

Energieeffiziente Häuser aus regionalem Holz im Alpenraum



Ein Hintergrundbericht von CIPRA International über das ökologische und regionalwirtschaftliche Potenzial der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise mit regionalen Holzbaustoffen im Alpenraum.

Impressum

Herausgeber: CIPRA International, Im Bletscha 22, FL-9494 Schaan

Projektleitung: Nicole Sperzel, CIPRA International

Finanzierung: Fürstentum Liechtenstein (Bericht in deutscher Sprache sowie Webseite www.cipra.org/de/climalp in deutscher, französischer, italienischer und slowenischer Sprache)

BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz
(Übersetzung des Berichtes in die französische und italienische Sprache)

Publikationsdatum: 15.12.2004

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG: MAN GLAUBT GAR NICHT, WAS ES ALLES NICHT BRAUCHT.	5
2	EINLEITUNG.....	7
2.1	“HOME SWEET HOME” - WO WIR UNS WOHLFÜHLEN.....	8
2.2	HEUTE SCHON AN MORGEN DENKEN!.....	9
2.3	ÜBER DEN GARTENZAUN HINAUS BLICKEN.....	10
2.4	FACHBEGRIFFE - AUSFLUG IN DIE BAUPHYSIK.....	13
2.4.1	Die Energiekennzahl (EKZ).....	13
2.4.2	Die Heizlast.....	15
2.4.3	Der U-Wert.....	15
2.4.4	Der g-Wert.....	16
2.4.5	Die Wärmebrücke.....	16
3	ENERGIEVERBRAUCH BEIM BAUEN UND WOHNEN.....	18
3.1	Globale Klimaveränderung.....	18
3.2	Der politische Rahmen.....	19
3.3	Graue Energie - Die graue Eminenz beim Bauen.....	20
3.3.1	Baustoffe und ihr Gehalt an grauer Energie.....	20
3.3.2	Konstruktionsweisen und ihr Gehalt an grauer Energie.....	23
3.4	Gesamtenergiebilanzen von Gebäuden.....	23
3.4.1	Gute Planung hilft weiter.....	24
3.4.2	Auf dem Holzweg?.....	24
4	HOLZ - EIN NACHWACHSENDER ROHSTOFF.....	25
4.1	Die Leistungen des Waldes.....	25
4.2	Regionale Holzwertschöpfung.....	27
4.2.1	Eine Kette mit vielen Gliedern.....	27
4.2.2	Aus der Region, für die Region.....	32
4.2.3	Schwachpunkte innerhalb der Wertschöpfungskette.....	33
4.3	Holz als Brennstoff.....	34
4.4	Holz als Baustoff.....	35
4.4.1	Wo wird Holz verbaut?.....	36
4.4.2	Ein Holzhaus - mehrfacher Gewinn.....	37
4.4.3	Vorurteile gegenüber dem Holzbau.....	38
5	ENERGIEEFFIZIENTE HÄUSER.....	40
5.1	Neue Häuser ohne Heizung.....	40
5.1.1	Das Niedrigenergiehaus.....	40
5.1.2	Das Passivhaus.....	40
5.1.3	Das Direktgewinnhaus.....	41
5.1.4	Das MINERGIE®-Haus.....	42
5.1.5	Das Plusenergiehaus.....	42
5.2	Vorurteile gegenüber energieeffizienter Bauweise.....	42
5.2.1	„Da kann man ja nie die Fenster aufmachen!“.....	42
5.2.2	„In solchen Häusern schimmelt es!“.....	43
5.2.3	„Das kostet viel zu viel.“.....	43
5.2.4	„Das ist ja nur was für Südlagen!“.....	44
5.3	Junge Technik in alten Häusern.....	44
6	BAUEN UND SANIEREN.....	46
6.1	Der energieeffiziente Neubau.....	46
6.1.1	Gebäudeform und Grundriss.....	46
6.1.2	Gebäudehülle.....	48
6.1.3	Luftdichtheit.....	48
6.1.4	Fenster.....	48
6.1.5	Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.....	49
6.1.6	Restheizung und Warmwasserbereitung.....	49
6.1.7	Baubiologische Baustoffwahl.....	50

6.2	DIE ENERGIEEFFIZIENTE SANIERUNG	51
6.2.1	<i>Gut geplant ist halb gewonnen</i>	52
6.2.2	<i>Schwachstellen identifizieren</i>	52
6.2.3	<i>Bauteilbezogene Sanierungsmassnahmen</i>	52
6.2.4	<i>Haustechnische Sanierungsmassnahmen</i>	54
7	GUTE BEISPIELE	55
7.1	NEUBAU.....	56
7.2	SANIERUNG.....	62
8	FÖRDERMÖGLICHKEITEN	65
8.1	DEUTSCHLAND	66
8.2	FRANKREICH	68
8.3	ITALIEN	69
8.4	LIECHTENSTEIN	70
8.5	ÖSTERREICH.....	71
8.6	SCHWEIZ	72
9	MARKTPOTENZIAL UND SZENARIEN	74
9.1	PASSIVHÄUSER IN DEN ALPENLÄNDERN	74
9.1.1	<i>Zukünftige Markteinschätzung für Deutschland, Österreich und die Schweiz</i>	75
9.1.2	<i>Faktoren für die Förderung von Passivhäusern</i>	76
9.2	ANTEIL DER HOLZBAUWEISE IN DEN ALPENLÄNDERN	76
9.3	WAS WÄRE WENN... ..	77
9.3.1	<i>...die Passivhausbauweise im Neubaubereich stärker berücksichtigt würde?</i>	78
9.3.2	<i>...alle Sanierungen thermisch optimal ausgeführt und die Sanierungsrate erhöht würde?</i> 80	
9.3.3	<i>...die Holzbauweise einen höheren Anteil am Neubauvolumen hätte?</i>	83
9.3.4	<i>Schlussfolgerungen aus den Szenarien</i>	86
10	POLITISCHE FORDERUNGEN	87
10.1	FÖRDERUNG DER ENERGIEEFFIZIENTEN BAU- UND SANIERUNGSWEISE	87
10.2	FÖRDERUNG DER HOLZVERWENDUNG	88
10.3	EINFÜHRUNG DER KOSTENWAHRHEIT BEI DER ROHSTOFFHERSTELLUNG UND BEIM TRANSPORT	89
10.4	BAURECHTLICHE MASSNAHMEN	89
10.5	RAUMPLANERISCHE MASSNAHMEN.....	90
10.6	LÄNDERÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN	90
11	LITERATURVERZEICHNIS	92
12	GLOSSAR	98

1 Zusammenfassung: Man glaubt gar nicht, was es alles nicht braucht.

Die fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle sind begrenzt und gehen zur Neige. Das bestreitet niemand. Ungewiss ist nur, ob das in 20, 30, 50 oder 100 Jahren der Fall sein wird. Skeptiker erwarten, dass der Höhepunkt der Erdölförderung schon 2010 überschritten wird, während Optimisten glauben, die Erdölförderung lasse sich bis 2020 oder 2030 noch steigern. Das Thema «Neue Ölkrise» ist deshalb ökonomisch brisant. Aber auch ökologisch. Denn mittlerweile ist der Grossteil der Klimawissenschaftler überzeugt, dass der CO₂-Ausstoss, der mit der Verbrennung von fossilen Energieträgern einher geht, die Hauptursache für die Klimaerwärmung weltweit ist, die sich in Form von vermehrten Stürmen, Starkregen und Dürren katastrophal auswirken wird. Aktuellstes Beispiel der schleichenden Klimaerwärmung in den Alpen ist der Schwund der Gletscher. Aber auch vermehrte Bergstürze, Murgänge und Hochwasserereignisse lassen die dramatischen Veränderungen für jeden „spürbar“ werden. Mit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls haben sich alle Alpenkonventionsländer zu einer Reduktion der klimaschädlichen Gase verpflichtet. Nun geht es darum, Massnahmen zu definieren und umzusetzen, die zu einer Verminderung des CO₂-Ausstosses beitragen.

Die privaten Haushalte haben mit fast 30% einen gleich hohen Anteil am Endenergieverbrauch wie der gesamte Verkehrssektor. Den grössten Anteil im Haushalt nimmt dabei die Raumheizung mit über 70% ein, wobei vornehmlich Heizöl und Erdgas zur Wärmeproduktion eingesetzt werden. Wenn heute ökologisch und energetisch schlechte Häuser gebaut werden, dann hat dies Auswirkungen auf den Energieverbrauch und die Belastung des Klimas für viele Jahrzehnte. In der Reduktion des Raumwärmebedarfs durch energieeffiziente Baumassnahmen und Sanierungen steckt somit ein grosses Einsparpotenzial an CO₂. Bei Neubauten wie auch im Gebäudebestand kann mit intelligenter solarer Bau- bzw. Sanierungsweise und moderner Dämmtechnik, dem so genannten Passivhaus- oder Minergie-P-Standard, der Energiebedarf für die Raumheizung um 80 - 90% gesenkt werden. Dadurch ist eine konventionelle Heizung, wie sie sonst in jedem Haus erforderlich ist, überflüssig. Die Hauseigentümer/innen und Mieter/innen müssen sich daher auch um die Preisentwicklungen am Energie- und Rohstoffmarkt weniger Sorgen machen und verursachen einen wesentlich geringeren CO₂-Ausstoss.

Bislang wird dieses Potenzial jedoch nur unzureichend erkannt und ausgeschöpft, d.h. der Grossteil des Neubauvolumens und der Sanierungen wird nicht nach dem Stand der Technik realisiert. Warum ist das so? Architekturprofessor Dietmar Eberle von der ETH Zürich führt als Grund dafür an, dass Bauen und Architektur nicht primär technische Leistungen sind, sondern dass sie bestimmt werden durch ihre kulturelle Dimension, durch Vertrautheiten, Gewohnheiten und Konventionen. Die „technische Seite“ muss also mit der „kulturellen Seite“ sinnvoll kombiniert werden. Architektinnen und Planer sind aufgefordert, die neuen technischen Lösungen nicht mehr als etwas Fremdartiges anzusehen, das es zu verstecken gilt, sondern diese ästhetisch einzubetten. In Europa sind mittlerweile Tausende von Einfamilienhäusern, Mietwohnungen, Gewerbebauten und öffentlichen Gebäuden im Passivhaus-Standard gebaut oder saniert worden, was deutlich macht, dass diese Bauweise nicht an besondere Baustile oder Regionen gebunden ist.

Ein weiterer Ansatzpunkt für die Reduzierung des Energieverbrauchs und des damit verbundenen CO₂-Ausstosses liegt in der Wahl der Baumaterialien. Viele Baustoffe benötigen bereits für ihre Herstellung grosse Energiemengen (z.B. Stahlträger) oder werden über weite Strecken transportiert (z.B. Holz aus Nordeuropa, Sibirien oder Übersee). Durch die Verwendung von regionalem Holz als Bau- und Brennstoff kann ein wichtiger Beitrag zur

Reduzierung der klimawirksamen Treibhausgase geleistet werden. Holz ist ein klimaneutraler Brennstoff, dessen Nutzungspotenzial noch lange nicht ausgeschöpft ist. Holz ist auch ein idealer und vielseitig einsetzbarer Baustoff, der ein gesundes Wohnklima schafft und von Natur aus sehr gute Dämmeigenschaften hat. Ganz nebenbei fühlen sich die Menschen in ihren Häusern und an ihren Arbeitsplätzen wohler, weil Holz hervorragende baubiologische Eigenschaften hat. Daher ist Holz geradezu prädestiniert für den Einsatz bei der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise.

Wird einheimisches Holz vor Ort verarbeitet, sichert dies Arbeitsplätze in strukturschwachen Gebieten und die Wertschöpfung verbleibt in der Region. Bei der Verwendung von Heizöl oder Erdgas fließen beispielsweise 60-75% der Gelder ins Ausland. Wird stattdessen Holz für die Wärmeproduktion verwendet, verbleiben 100% der Gelder im Inland und die Region selbst hat einen Wertschöpfungsanteil von über 50%. Ganz ähnlich verhält es sich bei der Verwendung von regional geschlagenem, gesägtem und auf der Baustelle verarbeitetem Holz: hier lässt sich die regionale Wertschöpfung um fast das 10-fache steigern. Als Nebeneffekt wird bei der Verwendung von regionalem Holz die Verkehrsbelastung im Alpenraum reduziert, weil der Export von unverarbeitetem Holz zu weit entfernten Sägereien und der Import von Bauholz überflüssig wird.

Eine gesteigerte Holznutzung ist mit den Grundsätzen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung vereinbar. Aus ökonomischen Gründen werden viele Wälder nicht mehr genutzt. Der Holzvorrat im Alpenraum ist daher sehr gross und nimmt jährlich zu. Für die Erhaltung der biologischen Vielfalt sind alte Bäume und ungenutzte Waldreservate sinnvoll und notwendig, aber auf vielen Flächen ist eine rücksichtsvolle Holznutzung der Natur nicht abträglich. Insbesondere für den im Alpenraum so wichtigen Schutzwald ist eine verstärkte Nutzung sogar förderlich, da nur ein junger, gesunder und stabiler Wald einen ausreichenden Schutz vor Naturgefahren bieten kann.

Man braucht also keine konventionelle Heizung, kein Öl oder Erdgas aus Krisengebieten, keine Baustoffe von Übersee und keine Angst vor der vermehrten Nutzung des Waldes zu haben!

2 Einleitung

„Das ideale Haus ist im Winter warm und im Sommer kühl“, soll Sokrates gesagt haben. Dass dies in unseren Tagen auch ohne Heizungssystem und Klimaanlage möglich ist, dokumentiert der vorliegende Bericht. Er zeigt auch das Energieeinspar- und das Wertschöpfungspotenzial auf, das in der Verwendung von regionalem Holz als Brenn- und Baustoff liegt.

Weitläufig herrscht die Meinung vor, dass Energie sparen mit Verzicht und Komfortverlust verbunden ist. Heutzutage werden jedoch Häuser gebaut, die die Welt auf den Kopf stellen, denn hier ist Energie einsparen mit einem Gewinn an Wohn- und Lebensqualität verbunden. Es handelt sich dabei nicht um schwer zu bedienende „Hightech“-Häuser, sondern um moderne zukunftsfähige Baustandards, die ihre Besitzer unabhängig machen von der Preisentwicklung am Energiemarkt. In solchen Häusern gibt es keine Heizung im klassischen Sinn, teilweise ist selbst eine kontrollierte Lüftungsanlage überflüssig. Dass die Bewohner/innen solcher Häuser deshalb im Winter trotzdem nicht frieren und diese Häuser nicht nur auf ganz speziellen und ausgefallenen Standorten gebaut werden können, zeigen zahlreiche realisierte Beispiele. Für viele Bauherren scheint es jedoch unmöglich, sich ein Haus ohne Heizung vorzustellen.



Abbildung 1: Das Direktgewinnhaus in Trin/CH steht auf 900 m.ü.M. und kommt ganz ohne Heizung und Lüftungsanlage aus.

Dabei ist dieser Baustandard nicht auf Ein- oder Mehrfamilienhäuser beschränkt. Er ist genauso für Gewerbebauten, öffentliche Gebäude, Schulen, Kindergärten und Kirchen geeignet. Auch bei der Gebäudesanierung sind viele Aspekte der energieeffizienten Bauweise umsetzbar. Daher kann auch bei den so genannten „Altbauten“ der Energieverbrauch deutlich reduziert und - ganz nebenbei - der Wohnkomfort erhöht werden.



Abbildung 2: In diesem Haus in Wolfurt/A leben fünf Familien, die sich keine Sorgen um die Preisentwicklungen auf dem Ölmarkt machen müssen.

Jedes Watt Energie, das nicht verbraucht wird, muss auch nicht gefördert, transportiert und verarbeitet werden. Die energieeffiziente Bauweise trägt somit zum nachhaltigen Umgang mit endlichen Ressourcen bei und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt für nachfolgende Generationen.



Abbildung 3: In diesem Bürogebäude in Chur/CH arbeiten rund 30 Mitarbeiter, die noch nie im Kalten gegessen haben, obwohl es keine konventionelle Heizung gibt.

Grundsätzlich können Häuser ohne konventionelle Heizung aus jedem beliebigen Baustoff gebaut werden. Allerdings profitieren bei der Verwendung von Holzbaustoffen im Neubau und in der Sanierung von Gebäuden alle Beteiligten. Angefangen von den Waldbesitzern und den Forstarbeitern, über die regionalen Sägereien und Schreinereien bis hin zum Bauherrn und späteren Mieter oder Nutzer des Gebäudes. Im Vergleich zum Massivbau in Ziegel- oder Beton-Stahlkonstruktion schneidet ein Haus in Holzbauweise auch wesentlich günstiger in der Gesamtenergiebilanz ab, es werden also bereits beim Bau und auch später beim Abbruch Ressourcen gespart und der CO₂-Ausstoss reduziert.

2.1 “Home sweet home” - Wo wir uns wohlfühlen...

Die Räume, in denen wir den Grossteil unseres Lebens verbringen, besitzen einen grossen Einfluss auf unser Wohlbefinden. Gebäude können krank machen oder das Wohlbefinden steigern. Die International Netherlands Bank baute Mitte der 1980er Jahre in Amsterdam für 2.400 Mitarbeiter/innen ein neues Bürogebäude, das nicht nur energetische sondern auch soziale Aspekte berücksichtigt. In Anlehnung an die Philosophie von Rudolph Steiner wurde ein völlig neues Konzept umgesetzt: viel Licht und Pflanzen, offen nach Süden, biologisches Baumaterial, Ruhezeiten und Meditationsräume. Die Mehrkosten waren nach knapp zwei Jahren amortisiert, da das Gebäude im Vergleich zum vorherigen Bürogebäude 92% weniger Energie benötigt. Die Fehltagel der Mitarbeiter gingen um 15% zurück, die Mitarbeiter fühlen sich wohl an ihrem Arbeitsplatz und das Image der Bank hat sich in der Bevölkerung stark verbessert [Weizsäcker, Lovins und Lovins, 1995].

Behaglichkeit wird durch viele Faktoren beeinflusst und jeder Mensch reagiert unterschiedlich empfindlich. Neben visuellen, akustischen und thermischen Gründen spielen auch psychologische Faktoren eine Rolle, ob man sich in einem Raum wohl fühlt. Auch wie sich ein Baustoff oder Möbelstück anfassen lässt oder riecht, kann ausschlaggebend für das Wohlbefinden sein. Und doch ist Behaglichkeit kein rein subjektives Gefühl. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Deutschland hat Behaglichkeit für die „greifbaren“ Faktoren in Zahlenwerte gefasst:

- Die Raumtemperatur sollte zwischen 18 und 24 Grad liegen. Die Oberflächen der Räume, d.h. Fussböden, Wände und Decken, sollten die gleiche Temperatur aufweisen wie die Raumluft, damit Zugluft und Wärmeverluste verhindert werden. Es sollten innerhalb des Raums keine Temperaturdifferenzen auftreten, die grösser als 4 Grad sind (Beispiel: Heisser Ofen, kalte Aussenwand, Ausschlag gebend ist die gefühlte Temperatur beim Menschen in der Mitte). Damit kommt es auch nicht zu Kondenswasserbildung wie bei Wärmebrücken (siehe Kapitel 2.4.5), die Schimmelbildung zur Folge haben kann.
- Die Wärme sollte nicht nur von Heizkörpern ausgehen, sondern einen hohen Strahlungsanteil haben (z.B. Sonnenwärme, warme Steine).
- Die relative Luftfeuchtigkeit sollte 40 bis 60 Prozent betragen. Ist die Luft zu trocken, nimmt der Staubanteil zu. Ist die Luft zu feucht, können sich Schimmelpilze, Bakterien, Viren und Hausstaubmilben ausbreiten und vermehren.
- Die Windgeschwindigkeit (Luftzug) sollte nicht mehr als 0,15 Meter pro Sekunde betragen, ein solcher Luftzug lenkt eine Kerzenflamme um 10 Grad ab.
- Bei der Arbeit möchte der Mensch mindestens 200 Lux Licht haben und dieses Licht sollte möglichst natürlich sein.
- Der Frischluftbedarf hängt von der Grösse des Raumes und der Anzahl der Personen ab. Ein gut messbarer Indikator für die Qualität der Raumluft ist der CO₂-Gehalt. Er sollte Werte von 0,1% nicht übersteigen.
- Der Mensch möchte zudem nicht von störenden Gerüchen belästigt werden.

