

Technologie Portrait  
Energieeffiziente Gebäude

Energy Efficient Buildings  
a Technology Portrait

A. Indinger, W. Leitzinger, J. Fechner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**35/2010**

## **Impressum:**

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

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

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

Technologie Portrait  
Energieeffiziente Gebäude

Energy Efficient Buildings  
a Technology Portrait

Andreas Indinger  
E.V.A. - Energieverwertungsagentur

Wolfgang Leitzinger  
arsenal research

Johannes Fechner  
17&4 GmbH

Englische Version übersetzt von  
Sabine Surtmann, Lisa Calnan

Wien, Juli 2002

Dieses Projekt wurde für Energytech.at unter Koordination der Energieverwertungsagentur (E.V.A) im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie durchgeführt.



## Vorbemerkung

Das vorliegende Technologieportrait wurde im Rahmen von [www.energytech.at](http://www.energytech.at) – eine Internetplattform für innovative Energietechnologien in den Bereichen Erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz publiziert.

Die Technologieportraits wurden in den Jahren 2000 bis 2002 für die Bereiche feste Biomasse, Biogas, Photovoltaik, Solarthermie, Kraft-Wärme-Kopplung und Energieeffiziente Gebäude erstellt. Der vorliegende Bericht umfasst eines von sechs Technologieportraits in deutscher bzw. englischer Sprache. Die Technologieportraits beinhalten u.a. allgemeine Grundlagen, eine Beschreibung der unterschiedlichen Technologien, Komponenten und Systeme, Planungsgrundlagen, eine Darstellung des Status der Forschungs- und Technologieentwicklung und der Marktentwicklungen.

Um die Technologieportraits weiterhin einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden sie in die Publikationsreihe aufgenommen und auf der Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) veröffentlicht.

Dipl. Ing. Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Das Gebäude – ein komplexes System</b> .....	<b>7</b>
2.1	Prinzipiell gilt für eine energiebewusste Herangehensweise .....	8
<b>3</b>	<b>Planung</b> .....	<b>9</b>
3.1	Standortwahl, Raumplanung .....	9
3.2	Bebauungsart und Gebäudeform .....	10
3.3	Gewinnoptimierung – Das Gebäude als energetisches System.....	11
3.3.1	Energiekennzahlen.....	11
3.3.2	Behaglichkeit.....	13
3.3.3	Bilanzierung und Simulation .....	13
3.4	Nutzerverhalten .....	14
<b>4</b>	<b>Das Gebäude – die Hülle</b> .....	<b>15</b>
4.1	Baumaterialien .....	15
4.1.1	Graue Energie .....	16
4.2	Fenster/ Tageslichtnutzung .....	17
4.2.1	Tageslichtnutzung .....	17
4.3	Wärmebrücken und Dichtheit der Hülle.....	18
4.4	Qualitätskontrolle.....	18
<b>5</b>	<b>Heizen-Lüften-Klimatisieren mit einem angepassten Energieversorgungssystem</b> <b>20</b>	
5.1	Heizen-Lüften-Klimatisieren (HLK) .....	20
5.2	Das angepasste Energieversorgungssystem .....	21
5.2.1	Thermische Solarenergie & Photovoltaik .....	21
5.2.2	Biomasse .....	22
5.2.3	Wärmepumpe.....	23
5.2.4	Konventionelle Energieträger .....	23
5.2.5	Wärmespeicher .....	23
<b>6</b>	<b>Energierrelevante Gebäudeausstattung</b> .....	<b>24</b>
6.1	Spezialthema: Effiziente Beleuchtung mit künstlichem Licht.....	24
6.1.1	Lichttechnische Größen .....	24
<b>Tabelle 4: Einteilung der Lichtfarbe in drei Gruppen</b> .....		<b>25</b>
6.1.2	Anforderungen an die Beleuchtung .....	25
6.1.3	Lichtquellen .....	26
6.1.4	Vorschaltgeräte .....	29
6.1.5	Das EU-Label für Lampen.....	30
<b>7</b>	<b>Das Passivhaus – ein Konzept für nachhaltiges Bauen</b> .....	<b>32</b>
7.1	Die drei Säulen des Passivhauskonzeptes .....	32
<b>8</b>	<b>Energieeinsparpotentiale von Altbauten</b> .....	<b>35</b>
8.1	Normen zur Ermittlung energetischer Kennzahlen .....	36
8.2	Energieausweis und Energiekennzahlen .....	37
8.2.1	Heizwärmebedarf HWB und LEK-Wert .....	38
8.2.2	LEKequ-Wert.....	40

8.2.3 Heizenergiebedarf HEB.....	40
<b>9 Grundlagen der thermischen Sanierung .....</b>	<b>42</b>
9.1 Wärmedämmfähigkeit .....	42
9.2 Wärmespeicherung und sommerlicher Überwärmungsschutz .....	43
9.2.1 Dynamische Simulation.....	44
9.2.2 Luftdichte Bauweise .....	44
9.2.3 Wärmeverlust durch eine Fuge .....	45
9.3 Dampfdiffusion .....	45
9.3.1 Problemfall Vollsparrendämmung .....	46
<b>10 Diagnose – Planung – Qualitätssicherung .....</b>	<b>48</b>
10.1 Grobdiagnose EPIQR.....	48
10.2 Thermografie .....	49
10.3 Blower-Door-Test .....	50
10.4 Energieberatung.....	53
10.5 Integrierte Planung .....	53
10.5.1 Optimierungstool Eco-Building .....	54
10.5.2 Generalunternehmer oder Einzelgewerkvergabe .....	54
10.6 Contracting.....	54
<b>11 Ausgewählte Maßnahmen der Gebäudesanierung .....</b>	<b>56</b>
11.1 Dämmsysteme mit höheren Dämmstoffstärken.....	56
11.2 Sanierung von Wärmebrücken .....	57
11.3 Fenster/Türen.....	58
11.3.1 Verglasungsarten und Temperaturen an der Scheibeninnenfläche .....	58
11.4 Solare Sanierungen.....	60
11.4.1 Glasanbauten und Wintergärten .....	61
11.5 Raumluftechnische Anlagen.....	61
11.6 Sanierung des Heizsystems .....	62
11.6.1 Wärmeerzeugung.....	63
11.6.2 Aktive Solarnutzung .....	64
11.7 Sanierung des Kühlsystems .....	65
11.8 Transparente Wärmedämmung (TWD) .....	65
11.8.1 Funktionsprinzip .....	65
11.8.2 Die gängigen Fassadensysteme .....	67
11.9 Beleuchtung .....	67
<b>12 Stand der Forschung.....</b>	<b>70</b>
12.1.1 Bauökologisch empfehlenswerte Lösungen für den Innenausbau .....	72
<b>13 Rahmenbedingungen und Instrumente.....</b>	<b>73</b>
<b>14 Forschung und technologische Entwicklung .....</b>	<b>74</b>
14.1 Wohnbauforschung .....	74
14.2 „Haus der Zukunft“ .....	74
14.3 Delphi Report Austria .....	75
14.4 ATLAS – Strategien zur Europäischen Forschungs- und Technologieentwicklung .....	75
<b>15 Ausbildung und Weiterbildung .....</b>	<b>76</b>



## 1 Einleitung

Ungefähr 40% des Endenergieeinsatzes wird in Österreich für Bauen und Wohnen (also zur Bereitstellung temperierter und beleuchteter Räume sowie der entsprechenden Warmwasserversorgung) aufgewendet. Aufgrund der bewegten und eingesetzten Massen gehört der Gebäudebereich zu den ressourcenintensivsten und macht einen erheblichen Teil der klimarelevanten anthropogenen Emissionen aus.

Der bewusste Umgang mit Energie ist aber nur ein Aspekt einer gelungenen Realisierung eines Gebäudes. Er hängt mit zahlreichen anderen Anforderungen (wie Lebensgefühl, Gesundheit, soziale Aspekte, Leistbarkeit, Werterhaltung,...) zusammen und ist daher nicht getrennt davon zu betrachten. Aufgrund der spezifischen Anforderungen müssen gestalterisch sowie formal Lösungen angeboten und realisiert werden.

„Gute Architektur“ hat viele Ansprüche zu erfüllen. Ein verantwortungsvoller Umgang mit Energie gehört zweifellos dazu. Andererseits verstören manche gebaute Beispiele, die eher in den Bereich „Energemaschinen“ als in den Bereich Gebäude einzureihen sind und bei denen oft grundlegende Forderungen an einen guten Entwurf dem Ziel des Energiesparens geopfert werden. Form, Funktion, Konstruktion – mit diesen drei Kriterien wird, nahezu klassisch, die architektonische Güte von Gebäuden beurteilt. Das soll so bleiben. Wir brauchen kein viertes Kriterium „Energieverbrauch“ zu kreieren. Denn der Energieverbrauch ist im Kriterium der Funktion voll und ganz enthalten. Ein Gebäude, das heute, vor dem Hintergrund der geschilderten und bekannten globalen Probleme, die Frage des Energieverbrauchs ignoriert, hat unleugbare funktionale Mängel (DI Peter Holzer, Zentrum für Bauen & Umwelt, Donau-Universität Krems).

Volkswirtschaftlich betrachtet stellt der Gebäudebereich einen umsatzstarken Markt dar und schafft viele Arbeitsplätze:

- Im Jahr 1999 wurden in Österreich 57.500 Wohneinheiten fertig gestellt, was einen Vermögenswert von ca. 9,81 Milliarden Euro darstellt, der damit neu geschaffen wurde.
- 1997 wurden in Österreich an Wohnbaukosten (ohne Grundkosten) 5,52 Milliarden Euro ausgegeben.
- Die Bauwirtschaft (Hoch- und Tiefbau) ist mit 8,8 Millionen Beschäftigten (8% der Erwerbstätigen) der größte Arbeitgeber in der EU, weitere 26 Millionen Arbeitsplätze hängen mit der Bauwirtschaft zusammen.
- Die österreichische Bauwirtschaft ist für 43% des Materialeinsatzes und für 47% der Umwandlung von Freiflächen bezogen auf die Gesamtwirtschaft verantwortlich.

*Quellen: Österreichisches Wohnhandbuch 2000, K. Lugger; Indicators for Sustainable Land Use, H. Haberl et.al., Wien 1999.*

Für den Einzelnen stellt die Wohnraumbeschaffung im Normalfall die größte zu tätige finanzielle Anschaffung/Belastung dar. Leistbarkeit, günstige Betriebskosten und Werterhalt werden dadurch wichtige Themen.

Dieses Technologieporträt beschreibt technologiebezogene Optionen für einen sinnvollen Umgang mit Energie. Es behandelt sowohl wichtige Bereiche des Neubaus mit seinen spezifischen Anforderungen als auch die Sanierung von bestehenden Gebäuden. Zusätz-

liche gebäudebezogene Technologiebereiche auf energytech.at sind die thermische und elektrische Nutzung der Sonnenenergie und Holzheizungen. Einen weiteren Schwerpunkt dieses Technologieprofils stellt die effiziente Beleuchtung mit künstlichem Licht dar.

#### **Weitere Informationen, ergänzende Literatur und Quellen**

- energytech.at Technologie Portrait Thermische Solarenergie
- energytech.at Technologie Portrait Photovoltaik
- energytech.at Technologie Portrait Feste Biomasse
- energytech.at Publikationen Energieeffiziente Gebäude
- Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden (für Ingenieure und Architekten); Marko, Braun; Springer-Verlag 1997
- „Haus der Zukunft“ Forschungs- und Technologieprogramm des BMVIT im Bereich nachhaltiges Bauen und Wohnen

## 2 Das Gebäude – ein komplexes System

Gebäude werden heute im Neubau durch den Einsatz neuer Materialien, Technologien und Arbeitsweisen vielfältiger und komplexer. Innerhalb eines Jahrhunderts hat sich die Anzahl der im Bauwesen eingesetzten chemischen Substanzen beispielsweise vertausendfacht, die der Baumaterialien ver Hundertfacht. Die Architektur ist um ständige Innovationen in der Gestaltung der Gebäude bemüht.



*Abb. 1: „Solarsiedlung Plabutsch“, Wohnhausanlage der „Neuen Heimat“ (Graz, Steiermark)  
(Quelle: energytech.at Bilder)*

Es treten zahlreiche Herausforderungen im Zusammenspiel dieser Vielfalt auf. Ein grundsätzlicher gesellschaftlicher Auftrag ist jeder Architekturepoche inhärent, im neuen Jahrtausend ist er um die Themenstellung der nachhaltigen Entwicklung – d.h. um einen umfassenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Ansatz – bereichert. Systemische Lösungen werden gesucht und führen oftmals bei der Umsetzung konkreter Bauvorhaben zu Zielkonflikten. Gerade die Themenstellung der Nachhaltigkeit fordert einen ganzheitlichen, systemischen Ansatz. Der gesamte Neubaubereich ist auch von einem Wandel des Nutzerverhaltens in der Büro- und Wohnimmobilie gekennzeichnet, was bei einem systemischen Ansatz eine vollständige Integration der sich wandelnden Nutzerbedürfnisse erfordert.

Grundvoraussetzung für nachhaltiges Bauen ist eine lange Nutzungsdauer des Gebäudes und seiner Komponenten. Ein Passivhaus mit geringem Betriebsenergiebedarf und geringem Betriebs-Materialaufwand (z.B. für Wartung) macht eine möglichst lange Nutzungsdauer sinnvoll; bei manchen Altbauten mit schlechtem energetischem Standard ist hingegen häufig eine rasche Erneuerung sinnvoll. Ein nachhaltig genutztes Gebäude sollte einen Gesamtnutzungszeitraum von mindestens einem Jahrhundert haben; das korreliert mit den durchschnittlichen Abrissraten von etwa 1%/a.

Erkennbar ist, dass der Herstellungsenergieaufwand für Altbauten bei weitem übertroffen wird von den Aufwendungen während des Betriebes des Hauses. Erst beim solaren Nied-

rigenergiehaus und noch deutlicher beim Passivhaus liegt der Herstellungsaufwand in der gleichen Größenordnung wie der (nun extrem geringe) Primärenergiebedarf für die Heizung. Der Mehraufwand für Herstellung und die Erneuerung wird durch die Einsparungen während der Nutzungsdauer mehr als aufgehoben.

## **2.1 Prinzipiell gilt für eine energiebewusste Herangehensweise**

Ausgehend von den Anforderungen des Nutzers und den Gegebenheiten des Standortes werden bei der Planung die Gebäudeform, die Art der Hülle und ein entsprechendes System zur Heizung-Lüftung-Klimatisierung (HLK) gewählt. Die getroffenen Entscheidungen müssen mit Hilfe statischer oder dynamischer Methoden überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. (Weitere Informationen zur Planungsphase siehe Kapitel „Planung“).

### 3 Planung

Hochwertige Lösungen verlangen von Beginn an das Zusammenspiel von Nutzern (Bauherrn), Planern (Architekten und Fachplaner) und Haustechnik.



*Abb. 2: Lageplan Asperrn an der Sonne, Müllnermaisgasse/Wulzendorferstraße (1220 Wien)  
(Quelle & Copyright: Arch. G. W. Reinberg )*

#### 3.1 Standortwahl, Raumplanung

Wichtige Parameter im Rahmen der Standortwahl und Raumplanung für den späteren Energieverbrauch sind:

- Solarstrahlung: Intensität, Dauer und Richtung der direkten Sonneneinstrahlung sind dominierende Faktoren, wenn hoher Komfort bei niedrigen Energiekosten und geringer Umweltbelastung angestrebt wird. (Weitere Informationen siehe energytech.at Technologie Portrait Thermische Solarenergie : Grundlagen der Solarenergienutzung ),
- Lufttemperatur,
- Windstärke und -richtung,
- Weitere wichtige Faktoren sind die Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz sowie kurze Wege zu Arbeit und Freizeit.

### 3.2 Bebauungsart und Gebäudeform

Ein energetisch „ungünstiger“ Bebauungsplan oder Gebäudeform führen während der Nutzung zu erhöhtem Energieverbrauch. Diese sind durch zusätzliche Maßnahmen kaum oder nur mit hohem Aufwand wieder wettzumachen.

Das Verhältnis von Außenfläche zu umschlossenem Volumen ist ein Maß für die „Kompaktheit“ und energetisch höchst relevant. Beim Einfamilienhaus ist dies am ungünstigsten (ca. 0,7), bei mehrgeschossiger Blockrandbebauung (direkt aneinandergrenzende Bauten, typisch für Innenstädte) beträgt es ca. 0,25.



**Abb. 3: Mehrfamilienhäuser Kapellenweg (Feldkirch, Vorarlberg)**

Die strenge Ausrichtung des Gebäudes nach Süden ist kein „energetisches“ Muss, vor allem wenn dies im Widerspruch zur Umgebung steht. Es gibt gebaute Beispiele, die zeigen, dass auch abweichend von einer reinen Südorientierung energetisch hochwertige Lösungen möglich sind (Weitere Informationen „Auszeichnung beachtenswerter Pionierleistungen im Wohn-, Büro- und sonstigen Nutzbau in Österreich“ im Rahmen von Haus der Zukunft).

Energetisch hoch relevant ist eine „thermische Zonierung“ und Nutzung von Pufferräumen. Darunter versteht man eine sinnvolle Anordnung unterschiedlich temperierter Räume, damit möglichst wenig innere Trennflächen mit hohen Temperaturdifferenzen auftreten, um so Wärmeströme innerhalb eines Gebäudes gering zu halten. Unbeheizte Pufferräume, wie z.B. Treppenhäuser und Abstellräume, können zusätzlichen Wärmeschutz nach Norden oder an verschattete Außenwände bieten, verglaste Pufferräume und Wintergärten werden hingegen zur Sonne orientiert und bieten zusätzliche Wärmegewinne.

### 3.3 Gewinnoptimierung – Das Gebäude als energetisches System

Energetische Systembetrachtung eines Gebäudes:

Systeminternen (elektrische Geräte, Bewohner) und solaren Gewinnen stehen Wärmeverluste (Gebäudehülle, Lüftung) gegenüber. Die Differenz ist über das Heizsystem zuzuführen (bzw. über eine Klimaanlage abzuführen – was in unseren Breiten insbesondere bei Bürobauten in den Sommermonaten von Bedeutung ist). Um eine hohe energetische Qualität zu erreichen, muss eine Maximierung der Gewinne und Minimierung der Verluste durchgeführt werden, wobei gewisse Anforderungen an die thermische Behaglichkeit zu berücksichtigen sind.

#### 3.3.1 Energiekennzahlen

Mit der Ermittlung von Energiekennzahlen wird die energetische Qualität von Bauten quantifiziert. Dabei kommen nicht nur österreichische Normen zur Anwendung, sondern es werden auch internationale Normen (EN oder ISO) verwendet, fallweise auch Normen aus der Schweiz (SIA 380-1) und Deutschland (Wärmeschutzverordnung bzw. Energie-sparverordnung). Der Aufwand zur Bestimmung der Energiekennzahlen steigt, wenn ein genaueres Berechnungsergebnis erforderlich ist.

*Table 1: Übersicht über Normen zur Ermittlung energetischer Kennzahlen  
(Quelle: Auszug aus Faktor 4 im NÖ Wohnbau, Faktor 4 – Team Maydl + Wallner)*

Norm		ÖNORM B 8110-1		ÖNORM B 8135	ÖNORM EN 832	ISO 9164
Ergebnis der Berechnung		LEK- Wert	LEKeq	Spez. Heizlast	Jahres- Heiz- wärme- bedarf	Jahres- Heiz- wärme- bedarf
Einheit		-	-	W/m <sup>2</sup> .K	J bzw. kWh	J bzw. kWh
Berücksichtigung von	Lüftungswärmeverlust	nein	ja	ja	ja	ja
	interne Gewinne	nein	ja	nein	ja	ja
	solare Gewinne	nein	ja	nein	ja	ja
	Wärmebrücken	ja	ja	nein	ja	ja
Bewertung	für Handrechnung ge- eignet	+	--	++	--	-
	Verständlichkeit	o	--	++	-	++
	Genauigkeit der Ergeb- nisse	--	++	--	++	+
	Rechenaufwand	hoch	sehr hoch	gering	sehr hoch	sehr hoch
Legende: ++ trifft sehr zu; + trifft zu; o neutral; - trifft kaum zu; -- trifft nicht zu						

Tabelle 2: Typische Energiekennzahlen

(Quelle: ECO-Building Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment, Mag. Susanne Geissler, Ökologie-Institut, Dr. Manfred Bruck)

Einheit	Passivhaus	Niedrigenergiehaus	Bestand < 1980
Heizwärmebedarf kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 15	=< 40	150-250
Endenergiebedarf kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 42	=< 70	
Primärenergiebed. kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 120	=< 160	

Der **Heizwärmebedarf (HWB)** ist jene Wärmemenge, die den Innenräumen innerhalb der Heizperiode zugeführt werden muss, um die gewünschten Temperaturen aufrecht zu erhalten. Der HWB berücksichtigt die Eigenschaft der Gebäudehülle, die spezifische Gebäudenutzung (Wohnhaus, Schule, ...) und die klimatischen Standortgegebenheiten.

Zu den Eigenschaften der Gebäudehülle gehören in diesem Zusammenhang nicht nur der Wärmeschutz der Außenbauteile und die Kompaktheit des Gebäudes sondern insbesondere die Orientierung der Fenster (-gläser) und die allfällige Verschattung dieser transparenten Flächen sowie die Luftdichtheit der Gebäudehülle. Der Heizwärmebedarf wird gemäß ON B 8110-1 und ON EN 832 (Einflussgrößen siehe Abbildung 4) ermittelt.

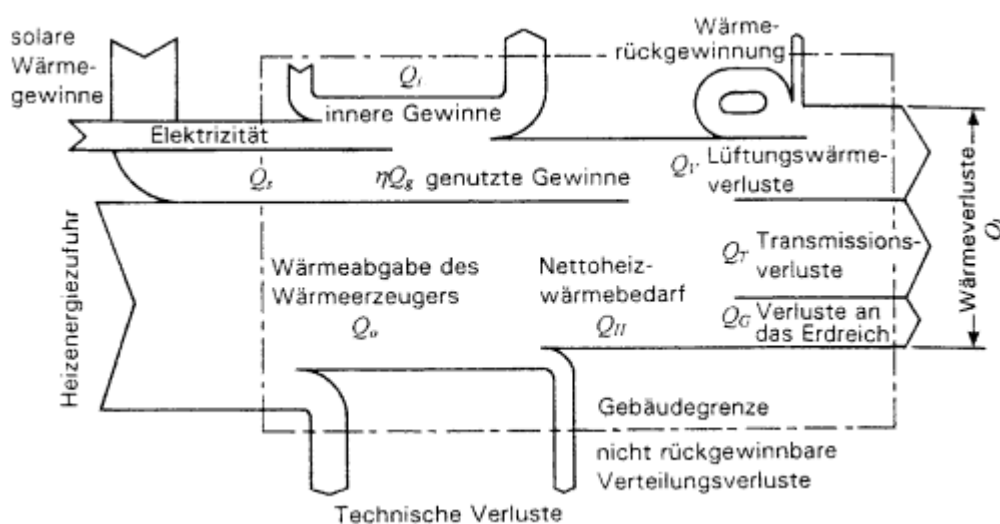


Abb. 4: Optimierung der Wärmebilanz entsprechend EN 832, Darst. aus Recknagl – Sprenger

Der **LEK-Wert** resultiert aus dem mittleren Wärmeschutz der Gebäudehülle: Der LEK-Wert eines Gebäudes mit der Kompaktheit 1 ist der 100-fache Wert des mittleren U-Wertes (früher k-Wert) unter zusätzlicher Berücksichtigung der Kompaktheit (siehe Kapitel Bauungsart und Gebäudeform) des Gebäudes.

Der **Heizenergiebedarf HEB** ist aus dem Heizwärmebedarf HWB, der eine Baukenngroße ist, und dem Jahresnutzungsgrad des Heizsystems zu ermitteln. Der Jahresnutzungs-



grad beschreibt das Verhältnis von nutzbarer Wärmeenergie zur eingesetzten Endenergie über ein Jahr und ist gemäß ON H 5056 aus den Einflüssen des Wärmebereitstellungssystems (z.B. dem Heizkessel), des Wärmeverteilsystems und des Regelmesssystems zu ermitteln.

### Weitere Informationen

Eine detaillierte Darstellung von Energiekennzahlen findet sich im Kapitel Energiesparpotential von Altbauten.

### 3.3.2 Behaglichkeit

Maßgeblich für die empfundene Behaglichkeit in Gebäuden, die von Person zu Person verschieden ist, sind neben Bekleidung und Art der Tätigkeit folgende energierelevante Aspekte:

- Empfindungstemperatur: Diese setzt sich aus Oberflächen- und Raumlufttemperatur zusammen. Die Differenz der flächengemittelten Oberflächentemperatur (wird als Strahlungsanteil wahrgenommen) und der Lufttemperatur sollte dabei nicht mehr als 4°C betragen. Für die Lufttemperatur gilt dabei ungefähr: Winter 18-22°C, Sommer 22-25° (in Abhängigkeit von der Tätigkeit).
- Luftfeuchtigkeit („Schwüle“): relative Luftfeuchte 35-70%, absolute Feuchte kleiner 12 g H<sub>2</sub>O/kg Luft
- Luftgeschwindigkeit (Zugluft): <0,15 m/s
- Luftwechsel: hygienische Erfordernisse in einem Wohngebäude ergeben Luftwechselraten von 0,4, bis 0,7 pro Stunde
- Sommertauglichkeit: Anzahl der Stunden pro Jahr mit einer empfundenen Innentemperatur größer 26°C; dieser Wert sollte möglichst klein sein

Eine entsprechende „thermische Qualität“, d.h. ein behaglicher thermischer Zustand ist gegeben, wenn alle Werte innerhalb der angegebenen Komfortbereiche bleiben.

### 3.3.3 Bilanzierung und Simulation

Das Zusammenspiel von solarer Einstrahlung, Verschattung, Heizsystem, Lüftung (inkl. Wärmerückgewinnung), Kühlung, Bewohner, Geräteausstattung, Dämmung und Speichervermögen von Bauteilen kann aufgrund der komplexen physikalischen Zusammenhänge mit einer einfachen Energiebilanzierung (Handrechenverfahren, Tabellen u.a.) nur geschätzt werden. Je größer der Anteil der passiven Nutzung der Solarenergie ist, desto wichtiger wird aber eine dynamische Simulation während der Planungsphase. Nur so können im Planungsstadium der Wohnkomfort (Behaglichkeit, Überhitzungsproblematik) und zugleich eine optimale wirtschaftliche Auslegung sichergestellt werden. Im Vergleich zu statischen Methoden berücksichtigen dynamische Verfahren Speichereffekte der Gebäudemassen und lassen Aussagen über Temperaturprofile zu. Die Anwendung und Interpretation solcher Verfahren erfordert aber z. T. beträchtliche Einarbeitungszeit und Know-how, hier können Fachplanern in Anspruch genommen werden.

### Weitere Informationen

- Eine gute Übersicht über die am Markt verfügbaren Berechnungsprogramme zur energetischen Simulation von Gebäuden liefert das im Rahmen eines Forschungsprojektes der Internationale Energieagentur erstellte Themenheft „EDV-unterstützte Gebäudesimulation,,“.
- Das Kapitel „Grundlagen der thermischen Sanierung,,“ bietet weitere Informationen über dynamische Simulation.
- Das „Tools Directory“ des Office of Building Technology, State and Community Program (BTS) im US-amerikanischen Energieministerium DOE bietet einen Überblick über mehr als 200 Softwarepakete für Gebäude.

### 3.4 Nutzerverhalten

Es kommt wohl auf die Betrachtungsweise an, ob man von „inadequatem Nutzerverhalten“ oder von einer „nicht nutzergerechten Planung“ spricht. Tatsache ist jedoch, dass der Einfluss der Nutzer auf den tatsächlichen Energieverbrauch sehr hoch ist. Messungen haben gezeigt, dass sich bei identisch ausgestatteten Wohneinheiten die Energieverbräuche beträchtlich unterscheiden können.

Kontrollierte Lüftung und Wintergärten sind zwei häufig in Niedrigenergiehäusern (NEH) eingesetzte Komponenten, die unmittelbare Konsequenzen für die Benutzer von Gebäuden haben (Lüftungsverhalten, Verschattung/Nutzung von Wintergärten). Eine erfolgreiche Verbreitung von NEH wird auch davon abhängen, wie sehr es gelingt, diese Komponenten im Rahmen weiterer Innovationen an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen. Diese schrittweise Anpassung ist ein wechselseitiger Lernprozess von Herstellern und Anwendern (in diesem Fall nicht nur Gebäudebewohner, sondern auch Bauträger, Architekten oder Haustechniker) (Quelle: H. Rohracher „Akzeptanzverbesserung von Niedrigenergiehaus-Komponenten als wechselseitiger Lernprozess von Herstellern und AnwenderInnen,,“)

## 4 Das Gebäude – die Hülle

### 4.1 Baumaterialien

Die eingesetzten Baumaterialien tragen entscheidend zum Raumklima und zum Energieverbrauch bei. Energetisch relevant sind dabei sowohl die Dämmeigenschaften als auch die Fähigkeit zur Wärmespeicherung. Durch eine sinnvolle Dimensionierung:

- wird der Energieverbrauch deutlich reduziert
- können Temperaturschwankungen ausgeglichen werden
- kann eine sommerliche Überwärmung vermieden werden
- können die Anheizezeiten verkürzt werden.

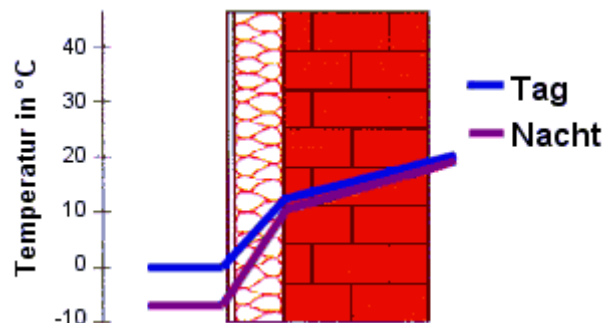


Abb. 5: Temperaturverlauf einer Wand mit herkömmlicher Wärmedämmung

Wenn solare Gewinne und die Speicherfähigkeit des Gebäudes in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen, lassen sich neben einer Verbesserung der Sommertauglichkeit auch Heizenergieeinsparungen von bis zu 20% erreichen. Durch die Verwendung von transparenten Wärmedämmmaterialien werden zusätzlich zur Reduzierung der Wärmeverluste durch die Dämmeigenschaften die Wärmeverluste durch Solargewinne weiter reduziert bzw. bei einem Nettogewinn diese für die Gebäudebeheizung genutzt.

