Wasserlack	20000,00	0,0010	100	0
3402	wie vor, jedoch Lasur	1,00		qm				0	0
3403	Streichen von Innen-Wandflächen (geputzt), mit allen erforderlichen Arbeitsgängen, Innen-Silikatfarbe oder Dispersion, weiß, inkl. Grundierung	275,56		qm	Silikatfarbe	10000,00	0,001	2.756	0
3404	wie vor, jedoch Untergrund Trockenputz	255,54		qm	Silikatfarbe	10000,00	0,0010	2.555	0
3405	Decken-Feinspachtelung,	97,65		qm	Zementmörtel	1200,00	0,0010	117	0
3405	Decken-Rauhfaser	97,65		qm	Rauhfaser	2500,00	0,0025	610	0
3405	Decken-Anstrich	97,65		qm	Silikatfarbe	10000,00	0,0010	977	0
3406	Deckenanstrich im Keller, ohne Vorarbeiten, Untergrund mäßig eben, keine Spachtelung, der Untergrund behält die Unebenheiten der bauseitigen Grobspachtelung, Vorarbeiten nur auf Bauherrnwunsch auf Regie	14,99		qm	Silikatfarbe	10000,00	0,0010	150	0
3407	Stahlkonstruktion einer Stahl-Holz-Treppe deckend farbig streichen (Einheitspreis pro Geschoß, nur Stahlkonstruktion, bauseits durch Treppenbauer grundiert)	2,00		Gesc	Wasserlack	20000,00	0,0020	80	0
3408	Geländer streichen	1,00		lfdm	Wasserlack	20000,00	0,0010	20	0
	Summe Malerarbeiten brutto gesamt							7.365	0

4000 Sanitärinstallation									
Abwasserleitungen DN 100	18,00		m	PVC	70000,00	0,0014	1.741	0	
Abwasserleitungen DN 50	15,00	2,00	m	PVC	70000,00	0,0008	791	106	
Wasserleitungen (im Mittel 20 mm Durchmesser)	60,00		m	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0002	678	0	
Rohr-Wärmedämmung	60,00		m	PUR-Hartschaum	4500,00	0,0028	763	0	
Sanitärelemente	3,00		St	Keramik	30000,00	0,0200	1.800	0	
Sanitärelemente	2,00		St	Stahl	252000,00	0,0120	6.048	0	
Sonstiges				Sonstiges			2.000	0	
Sanitärinstallation							13.821	106	
4200 Heizungsinstallation									
Heizleitungen (im Mittel 20 mm Durchmesser)	45,00	-25,00	St	Kupfer	480000,00	0,00009	2.035	-1.130	
Rohr-Wärmedämmung	45,00	-25,00	St	PUR-Hartschaum	4500,00	0,00283	572	-318	
Heizkörper	6,00	-3,00	St	Stahl	252000,00	0,00400	6.048	-3.024	
Speicher, Zentrale, Gasbrennwertkessel, Abgasleitung	1,00		pau	Stahl	252000,00	0,0200	5.040	0	
Speicher, Zentrale, Gasbrennwertkessel	1,00		pau	Aluminium	288200,00	0,0100	2.882	0	
Speicher, Zentrale, Gasbrennwertkessel, Regelung	1,00		pau	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0050	300	0	
Heizungsinstallation							16.877	-4.472	
Solaranlage/Solarthermie									
Rohrleitungen (Anteil der 4 Häuser)	12,00	12,00	m	Kupfer	480000,00	0,0001	543	543	
Rohr-Wärmedämmung	12,00	12,00	m	PUR-Hartschaum	4500,00	0,0028	153	153	
Solarkollektor, Glas	5,00	5,00	m ²	Glas	52000,00	0,0040	1.040	1.040	
Solarkollektor, Kupfer	5,00	5,00	m ²	Kupfer	480000,00	0,0040	9.600	9.600	
Solarkollektor, Aluminiumrahmen	1,00	1,00	m ²	Aluminium	288200,00	0,0050	1.441	1.441	
Solarkollektor, Dämmung	5,00	5,00	m ²	Künstliche Mineralfasern Glaswolle	530,00	0,0600	159	159	
Sonstiges (Regelung, Verbindungen; Speicher bei Heizung)	1,00	1,00		Stahl	252000,00	0,0030	756	756	
Sonstiges (Regelung, Verbindungen; Speicher bei Heizung)	1,00	1,00		Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0100	600	600	
Solaranlage/Solarthermie							14.291	14.291	
4800 Lüftungsinstallation (Abluftwärmerückgewinnungsanlage)									
Lüftungsrohre DN 150	10,00	10,00	m	Stahl	252000,00	0,0005	1.187	1.187	
Lüftungsrohre DN 100	18,00	18,00	m	Stahl	252000,00	0,0003	1.424	1.424	
Befestigungsmittel, Verbindungen etc; Sonstiges	1,00	1,00		Stahl	252000,00	0,0100	2.520	2.520	
Einblasstutzen, Absaugstutzen	8,00	8,00	St	Stahl	252000,00	0,0003	581	581	
Abluftwärmerückgewinnungsanlage und Regelung	1,00	1,00	St	Stahl	252000,00	0,0120	3.024	3.024	
Abluftwärmerückgewinnungsanlage und Regelung	1,00	1,00	St	Aluminium	288200,00	0,0032	922	922	
Abluftwärmerückgewinnungsanlage und Regelung	1,00	1,00	St	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0200	1.200	1.200	
Lüftungsinstallation (Abluftwärmerückgewinnungsanlage)							10.858	10.858	
5000 ELEKTROINSTALLATION									
Elektroleitungen (im Mittel 3*1,5mm)	700,00	50,00	m	Kupfer	480000,00	0,00002	7.122	509	
Elektroleitungen (im Mittel 3*1,5mm)	700,00	50,00	m	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,00003	1.050	75	
Steckdosen, Schalter etc	70,00	3	St	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0001	210	9	
Leerrohre	200,00	20,00	m	Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0002	1.884	188	
Anschluß-/Sicherungsschrank, Sonstiges	1,00			Sonstige Kunststoffe	60000,00	0,0028	168	0	
Sonstiges	1,00			Stahl	252000,00	0,0020	504	0	
Elektroinstallation Summe							10.938	781	

ZUSAMMENFASSUNG NACH GEWERKEN					MJ	MJ+*	kWh	kWh+*
200	Erdarbeiten				5405	124	1501	35
900	Entwässerungsarbeiten				5272	3531	1465	981
1200	Mauerarbeiten				48711	0	13531	0
1300	Betonarbeiten				125872	605	34964	168
1600	Zimererarbeiten				18148	2003	5041	557
2000	Dachdeckerarbeiten				16902	0	4695	0
2200	Flaschnerarbeiten				7598	0	2110	0
1640	Treppen				11562	0	3212	0
2300	Außenputzarbeiten				29643	11919	8234	3.311
2330	Innenputzarbeiten				5300	0	1472	0
2360	Trockenputzarbeiten				27156	786	7543	218
2400	FLIESENARBEITEN				7116	0	1977	0
2500	ESTRICHARBEITEN				27931	5764	7759	1.601
2600	DÄMMARBEITEN				5348	2155	1486	599
2700	Schreinerarbeiten (Fenster, Haustüren)				54085	13744	15024	3.818
	Innenfensterbretter				1818	0	505	0
	Rolläden							0
2780	Innentüren				3215	0	893	0
2800	Schlosserarbeiten				4147	0	1152	0
3600	Oberbodenbeläge				12334	0	3426	0
3400	Malerarbeiten				7365	0	2046	0
4000	Sanitärinstallation				13821	106	3839	29
4200	Heizungsinstallation				16877	-4472	4688	-1.242
4400	Solaranlage/Solarthermie				14291	14291	3970	3.970
4800	Lüftungsinstallation (Abluftwärmerückgewinnungsanlage)				10858	10858	3016	3.016
5000	Elektroinstallation				10938	781	3038	217
	SUMME				491712	62197	136587	17277
	Wohn-/Nutzfläche (126m² WF, 25 m² NF)							
	PEI pro qm Wohn-/Nutzfläche				3256	412	905	114
	Prozentualer Anteil der Passivhauskomponenten				100%	12,65%		12,65%

*Mehr-/Minderaufwand für Passivhauskomponenten

Primärenergieinhalte von Baustoffen		
Baustoff	MJ/m³	Rohdichte Kg/m³
Aluminium	288200	2702
Abdichtungsmasse/Kunststoff	60000	
Acryl	50000	
Beton unbewehrt	1600	2300
Betondachsteine Frankfurter Pfanne	1800	1800
Betondachsteine Frankfurter Pfanne	2400	2400
Betonfertigteile unbewehrt	2400	2300
Betonstahl	75000	7800
Betonstahlmatten	78000	7800
Bitumenschweißbahn	15000	
Brettschichtholz	2200	700
Buche	2700	800
Dachziegel unglasiert	4100	1800
Expandierter Kork	650	180
Expandierter Polystyrolschaum PS 15	550	15
Expandierter Polystyrolschaum PS 20	690	20
Expandierter Polystyrolschaum PS 30	970	30
Extrudierter Polystyrolschaum	1500	40
Fichte, Kiefer, Tanne	630	600
Fichte, Kiefer, Tanne	720	700
Fichte, Kiefer, Tanne	810	800
Flachsdämmung	360	
Fliesen	7000	1800
Gips	1700	1200
Gipsfaserplatten	3000	1200
Gipskartonplatten	2700	900
Gipsputz	950	1400
Gipsputz ohne Zuschlag	700	1200
Glas	52000	2500
Glasscheiben	55000	2500
Glasfasern	25000	
Holzspanplatten flach- und strangpreß	2900	700
Holzspanplatten zementgebunden	2900	1250
Holzweichfaserplatte	600	200
Holzweichfaserplatte	1000	350
Holzwoleleichtbauplatten	900	350
Kalkgipsputz	950	1400
Kalkputz	1100	1800
Kalksandstein KS 1,2	1000	1200
Kalksandstein KS 1,4	1200	1400
Kalksandstein KS 2,0	1570	2000
Keramik	30000	
Kiesschüttung	30	1800
Kiesschüttung	140	2550
Klebstoff	40000	
Kork-Dämmplatte	1400	100
Korkboden	1440	400
Künstliche Mineralfasern Glaswolle	220	8
Künstliche Mineralfasern Glaswolle	270	10
Künstliche Mineralfasern Glaswolle	530	20
Künstliche Mineralfasern Glaswolle	750	30
Künstliche Mineralfasern Glaswolle	1200	50
Kupfer	480000	8900
Leichtlochziegel Lhlz 0,6	1000	600
Leichtlochziegel Lhlz 0,8	1500	800
Leichtlochziegel Lhlz 1,0	2000	1000
Mehrschicht-Leichbauplatten (KMF)	1200	250
Mehrschicht-Leichbauplatten (PS)	940	100
Normalbeton B 25	1600	2300
Öl/Wachs	30000	
Parkett	2700	700
Polyethylen HDPE	68000	950
Polyethylen LDPE	65100	925
Polyurethan-Ortschaum	4500	
Porenbeton 0,35	1650	350
Porenbeton 0,5	1940	500
Porenbeton 0,8	2590	800
Pressspanplatten	2900	700
PVC	70000	1300
PVC-Bodenbelag	70000	1300
PUR-Hartschaum	4500	30
Rauhfaser	2500	
Rieselschutzpappe	21600	
Silikatfarbe	10000	
Silikon	60000	
Stahl	252000	7850
Sonstige Kunststoffe	60000	
Titanzink	3E+05	
Wasserlack	20000	
Zellulosedämmung	50	35
Zellulosedämmung	120	55
Zellulosedämmung	140	70
Zementtrich	1100	1800
Zementmörtel	1200	1800
Fettgedruckte Werte geschätzt		

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnungsgrundlagen für das Förderzenarium Nürnberg

Tab.1: Wohnungen nach verwendeten Brennstoffen, Gebäudeart und Baualtersklasse

	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Gas*	36820	23800	38430	22610	
Strom*	5260	3400	5490	3230	
Fernwärme*	10520	6800	10980	6460	
Heizöl	12300	6300	37500	7300	
Kohle/Holz	2200	900	500	100	240900
Anteil EFH	20%	19%	24%	26%	

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996

* interpoliert nach EWAG-Jahrbuch 1999, CO2-Bilanz Nürnberg 1994, Angaben weichen stark ab

Tab. 2: Wohnungen, Beheizung, Baualtersklasse

	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	5460	31360	2870	20930	7140	31290	4830	17780	
Strom*	780	4480	410	2990	1020	4470	690	2540	
Fernwärme*	1560	8960	820	5980	2040	8940	1380	5080	
Heizöl	4700	7600	3400	2900	11800	25700	3200	4100	
Kohle/Holz	600	1600	300	600	100	400	100	0	240900

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 3: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse, Gebäudeart EFH (1-2 WE)/MFH

m ²	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	578.760	2.141.888	304.220	1.356.264	756.840	2.027.592	511.980	1.203.706	8.881.250
Strom*	82.680	305.984	43.460	193.752	108.120	289.656	73.140	171.958	1.268.750
Fernwärme*	165.360	611.968	86.920	387.504	216.240	579.312	146.280	343.916	2.537.500
Heizöl	498.200	519.080	360.400	187.920	1.250.800	1.665.360	339.200	277.570	5.098.530
Kohle/Holz	63.600	109.280	31.800	38.880	10.600	25.920	10.600	0	290.680
Summe	1.388.600	3.688.200	826.800	2.164.320	2.342.600	4.587.840	1.081.200	1.997.150	18.076.710
Anteil EFH/MF	27%		28%		34%		35%		

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 4: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

m ²	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	578.760	2.141.888	304.220	1.356.264	756.840	2.027.592	511.980	1.203.706	8.881.250
Strom*	82.680	305.984	43.460	193.752	108.120	289.656	73.140	171.958	1.268.750
Fernwärme*	165.360	611.968	86.920	387.504	216.240	579.312	146.280	343.916	2.537.500
Heizöl	498.200	519.080	360.400	187.920	1.250.800	1.665.360	339.200	277.570	5.098.530
Kohle/Holz	63.600	109.280	31.800	38.880	10.600	25.920	10.600	0	290.680
Summe	1.388.600	3.688.200	826.800	2.164.320	2.342.600	4.587.840	1.081.200	1.997.150	18.076.710
Anteil EFH/MF	27%		28%		34%		35%		

Quellen: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 5: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

m ²	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Gas*	2.720.648	1.660.484	2.784.432	1.715.686	8.881.250
Strom*	388.664	237.212	397.776	245.098	1.268.750
Fernwärme*	777.328	474.424	795.552	490.196	2.537.500
Heizöl	1.017.280	548.320	2.916.160	616.770	5.098.530
Kohle/Holz	172.880	70.680	36.520	10.600	290.680
Summe	5.076.800	2.991.120	6.930.440	3.078.350	18.076.710
Anteil EFH/MF	27%	28%	34%	35%	

Quellen: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 6: Heizwärmebedarf nach Kennzahlen; Bezug: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

kWh/a	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
kWh/m ² a	210	230	200	140	
Gas*	571.336.080	381.911.320	556.886.400	240.196.040	1.750.329.840
Strom*	81.619.440	54.558.760	79.555.200	34.313.720	250.047.120
Fernwärme*	163.238.880	109.117.520	159.110.400	68.627.440	500.094.240
Heizöl	213.628.800	126.113.600	583.232.000	86.347.800	1.009.322.200
Kohle/Holz	36.304.800	16.256.400	7.304.000	1.484.000	61.349.200
Summe	1.066.128.000	687.957.600	1.386.088.000	430.969.000	3.571.142.600

Quelle: Umrechnung nach Faktoren für den Heizwärmebedarf

Tab. 7: Heizwärmeverbrauch nach Kennzahlen; Bezug: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

kWh/a	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Verlustfaktor	1,3	1,3	1,3	1,2	
Gas*	742.736.904	496.484.716	723.952.320	288.235.248	2.251.409.188
Strom*	106.105.272	70.926.388	103.421.760	41.176.464	321.629.884
Fernwärme*	212.210.544	141.852.776	206.843.520	82.352.928	643.259.768
Heizöl	277.717.440	163.947.680	758.201.600	103.617.360	1.303.484.080
Kohle/Holz	47.196.240	21.133.320	9.495.200	1.780.800	79.605.560
Summe	1.385.966.400	894.344.880	1.801.914.400	517.162.800	4.599.388.480

Quelle: Umrechnung nach Faktor

Tab. 8: CO-2-Bilanz (Beheizung von Wohnraum in Nürnberg)

Tonnen (t)	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt	Emissions-
						faktor
						kg/kWh
Gas*	178.257	119.156	173.749	69.176	540.338	0,24
Strom*	70.029	46.811	68.258	27.176	212.276	0,66
Fernwärme*	42.442	28.371	41.369	16.471	128.652	0,20
Heizöl	86.092	50.824	235.042	32.121	404.080	0,31
Kohle/Holz	18.878	8.453	3.798	712	31.842	0,40
Summe	395.699	253.615	522.216	145.657	1.317.188	

Quelle: Umrechnung nach Emissionsfaktor (Schulze Darup: Bauökologie 1996, GEMIS, CO-2-Bilanz Nürnberg 1994)

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Berechnungsgrundlagen zu Tabelle 9.1 (hier berechnet mit Basis-Jahr 1998, Stand 1998)

Tabelle 1: Energetische Sanierung im Wohnungsbau von 1998 (Referenzjahr) bis 2010

 Anteil der erzielten Energiestandards (Annahme), Energieeinsparung, Emissionsminderung (CO₂), Kosten und Fördermittel

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	1998	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	18.077	4%	4.076.298	1.101	0	0	1.400	25.307.394	0	0	0
2	EnEV	60	1,20	90.384	20%	16.992.107	4.588	0	0	1.300	117.498.615	0	0	0
3	WSV 1984	140	1,25	162.690	36%	13.828.683	3.734	0	0	1.250	203.362.988	0	0	0
4	Energieneutral	200	1,30	180.767	40%	0	0	0	0	1.100	198.843.810	0	0	0
				451.918	100%	34.897.089	9.422		0		545.012.807		0	0

 Annahmen: mittlerer Heizwärmebedarf vor Sanierung 200 kWh/m²a

Faktor für Anlagen-/Verteilungsverluste: 1,2

 CO₂-Emissionsfaktor: 0,27 kg/kWh (gemittelt)

Umsatz je Beschäftigten: Bauhauptgewerbe 185742 DM(1996), Ausbaugewerbe 157954 DM; aufgrund der arbeitsintensiven Maßnahmen wird letzterer Wert angenommen

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	1999	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	25.000	5%	5.637.500	1.522	80	2.000.000	1.400	35.000.000	5,7%	9.692.606	61
2	EnEV	60	1,20	110.000	22%	20.680.000	5.584	30	3.300.000	1.300	143.000.000	2,3%	25.501.385	161
3	WSV 1984	140	1,25	200.000	40%	17.000.000	4.590	0	0	1.250	250.000.000	0,0%	46.637.013	295
4	Energieneutral	200	1,30	165.000	33%	0	0	0	0	1.100	181.500.000	0,0%	-17.343.810	-110
				500.000	100%	43.317.500	11.696		5.300.000		609.500.000	0,9%	64.487.194	408
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									1999	2,77%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		0,75%	

Sanierungs- und Förderszenario

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2000	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	44.000	8%	9.922.000	2.679	150	6.600.000	1.400	61.600.000	10,7%	36.292.606	230
2	EnEV	60	1,20	165.000	30%	31.020.000	8.375	100	16.500.000	1.300	214.500.000	7,7%	97.001.385	614
3	WSV 1984	140	1,25	220.000	40%	18.700.000	5.049	0	0	1.250	275.000.000	0,0%	71.637.013	454
4	Energieneutral	200	1,30	121.000	22%	0	0	0	0	1.100	133.100.000	0,0%	-65.743.810	-416
				550.000	100%	59.642.000	16.103		23.100.000		684.200.000	3,4%	139.187.194	881
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2000	3,04%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		1,16%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2001	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	60.000	10%	13.530.000	3.653	140	8.400.000	1.400	84.000.000	10,0%	58.692.606	372
2	EnEV	60	1,20	240.000	40%	45.120.000	12.182	90	21.600.000	1.300	312.000.000	6,9%	194.501.385	1.231
3	WSV 1984	140	1,25	270.000	45%	22.950.000	6.197	0	0	1.250	337.500.000	0,0%	134.137.013	849
4	Energieneutral	200	1,30	30.000	5%	0	0	0	0	1.100	33.000.000	0,0%	-165.843.810	-1.050
				600.000	100%	81.600.000	22.032		30.000.000		766.500.000	3,9%	221.487.194	1.402
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2001	3,32%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		1,66%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2002	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	97.500	15%	21.986.250	5.936	130	12.675.000	1.400	136.500.000	9,3%	111.192.606	704
2	EnEV	60	1,20	325.000	50%	61.100.000	16.497	80	26.000.000	1.300	422.500.000	6,2%	305.001.385	1.931
3	WSV 1984	140	1,25	195.000	30%	16.575.000	4.475	0	0	1.250	243.750.000	0,0%	40.387.013	256
4	Energieneutral	200	1,30	32.500	5%	0	0	0	0	1.100	35.750.000	0,0%	-163.093.810	-1.033
				650.000	100%	99.661.250	26.909		38.675.000		838.500.000	4,6%	293.487.194	1.858
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2002	3,60%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		2,34%

Sanierungs- und Förderszenario

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2003	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	140.000	20%	31.570.000	8.524	120	16.800.000	1.400	196.000.000	8,6%	170.692.606	1.081
2	EnEV	60	1,20	385.000	55%	72.380.000	19.543	70	26.950.000	1.300	500.500.000	5,4%	383.001.385	2.425
3	WSV 1984	140	1,25	140.000	20%	11.900.000	3.213	0	0	1.250	175.000.000	0,0%	-28.362.987	-180
4	Energieneutral	200	1,30	35.000	5%	0	0	0	0	1.100	38.500.000	0,0%	-160.343.810	-1.015
				700.000	100%	115.850.000	31.280		43.750.000		910.000.000	4,8%	364.987.194	2.311
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2003	3,87%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		2,90%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2004	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	180.000	25%	40.590.000	10.959	110	19.800.000	1.400	252.000.000	7,9%	226.692.606	1.435
2	EnEV	60	1,20	432.000	60%	81.216.000	21.928	60	25.920.000	1.300	561.600.000	4,6%	444.101.385	2.812
3	WSV 1984	140	1,25	72.000	10%	6.120.000	1.652	0	0	1.250	90.000.000	0,0%	-113.362.987	-718
4	Energieneutral	200	1,30	36.000	5%	0	0	0	0	1.100	39.600.000	0,0%	-159.243.810	-1.008
				720.000	100%	127.926.000	34.540		45.720.000		943.200.000	4,8%	398.187.194	2.521
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2004	3,98%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,39%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2005	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	182.500	25%	41.153.750	11.112	100	18.250.000	1.400	255.500.000	7,1%	230.192.606	1.457
2	EnEV	60	1,20	438.000	60%	82.344.000	22.233	40	17.520.000	1.300	569.400.000	3,1%	451.901.385	2.861
3	WSV 1984	140	1,25	73.000	10%	6.205.000	1.675	0	0	1.250	91.250.000	0,0%	-112.112.987	-710
4	Energieneutral	200	1,30	36.500	5%	0	0	0	0	1.100	40.150.000	0,0%	-158.693.810	-1.005
				730.000	100%	129.702.750	35.020		35.770.000		956.300.000	3,7%	411.287.194	2.604
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2005	4,04%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,43%

Sanierungs- und Förderszenario

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2006	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	210.000	28%	47.355.000	12.786	80	16.800.000	1.400	294.000.000	5,7%	268.692.606	1.701
2	EnEV	60	1,20	487.500	65%	91.650.000	24.746	20	9.750.000	1.300	633.750.000	1,5%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,25	37.500	5%	3.187.500	861	0	0	1.250	46.875.000	0,0%	-156.487.987	-991
4	Energieneutral	200	1,30	15.000	2%	0	0	0	0	1.100	16.500.000	0,0%	-182.343.810	-1.154
				750.000	100%	142.192.500	38.392		26.550.000		991.125.000	2,7%	446.112.194	2.824
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2006	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,86%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2007	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	225.000	30%	50.737.500	13.699	70	15.750.000	1.400	315.000.000	5,0%	289.692.606	1.834
2	EnEV	60	1,20	487.500	65%	91.650.000	24.746	10	4.875.000	1.300	633.750.000	0,8%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,25	37.500	5%	3.187.500	861	0	0	1.250	46.875.000	0,0%	-156.487.987	-991
4	Energieneutral	200	1,30	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	145.575.000	39.305		20.625.000		995.625.000	2,1%	450.612.194	2.853
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2007	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,94%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2008	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	262.500	35%	59.193.750	15.982	60	15.750.000	1.400	367.500.000	4,3%	342.192.606	2.166
2	EnEV	60	1,20	487.500	65%	91.650.000	24.746	0	0	1.300	633.750.000	0,0%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,25	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	200	1,30	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	150.843.750	40.728		15.750.000		1.001.250.000	1,6%	456.237.194	2.888
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2008	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		4,15%

Sanierungs- und Förderszenario

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2009	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	300.000	40%	67.650.000	18.266	50	15.000.000	1.400	420.000.000	3,6%	394.692.606	2.499
2	EnEV	60	1,20	450.000	60%	84.600.000	22.842	0	0	1.300	585.000.000	0,0%	467.501.385	2.960
3	WSV 1984	140	1,25	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	200	1,30	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	152.250.000	41.108		15.000.000		1.005.000.000	1,5%	459.987.194	2.912
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2009	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		4,15%

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2010	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	375.000	50%	84.562.500	22.832	40	15.000.000	1.400	525.000.000	2,9%	499.692.606	3.164
2	EnEV	60	1,20	375.000	50%	70.500.000	19.035	0	0	1.300	487.500.000	0,0%	370.001.385	2.342
3	WSV 1984	140	1,25	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	200	1,30	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	155.062.500	41.867		15.000.000		1.012.500.000	1,5%	467.487.194	2.960

Sanierungs- und Förderszenario

Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr	2010	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):	4,15%
---	-------------	--------------	------------------------------------	--------------

Jahr	sanierte Fläche	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
1998	451.918	34.897.089	9.422		0		545.012.807		0	0
1999	500.000	43.317.500	11.696	0	5.300.000	0	609.500.000	0	64.487.194	408
2000	550.000	59.642.000	16.103	0	23.100.000	0	684.200.000	0	139.187.194	881
2001	600.000	81.600.000	22.032	0	30.000.000	0	766.500.000	0	221.487.194	1.402
2002	650.000	99.661.250	26.909	0	38.675.000	0	838.500.000	0	293.487.194	1.858
2003	700.000	115.850.000	31.280	0	43.750.000	0	910.000.000	0	364.987.194	2.311
2004	720.000	127.926.000	34.540	0	45.720.000	0	943.200.000	0	398.187.194	2.521
2005	730.000	129.702.750	35.020	0	35.770.000	0	956.300.000	0	411.287.194	2.604
2006	750.000	142.192.500	38.392	0	26.550.000	0	991.125.000	0	446.112.194	2.824
2007	750.000	145.575.000	39.305	0	20.625.000	0	995.625.000	0	450.612.194	2.853
2008	750.000	150.843.750	40.728	0	15.750.000	0	1.001.250.000	0	456.237.194	2.888
2009	750.000	152.250.000	41.108	0	15.000.000	0	1.005.000.000	0	459.987.194	2.912
2010	750.000	155.062.500	41.867	0	15.000.000	0	1.012.500.000	0	467.487.194	2.960
	8.651.918	1.438.520.339	388.400	0	315.240.000	0	11.258.712.807			

ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT

Tabelle 1: Bautätigkeit in Nürnberg 1997

1	Mehrfamilienhäuser	235.870.000 DM
2	Ein- und Zweifamilienhäuser	82.326.000 DM
3	Sonstige Baumaßnahmen/Gebäudeteile	37.637.000 DM
4	Gewerbebau gesamt inkl. Gebäudeteile	794.059.000 DM
5	Bautätigkeit gesamt	1.149.892.000 DM
6	Umsatz Bauhauptgewerbe Wohnungsbau	170.166.000 DM
7	Umsatz Bauhauptgewerbe Gewerbebau	362.661.000 DM
8	Öffentlicher und Verkehrs-Bau	440.987.000 DM
9	Summe Bauhauptgewerbe	973.814.000 DM
10	Umsatz Ausbaugewerbe gesamt	782.076.000 DM

Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tabelle 2: Anteil der jährlichen Sanierungskosten im Bereich Wohnungsbau (überschlägi (verschiedene Herleitungen aus der Statistik)

1	Wohnungsbau gesamt (Zeile 1,2,3/Tabelle 1)	355.833.000 DM
2	Umsatz Bauhauptgewerbe Wohnungsbau + Anteil Ausbaugewerbe (Annahme 25% vom Bauhauptgewerbe)	365.685.000 DM

Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tabelle 3: Jährliche Sanierungskosten: Berechnung auf Grundlage des Wohnungsbestan

Bezug: Tab. 5/Statistische Grundlagen: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

1	Wohnfläche gesamt (m ²)	18.076.710
2	Sanierungsintervall im Wohnungsbau (Jahre)	40
3	Sanierung jährlich (1/40stel der Gesamtfläche, m ²)	451.918
4	Durchschnittskosten für Sanierung (Mittel zwischen 800 und 1800 DM pro m ²)	1.300
5	Sanierungskosten jährlich (DM)	587.493.075
6	Feststellung: keine Plausibilität zwischen statistischem Material der Tabelle 2 und der Herleitung gemäß Tabelle 3	
7	Fehlerquellen:	
	Statistisches Material gemäß Bauanträgen, niedriger Ansatz, Instandhaltungen und ein Teil der Modernisierungen wird nicht erfaßt	
	Hoher Anteil Eigenleistungen/Schwarzarbeit im Bereich Sanierung	
	Ausführung von Leistungen des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes aus umliegenden Gemeinden	
	Geringerer Sanierungsaufwand als in der o.a. Berechnung angenommen	
	Niedrige Bautätigkeit in den letzten beiden Jahren	
8	Annahme für die weiteren Berechnungen für jährliche Sanierungsaufwendungen im Wohnungsbau (Stand 1998, in DM)	550.000.000

Tabelle 4: Sanierungsmix, bezogen auf die Wirkung der energetischen Sanierung

1	Gesamtanierung jährlich (m ²)	451.918
2	Aufteilung nach Energiestandard nach Sanierung (Praxisbezug/Plausibilität/Annahmen):	m ²
	EnEV - 50%	45.192
	EnEV	90.384
	WSV 1984	135.575
	Ohne energetische Verbesserung	135.575
	Energetische Verschlechterung	45.192

Altbausanierung im Raum Nürnberg

Zielsetzung

Die Kommunen im Städtedreieck Nürnberg-Fürth-Erlangen haben sich dem Klimabündnis europäischer Städte zum Erhalt der Erdatmosphäre angeschlossen mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 um 50% zu senken. Zudem soll die Region Nürnberg im Rahmen der bayernweiten High-Tech-Offensive als Kompetenzzentrum für Energietechnik weiterentwickelt werden. Dazu findet derzeit ein intensiver Austausch auf zahlreichen Foren statt. Beteiligt sind die Städte der Region, insbesondere durch die Umwelt- und Wirtschaftsreferate, IHK, Handwerkskammer, Bayerisches Energie-Forum, Energieversorger, SOLID, FH Nürnberg und weitere private und öffentliche Institutionen und Personen. Ein Netzwerk Energie soll auf den Weg gebracht werden, ein Energietechnologisches Gründerzentrum ist in der Planung. Ziele sind:

- Gegenseitige Information/Qualifikation der Akteure
- Fortbildung von Verwaltung, Planern und Handwerkern
- Information von Bauherrn und Investoren
- stimmige Modellprojekte und Darstellung
- abgestimmte Förderkonzepte inkl. Erfolgskontrolle.

Eine hohe Bedeutung kommt dem synergetischen Einsatz der Fördermitteln zu: Förderprogramme von EU, Bund, Land und Kommune müssen mit Arbeitsmarktinstrumentarien und Städtebauförderung abgestimmt werden. Die Einbindung von Forschung ist genauso wichtig wie die Beteiligung der Markt-Akteure: Planer, Immobilienmarkt, Investoren und Banken. In diesem Sinn wurde in Nürnberg ein Energie-Zukunftswerkshop durch die IHK initiiert¹. Er wurde sehr gut angenommen und wird als Diskussionsforum weitergeführt^{2/3}. Das letzte Arbeitstreffen am 18.1.1999 endete mit der Gründung einer Förderungsgesellschaft für die Energie-Kompetenzregion Nürnberg, die finanziell durch die Kommunen und beteiligten Organisationen getragen wird.

Das sehr hohe Ziel der 50%igen CO₂Senkung bis 2010 im Rahmen des Klimabündnisses wird in Anlage 1 dargestellt. Das Diagramm zeigt die anzustrebenden Reduktionswerte für die Bereiche Prozeßwärme auf 50% und Mechanische Energie und Licht auf 70%. Insbesondere im Verkehrsbereich ist bei steigender Verkehrsfrequenz und nur moderat abnehmenden Einzelverbräuchen eine günstigere Entwicklung extrem schwierig herbeizuführen. Die Erhöhung des ÖVPN-Anteils ist erklärtes Ziel der Kommunen und der VAG und wurde in den letzten Jahren erfolgreich betrieben, ohne jedoch durchreifende Reduzierungen im Bereich des Individualverkehrs zu realisieren.

Der Raumwärmebereich hat für die Region mit 45 % Anteil⁴ die höchste Bedeutung. Er verfügt zugleich über das höchste technisch umsetzbare Potential, so daß der CO₂-Ausstoß auf den Faktor 0,35 bis zum Jahr 2010 reduziert werden sollte. Dies ist ein äußerst ehrgeiziges Vorhaben und kann nur mit sehr hohen Anstrengungen erreicht werden. Deutlich wird dies bei der Betrachtung der Gebäudetypen nach Baujahren. Altbauten bis 1948 müßten energetisch auf einen Faktor 0,33 verbessert werden, Nackkriegsgebäude bis zur zweiten Wärmeschutzverordnung 1982 sogar auf den Faktor 0,30. Die Energiestandards der seitdem erstellten Gebäude können aufgrund des noch nicht anstehenden baulichen Sanierungsbedarfs nur auf einen Faktor von etwa 0,7 reduziert werden. Zusätzlich ist zu beachten, daß ein weiterer Zubau stattfinden wird, der die Bilanz zusätzlich belastet.

Ausgangssituation

Am Beispiel der Sanierung des Wohngebäude-Bestandes sollen die Eingriffsmöglichkeiten und die Wirksamkeit von Förderszenarien dargestellt werden. Anlage 2 zeigt den Wohngebäudebestand der Stadt Nürnberg, unterteilt nach Wohnfläche, Baujahr-Gruppen und Versorgungsmedien⁵. Es ist außerordentlich schwierig, stimmige Grundlagen zur Beurteilung der Ausgangslage zu erstellen. Für die Berechnung der CO₂-Bilanz auf der Basis statistischer Grundlagen wurden zahlreiche Veröffentlichungen herangezogen^{6/7/8/9/10/11/12/13/14} und mittels eigener Berechnungen (Anlage Berechnung 1) ergänzt. Die Angaben in den verschiedenen Veröffentlichungen sind aufgrund des

höchst unterschiedlichen Datenmaterials schwer vergleichbar. Eine durchgängige Stimmigkeit ist nicht herstellbar. Auf der Grundlage des Wohngebäudebestandes wird die CO₂-Bilanz in Tabellenform (Anlage 3) und als Diagramm dargestellt (Anlage 4).

Erfahrungswerte aus der Praxis bei der energetischen Gebäudesanierung zeigen deutlich höhere Energiekennzahlen des Bestands als bei der Berechnung letztendlich eingesetzt wurden (s. Berechnungs-Varianten). Die Abbildung in Anlage 5 stellt typische Kennzahlen für den Wohngebäudebestand einer Großstadt flächenbezogen dar. Die Sanierung auf 20 bis 25% des Ursprungswertes ist unter aktuellen Rahmenbedingungen wirtschaftlich optimal darstellbar. Folgende Gründe verhindern bisher die Umsetzung mit Breitenwirkung:

- fehlendes Problembewußtsein
- unzureichende Ausbildung von Planern und Handwerkern
- Investitionskosten als einzige Entscheidungsgrundlage
- keine Einbeziehung von Betriebskosten, fehlendes Facility-Management
- unzureichender finanzieller Anreiz für den Bauherrn (besonders bei Mietobjekten)
- fehlende Förderprogramme mit ausreichender finanzieller Ausstattung.

Instrumente

Im Gebäudebereich ist es möglich, mit vergleichsweise geringem Kostenmehraufwand ein hohes Maß an Energie einzusparen. Den hervorragenden technischen und finanziellen Möglichkeiten stehen bisher höchst uneffiziente Umsetzungsstrategien gegenüber.

Zur Zeit kann durch folgende Maßnahmen auf den Energieverbrauch im Gebäudebereich Einfluß genommen werden:

- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Durch die Energieeinsparverordnung, die wahrscheinlich im Jahr 2000 rechtsgültig wird, werden die geltende Wärmeschutz- und Heizanlagenverordnung novelliert. Es werden Einsparungen um 25 - 30% angestrebt, die jedoch zu maßgeblichen Anteilen durch einfache Haustechnik-Maßnahmen erreicht werden können, so daß unter dem Strich die Zielgröße oberhalb des Niedrigenergie-Bereichs liegen dürfte. Das Instrumentarium ist jedoch sehr gut und es wäre sinnvoll, das Anforderungsprofil mittels eines Stufenplans etwa im Zweijahres-Rhythmus zu erhöhen.

Im Sanierungsbereich ist die derzeitige Wärmeschutzverordnung alles andere als wirksam. Die Energieeinsparverordnung wird diesbezüglich keine ausreichende Änderung bringen.

- **Energiekosten:** der wesentliche Faktor für die Entscheidungsfindung der Bauherrn sind die Kosten. Der jetzige Einstieg in ein ökologisch-ökonomisches Besteuerungssystem ist deshalb äußerst sinnvoll. Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist allerdings erst dann eine gesicherte Grundlage gegeben, wenn über einen absehbaren Zeitraum eine verlässliche Steigerungsrate festgelegt wird. Eine kontinuierliche jährliche Energiepreiserhöhung von 5 % über dem Lebenshaltungskostenindex würde innerhalb von 15 Jahren rein marktwirtschaftlich zu Maßnahmen mit Einsparungen von 30 % führen.
- **Fördermittel** sind für den Altbaubereich unabdingbar. Die derzeitigen Programme sind vom Volumen her unzureichend und haben keinen wesentlichen Einfluß auf die Entscheidungsfindungen der Bauherrn.
- **Forschung und Information** stellen die Grundlage für effiziente Maßnahmen dar. In diesen Bereichen sind sehr intensive Anstrengungen erforderlich.

Technische Maßnahmen und deren Kosten

Voraussetzung für die sinnvolle und kostengünstige energetische Sanierung ist ein möglichst breites Wissen über die verfügbaren Einspartechiken und deren spezifische Wirksamkeit und Kosten. Es gibt zahlreiche Gutachten und Modellprojekte mit Berechnungsbeispielen, die oftmals mehr verwirrend als hilfreich sind. Bereits im Neubaubereich ist es schwierig, die energetische Wirksamkeit von

baulichen Maßnahmen stimmig zu benennen (Anlage 6¹⁵). Das Problem liegt darin, daß insbesondere im Sanierungsfall jedes Projekt individuell optimiert werden muß. Den Planern muß nahegebracht werden, daß dies ein äußerst kreatives Verfahren mit vielen Optionen ist und der beliebteren Neubauplanung in nichts nachsteht. In Anlage 7 wird versucht darzustellen, welche Wirksamkeit verschiedene Maßnahmen bei der Sanierung erzielen. Wichtig ist es, das Einsparpotential jeder Maßnahme zugleich von der Kostenseite her zu betrachten. In Anlage 8 werden die Kosten je eingesparter Kilowattstunde durch passive Maßnahmen dargestellt und in Anlage 9 für Haustechnik-Maßnahmen (s. Berechnungs-Anlage 2: Kosten von Sanierungsmaßnahmen;¹⁶) . Aus dem Fundus zahlreicher abgewickelter Projekte lassen sich Trends für durchschnittliche Mehrkosten in Abhängigkeit vom erzielten energetischen Standard ableiten. Für Neubauten gibt es dazu umfangreiches gesichertes Datenmaterial, die Mehrkosten sind in Anlage 10 zusammengefaßt. Dabei wird bereits der Bezug zur neuen Energieeinsparverordnung (EnEV) berücksichtigt. Bei der Sanierung ist die Streubreite individuell höher und eine optimierte Planung ist noch bedeutsamer. Die Kostentrends können Anlage 11 entnommen werden. Als Vergleichsstandard wird die heute durchaus übliche Sanierungen ohne Einbeziehung von gezielten Energiesparmaßnahmen herangezogen. D. h. das Neueindecken von Dächern ohne Verbesserung der Dachdämmung, Fassaden-Streichen ohne Anbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems und Erneuerung eines Kessels ohne sinnvolle Verbesserung des technischen Standards der Gesamtanlage. Die Mehrkosten für den heutigen Standard der Wärmeschutzverordnung liegen bei fünf bis fünfzehn Prozent. Die Einsparungen beim Gebäudebetrieb würden zu hohen Anteilen die Mehrinvestitionen finanzieren. Das Problem liegt im Informationsmangel, der fehlenden Bereitschaft von Hauseigentümern und vor allem bei Mietobjekten in der falschen Organisation der Kostenverrechnung, so daß sich für den Bauherrn bzw. Vermieter Energiesparmaßnahmen nicht genügend rentieren.

Szenarien für die Förderung der energetischen Sanierung im Wohngebäudebestand

Die Entwicklung des Energiestandards im Gebäudebestand ohne weitere Fördermaßnahmen ist in Anlage 12 grob skizziert. Regelmäßig publizierte Trends lassen nicht auf durchgreifende Änderungen hoffen. In der Praxis sind nur von sich aus motivierte Bauherrn zu durchgreifenden energetischen Sanierungen zu bewegen, die meisten dirigieren die Planer in einen Bereich leicht unterhalb des gerade erforderlichen Standards. Das CO₂-Ziel der Stadt Nürnberg ist nur zu erreichen mit einer Entwicklung, die in Anlage 13 wiedergegeben ist: durchschnittliche Reduzierung des Energiestandards auf 35% des Ist-Zustands. Da die Durchlaufzeit der Ohnehin-Sanierungen auf gerade einmal 2% jährlich veranschlagt wird¹⁷, ist das Ziel selbst bei extrem guten Standards derzeit nicht erreichbar. In der Berechnungsanlage 3 ergibt sich eine Abschätzung der jährlichen Sanierungsrate von 2,5% des Bestandes zzgl. Abgang (Abriß) und Neubau.

Eine Erhöhung der Effizienz ist vor allem an zwei Zielsetzungen gebunden:

- Erhöhung der jährlich sanierten Wohnfläche
- Optimierung des mittleren Energiestandards der Sanierungen.

Beide Ziele sind vor allem durch Fördermittel zu erreichen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung muß für den Bauherrn so darstellbar sein, daß er sich aus rein ökonomischen Gründen für eine schnelle und energetisch hochwertige Sanierung entscheidet. Modalitäten für die Art der Förderung sollten folgende Punkte berücksichtigen:

- Förderhöhe als ausreichender Motivationsschub, z. B.
 - 100 DM/m² Anfangsförderung für Standard nach EnEV
 - 150 DM/m² Anfangsförderung für EnEV ./ 25 - 50 %
 - Maximalsummen für Einfamilienhäuser z. B. 14.000/21.000 DM
- **Zuschüsse** (keine Darlehen oder Zinsvergünstigungen)
- Förderzeitraum auf **10-12 Jahre** festgelegt

- degressives Verhalten der Fördersumme (als zeitlicher Anreiz)
- Fördersumme für Nürnberg über 300 Mio. DM gesamt, d. h. im Mittel etwa 30 Mio. DM jährlich; das entspricht bei einer Umrechnung auf das Bundesgebiet gesamt 50 Mrd. DM, d. h. 5 Mrd. DM/Jahr
- zusätzlich weitere Programme anderer Ressorts (vgl. Berechnung des Szenariums)
- keine Deckelung: jeder berechtigte Antrag wird bewilligt
- unbürokratische Bewilligung
- Voraussetzung: Beratung und Qualitätskontrolle (Sonderprogramm)
- Lenkung der Summe durch jährliche Festlegung der m²-Förderung
- keine Förderungskürzung bei Inanspruchnahme weiterer Förderprogramme
- Zusatzförderung für Modellprojekte mit Öffentlichkeitswirkung
- flankierend berechenbare Energiepreissteigerung.

Eine Berechnung des Sanierungs- und Förderszenariums (Berechnungs-Anlage 4; Anlage 14) beschreibt die angenommene Wirkung der Fördermittel hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Parameter:

1. Die Förderung muß so motivierend sein, daß die sanierte Fläche von jetzt etwa 450.000 m² (Sanierungsquote 2,5% pro Jahr) in Nürnberg auf 750.000 m² ansteigt (4,2% pro Jahr). Das führt zu einer Gesamtsanierung von 8.6 Mio m² bis 2010, was knapp der Hälfte des jetzigen Wohnungsbestandes entspricht. Danach muß die Sanierungstätigkeit auf hohem Niveau aufrechterhalten werden, was am sinnvollsten durch eine angemessene Energiepreisgestaltung erreicht wird.
2. Die Energieeinsparung beläuft sich in der Modellrechnung auf 30 bis 35 % des heutigen Verbrauchs. Einen etwas höheren Wert erreicht die CO₂-Einsparung, was jedoch nur etwa der Hälfte des Solls im Klimabündnis der Städte entspricht. Im Bereich der Energieträger kann eine zusätzliche Optimierung eine kleine weitere Verbesserung herbeiführen.
3. Es sollten nur Standards gefördert werden, die mindestens der EnEV entsprechen, erhöhte Fördermittel sind sinnvoll für Projekte im sehr guten Niedrigenergiebereich, hier bezeichnet mit EnEG * 50%.
4. Die Einschätzung, inwieweit die eingesetzten Fördermittel das dargestellte Szenarium tatsächlich bewirken werden, muß einer breiten Diskussion und der Beobachtung der Entwicklung überlassen werden. Es muß prognostiziert werden, daß flankierende Maßnahmen erforderlich sind sowie weitere Programme anderer Ressorts und Körperschaften. Vor allem die schon oben angesprochene synergetische Zusammenarbeit ist wichtiger Bestandteil des Erfolgs. Es wird sicher nicht möglich sein, mit geringeren Summen die gleiche Wirkung zu erzielen.
5. Die gesamten Sanierungskosten von 11,3 Mrd. DM (nur Nürnberg) basieren auf folgenden Überlegungen:
 - Durchgreifende Sanierungen für Vorkriegsgebäude kosten 2000-2600 DM/m², Häuser aus den 60er Jahren können grundlegend für 1000-1800 DM/m² saniert werden. Zahlreiche Objekte werden jedoch nur teilsaniert, so daß ein durchschnittlicher Wert von 1300 DM/m² angenommen wurde.
 - Der Anstoß zur energetischen Sanierung wird bei einem Großteil der Objekte dazu führen, daß aufgeschobene Ohnehin-Maßnahmen durchgeführt werden im Bereich Ausbau, Haustechnik und Renovierung.
 - Sinnvolle Beratungen führen fast immer zu einem abgestimmten Konzept der Sanierung von (allen) Hüllflächen inkl. Fenstern und des Heizsystems. Mechanische Lüftung wird in den nächsten Jahren zunehmend ein wesentlicher weiterer Bestandteil. Teilkonzepte können

in Einzelfällen sinnvoll sein, z. B. im Bereich der Heizung und Regelung. Diese sollten aber bei weitem nicht so hoch gefördert werden wie Gesamtkonzepte.

- Raumlufthqualität und Behaglichkeit müssen bei der Beratung eine wesentliche Rolle spielen, um nicht den 70er-Jahre-Effekt des falsch verstandenen Energiesparens mit hygienisch bedenklichen Folgen zu wiederholen (Stichworte: Mikroorganismen, Allergien, Sick-Building-Syndrom etc.)
6. Durch die Energiesparförderung wird ein vielfach höherer Betrag an Gesamtinvestitionen bewirkt. In der Berechnung liegt das Verhältnis von Fördermitteleinsatz zur Gesamtinvestition bei unter einem Zwanzigstel. Bereits oben wurde darauf verwiesen, daß zusätzliche Programme erforderlich sein werden.
 7. Allein der Arbeitsmarkteffekt wiegt die Kosten der Fördermittel bei weitem auf. Wird der erhöhte Betrag der Sanierungskosten gegenüber dem Ausgangswert von 1998 durch den mittleren Umsatz pro Beschäftigten im Ausbaugewerbe von 157.954 DM¹⁸ geteilt, ergeben sich bis zu 3000 zusätzlich Beschäftigte allein im regionalen Handwerk - ohne die sich daraus ergebenden Folgearbeitsplätze in der Zulieferung und sonstigen Dienstleistungswirtschaft.

Das Diagramm in Anlage 15 stellt die beschriebenen Zusammenhänge eindrucksvoll dar.

Zusätzliche Maßnahmen

Wie mehrfach angesprochen, wird ein einzelnes Förderprogramm nicht für alle Bereiche des Wohnungsbaus ausreichend sein. Es ist sinnvoll, mehrere Maßnahmen koordiniert einzusetzen, um in der Gesamtheit eine möglichst hohe Bereitschaft zu erzielen.

1. Diskussion und modellhafte Überprüfung, wie Programme von **Bund, Land und Kommunen** mit **privaten Initiativen** verknüpft und sinnvoll auf den Weg gebracht werden können. Gerade die Region Nürnberg bietet die hervorragende Möglichkeit, als **Modellregion** für solch ein Vorhaben zur Verfügung zu stehen, um Strategien für energetische Sanierung auszuarbeiten und anzuwenden. Eine Grundlage für solch ein Initialprojekt ist durch die zahlreichen regionalen Initiativen des letzten Jahres gegeben (s. S. 1), die Akteure der Region und auf Landesebene haben hohes Interesse an einer intensiven Weiterarbeit im Kompetenzfeld Energie.
2. **Modellprojekte**: gezielte Auswahl von Modellprojekten in den Anfangsjahren des Programms. Breit gestreute Beauftragung an Planungs- und Ingenieurbüros, die zu Fortbildung, gegenseitigem Austausch und Dokumentation mit einer externen wissenschaftlichen Begleitung verpflichtet werden. Bildung von Bauteams zur Qualitätssicherung und Wissenstransfer zwischen Planern und ausführenden Gewerken. Die Energiekennzahl sollte bei diesen Projekten möglichst nahe an den Passivhaus-Bereich von 15 kWh/(m²*a) für den Bereich Heizung heranreichen, der Gesamtprimärenergiebedarf sollte unter 120 kWh/(m²*a) liegen. Die Bereiche Prozeßwärme, sommerlicher Wärmeschutz, Tageslichtnutzung, Lüftung, Stromverbrauch etc. sind integraler Bestandteil des Gesamtkonzepts.
3. Einbeziehung des vorhandenen kommunalen **CO₂-Minderungsprogramms** in das Gesamtkonzept der Förderungen.
4. **Synergieeffekte**: Wesentliche Impulse müssen aus der regionalen Wirtschaft kommen. Insbesondere die Immobilienwirtschaft und Banken haben hervorragende Eingriffsmöglichkeiten. So sollten Partner gefunden werden, die entsprechendes Projektmanagement betreiben und einen Finanzierungs-Bonus für Energiespar-Projekte geben. Ausführende Handwerksfirmen und Unternehmungen sollten sich zu günstigen Preisen dauerhaft als Partner verpflichten, statt einen Boom in einzelnen Gewerken für Hochpreis-Aufträge zu nutzen.
5. **Energie-Dienstleister** nicht nur für den Haustechnik-Bereich sondern auch für bauliche Maßnahmen sind erforderlich, um finanzschwachen Immobilieneigentümern stimmige Konzepte anbieten zu können.