Natürliche Ausbaumaterialien und ökologische, energieeffiziente Bauweisen sind am besten in der Lage, diesen Ansprüchen zu genügen: Gut gedämmte und Luftzug ausschliessende Gebäude mit grossen Fenstern tragen ebenso dazu bei wie gut riechende Naturmaterialien, die in der Lage sind Wärme zu speichern und wieder abzugeben, Gerüche zu absorbieren und die Luftfeuchtigkeit zu regulieren.

2.2 Heute schon an Morgen denken!

Ein Hausbau erfordert viel Planung und ist für den privaten Bauherrn eine Investition fürs Leben. Es soll den Bewohnern für die nächsten 50 bis 80 Jahre ein gemütliches Zuhause sein. Und es soll bezahlbar sein. Dabei wird aber meist das Augenmerk nur auf die Investitionskosten gelegt und nicht auf die Betriebskosten. Die Heizung nimmt im Haushalt mit 70 bis 80% den grössten Anteil an den privaten Energieaufwendungen ein. Noch kostet ein Liter Heizöl in Deutschland genauso so viel wie ein Liter Mineralwasser¹, aber wie lange noch? Steigende Energiepreise sind heute schon abzusehen, da das Fördermaximum der weltweiten Ölreserven in 5 - 20 Jahren überschritten wird. Was kann man also tun, damit das Eigenheim, die Mietwohnung oder das Bürogebäude in 50 Jahren trotz steigender Energiepreise noch „beheizbar“ ist?

Der Heizenergiebedarf von energieeffizienten Gebäuden beträgt nur noch ein Zehntel des „normalen“ Verbrauchs. Dadurch können solche Häuser auf ein Heizsystem, das viel an nicht erneuerbarer Energie verbraucht, verzichten. In zeitgemässen und zukunftsorientierten Häusern können sich die Bewohner/innen Zeit zum Leben, Erholen und Geniessen nehmen und brauchen sich keine Sorgen um die Preisentwicklungen am Energiemarkt zu machen. Ein hoher Heizöl- oder Gasverbrauch ist nicht nur eine finanzielle Belastung für den Hausbesitzer oder Mieter, sondern trägt durch das bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern ausgestossene, klimaschädliche CO₂ zur globalen Klimaveränderung bei: um 10 kWh Heizenergie zu erzeugen, muss beispielsweise 1 Liter Heizöl verbrannt werden. Dabei werden rund 2,6 kg CO₂ freigesetzt, die sich in der Erdatmosphäre ansammeln und zum Treibhaus-Effekt beitragen.



Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Energieausbeute und CO₂-Emissionen bei der Verbrennung von 1 Liter Heizöl

Vom Verbrauch an leichtem Heizöl entfallen in Deutschland derzeit 60 % auf die privaten Haushalte, 30 % auf das Gewerbe und 8 % auf die Industrie (einschliesslich der Verwendung von Öl als Materialrohstoff) [Umweltdatenbank]. Ein 20 Jahre altes, schlecht gedämmtes, 120 m² grosses Einfamilienhaus emittiert jährlich 7.000 kg des klimaschädlichen CO₂. Dabei ist der Energieaufwand, der zur Gewinnung, Herstellung und Lieferung des Heizöls nötig ist noch gar nicht berücksichtigt.² Ein zeitgemässes Einfamilienhaus im Passivstandard emittiert jährlich nur noch ein 1/15 der Menge, die durch eine Ölheizung in einem Altbau verursacht wird.

¹ Durchschnittlicher Preis für 1 Liter Heizöl in Deutschland: 0,45 € (Stand 06.08.2004). Aktuelle Heizölpreise Deutschland: <http://home.t-online.de/home/tecson/pheizoel.htm>

² Der Primärenergieaufwand bei Heizöl ist rund 1,2 mal so hoch wie die Endenergieabnahme beim Verbraucher, d.h. dass für die Gewinnung, Aufbereitung und den Transport von 100 l Heizöl rund 120 l Rohöl aufgewendet werden müssen [Bräuchle, 1998].

Natürlich hängt der Heizenergiebedarf auch vom persönlichen Verhalten ab. Während sich der eine bei 19°C Raumtemperatur wohl fühlt, braucht der andere 24°C. Auch durch gekippte Fenster steigt der Heizenergiebedarf stark an, es wird im wahrsten Sinne des Wortes „zum Fenster“ hinaus geheizt. Hier kann jeder Einzelne durch Überprüfung seines Verhaltens Einsparpotentiale realisieren.

Aber nicht nur der „Betrieb“, also die Nutzungsphase eines Gebäudes sollte möglichst klimaschonend gestaltet werden, sondern schon bei der Erstellung und auch bei der späteren „Entsorgung“ des Gebäudes sollten die Aspekte der CO₂-Problematik berücksichtigt werden. Natürliche Baustoffe aus der Region wie z.B. Holz haben einen kleineren „ökologischen Rucksack“ als Baustoffe, die energieintensiv hergestellt und über weite Strecken transportiert werden. Wenn das Gebäude einmal abgebrochen wird, müssen Holzbaustoffe - sofern sie nicht chemisch behandelt wurden - nicht aufwendig in einer Deponie „entsorgt“ werden, sondern können dem Aufbau eines neuen Gebäudes dienen oder zum Heizen verwendet werden. Das spart Deponieraum und schont die Umwelt.

Gerade Holz trägt nachweislich zum Wohlbefinden der Bewohner bei, denn es wirkt sich aufgrund seiner feuchtigkeits- und geruchsregulierenden Eigenschaften positiv auf das Innenraumklima und somit auf die Gesundheit der Bewohner aus. Häuser aus regionalem Holz sind ganz individuell in Form und Ausführung zu gestalten und tragen so zu einer Erhöhung der architektonischen Vielfalt im Alpenraum bei. Die verstärkte Holzverwendung als Bau- und Brennstoff fördert aber auch die nachhaltige Waldbewirtschaftung, stärkt die regionale Wirtschaft und sichert langfristig Arbeitsplätze. Darüber hinaus ist Holz ein nachwachsender Rohstoff, der CO₂ bindet und langfristig der Erdatmosphäre entzieht³. Wer ein Haus aus Holz baut, leistet also einen Beitrag für den nachhaltigen und umweltschonenden Umgang mit unseren Ressourcen.

2.3 Über den Gartenzaun hinaus blicken...

Ein nachhaltiger Ansatz beim Bauen und Wohnen bzw. Nutzen umfasst gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Anliegen. Nachhaltig Bauen bedeutet mehr als nur die Installation einer Solaranlage oder den Bau von energieeffizienten Häusern. Grundsätzlich ist das Haus, das gar nicht erst gebaut werden muss, das ökologischste Haus.

- Viele Leute meinen beispielsweise, „**ökologisch bauen**“ bedeutet ein baubiologisch gutes und/oder energieeffizientes Haus irgendwo auf die grüne Wiese zu setzen. Das muss revidiert werden. Wir nutzen pro Kopf immer mehr umbauten Raum und erschliessen neue Baugebiete, ohne einen attraktiven Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz zu gewährleisten. Wird z.B. der tägliche Weg zur Arbeit mit dem PKW zurückgelegt, werden allein bei einer Strecke von 40 km (Hin- und Rückweg) jährlich viermal soviel CO₂-Emissionen freigesetzt wie durch die Beheizung eines 120 m² grossen, nach Passivhaus-Kriterien erstellten Neubaus eines Jahres anfallen.⁴

³ Pflanzen nehmen während der Wachstumsphase CO₂ aus der Atmosphäre auf. Bei den biochemischen Reaktionen während der Photosynthese wird CO₂ in Zucker umgewandelt und in Form von Kohlenstoffverbindungen in der Gerüstsubstanz eingelagert. Diese werden erst nach dem Absterben der Pflanze bei der mikrobiellen Zersetzung wieder an die Atmosphäre abgegeben. Bäume sind daher aufgrund ihrer langen Lebensdauer CO₂-Senken.

⁴ 40 km bei 220 Arbeitstagen = 8.800 km/a, was einem Benzinverbrauch von ca. 700 l pro Jahr entspricht (angenommen werden 8 Liter Benzin pro 100 km). Bei der Verbrennung von einem Liter Benzin/Diesel werden ca. 2,5 kg CO₂ freigesetzt (Quelle: Umweltbundesamt, Berlin <http://kepler.han-solo.net/uba/fufs/umwelt.htm>), pro Jahr also rund 1.800 kg CO₂. Zur Beheizung eines 120 m² grossen Passivhauses werden jährlich maximal 180 l Heizöl benötigt, was bei einem Umrechnungsfaktor von 2,6 [Quelle: PrimaKlima e.V. <http://www.prima-klima-weltweit.de/beitrag/rechner.php3?choice1=beitrag&choice2=rechner>] rund 470 kg CO₂ entspricht.

Wenn gebaut werden muss, sind folgende Aspekte für ein nachhaltiges, zukunftsweisendes und ökologisches Bauen zu berücksichtigen:

- Flächensparendes Bauen (z.B. konsequente Nutzung der Brachflächen in Innenstädten, Mehrfamilien- statt Einfamilienhäuser, kompakte Bauweise) verbunden mit einer intelligenten Verkehrsplanung und einer guten Infrastruktur
 - Energieeffiziente Bauweise mit erneuerbarer Energieversorgung
 - Möglichst wenig Graue Energie einbauen
 - Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen
-
- Auch **soziale Aspekte** wie die frühzeitige Einbeziehung aller am Projekt Beteiligten, wie z.B. den zukünftigen Mieter/innen, beim Planen und Bauen, das Schaffen von variablen Wohnformen, die zeitgemässen Lebensformen gerecht werden (allein erziehende Eltern, Anstieg von Single-Haushalten etc.), müssen im Planungsprozess viel stärker berücksichtigt werden.
 - Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht ca. 130 Liter **Trinkwasser** pro Person und Tag. Durch einen sparsamen Umgang mit der Ressource Wasser und durch technische Massnahmen (wassersparende Armaturen, WC-Spülkasten, Waschmaschinen usw.) kann Trinkwasser eingespart werden. Statt Trinkwasser kann Regenwasser, das auf dem Dach und auf dem Grundstück gesammelt wird, zur Gartenbewässerung, zur WC-Spülung etc. verwendet werden. Ist dies nicht möglich, sollte zumindest eine Regenwasserversickerung auf dem Gelände in Betracht gezogen werden.
 - Eine deutliche Reduktion des **Stromverbrauchs** ist durch die Verwendung von Energiespargeräten der Effizienzklasse „A++“ gemäss E-Deklaration der EU (Eurolabel, das den Energieverbrauch von Haushaltsgeräten in 9 Klassen einteilt), den Verzicht auf standby-Betrieb bei Fernseh-, HIFI- und Bürogeräten, durch bauliche Massnahmen (optimale Tageslichtnutzung) und nicht zuletzt durch das eigene Verhalten (z.B. das Fernsehgerät ausschalten, wenn man sowieso nicht hinsieht oder zuhört) möglich. Nach jüngsten Schätzungen des deutschen Umweltbundesamtes belaufen sich die Leerlaufverluste⁵ in Privathaushalten und Büros in Deutschland auf 21,2 Mrd. kWh [Mordziol, 2004]. Für die Erzeugung dieser Strommenge sind zwei Atomkraftwerke erforderlich.⁶
 - Auch ein **Bürogebäude** oder eine Lagerhalle sollte möglichst lange nutzbar sein, d.h. sich neuen Arbeitsformen oder verändertem Raumbedarf flexibel anpassen können. Ziel eines Bauherrn oder einer Investorin sollte es nicht sein, einen für den Moment optimierten Grundriss zu haben, sondern eine dauerhafte Variabilität seines Gebäudes. Die Erhöhung der Lebensdauer eines Gebäudes schont Ressourcen und vermindert unnötige Bauabfälle.

⁵ Leerlaufverluste sind alle Energieverluste, die durch standby-Betrieb, unnötigen Dauerbetrieb (z. B. Rolltreppen-Betrieb, Fernsehbetrieb ohne Zuschauer, unnötige Beleuchtung etc.), unnötigen Dauer-Sendebetrieb (z. B. Heizkostenverteiler mit Fernabfrage) oder Steuer- und Regelungsbetrieb (Zeitschaltuhren, Bewegungsmelder) entstehen. Der standby-Betrieb macht rund 2/3 der Leerlaufverluste aus [Mordziol, 2003].

⁶ Im Betriebsjahr 2003 wurden in einem deutschen Atomkraftwerk (AKW) durchschnittlich 8,7 Mrd. kWh produziert. Das grösste AKW „Isar 2“ produzierte 2003 12,3 Mrd. kWh [Quelle: Deutsches Atomforum, http://www.kernenergie.net/kernenergie/de/presse/presse_detail.php?detail=/presse/de/sonstiges/stromerzeugung03.html]

- Unser **Umweltverhalten** sollte insgesamt einer kritischen Überprüfung unterzogen werden. Die Enquete-Kommission zum Schutz der Erdatmosphäre, ein Beratungsgremium des Deutschen Bundestages, hat 1992 berechnet, dass die grossen Industrienationen ihren CO₂-Ausstoss bis zum Jahre 2050 pro Kopf und Jahr von 12.000 kg auf 2.300 kg CO₂ verringern müssen, um eine Klimastabilisierung zu erreichen. In Litern Heizöl oder Benzin bedeutet das eine Reduktion von 4.600 Litern auf 900 Liter pro Kopf und Jahr. Man bezeichnet diese Menge auch als „klimaverträgliches Gesamtbudget“ eines Menschen. Allein mit einer Flugreise von München nach New York werden pro Person rund 520 Liter Kerosin verbraucht.⁷ Fährt man dann noch rund 10.000 km Auto pro Jahr (dabei werden ca. 800 Liter Benzin verbrannt) und beheizt seine schlecht gedämmte Wohnung mit Heizöl (was mit 1.500 - 3.000 Litern Heizöl zu Buche schlägt), hat man sein klimaverträgliches Gesamtbudget bereits weit überschritten. Hinzu kommen noch die CO₂-Belastungen, die in Form von „Grauer Energie“ in allen „Produkten“ des täglichen Lebens stecken wie z.B. der Herstellung von Ver- und Gebrauchsgütern (Lebensmittel, Kleidung, Wohnungseinrichtung, Computer etc.) oder der Bereitstellung von allgemein verfügbaren „Dienstleistungen“ (z.B. Rolltreppen, Strassenbeleuchtung).

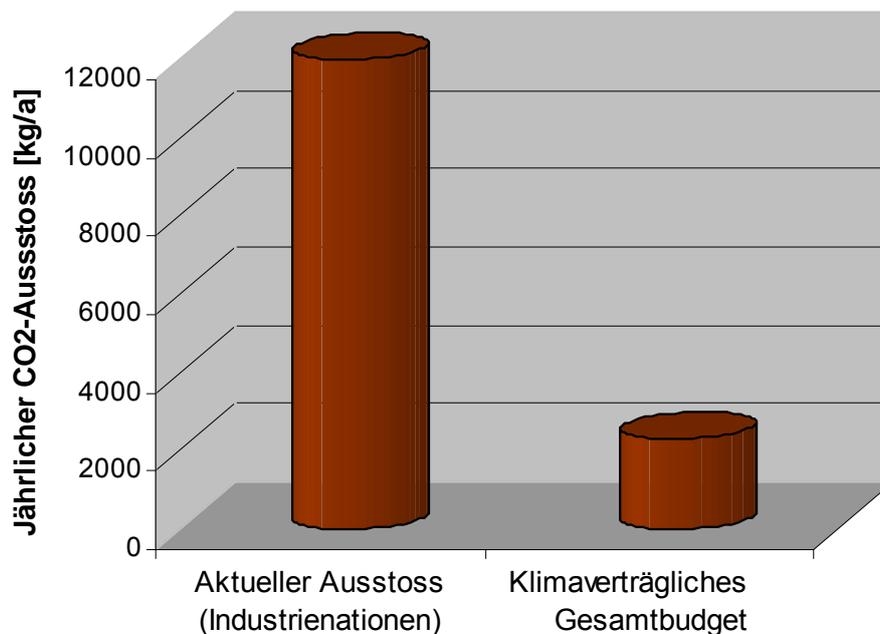


Abbildung 5: Aktueller Heizöl- und Benzinverbrauch pro Einwohner/in und Jahr in den Industrienationen im Vergleich zum klimaverträglichen Gesamtbudget

2.4

⁷ Hin- und Rückflug München - New York entspricht rund 13.000 km. Bei einem Kerosinverbrauch von 4 Litern pro 100 km und Fluggast ergibt sich ein Treibstoffverbrauch von 520 Litern/Person. Ein Liter Kerosin verursacht eine bodennahe Freisetzung von 3,1 kg CO₂. Da der Ausstoss des Kerosins nicht bodennah, sondern in 10 km Höhe erfolgt, sind die Belastungen für die Erdatmosphäre ca. drei Mal schädigender. Der CO₂-Ausstoss beläuft sich somit auf rund 4.800 kg pro Fluggast [Arbeitskreis Flugverkehr, 2003].

Fachbegriffe - Ausflug in die Bauphysik...

Für die energiesparende Bauweise gibt es eine Vielzahl an Begriffen, Definitionen und Zertifikaten. In Kapitel 5 werden die wichtigsten Baustandards erläutert. Im vorliegenden Bericht wird die Bezeichnung „energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise“ als Oberbegriff verwendet. Für das weitere Verständnis sind im Folgenden einige Fachbegriffe aus der Bauphysik erläutert.

2.4.1 Die Energiekennzahl (EKZ)

Ähnlich wie beim Autofahren der Benzinverbrauch pro gefahrene 100 km angegeben wird, kann der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes angegeben werden. Die aufgewendete Energie für Raumheizung wird in Kilowattstunden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) und Jahr angegeben ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) angegeben. Unter der Energiebezugsfläche versteht man dabei die Grundfläche aller beheizten Räume, wobei in Österreich und der Schweiz die umgebenden Wände mitgerechnet werden ("Bruttogeschossfläche") während die EBF in Deutschland der Wohnfläche ohne die umgebenden Wände entspricht ("Nettogeschossfläche"). Bei einem Vergleich von Energiekennzahlen zwischen Deutschland und der Schweiz ist daher bei den Schweizer Werten ein Aufschlag von ca. 15% vorzunehmen [Humm, 2000].

Beim Schweizer Baustandard MINERGIE wird unter der "Energiekennzahl Wärme" neben dem Energieverbrauch für die Raumheizung auch der Energieverbrauch für die Wassererwärmung und den elektrischen Antrieb der Lüftungsanlage zusammen gefasst. Ein direkter Vergleich der "Energiekennzahl Wärme" mit der EKZ ist daher nicht möglich.

Während die bestehenden Wohngebäude in Deutschland und Österreich eine Energiekennzahl von durchschnittlich $220 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ aufweisen, liegen energieeffiziente Häuser 80-90% darunter (Abbildung 6). Ein Plusenergiehaus hat zwar auch noch einen geringen Heizwärmebedarf, produziert aber wesentlich mehr Energie als von aussen zugeführt wird [Witzel und Seifried, 2004].

Ein Heizwärmebedarf von $220 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ entspricht einem Heizölbedarf von rund 22 l Heizöl pro m^2 und Jahr. Für ein 120 m^2 grosses Einfamilienhaus, das schlecht wärmedämmt ist und als „Altbau“ zu bezeichnen ist, benötigt der Hausbesitzer im Jahr daher über 2.600 l Heizöl. Ein Neubau, der im konventionellen Baustandard errichtet wird verbraucht immer noch 1.200 l Heizöl jährlich. Ein modernes Passivhaus in der gleichen Grösse verbraucht im Gegensatz dazu nur noch 180 l Heizöl jährlich, ein Direktgewinnhaus benötigt überhaupt kein Heizöl mehr (Tabelle 1).