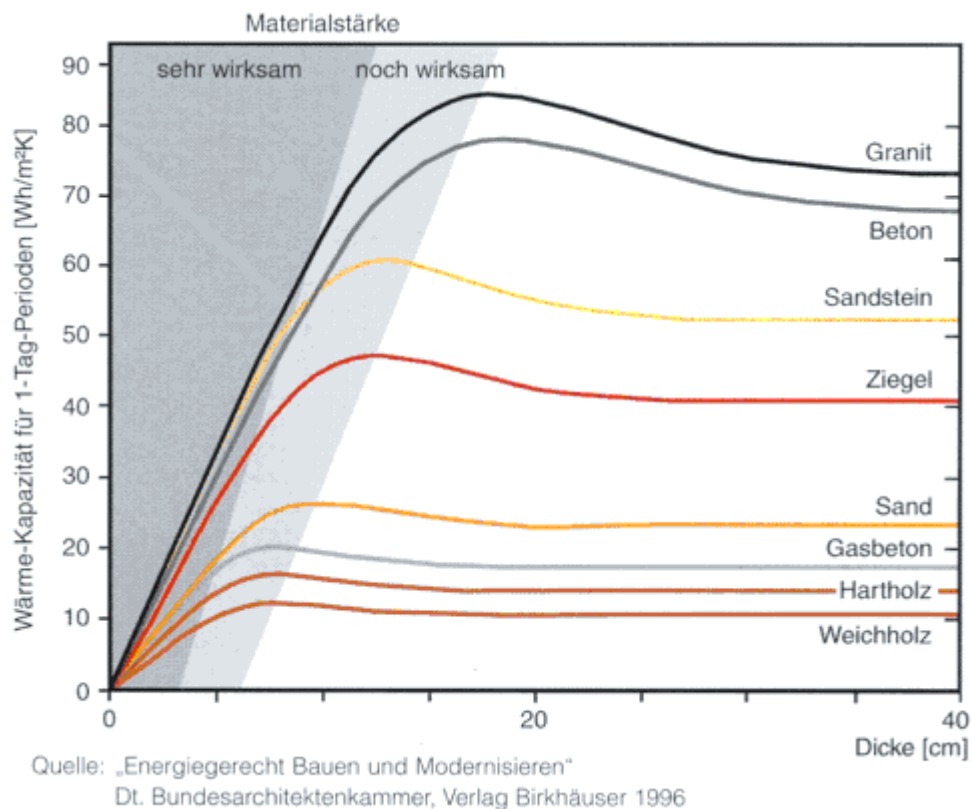


Abb. 6: Wärmekapazität ausgewählter Materialien  
(Quelle: Beton in der Solararchitektur, R. Hammer, P. Jung, 2000)

### Weitere Informationen

- Beton in der Solararchitektur, R. Hammer, P. Jung, Zement + Beton Handels- und WerbegmbH; Oktober 2000
- Das Kapitel „Grundlagen der thermischen Sanierung,“ bietet weitere Informationen über: Wärmedämmfähigkeit, Wärmespeicherung, Luftdichte Bauweise, Dampfdiffusion.
- Online ECOTECH Bauteilrechner

#### 4.1.1 Graue Energie

Unter „grauer Energie“ der Baumaterialien wird der mit der Herstellung dieser Materialien verbundene Energieverbrauch verstanden. In einem weiter gefassten Ansatz wird auch der Energieeinsatz für Transport, Errichtung, Abriss und Entsorgung betrachtet. Bei Niedrigenergiebauten liegt dieser Anteil verglichen mit dem der Nutzung des Gebäudes verbundenen Energieverbrauchs über den gesamten Lebenszyklus in derselben Größenordnung.

### Weitere Informationen

Daten bietet z.B. der IBO-Bauteilkatalog des Österreichischen Instituts für Baubiologie und -ökologie.

## 4.2 Fenster/ Tageslichtnutzung

Fenster inkl. Rahmen stellen meist die energetische Schwachstelle eines Gebäudes dar (wenn man die U-Werte – früher k-Wert – betrachtet, kommt kein noch so gutes Fenster gegen eine den geltenden Bauvorschriften entsprechende gedämmte Wand heran). Richtig dimensionierte Fenster sind aber notwendig für eine optimale Tageslichtnutzung und bringen auch solare Gewinne (Sommertauglichkeit muss berücksichtigt werden). Bemerkenswert ist dass Fenster ab einem gewissen Standard (z.B. Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung) bei entsprechender solarer Ausrichtung zu einer positiven Nettoenergiebilanz über die Fensterfläche führen.

### 4.2.1 Tageslichtnutzung

Tageslichtsysteme nutzen Spiegelsysteme, Prismen- und Jalousieelemente zur gezielten Umleitung und Verschattung, um den Anteil natürlichen Lichts zu optimieren und Energie für künstliche Beleuchtung zu reduzieren.

Weiters werden innovative Tageslichtsysteme für verschiedene Funktionen entwickelt und eingesetzt:

- Ein System kann nutzbares Tageslicht in größere Raumtiefen transportieren.
- In Klimazonen mit vorwiegend bedecktem Himmel kann mehr nutzbares Tageslicht in den Innenraum gelangen.
- In sehr sonnige Klimazonen, in denen Sonnenschutz erforderlich ist, kann mehr Tageslicht gezielt genutzt werden.
- In Gebäuden, wo der Lichteinfall durch Hindernisse beschränkt ist, kann mit Hilfe eines Tageslichtsystems mehr nutzbares Licht in den Innenraum geführt werden.
- Tageslicht kann in fensterlose Räume geleitet werden.



Abb. 7: Optimierte Tageslichtnutzung durch Sonnenschutzraster im Design-Center Linz  
(Foto: Bartenbach)

### Weitere Informationen

- Forschungsforum 3/2000
- IEA Solar Heating & Cooling Programme – Task 21 Daylighting
- Bartenbach Lichtlabor

### 4.3 Wärmebrücken und Dichtheit der Hülle

Als Wärmebrücken werden Zonen in der Gebäudeaußenhülle mit deutlich erhöhter Wärmeleitung bezeichnet. Ihr Entstehen kann durch die Ausformung des Gebäudes bedingt sein (geometrische Wärmebrücke) oder durch spezielle Konstruktionen im Bereich der Außenwandbauteile (konstruktive Wärmebrücke) hervorgerufen werden. Die durch Wärmebrücken verursachten Verluste in der energetischen Bilanzierung fallen verhältnismäßig größer aus, je besser ein Gebäude gedämmt ist. Ein weiteres Problem ist die an diesen Stellen möglicherweise auftretende Kondensation.

#### Weitere Informationen

- Besonders empfehlenswert ist die Broschüre „Wärmebrücken + Luft- und Winddichte,, Energie Tirol, 1999
- Das Kapitel „Grundlagen der thermischen Sanierung,, bietet weitere Informationen über: Luftdichte Bauweise.

### 4.4 Qualitätskontrolle

Der Vergleich der berechneten und tatsächlich aufgewendeten Heizenergie liefert erst relativ spät und unzuverlässig Aufschlüsse über eine fehlerhafte Ausführung. Eine Lokalisierung von energetischen Schwachstellen durch mangelhafte Ausführung oder schlechte Planung im konstruktiven Bereich der Gebäudehülle liefern folgende Methoden:

- Thermografie: Die Gebäudethermografie ermöglicht die berührungslose Erfassung der Oberflächentemperaturverteilung und gestattet die Beurteilung wärmetechnischer Eigenschaften (Wärmebrücken, Dichtheit).
- Blower Door: überprüft die Luftdichtheit der Gebäudehülle durch Tests nach der Druckdifferenzmethode.



Abb. 8: Thermografieaufnahme eines nicht sanierten Objektes  
(Quelle: Grazer Energieagentur)

Thermografie-Aufnahmen zeigen die Problembereiche Fensterlaibungen/-stürze. Die Farben rot, gelb und grün bis hellblau bedeuten hohen Wärmeverlust.

### **Weitere Informationen**

Das Kapitel „Diagnose – Planung – Qualitätssicherung„ bietet weitere Informationen über: Thermografie und Blower Door.

## 5 Heizen-Lüften-Klimatisieren mit einem angepassten Energieversorgungssystem

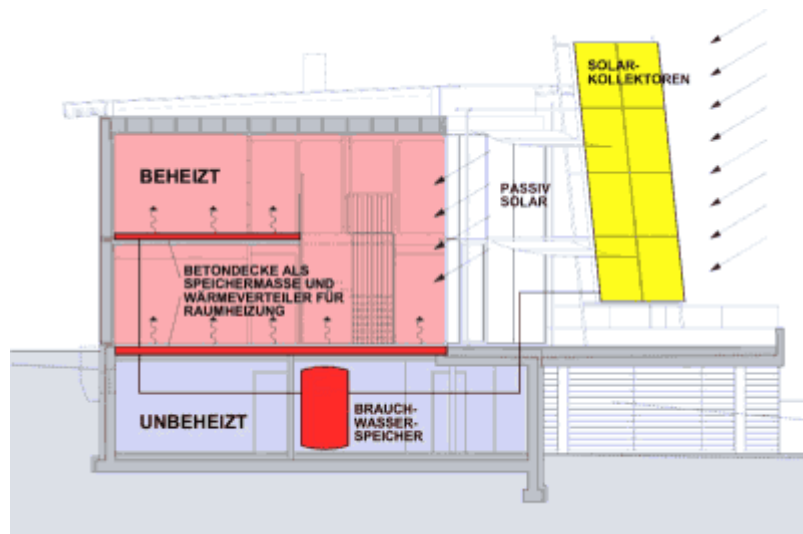


Abb. 9: Wohnhaus Lich, Breitenbach (Tirol)  
(Quelle: Bilder/Breitenbach-Solarkonzept, Copyright: Arch. Jyrki Nikkanen)

### 5.1 Heizen-Lüften-Klimatisieren (HLK)

Niedertemperatur-Wärmeabgabesysteme bzw. Niedertemperatur-Verteilssysteme tragen zur Reduzierung der Verluste im Heizsystem bei. Die Temperatur im Heizkreis sollte dabei 45°C nicht überschreiten. Die Wärme wird durch geeignete Heizkörper sowie durch Fußboden- bzw. Wandheizung an den Raum abgegeben.

Bei geringerem Heizwärmebedarf kann die Wärme auch über die Zuluft (z.B. über eine kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung) eingebracht werden. Wegen der Verschmelzung der Staubteilchen darf die Zulufttemperatur max. 50°C betragen. Eine Verschmelzung kann auch durch entsprechende Filter auf der Frischluftseite vermieden werden.

Weitere Informationen zum Thema Belüftung finden sich im Kapitel „Ausgewählte Maßnahmen der Gebäudesanierung“.

Die Klimatisierung bzw. Kühlung erfolgt primär durch entsprechende Dimensionierung von Öffnungen (Fenster, Wintergärten,...), der geeignete Wahl von Abschattungselementen und Speichermassen sowie der Belüftung. Zur zusätzlich notwendigen aktiven Kühlung können Klimaanlage (Prinzip der Wärmepumpen) eingesetzt werden, es gibt auch bereits innovative Systeme zur Nutzung der Solarenergie.

#### Weitere Informationen

- Österreich ist am Forschungsprojekt „Solar Assisted Air Conditioning of Buildings“, der Internationalen Energieagentur beteiligt.
- Das „energytech.at Technologie Portrait Thermische Solarenergie“, bietet Informationen zum Thema Solare Kühlung.



## 5.2 Das angepasste Energieversorgungssystem

Hocheffiziente Gebäudesysteme verlangen nach neuen und innovativen Lösungen bei der Energieversorgung: geringe Wärmeverluste erfordern Heizsysteme in Leistungsbereichen weit unter jenen konventioneller Gebäude. Außerdem sollten sich energetische Effizienz und ökologische Kriterien auch in der Auswahl der Energieversorgung für Wärme und Elektrizität fortsetzen.

Eine große Anzahl möglicher Energieversorgungssysteme mit unterschiedlichem Grad der Marktreife stehen zur Auswahl. energytech.at bietet über viele dieser Technologien weiterführende Informationen in den entsprechenden Technologiebereichen.

### Warmwasserbereitung und Raumheizung

- Thermischer Solarenergie
- Biomasse
- Wärmepumpen
- Effiziente Nutzung konventionelle Energieträger
- etc.

### Stromerzeugung

- Photovoltaik

### Kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung

- Kraft-Wärme-Kopplung (Mikroturbine, BHKW)
- Brennstoffzelle
- etc.

#### 5.2.1 Thermische Solarenergie & Photovoltaik

Bei der aktiven Solarenergienutzung stellt die thermische Nutzung über die Wärmeträger Luft und Wasser eine besonders ökologische Alternative für die Warmwasserbereitung und (teilsolare) Raumheizung dar. Hochwertige gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen wandeln die auf die Gebäudehülle auftreffende Sonnenstrahlung direkt in elektrischen Strom um.



*Abb. 10: Photovoltaikanlage Sonnenpark Dornbirn  
(Quelle: stromaufwärts Photovoltaik GmbH)*

### **Weitere Informationen**

- energytech.at Technologiebereich „Thermische Solarenergie,“
- energytech.at Technologiebereich „Photovoltaik „

### **5.2.2 Biomasse**

Moderne und komfortable Holzheizungen mit hervorragenden Emissionswerten, die mit Pellets, Hackschnitzel oder Stückholz betrieben werden, sind als ausgereifte Technologie verfügbar und haben bereits deutliche Marktanteile erreicht.

### **Weitere Informationen**

- energytech.at Technologiebereich „Feste Biomasse“

### 5.2.3 Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe (WP) nutzt die „kostenlos“ vorhandene Umgebungswärme aus Erdreich, Luft und Wasser. Hohe Jahresarbeitszahlen – das Verhältnis der erzeugten Wärme zur eingesetzten Endenergie für den Betrieb der Wärmepumpe – sind für einen sinnvollen und erfolgreichen Einsatz dieser Technologie unerlässlich. Abgesehen von Luft/Wasser-WP haben heutige WP-Heizungssysteme, wenn sie richtig geplant, installiert und betrieben werden, Jahresarbeitszahlen von 3,0 oder darüber. So wurden für WP-Heizungssysteme im praktischen Betrieb bereits JAZ über 4,0 gemessen.

#### Weitere Informationen

- Österreich ist Mitglied am Heatpumpcenter der Internationalen Energieagentur
- Wärmepumpen und Öl-/Gasheizungen im Vergleich

### 5.2.4 Konventionelle Energieträger

Bei Öl- und Gaskesseln wurden in letzter Zeit große Fortschritte beim Wirkungsgrad (z.B. Brennwerttechnologie) und den Schadstoffemissionen erzielt.

#### Weitere Informationen

- Institut für wirtschaftliche Ölheizung.

### 5.2.5 Wärmespeicher

Um die Differenz von bereitgestellter und benötigter Energie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung auszugleichen, ist diese über mehrere Stunden bis Tage (bei Saisonspeichern über die gesamte Heizsaison) zu speichern. Dabei gibt es folgende Prinzipien:

- sensible Wärmespeicherung durch Erwärmen eines Mediums (z.B. der „klassische“ Warmwasserspeicher bzw. Boiler)
- Latentwärmespeicher – nutzen den Übergang zwischen der festen und flüssigen Phase eines Speichermediums (z.B. gelöste Salze, Paraffine)
- thermochemische Speicher wie z.B. Sorptionsspeicher (Silikagel) oder die Speicherung von Wasserstoff in Kombination mit einer Brennstoffzelle

Die Speicherung im Erdreich in Verbindung mit einer Wärmepumpe stellt eine Kombination von 1 und 2 dar.

#### Weitere Informationen

- Kapitel Speichertechnologie im energytech.at Technologie Portrait „ Thermische Solarenergie,,“

## 6 Energierrelevante Gebäudeausstattung

Elektrische Geräte wie auch Bewohner stellen Wärmequellen dar, die bereits in der Planung berücksichtigt werden müssen. Besonders bei Gebäudekonzepten mit niedrigem Raumwärmebedarf (z.B. Passivhaus) können diese zusätzlichen Wärmequellen einen beträchtlichen Anteil an der Wärmezufuhr erreichen. Es ist weiters zu beachten, dass diese Quellen im Sommer die für eine zusätzliche Klimatisierung notwendigen Kühlleistungen erhöhen. Insbesondere in Bürobauten mit dichter Platzbelegung und entsprechender EDV-Ausstattung besteht die Gefahr sommerlicher Überhitzungen.

### Weitere Informationen

- Die Österreichische Energieagentur beschäftigt sich mit energieeffizienten Haushalts- und Bürogeräten. [http://energytech.sneak.energyagency.at/architektur/portrait\\_kapitel-6.html](http://energytech.sneak.energyagency.at/architektur/portrait_kapitel-6.html) - top#top

## 6.1 Spezialthema: Effiziente Beleuchtung mit künstlichem Licht

### 6.1.1 Lichttechnische Größen

Tabelle 3: Lichttechnische Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit Zeichen	Formel	Definition
Lichtstrom	$\Phi$	Lumen[lm]		Die von einer Lichtquelle abgegebene Lichtleistung
Lichtstärke	I	Candela[cd]	$I = \Phi / \Omega$	Quotient aus dem von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung ausgesandten Lichtstrom $\Phi$ und dem durchstrahlten Raumwinkel $\Omega$
Leuchtdichte	L	Candela pro Quadratmeter[cd/m <sup>2</sup> ]	$L = E \cdot \rho / \pi$	Produkt aus der Beleuchtungsstärke E und dem Reflexionsgrad $\rho$ einer beleuchteten, vollkommen diffus reflektierenden Fläche
Beleuchtungsstärke	E	Lux[lx]	$E = \Phi / A$	Quotient aus dem auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom $\Phi$ und der beleuchteten Fläche A

### Lichtfarbe

Die Lichtfarbe beschreibt das farbige Aussehen der Lichtquelle bei direkter Betrachtung. Die Lichtfarbe der Lampen wird durch die „ähnlichste Farbtemperatur“ gekennzeichnet. Diese ergibt sich durch den visuellen Vergleich der Lichtquelle mit einem Temperaturstrahler (Planck'scher Strahler) bei der absoluten Temperatur K (Kelvin), die zum gleichen Farbeindruck führt.

Tabelle 4: Einteilung der Lichtfarbe in drei Gruppen

wo	warm-weiß	< 3300 K
nw	neutral-weiß	3300 bis 5000 K
tw	tageslicht-weiß	> 5000 K

### Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe beschreibt die Fähigkeit einer Lampe, Körperfarben richtig und unverfälscht wiederzugeben. Die Farbwiedergabe wird durch die spektrale Verteilung des Lichts bestimmt und durch einen allgemeinen Farbwiedergabeindex  $R_a$  beschrieben. Je höher der Wert für  $R_a$  ist, desto geringer ist die Abweichung der unter der betreffenden Lichtquelle visuell wahrgenommen Körperfarbe zu einer Bezugslichtquelle. Es ist auch üblich die Farbwiedergabe in Stufen 1A bis 4 zu unterteilen.

Tabelle 5: Allgemeiner Farbwiedergabeindex  $R_a$   
(Quelle: TRILUX; *Beleuchtungsplanung Lichttechnik Elektrotechnik*; Eigenverlag; 2. Auflage; Arnsberg; August 1997)

Stufen nach DIN 5035	$R_a$ -Bereich	Beispiele typischer Lampen
1A	90 und höher	Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen, Glühlampen, Metall-Halogenlampen „de Luxe“
1B	80 bis 90	Dreiband- und Kompakt-Leuchtstofflampen
2A	70 bis 80	Standard-Leuchtstofflampen Universalweiß
2B	60 bis 70	Standard-Leuchtstofflampen Hellweiß, Halogen-Metalllampen
3	40 bis 60	Standard-Leuchtstofflampen Warmton, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
4	20 bis 40	Natriumdampf-Hochdrucklampen
nicht definiert	unter 20 in Arbeitsstätten nicht zulässig	Natriumdampf-Niederdrucklampen

### 6.1.2 Anforderungen an die Beleuchtung

Die Anforderungen an eine effizient gestaltete Beleuchtung haben sich nach der primären Nutzung des Innenraumes bzw. nach den darin durchgeführten Tätigkeiten und Bedürfnissen zu richten. So unterscheiden sich Beleuchtungskonzepte für Arbeitsräume (z. B. Büroarbeitsplätze) wesentlich von denen für Wohnungen.

#### Anforderungen an die Beleuchtung von Wohnräumen

Die Beleuchtung von Wohnungen soll der Gestaltung, Wohnraumgliederung aber auch Entspannung und Erholung dienen. Daher ist es weniger sinnvoll, die Beleuchtung nach empfohlenen Richtwerten der Beleuchtungsstärke zu planen. Bei Wohnungen sind in ers-

ter Linie die Helligkeitsverteilung im Raum und das Spiel von Licht und Schatten für die Beleuchtungsplanung maßgebend.

Eine Ausnahme bilden nur Plätze in der Wohnung, wo bestimmte Sehaufgaben (Kochen, Lesen, Schreiben, Nähen etc) durchgeführt werden. Hier sollten etwa Beleuchtungsstärken von 300...500 lx gegeben sein.

### Anforderungen an die Beleuchtung von Büroarbeitsplätzen

Gerade bei Büroarbeitsplätzen spielt eine richtig konzipierte Beleuchtung eine wichtige Rolle, um ideale Sehbedingungen zu schaffen und eine gute Arbeitsplatzqualität zu gewährleisten. Die Anforderungen an die Beleuchtung von Büros sind einheitlicher als bei den meisten anderen Beleuchtungsanwendungen:

- es gibt eine begrenzte Anzahl von definierten Sehaufgaben (Lesen und Schreiben auf horizontalen und vertikalen Flächen)
- alle horizontalen Arbeitsflächen haben etwa die gleiche Höhe
- die Räume besitzen oft die gleiche Höhe.

Daraus ergeben sich lichttechnische Richtwerte entsprechend Tabelle 6.

*Tabelle 6: Lichttechnische Richtwerte*

<b>Beleuchtungsstärke</b>	für normale Bürotätigkeiten:	500 lx
	für Büros mit tageslichtorientierten Arbeitsplätzen:	300 lx
	für Großraumbüros und technisches Zeichnen:	750 lx
<b>Bevorzugte Leuchtdichten</b>	für Wände:	50...100 cd/m <sup>2</sup>
	für die Decke:	100...300 cd/m <sup>2</sup>
	für Arbeitsflächen:	120 cd/m <sup>2</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lichtfarbe: neutralweiß oder warmweiß</li> <li>▪ Farbwiedergabe: 1B oder 2A</li> <li>▪ Vermeidung von Blendung durch gut abgeschirmte Leuchten (Reduktion des horizontalen Lichtanteils)</li> <li>▪ Vermeidung von Reflexbildung und Kontrastminderung durch Glanz und Spiegelung auf glänzenden Materialien und Bildschirmen</li> </ul>		

### 6.1.3 Lichtquellen

#### Glühlampe

Bei der Glühlampe handelt es sich um einen Temperaturstrahler, wo durch Widerstandserhitzung Licht erzeugt wird. Sie besteht aus einem Wolframdraht in einem Glaskolben, der mit Edelgas (Argon oder Krypton, selten auch mit Xenon) gefüllt ist. Die Eigenschaften der Glühlampe werden durch die Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframdrahtes bestimmt. Die Verdampfungsgeschwindigkeit und damit die Lebensdauer der Lampen sind über die Temperatur der Wendel mit der Lichtausbeute gekoppelt. Je länger die Lebens-

dauer einer Glühlampe sein soll, umso niedriger müssen die Temperatur des Wolframdrahtes und damit auch die Lichtausbeute sein.

Durch die Edelgasfüllung kann die Temperatur der Wolframwendel erhöht und die Abdampfung gering gehalten werden. Eine Steigerung der Lichtausbeute wird durch eine doppelte Wendelung des Widerstanddrahtes erreicht.

### **Halogenglühlampe**

Eine Weiterentwicklung der Glühlampe ist die Halogenglühlampe, bei der der Glaskolben mit Halogen gefüllt ist. Das Halogen sorgt dafür, dass sich das abdampfende Wolfram in einer Art Kreisprozess wieder auf der Wendel niederschlägt und damit eine Kolbenschwärzung verhindert wird.

Vorteile von Halogenlampen:

- höhere Lichtausbeute und Lebensdauer
- konstanter Lichtstromrückgang während der Lebensdauer
- kleine Abmessungen

Unterschieden werden Halogenglühlampen in Hochvoltlampen für den direkten Betrieb am Versorgungsnetz (230V) und in Niedervoltlampen für Betriebsspannungen von 6V, 12V und 24V. Bei Niedervoltlampen muss ein Transformator vorgeschaltet werden.

### **Leuchtstofflampen**

Leuchtstofflampen gehören zur Familie der Entladungslampen und stellen die wichtigste künstliche Lichtquelle dar (es wird angenommen, dass mehr als 50% des künstlichen Lichts durch Leuchtstofflampen erzeugt wird).

Entladungslampen bestehen i.a. aus einem mit Gasen und Dämpfen gefüllten Glaskolben, in dem zwei Elektroden eingeschmolzen sind. Wird nun eine genügend hohe Spannung angelegt, so werden Ladungsträger, Elektronen und Ionen, beschleunigt. Atome, auf die sie stoßen, werden angeregt oder ionisiert, das Gas wird leitend und es bildet sich ein Plasma. Je nach Gasfüllung wird sichtbares Licht direkt abgestrahlt oder UV-Strahlung durch Leuchtstoffe auf der Innenseite des Glaskolbens in sichtbares Licht umgewandelt.

Entladungslampen benötigen zum Betrieb ein Vorschaltgerät, das hauptsächlich dazu dient, den Strom durch die Lampe bei der Entladung zu begrenzen. Zur Zündung der Entladung werden Zündgeräte (Starter) gebraucht, die einen genügend hohen Energieimpuls liefern, um die Gassäule zu ionisieren und die Lampe zu zünden.

Bei Leuchtstofflampen „brennt“ eine Quecksilber-Niederdruckentladung in geraden, ringförmig oder U-förmig gebogenen Entladungsrohren (vergleiche Tabelle 7). Dabei werden praktisch nur die im ultravioletten Spektralbereich liegenden Resonanzlinien angeregt, die dann durch Leuchtstoffe in sichtbares Licht umgewandelt werden. Durch Auswahl geeigneter Leuchtstoffe können Farbtemperatur und Farbwiedergabe in einem weiten Bereich eingestellt werden.

In den letzten Jahren kamen verstärkt dünne T16-Lampen (16 mm Durchmesser) auf den Markt, die sich durch sehr hohe Lichtausbeute, geringen Stromverbrauch und hohe Lebensdauer auszeichnen.

Tabelle 7: Bauformen marktüblicher Leuchtstofflampen

Bauform	Durchmesser[mm]	Kurzbezeichnung
stabförmig	16	T16
stabförmig	26	T26
stabförmig	38	T38
ringförmig	-	T-R
U-förmig	-	T-U

### Kompaktleuchtstofflampen

Kompaktleuchtstofflampen sind spezielle Bauformen von Leuchtstofflampen, die in Bezug auf Abmessungen und Lichtstromwerte mit Glühlampen vergleichbar sind, sich aber durch wesentlich geringere Leistungsaufnahme auszeichnen (daher die häufige Bezeichnung „Energiesparlampe“). Dadurch bieten sie sich in vielen Fällen als wirtschaftlicher Ersatz für Glühlampen an. Diese Wirtschaftlichkeit kommt vor allem dann zum Tragen, wenn lange Brennzeiten pro Tag die Einsparung an Stromkosten die höheren Anschaffungskosten rasch ausgleicht (übliche Amortisationszeiten: 1000- 1500 Betriebstunden).

Hinsichtlich Bauform von Kompaktleuchtstofflampen unterscheidet man zwischen Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät, welche zum direkten Ersatz von den Glühlampen verwendet werden können, und Lampen für externe Vorschaltgeräte. Diese kommen vor allem im Objektbereich zum Einsatz.

Tabelle 8: Bauformen marktüblicher Kompaktleuchtstofflampen

Bauform	Durchmesser[mm]	Kurzbezeichnung
mit eingebautem Vorschaltgerät	-	TC-SE
für externe Vorschaltgeräte	-	TC



Tabelle 9: Zusammenfassung Leuchtmittel

(Quelle: FGL – Fördergemeinschaft Gutes Licht; Die Beleuchtung mit künstlichem Licht 1, erschienen in der Schriftenreihe der FGL; 4/93; Frankfurt/M., E. V.A.)

	Glühlampe	Niedervolt-Halogenlampen 6V, 12V, 24V	Hochvolt-Halogen 230V	Leuchtstofflampen	Kompaktleuchtstofflampen
Elektrische Leistung (Watt)	15 bis 1000	10 bis 100	40 bis 150	14 bis 58	5 bis 55
Lichtstrom (Lumen)	90 bis 18800	140 bis 2300	490 bis 2550	1350 bis 5200	250 bis 4800
Lichtausbeute (Lumen/ Watt)	6 bis 19	14 bis 23	12 bis 17	75 bis 96	50 bis 87
Lichtfarbe	ww	ww	ww	ww, nw, tw	ww, nw, tw
Farbwiedergabe	1A	1A	1A	1A, 1B	1B
mittlere Lebensdauer (h)	1000	3000	3000	10000	10000

#### 6.1.4 Vorschaltgeräte

Ein Vorschaltgerät ist ein zwischen Stromquelle und eine oder mehrere Entladungslampen geschaltetes Gerät, das mittels Impedanzen den richtigen Strom für die Lampe/n liefert und hauptsächlich dazu dient, den Strom durch die Lampe/n bei der Entladung zu begrenzen. Das Vorschaltgerät kann weitere Funktionen enthalten: zum Transformieren der Netzspannung, zur Erzeugung der zur Zündung der Lampe erforderlichen Spannung (Starter), zur Verbesserung des Leistungsfaktors und zur Vermeidung von Funkstörungen.

