



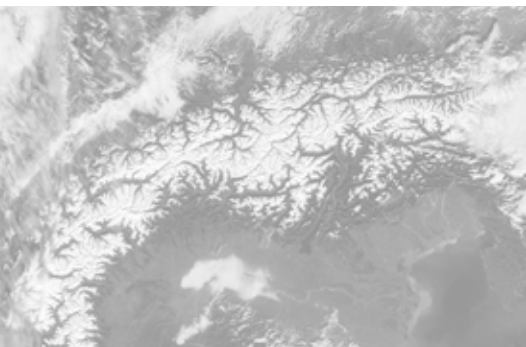
# NACHHALTIGES BAUEN UND SANIEREN IN DEN ALPEN



## MODUL 2: ENERGIE UND GEBÄUDE



climalp, eine Informationskampagne  
der CIPRA



CIPRA

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDE</b>	<b>4</b>
2.1	GEBÄUDESTANDARDS	4
2.2	ENERGIEEFFIZIENZ BEI NEUBAUTEN	7
2.3	DIE ENERGIEEFFIZIENTE SANIERUNG	10
2.4	VORURTEILE GEGENÜBER ENERGIEEFFIZIENTER BAUWEISE	13
<b>3</b>	<b>GRAUE ENERGIE: EIN WICHTIGER UMWELTINDIKATOR</b>	<b>16</b>
3.1	DIE BAUSTOFFE UND IHRE GRAUE ENERGIE	16
3.2	BAUTEILE	18
<b>4</b>	<b>ÖKO-DÄMMUNG: MÖGLICHSST DICK UND UMWELTFREUNDLICH</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>ERNEUERBARE ENERGIEN IM GEBÄUDEBEREICH</b>	<b>21</b>
5.1	FÜR HEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG	21
5.2	HOLZ ALS BRENNSTOFF	22
5.3	STROMERZEUGUNG	24
<b>6</b>	<b>INTELLIGENTER ENERGIEVERBRAUCH</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>NOTIZEN</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>QUELLEN UND LINKS</b>	<b>28</b>

## Impressum

Herausgeber: CIPRA International,  
Im Bretscha 22, 9494 Schaan,  
Liechtenstein  
T +423 237 53 53, F +423 237 53 54  
www.cipra.org

Autoren: Nicole Sperzel (2004),  
Christoph Sutter, Harald Gmeiner,  
Carole Piton (Aktualisierung 2013),  
Übersetzung: Marianne Maier  
Lektorat: Barbara Wülser  
Design: IDconnect AG  
Layout: Carole Piton  
Bilder: Alexandre Mignotte, Heinz  
Heiss, Franz Schultze, Zeiteinspiegel,  
CIPRA, Nasa Goddard  
April 2014

## climalp in Kürze

climalp ist eine Informationskampagne der CIPRA zur Förderung energieeffizienten Bauens und Sanierens mit regionalem Holz im Alpenraum. Das Projekt climalp wird durch das Fürstentum Liechtenstein, die Karl Mayer Stiftung (Vaduz) und die Fondation Assistance (Triesenberg) gefördert.

## Nachhaltiges Bauen und Sanieren in den Alpen

Der Hintergrundbericht «Nachhaltiges Bauen und Sanieren in den Alpen» ist in 5 Module gegliedert:

- Modul 1: Warum nachhaltig bauen?
- Modul 2: Energie und Gebäude
- Modul 3: Ökologische Baumaterialien
- Modul 4: Suffizienz und Raumplanung
- Modul 5: Die Situation in den Alpenländern

Alle Module stehen im pdf-Format in vier Sprachen (Deutsch, Französisch, Italienisch, Slowenisch) zum Download unter [www.cipra.org/de/climalp](http://www.cipra.org/de/climalp) zur Verfügung.

# EINLEITUNG

Beim Bauen werden viele Ressourcen verbraucht: Bodenfläche, Rohstoffe für Baumaterialien, Energie für die Errichtung, die Nutzung und das Recycling von Bauteilen. Diese Ressourcen sind auch in den Alpen begrenzt. Es gibt allerdings Möglichkeiten, nachhaltig zu bauen und zu sanieren, indem man die wirtschaftlichen und sozialen Aspekte miteinbezieht, umweltfreundliche und nachwachsende Baustoffe verwendet und dank Energieeffizienz ohne Heizung auskommt bzw. mit erneuerbaren Energieträgern heizt.

Mit ihrem Projekt *climalp* verfolgt die CIPRA seit zehn Jahren eine Informationskampagne für energieeffiziente Häuser aus umweltfreundlichen und regionalen Baustoffen. 2014 überarbeitet sie ihren in mehrere Module gegliederten Hintergrundbericht «Nachhaltiges Bauen und Sanieren in den Alpen». Suffizienz, Energieeffizienz, ökologische Baustoffe und Raumplanung werden anhand von Beispielen in den Alpen behandelt und erläutert. Ziel der CIPRA ist es, einer breiten Öffentlichkeit und Akteuren im Bausektor (Bauherren, Investoren, Fachleuten, Studierenden etc.) darzulegen, wie diese Branche einen Weg im Einklang mit den Grundsätzen der nachhaltigen Entwicklung einschlagen kann. Die Möglichkeit, intelligent zu bauen und zu sanieren, gibt es für Bauherrn meist nur einmal im Leben! Deshalb sollten zu Projektbeginn möglichst verantwortungsvolle Entscheidungen getroffen werden, um die Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren und den Wohnkomfort der Bewohner zu gewährleisten.

Dieses zweite Modul in der Reihe konzentriert sich auf Fragen über **Energie im Bausektor**. Weltweit wird circa die Hälfte der Energie für Bauen, Nutzen und Entsorgen von Gebäuden aufgewendet. In den Alpen ist der Gesamtenergieverbrauch um 10 % höher als im übrigen Europa. Der weitaus grösste Teil des Verbrauchs fällt auf das Heizen von Räumen, gefolgt von der Warmwasserbereitstellung. Heizöl und Erdgas sind dabei die bedeutendsten Energieträger. Die grössten Energieverschwender sind alte, schlecht isolierte Gebäude. Der Gebäudesektor bietet also ein enormes Einsparpotenzial an fossiler Energie in den Alpen durch energiesparende Bauweisen und Materialien, Sanierungen zur Senkung des Heizungs- und Lüftungsbedarfs, bioklimatische und energieeffiziente Konzepte für Neubauten, Umstellung der Heizungsanlagen auf erneuerbare Energien sowie Optimierung der Gebäudenutzung. Die erzielten Energieeinsparungen verringern nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern sie zahlen sich auch finanziell aus.

## Eine Energiewende im Gebäudebereich

Bei allen Massnahmen, die für den nötigen Komfort beim Wohnen, Arbeiten und anderen Tätigkeiten, die im Gebäude ausgeübt werden, geplant werden, sollte auf eine rationelle Energienutzung geachtet werden. Dazu zählen:

**Sparsamer Energieverbrauch:** Durch eine Änderung der Benutzergewohnheiten können Gebäudegrösse und Energieverwendung (Beleuchtung, Heizung, Lüftung) optimiert werden. Ebenfalls sollte der Energieaufwand (graue Energie) der Baumassnahmen und Materialien gering sein.

**Energieeffizienz:** Effizienz bedeutet, das gleiche Ergebnis zu erzielen, ohne unnötig Energie zu verschwenden. Bei Neubauten wird dies durch eine gute Planung des Gebäudes und der Heizung erreicht. Bei Altbauten hilft eine bessere Dämmung.

**Einsatz erneuerbarer Energien:** Der restliche Bedarf an Heizwärme, Warmwasser und Strom kann durch erneuerbare Energien erzeugt werden: Sonnenenergie für Warmwasser, Heizung mit Holz, Photovoltaikanlage, Kleinwindkraftanlage etc.

# ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDE

## 2.1 GEBÄUDESTANDARDS

Europaweit existieren rund 200 Millionen Wohnbauten, die vor 2000 errichtet wurden (seit der Nachkriegszeit verzeichnet der Sektor ein kontinuierliches Wachstum). Die EU will bis 2020 die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 % reduzieren und gleichzeitig den Anteil der erneuerbaren Energien auf 20 % erhöhen. Vor allem der Bausektor soll dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen. Die Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPDB), die 2010 (2010/31/EG) neu verfasst wurde, wird in den Mitgliedstaaten derzeit in nationales Recht umgesetzt. Spätestens bis Ende 2018 müssen alle neuen öffentlichen Gebäude und ab 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergie-Gebäude («Nearly Zero Energy Building») sein. Es ist den einzelnen europäischen Ländern überlassen, den Begriff «Nearly Zero Energy Building» zu definieren. Im Grundsatz ist es ein Gebäude, das eine sehr niedrige Energiebilanz aufweist und den Restbedarf durch Energie aus erneuerbaren Quellen deckt.

Bei energieeffizienten Neubauten oder Sanierungen werden schon heute verschiedene Baustandards unterschieden. Sie unterliegen mehr oder weniger strengen Definitionen, werden teilweise zertifiziert oder erhalten ein registriertes Label. Nachfolgend wird eine Auswahl der gängigsten Bezeichnungen in den Alpenländern vorgestellt.

### 2.1.1 DAS NIEDRIGENERGIEHAUS (NEH)

Als Niedrigenergiehäuser werden neue oder sanierte Gebäude bezeichnet, deren Energieverbrauch unter den gesetzlichen Anforderungen liegt. Der Begriff wird also für Gebäude verwendet, die einen sehr geringen Energiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitstellung haben. NEH benötigen eine gut gedämmte Gebäudehülle, Wärmeschutzfenster und eine kontrollierte Lüftung, die wahlweise mit oder ohne Wärmerückgewinnung betrieben werden kann. In einem NEH ist jedoch nach wie vor ein konventionelles Heizsystem (Heizkessel oder Fernwärme mit Wärmeverteilung über Heizkörper) erforderlich.

Der Begriff «Niedrigenergiehaus» ist allerdings nicht gesetzlich geschützt und wird in den einzelnen Ländern unterschiedlich definiert. In der Schweiz bezeichnet beispielsweise der Begriff nach Minergie-Standard errichtete Gebäude und es ist keine Lüftungsanlage vorgeschrieben. In Deutschland gelten Gebäude mit einer Energiekennzahl von 40 bis 70 kWh/m<sup>2</sup>a (deutsche Berechnungsrichtlinien) als Niedrigenergiehäuser. In Frankreich wurde 2007 das amtliche Gütesiegel «Bâtiment de basse consommation énergétique (BBC 2005)» für Gebäude mit einem Primärenergieverbrauch von 50 kWh/m<sup>2</sup>a (französische Berechnungsrichtlinien) eingeführt, wobei dieser Wert je nach Höhenlage und Breitengrad variiert. Bis zum 1. Juli 2013 wurden in Frankreich 147'621 Mehrfamilienhäuser und 430'720 Einfamilienhäuser zertifiziert und mit dem Gütesiegel «BBC Effnergie» ausgezeichnet. In Italien entspricht das Niedrigenergiehaus den KlimaHaus-Klassen A, B und C.