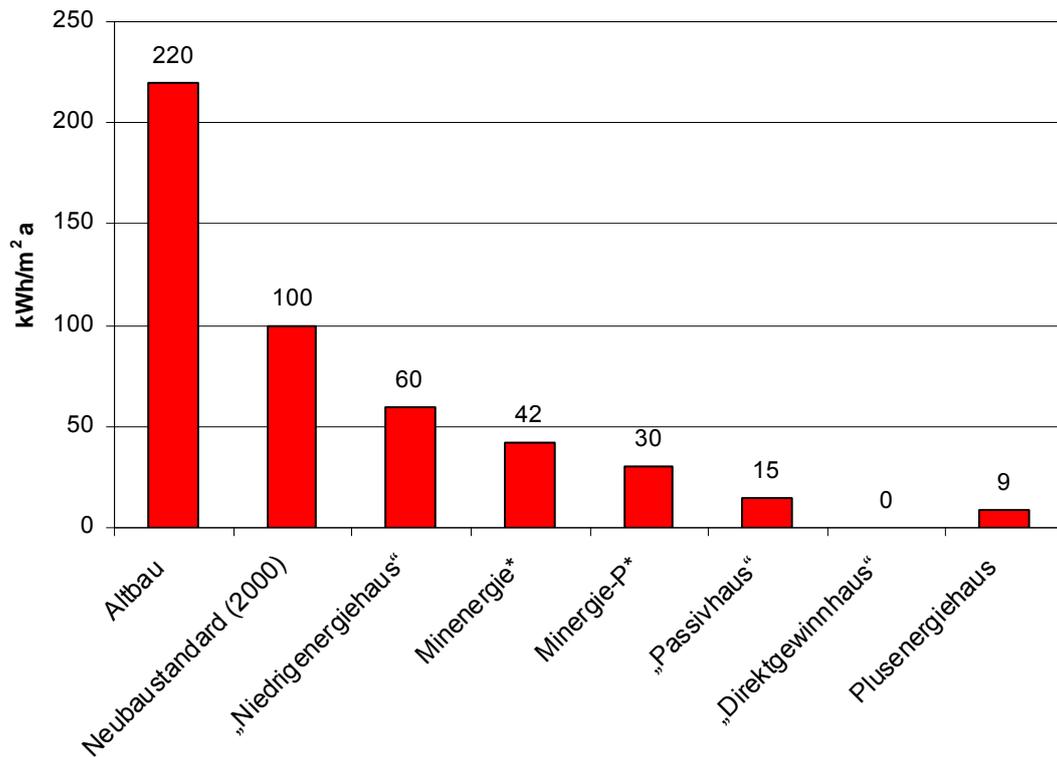
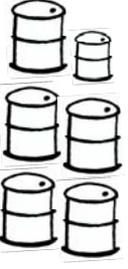
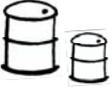
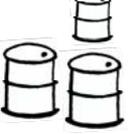


Abbildung 6: Heizenergiebedarf bzw. Energiekennzahl Wärme (*MINERGIE) von verschiedenen Baustandards im Vergleich. (Erläuterung zu den einzelnen Baustandard im Kapitel 5.1)

Tabelle 1: Jährlicher Heizölverbrauch und Heizkosten für ein 120 m² grosses Einfamilienhaus in unterschiedlicher Bauausführung

Baustandard	Altbau	Sanierter Altbau	Konventioneller Neubau	Passivhaus-Neubau	Direktgewinnhaus
EKZ [kWh/m ² a]	220	60	100	15	0
Heizölverbrauch					
Liter/Jahr	2.700	720	1.200	180	0
Heizkosten [€]	1.215,-	324,-	540,-	81,-	0,-

2.4.2 Die Heizlast

Die Heizlast beziffert die Wärmemenge, die erforderlich ist, um einen Raum am kältesten Tag ausreichend zu erwärmen. Die Angabe erfolgt in Watt pro Quadratmeter Wohnfläche (W/m^2). Mit Hilfe der Heizlast wird berechnet, welche Dimensionierung der Heizkessel haben muss, um das gesamte Gebäude beheizen zu können. Wird beispielsweise ein Einfamilienhaus mit 120 m^2 Wohnfläche gemäss Baustandard gebaut, bei dem die Heizlast bei $85 \text{ W}/\text{m}^2$ liegt (Tabelle 2), muss ein Kessel mit einer Heizleistung von rund $10,2 \text{ kW}$ angeschafft werden ($120 \text{ m}^2 \times 85 \text{ W}/\text{m}^2 = 10,2 \text{ kW}$). Würde das gleiche Haus als Niedrigenergiehaus gebaut werden, wäre nur noch ein Kessel mit einer Heizleistung von $4,2 \text{ kW}$ erforderlich ($120 \text{ m}^2 \times 35 \text{ W}/\text{m}^2 = 4,2 \text{ kW}$). Bei einer Bauausführung als Passivhaus liegt die Heizlast maximal bei $10 \text{ W}/\text{m}^2$, d.h. es ist nur noch ein Kessel mit $1,2 \text{ kW}$ Leistung erforderlich. Diese Heizlast ist so gering, dass die erforderliche Wärmezufuhr über eine kontrollierte Lüftungsanlage erfolgen kann. Ein separater Heizkessel ist nicht erforderlich.

Tabelle 2: Benötigte Kesselleistung bei verschiedenen Gebäudetypen

Gebäude(dämm)typ	Kesselleistung in W/m^2
Altbau	~150
Baustandard	~ 85
Niedrigenergiehaus	~ 35
Passivhaus	0

[Quelle: <http://www.energie-bildung.de/Informationen>]

2.4.3 Der U-Wert

Der U-Wert (früher k-Wert) ist die wichtigste bauphysikalische Grösse im Wärmeschutz. Er gibt an, welche Wärmemenge durch 1 m^2 Aussenfläche eines Bauteils in einer Stunde bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussenraum von 1°C oder Kelvin (K) strömt. Die Einheit ist Watt pro Quadratmeter und Kelvin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$). Je kleiner dieser Wert ist, umso besser ist die Wärmedämmung des Bauteils und umso weniger Wärme geht verloren.

Der U-Wert eines Bauteils hängt von der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Baumaterialien und deren Stärken ab. Die verschiedenen Baumaterialien Beton, Stahl, Ziegel, Holz, Dämmstoffe etc. weisen aufgrund ihrer Materialeigenschaften unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten auf. Die Wärmeleitfähigkeit λ (klein Lambda) von Baumaterialien wird in W/mK angegeben und bezeichnet die Wärmemenge, die durch 1 m^2 eines Materials mit einer Dicke von 1 m bei 1 K Temperaturunterschied in einer Stunde strömt. Stahlbeton hat beispielsweise eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 2,1 \text{ W}/\text{mK}$), Holz hingegen leitet die Wärme deutlich schlechter ($\lambda = 0,13 \text{ W}/\text{mK}$). Die Dämmeigenschaft von Holz ist daher wesentlich besser als von Stahlbeton.⁸ Bei Fenstern setzen sich die U-Werte (U_w) aus dem Wert für den Rahmen (U_r) und dem Wert für die Verglasung (U_g) zusammen.

Die Wärmedämmfähigkeit eines Bauteils steht im Zusammenhang mit dem Heizenergiebedarf. Ein U-Wert von $1,0 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ bedeutet für Mitteleuropa, dass pro Jahr ca. 10 l Heizöl pro m^2 Aussenwandfläche nötig sind, um eine Raumtemperatur von 20°C zu halten (vergleiche dazu Tabelle 3).

⁸ Berechnungen von U-Werten: <http://www.daut-fenster.de/info-u-wert-rechner.htm> (d)

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen U-Wert einer Aussenwand in unterschiedlicher Bauausführung und dem daraus resultierendem Heizölbedarf pro m² Aussenwandfläche]

Bauteil Aussenwand	U-Wert [W/m ² K]	Heizölbedarf pro m ² Aussenwandfläche aufgrund des Wärmeverlustes (Faustregel: U-Wert x 10 = Liter Heizöl)
Althaus	1,20	12 Liter Heizöl
Baustandard	0,50	5 Liter Heizöl
Niedrigenergiehaus	0,30	3 Liter Heizöl
Passivhaus	0,15	1,5 Liter Heizöl

[Quelle: Gemeinschaft Dämmstoff Industrie Österreich, www.gdi.at/html/waermed1_wasistdas.htm]

2.4.4 Der g-Wert

Der g-Wert bezeichnet die Gesamtenergiedurchlässigkeit bei Fenstern und gibt den prozentualen Anteil des Sonnenlichts an, der durch die Verglasung dringt. Je grösser der g-Wert, desto grösser ist der Strahlungs- bzw. Wärmegewinn. Bei einer modernen Dreifachverglasung liegt der Wert bei 0,8. Das bedeutet, dass 80 % der eingestrahlenen Sonnenenergie in den Raum dringen. Der Rest wird reflektiert oder von der Scheibe absorbiert. Je höher der g-Wert, desto grösser ist der Energiegewinn. Gleichzeitig müssen die Fenster aber auch gut wärmegeämmt sein, also einen tiefen U-Wert aufweisen, damit die gewonnene Wärme im Haus gehalten werden kann.

2.4.5 Die Wärmebrücke

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen, verglichen mit den umgebenden Bauteilen, ein besonders hoher Wärmeverlust auftritt. In der Regel handelt es sich dabei um einen Bauteilanschluss oder eine Ecksituation, an der die durchgehende Dämmhülle des Hauses unterbrochen bzw. geschwächt wird und dadurch der Wärmeverlust erhöht wird. Eine klassische Wärmebrücke ist die betonierte Balkonplatte oder der aus Stahlbeton gefertigte Fenstersturz. Die häufigsten Wärmebrücken sind in Abbildung 7 dargestellt.

Wärmebrücken können mit Hilfe einer Thermografiekamera identifiziert werden. Diese Spezialkamera erkennt die Oberflächentemperatur von Bauteilen. Gut gedämmte Bauteile sind im Winter innen warm und aussen kalt. Erkennt man auf der Thermografieaufnahme ein Bauteil mit einer erhöhten Oberflächentemperatur, ist dies ein Hinweis auf eine schlechte Dämmung (vergleiche dazu

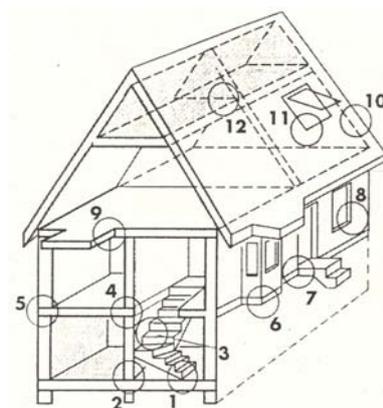


Abbildung 7: Die häufigsten Wärmebrücken an einem Gebäude [Graphik aus BINE, 2004]

Bauteil mit einer erhöhten Oberflächentemperatur, ist dies ein Hinweis auf eine schlechte Dämmung

Abbildung 8). Hebt sich eine Baukomponente besonders von den umliegenden Teilen ab, handelt es sich um eine Wärmebrücke. Je höher die Oberflächentemperatur, umso schlechter ist die Qualität der Wärmedämmung an dieser Stelle [BINE, 2004]. Ideale Bedingungen für Thermografieaufnahmen findet man nachts oder in den frühen Morgenstunden im Winter, wenn ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen Innen- und Aussentemperatur besteht.

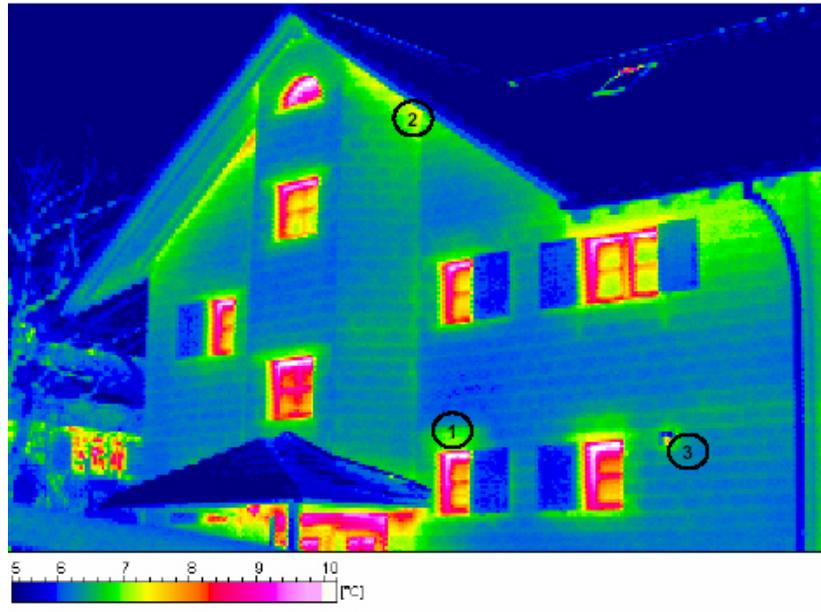


Abbildung 8: Mit Hilfe der Thermographie-Aufnahme werden Wärmebrücken am Gebäude sichtbar gemacht. Die höchsten Wärmeverluste werden durch rote Farbtöne angezeigt. [Bildquelle: Amt für Volkswirtschaft Liechtenstein, Energiefachstelle]

3 Energieverbrauch beim Bauen und Wohnen

3.1 Globale Klimaveränderung

„Die Klimaveränderung stellt eine grössere Gefahr dar als der internationale Terrorismus“, schrieb das Pentagon im Oktober 2003 [Schwarz and Randall, 2003]. Stürme, Überschwemmungen, Lawinen, Muren und abrupte Klimawechsel sind keine Phänomene mehr, die irgendwo auf der Welt stattfinden. Prominentestes Beispiel für die Auswirkungen der globalen Erderwärmung in den Alpen ist das rasante Abschmelzen der Gletscher in den letzten Jahren. Als eine Hauptursache für diese klimatischen Veränderungen gelten die stark angestiegenen CO₂-Konzentrationen im letzten Jahrhundert. Etwa 80% des CO₂-Anstiegs stammt aus der Verbrennung fossiler Energieträger. Dadurch werden jährlich ca. 7 Mrd. Tonnen CO₂ freigesetzt [proholz, 2003].



Abbildung 9: Morteratsch-Gletscher, Rückgang von 1900 bis 2000: 1.870 m

In Deutschland, Österreich und der Schweiz haben die privaten Haushalte einen Anteil von fast 30% am Endenergieverbrauch⁹ (Tabelle 4). Die Raumheizung nimmt dabei mit 70 bis 80% den grössten Anteil ein (Tabelle 5). Es macht also durchaus Sinn beim Heizen anzusetzen, um den CO₂-Ausstoss zu reduzieren. Ein Beitrag zur Verminderung des CO₂-Ausstosses kann hier vor allem von Massnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes, sowie von effizienten Heizsystemen erwartet werden. Moderne Passivhäuser benötigen 90% weniger Heizenergie als konventionelle Häuser. Dies zeigt, dass heute in diesem Bereich sehr viel Energie eingespart werden kann. Weitere CO₂-Minderungen sind durch den Übergang auf erneuerbare Energien und hier insbesondere auf Holz als Brennstoff zu erreichen.

Tabelle 4: Prozentuale Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Verbrauchssektor	Deutschland ¹ [%]	Österreich ² [%]	Schweiz ³ [%]
Private Haushalte	30,2	30,3	27
Verkehr	28,4	30,0	35
Industrie, Sachgüterproduktion	25,2	26,8	20
Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Landwirtschaft	16,2	12,9	16

¹ Stand 2001, Quelle: AD Energiebilanzen, VDEW-AA-Marketing, RWE Energie AG, IfE/TU München, <http://www.ffe.de/index2.htm>

² Stand 2002, Quelle: Statistik Austria, <http://www.statistik.gv.at/index.shtml>

³ Stand 2000, Quelle: Bundesamt für Statistik, <http://www.statistik.admin.ch> (Statistischer Fehler: 2%)

⁹ Beim Energiebedarf werden grundsätzlich drei Formen unterschieden: Als „Primärenergie“ wird die Energie in der Form, wie sie in der Natur vorkommt, z.B. Rohöl bezeichnet. Aus der Primärenergie wird durch Aufbereitung die so genannte „Endenergie“. So wird z.B. aus Rohöl in der Raffinerie Heizöl hergestellt, aus Sägespänen werden Holzpellets gepresst oder aus Wasserkraft Strom erzeugt. Die Umwandlung in Endenergie ist je nach Energieträger mit unterschiedlich hohen Verlusten verbunden. Beispielsweise gehen bei der Umwandlung von Primärenergie in Strom und dessen Verteilung ca. zwei Drittel des ursprünglichen Energiegehaltes verloren. Die Form der Energie, in der sie tatsächlich vom Konsumenten in Form von Wärme oder Licht verwendet wird, wird „Nutzenergie“ genannt. Sie wird vor Ort beim Konsument aus der Endenergie, also z.B. aus Heizöl gewonnen. Für die Heizung bedeutet dies die Umwandlung des Heizöls in Wärme mit Hilfe eines Heizkessels. Auch dabei geht ein Teil des Energiegehaltes als Abwärmeverluste ungenutzt verloren.

Tabelle 5: Verwendung der Endenergie in privaten Haushalten in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Energieverbrauchstyp	Deutschland¹ [%]	Österreich² [%]	Schweiz³ [%]
Raumheizwärme	77,9	75	72,9
Prozesswärme / Kochen und Warmwasser	14,2	14	16,5
Mechanische Energie	4,5	11	10,6
Information und Kommunikation	2,0		
Beleuchtung	1,4		

¹ Stand 2001, Quelle: AD Energiebilanzen, VDEW-AA-Marketing, RWE Energie AG, IfE/TU München,

² Stand 2002, Quelle: Statistik Austria

³ Stand 1990, Quelle: Bundesamt für Statistik

3.2 Der politische Rahmen

Kyoto-Protokoll

Zur Eindämmung der Klimaerwärmung wurde 1997 von der internationalen Staatengemeinschaft das so genannte Kyoto-Protokoll ausgehandelt. Danach sollen die Industriestaaten die Emissionen der sechs wichtigsten Treibhausgase (neben CO₂ sind Methan und FCKW die Hauptursachen für die Klimaveränderung) insgesamt um 5,2% im Zeitraum von 2008 und 2012 gegenüber dem Referenzjahr 1990 reduzieren. Die einzelnen Länder haben sich zu unterschiedlich hohen Reduktionen verpflichtet (Deutschland: -21%, Österreich: -13%, Schweiz, Liechtenstein, Monaco und Slowenien: -8%, Italien: -6,5%, Frankreich: 0%).

Alpenkonvention

Im Energieprotokoll der Alpenkonvention, das bisher (Stand: 15.12.2004) von Österreich, Deutschland, Liechtenstein und Slowenien ratifiziert wurde, verpflichten sich die Länder, konkrete Massnahmen zur Energieeinsparung zu ergreifen und Bestimmungen zu erlassen, die zu einer Verbesserung der Wärmedämmung bei Gebäuden führen. Neue Niedrigenergiebauten sollen ebenso gefördert werden wie der Einsatz von umweltverträglichen Heizungssystemen.

EU-Richtlinie

Anfang 2003 wurde die EU-Richtlinie zur Energieeffizienz von Gebäuden (2002/91/EG) verabschiedet, die bis zum Jahr 2006 in den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden muss. Gemäss der Richtlinie müssen in jedem Mitgliedstaat Mindestanforderungen für die Gesamteffizienz von Neu- und Altbauten festgelegt werden, die alle fünf Jahre dem Stand der Technik angepasst werden sollen. Bei Neubauten ab einer Grösse von 1.000 m² ist vorab zu prüfen, ob alternative Energieversorgungssysteme eingesetzt werden können. Für jedes Haus muss ein Energieausweis ausgestellt werden, der beim Verkauf oder bei der Vermietung des Gebäudes vorgezeigt werden muss und nicht älter als 10 Jahre sein darf. Die Erstellung von Energieausweisen soll auch für Altbauten obligatorisch werden.

3.3 Graue Energie - die Graue Eminenz beim Bauen

Ein grosser Teil der Stoffflüsse, des Energiekonsums und des damit verbundenen CO₂-Ausstosses entsteht bereits während der Herstellung eines Baustoffes, also bevor überhaupt gebaut wird. Rohstoffe und Energie sind auch für den Abbau, die Produktion, den Transport, die Herstellungsprozesse und die Verarbeitung von Baustoffen nötig. Summiert man den Energiebedarf, der von nicht-erneuerbaren Primärenergieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle, Natururan) stammt, über alle Herstellungs-, Transport- und Verarbeitungsprozesse vom Rohstoffabbau bis zum fertigen Produkt, erhält man die so genannte „Graue Energie“. In der Grauen Energie nicht enthalten sind die erneuerbaren Rohstoffe und Recyclate, wie z.B. Holz und andere pflanzliche Rohstoffe, soweit sie aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammen, Sonnenenergie, Windenergie und Abfälle, die energetisch wiederverwertet werden [econum, 1998]. Die Bewertungskriterien umfassen also Erneuerbarkeit, Verfügbarkeit und die direkten Umweltauswirkungen beim Abbau, bei der Umwandlung und Nutzung.