#### Prinzipiell wird zwischen induktiven und elektronischen Vorschaltgeräten unterschieden

Induktive Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen werden in konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) und verlustarme Vorschaltgeräte (VVG) eingeteilt. Im Vergleich zu konventionellen Vorschaltgeräten führen spezielle Bleche, größere Kupferquerschnitte und ein optimierter Kernaufbau bei verlustarmen Vorschaltgeräten zur Verringerung von Eigenverlusten. So beträgt die Verlustleistung von VVG etwa 8W bei 58W-Lampen im Gegensatz zu etwa 13W bei KVG.

Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) zeichnen sich durch extrem niedrige Verlustleistung und, dadurch bedingt, geringe Eigenerwärmung aus. Eine weitere Energieeinsparung ergibt sich daraus, dass die Lichtausbeute von Leuchtstofflampen mit steigender Frequenz bis zu etwa 10% bei 30kHz zunimmt. Daher arbeiten EVG in einem Frequenzbereich größer als 25 Hz. Lampen, die mit EVG betrieben werden, weisen eine gegenüber KVG eine bis zu 25% geringere Leistungsaufnahme aus.

Vorteile von EVG:

- niedrige Verlustleistung, geringe Eigenerwärmung
- höhere Lichtausbeute

- Flackerfreier, schneller Start
- kein stroboskopischer Effekt, kein Elektrodenflimmern
- keine Brummgeräusche, keine Kompensation, kein Starter erforderlich
- Abschaltung von nicht mehr voll funktionsfähigen Lampen

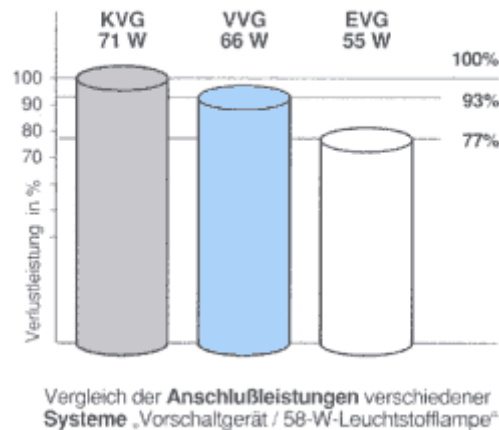


Abb. 11: Vergleich der Anschlussleistung verschiedener Systeme „Vorschaltgerät / 58 W-Leuchtstofflampe“

(Quelle: FGL – Fördergemeinschaft Gutes Licht; Die Beleuchtung mit künstlichem Licht 1, erschienen in der Schriftenreihe der FGL; 4/93; Frankfurt/M.)

### 6.1.5 Das EU-Label für Lampen

Die EU-Richtlinie 98/11/EG bildet die rechtliche Grundlage zur Energieetikettierung (EU-Label) für Haushaltslampen. Diese Richtlinie wurde im September 1999 in nationales Recht übernommen.

Die Richtlinie gilt für mit Netzspannung betriebene Haushaltslampen (Glühlampen und Leuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät) und Haushaltsleuchtstofflampen (einschließlich ein- und zweiseitig gesockelte Lampen und Lampen ohne integriertes Vorschaltgerät).

Entsprechend der in der Richtlinie geregelten Normberechnung werden die Lampen in Energieeffizienzklassen von A (sehr gute Energieeffizienz) bis G (sehr schlechte Energieeffizienz) eingeteilt. In der Normberechnung fließen als Größen der Lichtstrom und die Leistungsaufnahme der Lampe ein. Das Ziel der Klassifizierung ist es, die Energieeffizienz der Lampen anschaulich und für Anwender vergleichbar zu machen und somit die Voraussetzungen für eine optimale Kaufentscheidung zu schaffen.

Berücksichtigt werden Lampen, die vor allem im Haushaltsbereich eingesetzt werden:

- Glühlampen
- Halogenlampen für Netzspannung
- Kompaktleuchtstofflampen
- Leuchtstofflampen

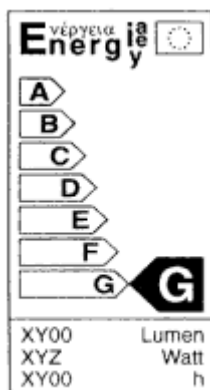


Abb. 12: EU-Label für Lampen

### Weitere Informationen

- Weitere themenrelevante Informationen finden sich unter den entsprechenden Stichworten im energytech.at Bereich Publikationen und Links.

## 7 Das Passivhaus – ein Konzept für nachhaltiges Bauen

Der Begriff „Passivhaus“ kennzeichnet Gebäude, die ein behagliches Innenraumklima im Sommer wie im Winter auf energieeffiziente Weise und ohne den Einsatz eines herkömmlichen Heizsystems gewährleisten können.

### 7.1 Die drei Säulen des Passivhauskonzeptes

Das Passivhaus ist eine konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehaus-Konzeptes: Verbessere die Behaglichkeit und verringere den Energiebedarf durch „passive“ bauliche und technische Maßnahmen, die dafür sorgen, dass unnötige Wärmeverluste vermieden und Wärmegewinne optimal genutzt werden.

**Wärmedämmung:** Die wirksamste Maßnahme zur Energieeinsparung an Gebäuden im mitteleuropäischen Klima ist der Wärmeschutz der Außenbauteile. Die im Baubereich verwendeten Dämmstoffe beruhen bisher fast ausschließlich auf der geringen Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft und der Vermeidung von Wärmebrücken. Die Stützstruktur des Dämmstoffes spielt hierfür keine Rolle; daher gibt es eine große Auswahl geeigneter Produkte. Passivhäuser brauchen eine ringsum geschlossene Dämmhülle. Diese sorgt für geringe Wärmeverluste und zugleich für hohe Behaglichkeit.

**Warmfenster:** Erst die moderne Beschichtungstechnik hat qualitativ hochwertige Verglasungen ermöglicht, die auch bei  $-10^{\circ}\text{C}$  Außentemperatur immer noch innere Oberflächentemperaturen über  $17^{\circ}\text{C}$  aufweisen. Dabei lassen diese Warmgläser soviel Strahlungsenergie in den Raum, dass bei Orientierungen bis  $\pm 30^{\circ}$  gegenüber Südrichtung auch im Kernwinter der Wärmeverlust durch den solaren Wärmegewinn mehr als ausgeglichen wird. Speziell für das Passivhaus entwickelte hochdämmende Fensterrahmen bilden die geeignete Brücke zur übrigen Gebäudehülle.

**Lüftungs-Wärmerückgewinnung:** Frischluft ist wohnhygienisch unverzichtbar – höchster Komfort wird durch eine geregelte Lüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung erreicht. Auch hier stehen Gesundheit und Behaglichkeit im Zentrum der Projektierung. Im Passivhaus kann die Zuluft auch die Heizung der Räume mit übernehmen. Dadurch ergeben sich technisch sehr einfache Lösungen für die Wärmebereitstellung. Dies macht die besondere Attraktivität des Passivhauskonzeptes aus.

Alle drei entscheidenden Prinzipien des Passivhauses beruhen auf einer bedeutenden qualitativen Verbesserung von Bauteilen und Komponenten, die allesamt jedoch in jedem Wohngebäude ohnehin benötigt werden:

- Jedes Haus braucht eine Gebäudehülle mit Erdgeschoßboden, Außenwänden und Dach; das Passivhaus setzt auf qualitativ durchgreifende Verbesserungen bei diesen Bauteilen: sie erhalten eine hochwertige Wärmedämmung.
- Das Passivhaus fordert hochwertige Fenster, die bei guter Belichtung so geringe Wärmeverluste aufweisen, dass auch ohne Heizkörper direkt neben dem Fenster behagliche empfundene Temperaturen vorliegen.
- Jede Wohnung braucht Frischluft; nur eine Komfortlüftung kann dies in unserem Klima mit ständig schwankenden Winddruckverhältnissen gewährleisten.

Dadurch bietet das Passivhaus die Chance, sehr niedrige Energieverbräuche mit ausschließlich qualitativen und wenig aufwendigen Maßnahmen an gewöhnlichen Komponen-

ten von Gebäuden zu erreichen. Der geringe Aufwand der passiven Maßnahmen ist von Vorteil für Ökologie und Ökonomie: Additive Maßnahmen kosten mehr Material und mehr Kapital als integrative Verbesserungen an ohnehin benötigten Komponenten.

Die erste Passivhaussiedlung in Wiesbaden mit 22 Wohneinheiten war 1997 fertig gestellt und bezogen worden. Erste Forschungsergebnisse ergaben durchschnittlich 13,4 kWh/(m<sup>2</sup>a) an Heizwärmeverbrauch sowie 15,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) Warmwasser-Nutzwärmeverbrauch.

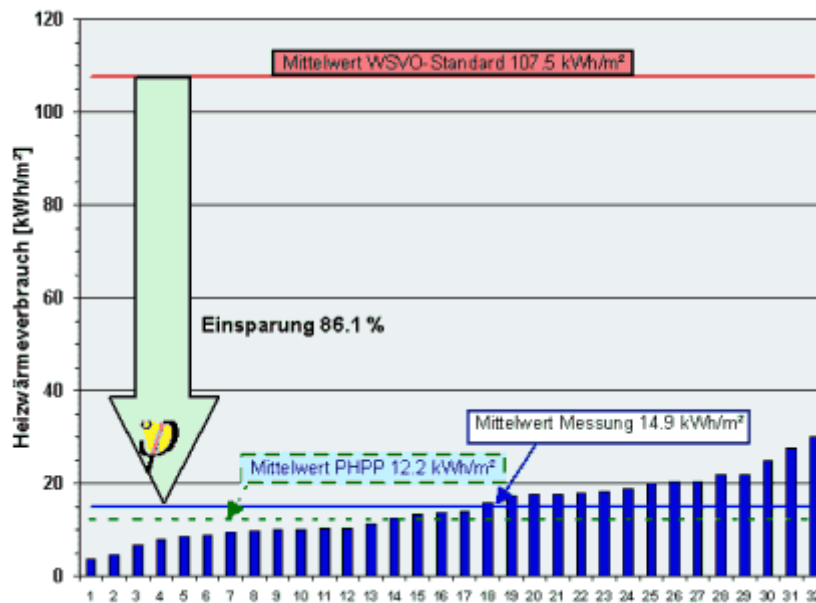


Abb. 13: Spezifischer Heizwärmeverbrauch der 32 Passivhäuser in Hannover-Kronsberg in der ersten Heizperiode 1999/2000 [Peper/Feist 2000]  
(Quelle: Feist, in „Das ökologische Passivhaus,, Okt. 2000, Krems & Wien, Zentrum für Bauen und Umwelt)

Beim Passivhaus handelt es sich nicht um ein neues Produkt, das von einem Konzern als Ganzes hergestellt und am Markt vertrieben wird. Es handelt sich vielmehr um einen nicht durch Patente geschützten Baustandard, der vielen Anwendern (Architekten und Bauträgern) eine qualitativ hochwertige Umsetzung ermöglicht und vielen Herstellern Raum für zugehörige hocheffiziente Einzelkomponenten bietet. Hier gab es bereits in der Vergangenheit bedeutende Synergieeffekte, da z.B. die Hersteller von passivhausgeeigneten Verglasungen auf die Hersteller von dazu geeigneten Fensterrahmen angewiesen sind und umgekehrt.

Die auf Grund der Erfahrungen im Passivhaus erkannte Möglichkeit einer nutzergeführten Bedarfslüftung wurde einer umfassenden Diskussion bzgl. der Anforderungen an die Lufthygiene unterzogen [Feist 1994]. Dabei ergab sich, dass die Innenluft in den vier Wohnungen des Passivhauses in Kranichstein die in Bezug auf Lufthygiene gesteckten Ziele in der Praxis tatsächlich erreicht. Damit wird das Komfortlüftungssystem seiner zentralen Aufgabe, der Verbesserung der Luftqualität, gerecht.

Das Projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standard) hat den Bau von rund 250 Wohneinheiten im Passivhausstandard in fünf europäischen Ländern mit wissenschaftlicher Begleitung und messtechnischer Evaluation des Betriebs zum Ziel. Daraus soll ein einheitlicher Qualitätsstandard für kostengünstige Planung und Errichtung

von Passivhäusern entwickelt werden und in weiterer Folge die Basis für eine breite Markteinführung geschaffen werden.

**Weitere Informationen**

- CEPHEUS – Passivhäuser in Europa (deutsche Projektwebsite)
- CEPHEUS – Passivhäuser in Europa (österreichische Projektwebsite)
- Passivhaus Institut Darmstadt

## 8 Energieeinsparpotentiale von Altbauten

Verglichen mit dem Heizenergieverbrauch eines Gebäudes aus den 60er Jahren kommt ein Neubau heute mit 25 bis 40% der Heizenergie aus. Ähnliche Verbrauchsreduktionen lassen sich auch bei bestehenden Gebäuden durch Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen erzielen, der Niedrigenergiehausstandard und sogar der Passivhausstandard kann erreicht werden.

Tabelle 1: Typische Energiekennzahlen

Quelle: ECO-Building Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment.  
Mag. Susanne Geissler, Ökologie-Institut, Dr. Manfred Bruck

Einheit	Passivhaus	Niedrigenergiehaus	Bestand < 1980
Heizwärmebedarf kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 15	=< 40	150-250
Endenergiebedarf kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 42	=< 70	
Primärenergiebed. kWh/m <sup>2</sup> (WNF).a	=< 120	=< 160	

### Definition Niedrigenergiehausstandard (NEH)

Ein einheitlicher NEH ist nicht definiert, wird aber heute vielfach mit einem maximalen Heizwärmebedarf von 40 kWh/m<sup>2</sup>a festgelegt.

### Definition Passivhaus

Passivhäuser sind Gebäude deren Jahresheizwärmebedarf so gering ist, dass auf ein gesondertes aktives Heizsystem verzichtet werden kann: Die Restwärmezufuhr ist allein über die ohnehin erforderliche Zuluft möglich. Dafür muss der (tatsächliche) Energiekennwert Heizwärme kleiner oder gleich 15 kWh/m<sup>2</sup>a sein. (Definition des Passivhaus Instituts)

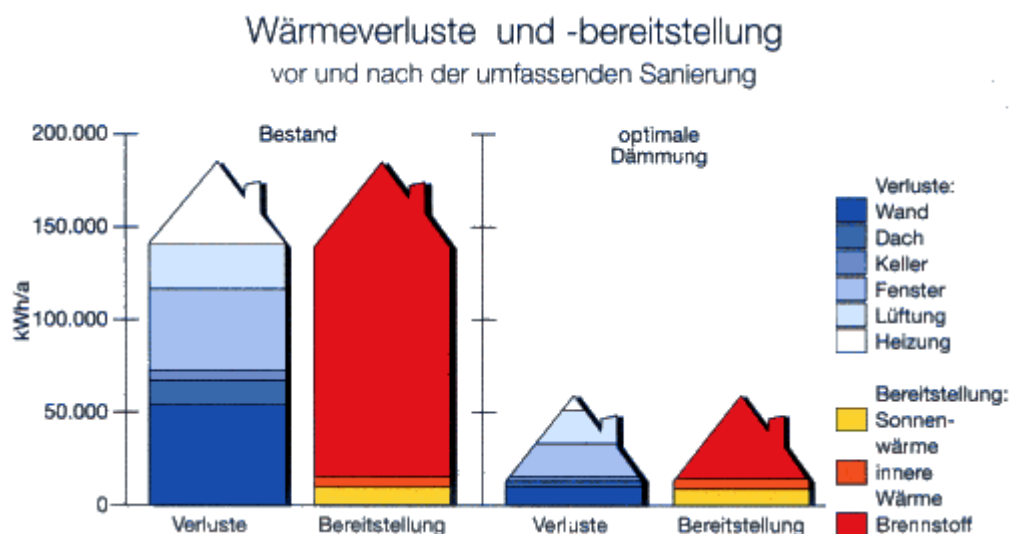


Abb. 1: Wärmebilanz, Quelle ASEW Köln

Um die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen besser abschätzen zu können, werden die spezifischen Vermeidungskosten auf Grenzkostenbasis für jede Sanierungsart ermittelt. Damit wird angegeben, wie groß der finanzielle Aufwand ist, um jährlich eine kWh einzusparen. Dabei wurden die spezifischen Kosten der einzelnen Systeme durch deren Nutzungsdauer dividiert, um auf eine einheitliche Basis zu kommen.

Spezifischen Vermeidungskosten = Investitionskosten / (Endenergieeinsparung pro Jahr x Nutzungsdauer)

*Tabelle 2: Spezifische Kosten von Sanierungsmaßnahmen  
Quelle: Ökologie der Althausanierung, NÖ Landesakademie, Berechnung der Österreichischen Energieagentur*

<b>Sanierungsart</b>	<b>spezifische Vermeidungskosten in Cent/kWh</b>
Fassadensanierung	2,91
Sanierung der obersten Geschossdecke	2,18
Fenstererneuerung	5,81
Sanierung der Kellerdecke	1,09
Gesamtsanierung	2,91

## 8.1 Normen zur Ermittlung energetischer Kennzahlen

Mit der Ermittlung von Energiekennzahlen wird die energetische Qualität von Bauten quantifiziert. Dabei kommen nicht nur österreichische Normen zur Anwendung, sondern es werden auch internationale Normen (EN oder ISO) verwendet, fallweise auch Normen aus der Schweiz (SIA 380-1) und Deutschland (Wärmeschutzverordnung). Der Aufwand zur Bestimmung der Energiekennzahlen steigt, wenn ein genaueres Berechnungsergebnis erforderlich ist.



*Tabelle 3: Übersicht über Normen zur Ermittlung energetischer Kennzahlen  
Quelle: Auszug aus Faktor 4 im NÖ Wohnbau, Faktor 4 – Team Maydl + Wallner*

Norm		ÖNORM B8110-1		ÖNORM B 8135	ÖNORM EN 832	ISO 9164
Ergebnis der Berechnung		LEK-Wert	LEK <sub>eq</sub>	Spezifische Heizlast	Jahres-Heizwärmebedarf	Jahres-Heizwärmebedarf
Einheit		-	-	W/m <sup>2</sup> .K	J bzw. kWh	J bzw. kWh
Berücksichtigung von	Lüftungswärmeverlust	nein	ja	ja	ja	ja
	interne Gewinne	nein	ja	nein	ja	ja
	solare Gewinne	nein	ja	nein	ja	ja
	Wärmebrücken	ja	ja	nein	ja	ja
Bewertung	für Handrechnung geeignet	+	--	++	--	-
	Verständlichkeit	o	--	++	-	--
	Genauigkeit der Ergebnisse	--	++	--	++	+
	Rechenaufwand	hoch	sehr hoch	gering	sehr hoch	sehr hoch
<b>Legende:</b> ++ trifft sehr zu; + trifft zu; o neutral; - trifft kaum zu; -- trifft nicht zu						

## 8.2 Energieausweis und Energiekennzahlen

Um die energetischen Einsparpotentiale von Altbauten ermitteln und vergleichen zu können, wird der Energieausweis mit den darin festgelegten Energiekennzahlen herangezogen. Die im Förderungswesen oder in den Bauvorschriften der Länder nachzuweisende und gemäß Leitfaden des Österreichischen Instituts für Bautechnik berechnete Energiekennzahl ist in die entsprechende Wärmeschutzklasse (A bis G) einzuordnen und durch einen Pfeil, der auf den dazugehörigen Balken weist, zu markieren.

Der Sachverständigenbeirat „Energieausweis“ wurde im Mai 1997 mit dem Ziel gegründet, den Nachweis von Energiekennzahlen im Förderungswesen und in den Bauvorschriften der Länder sowie die Ausstellung von Energieausweisen österreichweit zu vereinheitlichen. Ein Leitfaden erläutert nun das Verfahren zur Berechnung der folgenden Energiekennzahlen:

- Volumsbezogener Transmissions-Leitwert  $PT,V$  in  $W/(m^3 \cdot K)$
- Flächenbezogene Heizlast  $P1$  in  $W/m^2$
- LEK-Wert
- Flächenbezogener Heizwärmebedarf  $HWB_{BGF}$  in  $kWh/(m^2 \cdot a)$   
[http://www.energytech.at/sanierung/portrait\\_kapitel-1.de.html](http://www.energytech.at/sanierung/portrait_kapitel-1.de.html) - hwb#hwb

Das Berechnungsverfahren des Leitfadens basiert auf ÖNORM B 8110-1 und EN 832. Zur Ermittlung des Heizwärmebedarfes sind die lokalen Klimadaten heranzuziehen. Die

Menge an Energieträgern, die zur Deckung des jährlichen Energiebedarfs bereitgestellt werden müssen wird mit dem Heizenergiebedarf errechnet.

### Weitere Informationen

Das Österreichische Institut für Bautechnik OIB bietet auf seiner Website den „Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen“ und das „Muster für den Energieausweis“ sowie ein Berechnungsprogramm, mit dem sämtliche Energiekennzahlen rasch und unkompliziert ermittelt werden können: Österreichische Institut für Bautechnik OIB (im Abschnitt „Veröffentlichungen“: Leitfaden und Programm für die Berechnung von Energiekennzahlen).

#### 8.2.1 Heizwärmebedarf HWB und LEK-Wert

Der **Heizwärmebedarf (HWB)** ist jene Wärmemenge, die den Innenräumen innerhalb der Heizperiode zugeführt werden muss, um die gewünschten Temperaturen aufrecht zu erhalten. Der HWB berücksichtigt die Eigenschaft der Gebäudehülle, die spezifische Gebäudenutzung (Wohnhaus, Schule...) und die klimatischen Standortgegebenheiten.

Zu den Eigenschaften der Gebäudehülle gehören in diesem Zusammenhang nicht nur der Wärmeschutz der Außenbauteile und die Kompaktheit des Gebäudes sondern insbesondere die Orientierung der Fenster (-gläser) und die allfällige Verschattung dieser transparenten Flächen sowie die Luftdichtheit der Gebäudehülle. Der Heizwärmebedarf wird gemäß ON B 8110-1 und ON EN 832 (Einflussgrößen siehe Abbildung 2) ermittelt.

Als Maß der thermischen Verbesserung der Gebäudehülle (erhöhter Wärmeschutz) ist gemäß ÖNORM B8110-1 und ÖNORM H-5055 auch der **LEK-Wert** (LEK-Linie: **Linie Europäischer Kriterien**) heranzuziehen.

LEK-Linien werden mit ganzzahligen Werten bezeichnet, die dem hundertfachen Wert des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von wärmeabgebenden Gebäudehüllflächen mit der charakteristischen Länge von 1 Meter entsprechen. Die charakteristische Länge  $l_c$  ist ein Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes, dargestellt in Form des Verhältnisses des beheizten Volumens  $V_B$  zur umschließenden Oberfläche  $A_B$  des beheizten Volumens. Ein Würfel hat eine charakteristische Länge  $l_c$  von 1 wenn die Seitenlänge 6 Meter ist (Volumen  $216 \text{ m}^3$ , Oberfläche  $216 \text{ m}^2$ ).

Der LEK-Wert resultiert also nur aus dem mittleren Wärmeschutz der Gebäudehülle: Der LEK-Wert eines Gebäudes mit der Kompaktheit 1 ist der 100-fache Wert des mittleren U-Wertes (früher k-Wert, siehe auch „Grundlagen der thermischen Sanierung, Wärmedämmfähigkeit“). LEK-Linien ermöglichen die Festlegung der Begrenzung von Transmissions-Wärmeverlusten durch eine Einzahlangabe. Der Vorteil des LEK-Werts liegt in der Vergleichbarkeit von Gebäuden mit unterschiedlichen Bauformen und Wärmedämmung unabhängig vom Standort.

#### Minimale LEK-Werte gemäß ÖN H 5055

- $40 < \text{LEK} \leq 50$  Wärmeschutz gemäß Mindestvorschriften
- $30 < \text{LEK} \leq 40$  deutlich verbesserter Wärmeschutz
- $20 < \text{LEK} \leq 30$  Energiesparhäuser
- $< \text{LEK} \leq 20$  Niedrigenergiehäuser

- LEK  $\leq$  10 Passivhäuser

*Gleichung 1: Berechnung des LEK-Wertes*

$$\text{LEK} = 300 \cdot \frac{U_m}{(2 + I_c)}$$

dabei gilt:

$$U_m = L_T / A_B$$

$$A_B = \sum A_i$$

$$L_T = \sum (A_i \cdot U_i + l_{\psi,i} \cdot \psi_i)$$

wobei:  $L_T$  = thermischer Leitwert der Gebäudehülle in  $\text{WK}^{-1}$

$U_m$  = flächenbezogener Leitwert,  $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

$A_B$  = Umschließungsflächen des beheizten Volumens in  $\text{m}^2$

$\psi$  = Korrektorkoeffizient für 2dimensionale Wärmebrücken, in  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

$l_{\psi}$  = Bauteil-Längen, entlang welcher Wärmebrücken auftreten in m

**8.2.2 LEKequ-Wert**

Der LEKequ-Wert gemäß ÖN B 8110-1 berücksichtigt über bauliche Maßnahmen hinaus auch die Standortbedingungen (Heizgradtage HGT) und die Wirkung von inneren Wärmequellen, solare Gewinne sowie Gewinne durch Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen. Berücksichtigt wird auch die Wirkung der Verminderung von Verlusten durch Steuer-/Regelungsmaßnahmen der Wärmebereitstellungssysteme. Der LEKequ-Wert wird wie folgt berechnet:

*Gleichung 2: Berechnung des LEK-Wertes*

$$\text{LEKequ-Wert} = 100 \cdot \text{HWB-BGF} \cdot I_c / 0,024 \cdot \text{HGT-Standort} \cdot (2 + I_c)$$

**8.2.3 Heizenergiebedarf HEB**

Der Heizenergiebedarf HEB ist aus dem Heizwärmebedarf HWB, der eine Baukenngroße ist, und dem Jahresnutzungsgrad des Heizsystems zu ermitteln.

Der Jahresnutzungsgrad ist gemäß ON H 5056 aus den Einflüssen des Wärmebereitstellungssystems (z.B. dem Heizkessel), des Wärmeverteilsystems und des Regelmesssystems zu ermitteln.

Der Heizenergiebedarf ergibt sich aus der Beziehung in Gleichung 2 für den jährlichen Bedarf für Raumheizung und Warmwasserwärmung oder  $\text{kWh/m}^2$  für den auf die Bruttogeschossfläche bezogenen jährlichen Energiebedarf.

*Gleichung 3: Berechnung des Heizenergiebedarfs HEB*

$$\text{HEB} = \text{HWB} / \eta_H \quad \text{in MWh}$$

Jahresnutzungsgrad  $\eta_H$

Der HEB kann in Form der Menge an Energieträgern angegeben werden, die zur Deckung des jährlichen Energiebedarfs (z.B. Festmeter Holz, kg Pellets, kg Heizöl oder  $\text{m}^3$  Erdgas) bereitgestellt werden müssen. Damit kann auch die Größe der jährlichen Ressourcenbeanspruchung an fossilen, das heißt nicht erneuerbaren Ressourcen oder an nachwachsenden Ressourcen angegeben werden.

Tabelle 4: EDV-Programme zur Heizwärmebedarfsberechnung

Programm	Hersteller
ArchiPhysik	A-Null EDV GmbH
Ecotech	Ecotech Software GmbH
EPlan	ARGE Erneuerbare Energie
G-e-Q Gebäude Energie Qualität	Zehentmayer Software
Waebed	TU Wien
Genbil	Energie Institut
Handbuch Passivhaus	Passivhaus-Institut
Anmerkung: (ohne Gewähr für die Richtigkeit der Ergebnisse)	

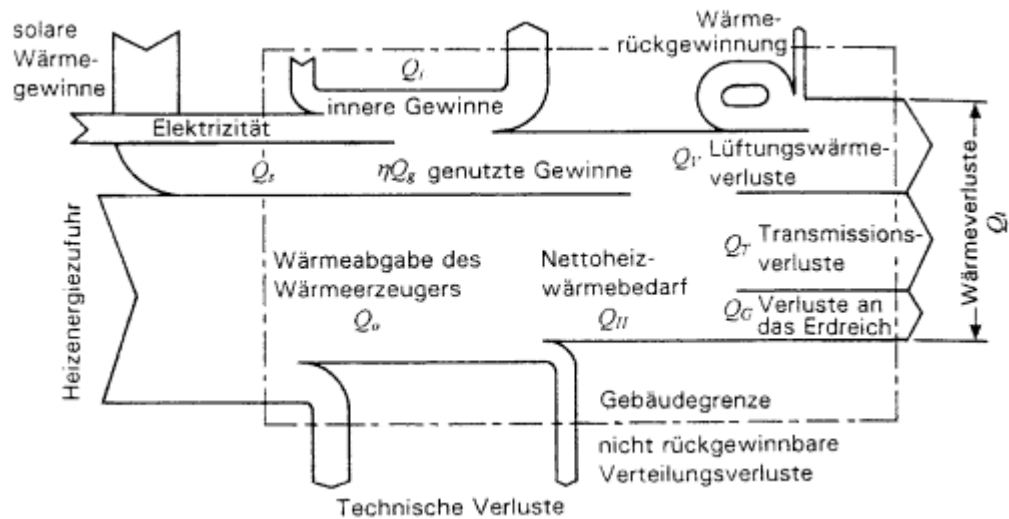


Abb. 2: Optimierung der Wärmebilanz entsprechend EN 832, Darst. aus Recknagl – Sprenger

## 9 Grundlagen der thermischen Sanierung

Dieses Kapitel beschreibt die prinzipiellen bautechnischen Möglichkeiten den thermischen Energiebedarf eines Gebäudes zu senken.

### 9.1 Wärmedämmfähigkeit

Die Wärmedämmfähigkeit eines Baustoffes wird durch seinen Wärmeleitfähigkeit (W/m.K) ausgedrückt.

Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, welche Wärmemenge pro Sekunde durch 1 m<sup>2</sup> eines Baustoffes von 1 m Dicke strömt, wenn der Temperaturunterschied zwischen innen und außen 1 Kelvin beträgt. Je kleiner dieser Wert ist, desto bessere Wärmedämmeigenschaften besitzt der jeweilige Baustoff. Durch Berücksichtigung der Dicke der einzelnen Baustoffe und der Wärmeübergangswiderstände an den Bauteiloberflächen kann der U-Wert (früher k-Wert) eines Bauteiles durch Berechnung ermittelt werden.