### 2.1.2 DAS PASSIVHAUS

Das Passivhaus ist eine konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses, bei dem der Wärmekomfort durch passive Massnahmen gewährleistet wird.

Dabei handelt es sich nicht um «revolutionäre Erfindungen», sondern um eine neue Kombination bestehender Baumaterialien und Haustechniken. Beim Passivhaus werden folgende drei Elemente miteinander kombiniert:

- Hervorragende Wärmedämmung der gesamten Gebäudehülle einschliesslich der Fenster
- Optimierung der passiv-solaren Gewinne durch grosse Südfenster
- Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Beheizt wird ein Passivhaus nicht mit einem Ofen, sondern durch die «passive» Nutzung der vorhandenen Wärme aus der Sonneneinstrahlung durch die Fenster sowie durch die Wärmeabgabe von Geräten (Haushaltsgeräte, Computer etc.) und Bewohnern. Die Frischluft wird durch Wärmerückgewinnung vorgewärmt, d.h. die Wärme der verbrauchten Luft, die aus dem Wohnraum abgezogen wird, geht mittels Wärmetauscher auf die frische Zuluft über. Ein Passivhaus soll durch die Dämmung auch im Sommer angenehme Innenraumtemperaturen gewährleisten. Die Fenster müssen dazu, wie bei jedem anderen Haus auch, durch einen Balkon oder Jalousien verschattet werden.

Der gesamte spezifische Primärenergiebedarf pro m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr darf in einem europäischen Passivhaus 120 kWh/m<sup>2</sup>a (für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Haushaltsstromverbrauch) nicht überschreiten. Der Begriff «Passivhaus» ist kein geschützter Begriff. Das Passivhaus-Institut in Darmstadt/D hat jedoch ein Zertifizierungssystem etabliert (Passivhaus Projektierungspaket PHPP 2004), in dem Baustandards definiert sind.

**Tabelle 1**  
Komponenten und  
Grenzwerte in einem  
Passivhaus.

Dämmung	U-Wert $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster	U-Wert $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ g-Wert $\leq 0,50$
Luftdichtheit	Drucktestkennwert $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
allgemeine Aspekte	Wärmebrücke freie Ausführung Höchsteffiziente Lüftungswärmerückgewinnung bei niedrigem Stromverbrauch Niedrigste Wärmeverluste bei der Brauchwassererwärmung und -verteilung Hocheffiziente Nutzung von elektrischem Haushaltsstrom
Heizwärmebedarf	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Heizlast	$\leq 10 \text{ W/m}^2$
Endenergie-Kennwert	$\leq 40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Primärenergie-Kennwert	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

### 2.1.3

#### DAS DIREKTGEWINNHAUS

Direktgewinnhäuser werden ausschliesslich durch die fast vollständig verglaste Südfassade und die internen Wärmegewinne «beheizt». Die eingestrahelte Sonnenenergie wird im dunkel eingefärbten Boden, in den Kalksandsteinwänden und der Holzdecke gespeichert und an die Raumluft abgegeben. Da die Wärmespeicherfähigkeit der Bausubstanz für die Erwärmung der Räume ausreichend ist, kann auf die bei Passivhäusern erforderliche Lüftungsanlage verzichtet werden. Der Heizwärmebedarf des Direktgewinnhauses liegt dabei bei Null. Die Belüftung der Räume erfolgt «konventionell», d.h. durch Öffnen der Fenster,

wobei im Winter (November - Februar) ein wirksames und schnelles Querlüften vorausgesetzt wird. Im Sommer können die grossen Fensterflächen ausreichend beschattet und so die Innenraumtemperaturen auf angenehmem Niveau gehalten werden.

#### 2.1.4 DER MINERGIE®-STANDARD

Dabei handelt es sich um ein registriertes Label, das 1998 in der Schweiz eingeführt wurde. Das Prinzip beruht auf den gleichen Elementen wie beim Passivhaus, allerdings liegt die Zielsetzung nicht darin, auf ein konventionelles Heizsystem verzichten zu können. Eine kontrollierte Be- und Entlüftung ist zwingend vorgeschrieben, die Dämmstärken und Anforderungen an die Luftdichtigkeit sind jedoch geringer als beim deutschen Passivhaus. Abhängig vom Gebäudetyp (Einfamilienhaus, Gewerbebau, Krankenhaus etc.) ist die Einhaltung einer «Energiekennzahl Wärme» verbindlich vorgeschrieben. Sie umfasst neben dem spezifischen Energieverbrauch für Raumheizung auch den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung und den Strom für die Lüftungsanlage. Je nach verwendetem Energieträger sind für Wohnungsneubauten unterschiedliche Grenzwerte einzuhalten.

Während das Minergie-Label in der Schweiz eine Monopolstellung bei den Gebäudeenergiekonzepten einnimmt, ist die Anwendung dieses Standards in den anderen Alpenländern schwierig, da diese eigene Richtlinien entwickelt haben. In den vergangenen Jahren wurden neue Standards definiert: Minergie-P (vergleichbar mit dem deutschen Passivhaus-Standard), Minergie A, Minergie P A (Energieverbrauch gleich Null, einschliesslich graue Energie und Verbrauch der Bewohner), Minergie ECO und Minergie P ECO (die auch andere Umweltaspekte berücksichtigen).

#### 2.1.5 DAS PLUSENERGIEHAUS

Beim Plusenergiehaus werden die Passivhauskomponenten nochmals neu kombiniert und mit einer Photovoltaikanlage ergänzt. Der geringe Restwärmebedarf wird über einen kleinen Holzofen oder über Fernwärme gedeckt. Gleichzeitig wird eine grosse, nach Süden geneigte Photovoltaikanlage installiert, die übers Jahr gesehen deutlich mehr Strom liefert als im Haus verbraucht wird. Insgesamt liefern diese Häuser mehr Energie in Form von Solarstrom als ihnen an Heizenergie zugeführt wird, daher die Bezeichnung Plusenergiehäuser. Während im Winter Strom aus dem Netz bezogen werden muss, kann im Sommer überschüssiger Strom ins Netz abgegeben werden.

#### Foto 1

In den Alpenländern existieren bereits Nullenergie- und Plusenergiehäuser.



Alle diese Labels beziehen sich ausschliesslich auf den Energieverbrauch für die Gebäudenutzung. Nicht berücksichtigt werden die graue Energie, die Herkunft der Energie, die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit der Baustoffe, der Standort des Gebäudes und seine Anbindung an den öffentlichen Verkehr etc. Es gibt aber auch Labels, die Umwelt- und Komfortaspekte mit einbeziehen: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, in Nordamerika eingeführt und dann von anderen Ländern, darunter Italien, übernommen), HQE

(Haute Qualité Environnementale, Frankreich), BDM (Bâtiments Durables Méditerranéens, Frankreich), DGNB-Zertifikat (der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Deutschland), ITACA-Protokoll (Italien), KlimaHaus/CasaClima in Südtirol, TQB (Total Quality Building, hervorgegangen aus den Labeln IBO und klima:aktiv, Österreich). Im Rahmen des Projektes ENERBUILD wurden die Labels miteinander verglichen:

[http://www.enerbuild.eu/publications/2009-11\\_booklet\\_6-1\\_certification-instruments.pdf](http://www.enerbuild.eu/publications/2009-11_booklet_6-1_certification-instruments.pdf)

## 2.2 ENERGIEEFFIZIENZ BEI NEUBAUTEN

Das Funktionsprinzip eines energieeffizienten Neubaus beruht auf zwei Prinzipien:

- Verringerung der Wärmeverluste (bzw. der Kühlverluste im Sommer)
- Optimierung der solaren Gewinne

Im mitteleuropäischen Klima ist der alles entscheidende Gesichtspunkt die Verringerung der Verluste. Werden die Wärmeverluste nicht stark reduziert, nützen die solaren Gewinne nichts, da sie schnell wieder verloren gehen. Bei den Wärmeverlusten werden grundsätzlich zwei Arten unterschieden: Transmissionsverluste, d.h. Wärmeverluste aufgrund des Wärmedurchgangs durch Bauteile, und Lüftungsverluste, d.h. Wärme, die durch das Öffnen von Fenstern oder durch undichte Fenster («Fugenlüftung») verloren geht. Ein weiterer wichtiger Aspekt liegt darin, die gewonnene Wärme im Gebäude zu speichern. Dies kann durch natürliche Baumaterialien erfolgen, die ein hohes Wärmespeichervermögen haben und in ausreichender Masse im Gebäude verbaut werden (Wärmeträgheit). Sie speichern die durch die Fenster eingestrahelte Wärme und geben sie bei Bedarf wieder gleichmässig an die Raumluft ab.

### 2.2.1 GEBÄUDEFORM UND GRUNDRISS

Bereits bei der Festlegung der Form und des Grundrisses eines Gebäudes wird die Grundlage für den späteren Energieverbrauch gelegt. Dabei ist das Verhältnis Umfassungsfläche A zum hiervon eingeschlossenen Bauwerksvolumen V (A/V-Verhältnis) eine wichtige Entwurfsgrösse zur Beeinflussung und Minderung der Wärmeverluste eines Gebäudes (Tabelle 2). Jeder Vor- oder Rücksprung eines Gebäudes und jeder Erker erzeugt eine zusätzliche wärmeabgebende Fläche. Ordnet man beispielsweise 120 m<sup>2</sup> Wohnfläche in U-Form an, sind bei gleicher nutzbarer Wohnfläche mehr Aussenflächen nötig als bei einem kompakten Baukörper. Wird ein Passivhaus nicht als kompaktes Mehrfamilienhaus (A/V Verhältnis ~ 0,25) gebaut, sondern als wenig kompakter Bungalow (A/V ~ 1,0), so vervierfacht sich allein dadurch sein Heizwärmebedarf.



**Tabelle 2**  
Einfluss von Grösse und Proportion eines Hauses auf das Verhältnis von Aussenfläche zu Volumen (A/V-Verhältnis) [nach Humm, 2000].