3.3.1 Baustoffe und ihr Gehalt an Grauer Energie

Das Büro für Umweltchemie hat in Zusammenarbeit mit der econum GmbH einen Katalog herausgegeben, der die Graue Energie von Baustoffen bilanziert. Aus diesem Katalog [econum, 1998] werden im Folgenden die Gehalte an Grauer Energie von einigen ausgewählten Baustoffen vorgestellt.

Fenster

Fenster haben in der Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes eine Schlüsselstellung, wie sie keinem anderen Bauteil zukommt. Grösse, Orientierung, Wärmedurchgangszahl (U-Wert) haben einen grossen Einfluss auf die Betriebsenergie. Aber auch die Herstellungsenergie von Rahmen und Glas kann je nach Material sehr hoch sein. Bei Fenstern wird die Graue Energie auf das Konstruktionslichtmass (KLM) bezogen. Darunter versteht man die freie Innenfläche eines Fensterrahmes. Bei der Herstellung eines Fensterrahmens aus Aluminium wird beispielsweise siebenmal mehr Energie verbraucht als bei einem Fensterrahmen aus Holz.

Im Vergleich zu den Rahmen ist die Graue Energie der Verglasung niedrig. Der Mehraufwand an Herstellungsenergie für die Beschichtung und die Argonfüllung¹⁰ bei Wärmeschutzgläsern ist vergleichsweise gering und wird durch die Einsparungen bei der Betriebsenergie innerhalb kürzester Zeit kompensiert.

¹⁰ Wärmeschutzgläser haben auf einer Scheibe eine nicht sichtbare Edelmetallschicht (meist Silber) zur Reflexion der Infrarotstrahlung und eine konvektionshemmende Füllung aus einem Edelgas (meist Argon). Durch die Füllung mit Argon anstelle von Luft im Scheibenzwischenraum werden Wärmeleitung und Konvektion verringert, wodurch sich der Dämmwert verbessert.

Tabelle 6: Energieverbrauch für die Herstellung von Fensterrahmen und Fenstergläsern bezogen auf das Konstruktionslichtmass (KLM)

Bauteil	Material	Graue Energie	
Fensterrahmen normal, ohne Flügel	Aluminium	2600	MJ/m ² KLM
	PVC	900	MJ/m ² KLM
	Aluminium/Holz	850	MJ/m ² KLM
	Holz	350	MJ/m ² KLM
Fensterglas normal, ohne Flügel	Wärmeschutzglas mit Beschichtung und Argonfüllung	640	MJ/m ² KLM
	Doppelverglasung, leinölverkittet	380	MJ/m ² KLM
	Einfachverglasung, leinölverkittet	190	MJ/m ² KLM

Dämmstoffe

Den höchsten Energieverbrauch bedingt die Herstellung von Styropor® (Polystyrol expandiert EPS), da bereits die Ausgangsmaterialien (Kunststoffe) einen hohen Graue Energiegehalt aufweisen. Deutlich niedriger als die Graue Energie der Kunststoffschäume auf Erdölbasis liegen die Werte für Dämmmaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe oder aus Recyclingmaterial. Voraussetzung dafür ist aber auch, dass sie nicht über weite Entfernungen transportiert werden.

Tabelle 7: Energieverbrauch für die Herstellung von Dämmstoffen

Bauteil	Material	Graue Energie	
Dämmstoffe	Polystyrol expandiert (EPS)	105	MJ/kg
	Schaumglas	59	MJ/kg
	Glaswolle	41	MJ/kg
	Steinwolle	15.7	MJ/kg
	Holzfasern	20	MJ/kg
	Schafschurwolle	16.5	MJ/kg
	Korkplatten	12.7	MJ/kg
	Zellulosefasern	3.6	MJ/kg

Beton

Bei Leichtbeton macht die energieintensive Herstellung von Styropor® (EPS) einen Grossteil der Grauen Energie aus¹¹. Beim Stahlbeton und bei Betonfertigteilen hat der Armierungsgrad einen grossen Einfluss auf die Herstellungsenergie. Die Graue Energie von Recyclingbeton unterscheidet sich kaum vom normalen Beton. Die Aufbereitung von Betongranulat, Mischabbruchgranulat und Recyclingkiessand erfordert einen vergleichbaren Energieaufwand wie die Gewinnung und Aufbereitung von Primärzuschlag (Sand, Kies, Zement). Der Vorteil von Recyclingbeton besteht vor allem in der Schonung der begrenzten Kiesressourcen.

¹¹ Durch die Zugabe des zerkleinerten EPS als Porenbildner wird die Dichte und das Gewicht der Beton-Bauteile verringert und die Wärmedämmfähigkeit verbessert.

Tabelle 8: Energieverbrauch für die Herstellung von Beton und Betonfertigteilen

Bauteil	Material	Graue Energie	
Beton	Leichtbeton mit EPS	3.74	MJ/kg
	Betonfertigteile (2 Vol.-% Stahl)	1.85	MJ/kg
	Stahlbeton (2 Vol.-% Stahl)	1.55	MJ/kg
	Normalbeton / Recyclingbeton	0.85	MJ/kg

Mauersteine

Die Graue Energiewerte für Porenbetonsteine werden durch die hohen Bindemittelgehalte und die Hilfsstoffe verursacht. Bei den Backsteinen (hierunter werden alle gebrannten Steine aus Ton und Lehm zusammen gefasst) hat die Brenntemperatur einen massgeblichen Einfluss auf die Graue Energie. Während frostbeständige Mauer- und Vormauersteine (Klinkersteine) oberhalb von 1.100°C gebrannt werden, erfolgt bei den übrigen Steintypen das Brennen im Temperaturbereich von 800 bis 1.100 °C. Kalksandsteine hingegen werden nur bei 200°C gebrannt. Bei Lehmsteinen resultiert der grösste Teil der Grauen Energie aus dem Trocknungsprozess. Produkte aus industrieller Produktion sind in der Regel technisch getrocknet und verbrauchen daher mehr Energie als natürlich getrocknete Steine.

Tabelle 9: Energieverbrauch für die Herstellung von Mauersteinen

Bauteil	Material	Graue Energie	
Mauersteine	Porenbetonstein	4.72	MJ/kg
	Backsteine	2.39 - 3.08	MJ/kg
	Kalksandstein	0.96	
	Ungebrannte Lehmsteine (natürlich getrocknet)	0.14 - 0.26	MJ/kg

Holzwerkstoffe

Bei Schnittholz (Kant-, Brettschnittholz) wird zwischen natürlich und technisch getrocknetem Holz unterschieden. Mit der Holz Trocknung wird die Holzfeuchtigkeit von ca. 30–80 % im sägefrischen Zustand auf 15–20 % (natürliche Holz Trocknung) bis 12 % (technische Holz Trocknung) gesenkt. Der grösste Teil der Trocknungswärme wird jedoch durch das Verbrennen von Produktionsabfällen gewonnen und ist daher in der Grauen Energie nicht enthalten. 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. Alle Graue Energiewerte in Tabelle 10 beziehen sich auf einheimische Hölzer mit entsprechend geringen Transportdistanzen. Werden ausländische Materialien verwendet (z.B. Okume aus Gabun, Ahorn aus Kanada, Fichte aus Finnland) erhöht sich die Graue Energie um bis zu 5 MJ/kg.

Tabelle 10: Energieverbrauch für die Herstellung von Holzwerkstoffen

Bauteil	Material	Graue Energie	
Holzwerkstoffe	Dreischichtplatten	7.5	MJ/kg
	Spanplatten	5.3 - 9.3	MJ/kg
	Schnittholz, technisch getrocknet	2.2 - 3.2	MJ/kg
	Schnittholz, natürlich getrocknet	1.7	MJ/kg

3.3.2 Konstruktionsweisen und ihr Gehalt an Grauer Energie

Der Bürgerinformationsdienst für Erneuerbare Energien (BINE) in Deutschland hat die Herstellungsenergie von verschiedenen Wand- und Dachaufbauten den Anschaffungskosten gegenüber gestellt. Beim Wandaufbau weist eine Holzständerwand den geringsten Gehalt an Grauer Energie auf (nur 36% des Energieaufwands im Vergleich zum Massivbau mit Ziegeln), allerdings sind damit rund 30% höhere Investitionskosten verbunden. Bei der Bodenplatte verhält es sich ebenso: die Holzkonstruktion hat wesentlich geringere Energieressourcen verbraucht als die Massivbauweise mit Dämmung oberhalb einer Stahlbeton-Bodenplatte [BINE, 2003].

3.4 Gesamtenergiebilanzen von Gebäuden

Um ein Gebäude als Ganzes ökologisch zu bewerten, müssen alle Energieaufwendungen für die Herstellung, die Betriebszeit und die Entsorgung betrachtet werden. Untersuchungen in Österreich und der Schweiz zeigen beispielsweise, dass die zur Herstellung aller Baustoffe und der Inneneinrichtung notwendige Graue Energie etwa gleich gross ist wie die Energie, die zur Beheizung eines gut wärmegeprägten Gebäudes während 40 Jahren notwendig ist [Oberösterreichischer Energieeinsparverband]. Man spricht auch von energetischer Rückzahldauer: Wie lange dauert es, bis die eingesparte Betriebsenergie die zusätzliche Graue Energie des verbesserten Gebäudes ausgleicht? Manchmal kann es für die Umwelt besser sein, das Haus weniger „perfekt“ auszuführen und den Verlust von Wärmeenergie zu akzeptieren als mit hohem Aufwand und viel Grauer Energie ein energetisch nahezu perfektes Gebäude zu errichten.

Für das Direktgewinnhaus in Trin/CH (Abbildung 1) wurde eine Energiebilanz erstellt und mit der Energiebilanz eines konventionellen Wohngebäudes und eines Niedrigenergiegebäudes verglichen. Es zeigte sich, dass die mineralischen Baustoffe wie Kalksandsteine, Mauerwerk und Beton (kalkulierte Lebensdauer: 50 Jahre) wegen ihres hohen prozentualen Anteils an der Gesamtbaumasse die Herstellungsenergie am stärksten beeinflussen. Türen, Fenster und Anstriche fallen wegen ihrer verhältnismässig kurzen Lebensdauer ebenfalls relativ stark ins Gewicht. Die verstärkte Verwendung von Wärmedämmstoffen, wie bei energieeffizienten Gebäuden erforderlich, beeinflussen hingegen den Gehalt an Grauer Energie bei der Gesamtbetrachtung nur geringfügig [DIANE Öko-Bau, 1995]. Dies wird auch durch andere Forschungsarbeiten bestätigt, wonach Dämmstoffe bei energieeffizienten Gebäuden einen Anteil am gesamten Energieaufwand von 3-7% haben [Lalivie d'Épinay et al., 2004]. Während die Herstellungsenergien der drei betrachteten Objekte nahezu identisch waren, wiesen die Heizenergieleistungen starke Unterschiede auf: 83 kWh/m²a bei der konventionellen Wohnbebauung, 22 kWh/m²a bei der Niedrigenergiebauweise und 0 kWh/m²a beim Direktgewinnhaus. Eine verstärkte Wärmedämmung verursacht also nur einen unwesentlichen Mehraufwand an Herstellungsenergie, reduziert den Heizenergiebedarf jedoch beträchtlich. Eine einfache Bauweise in Holzkonstruktion, mit wenig oder ohne Anstrichstoffen und ohne stark veredelte Materialien wie beispielsweise Kunststofffolien, wirkt sich zusätzlich positiv auf die Gesamtenergiebilanz aus [DIANE Öko-Bau, 1995].

3.4.1 Gute Planung hilft weiter

Über den Gehalt an Grauer Energie eines Gebäudes wird während der Planung und dem Bau definitiv entschieden, diese Energie kann später nicht mehr eingespart werden. Ebenso verhält es sich mit den späteren Aufwendungen für die „Entsorgung“ des Gebäudes. Durch sinnvolle Konstruktionen werden die Weichen für eine spätere umweltgerechte Entsorgung gestellt: natürliche und sortenrein trennbare Materialien sind die Voraussetzung für eine rationelle, qualitative Trennung beim Abbruch eines Gebäudes. Die Betriebsenergie eines Gebäudes hingegen kann durch die Nutzung oder durch spätere Sanierungen noch beeinflusst werden.

3.4.2 Auf dem Holzweg?

Der Oberösterreichische Energiesparverband in Linz/A hat ein Einfamilienhaus (EFH) in Ziegelbauweise mit einem EFH in Holzbauweise verglichen. Dabei zeigte sich, dass der Energieeinsatz bei der Ziegelbauweise um ca. 30% höher ist als bei einer Holzbauweise (gerechnet ohne Keller). Rund 60% des Energieeinsatzes bei der Gebäudeherstellung entfallen auf den Keller, der auch bei der Holzbauweise aus Beton oder Mauerwerk erstellt werden muss.

Tabelle 11: Vergleich der aufgewendeten Energie für die Erstellung eines Einfamilienhauses in Holz- bzw. Ziegelbauweise [Quelle: Oberösterreichischer Energiesparverband]

	Holzbauweise	Ziegelbauweise
	Graue Energie [kWh]	Graue Energie [kWh]
Keller*	308.300	317.200
Aufbau**	177.400	231.700
Gesamtes Objekt	485.700	548.900

* 110 m² Kellernutzfläche (Holz) bzw. 115 m² (Ziegel) bedingt durch den unterschiedlichen Wandaufbau bei der Holz- bzw. Ziegelbauweise

**207 m² Wohnnutzfläche, energiesparende Bauweise

In einer Studie im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie vom Juni 2004 wurden die Ökobilanzen von verschiedenen Baukonstruktionen miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass eine Leichtbauweise aus einheimischem Holz deutliche ökologische Vorteile gegenüber der Backstein- oder Kalksandstein-Konstruktion aufweist, da die verwendeten Materialien CO₂-neutral sind und einen geringeren Primärenergiebedarf bedingen [Lalive d' Epinay et al., 2004].

Im Rahmen des Untersuchungsprojektes „Nachhaltige Solar-Wohnbauten“ der Internationalen Energieagentur (IAE) wurden u.a. in einer Siedlung in Gelsenkirchen/D mit 71 Solar-Reihenhäusern sechs verschiedene Haustypen untersucht. Ein Vergleich des kumulierten Energieaufwandes über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren (ohne Betriebsenergie) ergab, dass die Massivbauten einen 22% höheren Energieaufwand aufweisen als der Holzbau. Die durch die Holzhäuser verursachten CO₂-Emissionen waren in dieser Untersuchung wesentlich geringer als die der Massivbauten. Der Vergleich der unterkellerten und der nicht unterkellerten Holzbauten zeigte, dass der Bau eines Kellers eine Erhöhung der CO₂-Emissionen um 40% nach sich zieht [Hastings und Enz, 2003].

4 Holz - ein nachwachsender Rohstoff

Die Waldfläche der Alpen wird gemäss der nationalen Waldinventuren auf rund 7,5 Millionen Hektar (75.000 km²) geschätzt [CIPRA, 2001]. Somit sind rund 43% des Alpenraums bewaldet. Wenn man die Fläche oberhalb der Waldgrenze abzieht, sind die Alpen eines der waldreichsten Gebiete Europas. Die grundsätzlich nutzbare Waldfläche wird auf rund 80 - 90% der Gesamtfläche geschätzt, wobei ein so hoher Nutzungsgrad weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll ist. In den Wäldern steht ein Holzvorrat von rund 1,5 Milliarden m³. Pro Hektar schwanken die Vorräte zwischen 160 m³/ha in den eher trockenen französischen Südalpen und 360 m³/ha in den Schweizer Alpen. Der jährliche Holzzuwachs beläuft sich im Mittel auf 5 m³/ha, was rund 37 Mio. m³ auf der gesamten Fläche entspricht. In einer Sekunde wächst im Alpenraum also etwas mehr als ein Kubikmeter Holz nach. Es gibt in den Alpen etwa viermal soviel Nadelholz wie Laubholz, wobei die Fichte die wichtigste Baumart ist (mehr als die Hälfte des Vorrates und der Stammzahlen). Insgesamt stehen alpenweit ca. 3 Milliarden Bäume, womit bei 13 Mio. Einwohnern ca. 230 Bäume auf einen Einwohner kommen [CIPRA, 2001].

4.1 Die Leistungen des Waldes

Der Wald erfüllt die unterschiedlichsten Funktionen. Man unterscheidet Wohlfahrts-, Schutz- und Nutzleistungen. Einige Leistungen gewinnen im Zuge der Klimaveränderung immer grössere Bedeutung. So speichert beispielsweise der österreichische Wald mit einer Fläche von rund 3,9 Millionen Hektar fast 800 Millionen Tonnen Kohlenstoff. Dies entspricht der 40-fachen Menge der jährlichen Treibhausgasemissionen Österreichs [proholz, 2003]. Eine Hochrechnung dieser Zahlen auf den gesamten Alpenraum mit rund 7,5 Millionen Hektar Wald zeigt, dass hier rund 1,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gespeichert sind.

Die Schutzleistungen des Bergwaldes monetär zu bewerten ist ein schwieriges Unterfangen. Eine Schätzung in der Schweiz zeigt, dass die Dienstleistungen, welche der Wald in Berggebieten erbringt, jährlich 2,6 Milliarden Euro wert sind. Das ist ungefähr dreimal so viel, wie seit 1951 für technische Schutzmassnahmen gegen Lawinen aufgewendet wurde [CIPRA, 2001].

Nutzleistungen [nach BUWAL, 2003]

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Holz• Beschäftigung• CO₂-Reduktion | <p>Holz ist einer der wenigen Rohstoffe und Energieträger der Alpen. Es ist regenerierbar und kann als Bau- und Brennstoff nicht erneuerbare Rohstoffe ersetzen (Kies, Sand, Kalk, Kunststoff, Erdöl, Kohle, Gas usw.).</p> <p>Die Holznutzung und -verarbeitung beschäftigt viele Arbeitskräfte, insbesondere in wirtschaftlichen Randregionen.</p> <p>Jeder Kubikmeter Holz, der anstelle von Beton, Backstein oder Stahl verbaut wird oder der fossile Energieträger ersetzt, erspart der Umwelt die Emission von erheblichen Mengen an Kohlendioxid (CO₂).</p> |
|---|---|

Wohlfahrtsleistungen [nach BUWAL, 2003]

- **Lebensraum** Rund 20.000 Pflanzen- und Tierarten, darunter auch viele vom Aussterben bedrohte Arten, sind auf den Wald als Lebensraum angewiesen. Der Wald stellt aufgrund seiner hohen Biodiversität eine „biologische Schatztruhe“ dar.
- **Produktion von Sauerstoff** Die Bäume nehmen mit ihren Blättern oder Nadeln grosse Mengen an Kohlendioxid (CO₂) auf und geben den lebenswichtigen Sauerstoff an die Atmosphäre ab.
- **Klimaregulator, Luftfilter und Lärmschutz** Der Wald gibt neben Sauerstoff auch Wasserdampf an die Umgebung ab und kann so lokal höhere Niederschläge verursachen. Im Sommer ist es tagsüber im Wald rund 10°C kühler als ausserhalb. Gerade im Bereich von Städten wirkt sich dies positiv auf den Luftaustausch aus. Die Bäume filtern Schadstoffe aus der Luft und lagern sie in den Blättern und Nadeln ein. Zudem dämpft Wald Geräusche (beispielsweise Verkehrslärm) und trägt somit zusätzlich zu Wohn- und Lebensqualität bei.
- **Freizeit- und Erlebnisraum** Im Wald kann sich der Mensch aufgrund der sauerstoffreichen Luft und der angenehmen, ausgeglichenen Temperatur entspannen, Sport treiben und die Beziehung zur Natur pflegen.
- **CO₂-Senke** Die Bäume nehmen Kohlendioxid auf und lagern den Kohlenstoff im Holz ein; sie reduzieren damit den CO₂-Gehalt der Atmosphäre und wirken dem Treibhauseffekt entgegen.
- **Wasserfilter und -speicher** Das grosse Porenvolumen der Humusschicht, die tiefgehenden Wurzeln der Bäume und die Tätigkeit der Bodentiere schaffen ein weit verzweigtes Hohlraumssystem im Waldboden, das grosse Wassermassen aufnehmen und speichern kann. Bei der Bodenpassage wird das Niederschlagswasser gefiltert und so gereinigt dem Grundwasser zugeführt.
- **Gliederung der Landschaft** Die mosaikartige Verteilung des Waldes prägt die alpine Kulturlandschaft und schafft reich strukturierte Lebensräume.