*Tabelle 5: Wärmeleitfähigkeit üblicher Dämmstoffe*

*Quelle: Broschüre, Dämmstoffe – Informationen zur Auswahl von Dämmstoffen (September 1999)*

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit [Lambda] (W/mK)
Baumwolle	0,04
Blähglimmer	0,07
Bläh-Perlite	0,05
Expandiertes Polystyrol (EPS)	0,04
Expandiertes Polystyrol (XPS)	0,03
Flachs	0,04
Mineralwolle	0,04
Hanf	0,04
Holzfaserdämmplatte	0,04
Holzwolle-Leichtbauplatte	0,1
Kokosfaser	0,05
Kork	0,05
Polyurethan (PUR)	0,03
Schafwolle	0,04
Zellulosedämmstoff	0,04
Schaumglas	0,04

#### Weitere Informationen

Ein Programm zur Berechnung von U-Werten von Baukonstruktionen bietet folgendes Tool zur U-Wert-Berechnung.

*Tabelle 6: EDV-Programme zur Berechnung von Wärmebrücken  
Quelle: Wärmebrückenfreies Konstruieren (Hg. V. PHI Darmstadt, Arbeitskreis  
kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 16, 1999)*

Name	Dimensionen	Dynamisch	Hersteller/Kontakt	FEM/FDM
ARGOS	2D		Grünzweig + Hartmann, G+H Connect Tel.: +49 108 5010501	FDM
DIM			TU Dresden, Institut für Bauklimatik	
FLIXO	2D/Zyl.		Infomind GmbH, Zürich, Schweiz Tel. 01/241 24 23	FEM
ISOTHERM	2D		Institut für Fenstertechnik, Rosenheim Tel.: +49 8031 261-0	FEM
WAEBRU EUROKOBRA/ AUSTROKOBRA	2D/3D2D	x	TU Wien, Institut für Hochbau Tel.: +43 1 58801-27031	FDM
WINISO	2D		Sommer Informatik, D	FEM
FEM...Finite Elemente Methode FDM... Finite Differenzen Methode				

[http://energytech.sneak.energyagency.at/sanierung/portrait\\_kapitel-2.de.html](http://energytech.sneak.energyagency.at/sanierung/portrait_kapitel-2.de.html) - top#top

## 9.2 Wärmespeicherung und sommerlicher Überwärmungsschutz

Wärmedämmmaßnahmen verändern das Wärmespeicherverhalten von Bauteilen. Der Einfluss der Speichermasse auf den Heizenergieverbrauch ist beim mitteleuropäischen Klima im Ganzen gesehen relativ gering. Auf eine Außendämmung sollte aus diesem Grund keinesfalls verzichtet werden, bei Innendämmungen sind die Veränderungen der Speicherwirksamkeit aber zu beachten.

- In Hitzeperioden kann die speicherwirksame Masse überschüssige Wärme aufnehmen.
- Je weniger Speichermasse erwärmt werden muss, desto kürzer wird die Aufheizzeit.

Die Wärmespeicherfähigkeit eines Baustoffes wird durch seine spezifische Wärmekapazität  $c$  definiert und durch die speicherwirksame Masse der Bauteiloberfläche in  $\text{kg/m}^2$  ausgedrückt.

Die speicherwirksame Masse ist abhängig von der spezifischen Wärmekapazität, der Rohdichte, der Grenztiefe  $g$  und der Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Baustoffes. Die Grenztiefe  $g$  eines Baustoffes ist jene Bauteilstärke (gemessen ab der dem Innenraum zugewandten Bauteiloberfläche), ab der keine nennenswerte Zunahme des Wärmespeichervermögens mehr erfolgt. Bei Vollziegel-, Hohlziegel- oder Leichtbetonmauerwerk liegt dieser Wert bei ca. 20 cm. Für die typische eintägige Wärmespeicherung sind nur die raumseitig oberen 5 bis 10 cm Materialstärke entscheidend. Auch die Innenbauteile Decken, Fußböden, Innenwände und Möbel tragen wesentlich zur Gesamtspeicherkapazität bei.

Die Raumtemperatur der Aufenthaltsräume soll an sommerlichen Hitzetagen, insbesondere an Schwületagen min. 3K aber nicht mehr als 6K unter der maximalen Außenlufttemperatur bleiben.

Der Nachweis der Nichtüberwärmung ist mit Hilfe der vereinfachten Verfahren gemäß B8110-3 möglich, bei dem die wichtigsten Einflussfaktoren für die sommerliche Raumerwärmung,

- die Größe der strahlungsdurchlässigen Flächen (Glasflächen)
- die Wirkung des Sonnenschutzes
- das Ausmaß der natürlichen Belüftung des Innenraumes
- die speicherwirksame Masse

berücksichtigt werden. Der Nachweis ist umso wichtiger, je höher der Anteil der Sonnenenergie zur winterlichen Raumerwärmung ist.

### 9.2.1 Dynamische Simulation

Mittels einer dynamischen Simulation können die für die Raumerwärmung maßgeblichen Faktoren mit Hilfe von Funktionen zueinander in Beziehung gesetzt und optimiert werden. Das thermische Verhalten von Gebäuden kann mit mathematischen Modellen simuliert werden. Erfolgreich eingesetzt wurde bisher u.a. das EDV-Programm TRNSYS, das bis zu 25 Temperaturzonen simulieren kann. Durch die Einbindung von Zusatzmodulen können mit TRNSYS die Auswirkungen der haustechnischen Anlagen wie Heizung, Lüftung, Solaranlage, die klimatischen Bedingungen und das jeweilige Benutzerverhalten in die Berechnungen mit einbezogen werden.

#### Weitere Informationen

Dynamische Simulationen werden u.a. durchgeführt von

- Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie Siehe auch Innovative Projekte: Volksschule Grafenschlag, Architekt Johannes Kislinger
- Energie-Institut
- Technische Universität Graz Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25, A-8010 Graz
- Gasser – Messner (GMI), Dornbirn, Vorarlberg
- Planungsteam E-PLUS, In der Gerbe 1144, A-6863 Egg, Vorarlberg
- AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf

### 9.2.2 Luftdichte Bauweise

Einer sorgfältigen Bauausführung der Luftdichtung muss bei der thermischen Altbausanierung größte Beachtung geschenkt werden. Ein luftdichter Aufbau von Dächern wird durch die bestehenden Baunormen gefordert – aber selten erreicht.

Die Luftdichtung (und Dampfbremse/-sperre) befindet sich immer auf der warmen Seite der Dachkonstruktion zum Innenraum. Die Winddichtung befindet sich immer auf der kal-



ten Seite der Konstruktion. Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, wie z.B. in der Dampfbremse oder bei Fensteranschlüssen führen zu

- großen Wärmeverlusten,
- Gefahr von Bauschäden durch Tauwasserbildung,
- einem zu trockenen Raumklima im Winter,
- einem verringerten sommerlichen Wärmeschutz,
- einem schlechten Schallschutz und
- unkontrolliertem Luftwechsel.

### 9.2.3 Wärmeverlust durch eine Fuge

Durch eine 1 mm breite und 1 m lange Fuge kommt es zu einer Verschlechterung des Dämmwertes um das 4,8-fache. Durch diese Fuge können pro Tag und Quadratmeter bis zu **800 g Feuchtigkeit** in die Konstruktion gelangen, bei dichter Dampfbremse dagegen nur 0,5 g.

#### Rahmenbedingungen

Innentemperatur: +20 ° C,

Außentemperatur: -10 ° C

Druckdifferenz: 20 Pa = Windstärke 2 - 3

#### Messwerte

ohne Fuge: U-Wert = 0,3 W/m<sup>2</sup> K,

mit 1 mm Fuge: U-Wert = 1,44 W/m<sup>2</sup> K

*Quelle: Wärmeverlust bei 1 mm Fuge (Messung: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart)*

## 9.3 Dampfdiffusion

Eine wesentliche Voraussetzung für eine funktionsfähige Wärmedämmung ist die Vermeidung von Durchfeuchtung. Neben der aufsteigenden Feuchte aus dem Boden ist die Kondensation in Bauteilen zu beachten. Grundsätzlich erfolgt die Wasserdampfdiffusion immer von der warmen zur kalten Seite eines Bauteiles bzw. von der Seite mit höherer zu jener mit geringerer Luftfeuchtigkeit. Das bedeutet, dass im Winter die Dampfdiffusion durch die Gebäudehülle von innen nach außen erfolgt. Der Widerstand, den ein Bauteil dem Wasserdampftransport entgegensetzt, wird im Verhältnis zum Widerstand in Luft (=1) angegeben und als Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl bezeichnet.

Tabelle 7: Wasserdampf-Diffusionswiderstand von Materialien

Luft	1
Schafwolle, Flachs, Mineralwolle	1
Kork	5 - 10
Polystyrol-Hartschaumplatten	30 - 60
Holz	15 - 35
Ziegel	5 - 15
Beton	100
PE-Folie	100.000
Aluminiumfolie	dampfdicht

Der Diffusionswiderstand eines ganzen Bauteiles wird durch die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke definiert, welche die Dicke einer Luftschicht mit gleich großem Diffusionswiderstand in m angibt. Die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke errechnet sich aus der Materialstärke mal Diffusionswiderstand.

Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke ( $s_d$ ) = Materialstärke (in m) x Diffusionswiderstand

**Beispiel:**

Mauerwerk 30 cm, Hohlziegel:  $s_d = 0,3 \times 10 = 3 \text{ m}$

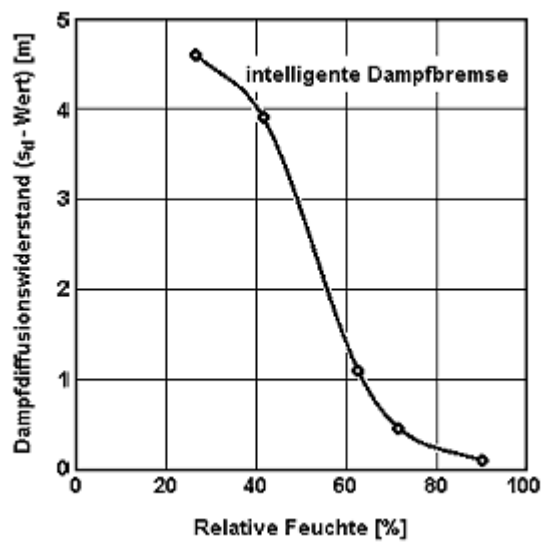
PE-Folie 0,2 mm:  $s_d = 0,0002 \times 100.000 = 20 \text{ m}$

### 9.3.1 Problemfall Vollsparrendämmung

Ein besonderes Problem stellen Vollsparrendämmungen (volle Ausnutzung des Sparrenzwischenraumes) dar, die außen diffusionsdicht sind (z.B. Bitumendachpappe). Die Anbringung einer dichten Dampfsperre (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke ca. 50 m) verhindert in der Theorie das Eindringen von Wasserdampf. Wenn diese Sperre allerdings nicht völlig fugenfrei und dicht verlegt ist dringt Wasserdampf in erheblicher Menge in die Konstruktion ein, kann aber nicht mehr ausdiffundieren. Aus diesem Grund ist hier eine diffusionsoffene Luftdichtung – statt der Dampfsperre von Vorteil.

Am Fraunhofer Institut wurde eine „intelligente Dampfbremse“ entwickelt. Die Dampfdurchlässigkeit der Polyamid – Folie ist im feuchten Zustand deutlich höher als im trockenen. Bei einem feuchten Bauteil andererseits ist die erhöhte Trocknungsgeschwindigkeit erwünscht. Die Polyamidfolie ist in der Lage, ihre Dampfdurchlässigkeit automatisch an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen.

Abb. 3: „Intelligente“ Dampfbremse, Fraunhofer Institut



## 10 Diagnose – Planung – Qualitätssicherung

Dieses Kapitel widmet sich dem Vorfeld (Diagnose und Planung) bzw. der begleitenden Kontrolle und Nachbereitung (Qualitätssicherung) einer Althausanierung.

### 10.1 Grobdiagnose EPIQR

Im Rahmen des Schweizer Impulsprogramms IP-Bau wurde die „Grobdiagnose“ für Wohnbauten 1992 entwickelt um mit begrenztem Aufwand einen ersten Überblick über den Zustand einer Liegenschaft und die Kosten ihrer Instandsetzung zu erhalten. Die Grobdiagnose baut auf Resultaten von englischen und französischen Forschungsarbeiten auf. Diese haben festgestellt, dass die Kosten von Instandsetzungsarbeiten auf Grund einer begrenzten Zahl von Bauteilen geschätzt werden können. Damit lässt sich der Aufwand der Ermittlung des Zustandes reduzieren und erreicht dennoch die notwendige Zuverlässigkeit einer groben Beurteilung.

Auf Basis der Grobdiagnose entwickelten sieben europäische Forschungslaboratorien im Rahmen des Joule-Programms das Computerprogramm EPIQR. EPIQR steht für die Betrachtung der Energie (Energy Performance), der Wohnraumqualität (Indoor Environment Quality) und für die Berücksichtigung von Modernisierungsmaßnahmen (Retrofit) an bewohnten Altbauten.

- Das Bauobjekt wird mit einigen wenigen Mengen- und Flächenangaben beschrieben. Sie bilden die „Kennwerte“ der Berechnung (z.B. Gebäudegrundfläche, Fassadefläche, Anzahl der Wohnungen, Anzahl der Treppenhäuser, etc.).
- Jedem Zustandscode eines Elementes und Typ wird ein mittlerer (plausibler) „Maßnahmenvorschlag“ zugeordnet.
- Für jedes Element und jeden Typ werden die Kosten der plausiblen Maßnahmen pro Einheit des Elementes errechnet (m<sup>2</sup>, Anzahl Wohnungen, Anzahl Treppenhäuser, etc.).
- Die Kosten pro Einheit werden mit Korrekturfaktoren den spezifischen Gegebenheiten angeglichen (Umfang des Bauvorhabens, Baubedingungen, Zugang und Platzverhältnisse, Baukostenindex, Honorare).

Die Summe der Gesamtkosten bildet eine gute Grundlage für die strategische Planung im Rahmen einer Immobilienbewirtschaftung. Die Standardinstandsetzung ergibt ein erstes Resultat (genereller Zustand, Anzahl der kritischen Elemente, Dringlichkeit und Kosten) und erlaubt den Vergleich mehrerer Bauten. Das Modul Energie erlaubt eine grobe Energiebilanz des bestehenden Bauwerks zu berechnen. Es basiert auf der europäischen Norm EN 832. Damit können bereits in diesem frühen Stadium die energetischen Einsparungen der einzelnen Maßnahmen verglichen und der Energieverbrauch in Abhängigkeit von den Kosten optimiert werden. Mit dem Schritt von der Diagnose zur Prognose wird das Summenergebnis der Kosten in Einzelpreise umgewandelt. Für die Entwicklung von Szenarien werden die tatsächlich geplanten Maßnahmen beschrieben und die entsprechenden Preise eingesetzt.

#### Weiterführende Informationen

zur Methode EPIQR bietet die Firma Estia sàrl auf ihrer Website <http://www.estia.ch/>.

## 10.2 Thermografie

Die Thermografie ist ein Messverfahren, das die unsichtbare thermische Infrarot-Strahlung, die ein Objekt aussendet, in eine sichtbare Abbildung, das Thermogramm, umwandelt. Die Gebäudethermografie ermöglicht so die berührungslose Erfassung der Oberflächentemperaturverteilung und gestattet die Beurteilung wärmetechnischer Eigenschaften. Thermografische Untersuchungen sind vor Renovierungen, Um- oder Zubauten empfehlenswert und geben Aufschluss über Schwachstellen, kritische Bereiche und geben oftmals neue Informationen über die Geschichte des Objekts. Messungen können auch in Kombination mit der Blower-Door durchgeführt werden, wodurch Fugenundichtheiten, vor allem bei Leichtbauten, Dachausbauten, Fenster- und Türkonstruktionen erkennbar gemacht werden. Ideale Messbedingungen sind nachts und bei Außentemperaturen unter 5°C, wenn am Tag keine größeren Temperaturschwankungen aufgetreten sind.



*Abb. 4: Thermografieaufnahme eines nicht sanierten Objektes  
Quelle: Grazer Energieagentur*

Thermografie-Aufnahmen zeigen die Problembereiche Fensterlaibungen/-stürze. Die Farben rot, gelb und grün bis hellblau bedeuten hohen Wärmeverlust.

Für die Beurteilung eines Thermogramms ist die Berücksichtigung verschiedener Parameter, wie Temperaturunterschiede, Sonneneinstrahlung, unterschiedliches Emissionsvermögen der Materialien, Windgeschwindigkeit, thermische Spiegelungen notwendig.

Die Erkennung von Wärmeverlusten ist wesentlich bei:

- Nachweis von Bauplanungs- und Ausführungsmängeln
- Nachweis von Dichtungs- und Dämmungsfehlern an Wohn- und Industriegebäuden
- Nachweis thermischer Schwachstellen, wie Zugluftleckagen bei Fenstern und an Türen, ungenügend isolierte Heizkörpernischen und Durchfeuchtungen
- Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes, insbesondere an Altbauten
- Lokalisierung nicht sichtbarer Heizungsrohre, Elektro-Fußbodenheizung und Versorgungsleitungen

- Leckortung an Heizungsrohren (statische Heizung, Fußbodenheizung), an Kalt- und Warmwasserleitungen
- Nachweis von Durchfeuchtungen, Gefährdung der Bausubstanz
- Festlegung von Kernbohrungen in Böden mit Fußbodenheizung zur Einleitung von Trocknungsmaßnahmen
- Nachweis von Rissbildung in Bauteilen und Bauwerken
- Ortung von Bewehrungen
- Beurteilung wertvoller Bausubstanz
- Nachweis baugeschichtlich interessanter Massivbauteile, die unter Putz verborgen sind
- Nachweis und Beurteilung freilegungswürdigen Fachwerks
- Infrarotuntersuchung als Planungshilfe bei der Wiederherstellung des historisch gewachsenen Bildes von Stadt- und Dorfkernen
- Thermogramme als Vorlage für historisch getreue Rekonstruktionen

### Weitere Informationen

Neben vielen anderen, bietet auch arsenal research Thermographie-Messungen an.

### 10.3 Blower-Door-Test

Luftdichtheit ist heute Stand der Technik (ON B 8110 Teil 1). Die Luftdichtheit der Gebäudehülle kann durch Tests nach der Druckdifferenzmethode gemäß ISO 9972 kontrolliert werden. (Blower-Door-Test). Dieser Test wird vor dem Anbringen der Innenverkleidungen durchgeführt, da sonst keine Ausbesserung an der Dampfbremse mehr durchgeführt werden kann.

Eine Undichtigkeit im Bereich des Gebäudedaches wird im Winter – auf Grund der nach oben steigenden warmen Raumluft – von Innen nach Außen durchströmt. Die meist feuchtere Raumluft kühlt im Bereich der Undichtigkeit schnell ab. An dieser Stelle bildet sich ein Kondensat und schlägt sich im angrenzenden Bauteil nieder (Konvektion) – ein entsprechender Schaden ist daher vorprogrammiert.

Die Luftdichtheitsanforderungen sind in der DIN V 4108, Teil 7 folgend beschrieben:

Als Nachweisverfahren ist das in ISO 9972 angegebene Verfahren zu verwenden. Als Grenzwerte gelten bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa:

1. bei Gebäuden mit natürlicher Lüftung:

- bezogen auf das Raumluftvolumen: 3 h<sup>-1</sup>
- bezogen auf die Netto-Grundfläche: 7,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)

2. bei Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen (auch einfache Abluftanlagen):

- bezogen auf das Raumluftvolumen: 1 h<sup>-1</sup>
- bezogen auf die Netto-Grundfläche: 2,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)

Das Passivhausinstitut Darmstadt empfiehlt unabhängig davon für Passivhäuser einen Grenzwert von 0,6 h-1.

Die vor kurzem verabschiedete Europäische Norm EN 13829 basiert auf der ISO 9972 mit einigen Modifikationen, die die Messgenauigkeit und die Messbedingungen betreffen. Außerdem beschränkt sich die EN 13829 erstmals auf Gebäude bzw. Gebäudeteile, während die ISO 9972 auch die Messung von Bauteilen beschreibt.



Abb. 5: Blower Door

Quelle: [www.blowerdoor.de](http://www.blowerdoor.de)

Undichtheiten können mittels Rauchröhrchen und einem Hitzdrahtanemometer ausfindig gemacht werden.

Zur Bewertung der Dichtheit der Gebäudehülle wird der Luftvolumenstrom bei Unter- und Überdruck für verschiedene Druckdifferenzen von 10-60 Pascal bestimmt. Aus dem gemittelten Kurvenverlauf ergibt sich der stündliche Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pa gegen Atmosphärendruck. Dieser Wert wird mit  $n_{50}$  bezeichnet. Der  $n_{50}$  - Wert ist eine Qualitätsangabe über die Dichtheit der Gebäudehülle.

### **Netto-Grundflächenbezogene Luftdurchlässigkeit bei 50 Pascal (NBV50)**

Der NBV50 ist der Quotient aus dem Volumenstrom bei 50 Pascal und der Netto-Grundfläche des Gebäudes

### **Effektive Leckagenfläche (ELA)**

Die ELA kann physikalisch als die Fläche einer strömungsgünstigen Öffnung in einer dünnen Platte betrachtet werden, durch die bei einem Druck von 4 Pascal die gleiche Luftmenge strömt wie durch die Gesamtheit aller Leckagen des Gebäudes bei dem gleichen Druck.

### **Äquivalente Leckagenfläche (EqLA)**

Die EqLA kann physikalisch als die Fläche einer runden, scharfkantigen Öffnung betrachtet werden, durch die bei einem Druck von 10 Pascal die gleiche Luftmenge strömt wie durch die Gesamtheit aller Leckagen bei dem gleichen Druck.



**Weitere Informationen:**

Blower-Door-Tests werden unter anderem angeboten von:

- arsenal research, Wien
- Fa. Isocell, Neumarkt/Wallersee
- Fa. Hofer&Weratschnig, Wels
- Holz-Bau Weiz, Birkfelder Str. 40 A-8160 Weiz
- Ing. Johannes Geiger, Dr. K. Rennerstr. 23, A-8101 Gratkorn
- Blower Door GmbH, Im Energie und Umweltzentrum, D-31832 Springe-Eldagsen

**10.4 Energieberatung**

Energetische Schwachstellen an Gebäudehülle und Heizungsanlagen werden von eigens für diese Aufgabe qualifizierten Energieberatern erfasst, dokumentiert und analysiert. In Österreich ist Energieberatung je nach Bundesland unterschiedlich organisiert. Die Ausbildung zum Energieberater wurde im Rahmen der ARGE Energieberatung standardisiert.

**Weitere Informationen**

Die Österreichische Energieagentur bietet einen Überblick über Energieberatung auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene.

**10.5 Integrierte Planung**

Eine integrale Vorplanung zielt darauf ab, die einzelnen Komponenten besser aufeinander abzustimmen, damit in späteren Planungsphasen und auch während der Ausführungsphase weniger Korrekturen vorgenommen werden müssen. Praktisch bedeutet das eine frühzeitige Koordination von Fachleuten bezüglich der wichtigsten Aspekte der energetischen Sanierung. Der Weg zu einer umfassenden thermischen Gebäudesanierung unterscheidet sich vom üblichen Ablauf eines Sanierungsprojekts.

- Über allgemeine Planungsziele und die gesetzlich geforderten Werte hinaus werden explizite Zielvorgaben entwickelt.
- Diese vereinbarten Qualitätsstandards werden im Pflichtenheft festgeschrieben und in der Leistungsbeschreibung ausformuliert.
- Die Zielerreichung wird durch protokollierte Abnahmeprüfungen nachgewiesen.
- Der Nutzer erhält einen detaillierten Qualitätsnachweis (Energieausweis, in Zukunft auch Gebäudeausweis).

Den ersten Planungsschritten, oft irreführend als „Nullphase“ bezeichnet, kommt dabei besondere Bedeutung zu. Noch ist alles möglich und es laufen keine hohen Kosten an (bezogen auf die Lebenszykluskosten eines durchschnittlichen Bürogebäudes beträgt der Honorar-Anteil etwa 1%). Mehr in die Planung zu investieren macht sich auch an anderer Stelle bezahlt. Einige zusätzliche Varianten kosten wenig – „Planen am Bau“ führt hingegen oft zu extremen Überschreitungen der geplanten Kosten.

### 10.5.1 Optimierungstool Eco-Building

Eine Arbeitsunterlage zur integrierten Planung ist derzeit in Entwicklung: EcoBuilding ist ein Leitfaden zur Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment und beruht auf dem Studienprogramm Green Building Challenge, an dem mittlerweile 17 Länder beteiligt sind. Die GBC Ergebnisse wurden auch in Teilen der Bauindustrie umgesetzt, so z.B. von der deutschen, österreichischen und schweizer Ziegelindustrie in Form des GBC-Handbuchs der Ziegelindustrie.

#### Weitere Informationen

Der aktuelle Entwicklungsstand von EcoBuilding ist auf der Website InfoService Wohnen Bauen (<http://www.iswb.at/index.htm>) abrufbar, Diskussionsbeiträge zur Weiterentwicklung sind erwünscht.

### 10.5.2 Generalunternehmer oder Einzelgewerkvergabe

Die Art der Vergabe ist gerade im Sanierungsbereich von entscheidender Bedeutung. Vor allem für Bauherrn ohne entsprechende bautechnische Erfahrung bietet die Vergabe an einen erfahrenen Generalunternehmer wesentliche Vorteile. Der Generalunternehmer verpflichtet sich, ein gesamtes Projekt „schlüsselfertig“ nach vorliegender Planung umzusetzen. Die Planung wird meist an einen Generalplaner übergeben. Die Entlastung besteht darin, nur einen Auftragnehmer für alle Gewerke zu haben, straffere Projektabwicklung, Termintreue und Kostensicherheit bei Vereinbarung eines Fixpreises sind wesentliche Anreize. Die Vergabe eines Sanierungsprojektes an einen Generalunternehmer verursacht zwar auf den ersten Blick zwar höhere Kosten, sie erweist sich allerdings im Endeffekt vielfach günstiger als die Einzelgewerkvergabe.

## 10.6 Contracting

Unter dem Begriff „Contracting“ – synonym wird häufig der Begriff „Drittfinanzierung“ verwendet – ist die Auslagerung von Maßnahmen und Dienstleistungen zur Bereitstellung von Energie oder zur effizienten Verwendung (Einsparung) von Energie an einen Dritten zu verstehen. Dabei wird zwischen dem Anlagen-Contracting und dem Einspar-Contracting unterschieden.

Dem Nutzer entstehen keine zusätzlichen Investitionskosten. Die Investitionen werden durch die Differenz der bisherigen Energiekosten und der neuen reduzierten Energiekosten finanziert. Nach Ablauf der Vertragszeit (im allgemeinen 5 bis 15 Jahre) kommt der Bauherr in den Genuss reduzierter Betriebskosten.

Beim Einspar-Contracting – auch „Energy Performance Contracting“ genannt – realisiert der „Dritte“ Maßnahmen zu Energiebedarfsreduktion. Sein Entgelt orientiert sich an der Höhe der eingesparten Energiemengen. Dieses Modell hat sich unter anderem bei der energetischen Sanierung von öffentlichen Bauten wie Schulbauten als erfolgreich erwiesen.

Beim Anlagen-Contracting finanziert der Contractor die Anlage vor und bemisst das Entgelt an den dem Nutzer zur Verfügung gestellten Energiemengen.

### **Weitere Informationen**

Marktübersicht über österreichische Contracting-Firmen und Referenzprojekte  
(<http://www.energyagency.at/contracting/index.htm>)

## 11 Ausgewählte Maßnahmen der Gebäudesanierung

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Maßnahmen, die in der energetischen Althaussanierung einsetzbar sind, beschrieben.

### 11.1 Dämmsysteme mit höheren Dämmstoffstärken

Die Stärke einer einmal angebrachten Dämmung lässt sich nachträglich normalerweise nicht mehr verändern. Die heute vielfach noch üblichen Dämmstoffstärken von 5 bis 6 cm im Außenwandbereich und 10 bis 15 cm im Dachbereich sind sowohl energetisch als auch aus finanzieller Sicht nicht optimal. Für größere Dämmstärken sprechen:

- der lange Nutzungszeitraum der Maßnahme (ca. 40 Jahre)
- der gesteigerte Wohnkomfort durch höhere Oberflächentemperaturen
- das Verhältnis Dämmstoff-Materialkosten zu Gesamtinvestitionskosten
- niedrige Gesamtkosten über die Lebensdauer

Was aus heutiger Sicht unter „Wirtschaftlicher Wärmedämmung“ zu verstehen ist, wurde in der ÖNORM B 8110-4 festgelegt. Der erforderliche Wärmeschutz wird dabei für den Betrachtungszeitraum (z.B. 30 oder 60 Jahre für Wohngebäude) mit relativ geringstem wirtschaftlichem Aufwand sichergestellt.

Die Dämmstärke sollte mindestens 8 bis 20 cm betragen. Geringere Dämmstärken sind nicht sinnvoll. In Verbindung mit einem gut wärmedämmenden Mauerstein kann bei zu geringen Dämmstärken der Taupunkt im Mauerstein liegen. Die Kleberschicht wird nass und bei Frost kann im Extremfall die Fassade abgesprengt werden.

Tabelle 8: U-Werte einiger Wandkonstruktionen mit und ohne Dämmung

Vorhandene Wandkonstruktion einschließlich 1,5 cm Innenputz			Wand plus Wärmedämmung $\lambda=0,4 \text{ W/mK}$	
Wandaufbau	Dicke (cm)	U-Wert ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	Dicke der Dämmschicht (cm)	U-Wert ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )
Vollziegel	38	1,37	6	0,45
			10	0,31
			12	0,27
			16	0,21
Hohlziegel	30	0,89	6	0,38
			10	0,28
			12	0,25
			16	0,2
Stahlbeton	20	3,7	6	0,56
			10	0,36
			12	0,31
			16	0,23

Neben vorgehängten Fassaden mit und ohne Hinterlüftung werden hauptsächlich Wärmedämm-Verbundsysteme WDVS eingesetzt. Dafür stehen derzeit folgende Dämmstoffe zur Verfügung:

- Polystyrol EPS-F (Expandierter Polystyrol Hartschaum – Fassade)
- Steinwollefassadenplatten
- Backkorkplatten
- Weichholzfaserplatten
- Mineralschaumplatte (STO Therm Cell, neues Produkt der Firma STO)

Die Funktion eines Wärmedämmverbundsystems kann nur bei systemkonformer Ausschreibung und Ausführung gewährleistet werden. Die Verarbeitung ist in österreichischen Normen (ÖNORMen B 2259, B 6110, B 6135) sowie durch Herstellerangaben geregelt.