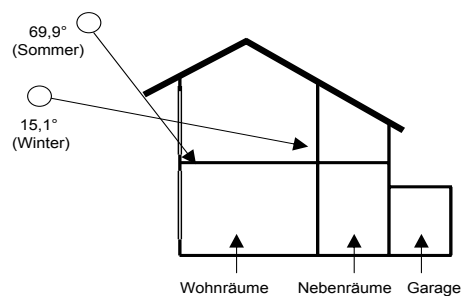
	Einzelbauweise		Reihenbauweise		Kompaktbauweise	
Volumen V [m <sup>3</sup> ]	1'000	10'000	1'000	10'000	1'000	10'000
Aussenfläche A [m <sup>2</sup> ]	1'200	5'570	850	3'945	600	2'785
A/V [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	1,2	0,56	0,85	0,39	0,6	0,28

Gleichzeitig ist ein kompaktes Gebäude kostengünstiger zu realisieren und hat einen geringeren Flächenbedarf. Die architektonische Herausforderung liegt darin, ein optisch ansprechendes Gebäude zu planen, das energetisch optimiert ist, aber nicht langweilig und einfallslos wirkt.

### Grundrisskonzept

Um die solaren Gewinne zu optimieren, müssen die Südseite ausreichend gross und die sonnenabgewandte Nordseite möglichst klein dimensioniert werden. Auf der Südseite sollten grosse Fensterflächen vorgesehen werden, wobei von überdimensionierten Glasfronten abzuraten ist, da die Transmissionswärmeverluste durch die Verglasung ab einer bestimmten Quadratmeterzahl grösser sind als die solaren Gewinne. Während Wohn-, Arbeits- und Kinderzimmer mit Raumtemperaturen von 20°C vorzugsweise nach Süden orientiert werden sollten, können Vorrats-, Abstell- und Treppenräume sowie der Windfang, die mit Raumtemperaturen von 14 bis 16°C auskommen, im Norden des Gebäudes liegen. Um eine Überhitzung im Sommer zu vermeiden, sollten die Fenster mit Jalousien oder Sonnenschutz versehen sein. In südlichen Ländern ist die Fassadenfarbe mit Bedacht zu wählen, um eine sommerliche Überhitzung des Gebäudes zu vermeiden (bevorzugt sollten helle Farben verwendet werden).

**Abbildung 1**  
Beispiel für eine energetisch günstige Planung eines Gebäudes [nach Pregizer, 2002].



#### 2.2.2

### GEBÄUDEHÜLLE

Um die Transmissionswärmeverluste zu minimieren, ist es erforderlich, dass die Gebäudehülle sehr gut wärmegeklämt ist. Dazu müssen alle nicht transparenten Bauteile wie Wand-, Dach- und Fussbodenkonstruktionen einen U-Wert von höchstens 0,15 W/m<sup>2</sup>K aufweisen. Der erforderliche Wärmeschutz wird durch den Einbau einer Wärmedämmung erreicht. Die Dämmstoffstärken liegen zwischen 25 und 40 cm, abhängig vom verwendeten Baumaterial. Es ist darauf zu achten, dass die Dämmung einen optimalen Wärmeschutz im Winter wie auch im Sommer garantiert. Holzwolle und Zellulose sorgen für eine sehr lange Phasenverschiebung und beugen damit einer Überhitzung wirksam vor.

Die Minimierung von Wärmebrücken ist eine weitere wichtige Voraussetzung, um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten. Die Dämmschicht darf an keiner Stelle unterbrochen werden. Unvermeidliche Durchdringungen, etwa durch notwendige Befestigungen, sind auf ein absolutes Mindestmass zu reduzieren und sollten nach Möglichkeit aus schlecht leitendem Material bestehen. Die Wärmebrückenfreiheit ist auch zur Vermeidung von Tauwasser und Schimmelbildung erforderlich. Die Voraussetzungen für eine wärmebrückenfreie Konstruktion werden in der Planung gelegt. Später lassen sich Wärmebrücken nur sehr aufwändig sanieren.

#### 2.2.3

### LUFTDICHTHEIT

Für die Funktionsfähigkeit eines energieeffizienten Hauses ist es wichtig, dass die Gebäudehülle luftdicht ist. Wärmeverluste über Undichtheiten können nicht wie in konventionellen Häusern durch Heizen ausgeglichen werden. In der Planung muss daher ein Luftdichtheitskonzept ausgearbeitet werden, das die gesamte Gebäudehülle inklusive aller Anschlüsse und Durchdringungen umfasst.



Da jede Verschraubung und jede Steckdose die Dichtheitsebene unterbricht, hat es sich bewährt eine innere Installationsebene, in der alle Leitungen und Kabel verlegt werden, vorzusehen.

Die Anforderungen an die Gebäudedichtheit hängen von der Bauweise ab. Ein Passivhaus muss wärme- und luftdicht sein, aber auch die Feuchtigkeit abhalten. Zur Vermeidung von Kondensatbildung an den Wänden sind deshalb Dampfsperren notwendig. Beim Bioklimahaus, das «atmende» oder «atmungsaktive» Wände vorsieht, werden bevorzugt luftdichte, aber feuchtigkeitsdurchlässige Materialien eingesetzt.

#### 2.2.4 FENSTER

Die Fenster sind neben der sehr gut wärmegeprägten Gebäudehülle das zentrale Bauteil eines energieeffizienten Hauses. Sie müssen möglichst viel Sonnenenergie in das Gebäude hineinlassen (grosser g-Wert) und gleichzeitig die Verluste in sonnenscheinarmen Zeiten oder nachts reduzieren (kleiner U-Wert). Bei der Grösse und Anzahl der Fenster ist daher zwischen den solaren Gewinnen und den Wärmeverlusten abzuwägen.

Moderne Drei-Scheiben-Wärmschutzverglasungen erreichen U-Werte zwischen 0,5 und 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Für ein passivhaustaugliches Fenster muss aber auch auf gut gedämmte Fensterrahmen geachtet werden, da diese sonst eine Wärmebrücke darstellen können. Passivhaustaugliche Rahmen bestehen meist aus Kunststoff-Holz- oder Holz-Alu-Kombinationen. Die Hohlräume der Rahmenprofile sind ausgeschäumt und mit einer ununterbrochenen Dämmschicht ausgestattet. Je schmaler der Rahmen ist, desto günstiger gestalten sich die Wärmegewinne. Wichtig ist auch der Einbau des Rahmens: Am besten sitzt er nicht direkt auf dem Mauerwerk, sondern wird in die Dämmung eingebettet.

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, fallen die Sonnenstrahlen aufgrund ihres flachen Einfallswinkels im Winter (Sonnenstand 15 bis 20° über dem Horizont) tiefer in den Raum als im Sommer (Sonnenstand ca. 70° über dem Horizont). Ein vorgezogenes Dach oder eine Verschattung der Fenster durch aussen liegende Sonnenschutzstoren verhindert in Kombination mit dem hohen Einfallswinkel eine sommerliche Überhitzung der Innenräume.

#### 2.2.5 LÜFTUNGSANLAGEN MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG

In energieeffizienten Häusern müssen einerseits die Lüftungswärmeverluste verringert und andererseits die Räume zum Abtransport von Feuchtigkeit, CO<sub>2</sub> und anderen Schadstoffen ausreichend belüftet werden. Bei Passivhäusern übernehmen Lüftungsanlagen (mechanisch kontrollierte Zweifachstrom-Lüftung) die Belüftung der Räume. Gleichzeitig dienen sie quasi als Heizungsersatz, da sie über eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung verfügen. Dabei wird eine konstante Aussenluftmenge über einen Filter (es können hier auch spezielle Pollenfilter für Allergiker eingebaut werden) angesaugt und zu einem Wärmetauscher transportiert. Gleichzeitig wird aus den Badezimmern und der Küche die verbrauchte Luft (Abluft) abgesaugt und im Wärmetauscher an der Frischluft vorbeigeführt. Die in der Abluft enthaltene Wärmemenge wird dadurch auf die Frischluft übertragen. Beträgt die Aussenlufttemperatur beispielsweise 0°C und die der abgeführten Luft 20°C, wird die frische Luft im Wärmetauscher auf etwa 18°C erwärmt. Da beide Luftströme vollständig voneinander getrennt sind, findet keine Vermischung statt. Die erwärmte und gefilterte Aussenluft wird den Wohn- und Schlafbereichen zugeführt.

Zur zusätzlichen Energieeinsparung kann die Aussenluft vor dem Eintritt in das Gebäude über einen Erdwärmetauscher (oder Erdregister) geführt werden. Da-

bei wird die angesaugte Aussenluft durch 20 bis 50 m lange Rohre geführt, die neben und unter dem Haus in frostfreier Tiefe von etwa 1 m verlegt sind. Da die Bodentemperatur in dieser Tiefe relativ konstant bei 4 bis 8°C liegt, wird die Aussenluft auf eine Temperatur von über 0°C erwärmt. Umgekehrt kann im Sommer die warme Aussenluft durch einen Erdwärmetauscher abgekühlt werden. Allerdings müssen bei Sommerbetrieb die Rohre im Gefälle verlegt werden, um anfallendes Kondenswasser abzuführen. Die Filter der Lüftungsanlagen und Wärmetauscher müssen regelmässig ausgetauscht werden.

Diese Lüftungsanlagen brauchen aber trotzdem Strom. Die optimale Lösung wäre deshalb ein natürliches Be- und Entlüftungssystem mit Wärmerückgewinnung und ohne elektrische Regel- und Steuergeräte. In der BedZed Wohnanlage in London werden die Gebäude über Schornsteine, die den Wind für die Ab- und Zuluftversorgung nutzen, natürlich be- und entlüftet.

### 2.3

#### **DIE ENERGIEEFFIZIENTE SANIERUNG**

Energieeffiziente Massnahmen beschränken sich nicht nur auf den Neubau, sondern können und sollen auch bei bestehenden Gebäuden eingesetzt werden. 2004 wiesen fast 80 % des gesamten Gebäudebestandes in Österreich einen Heizenergiebedarf auf, der im Bereich von 150 bis 200 kWh/m<sup>2</sup>a lag. Solche «Altbauten» sind meist noch gar nicht so alt, denn verstärkte Wärmeschutzmassnahmen werden erst seit etwa 20 Jahren bei Neubauten umgesetzt. Im Gegensatz zu Neubauten, wo es in einigen Ländern bereits Auflagen hinsichtlich des Heizenergiebedarfs gibt, bleiben bestehende Gebäude bisher von gesetzlichen Energiesparmassnahmen weitgehend ausgeklammert. Und dies, obwohl sie den Hauptanteil aller Gebäude ausmachen.