Schutzleistungen [nach BUWAL, 2003]

- **Lawinen** Der Schnee wird durch Baumkronen aufgefangen, von wo er zurück in die Atmosphäre oder langsam auf den Boden gelangt. Dadurch werden instabile Schneeschichten verhindert. Zudem wirkt die Stützung durch stehende und liegende Stämme sowie das gemässigte Waldklima einer Lawinenauslösung entgegen.
- **Hochwasser** Dank seines weit verzweigten Hohlraumvolumens kann der Waldboden auch starke Gewitterregen oder plötzlich eintretende Schneeschmelzen gut auffangen und so Hochwassergefahren und –spitzen abdämpfen. Der Waldboden und die Vegetation wirken dabei wie ein Schwamm.
- **Steinschlag** Die Wurzeln der Bäume festigen und stabilisieren den Boden. Stabile, gesunde Bäume können Steine direkt abfangen.
- **Bodenerosion** Der Wald verhindert mit seinem dichten Wurzelwerk, dass der Boden durch Wind oder Regen abgetragen werden kann.

4.2 Regionale Holzwertschöpfung

Die Wald- und Holzwirtschaft ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für die alpinen Regionen. Viele der Arbeitsplätze sind naturgemäss in ländlichen Gegenden angesiedelt, wodurch die Möglichkeiten der regionalen Wertschöpfung bei Holz sehr günstig sind. Durch die konsequente Verarbeitung und den Einsatz des Rohstoffs in der Region verbleibt der Grossteil der Geldmittel vor Ort. So werden Arbeitsplätze erhalten und neu geschaffen, unnötige Transporte vermieden und die Schutzfunktion der Gebirgswälder nachhaltig gesichert.

In Österreich sind beispielsweise rund 105.000 Personen in der Forst- und Waldwirtschaft tätig. Österreichweit werden jährlich rund 19 Mio. m³ Holz geerntet, wovon über 70% von der Sägeindustrie weiterverarbeitet werden. Direkt in den Export gehen vom Rohholz nur ca. 5%, d.h. das geerntete Holz wird fast vollständig der einheimischen Holzindustrie weiterverarbeitet. Von den verarbeiteten Holzprodukten gehen hingegen 60% ins Ausland. Mit 2,5 Milliarden Euro Überschuss im Export liegt Holz daher in der Leistungsbilanz mit dem Tourismus in Österreich an erster Stelle [proholz, 2003].

Ein völlig anderes Bild bietet sich in der Schweiz: Im Schweizer Kanton Graubünden beispielsweise wachsen jedes Jahr rund 350.000 m³ Holz, wovon rund 250.000 m³ sägefähiges Rundholz sind. Davon werden jedoch nur 16% in Bündner Sägereien eingeschnitten. Die übrigen 84% gehen unverarbeitet in den Export. Dadurch entgeht der Bündner Volkswirtschaft ein Wertschöpfungsvolumen von jährlich 400 Mio. CHF [BUWAL (4), 2004]. Insgesamt wurden in der Schweiz im Jahr 2002 rund 5 Mio. m³ Holz geerntet, wovon der weitaus grösste Teil als unverarbeitetes Rundholz exportiert wurde [BUWAL 2003]. Die Wertschöpfungskette ist hier also ausgesprochen kurz, es wird eine reine „Urproduktion“ betrieben [Bieger et al., 2003]. Im Jahr 2000 waren in der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft 87.000 Personen (inkl. Holzhandel und -transport) beschäftigt, d.h. 2,6% aller Beschäftigten sind innerhalb der Holzkette tätig. Der Anteil am Bruttosozialprodukt beträgt schätzungsweise 2% und ist damit mit der Textil- und Bekleidungsbranche vergleichbar [BUWAL 2003].

4.2.1 Eine Kette mit vielen Gliedern

Die Wertschöpfungskette Holz reicht von Waldeigentümern, Forstdiensten, Sägereien, Schreinereien, Zimmereien, Transporteuren über Planer, Gemeinden, Bauherren zu Herstellern von Heizungsanlagen und Baustoffhändlern bis hin zur Papierherstellung. Da es eine Vielzahl an möglichen Varianten gibt, das Holz zu verarbeiten, handelt es sich dabei jedoch nicht um eine lineare Kette. Ausgehend vom einzelnen Baum schliessen sich verschiedene Wertschöpfungsketten an. In Abbildung 10 sind einige mögliche Wertschöpfungsketten dargestellt. Die Wertschöpfungskette Holz kann grundsätzlich in drei Nutzungszweige untergliedert werden, je nachdem ob das geerntete Holz als Brenn-, Stamm- oder Industrieholz Verwendung finden soll. Oftmals sind einzelne Glieder der Wertschöpfungskette in einem Betrieb zusammengefasst (horizontale Integration). Grosse Sägereien verfügen teilweise über eigene Hobel- und Imprägnierwerke und verleimen das Holz auch gleich zu Fertigelementen. Fenster, Türen, Parkett etc. werden sowohl in spezialisierten Betrieben wie auch in Schreinereien produziert. Totalunternehmer planen und bauen ganze Häuser innerhalb einer Firma. Genau genommen ist die Wertschöpfungskette erst dann zu Ende, wenn das Produkt nach der Vermarktung, dem Verkauf und der Nutzung wieder entsorgt wurde.

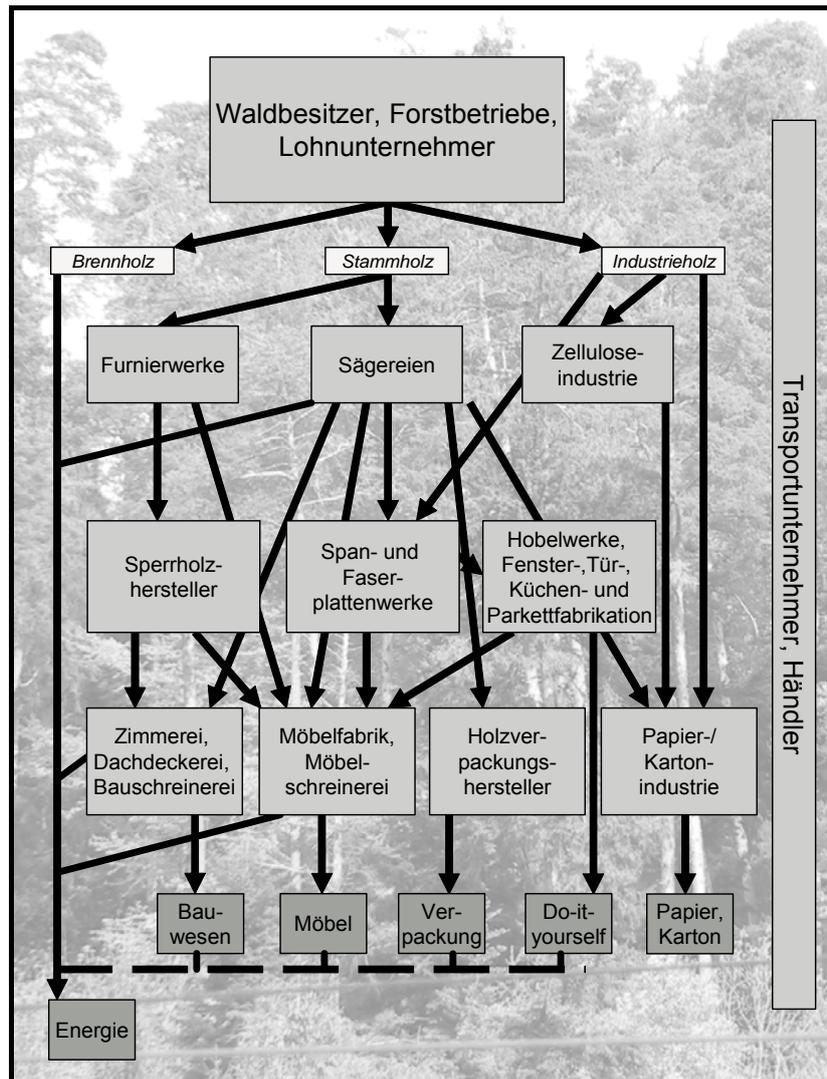


Abbildung 10: Mögliche Verarbeitungswege des Holzes (Quelle: Bundesamt für Statistik Schweiz, geändert und ergänzt).

Kettenglied „Wald- und Forstwirtschaft“

Das erste Glied in der Wertschöpfungskette Holz ist naturgemäss die Waldwirtschaft. Es sind die Waldbesitzer und die Forstbetriebe, welche den Wald pflegen (Jungwuchspflege, Durchforstung etc.) und teilweise auch die Holzernte durchführen. Für Holzernte in einem grösseren Umfang werden oft Lohnunternehmer hinzugezogen, welche dann die Fäll- und Rückarbeiten übernehmen. Lohnunternehmer verfügen über einen Maschinenpark, welcher es ihnen ermöglicht, diese Arbeiten rationell auszuführen.

Kettenglied „Transport und Handel“

Wenn es darum geht, das im Wald geschlagene Holz von den Lagerplätzen zu den weiterverarbeitenden Betrieben bzw. direkt zu den Endabnehmern zu liefern, kommen Transporteure ins Spiel. In den Alpen wird Holz normalerweise per Lastwagen oder per Bahn transportiert.¹² Transporte spielen selbstverständlich auch im weiteren Wertschöpfungsprozess immer wieder eine Rolle. Ebenfalls meist mehrfach in die Wertschöpfungskette Holz integriert ist der Holzhandel. Hierzu werden auch Holzimporteure und –exporteure gerechnet.

¹² Die Transportkosten fallen heute bei der Preisbildung nur wenig ins Gewicht. Die Kostenwahrheit im Verkehr würde die Konkurrenzfähigkeit von einheimischem Holz massiv erhöhen.

Kettenglied „Sägerei“

Sägereien trocknen das Holz und verarbeiten es zu Schnittholz. Gut die Hälfte des Rohholzes fällt dabei als Nebenprodukte wie Hobelspäne, Hackschnitzel, Schwarten und Reststücke an. Diese sind wiederum Rohstoffe für die Holzwerkstoff-¹³, Papier- und Zellstoffindustrie sowie für die Holzverpackungshersteller oder dienen der Energieerzeugung (z.B. als Pellets). Hauptabnehmerin des Schnittholzes ist die Bauwirtschaft.

Kettenglied „Furnierwerke“

Furnierwerke verarbeiten besonders hochwertige und dekorative Rundholzstämmen zu Furnieren, welche vor allem in der Innenausstattung und in Möbelschreinereien weiterverwendet werden. Die Produktion von Furnier ist die höchste Form der Wertschöpfung bei der Holzbearbeitung. Nur ein geringer Teil des Holzaufkommens eignet sich für die Furnierherstellung.

Kettenglied „Zelluloseindustrie“

Die Zelluloseindustrie ist eine Hauptabnehmerin von Industrieholz. Für Industrieholz wird minderwertiges Holz mechanisch zerkleinert oder chemisch in seine Bestandteile zerlegt. Die chemische Industrie stellt mit Hilfe von Holz Viskosefasern, Cellophan, Lacke, Industrialkohol oder Lebensmittelzusätze her.

Kettenglied „Hobel- und Imprägnierwerke“

Hobelwerke veredeln das Schnittholz aus der Sägerei weiter indem sie es zu Kanthölzern, Latten oder Täferholz weiterverarbeiten. Sie stellen teilweise auch direkt Parkett, Türen und Fenster her. Imprägnierwerke behandeln die Holzoberfläche mit Wachsen, Ölen, Beizmitteln oder wetterfesten Lacken.

Kettenglied „Holzwerkstoffindustrie“

Hierunter werden die Sperrholz-, Span- und Faserplattenhersteller zusammengefasst. Das mechanisch zerkleinerte Holzmaterial wird mit Hilfe von Klebstoffen zusammengefügt. Für die Herstellung von OSB-Platten werden beispielsweise fingerdicke Holzspäne mit Leim in mehreren Schichten kreuzweise zu Platten gepresst. Sie werden als Verkleidung oder konstruktiv zur Aussteifung im Baubereich eingesetzt. Aber auch Dämmplatten oder I-Träger sind Produkte der Holzwerkstoffindustrie.

Kettenglied „Zimmereien“

In der Zimmerei wird das von der Sägerei gelieferte Schnittholz zu Bau- und Konstruktionsholz weiterverarbeitet. Es werden auch ganze Fertigbauteile hergestellt. Zimmerleute erstellen auch den Rohbau auf der Baustelle.

Kettenglied „Möbelschreinereien“

Möbelfabriken und Möbelschreinereien sind oftmals das letzte Glied einer Wertschöpfungskette im Bereich der Verarbeitung. Hier finden Produkte der Holzwerkstoffindustrie ebenso Verwendung wie jene der Sägereien und der Hobelwerke.

¹³ Die Holzwerkstoffindustrie umfasst die Sperrholz-, Furnier-, Span- und Faserplattenhersteller.

Kettenglied „Papier- und Kartonindustrie“

Papier und Karton sind die wichtigsten und bekanntesten Produkte, die aus der Verarbeitung von Industrieholz hervorgehen. Zellulosefasern können sieben bis acht Mal wiederverwertet werden, bis sich ihre Eigenschaften durch Verkürzung der Faserlänge soweit verändert haben, dass sie ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Aus diesem Grund sind bei der Produktion von Papier und Karton immer auch frische Zellulosefasern erforderlich.

Nutzungszweig „Brennholz“

Bei der Holzernte fallen nur etwa 50% gut verkäufliches Stammholz an, der Rest ist „minderwertiges“ Material, das aber sehr gut für eine industrielle oder energetische Nutzung geeignet ist. Auch bei notwendigen Pflegemassnahmen in der nachhaltigen Waldbewirtschaftung fällt minderwertiges Holz an, das gut für die Energiegewinnung z.B. in Form von Hackschnitzel oder Stückholz genutzt werden kann.



Abbildung 11:
Holzpellets - Eine neue
Form der
Energiegewinnung

Beispielsweise ergibt sich ein grosses Wertschöpfungspotenzial, wenn aus den Sägerei-Abfällen so genannte Holzpellets hergestellt werden. Ausgangsmaterial dafür sind zerkleinerte Hobelspäne bzw. Sägemehl, das ohne Bindemittel zu kleinen Zylindern gepresst wird. Die Pellets werden entweder in Säcke abgefüllt oder können lose im LKW zum Konsumenten transportiert werden. Durch die Verwendung von Holzpellets wird ein völlig neuer Absatzmarkt für bisher ungenutztes Abfallholz geschaffen. Insbesondere im städtischen Wohngebiet, wo die Lagerung von Stückholz schwieriger ist, sind Holzpellets eine gute Alternative [Jonas und Haneder, 2001].

Beim Brennholz ist die Wertschöpfungskette sehr kurz. Dennoch wird das regionale Wertschöpfungspotenzial oft unterschätzt. Bei der Verwendung von Heizöl oder Erdgas fließen beispielsweise 60 - 75% der Gelder ins Ausland, in der Region selbst verbleiben nur rund 15%. Bei der Verwendung von Holz hingegen wird eine regionale Wertschöpfung von über 50% erzielt [BUWAL, 2003].

Tabelle 12: Vergleich von Geldflüssen verschiedener Energieträger [nach BUWAL, 2003]

	Holz (Schweiz)	Öl (Arabien)	Gas (Sibirien)
Region	CHF 52,--	CHF 16,--	CHF 14,--
Schweiz	CHF 48,--	CHF 25,--	CHF 12,--
Ausland	CHF -,--	CHF 59,--	CHF 74,--
Summe	CHF 100,--	CHF 100,--	CHF 100,--

Holzfeuerungen haben daher eine äusserst dynamische Wirkung auf die Regionalwirtschaft, denn sie benötigen weniger Güter und Dienstleistungen aus anderen Regionen oder aus dem Ausland als konventionelle Feuerungen. Durch die Nutzung von einheimischem Holz als Energieträger wird eine langfristige Nachfrage nach regionalen Gütern und Dienstleistungen geschaffen. Dadurch werden Arbeitsplätze in der Region gesichert und neu geschaffen. In der Schweiz waren beispielsweise 1998 in der Holzenergiebranche 5.000 Personen direkt (Bereitstellung und Handel mit Holzbrennstoffen bzw. Holzfeuerungen) und 20.000 - 30.000 Personen indirekt (Bau- und Installationsgewerbe, Kaminfeger etc.) beschäftigt [Kessler, 1999].

Nutzungszweig „Stammholz“

Durch die Veredlungsschritte beim Stammholz ist die Holzkette länger und das Wertschöpfungspotenzial dadurch grösser. Jeder Verarbeitungsschritt, der sich an die Holzernte anschliesst, erhöht den Wert des Holzproduktes und führt so zu einer Wertschöpfung. Ein wichtiges und sensibles Kettenglied ist dabei z.B. die Sägerei. Fehlt eine regionale Sägerei, muss das Rohholz exportiert werden. Das verursacht nicht nur eine verkehrsbedingte Umweltbelastung, sondern führt auch dazu, dass die weiteren Verarbeitungs- und Veredlungsstufen, die das höchste Wertschöpfungspotential haben, nach und nach wegbrechen.

Monetäre Bewertung der Holz-Wertschöpfung am Beispiel des neuen Bahnhofs in Landquart/CH

In der Verwendung von regionalem Holz als Baustoff liegt ein hohes Wertschöpfungspotential. Bisher finden sich in der Literatur nur wenige Analysen über die Auswirkungen auf die regionalen Wirtschaftskreisläufe. Ein aktuelles Beispiel ist der Neubau des Bahnhofs in Landquart/CH, Kanton Graubünden (2003). Hier wurden 900 m³ Holz aus dem Gemeindewald verbaut, das zu 100% in der Region verarbeitet wurde. Für diese Menge sägefähiges Rundholz wurden rund 350 Bäume gefällt. Die Fäll- und Rückearbeiten wurden durch einen regionalen Forstunternehmer ausgeführt. Die Sägerei und das Leimwerk stehen rund 8 km vom Bahnhof entfernt, der Abbund und die Montage wurden durch einen regionalen Holzbauunternehmer ausgeführt. Durch den Einsatz und die Verarbeitung des regionalen Holzes erhöhte sich die Wertschöpfung verglichen mit dem Rundhollexport von CHF 90.000.- auf CHF 800.000,-. Die Wertschöpfung für die Region ist dadurch neunmal höher als wenn das Holz unverarbeitet exportiert worden wäre.



Tabelle 13: Erhöhung der Wertschöpfung durch die regionale Verarbeitung [BUWAL (4), 2004]

Verarbeitungsschritt in der Region	Preis pro m ³ CHF (Stand 2003)	Regionale Wertschöpfung CHF
Rundholz unverarbeitet	100,-	90.000,-
Bretter gesägt	400,-	360.000,-
Brettschichtholz	800,-	720.000,-
Brettschichtholz abgebunden/montiert im Bahnhof	1.300,-	800.000,-

Nutzungszweig „Industrieholz“

Industrieholz wird mechanisch zerkleinert oder chemisch in seine Bestandteile zerlegt und anschliessend zu den verschiedensten Produkten und Werkstoffen verarbeitet. Papier und Karton sind die wichtigsten und bekanntesten Produkte. Auch bei der Produktion von Faser- und Spanplatten wird Industrieholz genutzt. Die Platten finden vor allem im Bauwesen und in der Möbelproduktion Verwendung. Darüber hinaus fertigt die chemische Industrie mit Hilfe von Holz Viskosefasern, Cellophan, Lacke, Industriealkohol oder Lebensmittelzusätze [BUWAL (2), 2004].

4.2.2 Aus der Region, für die Region

In Europa gibt es 20 – 30 Holzarten, die für die Verarbeitung in Industrie und Handwerk geeignet sind. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die wichtigsten einheimischen Holzarten und ihre Verwendungsmöglichkeiten. Im Alpenraum sind all diese Baumarten verbreitet. Natürlich gibt es standort- oder bewirtschaftungsbedingt regionale Unterschiede bei den Vorräten der verschiedenen Baumarten. Nach der Fichte als dominierende Baumart sind Buchen, Kiefern, Tannen und Lärchen die Baumarten mit den grössten Vorratszahlen. Aber auch die Laubbäume wie Esche und Ahorn finden sich im Alpenwald in ausreichender Menge. Warum also Fichtenholz aus Skandinavien oder Sibirien für den Hausbau verwenden, wenn es vor Ort in ausreichender Menge und Qualität¹⁴ aus nachhaltiger Waldwirtschaft zur Verfügung gestellt werden kann? Das umweltfreundlichste Holz ist immer noch das aus dem regionalem Wald, sofern dieser nachhaltig bewirtschaftet wird. Es muss nicht über weite Distanzen transportiert werden, erhöht die regionale Wertschöpfung und unterstützt die Waldbesitzer und Forstbetriebe, für die eine nachhaltige Waldbewirtschaftung wieder ökonomisch realisierbar ist. Waldpflege im Zusammenhang mit der Holznutzung kommt oft auch der Schutz-, Erholungs- und Wohlfahrtsfunktion eines Waldes zugute. So müssen beispielsweise in Wäldern mit Schutzfunktion häufig Eingriffe erfolgen, damit instabile Phasen vermieden werden können [Bachmann, 1998].