### **Weitere Informationen**

Eine Verarbeitungsrichtlinie mit Detailzeichnungen für An- und Abschlüsse ist 1999 unter dem Titel „Verarbeitungsrichtlinie für Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme“ von der Qualitätsgruppe Vollwärmeschutz veröffentlicht worden. Anzufordern bei der Gemeinschaft Dämmstoff Industrie.

## **11.2 Sanierung von Wärmebrücken**

Sehr gut wärmegeämmte und luftdichte Bauten sind in Bezug auf Wärmebrücken besonders empfindlich. Das kann zu einer Fehleinschätzung des Heizenergiebedarfes und zu Kondensatschäden führen. Es können drei folgende Arten unterschieden werden:

- materialbedingte Wärmebrücken,
- geometrisch bedingte Wärmebrücken,
- lokal unterschiedliche Randbedingungen (z.B. Wärmequellen bei Fußbodenheizungen)

Wärmebrücken treten üblicherweise am Übergang zwischen Außenwand und oberster Geschossdecke, an den Fensterleibungen (Sturz, Seitenteile, Brüstung) sowie an der Verbindung zwischen Außenwand und Geschossdecke (insbesondere bei auskragenden Balkonplatten) auf.

Die Auswirkungen von Wärmebrücken auf den Transmissionswärmeverlust werden durch Leitwertzuschläge (Dimension W/K) ermittelt. Im Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen sind dazu zwei Verfahren angeführt:

- gemäß ÖNORM EN ISO 10211-1
- entsprechend dem vereinfachten Ansatz nach „Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen, OIB-382-010/99“.

Tabelle 9: EDV-Programme zur Wärmebrückenberechnung

Programm	Hersteller
ARGOS	Grünzweig+Hartmann, G+H Connect
WAEBRU, EUROKOBRA/ AUSTROKOBRA	TU Wien

### 11.3 Fenster/Türen

Traditionell werden in Österreich und Deutschland alle Teile eines Fensters als Flügel ausgebildet. In Holland beispielsweise wird dagegen ein kleiner Lüftungsflügel mit großflächiger Festverglasung bevorzugt. Diese Lösung ist sowohl energetisch als auch hinsichtlich der Kosten günstiger.

Je nach Nutzerverhalten kann eine einfache Maßnahme auch bedeutende Energieeinsparungen ermöglichen: Elektrische Kontakte an den Fensterflügeln schalten bei Kippstellung bzw. Öffnung der Fenster die Heizung ab.

#### 11.3.1 Verglasungsarten und Temperaturen an der Scheibeninnenfläche

Bei einer Innentemperatur von 20°C und einer relativen Raumluftfeuchte von 50 % liegt die Taupunkttemperatur bei 9,3°C. Bei -10°C Außentemperatur stellt sich an der Innenoberfläche einer 2-Scheiben-Isolierverglasung eine Temperatur von 8,4°C ein. Die Folge: Raumluftfeuchte kondensiert an der gesamten Scheibe. Aufgrund der Schwachstelle Rahmenverbund bildet sich in den Randbereichen schon bei weniger tiefen Außentemperaturen Kondensat.

Tabelle 10: Die unterschiedlichen Verglasungsarten und deren Energieeinsparungspotential sowie die Innenoberflächentemperatur der Scheiben

	U-Wert	Innenoberflächentemperatur der Scheibe bei -10°C außen und 20°C innen
<b>Einscheibenglas</b>	5,6	- 1,0°C
<b>2-Scheiben-Isolierglas</b>	2,9	+ 8,4 °C
<b>3-Scheiben-Isolierglas</b>	2,1	+ 12,1 °C
<b>2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas</b>	1,1	+ 13,8 ... + 15,5°C
<b>3-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas</b>	0,4	+ 16,8 ... + 17,3°C

Für Niedrigstenergiehäuser bzw. Passivhäuser sind 3-Scheiben-Wärmeschutz-Isoliergläser mit Edelgasfüllung und an den jeweiligen Innenseiten der Scheiben einer Spezialbeschichtung. Mit diesen Gläsern kann man an nicht verschatteten Südfassaden über die Heizperiode Nettoenergiegewinne erzielen. Mindestanforderungen für diese Gläser sind ein U-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup> K und ein g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) von 50%.

## Rahmenverbund

Die U-Wert-Angabe bei Fenstergläsern bezieht sich auf den Rechenwert in der Mitte des Fensters, und berücksichtigt nicht die energetische Schwachstelle Randverbund. Wenn der übliche Aluminiumrandverbund mitgerechnet wird, liegt der U-Wert, abhängig von der Glasgröße um 15-20% über dem Rechenwert.

- Ein erhöhter Glaseinstand vermindert diese Wärmebrücke durch Überdeckung
- „Warm Edge“-Thermoränder aus Hochleistungskunststoffen z.B. TS-Thermo Spacer entschärfen das Problem des Randverbundes wesentlich. Der Mehrpreis für diesen Randverbund ist relativ niedrig, der Nutzen hingegen sehr hoch. Der Wärmeschutz der Gläser wird wesentlich verbessert und Kondensatbildung ist so gut wie ausgeschlossen.

## Entwicklung eines Passivhaus-Vollholzfensters im „Haus der Zukunft“

„Passivhausfenster“ sind nicht speziell für die Einbauverhältnisse im Altbestand eingerichtet, können aber unter bestimmten Umständen bei der Sanierung sinnvoll eingesetzt werden. Berechnungen an einer typischen Kombination 30 cm massive Außenwand – „Passivhausfenster“ mit der Methode der finiten Elemente ergaben unter anderem folgenden Ergebnisse:

- Die wärmetechnische Verbesserung der Mauerleibung ist unverzichtbar
- Die Entwicklung eines Einbaurahmens für den Einbau von Passivhausfenstern erscheint erforderlich

*Quelle: Hofrat Ing. Mag. Mathias M. Stani, Leiter der technischen Versuchsanstalt für Wärme und Schalltechnik am TGM, Expertendatei*

Architektonische Anforderungen, Denkmal- und Ensembleschutz verlangen im Fall der Althausmodernisierung oft schlanke Fensterkonstruktionen. Daran wird zurzeit im Forschungsprogramm „Haus der Zukunft“ gearbeitet. Ausgangspunkt war ein österreichisches Niedrigenergiefenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m<sup>2</sup>K (inkl. Rahmenverluste). Das Fenster ist sehr schlank, Rahmen und Flügel sind 88 mm dick. Im nächsten Schritt wurde das Massivholz des Flügelrahmens ersetzt durch eine Sandwich-Konstruktion Holz-Purenit-Holz. Für den Einbau in die Fassade müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden um Wärmebrücken zu vermeiden. Aufgrund des Prüfzeugnisses der Vollholzkonstruktion verbunden mit dem rechnerischen Nachweis der Verbesserungen ist die Neuauflage nun einsetzbar in Passivhäusern (z.B. CEPHEUS-Haus in Wolfurt, Vorarlberg, Arch. Gerhard Zweier und drei weitere Gebäude).

Auf Basis dieser Erfahrungen wird nun ein passivhausgeeignetes Vollholzfenster entwickelt, das die Vorzüge des Holzfensters mit den ausgezeichneten Dämmwerten des Passivhausfensters verbinden soll. Nach physikalisch theoretischen Voruntersuchungen und Versuchen wird eine Null-Serie gefertigt und geprüft, sodass bis Jahresende 2000 ein zertifiziertes Passivhausfenster mit entsprechenden Einbauvorschlägen zur Verfügung steht, derzeit wurde im Projekt der Firma Sigg im Rahmen des „Hauses der Zukunft“ bereits ein U-Wert von 0,79W/m<sup>2</sup>.K erreicht.

## Weitere Informationen

- Tischlerei Sigg
- Projektbeschreibung „Haus der Zukunft“

*Tabelle 11: Hersteller passivhaustauglicher Fensterkomponenten  
( $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , entsprechend Europäische Fensternorm EN 100 77)*

Komponente	Firma
Heat-mirror-Verglasungen (Folien)	Mayer Glastechnik GmbH (mgt@mgt.at)
Climatop Solar (Dreifachverglasung)	GlasMarte
thermisch getrennter Abstandhalter	Thermix GmbH
Drei3Holz	Freisinger Bau+Möbeltischlerei
Buhl WarmFenster	Buhl (Tel. 02985 2113-288)
Fenster „Haus der Zukunft“	Sigg
Tabelle ohne Anspruch auf Vollständigkeit, weitere entsprechende Produkte werden ergänzt	

## 11.4 Solare Sanierungen

Die Nutzung der Solarenergie bei der Sanierung ist ein noch wenig genutzter Weg. Wird bei Niedrig-Energie-Neubauten in der Planungsphase versucht bei Lage, Orientierung und Oberflächen-Volumen-Verhältnis des Gebäudes ein Optimum zu erreichen, so ist bei Altbauten daran i.a. nichts mehr zu verändern. Aber Wärmedämmung sowie die Erneuerung der Fenster und der Heizungsanlage müssen nicht zwangsläufig die einzigen Maßnahmen bleiben; mit etwas Phantasie kann aber oft auch bei Altbauten ein massiver Einsatz von passiver oder aktiver Solarnutzung vorgesehen werden. Balkonverglasungen, vorgehängte Glasfassaden, (die neben einer positiven Wärmebilanz auch schallschutztechnische Verbesserungen bringen), der Einsatz von transparenten Wärmedämm-Materialien (TWD), oder auch der Einbau einer solaren Warmwasserbereitung oder solaren Beheizung von Wohn- oder Nebenräumen kann bei Sanierungsvorhaben durchaus Sinn machen. So kann bei der Sanierung von Wänden ein Wandheizsystem eingebaut werden, was die Voraussetzung für den effizienten Betrieb einer solaren (Niedrigtemperatur)-Raumheizung darstellt. Besonders bei der Sanierung von Dächern kann eine Tageslichtnutzung eingeplant werden. Sonnenkollektoren können als vollwertiger Ersatz der üblichen Dachhaut herangezogen werden. Mittlerweile gibt es auch auf dem Gebiet der Solarstromerzeugung eine Reihe von Anbietern, die Photovoltaik-Dachziegel im Programm führen.

## Weitere Informationen

Die Internationale Energieagentur IEA hat im Rahmen des „Solar Heating & Cooling Programme“ den Themenbereich „Solar Energy in Building Renovation“ (Task 20) bearbeitet.



### 11.4.1 Glasanbauten und Wintergärten

Nach ÖNORM M7700 wird ein Wintergarten, der als passiver sonnentechnischer Bauteil zur Energiegewinnung beiträgt, als Sonnenloggia oder Sonnenveranda definiert. Dieser Wintergarten muss eine positive Energiebilanz aufweisen, eine Beheizung ist damit auf Grund der thermischen Eigenschaften der Verglasung nicht möglich. Energetisch günstiger sind eng am Haus anliegende, mehrgeschossige Wintergärten, weit ausladende Glasanbauten werden im Sommer zu warm und im Winter zu kalt.

Die Beiträge von Wintergärten zur Beheizung werden oft überschätzt. Große Südfenster sind als System zur passiven Sonnenenergienutzung energetisch wirksamer. Zu bedenken ist auch, dass der Lichteinfall in die hinter der Verglasung liegenden Räume durch die Konstruktion bis zu 20% und durch die Verglasung bis zu 30% reduziert wird.

#### Weitere Informationen

Grundlagen zur Planung von Wintergärten u.a. in: Neues Bauen mit der Sonne, Martin Treberspurg, Springer Verlag Wien New York

### 11.5 Raumluftechnische Anlagen

In Gebäuden mit Lüftungsanlagen ist die Qualität der Innenraumluft vielfach unzureichend, was bis zum Sick Building Syndrom führen kann. Die Energieeffizienz von raumluftechnischen Anlagen (HVAC heating, Ventilation and air conditioning) ist in vielen Objekten nicht optimal. Daher ist es besonders wichtig, Art und Betriebsweise dieser Anlagen zu überprüfen. Die Anforderungen an die Raumlufkonditionen und den Aufenthaltsbereich sind in Empfehlungen und Normen festgelegt:

- **ÖENORM H 6000-3 (1989 01 01)** Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln; hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen
- **ÖENORM EN 13779 (2000 01 01)** Lüftung von Gebäuden – Leistungsanforderungen für raumluftechnische Anlagen
- Die Schweizer Norm **SIA V382/1** stellt im Anhang 2 ein technisches Raumdatenblatt zur Verfügung, welches in Zusammenarbeit mit dem Bauherrn für alle Nutzungszonen ausgefüllt wird.
- **DIN 18379** Raumluftechnische Anlagen
- **ASHRAE – STANDARDS AND GUIDELINES: Standard 62-1989**, „Ventilation for Acceptable Air Quality“, Standard 55-1981, „Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy“

Um den hygienischen Erfordernissen in einem Wohngebäude zu entsprechen, ergeben sich in der Regel Luftwechselraten von 0,4 bis 0,7 pro Stunde. Nach einer thermischen Sanierung wird eine regelmäßige Fensterlüftung erforderlich, um diese Werte zu erreichen. Die Luftwechselraten können dabei Werte von 1-3 erreichen, was den Energiebedarf für den Luftaustausch vervielfacht.

Die hervorragende thermische Qualität moderner Gebäude senkt die Heizlast aber so stark ab, dass jene Luftmenge, die für die hygienischen Erfordernisse benötigt wird, gleichzeitig auch für die Einbringung der Raumwärme ausreicht. Dieses neue Konzept der Frischluftheizung ist im Passivhaus optimal angewandt. Durch haustechnische Ergänzun-

gen können aber auch Gebäude mit diesem System ausgerüstet werden, die nicht alle Anforderungen eines Passivhauses erfüllen. Beispielsweise kann im zentralen Wohnraum ein Einzelofen (Stückholz, Pellets) installiert werden, der nur bei sehr tiefen Außentemperaturen die Frischluftheizung ergänzt.

Ein Erdschichtwärmetauscher sorgt in vielen Fällen während der Heizperiode für die Vorwärmung der Frischluft. Dabei wird bei einer Normaußentemperatur von  $-12^{\circ}\text{C}$  eine Luftaustrittstemperatur von mindestens  $0^{\circ}\text{C}$  angestrebt. Hierfür sind folgende Punkte zu beachten:

- Verlegetiefe 1,5 - 2 m unter Terrain
- Länge 25 - 35 m
- Rohrdurchmesser DN 160 (bis  $125\text{ m}^3/\text{h}$ ) bzw. DN 200
- 1% Gefälle
- Material PE (PVC-Rohre sollten nicht verwendet werden).

Vor dem Erdschichtwärmetauscher wird ein Filter mit hoher Güteklasse installiert, um hygienische Risiken zu eliminieren. Um eine Reinigung zu ermöglichen, wird beim Eintritt in das Gebäude ein Abzweiger mit Wasserablauf angebracht. (Quelle: Planungshinweise der Firma dexel und weiss)

Der Einsatz von Erdwärmetauschern bietet sich vor allem für Gebäude an, in denen Lüftungsanlagen Standard sind: Warenhäuser, Sport- und Mehrzweckhallen, etc. Hier fallen sommerliche Kühllasten sowie erheblicher Wärmebedarf für die Luftvorwärmung an.

Falls es einen Bedarf an Klimatisierung gibt, ist es möglich, solar unterstützte Klimatisierungsanlagen einzusetzen (Desiccant and Evaporative Cooling – Anlage): die Anlage wird thermisch angetrieben, und damit werden Lufttemperatur und -Feuchtigkeit kontrolliert. Diese Geräte sind für Gebäude geeignet, bei denen die Lüftungsanlage für Klimatisierungszwecke verwendet werden soll. Dazu weisen die solarunterstützten Verfahren ein interessantes Potenzial auf, umso mehr als sie zusätzlich einen wesentlichen Beitrag zur Stromeinsatzreduzierung leisten können.

### Weitere Informationen

- Demonstrationsprojekte „Energiebrunnen“ Schotterspeicher: EVN Bezirksleitung Gmünd, 3950 Gmünd, 02852 52577-227
- Informationsblatt Raumluftkonditionierung mit Erdwärmetauschern
- Informationsdienst BINE (<http://bine.fiz-karlsruhe.de/>, unter „Service/Infoplus“)

## 11.6 Sanierung des Heizsystems

Entsprechend der allgemeinen Erfahrungen ist davon auszugehen, dass es infolge einer Heizkesselerneuerung zu Energieeinsparungen von 25 bis 30 % kommen kann. Dabei wurde auch die Energieeinsparung aufgrund einer geringeren Kesselleistung berücksichtigt (Quelle: Ökologie der Althausanierung, NÖ Landesakademie, S 52)

Die folgenden Punkte sind für die Entscheidung Teilsanierung oder Generalsanierung des Heizsystems von Bedeutung.

- Alter des Heizkessels
- Kesselgröße und Wärmebedarf
- Abgasverluste, feuerungstechnischer Wirkungsgrad
- Kaminbefund

Im Falle einer Generalsanierung sind ein Energieträgerwechsel und der Einsatz von Brennwertgeräten zu überprüfen.

### 11.6.1 Wärmeerzeugung

Nach einer Verbesserung des Wärmeschutzes ist immer die Auslegung des Heizkessels zu überprüfen. Die Kesseltechnologie hat sich in den letzten Jahren erheblich verbessert. Heizkessel die älter als ca. 20 Jahre sind, arbeiten in der Regel immer unwirtschaftlich, auch wenn die vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten werden. Moderne Niedertemperatur- und Brennwertkessel erbringen auch im Teillastbetrieb hohe Wirkungsgrade, ältere Heizkessel hingegen arbeiten bei Teillast immer unwirtschaftlich.

*Tabelle 12: Wirkungsgrad von Heizkesseln  
Der Wirkungsgrad von Heizkesseln muss gemäß Richtlinie 92/42/EWG des Rates (europäische Wirkungsgradrichtlinie) für Nennleistungen von 4 bis 400 kW entsprechen*

Standard Heizkessel:	$h \geq 84 + 2 \log P_n$
Niedertemperatur-Heizkessel:	$h \geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Brennwertkessel:	$h \geq 97 + 1 \log P_n$
$P_n$ ... Nennleistung $h$ ..... Wirkungsgrad	

Die einfachste Art, bei Altanlagen eine Überdimensionierung der Kesselleistung zu überprüfen ist die Errechnung der Volllaststunden: Brennstoffverbrauch (kWh/a) / Leistung (kW) = Volllaststunden (h/a)

Volllaststunden von weniger als 1200 h/a (nur Heizung), 1400 h/a (Heizung inkl. Warmwasser) zeigen einen unwirtschaftlichen Betrieb (Ausnahme Niedertemperatur- und Brennwertkessel).

### Jahresnutzungsgrad

Für den Heizenergiebedarf entscheidend ist der Jahresnutzungsgrad gemäß ÖNORM H 5056 aus den Einflüssen des Wärmebereitstellungssystems (z.B. dem Heizkessel), des Wärmeverteilsystems und des Regelmesssystems zu ermitteln.

Tabelle 13: Bewertung von Jahresnutzungsgraden  $\eta_{H}$ 

Quelle: Leitfaden ECO-Building, Infoservice Wohnen + Bauen, (<http://www.iswb.at/>, unter total quality assessment)

Hoher Nutzungsgrad gemäß ÖN H 5056	$\eta_{H} \geq 0,98$	
Überprüfung empfohlen	$0,92 \leq \eta_{H} \leq 0,98$	reduzierter Nutzungsgrad
Verbesserungsmaßnahmen empfohlen	$0,82 \leq \eta_{H} \leq 0,92$	niedriger Nutzungsgrad
Verbesserungsmaßnahmen dringend erforderlich	$0,72 \leq \eta_{H} \leq 0,82$	deutliches Nutzungsgraddefizit
Wirtschaftlichkeit des Systems prüfen, u.U. Erneuerung des Heizsystems	$0,62 \leq \eta_{H} \leq 0,72$	
Brauchbarkeit des Heizsystems prüfen u.U. sofortige Erneuerung des Heizsystems	$0,62 < \eta_{H}$	

### Wärmedämmung von Rohren

Die Wärmedämmung der Rohre sollte in unbeheizten Räumen mindestens 2/3 des Rohrdurchmessers betragen. Die Dämmung von Warmwasser- und Zirkulationsleitungen sollte etwa dem Rohrdurchmesser entsprechen, gedämmte Warmwasserspeicher und Armaturen, die außen fühlbar warm sind, sollten nachgebessert werden.

### Heizkörper

In gutem Zustand befindliche Heizkörper können in bestimmten Fällen weiterverwendet werden. Der Strahlungsanteil vorhandener Heizkörper ist bei glatten Plattenheizkörpern ohne Konvektorbleche am größten, der Konvektionsanteil am geringsten. Je mehr gegliedert ein Heizkörper ist, desto größer wird der Konvektionsanteil. Nach erfolgter Wärmedämmung kann das Heizsystem auf niedrigerem Temperaturniveau gefahren werden, das bedeutet einen Komfortgewinn durch eine Reduzierung der Luftbewegung (Konvektion). Werden einige Heizkörper nicht richtig warm, oder sind Strömgeräusche hörbar, ist ein hydraulischer Abgleich erforderlich.

### 11.6.2 Aktive Solarnutzung

Zustand und Lage der Dachflächen sind ein entscheidendes Kriterium für die Eignung eines Gebäudes für die aktive Nutzung der Sonnenenergie. Die Eignung für die aktive Solarnutzung mittels Sonnenkollektoren (Solarthermie) kann ohne großen Aufwand mit Checklisten überprüft werden.

### Weitere Informationen

Praktikable Checklisten finden sich in folgender Literatur:

- ARGE Erneuerbare Energie / ISFH: Sonnige Herbergen. Anhand dieser Checkliste kann die Vorplanung einer solarthermischen Anlage bis zur Systemwahl, Bestimmung der Kollektorfeldgröße und des Solarspeichervolumens erfolgen.  
<http://energytech.at/solar/results.html?id=1013>
- Schweizer Planungshandbuch, Herausgeber SWISSOLAR, Mellingerstr. 39, CH – 5400 Baden, Tel: 0041-56 22 18 338

## Fassadenkollektoren

sind thermischen Flachkollektoren, die direkt und ohne Hinterlüftungsebene auf Fassaden errichtet werden können. Mit senkrechten Kollektoren kann die Energieausbeute für die teilsolare Raumheizung gesteigert werden, es müssen aber noch Probleme der Bauphysik und Wärmeverteilung gelöst werden.

## Weitere Informationen

Aktuelle Projekte zum Thema Fassadenkollektoren im Haus der Zukunft:

- Projekt „Fassadenkollektoren“
- Projekt „Einsatz und Entwicklung von in die Fassade integrierten Sonnenkollektoren für mehrgeschossige Wohn- und Bürobauten“
- Projekt „Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung“
- Projekte: „Integral 2000 – Neuartiger Systemkollektor mit kürzesten Montagezeiten“

## 11.7 Sanierung des Kühlsystems

Hier wird nur der Kältemaschinenaustausch erwähnt, der schon wesentliche Energieeinsparungen zur Folge haben kann. Einerseits können effizientere Kompressionskältemaschinen eingesetzt werden und andererseits macht der Austausch der Kompressionskältemaschine durch eine Absorptionskältemaschine eine alternative interessante Lösung aus, weil sich der Stromeinsatz dabei deutlich reduziert. Dank des thermischen Verfahrens (Absorption oder Adsorption) wird Strom nur für den Antrieb der sekundären Geräten benutzt (Pumpen, Lösungsmittelpumpe, Ventilatoren im Kühlturm...). Weitere Informationen über die Verfahren der solaren Kühlung sind auf der Seite für Solarthermie zu finden. [http://energytech.sneak.energyagency.at/sanierung/portrait\\_kapitel-4.de.html - top#top](http://energytech.sneak.energyagency.at/sanierung/portrait_kapitel-4.de.html-top#top)

## 11.8 Transparente Wärmedämmung (TWD)

### 11.8.1 Funktionsprinzip

Die Nutzung der Sonnenenergie kann zusätzlich zu den Fenstern auch über die Wandflächen erfolgen. Während herkömmliche Wärmedämmung lediglich den Wärmeverlust von innen nach außen reduziert, kann transparente Wärmedämmung, kurz TWD genannt, dem Gebäude auch Wärme zuführen. Durch die TWD wird das Sonnenlicht bis zur Gebäudewand geleitet und dort in Wärme umgewandelt. Im dahinterliegenden Raum kommt die Wärme zeitverzögert an, wobei die Wand als ausgleichender Pufferspeicher wirkt. Die Netto-Energiegewinne betragen an Südfassaden etwa 50 - 150 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr. Ein Überhitzungsschutz ist meist erforderlich.

Ein TWD-System besteht aus dem Absorber, dem Rahmenelement mit Verglasung (entfällt beim WDVS), der Regel- bzw. Verschattungseinrichtung und der Haltkonstruktion an der Fassade.

Als Dämmmaterial werden vor allem Kunststoff und Glas eingesetzt.

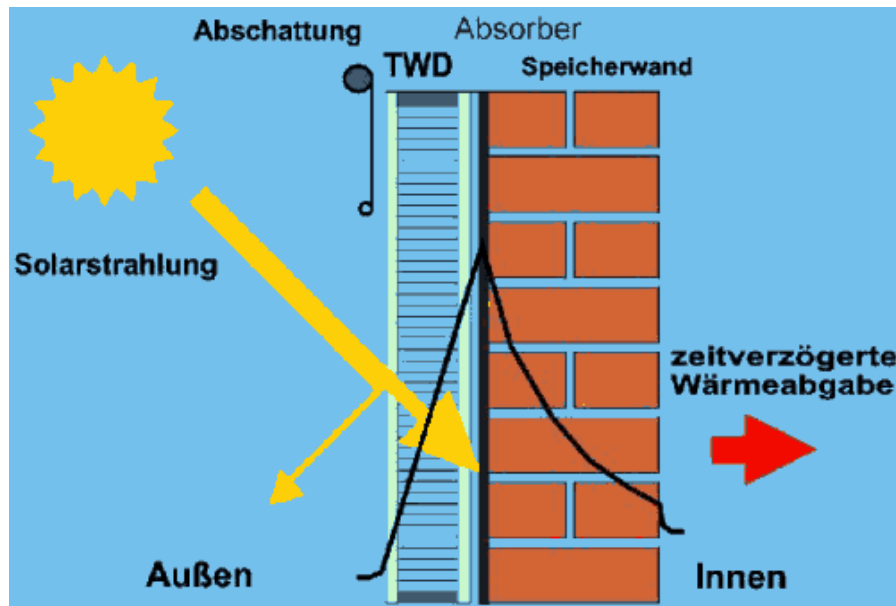


Abb. 6: Funktionsweise der Transparenten Wärmedämmung  
Quelle:

[http://www.solar2000.de/produkte/twd/transparente\\_waermedaemmung\\_seite\\_1.htm](http://www.solar2000.de/produkte/twd/transparente_waermedaemmung_seite_1.htm)

Transparente Wärmedämmsysteme werden in der Gebäude-Forschungsszene schon seit vielen Jahren mit Interesse verfolgt. Der Durchbruch ist aber bisher nicht gelungen. Trotz vieler Entwicklungen liegen die Kosten noch immer bei etwa 327,- Euro- pro m<sup>2</sup> inkl. Einbau, wobei das Verschattungssystem einen großen Anteil hat. Gutgeschrieben werden können die Kosten für die nicht erforderliche Fassade bzw. Dämmung im betreffenden Bereich.

Die Erfolge bei der Entwicklung von hochisolierenden Fenstern schmälert jedoch das Interesse an transparenter Wärmedämmung, zumal bei TWD Elementen nur diffuses Licht in den Raum geleitet werden kann. Auch werden von manchen Anwendern Kondensatprobleme bei TWD Einsatz genannt.

Ein positiver Ausblick ist die Kombination mit Solarer Warmwasserbereitung. Bei ausreichender Stillstandstemperaturfestigkeit der Materialien wird ihr eine chancenreiche Zukunft vorausgesagt.

In Entwicklung sind weiters selbstregelnde Verschattungssysteme, die je nach Temperatur die Lichtstreuung verändern.

TWD-Fassadensysteme haben einen Stand erreicht, der einen breiteren Einsatz an Wohngebäuden, sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung, ermöglicht. Neben der Heizenergieeinsparung bietet TWD auch einen Gewinn an Wohnkomfort, denn die Wandtemperatur liegt oft über der Raumlufttemperatur. Befragungen zeigen eine große Zufriedenheit der Nutzer.

Ideal ist der Einsatz weniger für den Neubaubereich, sondern viel eher für den großen Sanierungsbereich, da die massiven Außenwände älterer Bauten optimale Voraussetzungen bieten.

### 11.8.2 Die gängigen Fassadensysteme

**Vorgehängte Fassaden:** TWD-Elemente aus zwei Glasscheiben mit dazwischenliegenden Röhrchen aus Glas oder Plexiglas werden in eine Holz- oder Alukonstruktion eingesetzt.

**Produkte:** Okalux (Kapilux), Röhm (Stegplattenmodule), Schott (Helioran)

**Transparentes Wärmedämmverbundsystem:** In die ausgesparten Felder einer verputzten Fassade werden die TWD-Elemente mittels eines schwarzen Klebers auf die Massivwand aufgebracht. Die TWD-Elemente sind außen mit einem transparenten Glasputz versehen. Der Energiedurchlass liegt ca. 10-20% unter dem verglasten System. Dieses System fügt sich besonders unauffällig ins Erscheinungsbild des Gebäudes ein. Auf Sonnenschutz wird hier verzichtet. **Produkte:** Sto (ThermSolar), Caparol (Capatect)

**Direktgewinnsystem:** Lichtbänder mit TWD sind durchscheinend aber nicht transparent z.B. im Dachbereich von Hallenbauten. Ein in Österreich entwickeltes System arbeitet mit Pappewaben: Das Sonnenlicht fällt durch eine Glasscheibe auf eine Wabe aus Pappe und wird dort in Wärme umgewandelt. Diese Konstruktion soll die Überhitzung selbsttätig reduzieren. **Produkt:** Energie-Institut Linz und ESA (Solarfassade)

## 11.9 Beleuchtung

Für die Bewertung der Energieeffizienz der Beleuchtung können die Richtwerte nach DIN 5035 „Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht“ herangezogen werden. Bei Angabe der Beleuchtungsstärke ist je Kilolux und je m<sup>2</sup> Bodenfläche mit einer Glühlampenleistung von 200 bis 240 Watt zu rechnen. Bei modernen Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät EVG ist der Energiebedarf wesentlich geringer, etwa 15 W. Bei einer für Wohnräume empfohlenen Beleuchtungsstärke von 100 lx muss man also bei Leuchtstofflampen mit EVG (Energiesparlampen) mit 1,5 Watt je m<sup>2</sup> Bodenfläche rechnen. Der Einbau von Bewegungsmeldern ist zu überprüfen.