Da der Sanierungszyklus bei Altbauten über 30 Jahre beträgt, ist es von grösster Bedeutung, heute Techniken, Systeme und Komponenten zu verwenden, die die besten Energie-Einspareffekte für die Zukunft erwarten lassen. Ein Gebäude ist «nachhaltig», wenn es in 30 Jahren nicht erneut saniert werden muss. Bisher wird bei Modernisierungen meist nur ein Mindeststandard realisiert oder es werden nur einzelne Komponenten (Heizungsanlage oder Fenster) ausgetauscht. Eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs ist damit meist nicht verbunden. Eine hochwertige und energieeffiziente Sanierung berücksichtigt die Erfahrungen aus dem Passivhaus-Neubau und sucht Lösungen für das Gesamtgebäude. Auch wenn nicht alle passivhaustauglichen Produkte auf jeden Altbestand anwendbar sind, können doch zahlreiche Komponenten in der Sanierung eingesetzt werden. Dabei ist die konsequente Erreichung des Passivhausstandards mit 15 kWh/m<sup>2</sup>a nicht das vornehmliche Ziel. Mit einer umfassenden Modernisierung unter Einsatz von Passivhaus-Komponenten können jedoch Werte zwischen 25 und 35 kWh/m<sup>2</sup>a erreicht werden, was einer Energieeinsparung von 80 bis 90 % entspricht.

Eine gut geplante energetische Sanierung eines Altbaus zahlt sich für den Hausbesitzer oder die Mieter mehrfach aus. Die erforderlichen Investitionen werden durch die Einsparungen bei den Heizkosten schnell amortisiert und die Nutzungsdauer sowie der Wert der Immobilie werden durch die Sanierung deutlich erhöht.

#### **Foto 2**

Die energetische Sanierung des Gymnasiums Sonthofen/D hat die Lebensqualität für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrpersonen verbessert und CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 % reduziert.



### 2.3.1 GUT GEPLANT IST HALB GEWONNEN

Bei der Modernisierung von bestehenden Wohnbauten sind viele Anliegen zu berücksichtigen: Notwendige Reparaturen müssen vorgenommen, das Gebäude muss an veränderte Nutzungen angepasst und technisch auf den neusten Stand gebracht werden. Viele verschiedene Aufgaben sind unter einen Hut zu bringen und Auswirkungen zu berücksichtigen. Oft gilt es, eine Fülle von Detailproblemen zu lösen, wobei die Zusammenhänge zwischen einzelnen Massnahmen nicht immer leicht zu durchschauen sind. Unsachgemässe oder unvollständige Sanierungen haben in der Vergangenheit vielfach zu Bauwerksschäden geführt und Energiesparmassnahmen im Altbaubereich in Verruf gebracht. Beispielsweise führt der Einbau von neuen, gut dichtenden Fenstern in ein bestehendes Wohngebäude zu einer Reduzierung des Luftwechsels. Bei unzureichender Lüftung steigt die Luftfeuchtigkeit im Bereich der Wärmebrücken, im Eckbereich der Aussenwände und hinter Schränken auf über 80%. Die dadurch bedingte Schimmelbildung führt nicht nur zu Materialschäden, sondern auch zu einer gesundheitlichen Belastung der Bewohner. Daher ist es sinnvoll, vor jeder Sanierung ein Gesamtkonzept zu erstellen, in dem die einzelnen Massnahmen aufeinander abgestimmt und einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden. Bei einem schrittweisen Vorgehen sind die einzelnen Massnahmen so zu planen, dass man sich für die Zukunft nichts «verbaut».

### 2.3.2 SCHWACHSTELLEN IDENTIFIZIEREN

Der erste Schritt besteht immer darin, die Energiekennzahl eines Hauses zu ermitteln. Liegt sie oberhalb von 80 kWh/m<sup>2</sup>a, sollte eine Ursachenforschung angestellt werden, wo die Schwachpunkte des Gebäudes liegen.

Die Höhe des Heizenergieverbrauchs wird weitgehend von den Transmissions-Wärmeverlusten über die Gebäudeoberflächen (Aussenwand, Dach, Fussboden, Keller, Fenster und Wärmebrücken) bestimmt. Mit Hilfe von Thermographieaufnahmen lassen sich energetische Schwachstellen, insbesondere die Wärmebrücken, präzise identifizieren. Für die Wand- und Dachaufbauten sowie die Fenster können die U-Werte von Fachleuten ermittelt werden. Mit Hilfe von Rechenprogrammen wird anschliessend eine Energiebilanz für das gesamte Gebäude erstellt und der Anteil des jeweiligen Bauteils am Wärmeverlust quantifiziert. So können gezielte Massnahmen zur Reduktion des Wärmeverlustes vorgenommen werden.

### 2.3.3 BAUTEILBEZOGENE SANIERUNGSMASSNAHMEN

#### Keller und Hangwände

Da die Temperaturen im Erdreich während der Heizperiode immer höher sind als die Aussenlufttemperaturen, ist der Wärmeverlust eines erdanliegenden Bauteils meist geringer als der einer oberirdischen Aussenwand. Dennoch führen wenig oder gar nicht gedämmte Wände, die ans Erdreich grenzen, zu Feuchteschäden oder Schimmelbildung. Ist eine Trockenlegung ohnehin erforderlich, ist auf jeden Fall eine Dämmung von aussen zu empfehlen.

#### Gebäudehülle

Im Allgemeinen ist nur mit einer Aussendämmung der Wände eine Sanierung bis zum Passivhausstandard möglich. Der Grund hierfür liegt darin, dass einzelne Wärmebrücken wie z.B. schlecht gedämmte Deckenstirnseiten mit einer von aussen angebrachten Wärmedämmung lückenlos überdeckt werden können, während dies bei einer Innendämmung nicht möglich ist. Ein weiterer Nachteil der Innendämmung liegt darin, dass damit immer eine Reduzierung der Innenraumfläche verbunden ist. Bei einem durchschnittlich grossen Haus bedingt eine Wärmedämmung von 25 cm beispielsweise eine Verminderung der Wohnfläche um ca. 10 m<sup>2</sup>. Sollte eine Aussendämmung aus Gründen des Denkmalschutzes

oder aufgrund von Grundstücksbegrenzungen (Häuser, die sehr nah an der Grundstücksgrenze gebaut wurden, unterschreiten eventuell mit einer zusätzlichen Aussendämmung den Mindestabstand) nicht möglich sein, kann mit einer Innendämmung immerhin der Heizwärmebedarf auf 60 kWh/m<sup>2</sup>a gesenkt werden.

### Dach

Da warme Luft nach oben steigt, sind ungenügend gedämmte Decken oder Dachböden für den Grossteil des Wärmeverlustes eines Gebäudes verantwortlich. Bei der wärmetechnischen Instandsetzung eines Daches ist die einfachste Methode, zwischen den bestehenden Sparren eine Wärmedämmung einzubauen und hierbei den gesamten Sparrenquerschnitt zu nutzen. Da die Sparren selbst aufgrund ihrer höheren Wärmeleitfähigkeit eine Wärmebrücke darstellen, sollten sie ebenfalls gedämmt werden. Bei kleinen Sparrenhöhen kann auch eine zweite Dämmstoffauflage unter den Sparren verlegt werden. Dies hat den Vorteil, dass eine wärmebrückenfreie Dämmung ermöglicht wird, allerdings ist damit auch ein Raumverlust verbunden.

Bei Gebäuden mit kalten Dachböden ist die oberste Geschossdecke der Abschluss der wärmedämmenden Gebäudehülle nach oben. Hier bietet sich die Dämmung der kalten Deckenseite an. Dabei ist zu entscheiden, ob eine begehbare Dämmung erforderlich ist, um den Dachboden als Abstellfläche nutzen zu können.

### Fussboden

Normalerweise liegt die Temperatur der Kellerräume im Winter 10 bis 15°C unter der in den Wohnräumen. Daher zieht der Keller Wärme aus den geheizten Wohnbereichen. Eine Dämmung auf der Oberseite der Kellerdecke wird nur in Frage kommen, wenn eine umfassende Sanierung des Fussbodens vorgenommen wird. Dabei ist zu bedenken, dass sich die Raumhöhen, vor allem aber die Türhöhen und Antrittshöhen von Stiegen verändern. Üblicherweise wird die Dämmung auf der Unterseite der Kellerdecke angebracht. Ausser einer verringerten Raumhöhe gibt es dabei keine grösseren Nachteile. Allerdings bilden die aussenliegenden Kellerwände bei dieser Variante eine Wärmebrücke, die nur durch eine Dämmung der Aussenwand entschärft werden kann.

### Fenster

Die Fenster sollten einen U-Wert von 0,7 bis 0,8 W/m<sup>2</sup>K aufweisen und möglichst nicht durch echte Sprossen in kleine Teile geteilt werden, da dann ihre Dämmwirkung geschwächt wird. Es sollte immer geprüft werden, ob eine Vergrösserung der Fensterfläche nach Süden möglich ist, um die solaren Gewinne zu erhöhen. Der Einbau sollte so erfolgen, dass das Fenster in der Dämmebene liegt. Eine Dämmung der Fensterrahmen reduziert die Wärmeverluste am Übergang von Rahmen zur Wand.

## 2.3.4

### EFFIZIENZ DER HAUSTECHNISCHEN ANLAGEN

#### Heizung

Ab einem Alter von 15 bis 20 Jahren ist ein Kesseltausch fast immer sinnvoll. Dabei sollte nach Möglichkeit die Umstellung auf eine Holzheizung oder eine Wärmepumpe erfolgen. Eine alte Ölheizung lässt sich in den meisten Fällen ohne Probleme unter Beachtung des Kaminquerschnittes gegen eine Pelletsheizung austauschen. Aber auch in der Verbrennungstechnik von Holzkesseln waren die Fortschritte in den letzten zehn Jahren enorm. Ein neuer Kessel bringt bis zu 40 % Energieersparnis und bis zu 90 % weniger Schadstoffausstoss.

Besonders ungünstig sind so genannte Kombi-Kessel, die mit verschiedenen Energieträgern betrieben werden können. Weder der eine noch der andere Ener-

gieträger wird damit effizient und umweltfreundlich verbrannt. In der Regel sind alte Heizkessel überdimensioniert, was den Wirkungsgrad verschlechtert und die Lebensdauer verkürzt. Da der Wärmebedarf durch Sanierungsmassnahmen am Gebäude deutlich zurückgeht, muss ein neuer Heizkessel genau dem erforderlichen Bedarf des Hauses angepasst werden.

### Warmwasserbereitung

Wird die Heizung ohnehin erneuert, sollte der Heizkessel mit einem von ihm beheizbaren Warmwasserspeicher kombiniert werden. Idealerweise wird der Speicher im Sommer und in der Übergangszeit von einer Solaranlage erwärmt und nur im Winter über den Heizkessel. Die Erwärmung von Warmwasser mittels Sonnenkollektoren ist technisch ausgereift und die Kollektoren können an den verschiedensten Stellen platziert werden. Abweichungen von der idealen Südlage und vom idealen Neigungswinkel von 40 Grad haben keinen so grossen Einfluss auf den Jahresertrag wie oft angenommen. Pro 10% Abweichung vom idealen Neigungswinkel ist mit einer Reduktion des Ertrags von ca. 3 bis 4% zu rechnen. Selbst eine Orientierung auf West oder Ost reduziert den Jahresertrag der Sonnenkollektoren nur um 20 bis 25%.