6. **Forschung und Produktentwicklung:** Entwicklung innovativer Komponenten für extrem energiesparende Gebäude, unterstützt durch Forschungsmittel und im Zusammenwirken von Firmen aus dem Raum Nürnberg.
7. Ein **Energietechnologisches Informations- und Gründerzentrum** kann hervorragend die Funktion des wissenschaftlichen Backgrounds und der Planer- und Verbraucherinformation übernehmen.
8. Gezielte und umsetzungsorientierte **Information** von Gebäudebesitzern, z. B. kostengünstige Beratung in Form von Energiepässen, wie dies in Erlangen bereits durchgeführt wird^{19/20}.
9. **Arbeitsmarkt:** Aufgrund der hohen Zahl an Arbeitsplätzen, die durch die Maßnahmen initiiert werden, ist eine Zusammenarbeit mit den Arbeitsressorts auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene sinnvoll. ABM-Maßnahmen und kommunale Beschäftigungsgesellschaften können ein ergänzender Faktor für die arbeitsintensiven Sanierungsvorhaben sein. Wie oben bereits ausgeführt, kann eine Zunahme allein im Bereich Wohngebäude von etwa 3000 Arbeitsplätzen erreicht werden. Werden Folgearbeitsplätze dazugerechnet, ergeben sich 4-5000 neue Stellen, das entspricht bundesweit über 700.000 Arbeitsplätzen.
10. Die **Landespolitik** fördert zahlreiche dieser Ansätze in hervorragender Weise. Durch die **High-Tech-Offensive** und Maßnahmen zur Regionalförderung sind zahlreiche Anknüpfungspunkte gegeben, die sich z. Zt. äußerst vielversprechend entwickeln.
11. **Lenkungsgruppe:** Eine interdisziplinär besetzte Lenkungsgruppe (NetzwerkEnergie) ist als Grundvoraussetzung zur Durchführung der Maßnahmen dringend erforderlich. Sie ist für die Zielstellung der Modellprojekte und des Förderprogramms sowie für die Vergabe der Mittel verantwortlich, koordiniert die Maßnahmen, setzt Schwerpunkte, sorgt für zielgerichtete Forschung, wissenschaftliche Begleitung, Dokumentation und Wissenstransfer. Darüber hinaus können Zielsetzungen und Förderregularien sich ändernden Anforderungen angepaßt werden.

aufgestellt: 10.1.1999

Burkhard Schulze Darup, Architekt

Augrab 96, 90475 Nürnberg

tel 0911 8325262

¹ Protokoll zum Zukunfts-Workshop "Energierregion Nürnberg" . - Hrsg. IHK Nürnberg für Mittelfranken 1998

² Seeberger: Bau- und Energierregion Nürnberg, Energiesparendes und energieoptimiertes Bauen. - Diskussionspapier Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Januar 1999

³ Schulze Darup: Energierregion Nürnberg, Energetische Gebäudeoptimierung für Neubau und Bestand. - Nürnberg Juli 1998

⁴ Die Energierregion Nürnberg. -Hrsg. IHK Nürnberg 1998 S. 25

⁵ Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg

⁶ Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996. Hrsg. EWAG, Nürnberg 1997

⁷ Erster Klimaschutzbericht-CO₂-Bilanz. Stadt Nürnberg, Amt für Umweltplanung und Energie, 90317 Nürnberg 1994

⁸ Heide/Eberhard, Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988

⁹ Heide/Eberhard, Entwicklung der Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen. Hrsg. Stadt Erlangen 1992

¹⁰ EWAG Jahrbuch 1998. EWAG Nürnberg 1998

¹¹ Fritsche, Buchert, Hochfeld e. a.: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) Version 3.0. - Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Wiesbaden 1997

¹² Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996 S. 116

¹³ Hauser, Stiegel, Otto: Energieeinsparung im Gebäudebestand. – Hrsg. Gesellschaft für rationelle Energieverwendung, Berlin 1997

-
- ¹⁴ Fink, Rathmann: Heizenergieverbrauch von Wohnungen. – Hrsg. Techem, Frankfurt 1997
- ¹⁵ Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern zu Passivhäusern beim kostengünstigen Bauen. - In: 2. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Feist, Passivhaus Institut, Steubenplatz 12, 64293 Darmstadt 1998 S. 182
- ¹⁶ Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996 S. 417f
- ¹⁷ Heide/Eberhard: Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988
- ¹⁸ Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg
- ¹⁹ Seeberger/Drechsler: Klimaschutz in Erlangen. - Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Juli 1997
- ²⁰ Erlanger Wärmepaß. - Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen August 1998

1000-Häuser-Programm EnergieRegion Nürnberg

Modellregion für energetische Sanierung im Wohngebäudebestand

- CO₂-Minderung, Ressourcenschonung, Entwicklungsgerechtigkeit
- Ausgangssituation
- Einsparpotential
- Energetische Wirksamkeit von Maßnahmen
- Mehrkosten für energetische Sanierung
- Förderszenarium
- Konjunktur- und Arbeitsmarkteffekte
- Vorgehen und Strategien

1000-Häuser-Programm EnergieRegion Nürnberg

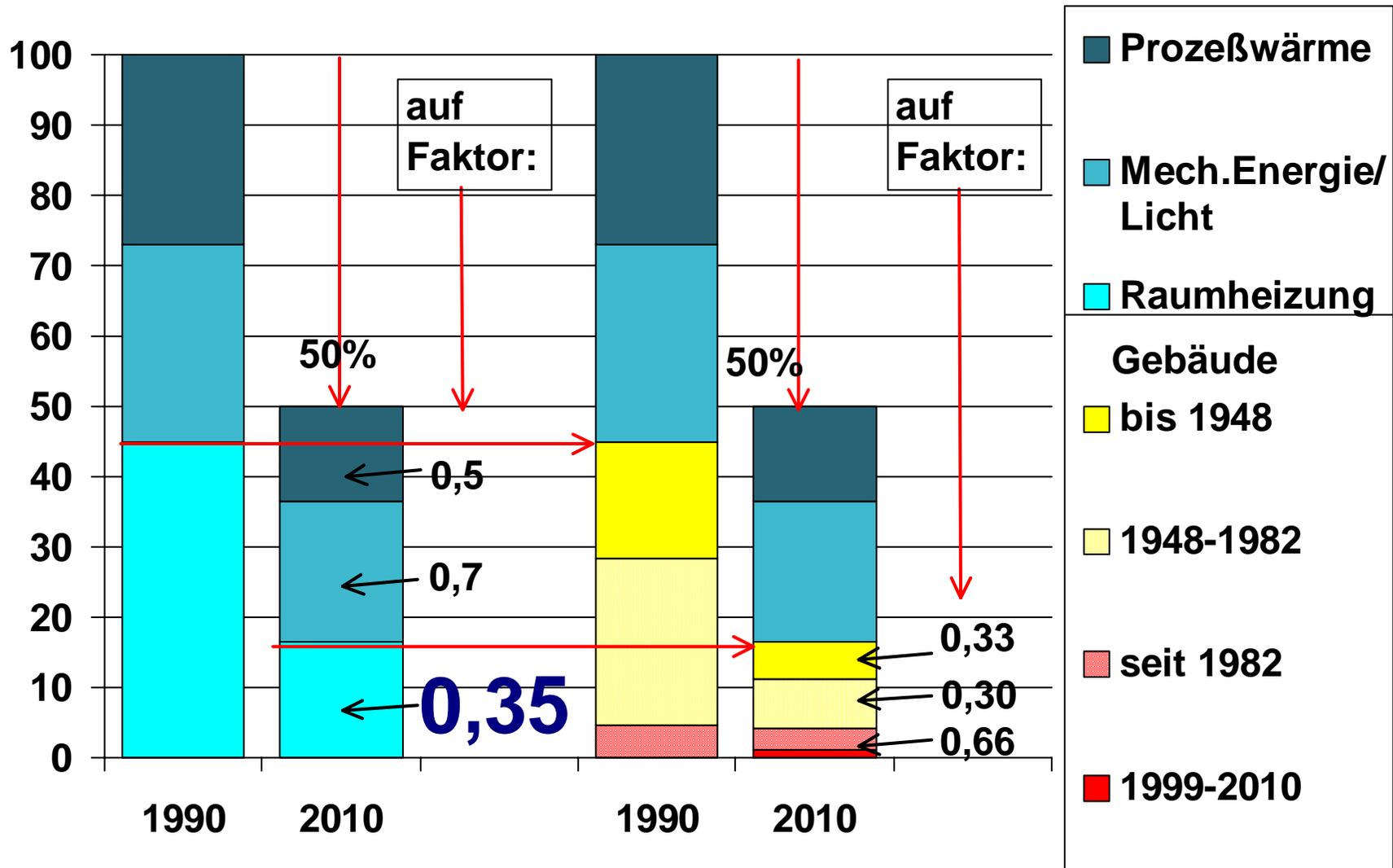
Vorgehen und Strategien

- März-Mai 99: Konstituierung des AK Bauen und Energie
- (18.) Mai 1999: Strategie-Workshop
- Juni-Dez. 1999: Konzept- und Antragsphase
- 2000: Pilotphase (200 Projekte/Einheiten, davon 10 Modellprojekte)
- 2001: Umsetzung 400 Projekte
- 2002: Umsetzung 400 Projekte
- 2003-2010: Bundesweites Umsetzungsprogramm

Ausgangssituation in der Region Nürnberg

- Städte der Region Nürnberg: Mitglied im **Klimabündnis**
(Ziel: CO₂-Reduktion um 50% bis 2010)
- **Vernetzung** der Akteure (Umweltreferat, IHK, Handwerkskammer, Bayerisches Energie-Forum, Energieversorger, SOLID, FH Nürnberg, NetzwerkEnergie, Energietechnologisches Gründerzentrum...)
- **Ziele:**
 - Kompetenzzentrum **EnergieRegion Nürnberg** (High-Tech-Offensive Bayern)
 - Gegenseitige Information/Qualifikation der Akteure
 - Fortbildung von Verwaltung, Planern und Handwerkern
 - Information von Bauherrn und Investoren
 - stimmige Modellprojekte und Darstellung
 - abgestimmte Förderkonzepte inkl. Erfolgskontrolle (Kommune, Land, Bund)
 - Synergetische Unterstützung durch Arbeitsmarktinstrumentarien, Städtebauförderung, Forschung, Immobilienmarkt und Investoren

CO₂-Minderung um 50% bis 2010



Ausgangssituation

- Politische Absichtserklärungen zur **CO₂-Reduktion**
- Einstieg in die **ökologische Steuerreform**: Ziel muß ein berechenbarer Kosten-Fahrplan sein: z. B. kontinuierliche Energiepreiserhöhung von fünf Prozent über dem Lebenshaltungskostenindex (Grundlage für betriebswirtschaftliche Optimierungsrechnungen)
- **Energieeinsparverordnung**: sehr gutes grundsätzliches Instrumentarium; Ergänzung durch ein Stufen-Konzept für weitere erhöhte Anforderungen; Präzisierung der Anforderungen an den Bestand (für energetische Sanierung mit Breitenwirkung nicht geeignet)
- **Informationsstand** auf den Entscheidungs-, Planungs- und Ausführungsebenen ist nicht ausreichend; ungenügendes Problembewußtsein auf dem Immobilienmarkt bei Bauherren, Investoren und Beratern
- **Förderinstrumentarien** unübersichtlich, unkoordiniert und uneffektiv
- **Energiespartechniken** vorhanden, Umsetzung mit Breitenwirkung fehlt

Wohngebäudebestand der Stadt Nürnberg

Wohnfläche nach Baujahr-Gruppen in m²

m ²	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Wohnfläche					
Gas*	2.720.648	1.660.484	2.784.432	1.715.686	8.881.250
Strom*	388.664	237.212	397.776	245.098	1.268.750
Fernwärme*	777.328	474.424	795.552	490.196	2.537.500
Heizöl	1.017.280	548.320	2.916.160	616.770	5.098.530
Kohle/Holz	172.880	70.680	36.520	10.600	290.680
Summe	5.076.800	2.991.120	6.930.440	3.078.350	18.076.710
Anteil EFH	27%	28%	34%	35%	
Quelle:	Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998			*Aufteilung interpoliert	

CO₂-Bilanz

(Beheizung von Wohnraum in Nürnberg)

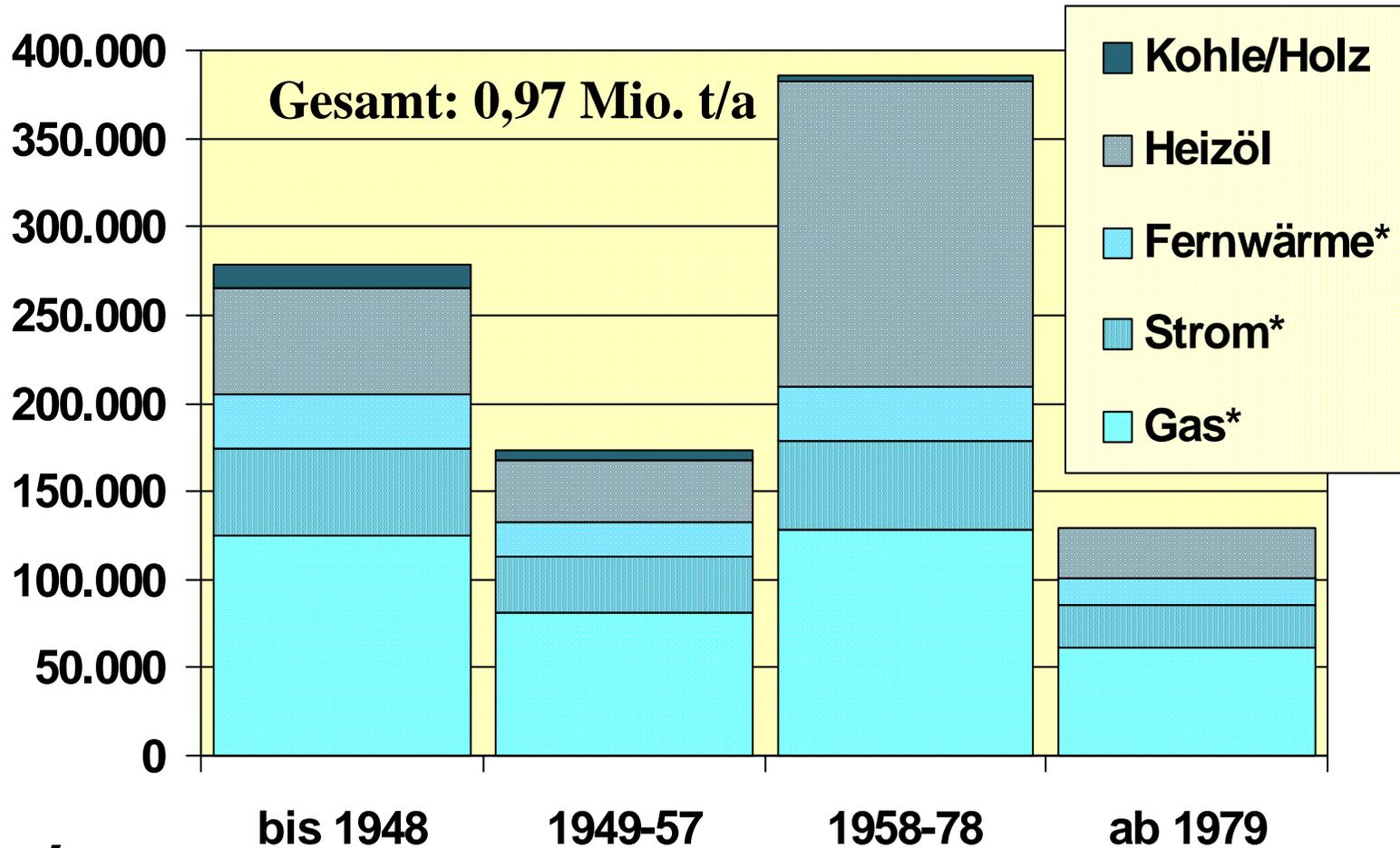
CO ₂ (t)	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt	kg/kWh
Gas*	125.367	81.297	128.307	61.559	396.530	0,24
Strom*	49.252	31.938	50.406	24.184	155.780	0,66
Fernwärme*	29.849	19.356	30.549	14.657	94.412	0,2
Heizöl	60.549	34.676	173.570	28.584	297.378	0,31
Kohle/Holz	13.277	5.767	2.805	634	22.483	0,4
Summe	278.294	173.035	385.637	129.618	966.583	

Quellen: Statistisches Jahrbuch Nürnberg 1998; Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996; Energiegutachten Nürnberg 1988

Umrechnung nach Emissionsfaktoren (Schulze Darup, Bauökologie 1996, GEMIS, CO-2-Bilanz Nürnberg 1994)

CO₂-Bilanz

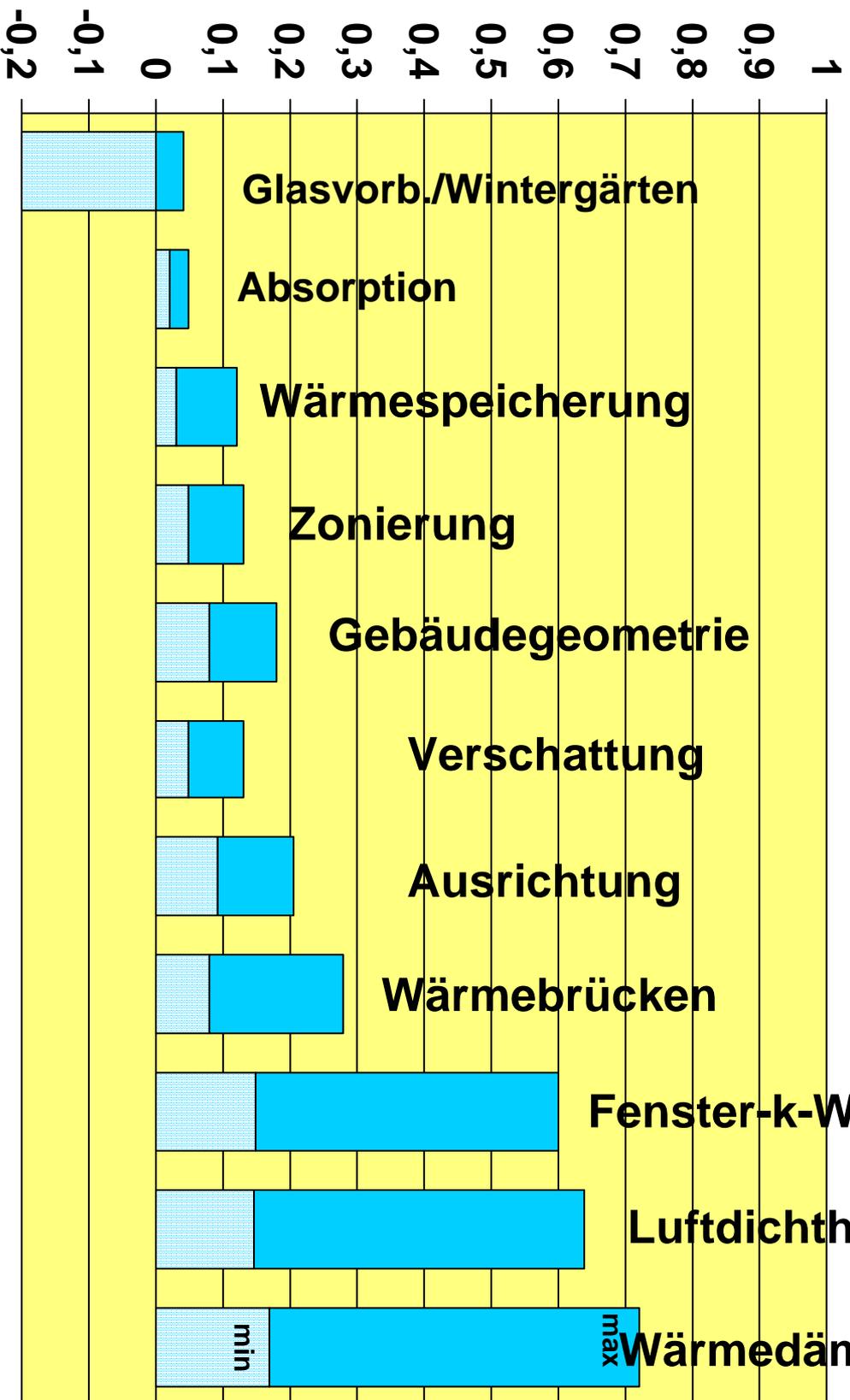
Beheizung von Wohnraum in Nürnberg



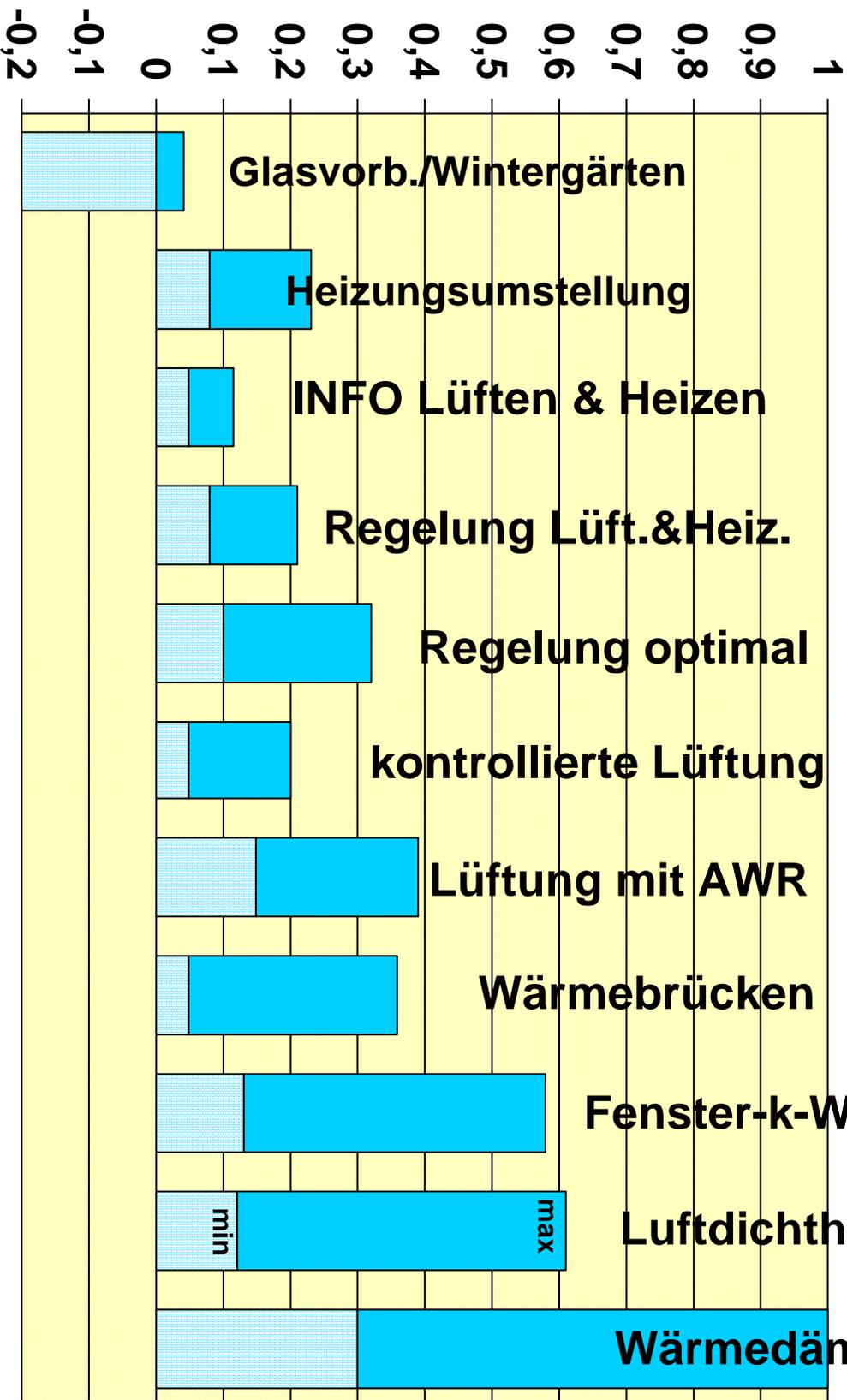
t/a

Quellen: Stat. Jahrbuch Nürnberg 1998, CO₂-Bilanz Nürnberg 1998, GEMIS 3.0 1997, Schulze Darup, Bauökologie 1996; *interpoliert nach EWAG-Jahrbuch 1998
schulze darup, architekt, nürnberg

Energetische Wirksamkeit von passiven baulichen Maßnahmen



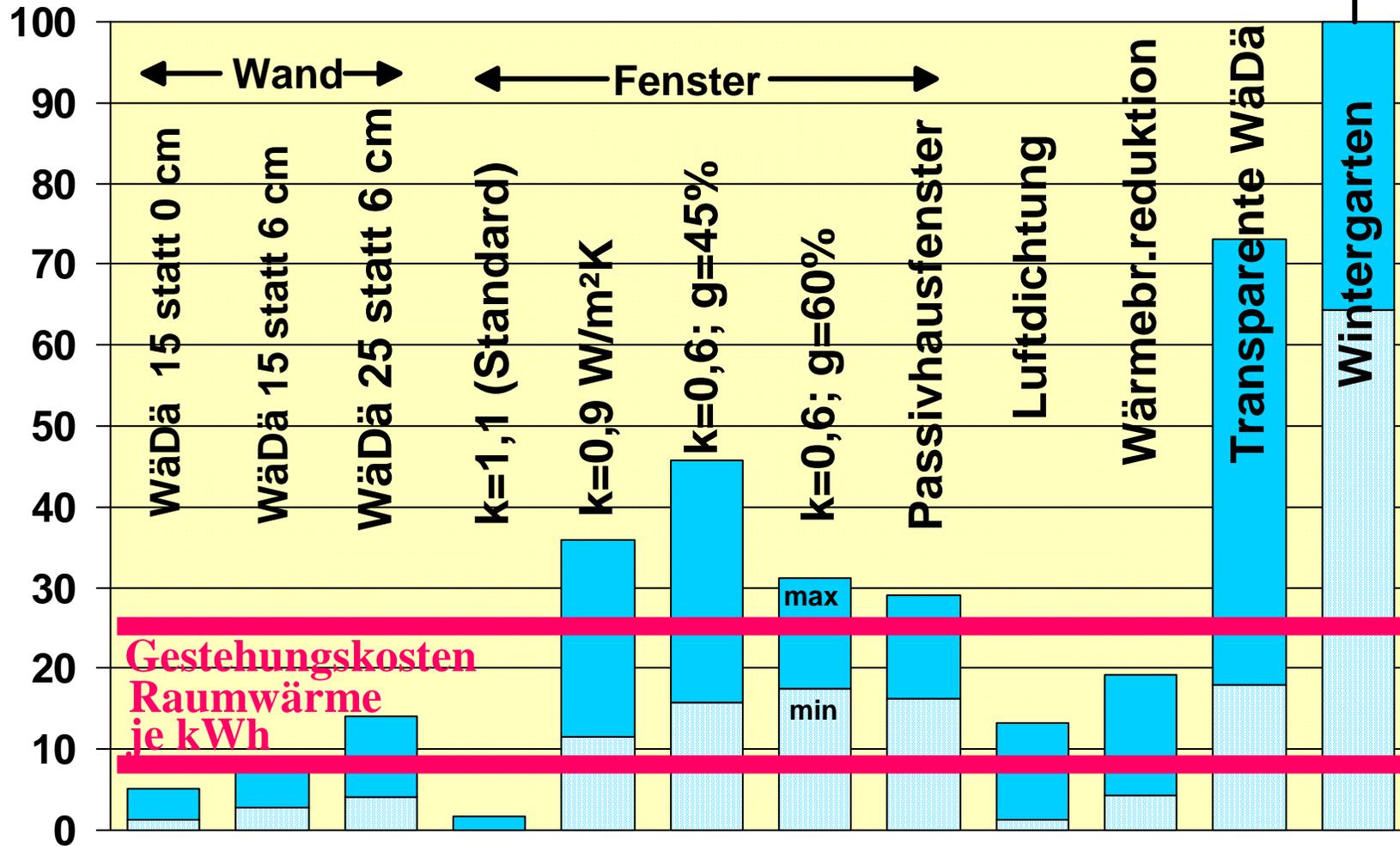
Energetische Wirksamkeit von Maßnahmen im Gebäudebestand



schulze darup, architekt, nürnberg

Kosten je eingesparter Kilowattstunde durch passive Maßnahmen / Sanierung

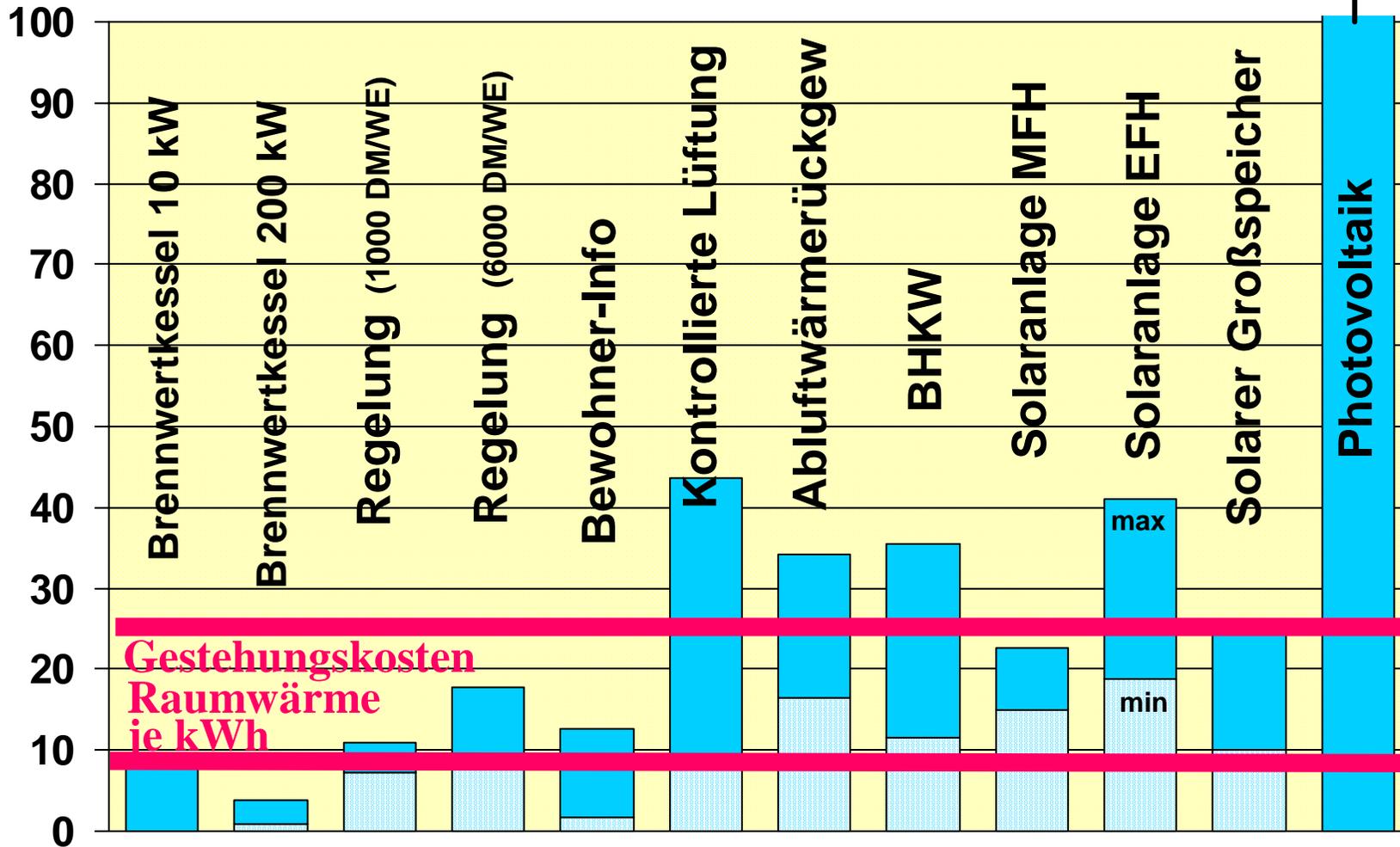
Pfg/
kWh



Quellen: Schulze Darup: Bauökologie, Bauverlag Wiesbaden 1996; Schulze Darup: Altbausanierung, Skript Forschungszentrum Jülich 1999