Für den Einsatz von Energiesparlampen in Stiegenhäusern ist zu beachten, dass ESL eine halbe Minute Auskühlzeit benötigen, um ihre volle Lebensdauer zu erreichen.

### Maßnahmen für eine breit umgesetzte ökologische Althausanierung

In Österreich (8,05 Mio. Einwohner) gibt es ca. 3,0 Mio. Wohnungen mit einer Gesamtwohnfläche von 252 Mio. m<sup>2</sup>. 78 % der Wohnfläche wurden vor 1981 errichtet. Durch die österreichischen Haushalte werden jährlich ca. 218 PJ (Endenergie) für Raumwärme und Warmwasser verbraucht. Die jährlichen Energiekosten für Raumwärme und Warmwasser betragen rund 2,03 Mrd. Euro.

*Tabelle 14: Zusammenfassung der Einzelmaßnahmen in Österreich ohne Wien  
Quelle: Berechnungen der Österreichischen Energieagentur in Ökologie der  
Althausanierung*

Maßnahme	Endenergieeinsparung [TJ/a]	CO <sub>2</sub> -Reduktion [t/a]	Spezifische Vermeidungskosten Teilkosten/Grenzkosten [Cent/kWh]
thermische Fassadensanierung	13.005	767.882	1,16/1,82
Sanierung der obersten Geschößdecke	12.743	752.256	1,09/1,38
Erneuerung der Fenster	2.888	170.610	3,631,96/
Sanierung der Kellerdecke	2.077	122.754	0,58/0,73
Heizkesseltausch ohne Energieträgerwechsel	14.147	723.945	5,23
Wechsel zum Energieträger Holz	8.365	1.065.304	8,36
Anschluss an bestehende Biomassefernwärme (Lückenschluss)	1.577	107.382	0,44
solare Warmwasseraufbereitung	8.762	1.111.576	8,5

Die Definition der Maßnahmenbündel erfolgt auf Basis wirtschaftlicher Kriterien, die gegenseitigen Wirkungen innerhalb der Maßnahmenbündel (z.B. geringere absolute Energiereduktion bei Heizkesseltausch nach thermischer Sanierung gegenüber Einzelmaßnahme) wurde berücksichtigt.

*Tabelle 15: Zusammenfassung der Maßnahmenbündel (Österreich ohne Wien)  
Quelle: Berechnungen der Österreichischen Energieagentur in Ökologie der  
Althausanierung*

Maßnahmenbündel	Endenergieeinsparung [TJ/a]	CO <sub>2</sub> -Reduktion [t/a]	Volkswirtschaftliche Amortisationszeit [a]
I: Thermische Sanierung und Heizkesseltausch	2.065	105.671	14
II: Thermische Sanierung und Wechsel zu Holz	689	74.646	10
III: Thermische Sanierung und teilsolare Raumheizung	527	26.979	39

Wichtigste Annahmen für die Berechnung der Maßnahmenbündel (Österreich ohne Wien)

- Thermische Sanierung und Heizkesseltausch Ein- und Zweifamilienhäuser, Verdoppelung der derzeitigen Austauschrate (36.000 Wohnungen pro Jahr); Berechnung auf Grenzkostenbasis
- Thermische Sanierung und Wechsel zu Holz Ein- und Zweifamilienhäuser, 12.500 Wohnungen pro Jahr, 50 % Vollkosten, 50 % Grenzkosten beim Heizkesseltausch; Sanierung mit Grenzkosten
- Thermische Sanierung und teilsolare Raumheizung 8.000 Anlagen pro Jahr, be-



grenzt auf 5 Jahre; 25 m<sup>2</sup> pro Wohnung Kollektorfläche; Kollektorinstallation durch Gewerbe

Generelle Annahmen 4 % Realzinssatz, keine Energiepreissteigerung, marktübliche Durchschnittspreise; Grenzkosten auf Basis einer Vorziehung von 5 Jahren; 50 % Energieeinsparung durch thermische Sanierung.

Quelle: *Ökologie der Althausanierung*, NÖ Landesakademie 11/98

## 12 Stand der Forschung

Im Folgenden wird ein Ausblick auf aktuelle und notwendige zukünftige Forschungsbereiche dargestellt.

Auf österreichischer und europäischer Ebene laufen einige Initiativen zur Prioritätensetzung im Energieforschungsbereich. Auf dem Gebiet der Gebäudesanierung sind hier insbesondere das europäische Forschungsprojekt ATLAS und die Programmlinie „Haus der Zukunft“ zu nennen.

Als zentrale Forschungsschwerpunkte für die nächste Zeit wurden im Rahmen dieser und weiterer Initiativen die folgenden Bereiche identifiziert:

### **Kostenreduktion für Außenwärmedämmung**

Speziell für Außenwanddämmsysteme ist der Preis die vorrangige Barriere. Einige Aspekte sind dabei besonders hervorzuheben: Eckenausbildungen, Anschlüsse an Fensterrahmen, Befestigung mittels adaptierter Gerüstsysteme.

### **Wärmebrücken**

Als vorrangige Ursache für Feuchtigkeit und Kondensation müssen zur Vermeidung von Wärmebrücken in den Bauvorschriften spezielle Anforderungen festgelegt werden. Zur baurechtlichen Überprüfung im Falle einer thermischen Sanierung von Wänden und Dächern sollen Analysemethoden zur Verfügung gestellt werden.

### **Verbesserte Effizienz z.B. durch Vakuumisolation**

Obwohl diese Produkte im Gebäudebereich von begrenztem Interesse sein werden (Kühlräume, Dämmung von Warmwasserboilern ...), könnte deren Entwicklung einen Wettbewerbsanreiz für europäische Hersteller im Bereich der Haushaltsgeräte (Kühlgeräte, Herde) bedeuten.

### **Luftdichtheit von Gebäuden**

Einfachere und schnellere Methoden als der Blower-Door-Test sollten für die Überprüfung der Luftdichtheit von Neubauten und bestehenden Gebäuden entwickelt werden.

### **Ersatz ozonschichtzerstörender Treibgase**

PUR Dämmstoff, der mit dem vollhalogenierten FCKW R11 aufgeschäumt wurde, kennzeichnet sich sowohl durch hohe Effizienz als auch durch lange Lebensdauer. Die nun eingesetzten Ersatzprodukte erreichen diese Eigenschaften weder in Bezug auf Effizienz noch auf Dauerhaftigkeit.

### **Weiterentwicklung von Aerogelen**

Silizium-Aerogele sind die vielversprechendsten Dämmmaterialien, da sie lichtdurchlässig, leicht und hoch wärmedämmend sind und sowohl für opake als auch verglaste Bauteile eingesetzt werden können. Die Herstellungsprozesse bedürfen noch einer Weiterentwicklung (z.B. kritische Temperatur-Druckverhältnisse zur Entfernung des Lösemittels aus der mikrokristallinen Struktur des Gels). In diesen Bereichen ist weitere Forschung und Entwicklung erforderlich.

### **Zertifizierung von Fassaden-Komponenten (TI, DI, passive solar)**

Entwicklung von Standards und Zertifizierungen um alle Arten von innovativen Fassadenkomponenten für Planer und Ausführende verfügbar zu machen.

### **Entwicklung verschärfter regulatorischer Anforderungen**

Die Kräfte des freien Marktes reichen nicht aus, um Planer und Gebäudebesitzer im ausreichenden Ausmaß zur Verbesserung ihrer Gebäude zu bewegen. Wenn auch Standards und Vorschriften für Neubauten vorhanden sind, so fehlen Anforderungen für den minimalen Wärmeschutz für den Gebäudebestand. Diese Unterschiede sollten beseitigt werden. Vorarbeiten auf europäischer Ebene sollen die Entwicklung entsprechender technischer und administrativer Regelungen vorantreiben.

### **Höhere Dämmstärken**

In Österreich gibt es Bestrebungen zur Ausweitung der standardmäßigen Dämmdicke für die Außenwanddämmung für alle verfügbaren Dämmstoffe auf 20 cm (inklusive aller dafür nötigen Detaillösungen für die Anschlüsse an andere Bauteile, Befestigungen und vorgefertigte Lösungen, die speziell im Geschosswohnbau einzusetzen sind).

### **Befestigungen**

In Entwicklung sind Befestigungsvarianten von Dämmstoffen, wobei ein Hauptaugenmerk auf mechanische, automatisierbare Verbindungstechniken gelegt wird. Ein mögliches Produkt in dem die Verbindungstechnologie zum Einsatz kommen kann ist ein Wandbauelement mit integrierter Wärmedämmung, welches als Schalungsbaustein ausgeführt wird.

### **Wärmedämmsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen**

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen fristen im Hochbau eher ein Nischendasein. Ein Grund dafür ist der mangelnde Kenntnisstand von Architekten, Planern, Ingenieuren und Bauherrn. Dabei können diese Produkte durch ihre speziellen Eigenschaften wie ausgeprägte Wärme- und Feuchtspeicherfähigkeit sowie in einigen Fällen auch Kapillaraktivität oftmals Vorteile gegenüber konventionellen Dämmstoffen besitzen. Andererseits schränkt die aus ökologischen Gründen wünschenswerte biologische Abbaubarkeit deren Gebrauchstauglichkeit vor allem im feuchtwarmen Milieu ein. Im Rahmen eines Projektes „Einsatzmöglichkeiten für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ sollen die hygrothermischen Einsatzmöglichkeiten am Fraunhofer Institut untersucht werden:

### **Weitere Informationen**

- IBP-Infodienst
- „Haus der Zukunft“ – Projekt „Alternativdämmstoffe aus modifizierten Lignozellulosefasern“

### 12.1.1 Bauökologisch empfehlenswerte Lösungen für den Innenausbau

Die Bauforschung der letzten 15 Jahre hat gezeigt, dass die Wärmedämmung von Innenwänden weniger wärme- und feuchttechnische Probleme aufwirft als vielfach befürchtet wird. Kapillarleitfähiges Dämmmaterial, das Kondenswasser zur warmen Innenseite leitet, um sich so zu entspannen wurde am Institut für Bauklimatik an der TU Dresden entwickelt. Derartige Ansätze zeigen, das Thema Innendämmung bedarf größerer Beachtung, vor allem auch um baubiologisch empfehlenswerte Lösungen für jene Bereiche anzubieten, wo eine Außendämmung nicht möglich ist.

Weitere Informationen über aktuelle und zukünftige Forschungsschwerpunkte:

- Website des ATLAS Projektes Das ATLAS Projekt ist eine wesentliche Initiative zur Prioritätensetzung und zum Aufbau einer Informationsgrundlage zur Unterstützung von Energieforschung und technischer Entwicklung (RTD). Diese Initiative wurde vom europäischen Netzwerk der Energie Agenturen (EnR) im Auftrag der DG XVII der Europäischen Kommission gestartet.
- „Haus der Zukunft“ Das „Haus der Zukunft“ ist eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“. Ziel der Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist die Entwicklung und Marktdiffusion von Komponenten, Bauteilen und Bauweisen für Wohn- und Bürobauten, die diesen Kriterien und den Leitprinzipien der Nachhaltigen Entwicklung in hohem Maße entsprechen.

## 13 Rahmenbedingungen und Instrumente

Wärmeschutzbestimmungen finden sich in den Bauordnungen (bzw. in Verordnungen auf Basis der baugesetzlichen Bestimmungen) und in den Wohnbauförderungsrichtlinien der Bundesländer. Während Bauordnungen/Verordnungen u. a. energierelevante Vorschriften enthalten, die bei allen Neubauten zwingend einzuhalten sind, greifen die Bestimmungen der Wohnbauförderung (Wohnbauförderungsausgaben 1998:2,5 Mrd. Euro, Quelle: Österreichisches Wohnhandbuch 2000, K. Lugger) bei der Errichtung und Sanierung geförderter Wohnbauten. Über die Wohnbauförderung wird nicht nur der Wärmeschutz, sondern häufig auch die Wahl des Energieträgers bzw. des Heizungs- und Warmwassersystems und zunehmend auch der Baumaterialien bzw. anderer klimaschutzrelevanter Maßnahmen beeinflusst.

*Tabelle 10: U-Wert-Obergrenzen (W/m<sup>2</sup>K) laut baugesetzlichen Bestimmungen der Bundesländer  
(Quelle: Österreichische Energieagentur)*

Stand: 9/2003	B	K	N	O	S	St	T	V	W
gültig seit	'02	'97	'96	'99	'02	'97	'98	'96	'01
<b>Außenwand</b>	0,38	0,40	0,40	0,50	0,35	MFH: 0,50 EFH/ZFH: 0,40	0,35	0,35	0,50
<b>Wände gegen unbeheizte Gebäudeteile und Feuermauern</b>	0,50	0,70	0,70	0,70	0,50	0,70	0,50	0,50	0,50
<b>Wände gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten</b>	0,90	1,60	1,60	1,60	0,90	1,60	0,90	1,60	0,90
<b>Decken gegen Außenluft, Dachböden, Durchfahrten</b>	0,20	0,25	0,22	0,25	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25
<b>Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile</b>	0,35	0,40	0,40	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45
<b>Decken gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten</b>	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,70	0,90	0,90
<b>Fenster</b>	1,70	1,80	1,80	1,90	1,70	1,90	1,70	1,80	1,90
<b>Außentüren</b>	1,70	1,80	1,80	1,90	1,70	1,70 / 1,90 (GT)	1,70	1,90	1,90
<b>Erdberührte Wände</b>	0,35	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,50
<b>Erdberührte Fußböden</b>	0,35	0,50	0,50	0,50	0,285	0,50	0,40	0,50	0,45
Abkürzungen: MFH ..... Mehrfam. Haus EFH/ZFH ... Ein- u. Zweifam. Haus GT ..... Glastüre									

### Weitere Informationen

- Energie- und klimaschutzrelevante Bestimmungen in der Wohnbauförderung (Österreichische Energieagentur Website)
- Broschüre „Energierelevante Teilbereiche der Wohnbauförderung“ (LEV Steiermark)

## 14 Forschung und technologische Entwicklung

### 14.1 Wohnbauforschung

Neben Aktivitäten auf EU-Ebene, der Forschungsfonds und den Bundesministerien stellt die Wohnbauforschung (seit 1988 „verlängert“, jährliche Mittel von 7,26 Mio. Euro auf ca. 1,81 Mio. Euro gesunken) finanzielle Mittel für energiebezogene FTE im Gebäudebereich zur Verfügung.

#### Weitere Informationen

Einen Überblick über Wohnbauforschungsprojekte in Österreich bietet die Internetplattform *iswb* (infoservice wohnen+bauen Österreich) und die „Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen“ (FGW).

### 14.2 „Haus der Zukunft“

Besonders hervorzuheben ist die Programmlinie „Haus der Zukunft“, im Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Das „Haus der Zukunft“ baut auf den beiden wichtigsten Entwicklungen im Bereich des solaren und energieeffizienten Bauens auf – der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus. Für die Programmlinie „Haus der Zukunft“ sollen diese „energiezentrierten“ Innovationen um ökologische, ökonomische und soziale Anforderungen erweitert werden (siehe Abbildung 14).

Ziel dieser Programmlinie ist die Entwicklung und Marktdiffusion von Komponenten, Bauteilen und Bauweisen für Wohn- und Bürobauten.

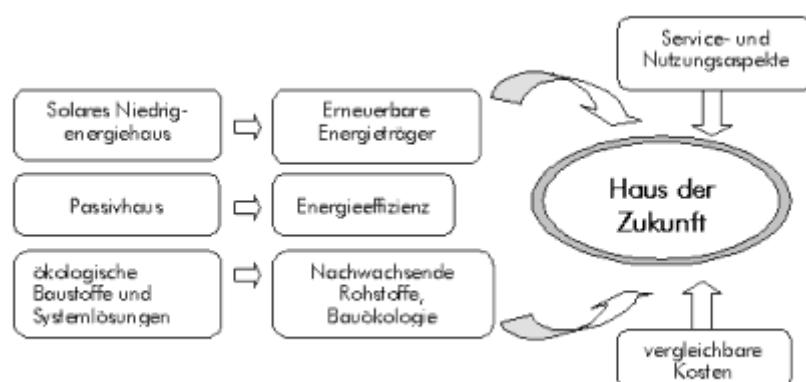


Abb. 14: Ziele der Programmlinie „Haus der Zukunft“  
(Quelle: Haus der Zukunft)

#### Weitere Informationen

Die Website der Programmlinie „Haus der Zukunft“ bietet weitere Informationen über Ziel, Hintergrund und Ergebnisse.

### 14.3 Delphi Report Austria

Im Delphi Report Austria – einer „foresight exercise“ die im Auftrag des Bundes durchgeführt wurde – ermittelten Experten sieben Innovationsfelder, auf denen Österreich längerfristige Themenführerschaft erlangen könnte. Der Bereich „umweltgerechtes Bauen und nachhaltige Wohnformen“ ist einer dieser Bereiche, wobei dem solaren Bauen und der integrierten Gebäudetechnik besonders hoher Stellenwert eingeräumt wurde.

#### Weitere Informationen

- Website des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur
- energytech.at: Technologie Delphi-Austria I-III (Studie: Delphi Report Austria)

### 14.4 ATLAS – Strategien zur Europäischen Forschungs- und Technologieentwicklung

Im Rahmen eines europäischen Kooperationsprojektes wurde ein „Technologie-Atlas“ über heutige und zukünftige Europäische Energietechnologien erstellt, der als Grundlage für politische und industrielle Entscheidungsträger auf nationaler und europäischer Ebene dienen soll.

Folgende Konzepte wurden als entscheidend identifiziert:

- Einfluss des lokalen Klimas auf Gebäude
- Nutzung passiver Solartechnologie durch entsprechende Gebäudegestaltung
- Berücksichtigung der grauen Energie von Baumaterialien
- Verbesserte Standards von Bauteilen und Fertigung zur Verminderung der Verluste
- Innovative und effiziente Lösungen auf der Versorgungs- und Verbraucherseite
- Nutzung baubiologisch geeigneter Materialien mit geringem Wartungsaufwand

Als zentrale Aufgaben für die kommenden Jahre wurden folgende Schwerpunkte identifiziert:

- Verbesserte Umweltstandards im Gebäudebereich
- Anpassung von Technologien
- Verbreitung von Best-practise Beispielen
- Vermarktung von Energieeffizienz über Gebäudeausweise

#### Weitere Informationen

- Die ATLAS Broschüre bietet detaillierte Informationen zu den einzelnen Technologiebereichen
- ATLAS Website
- ATLAS auf der Österreichische Energieagentur Website

## 15 Ausbildung und Weiterbildung

Zahlreiche Institute bieten Möglichkeiten der Aus- und Weiterbildung in diesem Bereich an. Von halbtägigen Schulungen bis zur mehrjährigen Ausbildung spannt sich ein breiter Bogen.

### **Energieinstitut Vorarlberg**

Stadtstrasse 33 / CCD, A 6850 Dornbirn

Tel.: +43 5572 31202-82

Fax: +43 5572 31202-182

E-Mail: [schlader.energieinstitut@ccd.vol.at](mailto:schlader.energieinstitut@ccd.vol.at)

Website: <http://www.energieinstitut.at/>

### **Zentrum für Bauen und Umwelt**

Donau-Universität Krems

Dr. Karl-Dorrek-Straße 30, A 3500 Krems

Tel.: +43 2732 893 2650

E-Mail: [hofbauer@donau-uni.ac.at](mailto:hofbauer@donau-uni.ac.at) (Sekretariat)

Website: [http://www.donau-uni.ac.at/organisation/zbau\\_einleitung.html](http://www.donau-uni.ac.at/organisation/zbau_einleitung.html)

### **Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie**

Alserbachstraße 5/8, A 1090 Wien

Tel.: +43 1 319 20 05-0

Fax: +43 1 319 20 05-50

E-Mail: [ibo@ibo.at](mailto:ibo@ibo.at)

Website: <http://www.ibo.at/> und <http://www.green-academy.at/>

### **Energie Tirol**

Adamgasse 4, A 6020 Innsbruck

Tel.: +43 512 589913

Fax: +43 512 589913-30

E-Mail: [office@energie-tirol.at](mailto:office@energie-tirol.at)

Website: <http://www.energie-tirol.at/>

### **Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – AEE**

Feldgasse 19, A 8200 Gleisdorf

Tel.: +43 3112 5886

Fax: 03112-5886-18

E-Mail: [office@aee.at](mailto:office@aee.at)

Website: <http://www.aee.at/>

### **Weitere Informationen**

Veranstaltungen und Links im energytech.at Technologiebereich Energie&Architektur







Buildings  
a Technology Portrait

A. Indinger, W. Leitzinger, J. Fechner



## Table of contents

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>THE BUILDING – A COMPLEX SYSTEM .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PLANNING .....</b>	<b>5</b>
3.1	Choice of location, development planning .....	5
3.2	Type of development and building shape .....	6
3.3	Optimising the gains – The building as an energy-efficient system.....	6
3.4	User behaviour.....	9
<b>4</b>	<b>THE BUILDING – THE ENVELOPE.....</b>	<b>11</b>
4.1	Building materials.....	11
4.2	Windows/ Daylighting.....	14
4.3	Thermal bridges and the airtightness of the building envelope .....	17
4.4	Quality control .....	17
<b>5</b>	<b>HEATING, VENTILATION AND AIR-CONDITIONING WITH SUITABLE POWER SYSTEMS .....</b>	<b>20</b>
5.1	Heating, ventilation and air-conditioning.....	20
5.2	Appropriate energy supply systems.....	20
<b>6</b>	<b>ENERGY-EFFICIENT BUILDING APPLIANCES .....</b>	<b>23</b>
6.1	EU label for lamps.....	23
<b>7</b>	<b>THE PASSIVE HOUSE – A CONCEPT FOR SUSTAINABLE BUILDING.....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>THE CHALLENGE OF REFURBISHMENT .....</b>	<b>26</b>
8.1	Energy savings potential of existing building constructions.....	26
8.2	Evaluation – planning – quality control .....	26
8.3	Specific measures.....	28
8.4	Measures for the broad ecological refurbishment of existing buildings .....	35
<b>9</b>	<b>REGULATIONS AND SUBSIDIES.....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT .....</b>	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>TRAINING COURSES AND FURTHER EDUCATION .....</b>	<b>40</b>



# 1 INTRODUCTION

Approximately 40 per cent of final energy in Austria is used in the sectors of construction and habitation (i.e. in heating and lighting rooms as well as providing the appropriate hot water supply systems). The building and construction industry is regarded as consuming some of the highest resources in the industrial branch due to the masses of building materials transported and used, and it is also responsible for creating a major part of the antropogen emissions that have a detrimental effect on the climate.

A building can be regarded as a success when its construction is linked to a sensible and conscious approach towards energy as well as meeting numerous other requirements (quality of life, health, social aspects, affordability, future property value etc.).. Architecturally creative and technical solutions thus have to be created and realised in view of all these specific requirements.

“Good Architecture” has to fulfil many requirements – and a sensible approach towards energy is definitely one of them. Some buildings, however, seem more like “Energy Machines” than building constructions, and the main aim of saving energy is often forfeited in return for basic building development plan requirements. “Form, Function, Construction” – these are the three regular criteria used to judge the architectural quality of buildings. There is no need to create a further criterion entitled “Energy Consumption” as this is completely incorporated in the criterion “Function” criterion. Buildings that fail to deal with the question of energy consumption have undeniable shortcomings in functionality in view of the well-known global problems we are all now facing. (Peter Holzer, Center for Architecture, Construction and Environment, Danube University, Krems)

The building and construction industry records an extremely high turn-over from an economic point of view and helps create many jobs in Austria:

- 57,000 living units were constructed in Austria in 1999, thus signifying newly created property assets of approximately EURO 9,8 billion.
- EURO 5,5 million were spent on residential building costs (not including basic costs) in Austria in 1997.
- The building and construction industry (building and civil engineering) employs 8.8 million people (8 per cent of all employed persons in Austria) and is thus the largest employer in the EU. A further 26 million are employed in jobs connected with the building and construction industry.
- The building and construction industry is responsible for using 43 per cent of all materials produced in Austria and for building on 47 per cent of all open spaces in the country. These percentages are based on figures from the overall national economy.

*Source: Österreichisches Wohnhandbuch 2000 - Austrian Habitation Guide for 2000 by K. Luggner – available only in German; Indicators for Sustainable Land Use, H. Haberl et.al., Wien 1999.*

The acquisition of living space is normally the largest financial expenditure/burden in people’s lives, and affordability, economical operating costs and future property value all become important in the search for the right place to live.

This presentation describes the technological options available for dealing sensibly with energy and focuses on the important areas of new building constructions and of building refurbishment together with its specific energy requirements. energytech.at also deals with other technology sectors in the building and construction industry such as the thermal and electrical utilisation of solar energy and wood heating systems.

There are numerous methods of planning – the approach shown here is just one of many and has been chosen to meet the aim of this presentation.

**Further information, additional references and sources:**

- [energytech.at Thermal Solar Energy](#)
- [energytech.at Photovoltaics](#)
- [energytech.at Solid Biomass](#)
- [energytech.at Publications on Building Refurbishment](#)
- Nachhaltiges Bauen und Wohnen - Sustainable Construction and Habitation, atsd: Brochure “Energy in Buildings”, Federal Ministry of Transport, Innovation & Technology (unpublished)
- [Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden](#) (für Ingenieure und Architekten) - Thermal Solar Energy Use in Buildings (for engineers and architects); Marko, Braun; Springer Publishing House 1997 – available only in German



## 2 THE BUILDING – A COMPLEX SYSTEM

New building constructions are becoming more complex and equally diverse in design due to the increasing use of innovative materials, technologies and construction methods nowadays. The amount of chemical substances used in the building and construction industry has, for example, increased a thousandfold within the last century, and architecture is constantly endeavouring to incorporate these innovations in the design of new buildings.



**Fig. 1: „Plabutsch“ solar housing, apartment buildings, designed and constructed by the “Neue Heimat”, housing association in Graz, Styria**

(Source: energytech.at Pictures)

Numerous challenges arise in connection with this new complexity and diversity. A basic social obligation can be seen in every architectural era and it now focuses on the topic of sustainable development – i.e. an all-round economic, ecological and social approach. The search is on for systemic solutions and this often leads to conflicts in the realisation of concrete development programs. The whole topic of sustainability requires a systemic approach. A change in user behaviour in the office and residential building sector has also left its mark on new building constructions, thus requiring the total integration of ever-changing user needs when employing a systematic approach.

The basic pre-requisites for sustainable building constructions are a long period of occupancy and the prolonged use of building components. It is, for example, worth spending the maximum period of occupancy possible in a passive house with low operating energy requirements and low costs for operating materials (i.e. for maintenance) in comparison to some existing buildings with bad standards of thermal comfort conditions, which should undergo extensive renewal or building refurbishment as soon as possible. A sustainable building should have a total period of occupancy of at least one century, which correlates with the average demolition rate of approximately 1%/a.

The operating energy expenditures clearly exceed the production energy expenditures in existing buildings, and the production expenditures (like, for example, the extremely low primary energy demand for the heating) only start to correlate in solar low energy houses and passive houses. Extra expenses for production and renewal are more than reduced due to the savings made during the whole period of occupancy.

**The following factors are usually included in a sensible and conscious approach towards energy in building:**

The construction plan, type of building envelope and appropriate heating, ventilation and air conditioning system are all chosen according to user needs and location factors, and these decisions are then tested by employing static or dynamic methods and corrected, if necessary.

See chapter “Planning” for further information on the planning stages.

See chapter 8 for the specific requirements to be met when carrying out building refurbishment.

### 3 PLANNING

Users (building owners), planners (architects) and domestic engineers all have to work together from the very beginning of a project in order to obtain high-quality solutions.



**Fig. 2: “Aspern an der Sonne” site plan, Müllnermaispasse/Wulzendorferstraße (1220 Vienna)**

(Source & Copyright: Arch. G. W. Reinberg)

#### 3.1 Choice of location, development planning

Important parameters for subsequent energy consumption can also be seen in the choice of location and development planning:

- Solar Radiation: The intensity, duration and direction of direct solar insolation are all-important factors to be considered when attempting to provide high standards of thermal comfort at low energy prices with environmentally-friendly solutions. (For further information, see energytech.at: [Thermal Solar Energy – Preconditions for the utilisation of solar energy](#)),
- Air temperature,
- Wind intensity and wind direction,
- Easy access to public transport facilities as well as only short distances to the work place and leisure amenities.

## 3.2 Type of development and building shape

Energy-inefficient development plans or building shapes lead to increases in energy consumption during occupancy, which can only (if at all) be reduced by introducing additional measures.

The surface-area-to-volume ratio measures the “compactness” of a building and is, at 0.7 per cent, extremely energy-inefficient in a detached house in comparison to 0.25 per cent for block-edge developments (e.g. in inner cities).



**Fig. 3: Blocks of flats in flats in Feldkirch, Vorarlberg**

The orientation of a building to the south is not absolutely necessary in terms of energy, especially if it would be contradictory to the surrounding area. There are a number of existing buildings, which are energy efficient, although not oriented to the south. (For further information see: [“Building of Tomorrow”](#).)

The concept of “thermal zoning” and the use of buffer spaces is of the utmost importance for the energy demand of a building. Thermal zoning means the sensible distribution of rooms with different energy demands, in order to create rational distribution of the heat and reduce heat flows as much as possible. Unheated buffer spaces such as the stairs and storerooms provide additional heat conservation when they are located along the north-side or towards shaded exterior walls. Glazed buffer spaces and sun-spaces on the other hand are oriented to the south, in order to provide additional heat gains.

## 3.3 Optimising the gains – The building as an energy-efficient system

Internal gains (waste heat of appliances, metabolic gains from occupants) and solar gains have to be compared with the heat losses (ventilation heat loss or heat loss through the building envelope). The difference between heat gains and heat losses must be provided

by the heating or the air conditioning system, which is especially relevant for office buildings in our part of the world in the summertime. Gains must be maximised and losses minimised in order to obtain high energy efficiency and high thermal comfort in buildings.