Ist die Installation einer solarthermischen Anlage nicht möglich, kann das Warmwasser im Sommer elektrisch erzeugt werden. Am effizientesten wird dafür eine Wärmepumpe eingesetzt. Ein gut gedämmter Warmwasserspeicher hat nur geringe Wärmeverluste von 1 bis 2°C pro Tag. Er muss deshalb höchstens zweimal täglich aufgeheizt werden. Es ist sinnvoll, dem Speicher auch die Wasch- und Spülmaschine zuzuordnen, da dadurch die Energiekosten insgesamt gesenkt und Kalkablagerungen reduziert werden.

### Lüftungsanlage

Nach dem Austausch von undichten Fenstern und der Herstellung einer gut gedämmten, dichten Gebäudehülle muss häufiger manuell gelüftet werden, um die Luftfeuchtigkeit abtransportieren zu können. Da dies bei den Bewohnern eine Umstellung der Gewohnheiten erfordert, ist der Einbau einer Lüftungsanlage meist unerlässlich. Durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird der Heizenergiebedarf weiter reduziert. Gerade an lauten Verkehrsachsen kann es den Wohn- oder Arbeitsplatzkomfort deutlich erhöhen, wenn die Frischluftzufuhr über eine Lüftungsanlage erfolgt.

Für die oben genannten Bauteile und ihre Instandhaltung sollte regionalen Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen und mit geringer grauer Energie der Vorzug gegeben werden.

## 2.4

### VORURTEILE GEGENÜBER ENERGIEEFFIZIENTER BAUWEISE

Die Vorstellung in unseren Breitengraden ein Gebäude ohne Heizung zu bauen, ruft bei Bauherren und Architekten häufig grosse Skepsis hervor. Aber nicht nur das Fehlen eines konventionellen Heizungssystems stösst auf Skepsis.

#### «DA KANN MAN JA NIE DIE FENSTER AUFMACHEN!»

Der Mensch braucht (je nach Tätigkeit) ca. 30 m<sup>3</sup> Frischluft pro Stunde. Massstab für die Luftqualität im Raum ist dabei jedoch nicht der Sauerstoffgehalt, sondern der CO<sub>2</sub>-Gehalt, der Schadstoffgehalt und die relative Luftfeuchte. Eine geeignete Indikatorgrösse für Raumluft ist ihr CO<sub>2</sub>-Gehalt. Der überwiegende Teil der Bewohner empfindet die Raumluftqualität als gut, wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration Werte von 0,1% nicht übersteigt. Um eine ausreichende Luftqualität zu gewährleisten, sollten die Fenster bei manueller Lüftung alle drei Stunden für 15 Minuten geöffnet werden.

Um die Wärmeverluste über die Belüftung möglichst gering zu halten, erfolgt in einem Passivhaus die Frischluftzufuhr während der Heizperiode von November bis März über die kontrollierte Lüftungsanlage. Die Fenster dürfen bei Bedarf jederzeit geöffnet werden. Allerdings ist im Winter darauf zu achten, dass der Wärmeverlust nicht zu gross wird, weil sonst nachgeheizt werden muss. Die notwendige Lüftung erfolgt in Direktgewinnhäusern über das Öffnen der Fenster. Bei Schönwetterphasen ist eine unbegrenzte Fensterlüftung möglich. Bei Schlechtwetterphasen sorgen kurze intensive Querlüftungen für ausreichende Frischluft und reduzieren die Wärmeverluste auf ein Minimum.

### Foto 3

Das Direktgewinnhaus in Trin/CH steht auf 900 m.ü.M. und kommt ganz ohne Heizung und Lüftungsanlage aus.



### «IN SOLCHEN HÄUSERN SCHIMMELT ES!»

Schimmelpilze können nahezu überall wachsen, wo sie ausreichend Nährstoffe und gute Temperaturbedingungen finden. Der ausschlaggebende Faktor bei der Schimmelbildung ist jedoch die Feuchtigkeit: Erst ab einer Luftfeuchtigkeit von mehr als 75 % haben Schimmelsporen günstige Wachstumsvoraussetzungen. In schlecht gedämmten Häusern kann sich die warme Innenluft an den kalten Aussenwänden niederschlagen (Kondenswasserbildung) und so zu einem Schimmelpilzwachstum führen.

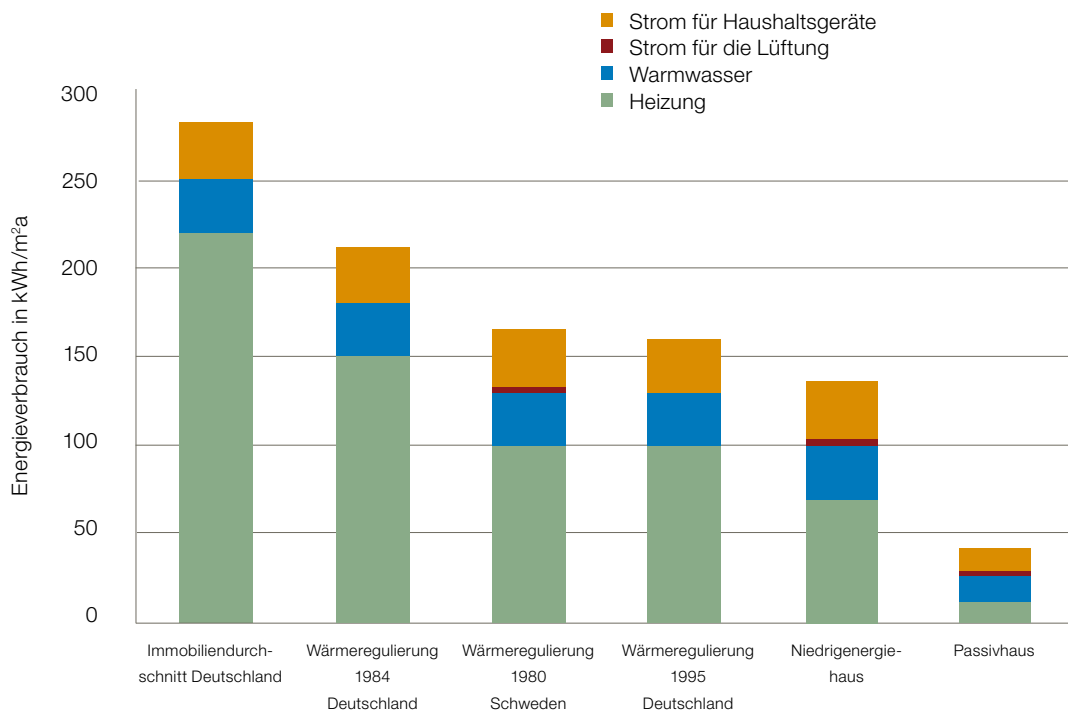
Die Passivhaus-Konstruktion macht eine Schimmelbildung quasi unmöglich. Durch die gleichmässige Temperaturverteilung in den Bauteilen (bedingt durch die sehr gute Wärmedämmung und die Vermeidung von Wärmebrücken) kann sich die Luftfeuchtigkeit nirgendwo niederschlagen. Bei den Direktgewinnhäusern sorgt die diffusionsoffene Konstruktion dafür, dass Wasserdampf ungehindert durch das Bauteil dringen und sich nicht niederschlagen kann. Atmungsaktive Naturbaustoffe lassen einerseits die Feuchtigkeit nach aussen entweichen und können sie andererseits speichern und wieder abgeben, wenn die Luft zu trocken ist.

### «DAS KOSTET VIEL ZU VIEL!»

Da bei einem energieeffizienten Haus auf ein konventionelles Heizsystem verzichtet wird, können die eingesparten Kosten für die hocheffiziente Lüftungsanlage, die besseren Fenster und die Wärmedämmung investiert werden. Dank der Weiterentwicklung der Haustechnik, der steigenden Nachfrage und der Spezialisierung von Fachbetrieben erfordert ein Passivhaus derzeit geringere höhere Investitionskosten in Ländern mit einem entsprechenden Angebot. In Ländern, in denen Planer und Handwerker weniger mit dieser Technik vertraut sind, ist es etwas mehr. Das europäische Cepheus-Programm liefert etwas genauere Zahlen, die auf europaweit realisierten Projekten basieren und von geschätzten Mehrkosten zwischen 7 % und 15 % ausgehen. Bei den Direktgewinnhäusern entfallen sogar die Investitionskosten für die Lüftungsanlage.

Es sind jedoch auch die späteren Betriebskosten zu berücksichtigen. Ein Passivhaus spart 90 % Energie im Vergleich zu einem Altbau und 75 % im Vergleich zu einem herkömmlichen Neubau. Bezieht man die kapitalisierten Energiekosten in die Berechnungen mit ein (Investitionen einschliesslich Planung und Haustechnik plus Betriebskosten über 30 Jahre), so können schon heute Passivhäuser gebaut werden, deren Lebenszykluskosten die eines konventionellen Neubaus

**Abbildung 2**  
Energieverbrauch  
deutscher und schwe-  
discher Gebäude.  
Quelle: CEPHEUS



nicht übersteigen. Vorsichtige Kalkulationen gehen von einer jährlichen Preissteigerung für Heizkosten von 3 bis 5 % aus, was das energieeffiziente Haus in Zukunft immer attraktiver werden lässt.

**«DAS IST JA NUR WAS FÜR SÜDLAGEN!»**

Der Wunsch des Diogenes «Geh mir aus der Sonne!» stellt einen der Eckpfeiler eines energieeffizienten Hauses dar. Dennoch wurden mittlerweile Passivhäuser an den unterschiedlichsten Standorten realisiert, die zeigen, dass eine Abweichung von der idealen Südorientierung durch andere Faktoren kompensiert werden kann. Abweichungen um bis zu 30° nach Westen oder Osten sind mit entsprechend besserer Dämmung problemlos zu realisieren.

Im Rahmen des CEPHEUS-Projektes wurden beispielsweise Wohnhäuser gebaut, die eine West-Ost-Orientierung aufweisen. Dank einer kompakten Bauweise liegt der Heizenergiebedarf trotzdem nicht über 15 kWh/m²a. Bei der Passivhaus-Siedlung «Piazza-Casa» in Bilten/CH werden die Südfenster teilweise durch die umliegenden Berge verschattet. Dennoch wird auch hier dank der Optimierung der Dämmebenen der Passivhausstandard erreicht.

**Foto 4**

In Auzet in den französischen Südalpen befinden sich auf 1300 m Seehöhe die höchstgelegenen Passiv-Sozialbauten von Frankreich.