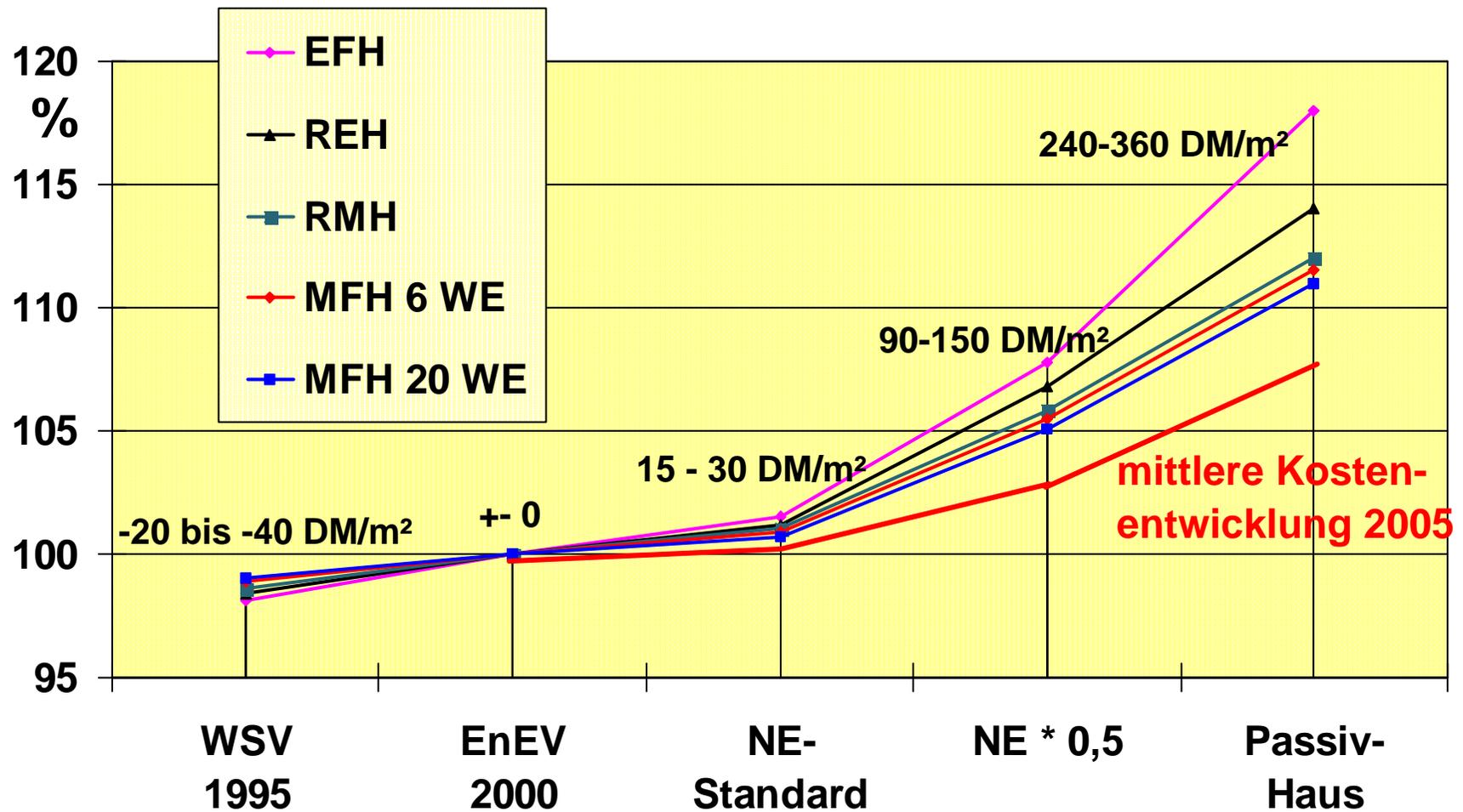
Kosten je eingesparter Kilowattstunde für Haustechnik-Maßnahmen/Sanierung

Pfg/
kWh



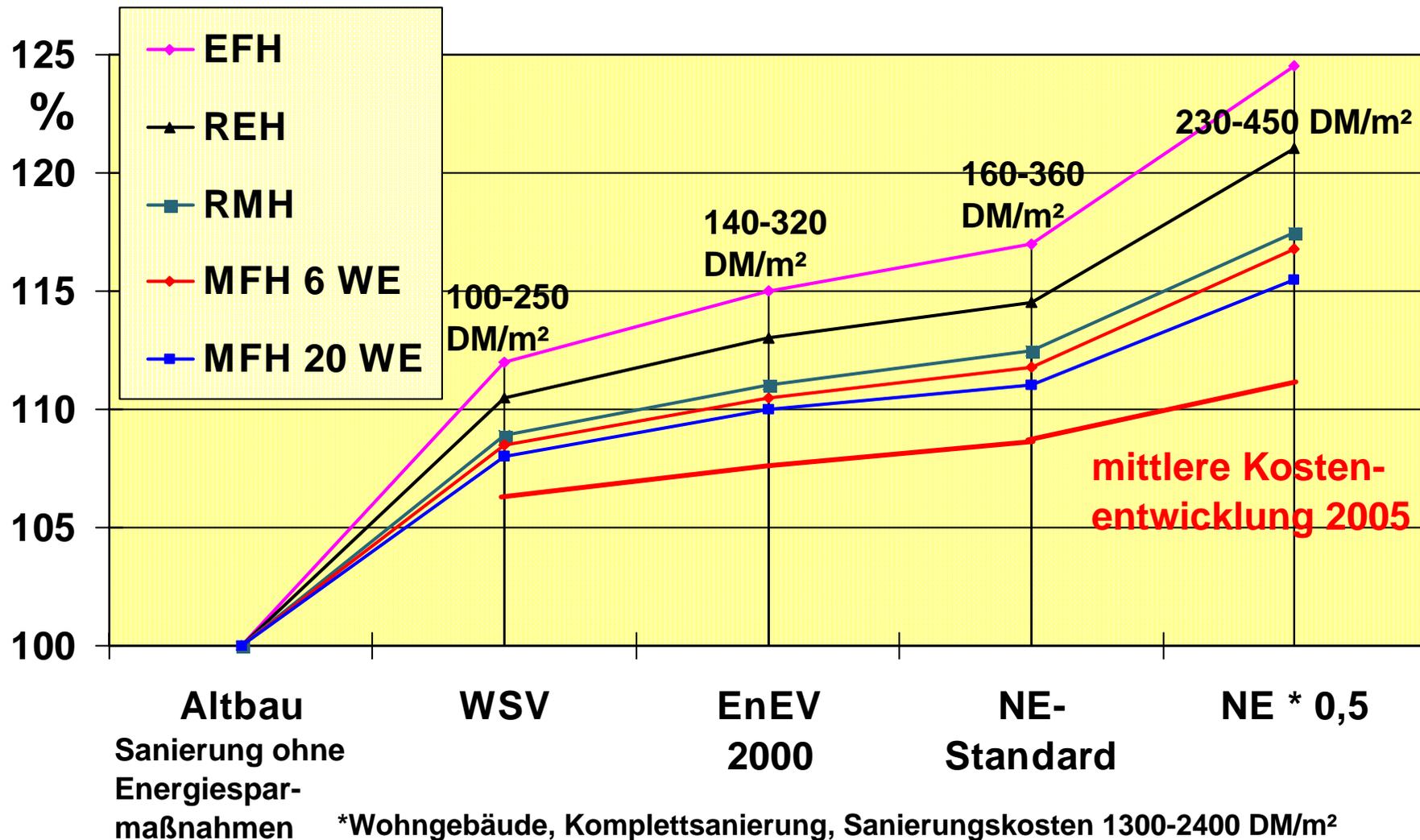
Quellen: Schulze Darup: Bauökologie, Bauverlag Wiesbaden 1996; Schulze Darup: Altbausanierung, Skript Forschungszentrum Jülich 1999

Mehrkosten für erhöhte energetische Gebäudestandards bei Neubauten*

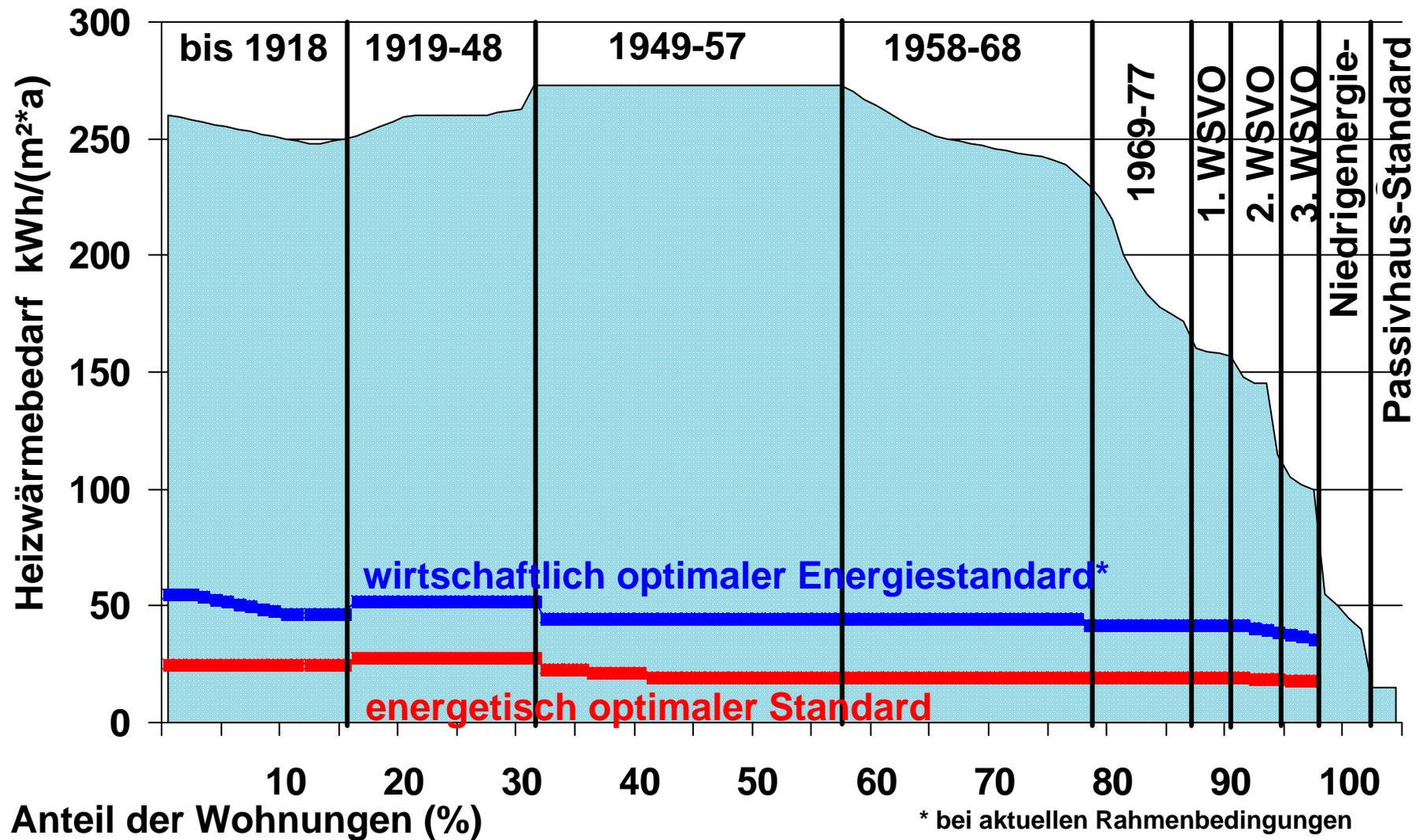


*bei optimierter Planung

Überschlägige Sanierungskosten in Abhängigkeit von Gebäudetyp und energetischem Standard*

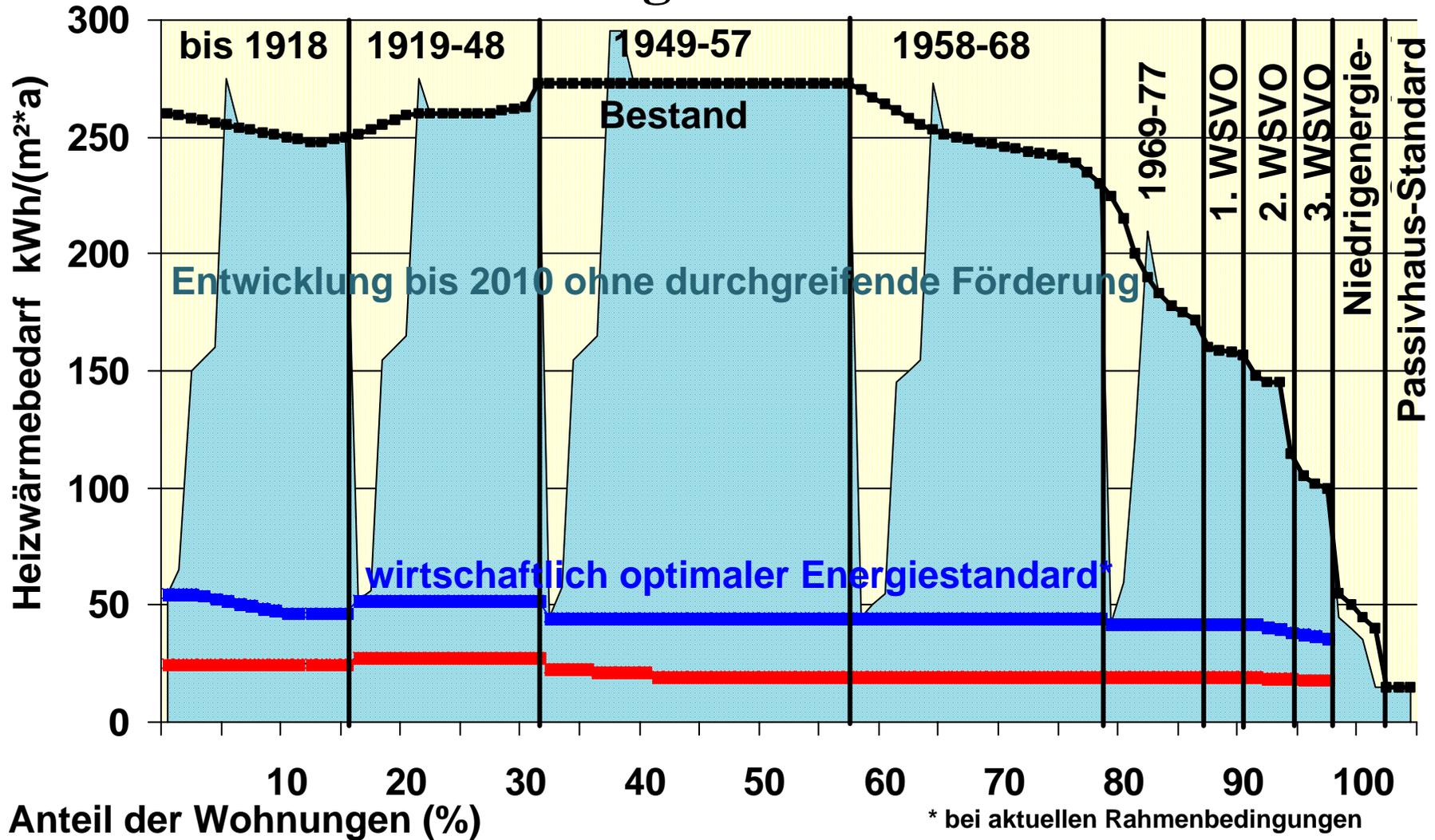


Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands



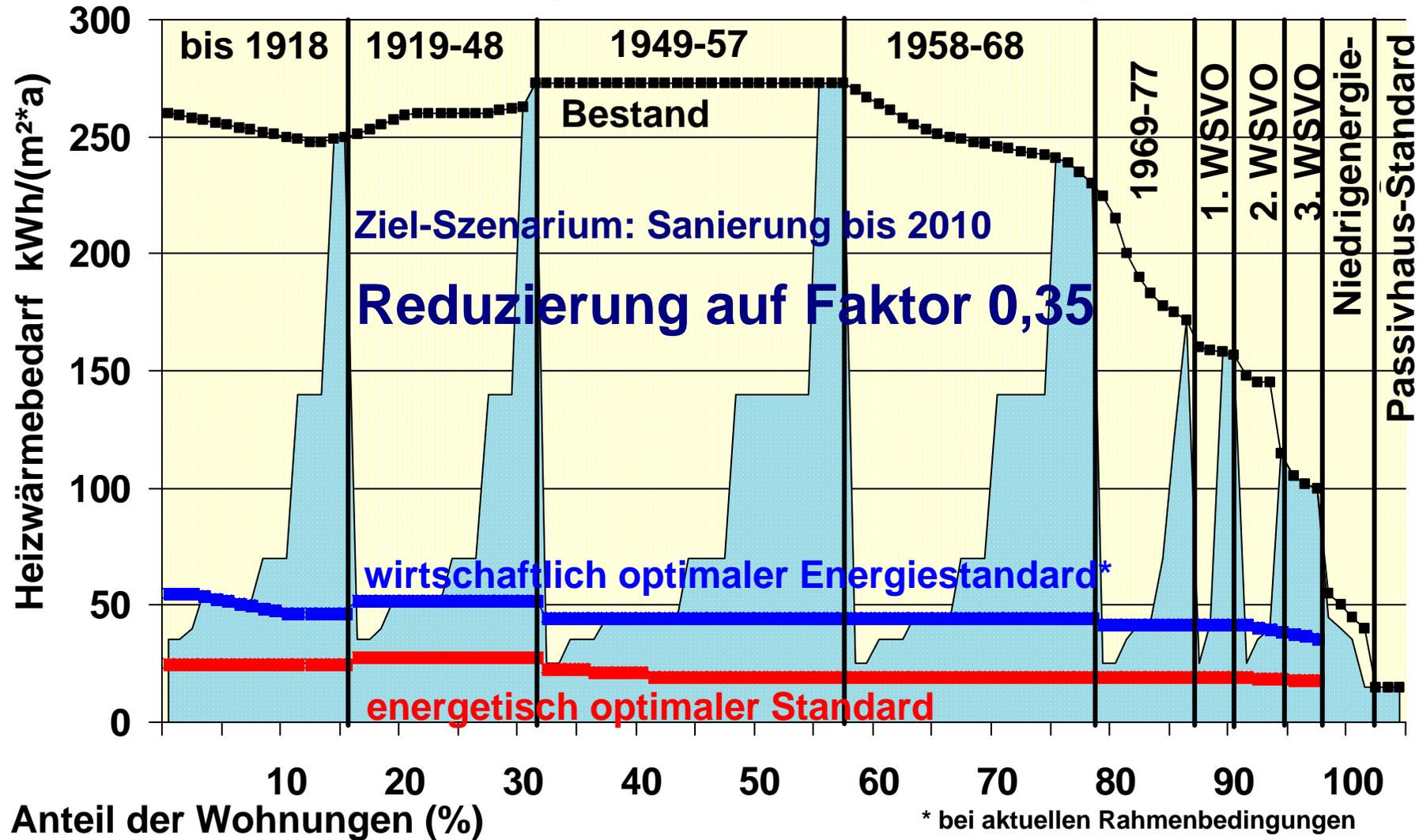
Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998
schulze darup, architekt, nürnberg

Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands: Szenarium ohne durchgreifende Fördermaßnahmen



Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998, Schulze Darup 1999
schulze darup, architekt, nürnberg

Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands: Szenarium mit zielgerichteter Förderung bis 2010

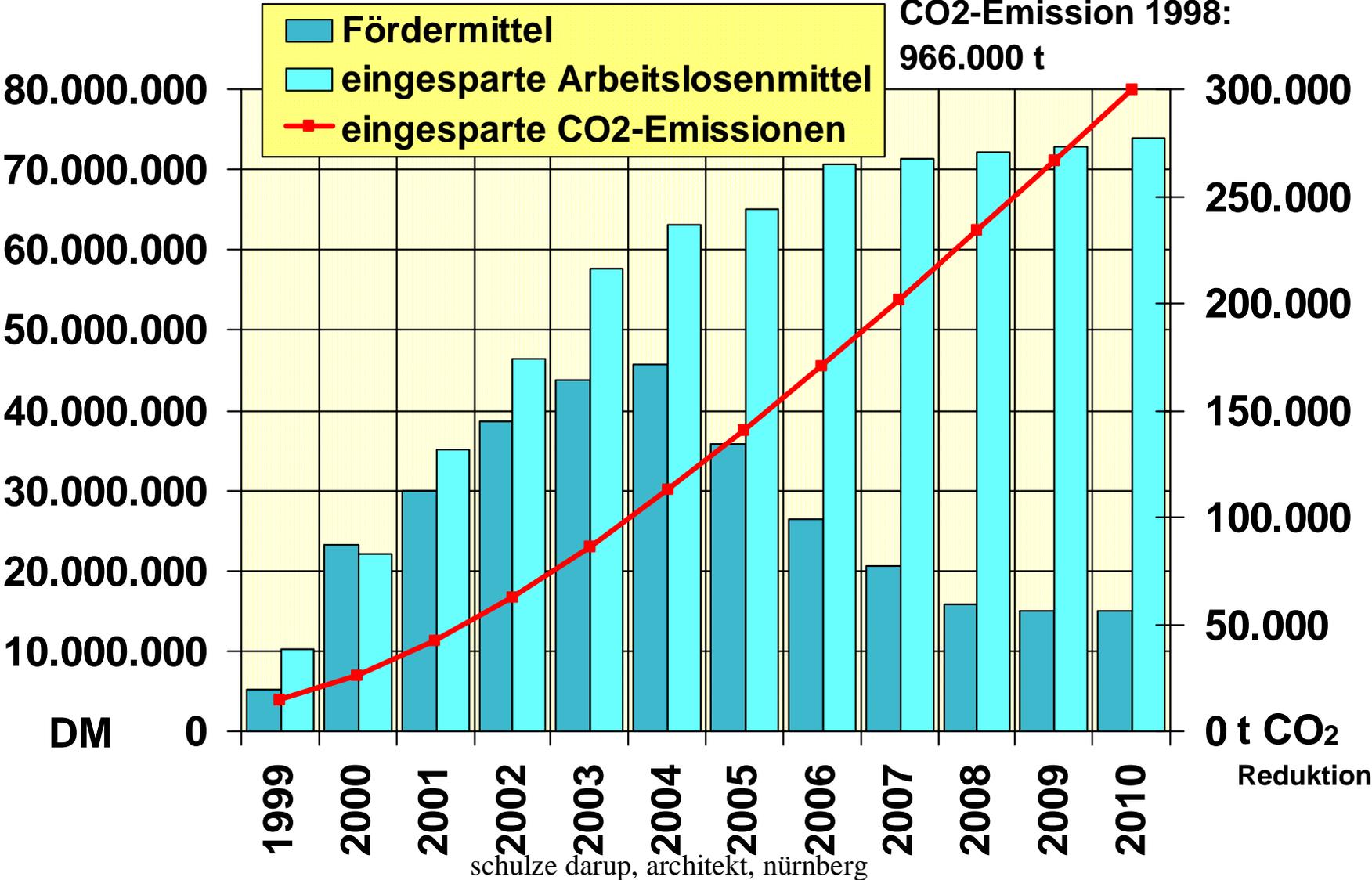


Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998, Schulze Darup 1999
schulze darup, architekt, nürnberg

Fördermodalitäten

- **Zuschüsse** (keine Darlehen oder Zinsvergünstigungen)
- Förderzeitraum auf **10-12 Jahre** festgelegt
- degressives Verhalten der Fördersumme (als zeitlicher Anreiz)
- Fördersumme gesamt 25 Mrd. Euro, d. h. 2,5 Mrd. Euro/Jahr
- (zusätzlich weitere Programme anderer Ressorts)
- keine Deckelung: jeder berechtigte Antrag wird bewilligt
- unbürokratische Bewilligung
- Voraussetzung: Beratung und Qualitätskontrolle (Sonderprogramm)
- Lenkung der Summe durch jährliche Festlegung der m²-Förderung:
 - 100 DM/m² Anfangsförderung für Standard nach EnEV
 - 150 DM/m² Anfangsförderung für EnEV ./ 25 - 50 %
- Zusatzförderung für Modellprojekte mit Öffentlichkeitswirkung
- flankierend berechenbare Energiepreisentwicklung

Förderszenarium bis zum Jahr 2010: energetische Sanierung im Wohnungsbau in Nürnberg



Ergebnisse und Schlußfolgerungen

- 30 - 35 % CO₂-Reduzierung in 12 Jahren im Bereich der Sanierung von Wohnbauten (ohne Berücksichtigung Neubau)
- Begleitende Informationsprogramme als Erfolgs-Voraussetzung
- Ergänzende Förderungen im Bereich Neubau und Gewerbe sind erforderlich
- Synergie-Effekte zwischen Kommunal-, Landes- und Bundes-Förderprogrammen müssen erzielt werden
- die regionale (Bau)-Wirtschaft wird effizient gefördert
- Einsparungen im Arbeitsmarktbereich sind höher als die Fördersummen: hochgerechnet auf das Bundesgebiet entstehen 450.000 - 500.000 neue Arbeitsplätze zzgl. Folgearbeitsplätze

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Die energetische Amortisationszeit beträgt für die Maßnahmen 1,5 bis 2 Jahre.