### 3.3.1 Energy indicators

The energy efficiency of buildings is measured by calculating energy indicators. The basis being not only Austrian Standards (ON), but also German (Heat Insulation Ordinance), Swiss (SIA 380-1) and International Standards (EN or ISO).

**Table 1: Typical energy indicators**

Unit	Passive House	Low energy house	Number of buildings < 1980
Heating demand kWh/m <sup>2</sup> (floor area).a	=< 15	=< 40	150-250
Final energy demand kWh/m <sup>2</sup> (floor area).a	=< 42	=< 70	
Primary energy demand kWh/m <sup>2</sup> (floor area).a	=< 120	=< 160	

*(Source: ECO-Building Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment - Building Optimisation with Total Quality Assessment by Susanne Geissler, Manfred Bruck, Ökologie Institut - The Austrian Institute for Applied Ecology)*

The **heating demand** is the amount of heat supplied to the interior space of a building during the heating period in order to maintain the required temperatures. The heating demand takes into consideration the characteristics of the building envelope, the specific utilisation (as residential building, school etc.) and the climatic site conditions.

The characteristics of the envelope in this case not only include the heat conservation of exterior surfaces and compactness of the building, but also the orientation of the glazings (and their shading) and the airtightness of the envelope.

The **LEK value** results from the medium heat conservation of the building envelope, whereby the compactness is additionally taken into consideration. The LEK value of a building with a compactness of 1 is a hundred times the value of the medium U value (former K value), (see also chapter "Type of development and building shape").

The **heating energy demand** is calculated from the heating demand – a building parameter - and the annual utilisation factor of the heating system. The annual utilisation factor represents the relation between the available energy and the used final energy over a period of one year. According to the Austrian Standard ON H 5056 it has to be calculated from the influences of the heat supply system (e. g. boiler), the heat distribution system and the heat regulation system.

### Further information:

On the homepage of [Österreichisches Institut für Bautechnik \(OIB\) - the Austrian Institute of Constructin Engineering](#) - you will not only find a “Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen” - “Manual for the Calculation of Energy Indicators” and an “Muster für den Energieausweis” - “Energy Certification Sample”, but also a calculation program for a fast and simple calculation of energy indicators, only available in German.

**Table 2: Computer-based programs for calculating the heating demand:**

Program	Producer
ArchiPhysik	A-Null EDV GmbH <a href="http://www.a-null.com">www.a-null.com</a>
Ecotech	Ecotech Software GmbH <a href="http://www.ecotech.co.at">www.ecotech.co.at</a>
EPlan	AEE INTEC <a href="http://www.aee.at">www.aee.at</a>
G-e-Q, Buildings, Energy, Quality	Zehentmayer Software <a href="http://www.zet.at">www.zet.at</a>
Waebed	Vienna University of Technology <a href="http://www.tuwien.ac.at">www.tuwien.ac.at</a>
Genbil	Energy Institute <a href="http://www.energie-institut.co.at/genbil.html">www.energie-institut.co.at/genbil.html</a>
Handbuch Passivhaus (Passive house manual)	Passive House Institute <a href="http://www.passivhaus-institut.de">www.passivhaus-institut.de</a>

### 3.3.2 Thermal comfort

People’s perception of thermal comfort in a building not only depends on their clothing and activities, but also on the following parameters:

- Operative temperature: This is made up of the surface and room temperature. The difference between the mean surface temperature, which constitutes the radiative contribution to the operative temperature and the air temperature should not amount to more than 4° C. The air temperature should have about 18 to 22 ° C in winter and about 22 to 25° C in summer – depending on the activity.
- Humidity: Relative humidity of 35 to 70 per cent, absolute humidity <12 g H<sub>2</sub>O/kg air
- Air velocity (draught): <0,15 m/s
- Air change: The air change rates in a residential building should measure between 0.4 and 0.7 per hour due to hygienic aspects.

- Thermal comfort in summer: Number of hours per year with a perceived indoor temperature above 26° C. This value should be kept as low as possible.

All values should be kept within the given limits in order to achieve thermal comfort.

### 3.3.3 Balancing and Simulation

A simple energy balance calculation can only be an estimation due to the extremely complicated physical interactions of solar insolation, shading, heating, ventilation, heat recovery, cooling, occupants, appliances, insulation and storage capacity of building components. The increased use of passive solar energy components do, however, require dynamic simulations during the planning phases as aspects like thermal comfort and overheating, as well as optimal economic efficiency can then be considered. It is also possible to regard storage capacities and create temperature profiles by employing dynamic methods. The use and interpretation of such methods do, however, require much training and know-how, and should thus be carried out by specialist planners.

#### Further information:

- A precise overview of available calculation programs for the computer-aided simulation of buildings is given in the brochure "[Computer-aided Building Simulation](#)", which was published as part of a research project carried out by the [International Energy Agency](#).
- Another overview of more than two hundred software packages for building simulation can be found on the [homepage of the Office of Building Technology](#), State and Community Program (BTS) of the U.S. Department of Energy (DOE).

Dynamic simulations in Austria are, for example, carried out by:

- [Österreichisches Institut für Baubiologie und ökologie - Austrian Institute of Building Biology and Ecology](#), only in German. Also see innovative projects: Primary school in Grafenschlag, by Architect Johannes Kislinger.
- [Energie-Institut](#)

## 3.4 User behaviour

Some people talk about “user-deficient behaviour” and others about “user-unfriendly planning” depending on their approach towards the topic. It is, however, a fact that users have an extremely high influence on the actual amount of energy consumed. Tests have shown that the energy consumption can vary greatly in identically equipped living units.

Controlled ventilation systems and winter gardens are two building components that are often constructed in low-energy houses and have direct effects on the behaviour of users (ventilation behaviour, shading/use of winter gardens). A successful market deployment of low-energy houses also depends on the degree to which architects are able to adapt these building components to suit the needs of users by introducing further innovations. This step-by-step adaptation is a mutual learning process between producers and users (in this case not only occupants, but also building developers, architects or domestic engineers). (Source: H. Rohracher “The Acceptance and Improvement of Low-Energy House Components as a Mutual Learning Process for Users and Producers”).

**For further information:**

Numerous projects on the topic of “User Behaviour” have been carried out by the Austrian Program on Technologies for Sustainable Development (Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften) in the subprogram “Building of Tomorrow” (Haus der Zukunft). The final reports can be read under the following addresses:

[Subjective Housing Quality as Social Acceptance Test of Sustainability.](#)

[Experiences and Attitudes of Users as a Basis for the Development of Sustainable Housing Concepts with High Social Acceptance.](#)

[Acceptance and Improvement of Low-Energy House Components as a Mutual Learning Process for Users and Producers.](#)

[Analysis of User Behaviour and Post-Occupancy Experiences of Inhabitants of Pilot and Demonstration Housing Projects and Office Buildings.](#)

[Home Dreams: Practice-Based Criteria and Recommendations for Quality, User-Oriented Building Policies.](#)



## 4 THE BUILDING – THE ENVELOPE

### 4.1 Building materials

The material input contributes greatly to the indoor air quality and energy consumption in a building. Insulation properties and heat storage capacity are both important energy factors, and clever dimensioning of new building constructions can also help:

- reduce energy consumption,
- even out fluctuations in temperature,
- prevent overheating in summer,
- shorten the warm-up period in a building.

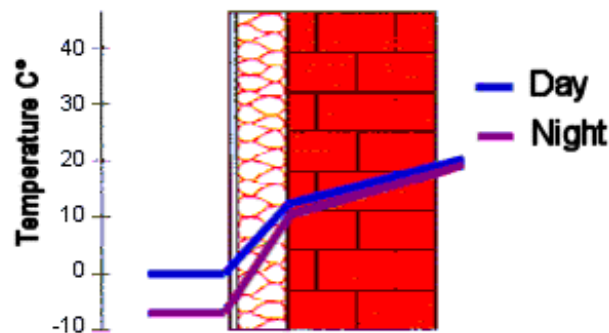


Fig. 4: Temperature flow in a wall with conventional thermal insulation

Savings of up to 20 per cent in heating costs and an improvement in thermal comfort during the summer can be achieved when there is a well-balanced ratio between solar gains and the storage capacity of a building. Transparent insulation materials not only reduce thermal heat lost through conventional insulation within the envelope but also benefit from solar gains, thus leading directly to a reduction in heating costs.

Remarkable results can be found under the Austrian Program on Technologies for Sustainable Development in the subprogram “Building of Tomorrow”:

Wall Systems made of Renewable Resources

Renewable Resources in the Building Sector

#### 4.1.1 Heat insulation capacity

The heat insulation capacity of a building material is measured by its thermal conductivity (W/mK).

The thermal conductivity represents the amount of heat flow per second through 1m<sup>2</sup> of building material measuring 1m thickness with a 1 Kelvin difference in temperature between the inside and outside surfaces. The lower this value, the better the insulating

effect of the building material. The U value (former K value) of a building material is gained by dividing thermal conductivity by the thickness of a building material.

#### **Further information:**

See chapter „Insulation systems with higher levels of material thickness“

[The European Building Data Bank](#) provides a Program for the Calculation of U values of building constructions

[Basic research on fixing elements: drawing up universal design guidelines for high resilience mechanical jointing techniques for insulation products](#)

[Research work on outside sprayed-on cellulose insulation covered with plastering](#)

### **4.1.2 Thermal storage and summer overheating protection**

Heat insulation measures alter the heat storage capacity of building components. The storage mass does not have a strong influence on the heating energy demand in our Central European climate. Buildings should therefore have external insulation. Changes in the thermal storage capacity in buildings can occur when using internal insulation.

- The storage mass can store excess heat during periods of hot weather.
- A reduction of the storage mass will shorten the warm-up time.

The heat storage capacity of a building material is defined by its specific heat capacity  $c$  and expressed in storage mass per square metre of building component surface ( $\text{kg/m}^2$ ).

The effective storage mass depends on specific heat capacity, bulk density, limit depth and thermal conductivity of each building material. There is no further notable increase in heat storage capacity at the limit depth. This value amounts to approx. 20 cm with solid brick, hollow brick or light-weight concrete. The uppermost 5 to 10 cm of material thickness are important for a typical one-day period of heat storage. Further factors considerably contributing to the overall storage capacity are ceilings, floors, interior walls and furniture.

The room temperature in living spaces should be at least 3K but no more than 6K below the maximum external temperature on hot summer days and especially on humid days.

A simplified procedure published by the Austrian Standards Institute (ÖNORM B8110-3) can be used to calculate overheating levels. It takes into consideration the following factors, regarding the warm-up time of buildings in summer:

- size of transparent surfaces (glazings)
- effect of sun protection
- amount of natural ventilation in the interior space
- storage mass.

The higher the contribution of solar energy to interior space heating during winter, the more important it is to calculate it in advance.

### 4.1.3 Airtight constructions

Airtightness is becoming an important consideration in the construction of both new buildings and the thermal refurbishment of existing buildings. Current building standards state that roofs should be airtight, but this can rarely be realised in practice.

Measures to achieve airtightness (and moisture barrier) are always positioned on the warm side of the roof construction facing the interior, whereas measures to achieve windtightness are always positioned on the cold side of the construction. Non-airtight sections in the building envelope, like, for example, in the moisture barrier or window constructions result in

- large-scale thermal losses,
- the risk of building damage due to moisture build-up,
- a too dry indoor room quality in winter,
- less overheating protection in summer,
- poor sound insulation and
- uncontrolled air change.

#### 4.1.3.1 Thermal loss through air gaps

Insulation can drop to 4.8 times its initial value when there's an air gap measuring 1 mm in width and 1 m in length. Up to 800 g moisture can get into the roof construction through such an air gap per day and square metre – in comparison to only 0.5 g with an airtight moisture barrier.

**General conditions:**

Room temperature +20 ° C,

External temperature –10 ° C

Pressure difference 20 Pa = Wind velocity 2 - 3

**Measuring values:**

Without air gap: U value = 0.3 W/m<sup>2</sup>K,

With 1 mm air gap: U value = 1.44 W/m<sup>2</sup>K

Source: Thermal losses with a 1 mm air gap (Measurements carried out by the Fraunhofer Institute for Building Physics in Stuttgart)

### 4.1.4 Vapour diffusion

An important pre-requisite for the correct functioning of thermal insulation is to avoid humidity penetration. Vapour usually diffuses from the warm to the cold side of a building or from the side with a higher level of humidity to the side with the lower level of humidity. This means that the vapour diffuses from the interior to the exterior of the building envelope in winter. The resistance offered by a building component to the vapour being transported through the thermal insulation is shown in relation to the resistance in the air (=1) and regarded as the vapour-diffusion resistance indicator.

**Table 3: Vapour diffusion resistance of building materials**

Air	1
Sheep's wool, Flax, Mineral Wool	1
Cork	5 - 10
Polystyrene Rigid Foam	30 - 60
Wood	15 - 35
Brick	5 - 15
Concrete	100
PE-foil	100.000
Aluminium foil	vapour-tight

The diffusion resistance of a complete building component is defined by the equivalent diffused air space thickness, which shows the thickness of air spaces with the same diffusion resistance in m. The equivalent diffused air space thickness is calculated by multiplying the thickness of the building components with the diffusion resistance.

Equivalent diffused air space thickness (sd) = Thickness of Building Components (in m) x Diffusion Resistance

*Example:*

*Masonry 30 cm, Hollow Brick:*

$$sd = 0,3 \times 10 = 3 \text{ m}$$

*PE-Foil 0.2 mm:*

$$sd = 0,0002 \times 100.000 = 20 \text{ m}$$

#### 4.1.5 Grey energy

The energy consumption connected with the manufacture of these building materials is known as the "Grey Energy" of building materials. A more elaborate definition of grey energy also takes into consideration the energy consumption used in the transport, construction, demolition and disposal of building materials. The level of this type of energy consumption in low-energy houses is comparable to the amount of energy consumed throughout the whole period of occupancy.

#### Further information:

More data can, for example, be found in the [IBO-Bauteilkatalog - IBO Catalogue of Building Components](#) at Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie - the Austrian Institute for Building Biology and Ecology.

## 4.2 Windows/ Daylighting

Windows and window frames usually represent the weakest point in an energy-efficient building (not even the most innovative window construction can compete with an insulated wall that meets the current building standards considering the U value). Correctly sized windows are, however, able to make optimal use of natural daylight and benefit from solar gains (thermal comfort in summer also has to be taken into consideration).

The dew-point temperature amounts to up to 9.3°C at an indoor temperature of 20 °C and relative humidity of 50 per cent. A temperature of 8.4°C is reached on the interior surface of double-insulating glazings at an exterior temperature of –10°C. Condensation thus forms on the whole window pane, and the result is that condensation forms in the corner sections of the window pane at external temperatures that do not even have to be extremely low due to the fact that the frame is one of the weakest points in the construction.

**Table 4: Different types of glazings and their savings potential, as well as the surface temperature of interior window panes:**

	U value	Interior surface temperature of window pane at -10°C outside and 20°C inside of the building
Single glazing	5,6	- 1,0°C
Double insulating glazing	2,9 – 3,1	+ 8,4°C
Triple insulating glazing	2,1	+ 12,1°C
Double heat protection glazing	1,1 – 1,6	+ 13,8 - 15,5°C
Triple heat protection glazing	0,4 – 0,8	+ 16,8 - 17,3°C

The glazing systems of passive houses usually have triple heat protection glazings, which are filled with an inert gas and have a special coating on the inside of the window pane. Net energy gains can be made in the heating period when using such south-facing, non-shaded glazing systems. The U value should thus at least amount to 0.8 W/m<sup>2</sup>K and the G value (overall transmission coefficient) 50 per cent.

#### 4.2.1 Window frame

The U value of windows is based on the value in the centre of the window and does not take into consideration the window frame, a weak point in terms of energy. The U value will amount to about 15 to 20 per cent above the “normal” value when calculating the conventional aluminium window frame depending on the size of the window.

- a larger overlap of the window frame with the window pane will reduce this "thermal bridge".
- “Warm Edge”- thermo-edges made out of high-performance plastics, e.g. TS-Thermo Spacer, will help to minimize the problem of the frame. The additional expenses may be relatively low, but the effect is extremely high. The insulation of the windows is definitely improved and the formation of condensation is almost completely excluded.

**Table 5: Producers of window components for passive houses:**(Uw<0,8 W/m<sup>2</sup>K, according to the European Window Standard EN 100 77)

Components	Enterprises
Heat-mirror-glazings (foils)	Mayer Glastechnik GmbH mgt@mgt.at
Climatop Solar (triple glazing)	GlasMarte <a href="http://www.glasmar-te.at/">http://www.glasmar-te.at/</a>
Thermally separated spacer	Thermix GmbH
Drei3Holz	Freisinger Bau+Möbeltischlerei <a href="http://www.freisinger.at/">http://www.freisinger.at/</a>
Buhl Warm window	Buhl (Tel. 02985 2113-288)
“Building of Tomorrow” window	Sigg

The table may not be complete. Further products will be added in future.

#### 4.2.2 Daylighting

Daylight systems make use of specular systems, prismatic elements and Venetian-blinds do not only divert and shade solar insolation, but also to optimise the use of natural light and lower the use of artificial light.

Innovative daylight systems have also been designed for various different uses and help:

- transport daylight into greater depths of the rooms.
- bring more daylight into rooms in cloudy climatic zones.
- use more daylight in extremely hot and sunny climatic zones where sun protection is required.
- increase the use of daylight in buildings where the solar insolation cannot directly enter the building.
- transport daylight into rooms without windows.



**Fig. 5: Optimised use of natural daylight with the help of sun protection screens in the “Design-Center” in Linz (Foto: Bartenbach)**

**Further information:**

- [Research Forum 3/2000](#)
- [IEA Solar Heating & Cooling Programme - Task 21 Daylighting](#)
- [Bartenbach Lichtlabor](#)

### **4.3 Thermal bridges and the airtightness of the building envelope**

Thermal bridges are areas in the external building envelope with a notably increased heat flow. Geometric thermal bridges are created due to the building shape, whereas constructive thermal bridges are created out of special constructions within the external building envelope. The importance of heat losses due to thermal bridges increases with the better insulation of the building. These areas are also at more risk of getting damp.

Thermal bridges usually occur where an exterior wall meets the uppermost ceiling of a building, at the window flannings (window head, side parts, window sill) or at the connection between an exterior wall and a ceiling (especially with overhanging balconies).

### **4.4 Quality control**

The comparison between the actual and calculated energy requirements for heating provides rather late and unreliable results on the incorrect use of energy systems in buildings. The following methods can be used to localise weak spots in energy systems, which are either created by the incorrect use of energy systems or bad planning in the construction of the building:

- Thermal Imaging: Thermal imaging registers the distribution of the surface temperature in a building and evaluates the thermal properties (thermal bridges, tightness) without coming into contact with the surface area.
- “Blower Door” tests the airtightness of the building envelope by using tests based on the differential pressure method.

#### 4.4.1 Thermal imaging

Thermal imaging is a measuring technique that changes the invisible thermal infra-red radiation an object sends out into a visible diagram – known as a thermal imaging diagram. A thermal imaging diagram of a building construction thus registers the distribution of the surface temperature in a building and evaluates the thermal properties (thermal bridges, tightness) without coming into contact with the surface area. Thermal imaging tests should be carried out before renovation work or building extensions and provide information about weak points and critical areas as well as presenting new material on the history of the construction. Measuring techniques can be carried out in combination with the blower-door-test. These mainly show non-airtight sections in light-weight building constructions, roof extensions, window and door casings. Ideal conditions for carrying out these measurements are provided at night-time and by an external temperature of under 5°C (bearing in mind that there should not have been major fluctuations in temperature prior to measuring).

The following factors have to be taken into consideration when evaluating a thermal imaging diagram: Fluctuations in temperature, solar insolation, different capacities of material emission, wind velocity, thermal reflections.



**Fig. 6: Thermal imaging picture of a building construction in need of thermal refurbishment**

(Source: Grazer Energieagentur)

Thermal imaging pictures show the critical areas – window flannings and lintels.

Red, yellow and green till light blue are all colours that signify high thermal loss.



**Further information:**

[arsenal research](#) is one of many companies to provide thermal imaging measuring techniques.

**4.4.2 Blower-Door-Test**

Airtightness is state-of-the-art in the technology of today (Austrian Standards: ON B 8110 Part 1). The airtightness of the building envelope can be tested by carrying out the blower-door-test, according to ISO 9972. This test is carried out prior to the installment of interior panelling, as improvements to the vapour barrier could otherwise not be made.

Air in non-airtight sections of roof constructions flows from the interior to the exterior of the building envelope in the winter due to the fact that the warm air rises. The normally humid indoor air temperature cools off quickly in these non-airtight sections. Condensation then forms and is deposited in the neighbouring building component (convection) – and damage to the building structure is inevitable.

**Further information:**

The following companies provide blower-door-tests:

- [arsenal research](#), Vienna
- [Fa. Isocell](#), Neumarkt/Wallersee
- [Fa. Hofer&Weratschnig](#), Wels

## 5 HEATING, VENTILATION AND AIR-CONDITIONING WITH SUITABLE POWER SYSTEMS

### 5.1 Heating, ventilation and air-conditioning

Low-temperature radiators and low-temperature distribution systems contribute to the reduction of losses in heating systems. The temperature in the heating cycle should not exceed 45°C. Heat is then supplied to the interior space of a building through the appropriate heaters, floor or wall heating.

Heat can also be supplied by introducing supply air (i.e. via controlled ventilation with heat recovery) in a building with only low heat requirements. The supply air temperature can measure up to 50°C due to the charring of dust particles. Charring can also be avoided by using an air supply filter on the fresh air side of the building.

Air-conditioning or cooling mainly takes place through the appropriate size of openings (windows, winter garden, etc.), the correct shading system and storage mass as well as ventilation. Air-conditioning systems (principle of heat pumps) can also be used in order to provide additional active cooling. There are many innovative solar-assisted air-conditioning systems on the market at present.

#### Further information:

- Austria participates in the [International Energy Agency's research project "Solar Assisted Air Conditioning of Buildings"](#).
- The [technology profile on thermal solar energy](#) provides more information on the topic of [solar cooling](#).

### 5.2 Appropriate energy supply systems

Efficient building systems require innovative, energy-efficient solutions: low thermal losses require heating systems in a lower power-range than those in conventional buildings. Energy-efficient and ecological criteria should also continue to be included when choosing the power supply system for providing heat and electricity.

A large amount of power supply systems are available in varying stages of development. energytech.at not only provides these technologies, but also further information on the appropriate technology sectors.

#### Heating and hot water supply

- Thermal solar energy
- Biomass
- Heat pumps
- Efficient use of conventional sources of energy
- etc.

## Power generation

- Photovoltaics

## Combined heat and power generation

- Cogeneration (microturbine, decentral CHP)
- Fuel cells
- etc.

## Thermal solar energy & photovoltaics

The thermal use of the heat carriers air and water in active solar energy use presents a special ecological alternative to water heating and (solar assisted) room heating. High quality photovoltaic systems integrated into the building constructions turn the solar insolation striking the building envelope directly into electrical power.



**Fig. 7: The “Sonnenpark” photovoltaic housing estate in Dornbirn in the province of Vorarlberg, Austria**

(Source: stromaufwärts Photovoltaik GmbH)

### **Further information:**

- [energytech.at – Thermal Solar Energy, technology sector](#)
- [energytech.at – Photovoltaics, technology sector](#)

### **Biomass**

Modern and comfortable wood heating systems have been perfected and are now available as an alternative method of heating. These systems provide excellent emission values, are run on wood pellets, wood chips or pieces of cut wood and have already gained a clear share of the market.

### **Further information:**

[energytech.at – Solid Biomass, technology sector](#)

### **Heat pumps**

A heat pump makes use of “free” and existing ambient energy from the soil, air and water. High seasonal performance factors (SPF, expressing the relationship between heat created and final energy used for operating heat pumps) are essential for the sensible and successful use of this technology. Today’s heat pump heating systems also represent an SPF of 3.0 and above when correctly planned, installed and run. Annual rates of operation of 4.0 have even been recorded in heat pump heating systems that are actually being run in buildings today.

### **Further information:**

- Austria is a member of the [International Energy Agency’s Heatpumpcenter](#).

### **Conventional sources of energy**

Major improvements and developments have been made to the efficiency of oil-fired and gas boilers (i.e. condensing boilers) and pollutant emissions.

### **Thermal storage**

Heat has to be stored for a minimum of some hours to a maximum of some days (for the whole heating season in the case of seasonal storage) in order to match the difference between energy provided and energy needed for heating and hot water supply. The following principles can be seen:

1. Sensible thermal storage by warming a heat-storage medium – i.e. “classic” hot water storage appliances/boilers.
2. Latent heat storage, which makes use of the change between the solid and liquid form of a heat-storage medium (i.e. dissolved salts, paraffin).
3. Thermo-chemical heat-storage mediums like, for example, sorption storage (silica gel) or the storage of hydrogen in combination with a fuel cell.

The storage within the soil in connection with a heat pump, which is a combination of 1 and 2.

### **Further information:**

See chapter on [Storage Technology](#) in the section – [Thermal Solar Energy](#), at energytech.at

## 6 ENERGY-EFFICIENT BUILDING APPLIANCES

Electrical appliances and occupants represent heat sources, which have to be integrated in the planning phases. These additional heat sources can make up a considerable amount of heat input especially in buildings designed to have low heat requirements (e.g. passive houses). Furthermore they increase the cooling performance costs necessary for additional air conditioning in summer. Summer overheating is especially likely to occur in office buildings where there are a great many working people and computers in small spaces.

### Further information:

[E.V.A. - the Austrian Energy Agency](#), which deals among other things with [energy efficient domestic and office appliances](#)

### 6.1 EU label for lamps

The EU Directive 98/11/EG became a part of the national legislation as of September, 1999 and is the legal basis for classifying the energy efficiency of domestic lamps.

It applies to domestic lamps that run on mains voltage such as electric light bulbs and fluorescent lamps with an integrated ballast. Furthermore it applies to domestic light bulbs, lamps which comprise single-capped and double-capped lamps and lamps without an integrated ballast.

According to a standardized calculation method within the guideline lamps are classified in different levels of energy efficiency ranging from level A (high energy efficiency) to G (low energy efficiency). This calculation method considers parameters like lighting current and lighting consumption. It aims at illustrating the energy efficiency of the lamps to consumers and thus making it easier for buyers to choose the best and most energy efficient product.

The following lamps are taken into account in the EU Directive :

- Electric light bulbs
- Halogen lamps running on mains voltage
- Compact fluorescent lamps
- Fluorescent lamps

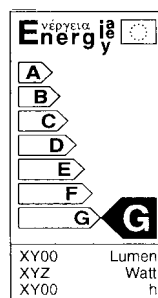


Fig. 8: EU label for lamps

## 7 THE PASSIVE HOUSE – A CONCEPT FOR SUSTAINABLE BUILDING

The term "Passive House" describes a building construction with a comfortable level of indoor air quality in summer and winter that is gained by employing energy-efficient measures and without conventional heating systems.

### **The three pillars of the passive house concept**

The passive house concept is the result of the constant developments that have been made to the low-energy house concept: "Passive" building and technical measures ensure that very little heat is lost and that heat gains are optimally used, thus resulting in improvements to thermal comfort and a reduction in the energy requirements.

**Insulation:** Heat conservation of the external building components is the most effective measure for energy efficiency in buildings in Central Europe. The majority of insulating materials used in the building and construction industry make use of the low thermal conductivity in still air and try to avoid creating thermal bridges. The supporting structure of the insulating materials does not play an important role – and a wide range of suitable products is thus available on the market. Passive houses require a compact layer of insulation, which guarantees for both low heat losses and a high level of thermal comfort.

**Highly insulating windows:** State-of-the-art coating technology has enabled the development of high-quality glazings which still have internal surface temperatures of over 17°C at low external temperatures of -10°C. Highly insulating windows let in such high amounts of radiation energy that heat losses are more than compensated for by the solar heat gains even in the depths of winter and at ±30° south orientation. High-performance window frames that are especially-designed for passive houses are perfect to complete the extremely tight building envelope.

**Ventilation systems with heat recovery:** Fresh air is essential for the "well-being" of building occupants – the highest standards of luxury and comfort are achieved by introducing controlled ventilation with heat recovery; health and thermal comfort being once again the most significant factors for planning a project. The incoming air can also heat the rooms in the passive house, thus resulting in technically simple solutions for heat supply systems. And all this is what makes the passive house concept so attractive.

The three decisive pillars of the passive house concept are based on a significant improvement to the quality of building components, which are nonetheless essential in all building constructions:

- Every house needs a building envelope with a ground floor, exterior walls and roof; the passive house focuses on drastic improvements to these building components – high-quality heat insulation is thus added.
- The passive house requires high-quality windows, which boast such low heat losses at good levels of lighting that thermal comfort is reached without having to have radiators right next to the windows.
- Every flat needs fresh air, but only a controlled ventilation system can guarantee for this in our climate with its constantly changing wind pressure ratio.

The passive house thus provides us with the opportunity to reach extremely low levels of energy consumption by employing high-quality, cost-efficient measures to general building components – such measures are in turn of advantage to the ecology and economy sector. Additional measures mean more building materials and money instead of improvements to components that are necessary in any case.

The first passive house housing estate boasting 22 units was completed and put into operation in Wiesbaden in 1997. Research results have now shown that users consume approximately 13.4 kWh/(m<sup>2</sup>a) for room heating and 15.5 kWh/(m<sup>2</sup>a) for domestic hot water supply. Optimal energy indicators for passive houses can be found in chapter “Energy indicators”.

The passive house is no new, innovative product that is manufactured by a concern in a pre-fabricated form and then sold on the market. It consists moreover of a non-patented building standard, which enables many architects and building developers to realise high-quality building demands and gives manufacturers the opportunity of providing the appropriate, highly efficient individual building components. There have already been many significant synergistic effects in the past where, for example, the manufacturers of glazings suitable for passive houses have had to rely on the manufacturers of suitable window frames and vice versa.

An extensive discussion was held concerning air pollution control requirements due to experiences made by passive house users of introducing a user-controlled ventilation system [Feist, 1994]. It could thus be seen that the interior air quality in the four flats in the passive house in Kranichstein actually met the targets set in regard to air pollution control. The controlled ventilation system thus meets its main requirement – the improvement of the indoor air quality.