# GRAUE ENERGIE: EIN WICHTIGER UMWELTINDIKATOR

Ein grosser Teil des Energiekonsums und des damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Ausstosses entsteht bereits während der Herstellung eines Baustoffes, also bevor überhaupt gebaut wird. Diese zur Herstellung eines Produktes erforderliche Energie wird als Primärenergie (PEI) oder auch als Graue Energie bezeichnet. Sie wird in erneuerbaren (PEI e – Holz, Wasserkraft, Sonnen- und Windenergie) und nicht erneuerbaren (PEI ne – Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle sowie Uran) Energieträgern angegeben.

Die graue Energie ist ein Indikator für den Ressourcenaufwand und der damit verbundenen wichtigsten Umweltbelastungen bei der Herstellung eines Produktes. Dabei werden der Rohstoffabbau, alle Aufwendungen für den Prozess der Herstellung und alle Transporte bis zum verkaufsfertigen Produkt (Fabrikator) berücksichtigt.

Bei einer ökologischen Bewertung sollten möglichst alle relevanten Auswirkungen und Gefahren berücksichtigt werden. Daher werden heute auch weitere Indikatoren wie das Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potenzial) oder das Versauerungspotenzial (AP – Acidification Potenzial) berücksichtigt. Das Treibhauspotenzial ist ein Indikator für die globale Klimawirksamkeit und das Versauerungspotenzial für die lokale Wirksamkeit (z.B. die Versauerung von Seen, Gewässer und Böden).

## 3.1

### DIE BAUSTOFFE UND IHRE GRAUE ENERGIE

Die Bewertung der Grauen Energie sollte fester Bestandteil bei der Auswahl von Baustoffen sein. Eine optimale Baustoffwahl berücksichtigt auch die Verfügbarkeit, die Wiederverwertbarkeit und die Entsorgung. Regionale Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen erfüllen diese Vorgaben in aller Regel.

Die Online-Plattform für nachhaltiges Bauen [www.baubook.info](http://www.baubook.info) bietet kostenlose Informationen zu allen wichtigen Baustoffen, wie Baustoffkennwerte, Auswahlkriterien, Bauteilrechner, ökologische Ausschreibungskriterien und Informationen rund um das ökologische Bauen und Sanieren.

#### Foto 5

Die Renovierung der Schule Giesen in Vaduz/LI erlaubte nicht nur, die historische Architektur des Gebäudes zu bewahren, sondern sicherte eine graue Energiebilanz für 60 Jahre (54 MJ/m<sup>2</sup>a), die besser ist, als wenn eine neue Schule gebaut worden wäre.

Quelle: Lenum AG





## WÄRMEDÄMMSTOFFE

Die Auswahl der richtigen Wärmedämmung ist vom Bausystem, den wärmetechnischen Anforderungen und von den Eigenschaften des Dämmmaterials abhängig. Sind die Anforderungen definiert, so kann der am besten geeignete Dämmstoff ausgewählt werden. Bei einigen Anwendungen, zum Beispiel der Dämmung gegen Erdreich, muss der verwendete Dämmstoff feuchtebeständig sein. Diese Anforderung erfüllen Schaumglas, hydrophobiertes expandiertes Polystyrol (EPS) und extrudiertes Polystyrol (XPS).

In der Regel benötigen Dämmstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen wie Schafwolle, Kork, Hanf, Schilf, Flachs oder Zelluloseflocken wenig Graue Energie für die Herstellung. Auch bei der Entsorgung oder Wiederverwertung sind erneuerbare Dämmstoffe in den meisten Fällen unproblematisch. Weitere Informationen und Kennwerte siehe Kapitel 4 «Öko-Dämmung».

## STAHLBETON

Grossen Einfluss auf die Herstellungsenergie von Betonkonstruktionen hat der Armierungsgrad. Aber auch Zusatzmittel wie Betonverflüssiger, Abbindeverzögerer und wasserdichter Beton sind ökologische Schwergewichte. Daher sollten solche Konstruktionen vermieden werden. Heute sind Zementprodukte verfügbar, die gegenüber üblichen Portlandzementen mehr als 80 % an Grauer Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden. Die Graue Energie von Recyclingbeton unterscheidet sich kaum von der von normalem Beton. Der Vorteil besteht vor allem in der Schonung der Kiesressourcen.

## MAUERSTEINE

Oft werden unter Mauersteinen gebrannte Hochlochziegel verstanden. Mauersteine können jedoch aus verschiedensten Materialien (Beton, Blähton, Kalksand, Gasbeton, Lehm,...) hergestellt werden. Die Auswahl erfolgt anhand der erforderlichen Trag-, Schalldämm- und Wärmedämmfähigkeit. Bei den meisten Mauersteinen wird der grösste Anteil an Grauer Energie für den Brenn- und Trocknungsprozess benötigt. So benötigen Betonhohl- und Kalksandsteine zwischen 30 bis 40% und Lehmleichtsteine nur ca. 10% der Grauen Energie eines Hochlochziegels.

**Tabelle 3**

Mauersteine und ihre Eigenschaften im Überblick.

Quelle: www.baubook.info

Durchschnittlicher Materialpreis inkl. MwSt. Die tatsächlichen Preise können je nach Bezugsmenge, Zeit, Handler usw stark abweichen. (Quelle: Wegweiser ökologisch Bauen; Energieinstitut Vorarlberg 2011)

	Rohdichte		Wärmeleitfähigkeit		Primäre nicht-erneuerbarer Energie (PEI ne)		Richtpreise
	kg/m <sup>3</sup>		W/mK		MJ/m <sup>3</sup>		€ pro m <sup>3</sup>
	von	bis	von	bis	von	bis	
Betonhohlsteine	800	1'400	0,06	1,2	480	840	85
Hochlochziegel	600	1'600	0,11	0,7	1'380	3'680	80
Kalksandstein	1'000	2'200	0,5	1,3	1'300	2'860	195
Klinker	1'700	2'200	0,7	0,9	6'290	8.140	-
Lehmziegel	1'200	2'000	1	480	800	800	-
Leichtbeton mit Blähton	400	1'600	0,13	0,5	880	3'520	-
Porenbeton	225	775	0,085	0,21	630	2'170	205

## HOLZWERKSTOFFE

Die Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen ist aus ökologischer Sicht empfehlenswert. Trotzdem ist auf den Herstellungsaufwand und auf die Verwendung von Zusatzstoffen (Leime, Biozide, Stahl etc.) zu achten. Bei Schnittholz (Kant-,

Brettschnittholz) wird zwischen natürlich und technisch getrocknetem Holz unterschieden. Mit der Holz Trocknung wird die Holzfeuchtigkeit von ca. 30 bis 80 % im sägefrischen Zustand auf 15 bis 20 % (natürliche Holz Trocknung) bis 12 % (technische Holz Trocknung) gesenkt. Der grösste Teil der Trocknungswärme wird jedoch durch das Verbrennen von Produktionsabfällen gewonnen. Zur Produktion von Dreischichtplatten werden drei, bei Brettschichtholz und Sperrholz mehr als drei Lagen miteinander verleimt. Die zur Verleimung benutzten Bindemittel verursachen rund 30 % der Grauen Energie.

Bei der Auswahl von Holzwerkstoffen sollte geachtet werden, dass zur Herstellung vorwiegend Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft verwendet wurde. Weitere Informationen siehe Modul 3 «Ökologische Baumaterialien».

### 3.2

#### BAUTEILE

Die Auswahl der Bauprodukte sollte immer in Hinblick auf die optimale Anwendung im Bauteil und im Gebäude erfolgen. Daher ist die Betrachtung der Grauen Energie erst auf Bauteilebene aussagekräftig. Bei der Planung der Bauteile ist neben niedrigen Grau-Energie-Werten die Auswahl schadstofffreier Materialien, die einfache Wartung, Instandhaltung und Wiederverwertung bzw. der einfache Rückbau zu berücksichtigen. Schallschutz, Wärmebrücken, Wind- und Luftdichtheit sind nur einige weitere Anforderungen, die bei einer optimalen Planung durch den Fachmann berücksichtigt werden.

Eine optimale Bauteilplanung kann je nach Bauteil zwischen 40 und 70 % an Grauer Energie einsparen. Für solche Konstruktionen werden in der Regel regionale nachwachsende Rohstoffe verwendet (z.B. Holz, Flachs, Hanf, Stroh,...). In der Tabelle sind beispielhaft Graue Energie-Eckdaten von gebräuchlichen Bauteilen aufgelistet.

**Tabelle 4**  
Graue Energie von verschiedenen Bauteilen.  
Quelle: U. Kasser, Büro für Umweltchemie, Energieinstitut Vorarlberg

	PEI ne in MJ/m <sup>2</sup>
Aussenwand	600 - 1'200
Flachdach	1'500 - 2'300
Steildach	600 - 1'200
Innenwand Leichtbau Gipsständer	350 - 550
Decken	500 - 800
Fensterrahmen	1'100 - 4'100
Verglasung	300 - 600

#### FENSTER

Die Herstellungenergie von Rahmen und Glas kann je nach Material sehr hoch sein. Bei der Herstellung eines Fensterrahmens aus Kunststoff mit Aluminiumschale wird beispielsweise dreimal mehr Graue Energie verbraucht als bei einem Fensterrahmen aus Holz. Im Vergleich zu den Rahmen ist die Graue Energie der Verglasung niedrig. Der Mehraufwand an Herstellungenergie für die Beschichtung und die Argonfüllung bei Wärmeschutzgläsern ist vergleichsweise gering und wird durch die Einsparungen bei der Betriebsenergie innerhalb kürzester Zeit kompensiert. In der nachstehenden Tabelle sind neben Referenzwerten für die Graue Energie auch jene für das Treibhaus- und Versauerungspotenzial aufgelistet.

**Tabelle 5**

Eigenschaften der Fensterrahmen  
und Verglasungen

Legende:

PEI ne: Primärenergie inhalt nicht  
erneuerbar,  
GWP100: Global Warming Potenzial  
100 Jahre,  
CO<sub>2</sub>: Kohlendioxid,  
AP: Versauerungspotenzial,  
SO<sub>2</sub>: Schwefeldioxid,  
Quelle: www.baubook.info

Fensterrahmen Angaben je Quadratmeter Fensterbauteil	PEI ne in MJ/m <sup>2</sup>	GWP 100 in kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	AP in kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Alu (Standard)	3'780	255,7	1,12
Holz/Alu (Passivhausstandard)	2'230	23,7	0,65
Holz/Alu (Standard)	1'610	39,6	0,48
Holz (Passivhausstandard)	1'680	-17,8	0,47
Holz (Standard)	1'130	4,3	0,32
Kunststoffrahmen (Passivhausstandard)	3'680	162,3	0,60
Kunststoffrahmen (Standard)	3'290	146,8	0,55
Kunststoff + Aluschale (Standard)	4'070	198,6	0,77
<b>Verglasungen</b>			
Zweifach-Wärmeschutzglas beschichtet (4-16-4 Argon)	314	25,0	0,19
Dreifach-Wärmeschutzglas beschichtet (4-16-4-16-4 Argon)	534	40,8	0,31

**WAND, DACH, BODEN**

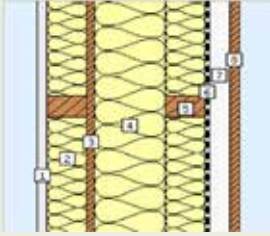
Da die Beheizung des Gebäudes über die Lebensdauer betrachtet den grössten Energieverbrauch verursacht, ist die optimale Wärmedämmung aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll. Für Neubau und Sanierung gilt es gleichermaßen «Best Practice Umsetzungen» zu wählen und alle Aussenbauteile sehr gut zu dämmen. Das bedeutet, den heute besten Baustandard zu wählen, damit das Gebäude auch morgen noch seinen Wert behält. Beispielhaft für alle Aussenbauteile zeigen zwei Best-Practice-Aussenwandkonstruktionen in Passivhausstandard das Optimierungspotenzial.