Für die geringen Restwärmemengen sind sehr einfache kostengünstige Heizsysteme möglich, ggf. in Verbindung mit der Lüftungsanlage. Die energetischen Maßnahmen werden im Rhythmus von ohnehin erforderlichen Gebäudesanierungen durchgeführt.

Raumlufthygiene und Wohnkomfort

Durch die Wärmedämm-Maßnahmen an der Gebäudehülle und die daraus resultierenden gleichmäßig warmen Innenoberflächen der Außenbauteile ergibt sich eine hohe Behaglichkeit für die Bewohner. Durch die beständige Zufuhr frischer Außenluft durch die Lüftungsanlage wird eine sehr gute Raumluftqualität erreicht. Feuchteprobleme entstehen nicht mehr und mithin auch keine Gefahr von Schimmelpilzbildung. Für die Bewohner ergibt sich ein deutlich gesteigerter Wohnkomfort.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

In Tabelle 1 werden Kostenansätze für Projekte aus den 60er Jahren mit verschiedenen Kostenstandards dargestellt. Nur bei optimierter Planungs- und Ausführungsweise sind die Objekte wirtschaftlich durchführbar. Dafür müssen mit den Bau- und Industriepartnern hocheffiziente Komponenten und Ausführungsdetails gefunden werden. Erhöhte Renovierungsstandards innerhalb der Wohnungen können mit Mietern bzw. Erwerbern zusätzlich vereinbart werden.

Tab. 1: Kostenbeispiel Mehrfamilienhaus

Kostengruppe	Bezeichnung	Kostenstandards (DM/m ²)		
		gering	mittel	höher
100	Grundstücks-/Gebäudeerwerb	800	1.000	1.500
200	Erschließung	0	0	0
3/400	Instandsetzung	400	480	530
3/400	Energ. Sanierung Standard WSVO	250	280	300
3/400	Passivhaus-Komponenten	200	210	220
500	Außenanlagen	0	0	0
700	Nebenkosten	300	330	364
Gesamtkosten DM/m ² WF		1.950	2.300	2.914

Die betriebswirtschaftliche Beurteilung ist vielschichtig. Aufbauend auf den o. a. Kosten wurde eine Rentabilitätsberechnung mit *EasySanFin*⁴

⁴ IngSoft GmbH, Nürnberg: EasySanFin (EDV-Programm zur Optimierung energetischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen) – Nürnberg 2001

durchgeführt. Dieses Programm bietet die Möglichkeit, eine hohe Anzahl von Parametern in die Betrachtungen einzubeziehen. Bei Variante 1 wird eine Fremdfinanzierung von 75 % angenommen. Die zweite Variante rechnet auf Grundlage einer Vollfinanzierung durch Eigenmittel und stellt die Zielvariante dar. Die Ergebnisse und wesentlichen Rahmenbedingungen werden in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Zusammenf. d. Wirtschaftlichkeitsberechnung

	Var. 1	Var. 2
Eigenkapital pro m ² Wohnfl.	698 DM	2.914 DM
Drittanteil	75 %	0 %
Mtl. Kaltmiete pro m ² Wohnfl.	13,80 DM	9,58 DM
Warmmiete (Heizen, Warmw.)	14,12 DM	9,90 DM
Zinsfuß vor Steuern (% p. a.)	1,16 %	3,40 %
Zinsfuß n. Steuern (≥ 4,0% p. a.)	4,00 %	4,01 %
Gesamtrendite inkl. Wertsteig.	11,07 %	5,11 %
Rahmenbedingungen Kostenangaben in Euro (€)		
Hypothekenzins (zzgl. KfW-Darl.)	6,5 %	Entfällt
Tilgung (Laufzeit 30 Jahre)	1,2 %	Entfällt
Lineare Abschreibung	30 a	30 a
Steuerliche Rückflüsse	45 %	45 %
Maximal steuerlich verwertb. Verlust	500 €	500 €
Wiederanlage-Zinssatz	4 %	4 %
Arbeitspreis Wärme (Steiger. 2%)	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh

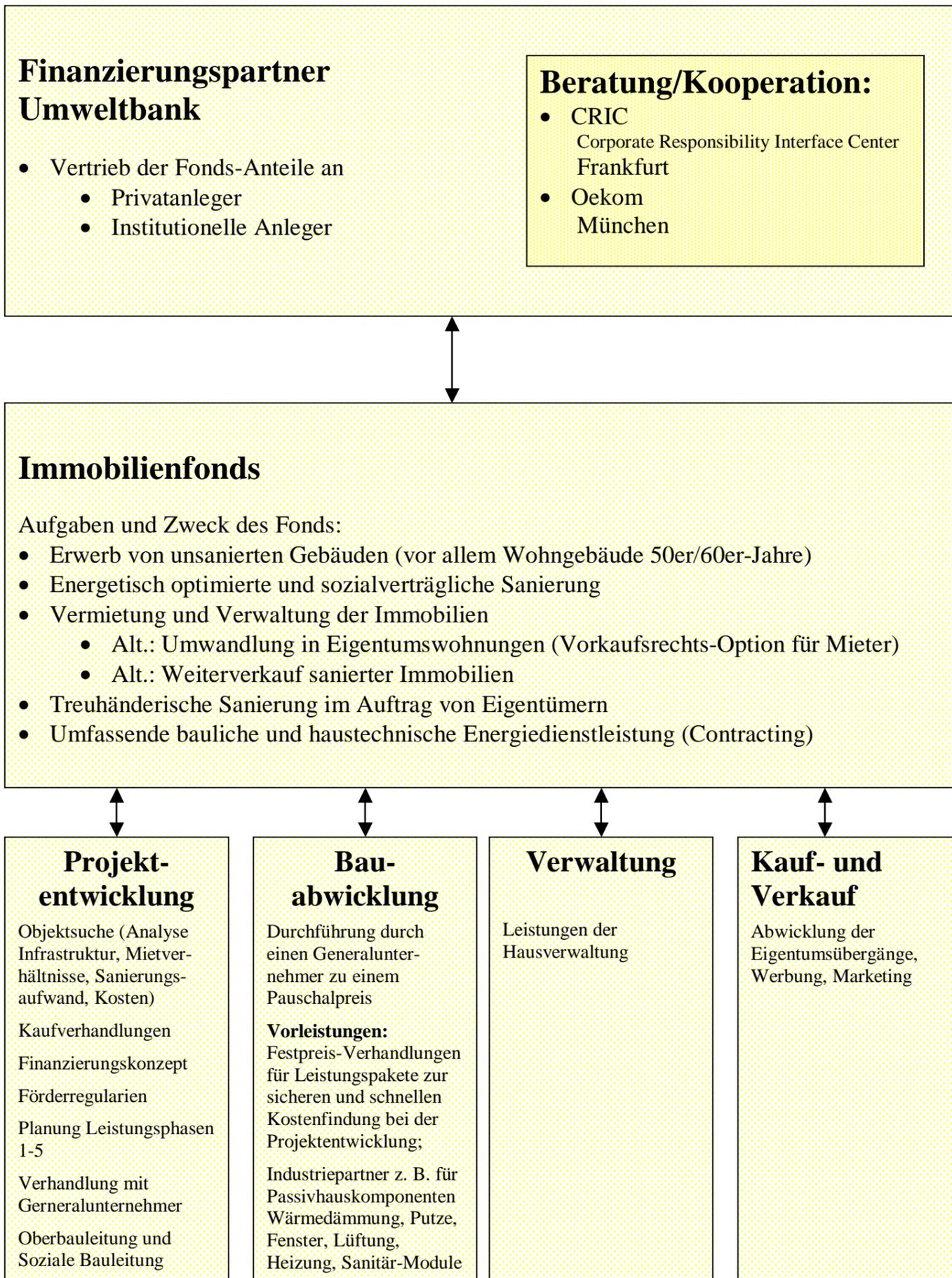
Fazit

Die Mitwirkung am Fonds ist interessant für verschiedene Akteure der Wohnungs- und Bauwirtschaft:

- Wohnungsbaugesellschaften mit einem Überhang an sanierungsbedürftigen Objekten
- Immobilien- und Bauunternehmen zur Entwicklung eines mittelfristig sicheren neuen Geschäftsbereichs
- Fachverbände und Industrieunternehmen mit produktorientierter Interessenlage.

In einer Modellphase sollten die Rahmenbedingungen für eine Zusammenarbeit geschaffen werden. Für die Pilotphase sind externe Mittel erforderlich, die als Förderung oder Vorfinanzierung vorstellbar sind. Die wirtschaftlich-politischen Rahmenbedingungen werden sich in den nächsten Jahren deutlich verbessern. Vor allem der sicher steigende Energiepreis wird Katalysatorfunktion für dieses Modell haben.

aufgestellt: Burkhard Schulze Darup, Architekt
 Augraben 96, 90475 Nürnberg
 tel. 0911 832 52 62 fax 0911 832 52 63
 e-mail: schulze-darup@t-online.de, www.schulze-darup.de



Fondsentwicklungs-Konzept

Jahr	Sanier.- Fläche m ²	Erwerbs- kosten Mio. DM	Sanier.- kosten Mio. DM	Mehrko. Energie Mio. DM	Neben- kosten Mio. DM	Projekt- entwicl. Mio. DM	Kosten gesamt Mio. DM	Förder- bedarf %	Förder- betrag Mio. DM	Kosten pro m ² DM	Mtl.Miete bei 4% Rendite DM/m ²
2001	5.000	6	5	2,5	1,5	0,5	15,5	20 %	3,1	2.480,00	8,27
2002	10.000	12	10	5,0	2,5	1,0	30,5	15 %	4,6	2.590,00	8,63
2003	20.000	24	20	8,0	4,2	2,0	58,2	10 %	5,8	2.620,00	8,73
2004	40.000	48	40	12,0	7,2	3,0	110,2	7 %	7,7	2.562,50	8,54
2005	40.000	48	40	12,0	7,2	2,5	109,7	5 %	5,5	2.605,00	8,68

Projektskizze

Immobilienfonds zur energetischen Gebäudesanierung

Aufgestellt:

Burkhard Schulze Darup, Architekt

Augraben 96, 90475 Nürnberg

0911 8325262 fax 8325263

e-mail: schulze-darup@t-online.de

www.schulze-darup.de

Konzept

Stand: 10.1.2001

Projektskizze

Immobilienfonds zur energetischen Gebäudesanierung Ökologische und ökonomische Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung

Der Gebäudebestand bietet ein hohes Potenzial für zwei wesentliche gesellschaftliche Aufgaben:

- ◆ Umwelt- und Ressourcenschutz durch Einsparung von bis zu 90 Prozent des Heizenergieverbrauchs (= Faktor 10)
- ◆ Schaffung von 300 - 400.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen (BRD) durch die energetische Sanierung.¹

Das engagierte Klimaschutzprogramm der Bundesregierung erfordert ein kurzfristiges effizientes Handeln, um die gesetzten Ziele zu erreichen: „Die Bundesregierung betont ... das Ziel, die CO₂-Emissionen bis 2005 gegenüber 1990 um 25% zu reduzieren.“² Der Gebäudebestand bietet aus volkswirtschaftlicher Sicht die günstigsten Voraussetzungen zur CO₂-Einsparung. „Dabei werden sich Programme weitgehend selbst finanzieren durch die Einsparung von Arbeitslosenunterstützung und steigende Aufkommen aus Einkommens- und Umsatzsteuern sowie aus Beiträgen für die Sozialversicherungen.“³ Der Tatbestand ist für die Region Nürnberg anschaulich in Abbildung 1 dargestellt.⁴

Durch die Niedrigenergie- und Passivhaustechnologie sind technisch einfache und erprobte Systeme zur Energieeinsparung im Neubau vorhanden, die in vergleichbarem Umfang auf die Sanierung angewandt werden können, wobei selbstverständlich die Besonderheiten der Bestandsobjekte ihren Niederschlag finden.

Energetische Sanierung ist nur dann wirtschaftlich durchführbar, wenn ohnehin saniert werden muß. Ziel ist es, den jährlichen Sanierungsfaktor von bisher etwa 2 % des Gebäudebestandes auf 3 bis 4 % zu erhöhen und darüber hinaus möglichst alle Sanierungen energetisch sinnvoll auszuführen. Abbildung 2 zeigt schematisch die energetischen Standards des Gebäudebestands und das Potenzial zur Reduktion des Heizenergieverbrauchs. Die technischen Entwicklungen der letzten Jahre werden in Abbildung 3 dargestellt. Während Bestandsgebäude für die Beheizung etwa 150 bis 300 kWh/(m²*a) benötigen (entspricht etwa 15 bis 30 Liter Öl oder cbm Gas pro m²), kann durch eine energetisch hochwertige Sanierung dieser Wert um bis zu 90 % gesenkt werden, wenn Komponenten der Passivhaus-Technik angewandt werden.

Instrumente

Im Gebäudebereich ist es möglich, mit vergleichsweise geringem Kostenmehraufwand ein hohes Maß an Energie einzusparen. Den hervorragenden technischen und finanziellen Möglichkeiten stehen bisher höchst uneffiziente Umsetzungsstrategien gegenüber. Zur Zeit kann durch folgende Maßnahmen auf den Energieverbrauch im Gebäudebereich Einfluß genommen werden:

¹ Studie Wuppertal-Institut

² Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit: Zwischenbericht zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung, Berlin 2000, Seite 1

³ Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit: Zwischenbericht zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung, Berlin 2000, Seite 2

⁴ Schulze Darup: Altbausanierung im Raum Nürnberg. – In: Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden, Hrsg. Forschungszentrum Jülich GmbH 52425 Jülich 1999

• **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Die geltende Wärmeschutz- und Heizanlagenverordnung hat in der Praxisumsetzung nur geringe Auswirkungen auf die Sanierungstätigkeit. Die Energieeinsparverordnung, die wahrscheinlich im Jahr 2002 rechtsgültig wird, erhöht die Anforderungen bei Erneuerung von Gebäude- oder Bauteilen, wird jedoch zu keinem nennenswerten Anschlag hinsichtlich der energetischen Gebäudesanierung führen.

• **Energiekosten:** der wesentliche Faktor für die Entscheidungsfindung der Bauherren sind die Kosten. Der derzeitige Einstieg in ein ökologisch-ökonomisches Besteuerungssystem wird erst dann ausreichende Effekte bringen, wenn für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen über einen absehbaren Zeitraum eine verlässliche Steigerungsrate festgelegt wird. Eine kontinuierliche jährliche Energiepreiserhöhung von 5 % über dem Lebenshaltungskostenindex auf Dauer von 15 Jahren würde rein marktwirtschaftlich zu Maßnahmen mit Einsparungen von mindestens 30 % führen.

• **Fördermittel** sind für den Altbaubereich unabdingbar. Die derzeitigen Programme sind vom Volumen her unzureichend und haben keinen wesentlichen Einfluß auf die Entscheidungsfindungen der Bauherren. Das KfW-Programm bietet keine durchschlagenden Impulse für die Entscheidungsfindung von Bauherren. Sinnvoll sind möglichst einfache und direkt wirksame Konzepte wie das Förderkonzept der Bundesinitiative „jetzt“⁵, das einen steuerlichen Abzug von der Einkommenssteuer in Höhe von 0,02 € pro eingesparter Kilowattstunde auf 10 Jahre vorsieht.

• **Forschung und Information** stellen die Grundlage für effiziente Maßnahmen dar. In diesen Bereichen sind sehr intensive Anstrengungen erforderlich.

• **Ergänzend zu derzeit diskutierten Programmen** müssen privatwirtschaftliche Initiativen entwickelt werden.

Der letztgenannte Punkt kann erreicht werden durch das Konzept eines Immobilienfonds, der mit privaten Investitionsmitteln die Umsetzung von hochwertiger energetischer Sanierung zum Ziel hat. Voraussetzung für das Gelingen sind allerdings angepasste wirtschaftliche und fördertechnische Rahmenbedingungen.

Technische Maßnahmen und deren Kosten

Sanierungen werden auf Grund fehlender Finanzierungsmöglichkeiten oftmals ineffizient über Jahre in Form von Einzelmaßnahmen durchgeführt, wie dies in Abbildung 4 dargestellt ist. Es wird beispielhaft bis zum Jahr 2020 die Entwicklung zum Passivhaus-Standard aufgezeigt. Weitere technische Innovationen werden dazu führen, dass Gebäude in der Summe zu dezentralen Energielieferanten werden durch den Einsatz von BHKW- oder Brennstoffzellen-Technik sowie durch solare Energiegewinnung. So wird im Diagramm ab dem Jahr 2034 von einem anfallenden Energieüberschuß bei dem Gebäude ausgegangen.

Unter dem Strich deutlich kostengünstiger ist eine durchgreifende energetische Sanierung in einem Zug mit einem stimmigen Gesamtkonzept. Dies wird in der Graphik durch die Linien (Gesamtsanierung 2003) dargestellt. Voraussetzung für die sinnvolle und kostengünstige Durchführung ist ein möglichst breites Wissen über die verfügbaren Einspartechniken und deren spezifische Wirksamkeit und Kosten.

Grundsätzlich stellen bauliche Maßnahmen an den Transmissionsflächen des Gebäudes in Form von Wärmedämmung die wirtschaftlichsten Maßnahmen bei der energetischen Sanierung dar. Die Kosten je eingesparter Kilowattstunde liegen zwischen zwei und sieben Pfennig, wenn die Gesamteinsparungen über die Lebensdauer gegen die Investitionskosten gerechnet werden. Voraussetzung ist eine wirtschaftlich möglichst optimale Ausbildung der Details.

⁵ Feist: „jetzt“-Förderkonzept Gebäudebestands-Modernisierung, Darmstadt 2000

Passivhausgerechte Sanierung von Außenbauteilen mit Dämmdicken über 20 cm ist nicht immer möglich, insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden. Nachkriegsbauten bieten sich dafür jedoch an: Wand- und Dachbereich lassen sich durchweg auf U-Werte unter 0,16 W/m²K bringen. Die Dämmdicke zum Keller ist durch die vorhandenen Raumhöhen begrenzt. Da für die Berechnung des Heizwärmebedarfs die untere Transmissionsfläche nur mit dem Faktor 0,5 angesetzt wird, fällt diese Fläche allerdings nicht so stark ins Gewicht. Genaue Beachtung erfordern die Bauteile zwischen Kellerabgang und beheiztem Gebäudebereich.

Die Minimierung von Wärmebrücken und vor allem die Erzielung einer hohen Luftdichtigkeit muß bei der Planung sehr genau beachtet werden. Bei der Baudurchführung sollten qualitätssichernde Maßnahmen wie Infrarot-Thermografie und Blower-Door-Tests durchgeführt werden.

Bei Fenstern stellt die Wärmeschutzverglasung den derzeitigen Sanierungsstandard dar. Dreifachverglasungen mit Wärmedämmrahmen bei Fenster-U-Werten unter 0,8 W/m²K werden aber bald in den wirtschaftlichen Bereich gelangen und deshalb in wenigen Jahren die Standardausführung darstellen.

In Abbildung 5 werden die spezifischen Kosten je eingesparter Kilowattstunde umgerechnet auf die Abschreibungszeit des jeweiligen Bauteils dargestellt.

Die Kosteneffizienz von Haustechnikmaßnahmen hängt sehr stark von der individuellen Einbindung in das Gesamtkonzept ab. Die Sanierung alter Heizanlagen führt fast immer zu deutlichen Einsparungen. Die Verbesserung von Regelungen kann Effekte von fünf bis über zwanzig Prozent Einsparung bringen. Lüftungsanlagen werden vor allem zur Verbesserung der Raumlufthygiene eingesetzt. Bei effizienten Konzepten kann heute schon eine Wirtschaftlichkeit gegeben sein. Die Solarthermie liegt am Rand der Wirtschaftlichkeit. Bauherrn sind allerdings sehr empfänglich für die Einbindung von Solaranlagen, weil der Energiespareffekt nach außen gezeigt werden kann. Abbildung 6 zeigt wiederum die Kosten je eingesparter Kilowattstunde.⁶

Energiekonzept

Voraussetzung für eine sinnvolle Abwägung von Sanierungsmaßnahmen ist eine Gesamtbetrachtung des Gebäudes und der möglichen Sanierungsmaßnahmen. Die energetisch relevanten Schritte und ihre Wirksamkeit lassen sich durch Berechnungsverfahren nach EN 832 simulieren. In Abbildung 7 wird die Bilanzierung solch einer Berechnung⁷ für das Beispiel eines Mehrfamilienhauses vor und nach der Sanierung gegenübergestellt. Der resultierende Heizwärmebedarf liegt bei einem Zehntel des Bestandes. In Tabelle 1 werden die Maßnahmen beispielhaft dargestellt, die hierfür erforderlich sind.

Tabelle 1: Beispielhafter energetischer Maßnahmenkatalog für ein Mehrfamilienhaus

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,40 W/m ² K	0,15 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem
Decke zum Dachboden	0,87 W/m ² K	0,12 W/m ² K	25 cm Dämmung auf der Decke
Kellerdecke	0,88 W/m ² K	0,19 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke
Wärmebrücken			Reduzierung der Wärmebrücken
Fenster	2,80 W/m ² K	0,80 W/m ² K	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmte Fensterrahmen
Lüftung	Fensterlüftung	AWR	85 % Wärmerückgewinnung

⁶ Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996

⁷ Feist u. a.: Passivhaus Projektierungs Paket. – Passivhaus Institut, Darmstadt 1999

Durch die hohe Wärmedämmung und die hochdämmenden Fenster entsteht ein sehr behagliches Raumklima, weil die Innenseiten der Außenflächen nahezu Raumtemperatur aufweisen und damit eine gute Temperaturbalance ohne Zug, erhöhte Raumluftbewegung und Strahlungsentzug besteht.

Eine Abluftwärmerückgewinnungsanlage mit einer Jahresrückwärmzahl von 75 bis 80% und einem niedrigen Stromverbrauch unter 0,4 Watt pro gefördertem Kubikmeter Luft bewirkt 12-18 kWh Heizwärme-Einsparung pro 1 kWh Stromeinsatz und ist dadurch eine wesentliche Komponente für die energetisch optimale Sanierung. Zugleich ist die gesicherte Frischluftmenge von etwa 30 m³ Voraussetzung für hygienisch einwandfreie Raumluft. Dies stellt einen zusätzlichen Komfort beim Wohnen dar. Obendrein verhindert der ständige Luftaustausch Feuchteprobleme mit der möglichen Folge von Schimmelbildung.

Kosten

Abbildung 8 zeigt die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen und die jeweiligen Kosten (pro m² Wohnfläche). Die energetisch bedingten Kosten für die Sanierung betragen nach Standard der üblichen Wärmeschutzverordnung gut 250 DM/m². Für die Passivhaus-Komponenten fallen Mehrkosten von etwa 200 DM/m² an.

Die einzelnen Maßnahmen mit ihrer jeweiligen Wirtschaftlichkeit werden in Abbildung 9 dargestellt. Alle Dämm-Maßnahmen liegen schon bei heutigen Energiepreisen im rentierlichen Bereich. Die Kosten für die Fenster befinden an der Grenze der Wirtschaftlichkeit, werden aber während ihrer Nutzungsphase bei mittelfristig steigenden Energiekosten sicher im wirtschaftlich sinnvoll Bereich liegen.

Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach weniger als zwei Jahren. Detaillierte Berechnungen bei Passivhaus-Neubauten kommen auf Ergebnisse zwischen 1,5 und 2 Jahren (verglichen mit Standard Wärmeschutzverordnung)⁸. Bei der Sanierung sind niedrigere Amortisationszeiten zu erwarten, weil der Ausgangs-Verbrauch des unsanierten Gebäudes als Vergleichswert deutlich höher liegt.

In Abbildung 10 sind die Gesamtkosten für energetische Maßnahmen pro m² Wohnfläche dargestellt. Die energetisch bedingten Kosten betragen insgesamt ca. 450 bis 500 DM/m² (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWST.).

Eine Kostenzusammenstellung nach DIN 276 ist nur beispielhaft möglich, weil jedes Objekt individuellen Rahmenbedingungen unterworfen ist. Aus diesem Grund sollen zunächst vor allem Projekte aus den 60er Jahren mit vergleichbaren Ausgangssituationen saniert werden. Dadurch soll eine möglichst exakte Vorab-Kalkulation und eine verlässliche Kostenplanung bewirkt werden. In Tabelle 2 werden die Kostenpositionen zusammengestellt und erläutert.

Tabelle 2: Kosten für ein Mehrfamilienhaus, ca. Bj. 1965, 1000-2000m² WF, 3-4-geschossig

Kosten-gruppe	Bezeichnung	Kosten DM/m ²	Anmerkungen
100	Grundstücks-/ Gebäudeerwerb	1500	Erwerbskosten liegen in Abhängigkeit von Region und spezifischer Lage zwischen 800 und 2000 DM/m ² (1500 DM/m ² : durchschnittlicher Wert für die Stadt Nürnberg)

⁸ Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – Wissenschaftliche Begleitforschung, gefördert durch die Bundesstiftung Umwelt, Projektpartner LGA, EWAG, Energieagentur Mittelfranken, AnBUS, Meyer & Schulze Darup, Nürnberg 2000/2001

200	Erschließung	0	Kein Kostenansatz: Leistungsanforderungen von Gas, Wasser, Strom werden durch die Sanierung geringer; Kanalsanierung nicht enthalten
300/400	Instandhaltung/ Modernisierung	500	Ohne energetische Maßnahmen, einfache Grundsanierung; Finanzierung von Extras individuell (Käufer, Mieter etc.); inkl. Außenanlagen (kostengünstige Wohnumfeldverbesserung: 100 DM/m ² WF)
300/400	Energetische Sanierung	300	Standard WSVO 1995
300/400	Passivhaus-Komponenten	250	Mehrkosten
500	Außenanlagen	s.o.	Kostengünstige Wohnumfeldverbesserung
700	Nebenkosten	364	Projektentwicklung, Planung
	Gesamtkosten	2.914 DM	Kosten pro m ² Wohnfläche inkl. MWSt.