Tabelle 14: Die wichtigsten einheimischen Holzarten und ihre Verwendung [nach Stark, 2003]

Baum	Eigenschaften	Verwendungsmöglichkeiten
Fichte/Tanne	Weichhölzer, leicht zu verarbeiten, jedoch wenig widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse, Pilze und Insekten	Bauholz, Dachstühle, Verkleidungen, Fussböden, Brettschichtholz
Kiefer	Weichholz, etwas härter als Fichte und Tanne, dauerhaftes Holz, besonders der Kern, gut zu verarbeiten, sehr harzreich	Bauholz, Fussböden, Möbel, Vertäfelungen, Fenster, Innen- und Aussentüren
Lärche	Weichholz, härter als Kiefer, sehr harzreich, dauerhaftes Holz, schlechter als Kiefer zu verarbeiten, da es schwer zu hobeln ist und leicht splittert	Bauholz, Fussböden, Möbel, Fenster, Innen- und Aussentüren, Gartenmöbel
Ahorn	Sehr fest, relativ elastisch, leicht zu bearbeiten	Möbel, Küchenarbeitsplatten, Furniere, Fussböden, Treppen
Eiche	Schweres Hartholz, hohe Wetter-, Pilz- und Insektenbeständigkeit	Möbel, Furniere, Parkettböden, Konstruktionsholz, Türen, Fenster
Erle	Weich bis mittelfest, wenig elastisch, leicht zu bearbeiten, nicht witterungsfest	Möbel, Küchenarbeitsplatten
Esche	Hartholz, feuchtigkeitsbeständig, hohe Abriebfestigkeit, edelstes einheimisches Laubholz	Möbel, Treppen, Fussböden, Sportgeräte, Werkzeuge
Rotbuche	Hartholz, arbeitet stark, für den Aussenbereich wenig geeignet	Möbel, Parkett, Treppen

Die Verwendung von Tropenholz ist aufgrund der dramatischen Abholzung des Regenwaldes und der weiten Transportwege aus Übersee ökologisch sehr bedenklich. Darüber hinaus ist es auch gar nicht nötig, denn eine ausreichende Zahl heimischer Hölzer

¹⁴ Untersuchungen des Instituts für Holzforschung der Technischen Universität München (<http://www.holz.forst.uni-muenchen.de>) haben gezeigt, dass es kaum Qualitätsunterschiede zwischen deutschem und skandinavischem Holz gibt. Dabei wurden für heimisches Holz sogar höhere Rohdichtewerte ermittelt, was sich positiv auf die Festigkeitseigenschaften auswirkt. Ausserdem erfüllt heimisches Holz alle Qualitätsmerkmale, die für den Einsatz am Bau gefordert werden.

besitzt den Tropenhölzern vergleichbare Eigenschaften. So können die Akazie als Ersatz für das harte Bongossiholz, für den Fensterbau Fichte und Kiefer als Ersatz für Meranti gewählt werden. Für den Möbelbau bietet sich die Kirsche als gleichwertige Alternative zu Mahagoni. Wird für den Aussenbereich (z.B. für Gartenmöbel oder die Verkleidung) besonders wetterfestes Holz benötigt, bietet sich beständiges Lärchenholz an. Mit Hilfe des Thermo-Verfahrens kann aber auch die Dauerhaftigkeit von anderen einheimischen Holzarten erhöht werden. Über dieses Verfahren können Hölzer auch „eingefärbt“ werden: je nach Temperatur und Holzart können die dunklen Farbtöne von Tropenhölzern erreicht werden. Dabei werden keine chemischen Zusatzstoffe sondern nur Wasser und Hitze eingesetzt [ökoenergie, 2003].

Eine Hilfe bei der Auswahl des „richtigen“ Holzes bieten Zertifizierungs-Systeme. Es gibt eine ganze Reihe von Zertifikaten im Bereich der Holzproduktion, wobei im Alpenraum vor allem das FSC- und das PEFC-Label verbreitet sind. Das **Forest Stewardship Council FSC** ist eine unabhängige Organisation, die 1993 vom WWF in Zusammenarbeit mit engagierten Unternehmen der Forst- und Holzwirtschaft gegründet wurde. Das Ziel der Organisation ist es, durch Waldzertifizierung weltweit eine naturnahe, sozial verträgliche und rentable Waldbewirtschaftung zu gewährleisten. Die FSC-Prinzipien werden weltweit von unabhängigen, anerkannten Prüfstellen betriebsweise überprüft. Bei Einhaltung der Kriterien wird dem Unternehmen das FSC-Gütesiegel verliehen. Das FSC-Zeichen ist eine weltweite Garantie für verantwortungsvolle Waldbewirtschaftung.¹⁵ Das **Pan European Forest Certification scheme (PEFC)** ist eine Initiative der privaten Forst- und Holzwirtschaft. Es bietet ein europäisches Rahmenwerk für die Schaffung nationaler Zertifizierungssysteme an. Das PEFC ist auch dem Gedanken der ökologischen, ökonomischen und sozial verantwortlichen Waldbewirtschaftung verpflichtet, ist aber nicht so weitgreifend wie das FSC-Label.¹⁶

Das Rottaler Holzhaus - ein Gewinn für die Region

Im niederbayerischen Landkreis Rottal-Inn haben sich drei Waldbauernvereinigungen, drei Sägewerke und zehn Zimmereien zusammengeschlossen und das „Rottaler Holzhaus“ entwickelt. Es handelt sich dabei um ein Niedrigenergiehaus, das in regionaltypischer Architektur gebaut wird. Das Massivholz stammt ausschliesslich aus Wäldern im Landkreis. Der Bauherr kann sich die Bäume selbst aussuchen, auf Wunsch wird das Holz auch nach der Mondphase geschlagen. Die Häuser werden nach einheitlichen technischen Kriterien individuell geplant. Auch die meisten anderen Dienstleistungen rund um den Bau kommen aus der Region. Die Energieversorgung übernehmen Holzöfen und Sonnenkollektoren. Rund 200 solcher Holzhäuser sind seit Projektbeginn (1996) im Landkreis entstanden. Der regionale Holzabsatz stieg um gut ein Drittel an und 70 neue Arbeitsplätze wurden geschaffen. Nähere Informationen: www.rottal-inn.de (Rubrik „Projekte“) (de).

4.2.3 Schwachpunkte innerhalb der Wertschöpfungskette

Der Begriff „Kette“ impliziert bereits, dass die einzelnen Glieder von einander abhängig sind. Fällt ein Kettenglied aus, sind auch die anderen bedroht. Es beginnt bereits mit der Bereitstellung des Rohstoffes Holz: die Kundenwünsche müssen in den gewünschten Mengen und Qualitäten schnell, pünktlich und kontinuierlich erfüllt werden können. Kleinflächige Besitzstrukturen behindern oftmals eine rationelle Waldbewirtschaftung. Wenn sich Waldeigentümer zu grösseren Bewirtschaftungseinheiten formieren, können sie

¹⁵ Nähere Informationen unter: <http://www.fsc.org>

¹⁶ Nähere Informationen unter: <http://www.pefc.org>

einerseits die Kosten der Bewirtschaftung und der Holzproduktion senken und andererseits als patente Holzanbieter auftreten [Greminger, 2004]. Die Entwicklung eines regionalen, eigentumsunabhängigen Bewirtschaftungskonzeptes und die Einrichtung von Holzlogistik-Centern, die die Nachfrage, das Angebot und die Verarbeitung überregional koordinieren, wird von Fachleuten als Voraussetzung für eine effiziente und nachhaltige Rohstoffbereitstellung angesehen.

Ein wichtiges und sensibles Kettenglied ist auch die Sägerei. Fehlt eine regionale Sägerei, muss das Rohholz exportiert und als Halbfabrikat wieder importiert werden. Das verursacht nicht nur eine verkehrsbedingte Umweltbelastung, sondern führt auch dazu, dass die weiteren Verarbeitungs- und Veredlungsstufen, die das höchste Wertschöpfungspotenzial haben, nach und nach wegbrechen.

Insgesamt lässt sich die Wertschöpfungskette Holz in den allermeisten Fällen allein schon durch verbesserte Kommunikations- und Organisationsformen verbessern. Der erste Schritt für eine Erhaltung und Steigerung der regionalen Wertschöpfungskette Holz liegt jedoch in der vermehrten Verwendung von Holz als Bau- und Brennstoff.

4.3 Holz als Brennstoff

Holz ist ein klimaneutraler Energieträger. Während der Wachstumsphase lagert der Baum 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 CO_2 wieder an die Atmosphäre abgegeben. Das freigesetzte 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.

In der Schweiz wurden 2003 rund 2,5 Mio. m^3 Brennholz zur Beheizung von Räumen verbrannt. Dies substituierte rund 500.000 Tonnen Heizöl und verminderte die Abgabe von CO_2 an die Atmosphäre um 1,5 Mio. Tonnen [Grünenfelder, 2004]. Der aktuellen Jahresnutzung von 2,5 Mio. m^3 steht ein kurz- bis mittelfristig verfügbares Potenzial von etwa 5,5 - 7 Mio. m^3 gegenüber. Diese Menge könnte energetisch verwertet werden ohne die Wälder zu übernutzen oder andere, höherwertigere Verwendungszwecke des Holzes zu konkurrenzieren [BUWAL (3), 2004]. Würde der Energieholzeinsatz nur verdoppelt werden – und entsprechend weniger Erdöl verfeuert –, brächte dies eine Reduktion der CO_2 -Emissionen in der Schweiz um weitere 1,5 Mio. Tonnen [BUWAL, 2004].

Holz ist nicht nur klimaneutral, es ist auch der älteste vom Menschen genutzte Energieträger. Er enthält rund 17 mal mehr Energie als zu seiner Bereitstellung benötigt wird [proholz, 2003]. 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. Dies trägt zu einer Entschärfung der Verkehrsproblematik bei.

Bei der Verbrennung von Holz werden jedoch auch die so genannten „klassischen“ Luftschadstoffe wie Schwefeldioxyd (SO_2), Stickstoffoxyde (NO_x), Kohlenmonoxyd (CO) und Staub freigesetzt. Alte Holzheizungen schneiden diesbezüglich im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen oftmals schlechter ab. Auch liegt der Wirkungsgrad von alten Holzkesseln nur bei 40 - 50% [Meister, 2000]. Um den Schadstoffausstoss möglichst gering zu halten, sollten Holzkessel unter Volllast betrieben werden, da nur dann die Verbrennung optimal ablaufen kann. Bei modernen Unterbrandkesseln wird die Verbrennungsluft im Kessel von oben zugeführt und die aus der Glut entweichenden Gase verbrennen in einer Nachbrennkammer

vollständig [BMW, 2000]. Der Wirkungsgrad von Holzheizungen wurde in den letzten Jahren deutlich gesteigert und erreicht mittlerweile die gleichen Werte wie ein Öl- oder Gaskessel [Meister, 2000]. 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. Holzpellets haben gegenüber Hackschnitzeln den Vorteil, dass bei ihrer Herstellung bereits eine gewisse Trocknung erfolgt [BMW, 2000].

Vorteile von (regionalem) Holz als Brennstoff

- Die Energiegewinnung ist mittelfristig CO₂-neutral. Das freigesetzte CO₂ wird im nachwachsenden Wald wieder gebunden.
- Der Energieimport aus politisch instabilen Ländern wird reduziert.
- Holz verbrennt in modernen Heizkesseln schadstoffarm, die Luftqualität wird weniger beeinträchtigt als bei fossilen Brennstoffen.
- Bioenergie schafft Arbeitsplätze, strukturschwache Regionen profitieren.
- Notwendige Pflege- und Durchforstungsmassnahmen im Wald werden durch die Verwendung von Brennholz unterstützt.
- Holz als Brennstoff ist vielseitig einsetzbar und dadurch anwenderfreundlich. Vom Zimmer- über den Pelletsofen bis zur grossen automatischen Holzfeuerung im Nahwärmenetz ist alles möglich.
- Holz fällt regional an und kann zur regionalen Energieversorgung genutzt werden. Dadurch entfallen auch lange Transportwege.

4.4 Holz als Baustoff

Holz ist einer der ältesten und vielseitigsten Werkstoffe der Menschheit. Die vielseitige Verwendbarkeit des Materials Holz beruht auf dessen Struktur und chemischer Zusammensetzung. Holz ist leicht zu bearbeiten, hat eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit und es lassen sich leicht zusätzliche Dämmschichten integrieren. Energieeffiziente Häuser lassen sich durch Holzleichtbauweise daher besonders wirtschaftlich realisieren [Forum Vauban, 1997]. In Abbildung 12 sind die erforderlichen Stärken für ein fiktives Bauteil dargestellt, das einen U-Wert von 0,50 W/m²K aufweisen soll. Im Vergleich zu anderen tragenden Baustoffen wie Stahlbeton oder Ziegeln weist Holz äusserst gute wärmeschutztechnische Eigenschaften auf. Bei gleichen Aussenmassen bietet ein Holzbau daher bis zu 10% mehr Wohnnutzfläche als ein Massivbau [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Darüber hinaus hat Holz eine hohe Lebensdauer und weist eine geringe Dichte auf, d.h. es ist, bezogen auf das Volumen, relativ leicht. Gleichzeitig ist es aber sehr steif und fest und hält hohen Belastungen stand ohne sich zu verformen oder zu brechen. Stahl ist im Vergleich zum Holz 85 Mal schwerer aber nur bis zu 50 Mal fester und steifer [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Dies wirkt sich auch kostenmindernd beim Fundament aus, da das Gesamtgewicht eines Holzbaus deutlich niedriger ist.

Holzhäuser können nach unterschiedlichen Konstruktionstypen errichtet werden. Grundsätzlich wird zwischen Holzleichtbau- und Holzmassivbauweise unterschieden. Bei Holzleichtbauten werden Kanthölzer als (tragende) Ständer und Riegel verwendet, zwischen die eine Wärmedämmung eingebracht wird. Den Abschluss kann eine Beplankung aus Holz bilden. Sie werden mit unterschiedlichem Vorfertigungsgrad von der direkten Montage auf der Baustelle bis hin zu vorgefertigten Raumzellen errichtet. Moderne Holzmassivbauten

haben nicht mehr viel mit dem ursprünglichen „Blockhaus-Stil“ gemeinsam, sondern werden aus grossformatigen, tafelförmigen Vollholzelementen oder Brettsperrholzplatten aufgebaut, die lagen- oder kreuzweise miteinander verbunden werden.

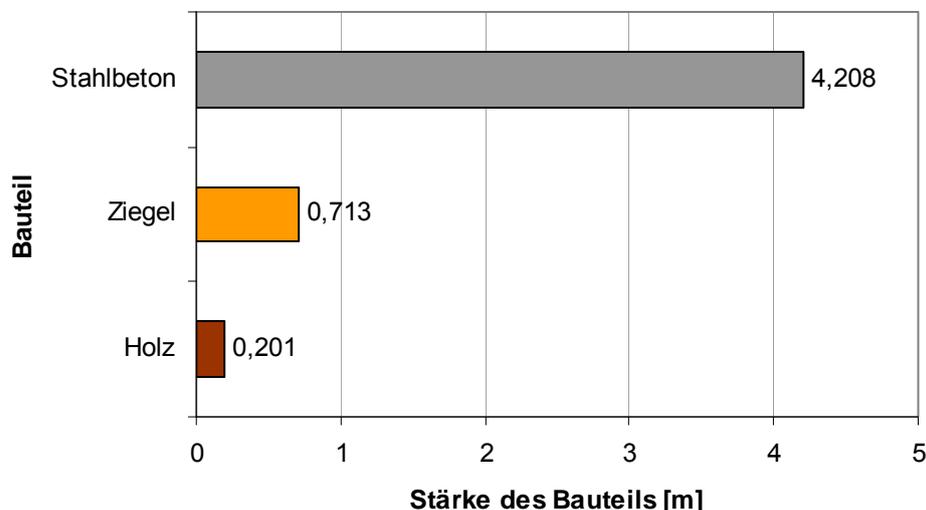


Abbildung 12: Vergleich von erforderlichen Bauteilstärken zur Erreichung eines U-Wertes von $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ [Quelle: Martin Teibinger, Holzforschung Austria]

4.4.1 Wo wird Holz verbaut?

Ein- und Zweifamilienhäuser

Wohnungen im Holzbau beschränken sich bis heute vorwiegend auf den Ein- und Zweifamilienhausbau. Neben individuellen Lösungen kommen immer mehr auch Konzepthäuser, d.h. standardisierte Fertighäuser, zur Ausführung. Bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus werden bei einer Ausführung in Massivholzbauweise rund 75 m^3 Holz und in Holzleichtbauweise rund 35 m^3 Holz verbaut. Hinzu kommt noch die Innenausstattung mit Fussböden, Kücheneinrichtung und Möbel.

Mehrfamilienhäuser und öffentliche Gebäude

Grössere Holzbauwerke sind heute gut zu realisieren, wie Beispiele von mehrgeschossigen Wohnsiedlungen, Bürogebäuden, Schulhäusern oder Sporthallen zeigen. In vielen Ländern sind mehrgeschossige Bauten aus Holz jedoch durch die Bauordnung noch untersagt. In Österreich wurde 1995 der mehrgeschossige Wohnungsbau ermöglicht, so dass nun bis zu fünf Geschossflächen möglich sind. In der Schweiz sind bislang nur zweigeschossige Wohnbauten möglich gewesen. Die Brandschutzvorschriften wurden jedoch zwischenzeitlich den neuen Erkenntnissen angepasst und treten ab Januar 2005 in Kraft.¹⁷ Schweizweit werden somit Holzkonstruktionen bis zu sechs Geschossen ermöglicht [BUWAL (1), 2004]. In Österreich befindet sich rund die Hälfte der neu gebauten Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, in der Schweiz gar gegen drei Viertel. Deshalb liegt beim Mehrfamilienhausbau und bei öffentlichen Gebäuden ein beachtliches Potenzial für den Holzbau.

¹⁷ mündliche Mitteilung (15.11.2004): Markus Mooser, BUWAL-Programm „holz21“

Gewerbe- und Industriebauten

Auch im Bereich der Gewerbe- und Industriebauten gibt es viele interessante Beispiele, was mit Holz alles möglich ist. Für den 2002 erstellten Werkhof für die Autobahn A9 in Brig-Glis/CH wurden beispielsweise über 400 m³ Holz verbaut und über 9.000 m² Span- und Sperrholzplatten dienten der Beplankung [Lignum, 2002]. Traditionell stark vertreten ist der Holzbau bei landwirtschaftlichen Gebäuden, aber auch bei Brücken wird Holz seit langer Zeit verwendet.

Holzbau bei Sanierungen

Bei der Altbauerneuerung kann Holz ebenfalls gut eingesetzt werden. Vom Dach über die Fassade bis zum Hausinnern findet Holz für Decken, Böden, Treppen etc. Verwendung. Führt man die Sanierungen, Um- und Ausbauten mit heimischem Holz aus, so lässt sich dadurch die Wertschöpfung in der Region deutlich steigern.

4.4.2 Ein Holzhaus - mehrfacher Gewinn

Neben den schon in Kapitel 3.3 angesprochenen günstigeren Gehalten an Grauer Energie weist die Verwendung von einheimischem Holz weitere Vorteile auf, von denen hier beispielhaft einige angeführt werden.

CO₂-Speicher

Durch die Verwendung von Holz als Baustoff wird der im Holz gespeicherte Kohlenstoff für die Dauer von rund 80 Jahren gebunden. Ein modernes Einfamilienhaus in Holzrahmenbauweise mit 15 Tonnen verbauten Holzprodukten (dies entspricht etwa 35 m³ Holz) entzieht der Atmosphäre rund 28 Tonnen CO₂ [proholz, 2003, eigene Berechnungen]. Nach Berechnungen der Schweizer Holzindustrie sind in Schweizer Gebäuden rund 85 Millionen Tonnen CO₂ in Form von Holzbaustoffen gespeichert [Holzindustrie Schweiz, 2004]. Dies entspricht dem CO₂-Ausstoss der Schweiz während zwei Jahren.