**Tabelle 6 und 7**

Dicke (d), Wärmeleitfähigkeit  
(λ) und primäre, nicht-erneuerbarer  
Energie (PEI ne) an Hand zweier Beispiele für die  
passive Standardwände.

Quelle: Energieinstitut  
Vorarlberg,  
www.baubook.info

**Außenwand Holzständer, hinterlüftet**



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	PEI ne MJ/m <sup>2</sup>
1		Gipsfaserplatte	2,5	0,27	160
2a		90% Schafwolle Dämmfilz	10	0,04	53
2b		10% Holz – Nadel, rau, lufttrocken	10	0,12	10
3		OSB-Platte	1,8	0,13	94
4a		83% Hanfdämmplatte	18	0,04	151
4b		17% Holz – Nadel, rau, technisch getrocknet	18	0,12	41
5a		90% Hanfdämmplatte	10	0,04	90
5b		10% Holz – Nadel, rau, technisch getrocknet	10	0,12	14
6		Windsperr Polyethylen, diffusionsoffen	0,01	0,50	7
7a		85% Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal	5		0
7b		15% Holz – Nadel, rau, lufttrocken	5	0,12	8
8		Holz – Nadel, gehobelt, technisch getrocknet	2,5	0,12	49

U-Wert: 0,110 W/m<sup>2</sup>K

Masse: 92,8 kg/m<sup>2</sup>  
**PEI n. e. 678 MJ/m<sup>2</sup>**  
 GWP100: -75,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,163 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

www.baubook.info

**Hochlochziegel-Außenwand, 2-schalig**



Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	PEI ne MJ/m <sup>2</sup>
1		Kalk-Zementputz	1,5	1,00	37
2		Ziegel - Hochlochziegel porosiert <=800kg/m <sup>3</sup>	25	0,25	459
3		Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m <sup>3</sup> )	28	0,04	324
4		Ziegel - Hochlochziegel porosiert <=800kg/m <sup>3</sup>	12	0,25	220
5		Kalk-Zementputz	1,7	1	42
6		Silikatputz	0,19	0,8	13

U-Wert: 0,113 W/m<sup>2</sup>K

Masse: 364 kg/m<sup>2</sup>  
**PEI n. e. 1095 MJ/m<sup>2</sup>**  
 GWP100: 80 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,283 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

# ÖKO-DÄMMUNG: MÖGLICHST DICK UND UMWELTFREUNDLICH

Der dicke «Wintermantel» eines Gebäudes vermindert Wärmeverluste während der Heizperiode, schafft behagliche Räume und entlastet die Betriebskosten. Gut zu dämmen ist deshalb ökologisch und ökonomisch sinnvoll.

Besonders umweltfreundlich sind Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Schafwolle, Kork, Hanf, Schilf, Flachs oder Zelluloseflocken benötigen wenig Energie für die Herstellung und sind von den Inhaltsstoffen her in der Regel unproblematisch. Die möglichst lange Nutzung der Wärmedämmung und der gesamten Gebäudekonstruktion ist nicht nur ökologisch, sondern auch kostensparend. Bei der Wiederverwertbarkeit kommt der Einbausituation grössere Bedeutung zu als den eingesetzten Materialien. Auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sollten deshalb so verbaut werden, dass sie leicht wiederverwendet oder sortenrein entsorgt werden können.

**Tabelle 7**

Eigenschaften verschiedener  
Dämmungsmaterialien

PEI ne: Primärenergiebedarf  
nicht erneuerbar – siehe auch  
Kapitel 3 «Graue Energie»

Durchschnittlicher Materialpreis  
inkl. MwSt. Die tatsächlichen  
Preise können je nach Bezugs-  
menge, -zeit, Händler usw. stark  
abweichen. (Quelle: Wegweiser  
ökologisch Bauen; Energieinstitut  
Vorarlberg 2011)

FE: Funktionseinheit ist jene Di-  
cke an Wärmedämmmaterial, die  
erforderlich ist, um einen U-Wert  
von 0,15 W/m<sup>2</sup>K (Wärmedämm-  
widerstand 6,5 m<sup>2</sup>K/W)  
zu erreichen.

Quelle: www.baubook.info

	Rohdichte		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$		Primäre nicht-er- neuerbarer Ener- gie (PEI ne)		Richtpreise	
	kg/m <sup>3</sup>		W/mK		MJ/m <sup>3</sup>		€ pro	
	von	bis	von	bis	von	bis	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> FE <sup>3</sup>
Perlite-Dämmstoffe	100	280	0,05	0,06	3.190	8'932	180	80
Flachsfaserdämmstoffe	30	60	0,04	0,05	945	2'118	140	40
Grasfaser	30	50	0,04	0,05	534	890	150	40
Hanfaserdämmstoff	40	55	0,04	0,05	1'148	1'579	160	50
Holzweichfaserplatte	50	250	0,04	0,06	280	3'600	290	85
Holzwoleleichtbauplatte	350	550	0,09	0,15	1'330	2'255	360	160
Dämmkork	80	200	0,04	0,06	520	1'300	360	130
Dämmkork (bituminiert)	80	200	0,04	0,06	920	2'300	360	130
Mineralschaum-Dämmplatten	90	375	0,04	0,45	1'107	4'613	n.c.	n.c.
Mineralwolle - Glaswolle	10	100	0,035	0,05	463	4'630	120	30
Mineralwolle - Steinwolle	30	150	0,035	0,05	642	3'210	150	40
Phenolharz-Hartschaum	35	50	0,025	0,04	4'599	6'570	n.c.	n.c.
Polystyrol (EPS)	10	30	0,03	0,045	989	2'967	100	25
Polystyrol (XPS)	30	45	0,032	0,042	2'808	4'212	250	50
Polyurethan (PUR)	30	40	0,025	0,03	2'820	3'760	360	80
Schafwolle Dämmfilz	15	40	0,04	0,05	296	788	160	50
Schaumglas - Platten	10	180	0,04	0,06	410	7'380	470	140
Schaumglas	140	200	0,08	0,15	1'078	1'540	140	95
Schilfdämmplatte	140	150	0,05	0,06	168	180	n.c.	n.c.
Baustrohballen	60	120	0,05	0,06	48	96	60	20
Vakuumisulationspaneel	180	250	0,01	0,02	12'150	16'875	6'000	360
Zelluloseflocken	35	100	0,04	0,045	251	718	100	25
Zellulose-Wärmedämmmatte	70	100	0,04	0,045	1'225	1'750	200	50

# ERNEUERBARE ENERGIEN IM GEBÄUDEBEREICH

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger hat langfristig nicht nur positive Auswirkungen auf das Klima und den Geldbeutel der Verbraucher, sondern er unterstützt auch die Wirtschaft der alpinen Regionen. Erstens bleibt die Wertschöpfung in der Region und erzeugt damit positive Beschäftigungseffekte. Zweitens reduziert ihre verstärkte Nutzung die Abhängigkeit von Importen, wodurch die Versorgungssicherheit steigt und die Gefahr geopolitischer Konflikte sinkt. Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern können erneuerbare Energieträger im Alpenraum selbst produziert werden.

Bei den erneuerbaren Energieträgern unterscheidet man traditionelle erneuerbare Energiequellen (Wasserkraft und Holz zu Heizzwecken) und neue erneuerbare Energiequellen (Windkraft, Photovoltaik, Erdwärme). Erneuerbare Energieträger gelten als «klimaneutral», weil sie bei der Energieproduktion entweder gar keine Treibhausgasemissionen verursachen (Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Erdwärme) oder nur so viel CO<sub>2</sub> freisetzen, wie sie zuvor aus der Atmosphäre gebunden haben (Biomasse). Tatsächlich ist die Produktion nicht völlig treibhausgasneutral, da bei der Errichtung und Instandhaltung der notwendigen Infrastruktur sowie bei der Energieerzeugung selbst eventuell Treibhausgase emittiert werden.

## 5.1 FÜR HEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG

Bei der Planung oder Sanierung eines Gebäudes ist die Auswahl des Heizungs- und Warmwasserbereitungssystems zu treffen. Abhängig von den klimatischen Bedingungen am Standort des Gebäudes und dessen Gesamtkonzept (Dichtheit, Lüftung, Eigenschaften der Baustoffe etc.) muss gemeinsam mit Fachleuten entschieden werden, welches die beste und effizienteste Lösung ist.

In einem Passivhaus mit kontrollierter Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung liegt der Heizbedarf quasi bei Null. Für kalte Wintertage kommt eine kleine Zusatzheizung (Ofen) in Betracht, aber das Hauptaugenmerk liegt hier auf der Warmwasserbereitung.

In einem Gebäude ohne Lüftung können herkömmliche oder innovative Systeme eingesetzt werden, die das Gebäude (über Heizkörper oder Fussbodenheizung) heizen und gleichzeitig Warmwasser erzeugen.

Dabei gibt es folgende Möglichkeiten:

- Wärmepumpen: Sie nehmen die Umgebungswärme (aus Luft, Wasser oder Erdreich) auf und geben sie im Gebäude als Warmluft oder Warmwasser wieder ab. Diese Anlagen funktionieren nach dem gleichen Prinzip zur Kühlung im Sommer. Sie haben allerdings einen nicht zu vernachlässigenden Strombedarf.

- Abwärmenetze: Sie nutzen Abwärme aus Müllverbrennungs- oder Kläranlagen, Abwärme von Geräten wie Computern oder industrielle Abwärme, die sonst verloren gehen würde.
- Erdwärme aus dem tiefen Erdreich, die jedoch mit aufwändigen Bohrungsarbeiten verbunden ist.
- Wasserkollektoren, die sowohl eine Solarfussbodenheizung, als auch einen Warmwasserspeicher speisen.
- Luftkollektoren an der Fassade oder auf dem Dach, die das Gebäude mit Warmluft versorgen.
- Und schliesslich kann Holz als Stückholz in einem Ofen oder Kamin bzw. als Pellets oder Hackschnitzel in einem geeigneten Heizkessel verbrannt werden.