Wirtschaftlichkeit (Betriebswirtschaftlich; Volkswirtschaftlich)

Der Immobilienfonds strebt im Gegensatz zu den meisten auf Gewerbeimmobilien ausgerichteten Fonds vor allem die Sanierung von Wohngebäuden an. Damit ist eine etwas geringere Renditeerwartung verknüpft. Zugleich ist bei einem angemessenen Immobilienportfolio ein hohes Maß an Sicherheit gegeben. Die hohe volkswirtschaftliche Effizienz hinsichtlich der wohnungs- und arbeitspolitischen sowie ökologischen Effekte wurde bereits dargestellt.

Die betriebswirtschaftliche Beurteilung ist sehr vielschichtig und muss bei der weiteren Entwicklung des Immobilienkonzepts im Vordergrund stehen. Aufbauend auf den o. a. Kosten wurde eine Rentabilitätsberechnung mit *EasySanFin*⁹ durchgeführt. Bei Variante 1 wird eine Fremdfinanzierung von 75 % angenommen. Die zweite Variante rechnet auf Grundlage einer Vollfinanzierung durch Eigenmittel. Die Ergebnisse und wesentlichen Rahmenbedingungen werden in Tabelle 3 dargestellt. Für die Vermietbarkeit ist die Warmmiete der ausschlaggebende Zielwert. Für die Beurteilung der Anleger ist der Zinsfuß nach Steuern die wesentliche Kenngröße und sollte nicht unter 4 % liegen.

Tabelle 3: Ergebnisse und Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

	Variante 1	Variante 2
Eigenkapital pro m ² Wohnfläche	698 DM	2.914 DM
Drittmittel	75 %	0 %
Monatliche Kaltmiete pro m ² Wohnfläche	13,80 DM	9,58 DM
Monatliche Warmmiete (Heizen, Warmwasser)	14,12 DM	9,90 DM
Zinsfuß vor Steuern	1,16 % p. a.	3,40 % p. a.
Zinsfuß nach Steuern (Soll: ≥ 4,0 % p. a.)	4,00 % p. a.	4,01 % p. a.
Gesamtrendite inkl. Wertsteigerung	11,07 % p. a.	5,11 % p. a.
Rahmenbedingungen Kostenangaben in Euro (€)		
Hypothekenzins (zzgl. KfW-Darlehen 590 DM/m ² : 4%)	6,5 %	Entfällt
Tilgung (Laufzeit 30 Jahre)	1,2 %	Entfällt
Lineare Abschreibung	30 a	30 a
Steuerliche Rückflüsse	45 %	45 %
Maximal steuerlich verwertbarer Verlust	500 €	500 €

⁹ IngSoft GmbH: EasySanFin (EDV-Programm zur Optimierung energetischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen bei der Sanierung) – Nürnberg 2001

Wiederanlage-Zinssatz	4 %	4 %
Anfänglicher jährlicher Instandhaltungsaufwand	1,5 %	1,5 %
Steigerung des Instandhaltungsaufwands	2,0 % p. a.	2,0 % p. a.
Energiekosten: Arbeitspreis Wärme (Grundpreis = 0)	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh
Steigerung der Wärmekosten (niedriger Ansatz = ungünstig)	2,0 % p. a.	2,0 % p. a.
Mietsteigerungssatz 6 % / Steigerungsintervall = 3 Jahre	2,0 % p. a.	2,0 % p. a.
Nebenkosten (Steigerung 2,0 % p. a.)	3,00 €	3,00 €

Variante 2 verbindet angemessene Renditeerwartungen mit einer marktgängigen Miete. Zudem ist eine erhöhte Sicherheit gegeben, da Abweichungen bei den Annahmen sich deutlich geringer in Verlusten (oder Gewinnen) niederschlagen als bei der teilweise fremdfinanzierten Variante 1. Der Nachteil der vollständigen Eigenfinanzierung liegt in dem geringeren Umsetzungspotenzial bei gleichen Fondseinlagen.

Konzeption des Immobilienfonds

Bei der Geldanlage gewinnen ethische Kriterien zunehmend an Gewicht. Dies betrifft sowohl private als auch institutionelle Anleger. Diese erfreuliche Entwicklung verbessert die Möglichkeiten, ökologisch-ethische Aufgaben auf privatwirtschaftlicher Grundlage anzugehen. Aus dieser Situation heraus erwächst der Gedanke, bisher als weniger attraktiv angesehene Aufgabenbereiche in einen Fonds aufzunehmen.

Aufgaben und Zweck eines solchen Fonds ist der Erwerb von unsanierten Gebäuden zur energetisch optimierten und sozialverträglichen Sanierung. Dadurch wird ein hochwertiges Immobilienvermögen geschaffen. Angestrebt wird vor allem die Sanierung von Wohngebäuden aus den 50er/60er-Jahren. Auch aus städtebaulicher Sicht besteht hier dringender Handlungsbedarf, um für die oftmals infrastrukturell hervorragend eingebundenen Wohnlagen eine gute Bewohnerstruktur zu erhalten. Es ist vorrangig eine Vermietung der Wohnungen anzustreben, alternativ kann eine Umwandlung in Eigentumswohnungen (Vorkaufsrechts-Option für Mieter) bzw. ein Weiterverkauf sanierten Immobilien durchgeführt werden. Treuhänderische Sanierung im Auftrag von Eigentümern oder umfassende bauliche und haustechnische Energiedienstleistungen (Contracting) können ebenfalls zur Aufgabe des Fonds gehören.

Als **Partner für die Finanzierung** bzw. für die Emission der Fondsanteile sollte eine Bank mit einem entsprechenden Kundenpotenzial fungieren. Mit der UmweltBank/Nürnberg (ggf. in Kooperation) sind diesbezügliche Vorgespräche durchgeführt worden. Für die Beratung bieten sich Institutionen aus dem Bereich des ökologisch-ethischen Ratings an: CRIC (Corporate Responsibility Interface Center Frankfurt) und Oekom (München) sind an der Fondsidee von den ersten Anfängen an beteiligt.

Im Rahmen des Immobilienfonds müssen folgende Aufgaben durchgeführt werden:

Projektentwicklung: Objektsuche (Analyse Infrastruktur, Mietverhältnisse, Sanierungsaufwand, Kosten), Kaufverhandlungen, Finanzierungskonzept, Förderregularien

Planung (Leistungsphasen 1-5): Planungsaufgaben, Verhandlung mit Generalunternehmer, Oberbauleitung und Soziale Bauleitung

Bauabwicklung: Durchführung durch einen Generalunternehmer zu einem Pauschalpreis; Vorleistungen: Festpreis-Verhandlungen für Leistungspakete zur sicheren und schnellen Kostenfindung bei der Projektentwicklung; Industriepartner z. B. für Passivhauskomponenten Wärmedämmung, Putze, Fenster, Lüftung, Heizung, Sanitär-Module

Verwaltung: Vermietung und Betreuung des Immobilienbestandes

Kauf- und Verkauf: Abwicklung der Eigentumsübergänge, Werbung, Marketing

Förderung

Das Konzept des Immobilienfonds zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden stellt einen vielversprechenden privatwirtschaftlichen Ansatz dar. Die umfangreichen volkswirtschaftlichen, ökologischen, arbeitsmarktpolitischen und städtebaulichen Vorteile eines solchen Vorhabens erfordern in der Startphase eine Förderung, um die zahlreichen Hemmnisse und Anfangsschwierigkeiten zu überwinden und zugleich einen Anreiz für Investoren zu bieten. Im Zuge einer Pilotphase ist zu erarbeiten, inwieweit zur Zeit diskutierte allgemeingültige Fördermodelle auf solch ein Konzept zugeschnitten werden können, damit öffentliche Mittel einen möglichst hohen wirtschaftlichen Effekt induzieren. Ziel muss das Erreichen einer möglichst großen Breitenwirkung sein.

Vorgehen

Auf der Grundlage der bisherigen Recherchephase erscheint es sinnvoll, folgende Schritte für eine Umsetzung des Konzeptes einzuschlagen:

- Projektentwicklungs-Konzept
 - Kostenrecherche über die Marktpreise für den Erwerb von Gebäuden, Erstellen einer Prioritätenliste über Regionen, Standorte und Einzelprojekte, örtliche Marktpreise für den Erwerb sanierter Wohnungen/Gebäude
 - Erfassen von Mieterstrukturen und Konzepten für den Umgang mit der Sanierung im bewohnten Zustand bzw. Umsetzungskonzepte; Erstellen von Mietvereinbarungen mit ausgewogener Beachtung der Interessen von Mieter und Vermieter
- Bauliches und energetisches Konzept
 - Energetische Simulation an einigen beispielhaften Objekten
 - Planungs- und Kostenkonzept
 - Optimierung von Komponenten in Abstimmung mit Industriepartnern, Preisverhandlungen mit Herstellern
 - Vorverhandlungen mit Generalunternehmern über Kosten und Pauschalangebote
 - Erstellung eines EDV-gestützten Planungstools zur schnellen Erfassung von Gebäuden hinsichtlich des baulichen und energetischen Zustands inkl. Einsparungspotenzial und Kostenplanung (Ziel: Kostengenauigkeit von < 5% mit einem Vorplanungsaufwand unter 5000 DM)
- Wirtschaftliches Konzept
 - Verknüpfung der Planungsgrundlagen mit der Wirtschaftlichkeitsberechnung (EasySanFin)
 - Präzisierung der Berechnungsgrundlagen
 - Abstimmung der Wirtschaftlichkeitsrechnung mit den Anforderungen des Fonds
 - Festlegung von Wirtschaftlichkeitskriterien für den Fonds
- Förderanträge
 - Anträge für die Fonds-Entwicklungsphase für Projektentwicklung / Bauliches und energetisches Konzept / Wirtschaftliches Konzept
 - Anträge für die Umsetzung von Pilotprojekten

- Abstimmung von Förderregularien mit Breitenwirkung und optimalem Fördereffekt bei minimiertem Fördereinsatz zugeschnitten auf privatwirtschaftliche Sanierungstätigkeit
- Alternativ: Verknüpfung der energetischen Sanierungsförderung mit Mitteln des sozialen Wohnungsbaus (Ziel: Rückführung von Wohnungsbestand in die Sozialbindung)
- Auswahl des Unternehmens-Partners
 - Vorstellung des Konzepts bei potenziellen Partnern
 - Sondierungsgespräche
 - Entwicklung der Unternehmenskonzeption
 - Gründung des Unternehmens (Neugründung oder Tochtergesellschaft)
- Immobilienfonds zur energetischen Gebäudesanierung (in Einheit mit der Unternehmensgründung oder Parallelgründung).

Zusammenfassung

Das Tätigkeitsfeld „Bauen und Energie“ ist ein zentrales Aufgabengebiet der Bauwirtschaft im nächsten Jahrzehnt und bietet hervorragende Potenziale für die Wirtschafts-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik zur Sicherung und zum Ausbau regionaler Wirtschaftskraft.

Die technischen Möglichkeiten zur Umsetzung dieses Bereichs stehen in ausgereifter Form zur Verfügung, Defizite liegen zur Zeit bei den Umsetzungs- und Förderstrategien und den Finanzierungsmöglichkeiten vor.

Private Initiativen müssen neben bundes- und landespolitischen Maßnahmen in Verbindung mit den Kommunen Impulse für die energetische Sanierung geben. Der Immobilienfonds stellt dafür ein hervorragendes Instrument dar. Allerdings sind in der Startphase und zur Erzielung von Breitenwirkung Fördermittel erforderlich. Wenn diese optimiert eingesetzt werden, stehen der Förderung fiskalisch aufkommensneutral Einnahmen und Einsparungen in mindestens der gleichen Höhe gegenüber.

Aufgestellt:
 Burkhard Schulze Darup, Architekt
 Augraben 96, 90475 Nürnberg
 0911 8325262 fax 8325263
 e-mail: schulze-darup@t-online.de
 www.schulze-darup.de

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Überschlägiger Finanzrahmen für Kosten, Einnahmen und Rendite

		Standard		
		niedrig DM/m ²	mittel DM/m ²	höher DM/m ²
Immobilienwerb		1.400,00 DM	1.800,00 DM	2.200,00 DM
Sanierungskosten		800,00 DM	1.000,00 DM	1.200,00 DM
Mehrkosten Passivhaus-Standard		200,00 DM	210,00 DM	220,00 DM
Nebenkosten	14%	140,00 DM	169,40 DM	198,80 DM
Projektentwicklung	10%	100,00 DM	121,00 DM	142,00 DM
Summe Kosten		2.640,00 DM	3.300,40 DM	3.960,80 DM
Miete/Monat		9,00 DM	10,50 DM	12,00 DM
Nebenkosteneinsparung durch Passivhaus-Standard		1,00 DM	1,00 DM	1,00 DM
Gesamt-Mieteinnahmen/a		120,00 DM	138,00 DM	156,00 DM
Rendite		4,5%	4,2%	3,9%
Renditeanteil bezogen auf Passivhaus-Standard		6,0%	5,7%	5,5%

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Pressemitteilung

Erster Immobilienfonds der UmweltBank stößt auf großes Anlegerinteresse

Ethisch-ökologische Alternative zu konventionellen Immobilienfonds / Stabiles Investment in Krisenzeiten / Rentabler Fonds mit bis zu 7 % Wirtschaftlichkeit/ Sanierung von Gründerzeitbauten in Berlin

Nürnberg, 20. März 2003 – Der erste ökologische Immobilienfonds der UmweltBank stößt auf reges Anlegerinteresse: Bereits 1.700 Anfragen wurden innerhalb des letzten Monats bearbeitet. Auf dem Markt für geschlossene Fonds ist dieser Immobilienfonds für ökologische Altbausanierung in Berlin eine Rarität. Die Wirtschaftlichkeit des Investments liegt in der Spitze bei bis zu 7,44 % nach Steuern.

Der von der StadtWerk Berlin KG aufgelegte Immobilienfonds ist nach einer ersten Einschätzung der UmweltBank insbesondere als solider, langfristiger Baustein für das ausgewogene Vermögensportfolio gefragt. Neben Kunden, die bereits mit geschlossenen Windparkfonds Erfahrung gesammelt haben, fragen auch Neuinteressenten gezielt nach dieser Form der ethisch-ökologischen Geldanlage.

Umweltfreundliche Alternativen zu konventionellen Immobilienfonds besitzen derzeit noch Seltenheitswert auf dem Markt. Die Beteiligung an diesem Immobilienfonds für ökologische Altbausanierung ist ab 5.000 Euro möglich und zunächst unbefristet. Die UmweltBank plant ab 2013 einen Zweithandel einzuführen. Laut Prognose kann die Wirtschaftlichkeit des Investments in der Spitze bei bis zu 7,44 % nach Steuern liegen.

Die Basis dieser Kapitalanlage sind zwei gründerzeitliche Mietshäuser in Berlin. Anlegern kommen neben steuerlichen Vorteilen jährliche Ausschüttungen zugute, die gemäß Prognose von jährlich 3 auf 5 Prozent steigen. Der Standort Berlin verspricht zudem einen Wertzuwachs für die Immobilien. Derzeit ist das Mietniveau im Vergleich zu anderen deutschen

- Seite 1 von 2 -

Ansprechpartnerin:

UmweltBank AG, Gisela Böhm, Pressereferentin, Laufertorgraben 6, 90489 Nürnberg
Tel.: 0911/53 08 – 262, Fax: 0911/53 08 – 269, E-Mail: presse@umweltbank.de

Großstädten niedrig und Berlin auf dem Weg zu einer europäischen Metropole. Positiv auf den Gebäudewert wirkt sich auch die bereits begonnene, ökologische Sanierung aus. Energiesparmaßnahmen bewirken sinkende Nebenkosten zum Vorteil der Mieter.

Gerade auch die mit dieser Immobilienanlage verbundenen Sicherheitsaspekte sprechen nach der Erfahrung der UmweltBank die Anleger an: der hohe Inflationsschutz einer Sachwertanlage, die im Vergleich zur reinen Gewerbeimmobilie hohe Mieteinnahmensicherheit, klar kalkulierte Sanierungskosten sowie die öffentliche Förderung durch das Land Berlin und den Bund. Die UmweltBank garantiert die Platzierung des Eigenkapitals in Höhe von rund zwei Mio. Euro.

Gezeichnet werden kann die Beteiligung über die UmweltBank AG, Laufertorgraben 6, 90489 Nürnberg, Tel. 0911/ 5308 – 135, Telefax 0911/ 5308 – 139, www.umweltbank.de.

Zeichen (inkl. Leerzeichen): 2.429

Veröffentlichung honorarfrei. Über ein Belegexemplar freuen wir uns.

Zur UmweltBank AG:

Die UmweltBank AG besteht seit 1997. Ende 2002 hatte sie eine Bilanzsumme von rund 404 Mio. Euro und rund 32.000 Kunden. Die UmweltBank versteht sich als professionell arbeitende Spezialbank im Umweltfinanzbereich. Sie bietet ökologische Geldanlagen mit guter Rendite an. Zu den bankeigenen Sparangeboten gehören das täglich verfügbare UmweltPluskonto, Sparbücher, ein Wachstumsparen, Sparbriefe und Sparverträge. Mit den Einlagen der Kunden werden umweltfreundliche Projekte zu Vorzugskonditionen finanziert. Die UmweltBank investiert in nachhaltig wirtschaftende Unternehmen, schwerpunktmäßig vergibt sie Kredite im Bereich erneuerbare Energien sowie ökologisches Bauen. Private Bauherren erhalten für Öko-Komponenten beim Hausbau Zinsvergünstigungen. Zusätzlich vermittelt die UmweltBank Umweltaktien und -fonds, ökologische Versicherungen und geschlossene Fonds. Die UmweltBank kennt als einer der erfahrensten Vermittler von Windparkbeteiligungen den Markt für Energiefonds seit 1997. Bis jetzt haben sich über 6.600 Zeichner für insgesamt 26 Windkraftfonds sowie einen Biomassefonds entschieden.

Ansprechpartnerin:

UmweltBank AG, Gisela Böhm, Pressereferentin, Laufertorgraben 6, 90489 Nürnberg
Tel.: 0911/53 08 – 262, Fax: 0911/53 08 – 269, E-Mail: presse@umweltbank.de

Projektbericht

Passivhäuser in Nürnberg-Wetzendorf

Quelle:

Schulze Darup, B. (Hrsg.): Passivhaus Projektbericht: Energie und Raumluftqualität, Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: LGA Nürnberg, Energieagentur Mittelfranken Nürnberg, AnBUS Fürth, N-ERGIE Nürnberg, Architekturbüro Schulze Darup Nürnberg, Verlag AnBUS Fürth 2002

Der Bericht findet sich in der Anlage als gesonderte PDF-Datei auf der CD-Rom in dem Dateiordner

Projektbericht Passivhaus-Neubau

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

• **Fördermittel** sind für den Altbereich unabhingbar. Die derzeitigen Programme sind vom Volumen her unzureichend und haben keinen wesentlichen Einfluß auf die Entscheidungsfindungen der Bauherrn.

• **Forschung und Information** stellen die Grundlage für effiziente Maßnahmen dar. In diesen Bereichen sind sehr intensive Anstrengungen erforderlich.

Technische Maßnahmen und deren Kosten

Voraussetzung für die sinnvolle und kostengünstige energetische Sanierung ist ein möglichst breites Wissen über die verfügbaren Einspartechniken und deren spezifische Wirksamkeit und Kosten. Darüber hinaus ist zu beachten, daß bei der Sanierung noch deutlicher als beim Neubau jedes Projekt eine individuelle Überprüfung erfordert, um ein energetisch und wirtschaftlich optimales Ergebnis zu erreichen. Kostentrends für die Sanierung von Altbauten werden in Abbildung 3 in Abhängigkeit vom zu erzielenden Energiestandard dargestellt.

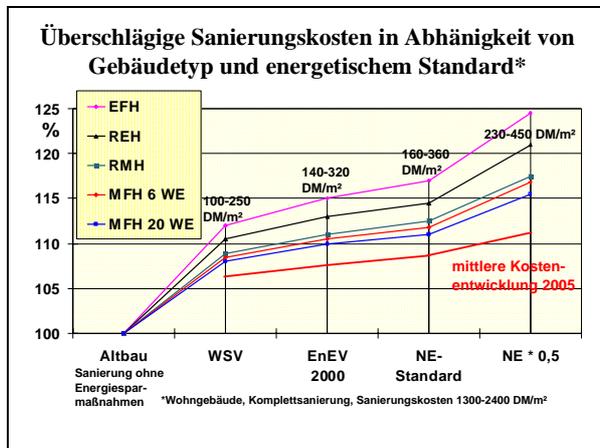


Abbildung 3

Szenarien für die Förderung der energetischen Sanierung im Wohngebäudebestand

Die Durchlauftrate von derzeit stattfindenden Sanierungen wird auf gerade einmal 2%¹¹ bis maximal 2,5% jährlich bei durchweg energetisch unzureichenden Sanierungen veranschlagt. Es ist unabdingbar, daß durch Förderanreize der Umfang und der Standard der Sanierungen deutlich verbessert werden muß. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung muß für den Bauherrn so darstellbar sein, daß er sich aus rein ökonomischen Gründen für eine schnelle und energetisch hochwertige Sanierung entscheidet. Modalitäten für die Art

der Förderung sollten folgende Punkte berücksichtigen:

- Förderhöhe als ausreichender Motivationsschub, z. B.
 - 100 DM pro m² Wohnfläche Anfangsförderung für Standard nach zukünftiger Energieeinsparverordnung (Neubau)
 - 150 DM/m² Anfangsförderung für eine weitere Verbesserung um 30 %
 - Maximalsummen für Einfamilienhäuser z. B. 14.000/21.000 DM
- Zuschüsse (keine Darlehen oder Zinsvergünstigungen)
- keine Deckelung: jeder berechtigte Antrag wird bewilligt
- unbürokratische Bewilligung
- Voraussetzung: Beratung und Qualitätskontrolle (Sonderprogramm)
- zusätzlich flankierende Förderungen (Information, Forschung, Modellvorhaben).

Tabelle 1 stellt ein Szenario für eine sehr ehrgeizige 12-jährige Sanierungsphase dar:

1. Die Förderung muß so motivierend sein, daß die sanierte Fläche von jetzt etwa 450.000 m² (Sanierungsquote 2,5% pro Jahr) in Nürnberg auf 750.000 m² ansteigt (4,2% pro Jahr). Das führt zu einer Gesamtsanierung von 8.6 Mio m² bis 2010, was knapp der Hälfte des jetzigen Wohnungsbestandes entspricht.
2. Die Energieeinsparung beläuft sich in der Modellrechnung auf 30 bis 35 % des heutigen Verbrauchs. Einen etwas höheren Wert erreicht die CO₂-Einsparung, was jedoch nur etwa der Hälfte des Solls im Klimabündnis der Städte entspricht. Im Bereich der Energieträger kann eine zusätzliche Optimierung eine kleine weitere Verbesserung herbeiführen.
3. Die Einschätzung, inwieweit die eingesetzten Fördermittel die angestrebten Sanierungsvolumina tatsächlich bewirken werden, muß einer breiten

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jahr	sanierte Fläche (Wohnfl.)	eingesparte Endenergie	eingespartes CO2	Fördermittel	Fördermittel je m ²	Sanierungskosten	5:7	zusätzl. Arbeitsplätze
	m ²	kWh	t	DM	DM/m ²	DM	%	
1998	451.918	24.376.443	6.582	0	0	545.012.807	0,00%	0
1999	500.000	30.307.500	8.183	5.300.000	80 / 30	609.500.000	0,87%	408
2000	550.000	42.801.000	11.556	23.100.000	150 / 100	684.200.000	3,38%	881
2001	600.000	59.130.000	15.965	30.000.000	140 / 90	766.500.000	3,91%	1.402
2002	650.000	74.831.250	20.204	38.675.000	130 / 80	838.500.000	4,61%	1.858
2003	700.000	88.725.000	23.956	43.750.000	120 / 70	910.000.000	4,81%	2.311
2004	720.000	99.630.000	26.900	45.720.000	110 / 60	943.200.000	4,85%	2.521
2005	730.000	101.013.750	27.274	35.770.000	100 / 40	956.300.000	3,74%	2.604
2006	750.000	111.577.500	30.126	26.550.000	80 / 20	991.125.000	2,68%	2.824
2007	750.000	114.300.000	30.861	20.625.000	70 / 10	995.625.000	2,07%	2.853
2008	750.000	119.306.250	32.213	15.750.000	60 / 0	1.001.250.000	1,57%	2.888
2009	750.000	120.600.000	32.562	15.000.000	50 / 0	1.005.000.000	1,49%	2.912
2010	750.000	123.187.500	33.261	15.000.000	40 / 0	1.012.500.000	1,48%	2.960
Su.	8.651.918	1.109.786.193	299.642	315.240.000		11.258.712.807		
2: Wohnfläche ges. 18.1 Mio. m ² ; 48% san.				9: durch Erhöhung des Sanierungsvolumens gegenüber 1998				
3: gesamt 1998 3.376 GWh; Einsparung 33%				je 157.954 DM (Umsatz/Beschäft. Ausbau 1997) = 1 Arbeitsplatz				

Diskussion und einer weiteren Analyse überlassen werden. Es ist davon auszugehen, daß flankierende Maßnahmen erforderlich sind sowie weitere Programme anderer Ressorts und Körperschaften.

4. Die gesamten Sanierungskosten von 11,3 Mrd. DM (nur Nürnberg) basieren auf folgenden Überlegungen:

- Der Anstoß zur energetischen Sanierung wird bei einem Teil der Objekte dazu führen, daß aufgeschobene Ohnehin-Maßnahmen durchgeführt werden im Bereich Ausbau, Haustechnik und Renovierung.
- Durchgreifende Sanierungen für Vorkriegsgebäude kosten 2000-2600 DM/m², Häuser aus den 60er Jahren können grundlegend für 1000-1800 DM/m² saniert werden. Zahlreiche Objekte werden jedoch nur teilsaniert, so daß ein durchschnittlicher Wert von 1300 DM/m² für die Berechnung angenommen wird.
- Sinnvolle Beratungen führen fast immer zu einem abgestimmten Konzept der Sanierung von (allen) Hüllflächen inkl. Fenstern und des Heizsystems.
- Teilkonzepte können in Einzelfällen sinnvoll sein, z. B. im Bereich der Heizung und Regelung, manchmal auch bei Bauteilen (z. B. Dach, Fenster). Diese sollten aber bei weitem nicht so hoch gefördert werden wie Gesamtkonzepte.
- Raumluftqualität und Behaglichkeit müssen bei der Beratung eine wesentliche Rolle spielen, um nicht den 70er-Jahre-Effekt des falsch verstandenen Energiesparens mit hygienisch bedenklichen Folgen zu wiederholen (Stichworte: Mikroorganismen, Allergien, Sick-Building-Syndrom etc.)
- Aufgrund dessen sollten Lüftungsanlagen zur kontrollierten Wohnungslüftung einen wesentlichen Bestandteil der Sanierungskonzepte darstellen. Anlagen mit Wärmerückgewinnung werden dabei zunehmend wirtschaftlich werden.