Schnell gebaut

Die einzelnen Bauteile eines Holzhauses können in der Zimmerei vorgefertigt werden. Dies kann auch während der Wintermonate geschehen, während konventionelle Baustellen im Winter oft verwaist sind. Da die Holz-Trocknung im Vorfeld erfolgt, muss der Rohbau nicht erst austrocknen und kann auch bei Frost aufgebaut werden. Da das Baumaterial natürlich ist, kommt es auch nicht zu Geruchbelästigungen. In modernen Fabrikationshallen werden ganze Hausteile vorproduziert - Wände oder Deckenelemente mitsamt der Wärmedämmung, den Leitungen, den Fenstern und Türen. Vor Ort fügt man die Elemente dann zusammen. Die Systembauweise erfordert sorgfältige Planung, verkürzt aber die Bauzeit enorm. Ein vorgefertigtes Einfamilienhaus kann innerhalb von einem Tag aufgestellt werden [BUWAL (1), 2004].

„Willst Du gesund werden, so zieh in ein Holzhaus“

Die indianische Weisheit hat auch heute noch Gültigkeit - unter der Voraussetzung, dass das Holz nicht mit gesundheitsbelastenden Stoffen behandelt wurde, wie dies in der Vergangenheit oft der Fall war. Durch Berücksichtigung der Prinzipien des baulich-konstruktiven Holzschutzes (das Holz trocken einbauen und trocken halten) ist eine Behandlung des Holzes mit "chemischen Keulen" ohnehin nicht mehr erforderlich. Holz als natürlicher Baustoff besitzt alle Eigenschaften, die für ein gutes Raumklima sorgen: es ist wärmedämmend, entzieht der Luft Feuchtigkeit und gibt diese bei Bedarf wieder ab, es ist elektrisch neutral, hat eine hohe Oberflächentemperatur, riecht angenehm und emittiert keine Giftstoffe.

„Später verheizen meine Enkel mein Haus.“

Ein Holzhaus kann - vorausgesetzt es ist nicht mit chemischen Zusätzen behandelt und die Holzbaustoffe lassen sich beim Abbruch sortenrein separieren - einfach entsorgt werden. Es bietet sich entweder eine stoffliche oder eine thermische Verwertung an. Bei der stofflichen Verwertung wird das Abbruchholz beispielsweise zu Spannplatten verarbeitet und kann so dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt werden. Bei der thermischen Verwertung wird das Altholz verbrannt und zur Energieerzeugung genutzt. Wurden die Hölzer behandelt, sind besondere Ansprüche an die Verbrennungsanlage zu stellen, um eine umweltgerechte Verwertung zu gewährleisten (z.B. Abscheidung von Staub aus dem Rauchgas, spezielle Filter für Abscheidung von belasteten Partikeln etc.).

Für ein Einfamilienhaus in Holzrahmenbauweise werden rund 35 m³ Holz verbaut. Wird dieses Haus in 80 Jahren abgebrochen und 50% des Holzes einer thermischen Verwertung zugeführt, können daraus rund 30.000 kWh Energie gewonnen werden (aus der Verbrennung von 1 m³ Holz werden im Mittel 1.800 kWh gewonnen). Mit dieser Energiemenge könnte der jährliche Heizenergiebedarf eines Passivhauses mit einer Wohnfläche von 100 m² 20 Jahre lang abgedeckt werden.

4.4.3 Vorurteile gegenüber dem Holzbau

Gängige Vorurteile sind, dass Holzkonstruktionen laut und zugig seien, schnell verwittern und brennen können. Mehrere Forschungsvorhaben der Universität Leipzig belegen, dass diese Vorbehalte längst überholt sind. Holzhäuser, die ab 1985 gebaut wurden, genügen oder übertreffen die aktuellen Anforderungen des Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutzes [Winter und Kehl, 2002]. Holzhäuser sind ebenso hochwertig wie Massivbauten. Als Baustoff bietet Holz heute quasi unbegrenzte konstruktive Möglichkeiten und steht dabei – mit Blick etwa auf seine Tragfestigkeit, aber auch mit Blick auf seine Beständigkeit gegen Witterung oder Feuer sowie auf seine Wirtschaftlichkeit – anderen Materialien in nichts nach.

„Das brennt wie Zunder!“ - Viel Rauch um nichts

In vielen Köpfen steckt die Vorstellung, dass ein Holzhaus schneller abgebrannt sei, als man es aufstellen könne. Die Anforderungen an den Brandschutz sind bei Holzhäusern genauso hoch wie bei Massivbauten. Die Fachleute unterscheiden Feuerwiderstandsklassen F30 bis F90 (die Zahl gibt an, wie viele Minuten die Konstruktion nicht in Brand gerät, obwohl ringsum die Flammen lodern). Beim modernen Holzbau sind alle Feuerwiderstandsklassen herstellbar. Viel problematischer bei einem Brand ist die Innenausstattung (Vorhänge, Teppich etc.), die zu einer schnellen Ausbreitung der Flammen führt sowie die Rauchgasentwicklung. In einem konventionell gebauten Haus entwickeln die mineralischen Bau- und Kunststoffe sehr viel giftigere Gase als die Holzbaustoffe [Dosch und Ranft, 1999]. Dass ein Holzhaus, falls es einmal brennen sollte, sehr viel kontrollierter und sicherer abbrennt, zeigen die neuesten Studien von proholz Austria. Holz bildet unter Feuer eine schützende Kohleschicht, die weiteres Abbrennen verhindert. Darunter bleibt - bei ausreichender Dimensionierung - ein tragfähiger Kern übrig. Ein ungeschützter Stahlträger hingegen verliert bei 550°C die Hälfte seiner Tragfähigkeit. Durch Wärmeausdehnung und späteres wieder Zusammenziehen können daher solche Gebäudeteile noch lange nach Abschluss der Löscharbeiten überraschend einstürzen [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

Die Versicherungsprämien von Holzhäusern für die Feuerversicherung waren in Deutschland vor einigen Jahren noch bis zu 300% höher als die entsprechenden Prämien für Massivbauten. Aufgrund der guten Erfahrungen mit der Holzbauweise wurden die Prämien

deutlich nach unten korrigiert und liegen heute teilweise sogar unter denen für Massivbauten [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Eine interne Untersuchung einer Schweizer Versicherung ergab, dass Schadensfälle in Holzhäusern geringer sind als in Steinhäusern [Dosch und Ranft, 1999].

„In einem Holzhaus ist man nie allein“ - Schallschutz im Holzhaus

Was der Steinbau beim Schallschutz¹⁸ mit Masse macht, kann beim Holzbau mit verschiedenen Materialien und einem gut geplanten Aufbau der Wand-, Decken- und Dachbauten erreicht werden. Durch einen mehrschaligen Aufbau werden unterschiedliche Materialien miteinander kombiniert, so dass die gleichen Schallschutzwerte wie beim Massivbau erreicht werden. Dazu zählen der Einbau von weichen „Zwischenschichten“ (beispielsweise kann auf eine Holzbalkendecke einige cm Splitschüttung aufgebracht werden und darauf wird dann ein Holzboden verlegt) und die konsequente Entkoppelung der einzelnen Schalen zur Vermeidung von Schallbrücken. Es stehen eine Vielzahl an geprüften Wand- und Deckenaufbauten zur Verfügung, die alle Schallschutzwünsche befriedigen können [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

„Da steckt der Holzwurm drin“

Die Feinde des Holzes sind Pilze und Insekten. Durch baulichen Holzschutz kann der Befall verhindert werden, ohne dass „chemische Keulen“ eingesetzt werden müssen. Pilze benötigen über eine längere Dauer (ca. 6 Monate) eine Holzfeuchte von ca. 30%. Holzbauteile haben bei normalem Gebrauch eine Feuchte von 8 (Möbel, Parkett) bis 15% (unbeheizter Dachstuhl). Im Normalfall wird kein Holzbauteil so feucht, dass Schimmel entstehen kann. Nach einem Wasserschaden ist es wichtig, dass das Holz wieder austrocknen kann. Bei Insekten gilt es, eine Eiablage in das Holz zu verhindern. Baulicher Holzschutz heisst hier, die Zugänglichkeit durch entsprechende Abdeckungen zu blockieren oder an gefährdeten Stellen besonders widerstandsfähige Holzarten zu verwenden. [Dosch und Ranft, 1999]

Vorteile von (regionalem) Holz als Baustoff

- Holz isoliert von Natur aus gut, weshalb mit relativ dünnen Wandaufbauten hohe U-Werte erreicht werden. Es hat trotz seines geringen Gewichtes eine hohe Tragkraft.
- Holz ist im Verhältnis zu seiner Festigkeit ein leichtes Material. Diese Eigenschaft begünstigt Transport und Montage.
- Holz ist ein klimaneutraler Baustoff, es speichert CO₂.
- Holz schafft ein angenehmes Innenraumklima und erfüllt auch hohe baubiologische Vorgaben.
- Holz kann sowohl handwerklich als auch industriell verarbeitet werden.
- Ein Holzhaus lässt sich in kürzester Zeit aufbauen, auch im Winter.
- Die Verwendung von Holz trägt zur Finanzierung von notwendigen Pflege- und Durchforstungsmassnahmen im Wald bei.
- Die Verwendung von Holz stärkt die regionale Wertschöpfungskette und schafft dezentrale Arbeitsplätze.
- Durch die Verwendung von Holz entfallen lange Transportwege für Konstruktionsmaterial, wodurch die Energiebilanz verbessert wird.

¹⁸ Grundsätzlich werden zwei Schallarten unterschieden: Beim Luftschall steht die umgebende Luft als Träger zur Verfügung, die durch Schallquellen wie z.B. sprechende Menschen oder Radio- und Fernsehgeräte in Schwingungen versetzt wird. Beim Körperschall sind feste und flüssige Stoffe Medium der Übertragung, also durch Begehen einer Decke, Betätigen der WC-Spülung oder Lichtschalter werden Wand oder Decke in Schwingungen versetzt und regen die Luft des benachbarten Raums zum Schwingen an.

5 Energieeffiziente Häuser

5.1 Neue Häuser ohne Heizung

Beim energieeffizienten Neubau werden 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 vorgestellt.

5.1.1 Das Niedrigenergiehaus

Als Niedrigenergiehäuser (NEH) werden Gebäude bezeichnet, die eine Energiekennzahl von 40-70 kWh/m²a aufweisen. (Zum Vergleich: ein Altbau in Deutschland oder Österreich weist einen Heizwärmebedarf von 220 - 280 kWh/m²a auf.) Um diese Werte zu erreichen, benötigen NEH eine gut gedämmte Gebäudehülle, Wärmeschutzfenster und eine kontrollierte Lüftung, die wahlweise mit oder ohne Wärmerückgewinnung betrieben werden kann [Gütegemeinschaft Niedrigenergie-Häuser, 2002]. In einem NEH ist jedoch nach wie vor ein konventionelles Heizsystem (Heizkessel oder Fernwärme mit Wärmeverteilung über Heizkörper) erforderlich. In Schweden wurde Anfang der 1990er Jahre der Niedrigenergiestandard für alle Neubauten verbindlich eingeführt [Witzel und Seifried, 2004; Schmittknecht, 1998]. Der Begriff „Niedrigenergiehaus“ ist allerdings nicht gesetzlich geschützt und wird in den einzelnen Ländern unterschiedlich definiert. In der Schweiz ist beispielsweise keine Lüftungsanlage vorgeschrieben. In Deutschland kann seit 2002 die Planung und Bauausführung nach dem RAL-Gütezeichen Niedrig-Energie-Bauweise (RAL GZ 965) des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung erfolgen (nähere Infos unter <http://www.guetezeichen-neh.de/> (de)).

5.1.2 Das Passivhaus

Die Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses erfolgte in Deutschland. Dabei wurden keine „revolutionären Erfindungen“ eingebracht, sondern die zur Verfügung stehenden Baumaterialien und Haustechniken neu mit einander kombiniert und wissenschaftlich überprüft. Anfang der 1990er Jahre wurde in Darmstadt das erste „Passivhaus“ mit einem Heizenergiebedarf von 15 kWh/m²a realisiert. Dabei wurden folgende drei Elemente miteinander kombiniert:

1. Hervorragende Wärmedämmung der gesamten Gebäudehülle einschliesslich der Fenster
2. Optimierung der passiv-solaren Gewinne durch grosse Südfenster
3. 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 Raumluft 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. Dadurch wird ein konventionelles, also „aktives“ Heizsystem überflüssig, weshalb man von „Passiv“-Häusern spricht. Ein Passivhaus hat auch im Sommer angenehme

Innenraumtemperaturen, da der Wärmefluss von aussen nach innen durch die optimierte Dämmung verhindert wird. Die Fenster müssen dazu, wie bei jedem anderen Haus auch, durch einen Balkon oder Jalousien verschattet werden [Krapmeier und Drössler, 2001].

In einem Passivhaus soll gleichzeitig auch der sonstige Energiebedarf, insbesondere der Strombedarf für Hausgeräte u. ä., durch Einsatz effizienter Technik minimiert werden. Der gesamte spezifische Primärenergiebedarf pro m² Wohnfläche und Jahr darf in einem europäischen Passivhaus 120 kWh/m²a (für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Haushaltsstromverbrauch) nicht überschreiten. Damit wird in einem Passivhaus insgesamt weniger Energie verbraucht als in durchschnittlichen europäischen Neubauten allein an Haushaltsstrom und für die Warmwasserbereitung benötigt wird.

Der Begriff „Passivhaus“ ist kein geschützter Begriff. Das Passivhaus-Institut in Darmstadt/D hat jedoch ein Zertifizierungssystem etabliert (Passivhaus Projektierungspakt PHPP 2004), in dem Baustandards definiert und die Kontrolle in der Baudurchführung festgelegt sind.

Tabelle 15: 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 $\geq 0,50$
Luftdichtheit	Drucktestkennwert $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Allgemeine Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmebrückefreie 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	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

5.1.3 Das Direktgewinnhaus

Zeitgleich mit der Entwicklung des Passivhauses baute der Schweizer Architekt A. G. Rüedi in Trin/CH auf 900 m.ü.M. zwei Einfamilienhäuser, die so optimiert wurden, dass der Heizwärmebedarf bei Null liegt. Die Häuser 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. Auch einen Ofen sucht man vergeblich in diesen Häusern. 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. Das gute Innenraumklima resultiert auch daraus, dass nur biologische Baumaterialien verwendet wurden. Dank der diffusionsoffenen Konstruktion kann die Luftfeuchte gut durch die Baumaterialien hindurch transportiert werden.

Das Konstruktionsprinzip des Direktgewinnhauses hat sich auch bei Gewerbebauten (siehe auch Kapitel 7.1) und in einer Mehrfamilienwohnanlage bewährt.

5.1.4 Das MINERGIE®-Haus

Im Gegensatz zu den Begriffen „Passivhaus“ und „Direktgewinnhaus“ wurde in der Schweiz 1998 das registrierte „MINERGIE®“ - Label eingeführt. 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 Wassererwärmung und den elektrischen Antrieb der Lüftungsanlage. Je nach verwendetem Energieträger sind für Wohnungsneubauten unterschiedliche Grenzwerte einzuhalten: bei einer Holzheizung liegt der Wert bei 70 kWh/m²a, bei einer Öl- oder Gasheizung bei 42 kWh/m²a und bei ausschliesslicher Verwendung von Strom als Energieträger bei 21 kWh/m²a.

2003 wurde der deutsche Passivhaus-Standard unter der Marke „MINERGIE®-P“ etabliert. Die „Energiekennzahl Wärme“ liegt für Wohnbauten bei 30 kWh/m²a. Während bei MINERGIE der Einsatz von alternativen Energieformen (z.B. Solarthermie) und effizienten Haushaltsgeräten nur empfohlen wird, ist er bei MINERGIE-P-Häusern vorgeschrieben. Aufgrund der höheren Anforderungen an die Wärmedämmung (analog dem deutschen Passivhausstandard) kann auf ein konventionelles Heizsystem verzichtet werden. Die Heizlast darf wie beim Passivhausstandard 10 W/m² nicht überschreiten.

5.1.5 Das Plusenergiehaus

Beim Plusenergiehaus werden die Passivhauskomponenten nochmals neu kombiniert und mit einer Photovoltaikanlage ergänzt. Der Heizwärmebedarf liegt nur noch bei 6 - 12 kWh/m²a [Witzel und Seifried, 2004]. Dieser 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.

5.2 Vorurteile gegenüber energieeffizienter Bauweise

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

5.2.1 „Da kann man ja nie die Fenster aufmachen!“

Der Mensch braucht (je nach Tätigkeit) ca. 30 m³ Frischluft pro Stunde. Massstab für die Luftqualität im Raum ist dabei jedoch nicht der Sauerstoffgehalt sondern der CO₂-Gehalt, der Schadstoffgehalt und die relative Luftfeuchte. Eine geeignete Indikatorgrösse für Raumluft ist ihr CO₂-Gehalt. Der überwiegende Teil der Bewohner empfindet die Raumluftqualität als gut, wenn die CO₂-Konzentration Werte von 0,1% nicht übersteigt [Krapmeier 2004]. Um eine

ausreichende Luftqualität zu gewährleisten, sollten die Fenster bei manueller Lüftung alle drei Stunden für 15 Minuten geöffnet werden [Graf 2003].

Um ausreichend „Luft zum Atmen“ zu haben, schlafen viele Menschen bei geöffnetem Fenster. Da das Schlafzimmer oft nicht beheizt wird, sind diese Räume meist sehr kalt, weshalb die weit verbreitete Meinung vorherrscht, dass in einem warmen Schlafzimmer kein ausreichender Sauerstoffgehalt vorhanden ist. Dabei kann es in einem Schlafzimmer ruhig 22°C warm sein, wenn die Frischluftzufuhr gewährleistet ist. 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 Direktgewinn-Häusern 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. Messungen im Haus Trin/CH belegen, dass die Luftqualität während der zwei beobachteten Winter immer gut war und die Bewohner sehr zufrieden waren [Basler und Hofmann, 1996].

5.2.2 „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 Luftfeuchte 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 hingegen 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.

5.2.3 „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, je nach Bauausführung, im Mittel 4-5%, maximal 10% höhere Investitionskosten [Krapmeier, 2004; Spescha, 2002]. Bei den Direktgewinnhäusern entfallen sogar die Investitionskosten für die Lüftungsanlage.

Bei einem Haus- oder Gewerbebau sollten jedoch nicht nur die Investitionskosten, sondern auch die späteren Betriebskosten in die Entscheidung für einen Baustandard einfließen. Die „Heizkosten“ für ein 120 m² grosses Passivhaus betragen jährlich € 80,--. Ein konventioneller Altbau hat dagegen durchschnittliche Heizkosten in Höhe von € 1.225,- pro Jahr. 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 nicht übersteigen [Feist]. Vorsichtige Kalkulationen gehen von einer jährlichen Preissteigerung für Heizkosten von 3-5% aus, was das energieeffiziente Haus in Zukunft immer attraktiver werden lässt.

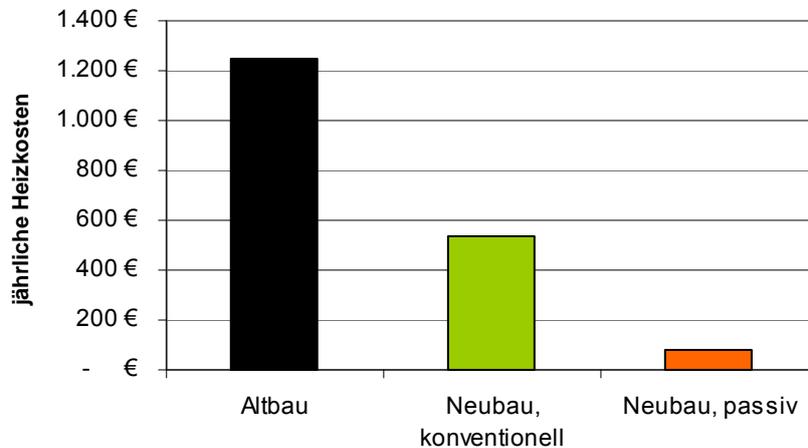


Abbildung 13: Jährliche Heizkosten für ein 120 m² grosses Einfamilienhaus verschiedener Baustandards [zu Grunde gelegter Heizölpreis: 0,45 € / Liter (Stand 08/2004)]

5.2.4 „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 [Feist].

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 [Spescha, 2002].