The aim of the CEPHEUS project (Cost Efficient Passive Houses as European Standard) was to construct approximately 250 living units boasting passive house standards in five European countries with the help of experts and evaluation of the constructions. Regulated standards of quality for the cost-efficient planning and construction of passive houses should thus be developed and then a basis for a wide-ranging market promotion created.

**Further information:**

- [energytech.at](http://energytech.at) Links: Passivhaus

[Reference Books: Project report – CEPHEUS: Thermal Comfort Without Conventional Heating Systems](#)

## 8 THE CHALLENGE OF REFURBISHMENT

### 8.1 Energy savings potential of existing building constructions

The specific avoidance costs of all kinds of refurbishments are calculated on the basis of marginal costs so that the profitability of refurbishment measures can be better estimated. The amount of financial expenditure is thus presented in order to save one kWh per year. The costs of the individual systems were divided by each specific period of occupancy in order to come to an equal basis.

Specific Avoidance Costs = Investment Costs/ (Savings in Final Energy per year x Period of Occupancy)

**Table 6: Specific costs of refurbishments:**

Type of refurbishment	Specific avoidance costs in cent/kWh:
Face-lift of building	0,029
Refurbishment of top floor	0,022
Window refurbishment	0,058
Refurbishment of basement floor	0,011
Overall refurbishment	0,029

*Source: Ecology of the Rehabilitation of Old Buildings – Guidelines for Subsidization with regard to Energy Consumption, Emissions and Optical Aspects. (Contact Point: Lower Austrian Provincial Academy – <http://www.noelak.at>) . Guidelines drawn up by the Austrian Energy Agency (E.V.A.)*

#### 8.1.1 Energy certification and energy indicators

The energy certification, which contains pre-stipulated energy indicators, is used in order to be able to calculate and compare the energy savings potential of existing buildings. The energy indicator, which is found in the housing subsidy regulations or in provincial building regulations and worked out according to calculations in the Austrian Institute for Building Technology manual, should be registered in the appropriate heat conservation class (A-G) and marked by an arrow, which points to the corresponding bar.

### 8.2 Evaluation – planning – quality control

This chapter focuses on the stages of refurbishing an existing building starting off with the evaluation and planning then leading up to the quality control measures afterwards.

#### 8.2.1 General evaluation EPIQR

The “General Evaluation” for buildings was developed on the Swiss Program of “Innovative Building Constructions” in 1992 and presents a general overview of the



conditions of a property and the costs of reinstatement work with limited expenses. The “General Evaluation” is based on the results of English and French research stating that the costs of reinstatement work can be estimated according to a limited amount of building components. Expenses incurred in diagnosing the condition of a property may fall, but there is still enough reliability for a general evaluation.

Seven European research laboratories developed the EPIQR computer program as part of the Joule Programme on the basis of this general evaluation. EPIQR stands for Energy Performance, Indoor Environment Quality and Retrofit (taking refurbishment measures in occupied existing buildings into consideration).

### **8.2.2 Energy consultants**

Weak points in the building envelope and heating systems are pinpointed, documented and analysed by specially-trained energy consultants. Energy consultants are organised differently from province to province in Austria. Energy consultant training courses have been standardised in the Energy Consultants Consortium.

#### **For further information**

The Austrian Energy Agency (E.V.A.) provides an overview of energy consultants on provincial, federal and EU level under <http://www.eva.ac.at/esf/>

### **8.2.3 Integrated planning**

Pre-planning aims at co-ordinating the individual components in a better manner so that less alterations have to be made in the later planning and implementation phases. This actually means that specialists have to co-operate on the most important aspects of thermal refurbishment early on in the project. The planning and preparations needed for an all-round thermal refurbishment stand out greatly from the normal procedures undergone during conventional refurbishment:

- Clear targets are developed alongside general planning aims and legal requirements.
- The standards of quality that have been agreed upon by users and architects are recorded in the contract specifications and presented in the quantity description.
- The building aims are put down on record in final tests.
- Users receive a detailed certificate of quality (energy certification, and building certificate in future).

The first planning stages are especially important as everything is still possible and no high costs have been incurred. It is worthwhile investing more in these stages of planning. Taking into account some additional solutions do not cost a great deal – “Planning during Construction” on the other hand often leads to extreme overspending.

### **8.2.4 General contractors or individual contractors**

The contracts placed are especially important on the refurbishment sector. Contracts placed with experienced general contractors are of especially great advantage to building contractors lacking in the relevant building experience. General contractors guarantee that a building construction is completed according to the plans shown and that users can move in straightaway. The planning is normally done by a general planner and this means

that only one contractor is responsible for all trades. Further attractive factors being more rigid handling of the project, keeping to the deadlines and the price promise on agreeing to a fixed price. It may look as if there are higher costs when placing an order for a refurbishment project with a general contractor, but it's often more economical in the long run than placing a contract with various individual contractors.

### **8.2.5 Third Party Financing**

Third Party Financing (TPF) means that measures and services for providing or efficiently using (saving) energy are dispersed to a third party – a distinction is made between installation contracting and energy-performance contracting.

There are no additional investment costs for users. Investments are financed using the difference between former energy costs and new reduced energy costs. Proprietors are usually offered the chance of paying reduced overhead expenses after the contractual time has expired (generally from 5 to 15 years).

Energy-Performance Contracting: Third parties carry out measures for reducing energy requirements and payment depends on the amount of energy saved. This model has proved successful in regard to the thermal refurbishment of public buildings like, for example, schools.

Installation Contracting: The contractor sets up, operates and finances an energy installation. The client pays for the energy actually supplied, the price of which is calculated from the amount of energy made available to users.

#### **Further information:**

Click here for an overview of Austrian contracting companies on the market and reference projects: <http://www.eva.ac.at/contracting/>

## **8.3 Specific measures**

Specific measures used in the thermal refurbishment of existing buildings will be described in the following section.

### **8.3.1 Insulation systems with higher levels of insulation thickness**

The thickness of insulation that has already been installed in building constructions usually can no longer be changed. The conventional thicknesses of 5-6 cm in the exterior wall sections and 10-15 cm in the roof sections, which are still used today, are neither cost-effective nor energy-efficient. The advantages of thicker insulation are:

- \* the long period of use (approx. 40 years),
- \* the increased standard of living due to the higher surface temperatures,
- \* the ratio between insulation costs and total investment costs,
- \* the low overall costs in comparison to the life cycle.

The Austrian Standards Institute has defined the standard or “good practice” of what we regard as “economic insulation” in the ÖNORM B 8110-4. A cost-effective level of heat conservation is stipulated for a specific period of time (i.e. 30 or 60 years for residential buildings).

The insulation thickness should measure between 8 and 20 cm – lower levels should not be used. The dew-point temperature can occur in the walling component (in the case of good-quality insulating walling components) when the level of insulation thickness is too low. The cementing material layer gets wet and it can even happen that the façade of a building cracks when there's frost.

**Table 7: U values of some wall constructions with and without insulation:**

Present wall constructions including 1.5 cm interior plastering			Wall plus insulation $\lambda=0,4$ W/mK	
Wall construction	Thickness (cm)	U value (W/m <sup>2</sup> K)	Thickness of insulation layer (cm)	U value (W/m <sup>2</sup> K)
Solid brick	38	1,37	6	0,45
			10	0,31
			12	0,27
			16	0,21
Hollow brick	30	0,89	6	0,38
			10	0,28
			12	0,25
			16	0,20
Reinforced concrete	20	3,70	6	(0,56)
			10	0,36
			12	0,31
			16	0,23

All-integrated insulation systems are normally installed alongside curtain walls with/without ventilation. The following insulation materials are available:

- Polystyrene EPS-F (Expanding Polystyrene Rigid Foam – Façade)
- Rock Wool Façade Panelling
- Agglomerated Cork Block
- Softboards
- Mineral wool block & board (STO Therm Cell, a new product made by the STO company)

All-integrated insulation systems can only work when the planning and realisation tally. The manufacturing standards have been set by the Austrian Standards Institute (Austrian Standards ÖNORM B 2259, B 6110, B 6135) and manufacturers' specifications.

### 8.3.2 Windows/doors

“Passive house windows“ are not especially designed to be mounted in existing buildings, but they can be used in thermal refurbishments in certain circumstances. Calculations for

a typical combination – an exterior wall measuring 30 cm and a passive house window – were made using the finite element method and the following results emerged:

- Thermal improvements to the wall planning are essential.
- It is necessary that a frame be developed that can be mounted in passive houses.

*Source: Mathias M. Stani, Head of the Institute of Thermal Engineering and Noise Control – at the TGM, Institute of Technology (technische Versuchsanstalt für Wärme und Schalltechnik am TGM)*

Slim window constructions are usually required for the thermal refurbishment of existing buildings due to architectural demands and historical monument classifications, and that's what the "Building of Tomorrow" research program has been working on. The Austrian low-energy window with a U value of 0.9 W/m<sup>2</sup>K (including glazing heat losses) is extremely slim, its frame and window casements measuring just 88 mm, and was the starting point for research. The quality timber in the window casement frames was first replaced by a wood-purenit-wood sandwich construction. Special measures have to be introduced in order to avoid creating thermal bridges when the windows are mounted into the façade. The new window can now be mounted in passive houses (i.e. CEPHEUS-House in Wolfurt, Vorarlberg, by Architect Gerhard Zweier and three other buildings) due to the certificate of the quality timber construction together with the mathematical proof of improvements.

Quality timber windows suitable to be mounted in passive houses are now being developed on the basis of these experiences. These windows should combine the advantages of quality timber and the excellent insulation values of passive house windows. An initial batch was designed and certified after theoretical preliminary tests and scientific research, the aim being to bring certified passive house windows with the appropriate mounting suggestions on the market by the end of 2000. The Sigg company's project in the "Building of Tomorrow" subprogram has already managed to reach a U value of 0.79W/m<sup>2</sup>.K.

### **8.3.3 Solar refurbishments**

Solar energy is not normally made use of in thermal refurbishments. Architects and planners may attempt to get the most out of the location, orientation and surface-area-to-volume ratio of a new low-energy building construction during the planning phase, but usually they can't change anything when it comes to existing buildings. Heat insulation and the renewal of windows and heating systems do not have to remain the only measures taken – passive or active solar energy can also be used in existing buildings with a bit of fantasy. Balcony glazings, glass curtain walls (which also provide technical improvements to sound insulation as well as a positive energy balance), the use of transparent insulation, solar water heating or space heating all make sense when refurbishing a building construction. A wall heating system can, for example, be installed when refurbishing the walls. This is the pre-requisite for the efficient running of solar (low-temperature) space heating. Daylighting should be planned especially when refurbishing roofs. Solar panels can act as a valuable alternative to conventional roof cladding. There are now many manufacturers on the solar energy power sector that provide photovoltaic roofing tiles.

### 8.3.3.1 Glazed extensions and sunspaces

A sunspace, which is a passive solar building component that contributes to energy gains, is defined as a loggia or veranda according to the Austrian Standard ÖNORM M7700. These sunspaces must show a positive energy balance as the thermal properties of the glazing mean that they can't be otherwise heated. Sunspaces that are built directly onto building constructions and have numerous storeys are energy and cost-efficient whereas jutting-out glass constructions get too hot in the summer and too cold in the winter.

Sunspaces' contributions to heating are often overestimated. Large-scale south-facing windows as a system making use of passive solar energy are more energy-efficient than sunspaces. It should also be considered that the light coming into the rooms behind the glazed construction is reduced by up to 20 per cent due to the construction and up to 30 per cent due to the glazing.

### 8.3.4 Heating, ventilation and air conditioning systems

The indoor air quality is often insufficient in buildings with ventilation systems and can thus lead to the Sick Building Syndrome. The energy efficiency of HVAC systems is far from perfect in many buildings and it is thus especially important to check out these systems in regard to the means of operation and system type. The requirements of the indoor air quality and the living space are laid down in standards and regulations.

Air change rates of 0.4 to 0.7 per hour are generally needed in order to meet the hygienic requirements of a building. Regular window ventilation is essential in order to get such values after a thermal refurbishment. The air change rates can reach values of 1-3 and this multiplies the energy requirements for air changes.

The heating load is lowered by the excellent thermal quality in modern buildings – so much so that the amount of air needed for hygienic requirements is enough to provide the space heating, too. This new concept of fresh air heating is optimally used in the passive house. Buildings that don't meet all the requirements of a passive house can also be fitted out with this system by adding domestic engineering technology. An wood-burning stove (logs, wood pellets) can, for example, be installed in the central living room and it only has to complement the fresh air heating at extremely low external temperatures.

A ground heat exchanger often helps pre-heat the fresh air prior to it entering the house during the heating period. The aim is to reach an exfiltration temperature of at least 0°C at a normal external temperature of -12°C. The following points should be taken into consideration:

- \* Laying Depth 1.5 - 2 m under the ground
- \* Length 25 - 35 m
- \* Pipe Diameter DN 160 (up to 125 m<sup>3</sup>/h) or DN 200
- \* 1% Gradient
- \* Polythene Foil (PVC pipes should not be used).

A high-quality filter is positioned at the inlet opening of the ground heat exchanger in order to eliminate any hygienic risks. A branch-line with a water outflow is connected to the exchanger on entering the building construction in order to enable cleaning. (Source: planning tips under <http://www.drexelweis.at/> - only in German)

Ground heat exchangers should mainly be used in buildings where ventilation systems are standard applications like in warehouses, sports and leisure centres etc. – summer cooling loads and high levels of heat requirements are accrued here for the pre-heating of air.

### 8.3.5 Refurbishment of the heating system

Refurbishing the boiler can lead to energy savings of 25 to 30 per cent. This percentage also includes energy savings due to a lower boiler capacity. Source: Ecology of the Rehabilitation of Old Buildings – Guidelines for Subsidization with regard to Energy Consumption, Emissions and Optical Aspects (Contact Point: Lower Austrian Provincial Academy – <http://www.noe-lak.at>) Guidelines drawn up by the Austrian Energy Agency (E.V.A), page 52

The decision whether to carry out only a partial or overall refurbishment to the heating system depends on the following:

- period of boiler utilisation,
- size of the boiler and heating requirement,
- stack losses, fuel efficiency level,
- chimney inspection.

A change to an other energy source and the use of other thermal value equipment should be considered in the case of an overall refurbishment.

#### 8.3.5.1 Heat supply

The size and type of the heating boiler should always be checked after improving the heat conservation. In the last few years there have been many improvements in boiler technology. Boilers that are over 20 years in age are, however, usually no longer economical, even if they fulfil the required limits. Modern low-temperature and condensing boilers are efficient even when working partial loads, while older boilers are always uneconomical with partial loads.

The efficiency of boilers has to amount to rated capacities of between 4 and 400 kW according to the European Efficiency Guideline 92/42/EWG of the European Commission.

Standard boiler:  $\eta \geq 84 + 2 \log P_n$

Low-temperature boiler:  $\eta \geq 87,5 + 1,5 \log P_n$

Condensing boiler:  $\eta \geq 97 + 1 \log P_n$

$P_n$  .....Rated capacity

$\eta$ .....Efficiency

The easiest way to check the over-dimensional boiler capacity of an old heating system is to calculate the full load hours per year. Fuel consumption (kWh/a) / power (kW) = full load hours (h/a).

The heating system works uneconomically (excluding low-temperature and condensing boilers) on full load hours of less than 1200 h/a (for space heating only) and 1400 h/a (for space heating and hot water supply).

The annual use efficiency is decisive for the heating energy demand and this has to be calculated by taking the energy values of the heat supply system (e.g. boiler), heat distribution system and heat regulation system according to the Austrian Standard ÖNORM H 5056.

**Table 8: Evaluation of annual use efficiency  $\eta_{aH}$**

High efficiency according to ÖN H 5056	$\eta_{aH} \geq 0,98$	
Inspection recommended	$0,92 \leq \eta_{aH} \leq 0,98$	Reduced efficiency
Improvement measures recommended	$0,82 \leq \eta_{aH} \leq 0,92$	Reduced level of efficiency
Improvement measures urgently recommended	$0,72 \leq \eta_{aH} \leq 0,82$	Clear deficit in efficiency
Inspection, as to whether the system works economically Possibly renewal of heating system recommended	$0,62 \leq \eta_{aH} \leq 0,72$	
Inspection of usefulness of heating system Possibly instant renewal of heating system	$0,62 < \eta_{aH}$	

### Thermal insulation of pipes

The insulation of pipes in unheated rooms should measure at least two thirds of the pipe diameter. Hot water and circuit vents should be insulated according to their pipe diameter. Insulated hot water storage systems and fittings which feel hot should be refurbished.

### Radiators

Radiators that are in good condition can still be used in some cases. Existing radiators give out the highest amount of radiation and the lowest amount of convection with smooth steel panel radiators that do not boast convective metals. The more a radiator is split into different panels the higher its level of convection. The heating systems can be kept at lower temperature levels after thermal insulation, which will lead to more thermal comfort due to a reduction in the circulation of air (convection).

Radiators that don't get really warm or make streaming sounds require hydraulic alignment.

#### 8.3.5.2 Active solar energy use

A building can only make use of active solar energy, if the condition and orientation of its roof surfaces are suitable. Check lists enable users to easily find out whether a building is suitable for the application of solar collectors or not.

#### 8.3.5.3 Façade-integrated collectors

Façade-integrated wall collectors are flat-plate thermal collectors, which are mounted directly on façades without the need of a separate venting panel. The energy output in

buildings with solar combi-systems can be increased by vertical collectors. There are, however, still problems on the sectors of building physics and heat distribution.

### For further information

Current projects on wall collectors can be found in the framework of the “Building of Tomorrow“ subprogram:

- [Project „Façade-integrated collectors“](#)
- [Deployment and development of façade-integrated solar collectors for multy-storey residential and office buildings.](#)
- Project: [“Façade-integration of thermal solar collectors without the need of a separate venting panel on the basis of engineering and building physics”](#).
- Project: [“Integral 2000 – Neuartiger Systemkollektor mit kürzesten Montagezeiten”](#) – „Integral 2000 – State-of-the-art system-collector at shortest installation periods“ only in German.
- Forschungsforum 3/01 Facade-Integrated Thermal Solar Installations  
[http://www.forschungsforum.at/e/3\\_01.htm](http://www.forschungsforum.at/e/3_01.htm)

## 8.3.6 Transparent thermal insulation

### 8.3.6.1 Function and use

Solar energy can not only be used via windows, but also via wall surfaces. Conventional insulation only reduces the heat loss from the inside of the building to the outside, but transparent insulation can also make use of heat gains. Sun light reaches the building envelope and is then converted into heat with this concept. The heat enters the interior of the building with a delay, whereby the wall acts as buffer storage. The net energy gains on south-facing walls amount to between 50 and 150 kWh/m<sup>2</sup>/a. Most systems still require overheating protection.

A transparent insulation system consists of an absorber, an framing element with glazing (not needed when using all-integrated insulation), a regulation system, a shading device and a mounting bracket on the façade.

Plastics and glass are often used as insulation materials.

A great deal of research has been carried out on the sector of transparent insulation systems over the last few years, but there has as yet not been a major breakthrough. Despite many developments in this sector the costs for a transparent insulation system are still quite high at approx. EURO 330,- per m<sup>2</sup> (including mounting), whereby the shading system takes up a large part of the expenses. The costs for the façade and thermal insulation, which are now no longer needed, can thus be gained.

Successes in the development of high-performance insulating windows have also contributed to the loss of interest in transparent insulation, particularly as the transparent insulation components only let diffuse light into the room. Furthermore some consumers have experienced the build-up of condensation.



A positive prospect for the future is the combination of transparent insulation with solar hot water supply, especially when there is a high material suitability for stagnation temperature.

Further subjects of research are self-adjusting shading devices, which change the light diffusion according to the change in temperature.

Transparent façade insulation systems have reached a stage where they can be used in different kinds of buildings – not only in new constructions, but also for refurbishing old buildings. Transparent insulation does not only present savings in heating costs, but it also increases the thermal comfort, as the wall temperature is often higher than the room temperature. Studies have shown that occupants of buildings with transparent insulation are extremely satisfied.

Transparent insulation should be primarily used in renovating old buildings, as their massive exterior walls are perfect for this method of refurbishment.

### **8.3.6.2 Façade systems**

**Curtain wall:** Transparent insulation components consisting of two glass window panes with pipes made out of glass or acrylic plastic are mounted in a wood or aluminium construction.

**Products: Okalux (Kapilux), Röhm (multi-skin sheets), Schott (Helioran)**

**All-integrated transparent insulation system:** Transparent insulation materials are mounted onto gaps made in a solid wall in a plastered façade by using black glue and plastered over with transparent glass plaster. The heat transmission lies at approx. 10 to 20 per cent below that of glazed systems. This systems fits perfectly into a building construction, and no sun protection is needed.

**Products: Sto (ThermSolar), Caparol (Capatect)**

**Direct gain system:** Lighting rows with transparent insulation are translucent not transparent, e. g. on the roof of industrial shed structures.

A system invented in Austria uses cardboard honeycombs: Solar radiation shines through a glass window pane onto a cardboard honeycomb and is then converted into heat. This type of construction is meant to reduce overheating by itself.

**Product: Energy-Institute Linz und ESA-solar façade**

## **8.4 Measures for the broad ecological refurbishment of existing buildings**

In Austria 8.05 million inhabitants live in approx. 3 million flats with an overall floor area of 252 million m<sup>2</sup>. 78 per cent of the buildings were constructed before 1981. The annual energy consumption of final energy for the heating and hot water supply in Austrian households comes up to 218 PJ. The annual energy costs for the heating and hot water supply amount approx 2,03 Mrd. EURO.

**Table 9: Summary of measures taken in Austria (excluding Vienna):**

Measure	Final energy savings [TJ/a]	CO2 reduction [t/a]	Specific avoidance costs partial/marginal costs [cent/kWh]
Thermal refacing	13.005	767.882	0,012 / 0,018
Refurbishment of the topmost floor	12.743	752.256	0,011 / 0,014
Renewal of the windows	2.888	170.610	0,020 / 0,036
Reconstruction of the cellar floor	2.077	122.754	0,006 / 0,007
Change of boiler without changing energy source	14.147	723.945	0,052
Change to the energy source wood	8.365	1.065.304	0,084
Connection to existing decentralised biomass heating station	1.577	107.382	0,004
Solar water heating	8.762	1.111.576	0,085

Source: Guidelines drawn up the the Austrian Energy Agency (E.V.A.) in Ecology of the Rehabilitation of Old Buildings – Guidelines for Subsidization with regard to Energy Consumption, Emissions and Optical Aspects (Contact Point: Lower Austrian Provincial Academy – <http://www.noe-lak.at>)

The definition of measures is based on economic criteria. Mutual effects, such as an increased reduction in absolute energy consumption when changing a boiler after thermal refurbishments in comparison to individual measures, have been taken into consideration.

**Table 10: Summary of packages of measures taken in Austria (excluding Vienna):**

Package of measures	Final energy savings	CO2 reduction [t/a]	Economic period of amortisation
I: Thermal refurbishment and change of boiler	2.065	105.671	14
II: Thermal refurbishment and change to energy source wood	689	74.646	10
III: Thermal refurbishment and solar assisted space heating	527	26.979	39

Source: Guidelines drawn up the the Austrian Energy Agency (E.V.A.) in Ecology of the Rehabilitation of Old Buildings – Guidelines for Subsidization with regard to Energy Consumption, Emissions and Optical Aspects (Contact Point: Lower Austrian Provincial Academy – <http://www.noe-lak.at>)

**Most important assumptions for the calculation of measures (for Austria, excluding Vienna):**

I: Thermal refurbishment and change of boiler

Detached and semi-detached houses, doubling of the present exchange rate (36,000 flats per year); Calculation of the basis of marginal costs

II: Thermal refurbishment and change to energy source wood

Detached and semi-detached houses, 12,500 flats per year,

50 per cent total costs, 50 per cent marginal costs for change of boiler, refurbishment with marginal costs

III: Thermal refurbishment and solar assisted space heating

8,000 systems per year, 5 year limitation; 25 m<sup>2</sup> collecting surface per flat; expert installation

Overall assumptions: 4 per cent real interest rate, no increase in energy prices, normal average costs, marginal costs on the basis of a 5 year advance, 50 per cent energy savings due to thermal refurbishment.

*Source: Ecology of the Rehabilitation of Old Buildings – Guidelines for Subsidization with regard to Energy Consumption, Emissions and Optical Aspects. (Contact Point: Lower Austrian Provincial Academy – <http://www.noe-lak.at>) . Guidelines drawn up by the Austrian Energy Agency (E.V.A.)*

## 9 REGULATIONS AND SUBSIDIES

Heat conservation guidelines can be found in building regulations (resp. decrees on the basis of building regulations) and in the various housing subsidy conditions in the provinces of Austria. Building regulations may comprise, e. g. energy efficient rules, which must be applied to all new buildings (and recently in Vienna also for building renovation), while the regulations of housing subsidies are only valid for the construction and refurbishment of subsidised residential buildings. (Expenses for housing development subsidies in 1998 34,6 Milliarden Schilling; Source: Österreichisches Wohnhandbuch 2000 – Austrian Habitation Guide for 2000 by K. Lugger – available only in German). The housing subsidies not only influence the choice of heat conservation, energy source, heating and hot water supply system, but also building materials and other measures relevant to climate-protection.

**Table 11: U value upper limit (W/m<sup>2</sup>K) according to building regulations in Austrian provinces of Burgenland (B), Carinthia (C), Lower Austria (LA), Upper Austria (UA), Salzburg (S), Styria (St), Tyrol (T), Vorarlberg (Vb) and Vienna (V):**

Date: 2/2000	B	C	LA	UA*	S	St	T	Vb	V*
Valid as of	'98	'97	'96	'99	1991	1997	'98	'96	'01
Exterior wall	0,45	0,40	0,40	0,50	0,47-0,56	Block of flats: 0.50 Detached and semi-detached house: 0.40	0,35	0,35	0,50
Boundary walls to unheated parts of building and party walls	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70-0,83	0,70	0,50	0,50	0,50
Boundary walls to separated flats and offices	1,20	1,60	1,60	1,60	1,56	1,60	0,90	1,60	0,90
Boundary ceilings to exterior surfaces, attics or thoroughfares	0,25	0,25	0,22	0,25	0,26-0,30	0,20	0,20	0,25	0,25
Boundary ceilings to unheated building parts	0,40	0,40	0,40	0,45	0,37-0,43	0,40	0,40	0,40	0,45
Boundary walls to separated flats and offices	0,90	0,90	0,90	0,90	1,03	0,90	0,70	0,90	0,90
Windows	1,70	1,80	1,80	1,90	2,50	1,90	1,70	1,80	1,90
Exterior doors	1,70	1,80	1,80	1,90	2,50	1,70 / 1,90 (glass door)	1,70	1,90	1,90
Foundation walls	0,40	0,50	0,50	0,50	0,55-0,67	0,50	0,40	0,50	0,50
Foundation floors	0,40	0,50	0,50	0,50	0,39-0,47	0,50	0,40	0,50	0,45

(Source: E.V.A. Website)

\*Further regulations have to be applied to the energy consumption of the whole building in Upper Austria and Vienna.

# 10 RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

## Housing research

Housing research not only carries out activities within the EU, various research funds and federal ministries, but also provides subsidies for research and development in the field of energy efficient building constructions. Housing research has been decentralised since 1988 and is now run autonomously by each province in Austria. Since then subsidies have dropped from 7,3 Mio. EURO to approx. 1,8 Mio. EURO.

### Further information:

The Internet platforms [iswb \(infoservice wohnen+bauen österreich\)](#) and "Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen" (FGW) provide an overview of housing research projects in Austria.

## Building of Tomorrow

Emphasis should be placed on the "Building of Tomorrow" initiative in the Austrian Program on Technologies for Sustainable Development, which is initiated and supported by the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology. The "Building of Tomorrow" subprogram concentrates on the two most important developments in the energy efficient and solar building construction industry – solar low-energy building constructions and the passive house. These energy-efficient innovations will furthermore comprise the ecological, economic and social aspects (see Fig. 14) in the "Building of Tomorrow" subprogram.

Energy efficient building components and types of residential and office buildings should undergo further development and market diffusion in this program.

Three calls for building proposals focussing on the construction of new buildings have been published since 1999. Approximately 60 projects have up to now been sponsored and financed at a total cost of 7,3 Mio. EURO.

The last call for proposals put an emphasis on ecological and energy efficient building refurbishments.

### Further information:

The final reports of the projects in the "Building of Tomorrow" subprogram, which can, of course, be found on the energytech homepage:

Further information on project aims, background and results can be found on the energytech Website under ["Building of Tomorrow"](#).

## 11 TRAINING COURSES AND FURTHER EDUCATION

There are many institutes which offer training and further education courses ranging from half-day workshops to full-time training courses.

AEE INTEC (Society for Renewable Energy, Institute for Sustainable Technologies)

Feldgasse 19, A 8200 Gleisdorf

Phone.: +43 3112 5886

Fax: 03112-5886-18

Email: [office@aee.at](mailto:office@aee.at)

Website: <http://www.aee.at/>

Energy Institute Vorarlberg

Stadtstrasse 33 / CCD, A 6850 Dornbirn

Phone: +43 5572 31202-82

Fax: +43 5572 31202-182

Email: [schlader.energieinstitut@ccd.vol.at](mailto:schlader.energieinstitut@ccd.vol.at)

Website: <http://www.energieinstitut.at/>

Energie Tirol

Adamgasse 4, A 6020 Innsbruck

Phone: +43 512 589913

Fax: +43 512 589913-30

Email: [office@energie-tirol.at](mailto:office@energie-tirol.at)

Website: <http://www.energie-tirol.at/>

Austrian Institute of Building Biology and Ecology

Alserbachstraße 5/8, A 1090 Wien

Phone: +43 1 319 20 05-0

Fax: +43 1 319 20 05-50

Email: [ibo@ibo.at](mailto:ibo@ibo.at)

Website: <http://www.ibo.at> und <http://www.green-academy.at>

Danube University Krems

Center for Architecture, Construction and Environment

Dr. Karl-Dorrek-Straße 30, A 3500 Krems

Phone: +43 2732 893 2650

Email: [hofbauer@donau-uni.ac.at](mailto:hofbauer@donau-uni.ac.at) (Sekretariat)

Website: [http://www.donau-uni.ac.at/organisation/zbau\\_einleitung.html](http://www.donau-uni.ac.at/organisation/zbau_einleitung.html)