5. Die Energiesparförderung bewirkt ein hervorragendes Verhältnis von Fördermitteleinsatz zur Gesamtinvestition. In der Modellrechnung liegt der Förderaufwand bei unter einem Zwanzigstel der daraus resultierenden Investitionskosten.

6. Allein der Arbeitmarkteffekt wiegt die Kosten der Fördermittel bei weitem auf. Wird der erhöhte Betrag der Sanierungskosten gegenüber dem Ausgangswert von 1998 durch den mittleren Umsatz pro Beschäftigten im Ausbaugewerbe von 157.954 DM¹² geteilt, ergeben sich bis zu 3000 zusätzlich Beschäftigte allein im regionalen Handwerk - ohne die sich daraus ergebenden Folgearbeitsplätze in der Zulieferung und sonstigen Dienstleistungswirtschaft.

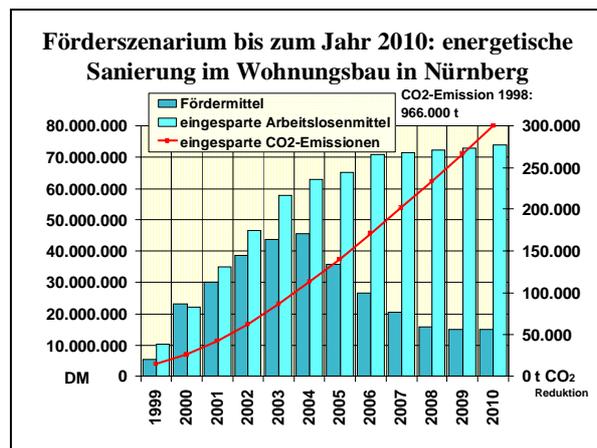


Abbildung 4

Das Diagramm in Abbildung 4 stellt die beschriebenen Zusammenhänge eindrucksvoll dar. Das Ziel des Klimabündnisses wird mit diesen Maßnahmen bei weitem nicht erreicht. Abbildung 5 stellt dar, welches Gesamtpotential in der energetischen Sanierung besteht. Nach dem Jahr 2010 sind weitere Maßnahmen erforderlich, um den Zielwert von 50 Prozent CO₂-Reduktion zu erreichen. Wie oben ausgeführt, bedeutet dies für den Gebäudebestand ein überproportionales Reduktionsziel auf 35% der Emissionen von 1990.

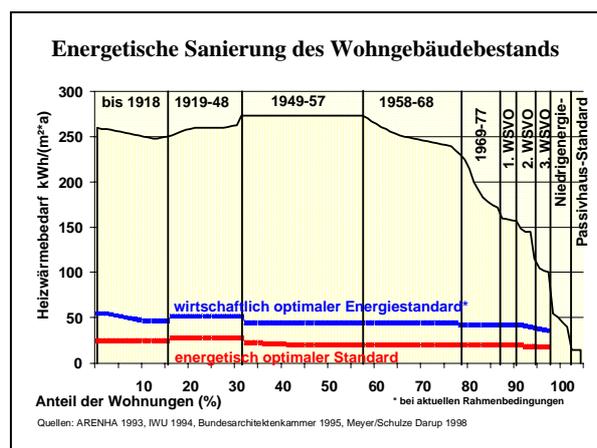


Abbildung 5

Nächste Schritte

Durch die Initiativen der Region auf dem Energiesektor besteht eine hervorragende Situation für eine zielgerichtete Umsetzung der beschriebenen Ziele. Folgende Schritte, die sicherlich durch weitere sinnvolle Maßnahmen ergänzt werden müssen, werden vorgeschlagen:

1. **März bis Mai 1999:** Formierung der regionalen Arbeitsgruppe „Bauen und Energie“ im Rahmen der Kompetenzinitiative „EnergieRegion Nürnberg“.
2. **Mai 1999: Hearing zum 1000-Häuser-Programm für die Region** zur Strategiefindung und Analyse der Fördermöglichkeiten unter Einbeziehung der regionalen Akteure in Verbindung mit: zuständigen Bundes- und Landesministerien, Förderträger der EU (BEO etc.), Bundesstiftung Umwelt sowie weiteren Institutionen, die energetische Sanierung vorantreiben;

Zusammenarbeit mit weiteren Initiativen zur Förderung der energetischen Sanierung (Deutsche Physikalische Gesellschaft/AK Energie, RWTH Aachen/Prof. K. Schultze, Forschungszentrum Jülich, IWU/Darmstadt etc.)

3. **1999-2001: Modellphase 1000-Häuser-Programm** als Versuchsfeld für die bundesweite Förderung energetischer Sanierung im Wohngebäudebestand, begleitet von folgenden weiteren Projekten:
 - Modellprojekte verschiedener Baujahre mit den spezifischen Anforderungsprofilen, Energiekennzahl möglichst nahe am Passivhaus-Bereich von 15 kWh/(m²*a) für den Raumwärmebereich
 - Breit gestreute Beauftragung an Planungs- und Ingenieurbüros, mit Integration von Fortbildung, gegenseitigem Austausch, Dokumentation und wissenschaftlicher Begleitforschung; Bildung von Bauteams zur Qualitätssicherung und zum Wissenstransfer zwischen Planern und ausführenden Gewerken
 - Einbeziehung und deutliche Ausweitung des vorhandenen kommunalen **CO₂-Minderungsprogramms** in das Gesamtkonzept der Förderungen.
 - **Synergieeffekte:** Wesentliche Impulse müssen aus der regionalen Wirtschaft kommen. Insbesondere die Immobilienwirtschaft und Banken haben hervorragende Eingriffsmöglichkeiten. So sollten Partner gefunden werden, die entsprechendes Projektmanagement betreiben und einen Finanzierungs-Bonus für Energiespar-Projekte geben. Ausführende Handwerksfirmen und Unternehmungen sollten sich zu günstigen Preisen dauerhaft als Partner verpflichten, statt einen Boom in einzelnen Gewerken für Hochpreis-Aufträge zu nutzen.
 - **Energie-Dienstleister** nicht nur für den Haustechnik-Bereich sondern auch für bauliche Maßnahmen sind erforderlich, um finanzschwachen Immobilieneigentümern stimmige Konzepte anbieten zu können.
 - **Forschung und Produktentwicklung:** Entwicklung innovativer Komponenten für extrem energiesparende Gebäude, unterstützt durch Forschungsmittel und im Zusammenwirken von Firmen aus dem Raum Nürnberg.
 - Das **Energietechnologische Informations- und Gründerzentrum** kann hervorragend die Funktion des wissenschaftlichen Backgrounds und der Planer- und Verbraucherinformation übernehmen.
 - Gezielte und umsetzungsorientierte **Information** von Gebäudebesitzern, z. B. kostengünstige Beratung in Form von Energiepässen, wie dies in Erlangen bereits durchgeführt wird^{13/14}.
 - **Arbeitsmarkt:** Aufgrund der hohen Zahl an Arbeitsplätzen, die durch die Maßnahmen initiiert werden, ist eine Zusammenarbeit mit den Arbeitsressorts auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene sinnvoll.

ABM-Maßnahmen und kommunale Beschäftigungsgesellschaften können ein ergänzender Faktor für die arbeitsintensiven Sanierungsvorhaben sein. Wie oben bereits ausgeführt, kann eine Zunahme allein im Bereich Wohngebäude von etwa 3000 Arbeitsplätzen in Nürnberg erreicht werden, das entspricht bundesweit über 450.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen. Studien mit deutlich geringeren Arbeitsmarkt-Effekten gehen von niedrigeren Fördervolumina aus und erfassen nur Energiespar-Komponenten ohne Folgemaßnahmen.

- Die **Landespolitik** fördert zahlreiche dieser Ansätze in hervorragender Weise. Durch die **High-Tech-Offensive** und Maßnahmen zur Regionalförderung sind zahlreiche Anknüpfungspunkte gegeben, die sich z. Zt. äußerst vielversprechend entwickeln.
- **Lenkungsgruppe:** Eine interdisziplinär besetzte Lenkungsgruppe ist als Grundvoraussetzung zur Durchführung der Maßnahmen dringend erforderlich. Sie ist für die Zielstellung der Modellprojekte und des Förderprogramms sowie für die Vergabe der Mittel verantwortlich, koordiniert die Maßnahmen, setzt Schwerpunkte, sorgt für zielgerichtete Forschung, wissenschaftliche Begleitung, Dokumentation und Wissenstransfer. Darüber hinaus können Zielsetzungen und Förderregularien sich ändernden Anforderungen angepaßt werden.

4. Umsetzungsphase mit Breitenwirkung

Ab 2002 wird auf der Grundlage der Modellphase eine möglichst breit angelegte Umsetzung erfolgen.

Schlußfolgerungen

Das Tätigkeitsfeld „Bauen und Energie“ ist ein zentrales Aufgabengebiet der Bauwirtschaft im nächsten Jahrzehnt und bietet hervorragende Potentiale für eine Wirtschafts- und Arbeitsmarktpolitik zur Sicherung und zum Ausbau regionaler Wirtschaftskraft. Die Effekte müssen durch gut ausgestattete Förderprogramme initiiert werden. Damit muß eine Harmonisierung von Förderregularien und steuerlichen Abschreibungsmöglichkeiten einhergehen. Die eingesetzten Mittel werden in überproportionalem Maß aufgewogen durch die Belebung des Arbeitsmarktes. Kommunale Initiativen und Modell-Projekte müssen kurzfristig den Anstoß für diese Entwicklung geben. Die Region Nürnberg bietet dafür mit der breit angelegten Kompetenzinitiative EnergieRegion Nürnberg beste Voraussetzungen.

Kurzfassung des Diskussionsbeitrag am 22. März 1999
Konstituierende Sitzung AK BAUEN UND ENERGIE
im Rahmen DER ENERGIEREGION NÜRNBERG
Burkhard Schulze Darup, Architekt, Nürnberg
tel 0911 8325262 e-mail: schulze-darup@t-online.de

¹ Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg

² Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996. Hrsg. EWAG, Nürnberg 1997

³ Erster Klimaschutzbericht-CO₂-Bilanz. Stadt Nürnberg, Amt für Umweltplanung und Energie, 90317 Nürnberg 1994

⁴ Heide/Eberhard, Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988

-
- ⁵ Heide/Eberhard, Entwicklung der Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen. Hrsg. Stadt Erlangen 1992
- ⁶ EWAG Jahrbuch 1998. EWAG Nürnberg 1998
- ⁷ Fritsche, Buchert, Hochfeld e. a.: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) Version 3.0. - Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Wiesbaden 1997
- ⁸ Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996 S. 116
- ⁹ Hauser, Stiegel, Otto: Energieeinsparung im Gebäudebestand. – Hrsg. Gesellschaft für rationelle Energieverwendung, Berlin 1997
- ¹⁰ Fink, Rathmann: Heizenergieverbrauch von Wohnungen. – Hrsg. Techem, Frankfurt 1997
- ¹¹ Heide/Eberhard: Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988
- ¹² Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg
- ¹³ Seeberger/Drechsler: Klimaschutz in Erlangen. - Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Juli 1997
- ¹⁴ Erlanger Wärmepaß. - Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen August 1998

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

Vorschläge Technologieprojekte (Innovationspool Wirtschaftsregion Nürnberg)

Themenbereich	Energie und Umwelt															
Projekttitel	Passivhausmodell															
Projekt (kurz)- beschreibung	<p>Das Projekt soll die Entwicklung und Verbreitung von Gebäuden in Passivbauweise in Kooperation mit regionalen Herstellern unterstützen.</p> <p>Passivhäuser sind extrem energiesparende Gebäude mit einem Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/(m²*a), das entspricht einem Viertel des Bedarfs von Niedrigenergiehäusern. Die hierzu erforderliche Technik hat sich in den letzten 10 Jahren über die Niedrigenergiebauweise aus konventioneller Bautechnik heraus entwickelt. Die hierzu erforderlichen Komponenten werden bisher nur von einzelnen innovativen KuM-Betrieben in anderen Bundesländern angeboten.</p>															
Begründung für zus. Förderung (Effekte)	<p>Energiesparendes Bauen ist für einen hohen Anteil von Bauwilligen von hohem Interesse - Voraussetzung ist Kostengleichheit zu konventionellen Gebäuden. Derzeit liegen die Kosten für Passivhäuser 15-30 % oberhalb üblicher Baukosten. Das Ziel des Projektes liegt darin, die Gebäude zu Kosten unterhalb vergleichbarer Standardbauten anzubieten (< 1700 DM/m² Nutzfläche). Dies soll durch die Optimierung des Planungsprozesses und der Gebäudekomponenten erreicht werden. Hierdurch kann zugleich der notwendige Strukturwandel in der Bauwirtschaft mit dem Ziel der Sicherung regionaler Arbeitsplätze unterstützt werden. Folgende Schritte sollen zu diesem Ziel führen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Bündelung von regionalen Handwerks-, Haustechnik- und Industriebetrieben zu einem Pool im Vorplanungsstadium des Projekts ⇒ gemeinsame Optimierung und Abstimmung der Gebäude-Komponenten ⇒ Entwicklung von innovativen Bauteilen und Haustechnik-Ausstattungen (vgl. Anlage 1) ⇒ Erstellung eines Prototyps / Modellbauvorhaben mit ca. 5 Einheiten ⇒ gemeinsames Kosten- und Durchführungskonzept mit gegenseitiger Verpflichtung zur Fortführung der Gebäudeumsetzung in einer größeren Serie mit nochmals optimierten Fertigungs- und Kostenoptionen ⇒ wissenschaftliche Betreuung zur Qualitätssicherung hinsichtlich Raumluftqualität und Wohnkomfort für den Nutzer <p>Eine Start-Finanzierung bzw. Anfangsförderung für die erhöhten Entwicklungsaufwendungen der ersten Gebäude wird zu einem sehr kurzfristigen Erfolg führen. Es ist davon auszugehen, daß bereits die Gebäudeserie nach den Prototypen weitestgehend kostendeckend zu den avisierten 1700 DM/m² zu erstellen sein wird. Begründet liegt dies darin, daß zwar die hochwärmedämmende Gebäudehülle zu Mehrkosten führt und zusätzliche Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung erforderlich sind, im Bereich der Wärmebereitstellung aber der Aufwand durch kompakte Aggregate entsprechend gesenkt werden kann.</p> <p>Ziel soll es sein, die regionalen Betriebe mit dem nötigen Know-How für die Gebäudegeneration der nächsten zehn Jahre zu versehen und gleichzeitig weitere Innovationen auf den Weg zu bringen, um diese Technik überregional anbieten zu können und damit unseren Wirtschaftsstandort im Technikbereich Energie und Umwelt zu stärken.</p>															
Finanzierung – Volumen – Förderung – Art	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zusammenfinden der Partner, Vernetzung 2. Konzeption und Planung 3. Entwicklung der Komponenten, Prototypen 4. Modellbauvorhaben (Gebäude inkl. Nebenkosten) 5. Fortentwicklung der Komponenten, Serie 6. Wissenschaftliche Begleitung <p>Kofinanzierung durch Träger bzw. Unternehmen der Region (vgl. Anlage 1)</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Kosten</th> <th style="text-align: center;">davon Förderung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">100.000 DM</td> <td style="text-align: center;">70.000 DM</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">350.000 DM</td> <td style="text-align: center;">150.000 DM</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.000.000 DM</td> <td style="text-align: center;">300.000 DM</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.800.000 DM</td> <td style="text-align: center;">200.000 DM</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.000.000 DM</td> <td style="text-align: center;">ohne Förderung</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">500.000 DM</td> <td style="text-align: center;">250.000 DM</td> </tr> </tbody> </table>	Kosten	davon Förderung	100.000 DM	70.000 DM	350.000 DM	150.000 DM	2.000.000 DM	300.000 DM	1.800.000 DM	200.000 DM	2.000.000 DM	ohne Förderung	500.000 DM	250.000 DM
Kosten	davon Förderung															
100.000 DM	70.000 DM															
350.000 DM	150.000 DM															
2.000.000 DM	300.000 DM															
1.800.000 DM	200.000 DM															
2.000.000 DM	ohne Förderung															
500.000 DM	250.000 DM															
Laufzeit	<p>1998: Projektphase 1- Zusammenfinden der Partner, Konzept, Planung</p> <p>1999: Projektphase 2 - Modellbauvorhaben ca. 5 Einheiten</p> <p>2000: Projektphase 3 - Umsetzung mehrerer größerer Bauvorhaben</p>															
Träger	Arbeitsgemeinschaft Passivhausmodell Nürnberg (s. Anlage 2)															
Partner	regionale Handwerksbetriebe, Haustechnik-Firmen, Industriebetriebe (s. Anlage 1)															
Ansprechpartner	Burkhard Schulze Darup, Architekt, Aufraben 96, 90475 Nürnberg, 0911 8325262 fax 8325263															

Anlage 2

Träger

Die Arbeitsgemeinschaft Passivhausmodell Nürnberg hat sich im Rahmen der Lokalen Agenda 21 mit dem Ziel zusammengefunden, energiesparendes Bauen zu fördern und zu initiieren. Sie arbeitet parallel zu anderen Arbeitsgruppen des Agenda-Prozesses, die sich mit grundlegenden Rahmenbedingungen des Energiesparens und daraus resultierenden kommunalen Handlungsfeldern befassen. Eine Seminarveranstaltung zur Technik des Passivhauses wurde von der Arbeitsgruppe am 19.5.98 durchgeführt. Eine Fachtagung zur Thematik Passivhaus findet am 25./26.9.98 in Nürnberg statt. Sie wird veranstaltet von der AGÖF (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute) und wird von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe unterstützt.

Die Arbeitsgemeinschaft besteht aus folgenden Mitgliedern:

Winfried Ciolek, Energieagentur Mittelfranken, Am Plärrer 43, 90338 Nbg. 0911 271-3250 fax 271-3258

Hans-Ulrich Fischer, EWAG, Am Plärrer 43, 90338 Nürnberg 0911 271-5063 fax 271-3894

Dr. Stefan Simrock, AnBUS, Rudolf-Breitscheid-Straße 49, 90762 Fürth 0911 7499039 fax 770764

Dr. Stefan Schützenmeier, LGA, Tillystraße 2, 90431 Nürnberg, 0911 655-5477 fax 655-5449

Waltraud Feyrer, Architektur-Stud. FH-Nbg. Saldorferstraße 8, 90429 Nürnberg, 0911 289670

Burkhard Schulze Darup, Architekt, Au Graben 96, 90475 Nürnberg 0911 8325262 fax 8325263.

Für die jeweilige Förderung wird ein entsprechender Träger gebildet, bestehend aus Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft bzw. der Unternehmen der Region.

Verantwortlich für die Koordination und Durchführung: B. Schulze Darup

Anlage 1

Partner und Arbeitsfelder

Entwicklungsfelder von innovativen Bauteilen und Haustechnik-Ausstattungen eines Passivhauses:

Grundlegend können Passivhäuser mit allen herkömmlichen Baumaterialien erstellt werden. Eine architektonische Einengung seitens der Gestaltung existiert nicht. Allerdings sollte der Gebäudeentwurf bereits in der Konzeptphase mit allen Baubeteiligten abgestimmt und optimiert werden. Nur durch eine integrative Planung und optimale Abstimmung der Komponenten ist das Ziel zu erreichen, sowohl kosten- als auch energiesparend zu bauen.

Für folgende Komponenten besteht Entwicklungs- bzw. Optimierungsbedarf:

Komponente	Innovations-/Entwicklungsbedarf	mögliche Partner*
Außenbauteile, massiv	Minimierung der Tragkonstruktions-Dicke, Dübelfreies Wärmedämmverbundsystem; k-Wert 0,12 W/(m ² K) mit umweltverträglichen Dämmstoffen	KS-Bayern, Fa. STO, Fa. Gulhan
Holzbauteile	vorgefertigte kostenoptimierte Elemente mit wärmebrückenarmem Tragwerk,	regionale Zimmerei- und Holzbaubetriebe
passive Solarflächen / Fenster	Rahmenmaterial: Reduzierung des k-Wertes von 1,6 W/(m ² K) auf 0,7 W/(m ² K); Verglasung: Kostenoptimierung von Gläsern mit $k_v=0,6$ W/(m ² K) und $g = 60$ %; Verbesserung des Randverbundes	Fensterwerke (Neubert, Optima, Werner); Glasindustrie (ggfls. reg. Niederlassung)
Solarkollektoren	Kosten- und Wirkungsgradoptimierung; Reduzierung des Vor-Ort-Montageaufwands	Franken-Solar, Nürnberg; GK-Solartechnik, Nürnberg
Haustechnik allgemein	Zusammenfassen der Haustechnik-Montage in einem vorgefertigten Montageblock mit synergetischem Zusammenwirken von Abwärmeverlusten und Wärmegewinnung (die folgenden Komponenten werden darin integriert)	AEG, Cadolto, Brochier-Haustechnik, Fa. Zander, FA. Landis & Staefa, Fa. Geyer
Lüftungsanlage mit Abluftwärmerückgewinnung	Jahresrückwärmzahl > 80 %, Minimierung der elektrischen Hilfsenergie $E_{el}/V_{geförd} < 0,35$ Wh/m ³ , Kostenanteil pro Wohneinheit < 7000 DM	AEG, Brochier-Haustechnik, n. n.
Abwärmerückgewinnung	Nutzung der Abwärmequellen (Abluft, Entwässerung, Kühlaggregate, Herd etc.) in einem Kompaktaggregat zur Heizung und Brauchwarmwassererwärmung	AEG, Brochier-Haustechnik
Erdreichwärmetauscher	Entwicklung eines hygienisch einwandfreien Wärmetauschers inkl. Zulassungsverfahren	
Restwärmebereitstellung	Zusatz-Heizanlage mit Gasbrennwerttechnik als kostengünstiges Kleinstheizgerät, Leistung 1,5 kW (z. Vergleich: übliche Heizungen: 10-20 kW)	AEG, Heizungshersteller

* noch keine Abstimmung erfolgt, z. T. erste Kontakte

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)

ARGE Energieagenturen in Bayern

EAM/SOLID
EAO
eza!
MEA
Bayern Innovativ

in Partnerschaft mit:

ETZ Nürnberg
ECOFYS, Nürnberg
Architekturbüro Haase & Partner, Karlstadt
Architekturbüro Schulze Darup, Nürnberg

Bayerische Initiative Bauen & Energie

Die Bayerische Initiative Bauen & Energie will Anstöße an Wirtschaftspartner geben sowie an Ressorts auf Landes-, Bezirks-, Regional- und Kommunalebene. Es soll ein Aktionsbündnis formiert werden, um folgende Ziele gemeinsam voranzutreiben:

Ziele

- **Impulse für energieeffizientes und solares Bauen**
mit integraler Einbindung sozialer, ökonomischer, städtebaulicher, ökologischer und wirtschaftspolitischer Belange
- **Schaffung geeigneter Förderbedingungen**
auf bayerischer Ebene unter Einbindung von Bundes-, EU-Mitteln etc.
- **Strukturen für Informationsaustausch und Weiterbildung**
als nötige Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung der Ziele.
- **Initiierung von Modellprojekten und breitenwirksamen Projekten**

Folgende Handlungsfelder bieten gute Ansätze für die Umsetzung dieser Ziele:

- **Solarsiedlungen / energieeffizienter Neubau**
- **Ausweitung der Sanierungsquote**
durch energetische Gebäudesanierung
- **Produktinnovationen**
für energieoptimiertes Bauen und Sanieren
- **Innovation von Strukturen**
zur breiten Umsetzung energieoptimierten Bauens und Sanierens

Vorgehen

- Der **Erstellung von Strategien** dient eine erste kurze Arbeitsphase der Initiative. Von vornherein soll dabei eine umsetzungsorientierte Herangehensweise erreicht werden. Hierzu ist eine Initialförderung erforderlich.
- Ein **Impulsprogramm zur Fortbildung** von Planern, Handwerkern und Multiplikatoren sowie Öffentlichkeitsarbeit ist notwendig, um erste Modellprojekte und Maßnahmen zu initiieren und zu begleiten und ist die Grundlage um weitere Schritte zu ermöglichen.
- **Wettbewerbs- und Förderkonzepte** müssen für kommunale bzw. regionale Aktionsprogramme erarbeitet werden. Dabei soll vor allem die breitenwirksame Umsetzung der Ziele im Mittelpunkt stehen.

1. Vorbemerkung

Ein effizientes und ressourcenschonendes Gesamtkonzept im Sinne der Nachhaltigkeit ist für Neubausiedlungen wie für Projekte in Gebäudebestand weichenstellend.

Innovative Ansätze in den Bereichen Bauphysik und Energieversorgung sind seit Jahren vorhanden, die in Einzelprojekten auch mit großem Erfolg umgesetzt werden. Fehlend ist bislang die konsequente fachübergreifende Nutzung im Siedlungsbereich und in der Breite. Hier können sich im Vergleich zu Einzelprojekten Synergieeffekte ergeben. Dies erfordert bereits in den ersten Planungsphasen ein neues Verständnis bei den Akteuren (Städteplaner, Architekten, Planer, Bauunternehmen, Handwerksbetriebe, Nutzer,...) für einen gemeinsamen Entwurf.

Erforderlich ist also die frühzeitige Verknüpfung dieser Entscheidungsträger im Sinne eines energetischen Gesamtkonzeptes. Dabei sind wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte nachhaltig in Einklang zu bringen.

2. Solarsiedlungen / energieeffizienter Neubau

Die Art, wie wir derzeit in Häusern und Städten leben, bedeutet einen hohen Energieverbrauch mit Belastungen für Gesundheit und Umwelt. Diverse Untersuchungen und mittlerweile zahlreich realisierte Bauvorhaben belegen, dass sich durch integriertes Planen bei Städtebau, Hoch- und Altbaumodernisierung die Lebensbedingungen und die Lebensperspektiven in den Städten durch gesündere Bauweisen mit weniger Energiebedarf und einem großen Anteil erneuerbarer Energien verbessern lassen.

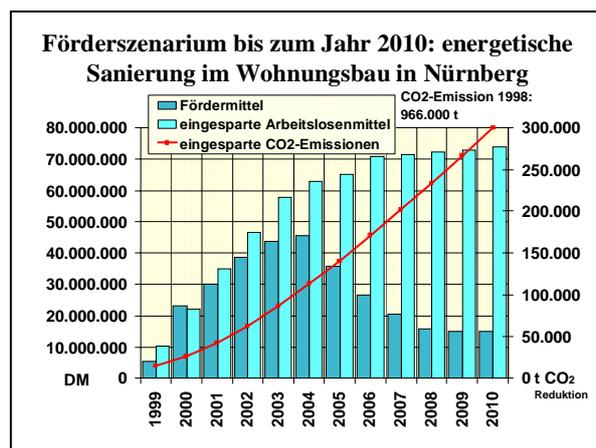
Integriertes Planen bedeutet für das solare und energieeffiziente Bauen, die Belange von Belichtung, Besonnung, Wärmeversorgung, Raumklima, Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien frühzeitig mit den Nutzungsüberlegungen zu verknüpfen und in allen Entwurfsphasen zu berücksichtigen.