Bei der Auswahl des Nachheizsystems sollte darauf geachtet werden, dass gleichzeitig auch das Brauchwasser erwärmt werden kann. Da die Wärmeverluste der Warmwasserleitungen in Gebäuden relativ hoch sind, sollte das System sorgfältig geplant werden, um die Rohrlängen so zu wählen, dass die Verluste minimiert werden. Eine interessante Lösung ist die Rohre so zu verlegen, dass die Verluste zu internen Gewinnen für die Heizung werden.

## 5.2

### **HOLZ ALS BRENNSTOFF**

Holz ist ein klimaneutraler Energieträger. Während der Wachstumsphase lagert der Baum  $\text{CO}_2$  in Form von Kohlenstoffverbindungen im Holz ein. Dieses bleibt während der gesamten Lebenszeit fest im Holz gebunden. Stirbt der Baum eines Tages, wird das Holz durch Mikroorganismen zersetzt und das  $\text{CO}_2$  wieder an die Atmosphäre abgegeben. Das freigesetzte  $\text{CO}_2$  wird gleichzeitig wieder im nachwachsenden Wald gebunden. Es handelt sich also um einen geschlossenen, klimaneutralen Kreislauf. Durch die Verbrennung von Holz wird dieser Kreislauf zwar abgekürzt, aber nicht in seinen Mechanismen verändert.

Holz ist der älteste vom Menschen genutzte Energieträger. Er speichert rund 17 Mal mehr Energie als zu seiner Bereitstellung benötigt wird. Da Holz in den Alpen praktisch «vor der Haustüre» wächst, sind auch keine langen und aufwändigen Transportwege erforderlich und die Lagerung ist einfach und risikolos. Unter der Voraussetzung einer massiven Senkung des Energiebedarfs der Gebäude wären Ressourcen an alpinen Wäldern ausreichend vorhanden.

Bei der Verbrennung von Holz werden jedoch auch die so genannten «klassischen» Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Kohlenmonoxid (CO) und Staub freigesetzt. Alte Holzheizungen schneiden diesbezüglich im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen oftmals schlechter ab.

Der Wirkungsgrad von alten Holzkesseln liegt nur bei 40 bis 50% aber wurde in den letzten Jahren deutlich gesteigert und erreicht mittlerweile die gleichen Werte wie ein Öl- oder Gaskessel. Frisches Holz verbrennt aufgrund des hohen Wassergehaltes nur unvollständig und hat auch einen geringen Heizwert. Eine ausreichende Trocknung und richtige Lagerung des Brennholzes ist daher für eine schadstoffarme Verbrennung erforderlich. Brennholz ist vielseitig einsetzbar und dadurch anwenderfreundlich. Vom Zimmer- über den Pelletofen bis zur grossen automatischen Holzfeuerung im Nahwärmenetz ist alles möglich.

Die Holznutzung zur thermischen Energiegewinnung ist dann als nachhaltig zu betrachten, wenn:

- langfristig nicht mehr – oder viel weniger – Holz genutzt wird als nachwächst;
- das Holz ökologisch produziert wird (naturnahe Forstwirtschaft);
- das geschlagene Holz möglichst vollständig genutzt wird (inklusive Nutzung von Holzabfällen aus der Holzverarbeitenden Industrie);

- lokale Luftverschmutzung durch Filtertechniken möglichst vermieden wird;
- Heizkessel mit einem hohen Wirkungsgrad eingesetzt werden.

### 5.3

#### STROMERZEUGUNG

Die Palette an erneuerbaren Energieträgern zur Erzeugung von ökologischem Strom ist sehr breit. Insbesondere bieten sich in der Region verfügbare, regenerative Energieträger wie Sonnenenergie, Wasserkraft, Windkraft, Erdwärme oder Biomasse in Kraft-Wärme-Koppelung an.

Der produzierte Strom kann direkt verbraucht, ins Netz eingespeist oder in Batterien gespeichert werden, wobei Letzteres derzeit die komplexeste Option darstellt.

Auf Gebäudeebene sind die bevorzugten, erneuerbaren Energien:

#### SONNENENERGIE

Das Prinzip der Sonnenenergie besteht darin, das Sonnen- oder Tageslicht mittels Photovoltaikzellen in elektrische Energie umzuwandeln. Die Vorteile der Sonnenenergie liegen in der vielseitigen Einsetzbarkeit der Photovoltaikmodule (Dach, Wände, Balkone etc.). Die technische Entwicklung in der Solarenergieproduktion ist aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

#### WINDKRAFT

Das Prinzip besteht darin, die Kraft des Windes für die Stromerzeugung mittels Windturbinen zu nutzen.

Trotz der relativ schwachen Winde in den Alpen können kleine Windkraftanlagen auf dem Dach, der Terrasse oder im Garten installiert werden. Auch urbane Windkraftanlagen, die den durch die Anordnung der Gebäude erzeugten Wind nutzen, sind stark im Kommen.

#### Foto 6

Solarzellen auf Hausdächern sind ökologisch unbedenklich, deswegen sollten sie auf jedem Hausdach in den Alpen eingebaut werden.



# INTELLIGENTER ENERGIE- VERBRAUCH

Durch eine bessere Gebäudenutzung lassen sich schätzungsweise bis zu 20% Energie einsparen. Auch bei energieeffizienten Gebäuden sollte ein rationeller Energieeinsatz, eine systematische Verbrauchskontrolle und eine regelmässige Information der Nutzer sichergestellt werden.

## NUTZUNGSGERECHTE PLANUNG

Bei der Energieeffizienzplanung für ein Gebäude oder eine Sanierung sollten zunächst die «normalen» Schwankungen ermittelt werden, um massgeschneiderte und intelligente Lösungen zu finden. So hat zum Beispiel ein Klassenzimmer mit 25 Schülern tagsüber einen anderen Heiz- und Kühlbedarf als nachts oder während der Ferien. In den Alpen werden zahlreiche Zweitwohnungen und «kalte» Betten den ganzen Winter über beheizt, obwohl sie nur an wenigen Tagen bewohnt sind. Die Nutzer müssen also einbezogen werden, um ihre Gewohnheiten zu verstehen und gemeinsam intelligente Energiesparlösungen zu finden.

Die Heizung, die Klimaanlage und der Stromverbrauch von Geräten können manuell oder automatisch über programmierbare Systeme auch aus der Ferne gesteuert werden.

## ANGEPASSTE NUTZUNG

Das Energiekonzept eines Gebäudes muss zwar die Gewohnheiten der Nutzer berücksichtigen, aber andererseits müssen die Nutzer auch in die Lage versetzt werden, ihr Verhalten an dieses Konzept anzupassen.

Zum Beispiel: Manuelles Öffnen der Fenster im Winter und im Sommer, Optimierung der Wärmequellen (Haushaltsgeräte usw.) im Winter und im Sommer, effektive Heizungs- und Lüftungssteuerung während Abwesenheitszeiten, Einsatz von Technologien etc.

Bei öffentlichen wie bei privaten Gebäuden sollte deshalb während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes eine regelmässige Information der Bewohner, Nutzer und Betreiber erfolgen.

## VERBRAUCHSKONTROLLE

Die Berechnungen auf dem Papier entsprechen nicht immer der Realität! In jedem neuen oder sanierten Gebäude sollte der Energieverbrauch nicht nur bei der Inbetriebnahme, sondern während seiner gesamten Lebensdauer kontrolliert werden. Weicht der tatsächliche Verbrauch vom Sollverbrauch ab, sollte eine Ursachenforschung angestellt werden, um eventuelle technische Mängel (falsch eingestelltes Thermostat, Undichtheiten etc.) oder Nutzungsprobleme zu lösen.

### Foto 7

In dem 2012 errichteten Gemeindezentrum in Lorüns/A wurde im Rahmen des Projektes MountEE ein Energie-Monitoring durchgeführt. Durch die optimierte Regelung der Lüftung und Heizung können dort bis zu 30% Energie eingespart werden.





## SCHLUSSFOLGERUNG

Die verbrauchte Energie beim Bauen, Sanieren, bei der Verwendung und dem Recyclen eines Gebäudes kann global, vorab berechnet und dadurch deutlich gesenkt werden.

Um ein Gebäude als Ganzes ökologisch zu bewerten, müssen alle Energieaufwendungen für die Herstellung, den Betrieb und die Entsorgung betrachtet werden. Dabei kann die zur Herstellung aller Baustoffe und der Inneneinrichtung notwendige Graue Energie etwa gleich gross sein wie die Energie, die zur Beheizung eines gut wärmegeprägten Gebäudes während 40 Jahren notwendig ist. Heute werden Plus-Energie-Gebäude umgesetzt, deren Energieaufwand für die Herstellung und den Betrieb so gering sind, dass sie mittels der solaren Gewinne vor Ort eine positive Energiebilanz aufweisen. Solche Gebäude sind heute wirtschaftlich umsetzbar.

Die massgeblichen Entscheidungen werden während der Planungsphase gefällt. Hier besteht daher die grösste Einflussnahme auf die Projektumsetzung. In dieser Phase werden durch Änderungen keine oder nur marginale Kosten verursacht. Mit jeder späteren Phase nimmt die Möglichkeit zur Einflussnahme ab, und die Kosten nehmen drastisch zu. Wichtig sind daher klare Zielsetzungen für das Projekt, eine exakte und umfassende Planung, die frühzeitige Ausschreibung und professionelle Bauabwicklung.





## QUELLEN UND LINKS

### Quellen:

- «Energieeffiziente Häuser aus regionalem Holz in den Alpen», 2004, CIPRA
- «Bauen und Sanieren im Klimawandel», 2009, CIPRA
- «Energie im Klimawandel», 2009, CIPRA
- baubook, Energieinstitut Vorarlberg
- «Wegweiser ökologisch Bauen», 2011, Energieinstitut Vorarlberg

Recherche von CIPRA International (Carole Piton, Catherine Frick) und den nationalen CIPRA- Vertretungen:

- CIPRA Frankreich: Floriane Le Borgne, Jean-Loup Bertez
- CIPRA Italien: Francesco Pastorelli, Giovanni Santachiara
- CIPRA Schweiz: Christian Lüthi, Elmar Grosse-Ruse
- CIPRA Deutschland: Stefan Witty
- CIPRA Slowenien: Anamarija Jere, Tomislav Tkalec, Matevž Granda

### Weitere nützliche Links:

[www.cipra.org/de/climalp](http://www.cipra.org/de/climalp)