Pilotprojekte in Bayern zeigen, welche Bedeutung der Initiative von Kommunen zukommt, wenn Impulse für energieeffizientes und solares Bauen in Neubaugebiete und Stadterneuerungsvorhaben einfließen sollen. Gerade mit dem Landeswettbewerb „Ökologischer Wohnungsbau mit hoher Qualität“ konnten so schöne Beispiele identifiziert werden. Genannt seien aber auch, die Solarsiedlung in Arnstein, das Solarstadt-Forum der Stadt München oder die Aktivitäten der Projektgruppe Passivhaus im Allgäu, die Arbeit des Netzwerkes Bau und Energie sowie das Passivhausengagement im Rahmen der lokalen Agenda 21 in der Region Nürnberg.

Durch ein konzertiertes Förderangebot des Landes Bayern und durch Weiterbildungsangebote der bayerischen Energieagenturen könnten weitere Kommunen motiviert werden, städtisches Bauland für solch innovative und nachhaltige Bauprojekte bereitzustellen, Wettbewerbe für Solar- und Energiesparsiedlungen auszuloben und bei ihrer Bauleitplanung das integrierte Planen zu berücksichtigen.

3. Energetische Gebäudesanierung

Die energetische Gebäudesanierung bildet ein zentrales Aufgabengebiet der Bauwirtschaft im nächsten Jahrzehnt und bietet hervorragende Potenziale für eine Wirtschafts- und Arbeitsmarktpolitik zur Sicherung und zum Ausbau regionaler Wirtschaftskraft. Der Raumwärmebereich hat mit ca. 35 % Anteil die höchste Bedeutung am Energieverbrauch. In diesem Sektor ist das höchste technisch umsetzbare Potential bei gleichzeitig relativ günstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gegeben. Die Erschließung der Potentiale geschieht teilweise durch Sowieso-Modernisierungen in Verbindung mit der Energieeinsparverordnung. Höhere Umsetzungsquoten können nur durch zusätzliche Anreize, z. B. Beratung, Förderung, neue Finanzierungsformen, erreicht werden. Am Beispiel der Region Nürnberg wird in der Abbildung dargestellt, mit welchem Fördervolumen innerhalb von gut 10 Jahren der Energieverbrauch um ca. 30 % gesenkt werden kann^{1/2}. Wichtig dabei ist die Erhöhung der jährlichen Sanierungsquote von 2 % auf über 3 % des Bestandes bei gleichzeitig erhöhten Aufwendungen für den energetischen Standard. Auf Bayern bezogen bedeutet das ein jährliches Fördervolumen von 360 Mio € (alle Impulse inkl. zielgerichteter Mittel im Rahmen der Wohnungsbauförderung inbegriffen). Die eingesetzten Haushaltsmittel werden aufgewogen durch die Belebung der regionalen Arbeitsmärkte und damit einhergehenden erhöhten Steuereinnahmen.



Wirtschaftlichkeit und soziale Implikationen der energetischen Gebäudesanierung

Ganzheitliche Sanierungskonzepte bilden die Grundlage zur wirtschaftlichen Ertüchtigung des Altbaubestandes zu zukunftsfähigen, attraktiven Wohnungen. Durch die weitestgehende Reduzierung des Primärenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser auf ca. 10 % des vorherigen Bedarfs und durch neue Wege der Abrechnung erhält der Vermieter einen Anreiz und eine Rendite für die eingesetzte hocheffiziente Anlagentechnik mit Solarwärmenutzung, fortschrittliche Regelungstechnik, Regenwassernutzung etc. und der Mieter wird gleichzeitig von hohen Nebenkosten entlastet.

Durch die zukunftsweisende Sanierung des Gebäudebestandes wird die Wohnqualität gesteigert. Besseres Raumklima lässt Bewohner gesünder wohnen und schafft Attraktivität der Wohnung mit nachhaltiger Vermietbarkeit. Durch weniger Wohnungswechsel werden Leerstände und Kosten vermindert und die Sanierungsintervalle verlängern sich beträchtlich. Die Sanierungsinvestition wird langlebiger und rentiert sich dadurch länger.

Weiterführendes Ziel ist die Schaffung neuer Tätigkeitsfelder und eine Stärkung des regionalen Handwerks.

4. Produktinnovationen

Die Produktinnovation im Bereich der Energieversorgung zielt auf die Frage nach der zukünftigen Kombination von leitungsgebundenen Energieformen (Strom, Erdgas, Nah- und Fernwärme) und anderen Energieversorgungssystemen (regenerative Energien, insbesondere Solartechnik, Biomasse, Wärmepumpen, Brennstoffzellen,...). Die bisherigen Formen der Energieversorgung sind spätestens nach Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (ab 01.02.02) zu hinterfragen. Ziel ist es, den optimalen Mix aus herkömmlicher und innovativer Technik für Siedlungskonzepte zu erarbeiten.

Auch im baulichen Bereich gibt es sinnvolle und langfristig notwendige Ansätze für Innovationen zur Ressourcenschonung. So ist durch die Passivhaustechnik vor allem im Bereich der kleinen und mittleren Unternehmen ein Boom von Innovationen ausgelöst worden.

Letztendlich sind auch Grundsätze für eine optimierte städtebaulichen Planung auszuloten. Hier ist ein wesentlicher „Einstiegspunkt“ für die konkrete Durchsetzung der Konzepte zu sehen.

Innovationsmöglichkeiten sind in vielen Bereichen gegeben. Ziel der Initiative ist es, diese Ansätze zu verknüpfen, bis zur konkreten Umsetzung von Musterbebauungen und bis hin zu breitenwirksamen Umsetzungsmodellen zu begleiten.

5. Innovation von Strukturen

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen im Bau- und Energiebereich, dass Technologien vorhanden sind, die eine Energieeinsparung bis zum Faktor 10 ermöglichen und in vielen Beispielen ihre Marktreife und bezogen auf die Lebensdauer auch ihre Wirtschaftlichkeit bewiesen haben. Das Passivhaus ist hierfür ein besonders gutes Beispiel, aber auch weitere Technologien, Innovationen und Produkte in Bau-, Gebäude-, Heizungs- und Solartechnik sind hier zu nennen. Trotzdem erfolgt eine Marktdurchdringung nur sehr langsam und zögerlich. Die Techniken sind vorhanden nur die Informationen darüber sind noch nicht bei allen Akteuren, bei den Planern, den Bauherren und den ausführenden Unternehmen angekommen. Oft liegen auch in Gesetzen, Normen und Richtlinien Hemmnisse für eine breitere Umsetzung innovativer Technologien. Viele Chancen für die Bauwirtschaft, für die Umwelt und für die Menschen werden so vergeben.

Hier ist der Punkt erreicht, an dem neben den klassischen Lenkungsmechanismen durch Förderprogramme und Modellprojekte auch eine Diskussion über die Möglichkeiten struktureller Innovationen beginnen muss:

- Wie können Abläufe und Entscheidungsstrukturen innerhalb der von jeher konservativ agierenden Bau- und Immobilienwirtschaft stimuliert werden, um die gesetzten Ziele zu erreichen?
- Welche strukturellen Hemmnisse müssen beseitigt werden?
- Wie können Berufsverbände und Kammern in einen Innovationsprozess so integriert werden, dass die Masse ihrer Mitglieder erreicht wird?

6. Vorgehen durch die Bayerische Initiative Bau & Energie

Erstellung von Strategien

In der ersten Phase der Tätigkeit der Bayerischen Initiative Bau & Energie sollen Strategien für Solarsiedlungen / energieeffizienten Neubau und für die energetische Altbausanierung entwickelt werden. Dabei werden Innovationen von Strukturen im Vordergrund stehen, um Hemmnisse zu beseitigen und um Partner für innovative Produkte zu gewinnen. Die Präsentation, Weiterentwicklung und Verbreitung von Produktinnovationen wird ebenfalls ein wichtiges Handlungsfeld sein.

Die Bayerische Initiative Bau und Energie will eine möglichst breite Umsetzung des energieeffizienten und solaren Bauens erreichen. Dieses Ziel sieht sie auch als Schwerpunkt der Strategieentwicklung, die in drei Stufen erfolgen soll:

Nach der Erstellung eines Vorkonzeptes wird ein Runder Tisch eingeladen, der alle möglichen institutionellen Partner der Initiative, u. a. Ministerien des Landes und Kammern einbindet. Auf der Grundlage der Beratungen des Runden Tisches wird ein Strategiekonzept erarbeitet, das Ziele, Handlungsempfehlungen und Aussagen zur Zusammenarbeit enthält. Das Strategiekonzept bildet den Kern einer anzustrebenden Vereinbarung zwischen den Partnern der Initiative.

Für das Team, welches das Strategiekonzept erarbeitet, ist eine Initialförderung notwendig.

Bildungsprogramm und Öffentlichkeitsarbeit

Auch wenn die genauen Strategien in der ersten Phase noch im Detail entwickelt werden müssen, so stehen zentrale Elemente der zweiten Phase bereits fest.

Es sollen in diese Phase gezielt Angebotsseite und Nachfrageseite informiert, gebildet und somit auch gestärkt werden.

Mit einem forcierten Bildungsprogramm zur Weiterbildung von Architekten, Ingenieuren, Bauunternehmen und Handwerkern wird gezielt wichtiges Know How für eine breite Umsetzung weitergegeben und so die Angebotsseite gestärkt.

Auch Kommunen und Verwaltungen werden mit einem Bildungs- und Informationsprogramm angesprochen.

Mit intensiver Öffentlichkeitsarbeit werden Nutzer, Hausbesitzer und Bauherren informiert und so die Nachfrage stimuliert.

Fortbildung und Öffentlichkeitsarbeit können durch die Bayerische Initiative Bau & Energie entwickelt, umgesetzt werden. Berufsverbände und Kammern werden hierbei eingebunden.

Wettbewerbs- und Förderkonzepte

In der dritten Phase sollen zusätzliche Impulse für die Umsetzung des energieeffizienten und solaren Bauens gegeben werden. Mögliche einsetzbare Instrumente sind Wettbewerbsmodelle und die Ausschreibung von Fördermitteln für Demonstrationsprojekte im Neubau und im Bestand.. Dabei sollen die Chancen durch die Koordination verschiedener bestehender Förderprogramme, z. B. Wohnungsbauförderung, Städtebauförderung, Strukturförderung und Technologieförderung genutzt werden.

Die Bayerische Initiative Bau & Energie kann hierfür Konzepte ausarbeiten und die Koordination bei der Umsetzung übernehmen. Zu untersuchen ist z. B. die Frage regionaler oder landesweiter Einzugsbereiche von Wettbewerbsmodellen und Fördermittel-Ausschreibungen.

7. Zeitplan

	2002				2003	2004	2005
	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal			
Erarbeiten von Strategien		X	X				
Erarbeiten von Förderkonzepten			X	X	X		
Erarbeiten von Wettbewerbskonzepten			X	X	X		
Bildungsprogramm 1. Stufe					X	X	
Erste regionale Modellprojekte					X		
Bildungsprogramm 2. Stufe						X	X
Umsetzung von Projekten						X	X ff.
Breitenwirksame Projekte						X	X ff.

8. Ansprechpartner

Vorläufiger Koordinator und Sprecher: Martin Sambale / eza!

Mitglieder der Initiative:

- Winfried Ciolek, Energieagentur Mittelfranken, Nürnberg, T: 0911-271-3250, winfried.ciolek@energieagentur-mittelfranken.de
- Manuela Endres, Energieagentur Oberfranken, Kulmbach, T: 09221-8239-15, endres@energieagentur-oberfranken.de
- Dr. Dagmar Everding, ECOFYS GmbH, Nürnberg, dT: 0911-9944679, d.everding@ecofys.de
- Werner Haase, Architektur-Büro Haase und Partner, Karlstadt, T: 09353-8019, Mail@HAASE-u-Partner.de
- Björn Hemman, solid gGmbH, Fürth, T: 0911-792035, hemman@solid.de
- Martin Reuter, Energieagentur Mittelfranken, Nürnberg, T: 0911-271-3250, martin.reuter@energieagentur-mittelfranken.de
- Martin Sambale, energie- und umweltzentrum allgäu (eza!), T: 0831-960286-10 sambale@eza-allgaeu.de
- Burkhard Schulze Darup, Architekt, Nürnberg, T: 0911-8325262, schulze-darup@t-online.de
- Michael Vogtmann, solid gGmbH, Fürth, T: 0911-792035, vogtmann@solid.de

¹ Schulze Darup: Strategiepapier zur Auftaktveranstaltung des Netzwerks Bauen und Energie im Rahmen DER ENERGIEREGION NÜRNBERG, Vortrag am 5.6.2000 im EWAG-Uhrenhaus

² vgl. auch: Wuppertal Institut: Gebäudesanierung – eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt. – Hamburg 1999

1. Problematik

Die Bereitstellung von Raumwärme führt zu einem Drittel der Kohlendioxid-Emissionen in der BRD. Im Gegensatz zu den anderen Emissionssektoren stehen kostengünstige technische Lösungskonzepte zur Verfügung, um zeitnah deutliche CO₂-Reduktionen durch die energetische Sanierung des Gebäudebestandes zu erhalten. Derzeit werden jährlich 2 % der Gebäude saniert, davon nur ein geringer Anteil energetisch optimal. Es sollen Strategien und Handlungsbausteine aufgestellt werden zur Erhöhung der jährlichen Sanierungsrate auf 3 bis 3,5 % bei nachhaltigen energetischen Standards bis hin zum Faktor 10.

Die übliche Sanierungspraxis ist durch Standards geprägt, die auf Grund fehlenden Wissens und der konservativ agierenden Bauwirtschaft weit unterhalb des technisch-wirtschaftlich sinnvollen Bereichs liegen. Dämm-Maßnahmen an der Gebäudehülle sind durch die gesetzlichen Anforderungen (WSVO 1995/EnEV 2002) nur in sehr geringem Umfang gefordert und werden in der Praxis nur bei einem Teil der Gebäude ausgeführt und im allgemeinen in unzureichender Form. Lüftungstechnik für den Wohngebäudebereich ist seit etwa drei Jahren in ausgereifter Form marktverfügbar und kann sowohl für Energieeinsparung als auch für hygienisch deutlich verbesserte Raumluft sorgen. Optimierte Haustechnik in Verbindung mit dem Einsatz regenerativer Energieformen könnte eine deutlich verbesserte Emissionsbilanz erzeugen. In der Tabelle wird die derzeit übliche Sanierungspraxis einem technisch sinnvollen Standard gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass Investitionsentscheidungen bei der Gebäudehülle 30 bis 40 Jahre Bestand haben müssen und bei der Haustechnik 15 bis 20 Jahre.

Tabelle 1: Stand der Technik im Vergleich: übliche Sanierungspraxis und Zielvariante

Bauteil	Stand der Technik		Wirtschaftlichkeit der Zielvariante €/pro eingesparter kWh
	derzeit üblicher Standard	Zielvariante: technisch sinnvoller Standard	
Wand	0-10 cm Dämmung	16-30 cm Dämmung	0,01-0,04 €
Dach	10-16 cm Dämmung	20-40 cm Dämmung	0,01-0,03 €
Grund/Kellerdecke	0-8 cm Dämmung	10-20 cm Dämmung	0,02-0,04 €
Fenster	U _w =1,4 W/(m ² K)	U_w=0,8 W/(m²K)	0,06-0,10 €
Wärmebrücken	Geringe Beachtung	Optimierung	0,01-0,10 €
Luft-/Winddichtheit	Geringe Beachtung	Blower-Door-Test n₅₀ < 1,5 (0,6) h⁻¹	0,01-0,05 €
Lüftung	Manuelle Lüftung	Abluftwärmerückgewinnung	0,05-0,12 €
Haustechnik (Anlagenwirkungsgrad)	1,3-1,6	1,1-1,2	0,01-0,04 €
Einsatz regenerativer Energieformen	Ausnahme	möglichst hoher Anteil	0,07-0,20 €
CO₂-Minderung	10-40%	85-95%	

Die Zielvariante führt zu einer CO₂-Reduktion um den Faktor 10. Die Komponenten sind im Neubau hinreichend erprobt. Bei Passivhaus-Projekten wurden auf großer Breite sowohl die berechneten Energiekennwerte durch Verbrauchsmessungen bestätigt als auch der Nachweis geführt, dass ein erhöhter Komfort und deutlich verbesserte Raumluftqualität gegenüber Standardgebäuden erzielt wird^{1/2/3/4}.

¹ Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – Projektpartner/Beteiligte: AnBUS, Fürth; Energieagentur Mittelfranken, Nürnberg; LGA, Nürnberg; Meyer & Schulze Darup, Nürnberg 1999-2002, gefördert durch die DBU, Osnabrück

2. Zielsetzung des Vorhabens

Es sollen Strategien zur Erhöhung der jährlichen Sanierungsrate von 2 % auf 3,0 bis 3,5 % des Gebäudebestandes bei einer möglichst hohen Energie- und Ressourceneffizienz erarbeitet werden. Besonders für Gebäude aus den fünfziger und sechziger Jahren, die derzeit vorrangig zur Sanierung anstehen, sollen Umsetzungsbausteine für eine Energieeffizienz mit dem Faktor 10 (Reduktion um 90 % auf 10 % des Ausgangswertes) realisiert werden. Diese Maßnahmen bieten hervorragende Potenziale für die Wirtschaft-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik. Untersuchungen belegen eine mögliche CO₂-Reduktion von 30 % (Bezug: Raumwärme im Wohngebäudebestand) innerhalb von 10 bis 15 Jahren bei gleichzeitiger Schaffung von 300-400.000 Arbeitsplätzen (BRD)^{5/6/7}.

Der innovative Ansatz des Vorhabens liegt in der Anwendung von Passivhaus-Komponenten bei der Sanierung. Diese haben sich in den letzten Jahren beim Neubau bewährt. Noch wichtiger ist jedoch die Schaffung von Projektentwicklungsideen mit finanzierungs- und förderungstechnischen Rahmenbedingungen. Diese sollen sowohl für die Wohnungswirtschaft als auch für privatwirtschaftliche Modelle von Einzelbauherren bis hin zu Immobilienfonds erarbeitet werden.

Der ökologische Nutzen liegt in der ressourcenschonenden Sanierungskonzeption: Gebäudesubstanz wird erhalten und aufgewertet. Die CO₂-Reduktion liegt bei den Modellprojekten über 90 %.

Gesamtwirtschaftlich ergibt sich bei einer Sanierungsrate von 3,5 % (bisher 2 %) des gesamten Altbaubestandes und einer durchschnittlichen CO₂-Einsparung von 75 % (bisher überschlägig ca. 25 %) ergibt sich eine jährliche Reduktion von 2,6 % der CO₂-Emissionen (bisher ca. 0,5 %). In 10 Jahren entspricht dies 26 % Einsparung. Die derzeitigen Rahmenbedingungen sind allerdings bei weitem nicht ausreichend, den hierzu erforderlichen Anschlag zu erreichen. Die erforderlichen Strategien und Finanzierungsmodelle mit notwendigen Förderansätzen sollen im Grundlagenkonzept dargestellt werden und vor allem in der Modellphase mit den Partnern überprüft werden.

² Schulze Darup, B.: Ökologische Bewertung von Passivhäusern. – In: Tagungsreader 4. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, Darmstadt 2000

³ Schulze Darup, B.: Neues Architekturverständnis für die Energieeffizienz. – In: Tagungsreader 5. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, Darmstadt 2001

⁴ Schulze Darup, B.: Gleicher Gebäudetyp – variierender Energiestandard – 16 Gebäude zwischen 15 und 45 kWh/(m²a). – In: Tagungsreader 11. Symposium Thermische Solarenergie, Kloster Banz, Hrsg. OTTI-Kolleg Regensburg 2001

⁵ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: Gebäudesanierung – eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt. – Hrsg. IG Bauen-Agrar-Umwelt, Frankfurt/Main und Greenpeace, Hamburg 1999

⁶ Schulze Darup: Altbausanierung im Raum Nürnberg. – In: Schriften des Forschungszentrums Jülich, Band 21, Jülich 1999

⁷ Schulze Darup, B.: Regionale Strategien für die energetische Wohngebäudesanierung. – Vortrag zur Auftaktveranstaltung NETZWERK BAU UND ENERGIE der Region Nürnberg 2000 (Anlage)

3. Lösungskonzept

Phase 1: Formierung der Arbeitsgruppe und Konzeptabstimmung

In der ersten Projektphase werden die Strategieansätze des vorliegenden Konzepts auf einen umsetzungsfähigen Stand gebracht. Ein wesentlicher Arbeitsschritt ist die Formierung der Projektpartner für Phase 2 bis 4. Die Abstimmung der gemeinsamen organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Vorgehensweise sowie des endgültigen Finanzierungskonzepts wird nach den Erfahrungen der zurückliegenden Recherchephase einen nicht zu unterschätzenden Aufwand darstellen. Folgende Inhalte müssen zu einer konsensfähigen Strategie gebracht werden:

Technische Maßnahmen

Anpassen von Passivhaus-Komponenten an die energetische Sanierung durch Marktrecherche und Suche nach Industriepartnern für optimierte kostengünstige Produkte, die auf die Sanierung zugeschnitten sind

- Gebäudehülle: Wand, Dach, Grund $U = 0,15 - 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- transparente Bauteile: Fenster $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $g = 50 \dots 60 \%$
- angepasste Lösungen und Qualitätssicherungsmaßnahmen für Luftdichtheit und Wärmebrückenreduktion
- Lüftungstechnik: semizentrale und dezentrale Geräte mit einfachem Handling und einem Wärmebereitstellungsgrad $\geq 75 \%$ bei einer Stromeffizienz $\text{pel} < 0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$
- Diagnoseverfahren für bestehende Heizsysteme mit dem Ziel der Weiterverwendung der meisten Bestandteile bei einem Bruchteil der Heizleistung. Alternativ: Konzeption von sehr kostengünstigen neuen Heizsystemen, ggf. unter Verwendung der Lüftungsanlage.
- kostengünstige Diagnoseverfahren für die Qualitätssicherung und einfache Auswertung des Energieverbrauchs mit Kompatibilität zum späteren Abrechnungsverfahren

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

- Kostenermittlung und Setzen von Zielgrößen für die Sanierungspositionen
- Entwickeln von Vergabeverfahren und Kooperationsmodellen, z. B. auf der Grundlage von GMP-Verträgen (GMP = Garantierter Maximalpreis)
- Optimierung der Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Einbeziehung bestehender Fördermöglichkeiten
- Ermitteln von Zielgrößen für eine erforderliche Restförderung unter dem Aspekt einer effizienten Breitenförderung.

Projektentwicklung

- Festlegen von Objekten für Phase 2
- Vorplanung
- Förderanträge
- Abstimmen der Projektpartner
- Vorbereitung für Mieterbeteiligung und soziale Baubetreuung
- Festlegen der Zuständigkeiten für Planung und Durchführung sowie wissenschaftlichen Betreuung der Phasen 2-4
- Entwickeln von Projektentwicklungskonzepten für die Phasen 3 und 4

Phase 2: Pilotphase Bauen

Durchführung von 4 bis 8 Bauvorhaben mit insgesamt ca. 8.000 m² Wohnfläche mit einer heizenergetischen Effizienz mit dem Faktor 10; Kooperation mit Partnern aus der Wohnungswirtschaft in mehreren Bundesländern; Einbindung von Industriepartnern; gemeinsame Optimierung von Planung, Ausschreibungsverfahren, Detailausbildung und Bauablauf; Planung der sozialen Baubetreuung

Phase 3: Konzeption der Bausteine für die Breitenwirkung

Auswertung der Erfahrungen aus der Bauphase und Vorbereiten der Phase 4

Optimieren von Kosten und Finanzierungskonzepten

Erarbeiten von standardisierten Planungstools für

- Architektenleistungen (integriertes Planungsinstrument von der Bestandsaufnahme bis zur Ausschreibung mit Integration der energetischen Berechnung)
- Finanzierung und Fördermanagement (angekoppelt an die Architektur-Software)
- Darstellung und Diskussion optimierter Fördermodelle.

Phase 4: Breitenwirkung

Informationsangebote und Beratungsangebote

Durchführen von Akquisitionsverfahren in der Bauwirtschaft

Projektentwicklung gemeinsam mit Sanierungsinteressenten (Zielgröße: Durchführung von Initiativberatungen für 200 Projekte)

Förderberatung

Baubegleitung (Zielgröße: technische und wirtschaftliche Begleitung von 50 Projekten)
wissenschaftliche Begleitung.

4. Finanzierungskonzept

Das Gesamtvolumen des Vorhabens beträgt 6.92 Mio. € wovon 5.20 Mio. € als Eigenanteil durch die Projektpartner eingebracht werden. Der größte Teil der eigenen Mittel fließt in die Gebäudesanierung. Besonders für diesen Kostenbereich werden weitere Förderungsmittel aus anderen Quellen benötigt. Die beantragte Fördersumme durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt beträgt 1.722 Mio. €

	Stunden	Kosten	Eigenanteil	Förderung DBU
	h	€	€	€
Phase 1				
Grundlagen / Partnerformierung	100	6.000	3.000	3.000
Technisches Grundlagenkonzept	200	12.000	6.000	6.000
Ökonomisches Grundlagenkonzept	200	12.000	6.000	6.000
Projektentwicklung	200	12.000	6.000	6.000
Koordination	200	12.000	6.000	6.000
Phase 2				
Baukosten (Inst./Mod. ohne energetische Kosten) 350 €/m ² bei 8.000 m ² Fläche		2.800.000	2.800.000	0
Energiebedingt: 250 €/m ²		2.000.000	1.000.000	1.000.000
Planungskosten (10%)		480.000	480.000	0
Energiebedingte Planungskosten		240.000	120.000	120.000
Begleitforschung/Messprogr. Energie		100.000	50.000	50.000
Begleitforschung/Messprogr. Raumluftqualität		200.000	100.000	100.000
Phase 3				
Auswertung, Konzeption, Planungs-Software etc.	1.000	60.000	30.000	30.000
Phase 4				
Initiativ-Beratung 200 Proj.	á 20 h	240.000	120.000	120.000
Projektberatung 50 Proj.	á 200 h	600.000	400.000	200.000
Begleitung/Dokumentation 50 Projekte	á 50 h	150.000	75.000	75.000
Summe		6.924.000	5.202.000	1.722.000

5. Mehrfachförderungen

Es ist ein erklärtes Ziel des Vorhabens, die gängigen Fördermittel aus der Baupraxis auf die Phase 2 und 4 anzuwenden. Dies betrifft verfügbare Programme der KfW aber auch Landesprogramme, die vor allem für Baumaßnahmen verwendet werden.

Zudem sollte gemeinsam mit den Projektpartnern geprüft werden, ob für weitergehende wissenschaftliche Begleitung oder Grundlagenforschung die Beantragung weiterer Fördermittel aus Landes-, Bundes- oder EU-Mitteln sinnvoll ist.

[ZURÜCK ZUM HAUPTTEXT](#)