5.3 Junge Technik in alten Häusern

Die energieeffizienten Massnahmen beschränken sich nicht nur auf den Neubau sondern können und sollen auch bei bestehenden Gebäuden eingesetzt werden. Fast 80% des gesamten Gebäudebestandes in Österreich weist einen Heizenergiebedarf auf, der im Bereich von 150 - 200 kWh/m²a liegt [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004]. Solche „Altbauten“ sind meist noch gar nicht so alt, denn verstärkte Wärmeschutzmassnahmen werden erst seit ca. 10 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. Nur knapp ein Prozent des Gebäudebestandes entsteht im Alpenraum jährlich neu. Das heisst: Dreiviertel der im Jahre 2020 genutzten Gebäude existieren bereits heute. Der Hauptanteil der erzielbaren Energieeinsparungen im Bereich „Bauen und Wohnen“ liegt daher in der hochwertigen Sanierung des Gebäudebestandes [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004].

Da der Sanierungszyklus bei Altbauten über 30 Jahre beträgt, ist es von grösster Bedeutung, heute dafür Techniken, Systeme und Komponenten zu verwenden, die die besten Energie-Einspareffekte für die Zukunft erwarten lassen. 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/m²a nicht das vornehmliche Ziel. Mit einer umfassenden Modernisierung unter Einsatz von Passivhaus-Komponenten können jedoch Werte zwischen 25 und 35 kWh/m²a erreicht werden, was einer Energieeinsparung von 80-90% entspricht [Feist, 2003].

Vorteile der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise auf einen Blick:

- Wirtschaftlich attraktiv, da minimale Heizkosten bei nur geringfügig höheren Bau-/ Sanierungskosten
- Höhere Wohnqualität und Behaglichkeit dank ausgeglichener Innenraumtemperatur
- Bessere Qualität der Raumluft dank kontrollierter Lüftungsanlage und der Verwendung von biologischen Baustoffen
- Weniger Bauschäden durch Feuchtigkeit aufgrund einer sorgfältigeren Bauweise und grösstmöglicher Vermeidung von Wärmebrücken. Dadurch auch langfristige Werterhaltung der Immobilie.
- Mit bewährten Materialien und bekannten Bauprinzipien realisierbar
- Grosszügigere architektonische Innenraumgestaltung durch Wegfall der Heizungsanlagen
- Schonung der Ressourcen
- Verringerter CO₂-Ausstoss, da weniger Heizenergie
- Für alle Gebäudearten im Neubaubereich umsetzbar
- Im bestehenden Gebäudebestand zum grossen Teil umsetzbar

6 Bauen und Sanieren

6.1 Der energieeffiziente Neubau

Das Funktionsprinzip eines energieeffizienten Neubaus beruht auf zwei Prinzipien:

1. Verringerung der Wärmeverluste
2. Optimierung der solaren Gewinne

Im mitteleuropäischen Klima ist der alles entscheidende Gesichtspunkt die Verringerung der Verluste [Lang 2002]. Werden die Wärmeverluste nicht stark verringert, 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 Haus zu speichern. Dies kann durch natürliche Baumaterialien erfolgen, die ein hohes Wärmespeichervermögen haben und in ausreichender Masse im Haus verbaut werden. Sie speichern die durch die Fenster eingestrahelte Wärme und geben sie bei Bedarf wieder gleichmässig an die Raumluft ab.

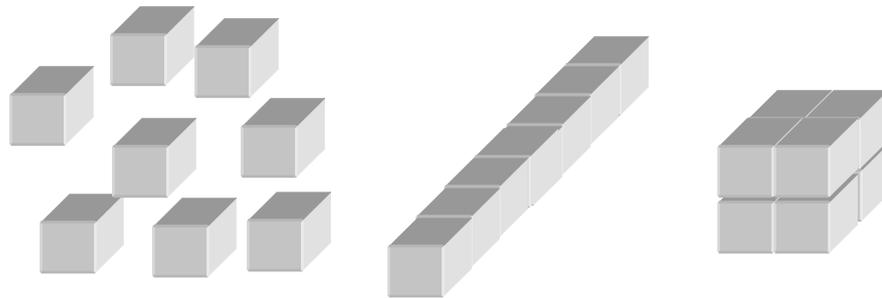
6.1.1 Gebäudeform und Grundriss

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 16). Jeder Vor- oder Rücksprung eines Gebäudes und jeder Erker erzeugen eine zusätzliche wärmeabgebende Fläche [Pregizer 2002]. Ordnet man beispielsweise 120 m^2 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 $\sim 0,25$) gebaut, sondern als wenig kompakter Bungalow ($A/V \sim 1,0$), so vervierfacht sich allein dadurch sein Heizwärmebedarf¹⁹ [Feist 1999].

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 [Pregizer 2002].

¹⁹ Bei Passivhäusern sind die Lüftungswärmeverluste durch die hocheffiziente Lüftungsanlage und die luftdichte Ausführung der Gebäudehülle sehr gering und haben nur noch einen Anteil von ca. 10 - 15% an den gesamten Wärmeverlusten. Je weniger kompakt ein Gebäude konstruiert wird, desto mehr fallen daher die Transmissionswärmeverluste ins Gewicht.

Tabelle 16: 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 ³]	1.000	10.000	1.000	10.000	1.000	10.000
Aussenfläche A [m ²]	1.200	5.570	850	3.945	600	2.785
A/V [m²/m³]	1,2	0,56	0,85	0,39	0,6	0,28

Grundrisskonzept

Um die solaren Gewinne zu optimieren, muss 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 - 16°C auskommen, im Norden des Gebäudes liegen.

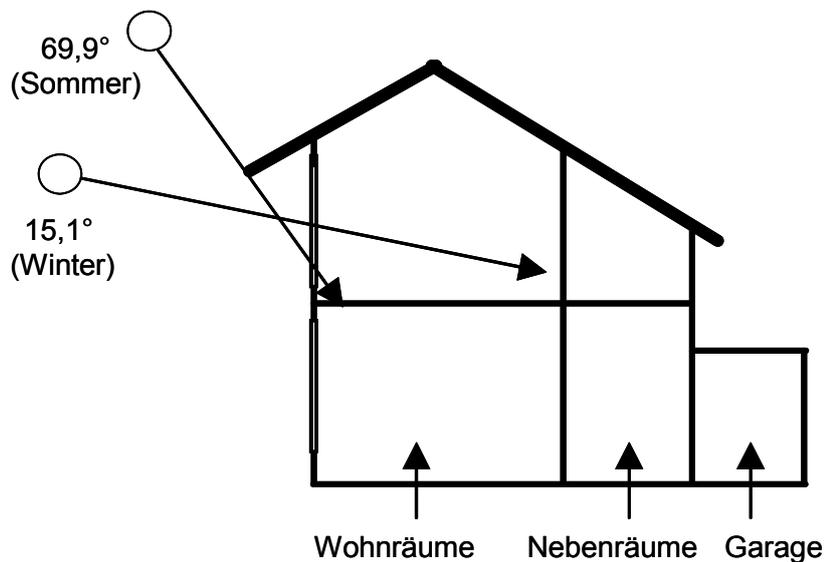


Abbildung 14: Beispiel für eine energetisch günstige Planung eines Gebäudes [nach Pregizer, 2002]

6.1.2 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 $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ aufweisen. Der erforderliche Wärmeschutz wird durch den Einbau einer Wärmedämmung erreicht. Die Dämmstoffstärken liegen zwischen 25 und 40 cm, abhängig vom verwendeten Baumaterial.

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 [Graf 2003]. 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.

6.1.3 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 [Pregizer 2002]. 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 Ausführungsqualität der Luftdichtheitsschicht kann mittels des Blower-Door-Verfahrens überprüft werden. Hierzu wird in eine Aussentür oder ein Aussenfenster ein Messgerät, bestehend aus einem Ventilator und einem Druckmessgerät installiert. Im Gebäude wird ein Unterdruck von 50 Pascal gegenüber der Aussenluft erzeugt und die durch Ritzen und Fugen nachströmende Aussenluft gemessen. Strömen beispielsweise in einem Haus mit 400 m^3 Luftvolumen bei einem Unterdruck von 50 Pascal 400 m^3 innerhalb einer Stunde ins Haus liegt die Luftwechselrate n_{50} bei 1 h^{-1} , werden nur 200 m^3 transportiert, liegt die Luftwechselrate n_{50} bei $0,5 \text{ h}^{-1}$. Bei Passivhäusern sollte n_{50} kleiner als $0,6 \text{ h}^{-1}$ sein.

6.1.4 Fenster

Die Fenster sind neben der sehr gut wärmegeklämten 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 $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Für ein passivhaustaugliches Fenster muss aber auch auf gut geklämte 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 14 ersichtlich, fallen die Sonnenstrahlen aufgrund ihres flachen Einfallswinkels im Winter (Sonnenstand 15-20° 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 Sonnenstoren verhindert in Kombination mit dem hohen Einfallswinkel eine sommerliche Überhitzung der Innenräume.

6.1.5 Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

In energieeffizienten Häusern müssen einerseits die Lüftungswärmeverluste verringert und andererseits das Haus ausreichend belüftet werden. Bei Passivhäusern übernehmen kontrollierte Lüftungsanlagen 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 [Graf 2003]. 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** geführt werden. Dabei wird die angesaugte Aussenluft durch 20 bis 50 m lange Rohre geführt, die neben und unter dem Haus in frostfreier Tiefe auf etwa 1 m verlegt sind [Graf 2003]. Da die Bodentemperatur in dieser Tiefe relativ konstant bei 4-8°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. Inwieweit ein Sommerbetrieb sinnvoll ist (die Lüftungsanlage verbraucht auch Strom), muss abgewogen werden.

Direktgewinnhäuser kommen ohne Lüftungsanlagen aus, was sich positiv auf die Investitionskosten, die Graue Energie eines Gebäudes und den Stromverbrauch auswirkt.

6.1.6 Restheizung und Warmwasserbereitung

In einem Passivhaus liegt bei ungünstigen Witterungsbedingungen die Heizlast bei max. 10 W/m². Für ein Wohnzimmer mit 30 m² benötigt man also 300 Watt, was der Heizleistung von 10 Teelichtern entspricht [Krapmeier 2004]. Dieser geringe Bedarf an Restwärme kann über eine Nacherwärmung der zugeführten Luft erfolgen. Eine Nachheizung ist aber nur an Tagen mit längerer anhaltender Bedeckung erforderlich. An sehr kalten Wintertagen ist der Himmel meist klar und wolkenfrei, weshalb an diesen Tagen die solaren Gewinne ausreichen, um die Raumtemperatur zu halten. Aus diesem Grund benötigen Passivhäuser in Bergregionen weniger Zusatzheizung als Häuser in Tal-, Kessel- und Grossstadtlage, wo dunstiges und trübes Wetter die solaren Gewinne reduziert [Graf 2003].

Bei der Auswahl des Nachheizsystems sollte darauf geachtet werden, dass gleichzeitig auch das Brauchwasser erwärmt werden kann. Hinsichtlich der Klimawirksamkeit, der Erneuerbarkeit, der Verfügbarkeit und des hohen Potenzials für die regionale Wertschöpfung ist Holz den anderen Energieträger vorzuziehen.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Erwärmung des Brauchwassers über Sonnenkollektoren. Eine ökologisch und ökonomisch optimierte Solaranlage für einen Vier-Personen-Haushalt mit durchschnittlichem Warmwasserverbrauch besteht aus 6 bis 8 m² Kollektorfläche und einem Speicher von 500 bis 700 Litern. Damit können rund 70% des jährlichen Warmwasserbedarfes durch Sonnenenergie erzeugt werden [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

6.1.7 Baubiologische Baustoffwahl

Bei einem Neubau sollte nicht nur auf eine möglichst umweltverträgliche und energieschonende Baumaterialherstellung und Bauweise geachtet werden, sondern auch auf die gesundheitlichen Auswirkungen der Materialien.²⁰

Schwere mineralische Baustoffe wie Natursteine, Lehmbausteine, Ziegel oder Kalksandsteine wirken z.B. ausgleichend auf die Raumtemperatur. Sie speichern die Wärme im Winter und strahlen sie angenehm ab, sie halten im Sommer das Hausinnere kühl. Auch Materialien aus Holz, Wolle, Lehm oder Gips sind in der Lage, überschüssige Raumluftfeuchtigkeit aufzunehmen, zwischen zulagern und gefahrlos wieder abzugeben. Diese Pufferwirkung ist wichtig für ein ausgeglichenes Raumklima.

Naturbaustoffe zeichnen sich auch durch einen besonders geringen Gehalt an Schadstoffen aus, die bei anderen Materialien überwiegend durch Konservierungen oder Chemieprodukte eingeschleppt werden. Naturmaterialien lösen in der Regel von den Bewohnern als angenehm empfundene sinnliche Wahrnehmungen aus, sie fühlen sich "gut" an, sehen "gut" aus und riechen "gut". Auch das trägt wesentlich zu Behaglichkeit und Wohlbefinden daheim oder am Arbeitsplatz bei.

natureplus® - Umwelt- und gesundheitsverträgliche Baumaterialien

Seit kurzem gibt es in Deutschland, Österreich, Italien, der Schweiz und den Benlux-Ländern ein Qualitätszeichen für Baumaterialien, die sich durch eine hohe Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit auszeichnen. Unabhängige Prüfinstitute bewerten die Baumaterialien hinsichtlich ihrer Erneuerbarkeit, ihres Energieverbrauchs bei der Herstellung sowie ihrer Emissionen während der Herstellungs- und Nutzungsphase. Umwelt- und gesundheitsbelastende Stoffe sind bei natureplus®- Baumaterialien verboten. Bislang sind rund 80 Bauprodukte mit dem Label ausgezeichnet (Stand 06/2004). In absehbarer Zeit werden auch zertifizierte Farben und Trockenbauplatten auf den Markt kommen. Nähere Informationen unter: <http://www.natureplus2.org/web/main/> (dt/en)

²⁰ Die „Baubiologie“ beschäftigt sich mit der ganzheitlichen Wirkung vom umbautem Raum auf den Menschen. Die „Bauökologie“ betrachtet die ökologischen Aspekte der Materialerzeugung, -nutzung und -entsorgung.

6.2 Die energieeffiziente Sanierung

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, die Nutzungsdauer und der Wert der Immobilie wird durch die Sanierung deutlich erhöht und die Bewohner oder Nutzer fühlen sich in einem gut gedämmten Gebäude immer wohler als in einer „zugigen Hütte“.

Die Sanierung eines 30 Jahre alten Mehrfamilien-Wohngebäudes mit 50 Mietwohnungen in Weimar/D brachte beispielsweise eine Energieeinsparung von über 60% (Tabelle 17). Dem gegenüber machten die energetisch bedingten Mehrkosten nur rund 15% der Gesamtkosten aus. Allein durch die jährlich eingesparten Energiekosten in Höhe von 17.000 € amortisieren sich die Aufwendungen für die erhöhte Dämmung innerhalb von 15 Jahren [Reiss]. Hinzu kommt die Wertsteigerung der Immobilie sowie die hohe Zufriedenheit der Bewohner, die eine deutliche Erhöhung der Behaglichkeit aufgrund der verbesserten Dämmung der Wände und Fenster angeben. Ein weiterer positiver „Nebeneffekt“ sind die jährlich eingesparten CO₂-Emissionen in Höhe von 95 Tonnen.

Tabelle 17: Kennzahlen einer energetischen Sanierung eines Mehrfamilienhauses in Blockbauweise in Weimar/D [nach Reiss]

	Vor der Sanierung	Nach der Sanierung	Einsparungen jährlich
Energiekennzahl [kWh/m ² a]	215	80	63%
Heizölverbrauch [l/a]	60.000	22.000	95 Tonnen CO ₂
Heizkosten ¹ [€/a]	27.000	10.000	17.000

¹ Heizölpreis 0.45 €/Liter(Stand 08/2004)

„Das Plus für Arbeit und Umwelt“ - Eine Initiative in Deutschland

Die Umweltschutzorganisation Greenpeace und die Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG Bau) vergeben ein Gütesiegel an Wohnungsunternehmen, die bei der Sanierung ihres Gebäudebestandes ökologische Mindeststandards einhalten. Die Initiative wendet sich direkt an die Wohnungsbaugesellschaften, die in Deutschland rund 6,2 Millionen Wohnungen – ein Drittel aller Mietwohnungen - verwalten und für Renovierungen in ihren Häusern verantwortlich sind. Das Siegel „Plus für Arbeit und Umwelt“ erhalten Gebäude, die nach der Sanierung einen Heizenergiebedarf von unter 100 kWh/m²a haben. Zusätzlich dürfen weder Dämmstoffe, die mit schwer abbaubaren, langlebigen Zusätzen ausgestattet sind noch FCKW-haltige Materialien oder PVC verwendet werden. Weiterhin ist FSC-Holz oder einheimisches Holz zu verwenden. Nähere Informationen unter: http://archiv.greenpeace.de/GP_DOK_3P/BAU/SEITEN/BAUPRO.HTM (de)

6.2.1

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. Es sind viele verschiedene Aufgaben unter einen Hut zu bringen und Auswirkungen zu berücksichtigen. Oft sind eine Fülle von Detailproblemen zu lösen und die Zusammenhänge zwischen einzelnen Massnahmen nicht immer leicht zu durchschauen. 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 (Fensterlaibung, Deckenanschlüsse etc.), im Eckbereich der Aussenwände und hinter Schränken auf über 80% [Feist, 2003]. Die dadurch bedingte Schimmelbildung führt nicht nur zur Schädigung der Gebäudesubstanz 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“.

6.2.2 Schwachstellen identifizieren

Der erste Schritt besteht immer darin, die Energiekennzahl eines Hauses zu ermitteln. Liegt sie oberhalb von 80 kWh/m²a, sollte eine Ursachenforschung angestellt werden, wo die Schwachpunkte des Gebäudes liegen.

Die Höhe des Heizenergieverbrauchs wird weitgehend von den Transmissionswärmeverlusten 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.

6.2.3 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. Das Anbringen einer Innendämmung ist weit weniger aufwändig, dafür aber auch nicht so wirksam, da die Wärmebrücken, die durch Wand-, Boden- und Deckenanschlüsse gegeben sind, nicht reduziert werden können [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

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. Eine Wärmedämmung von 25 cm beispielsweise bedingt eine Verminderung der Wohnfläche um ca. 10 m² [Pregizer, 2002]. 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/m²a gesenkt werden [Feist, 2003].

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/m²K 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.

6.2.4

Haustechnische Sanierungsmassnahmen

Heizung

Ab einem Alter von 15-20 Jahren ist ein Kesseltausch fast immer sinnvoll. Dabei sollte nach Möglichkeit die Umstellung auf eine Holzheizung 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 [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

Besonders ungünstig sind so genannte Kombi-Kessel, die mit verschiedenen Energieträgern betrieben werden können. Weder der eine noch der andere Energieträger wird damit effizient und umweltfreundlich verbrannt. In der Regel sind alte Heizkessel überdimensioniert, was den Wirkungsgrad verschlechtert und die Lebensdauer verkürzt [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003]. Da der Wärmebedarf durch Sanierungsmassnahmen am Gebäude deutlich zurück geht, 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 beheizbarem 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 - 4% zu rechnen. Selbst eine Orientierung auf West oder Ost reduziert den Jahresertrag der Sonnenkollektoren nur um 20 - 25% [Burtscher, Gmeiner und Schlader 2003].

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 1-2°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.

Auch bei einer Sanierung sollte regionalen Baumaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen der Vorzug gegenüber grauerenergetisch ungünstigeren Materialien gegeben werden. Bei der Erneuerung des Heizsystems sollte auf nachwachsende Brennstoffe zurückgegriffen 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.

In der Bildungs- und Qualifizierungsplattform „Partnerbetrieb Traumhaus Althaus“ sind Handwerker und Planer aus Vorarlberg und den Grenzregionen der Nachbarländer zusammengeschlossen, die sich auf eine energieeffiziente und ökologische Althausanierung spezialisiert haben. Unter Schirmherrschaft des Energieinstituts Vorarlberg entstand in den vergangenen Jahren ein Netzwerk von Betrieben, die sich zu einer regelmässigen Weiterbildung in der Althausanierung verpflichtet haben. Seit der Gründung im Jahr 2000 fanden acht Plattfortmtage mit rund 40 Referaten und 70 Workshops sowie eine Reihe weiterer Veranstaltungen statt. Durch gemeinsame und koordinierte Öffentlichkeitsarbeit konnte der Begriff „Traumhaus Althaus“ als Qualitätsmarke bei Sanierungsinteressenten sehr gut positioniert werden. Nähere Informationen unter <http://www.partnerbetriebe.net> oder <http://www.energieinstitut.at>

7 Gute Beispiele

Bislang wurde die energieeffiziente Bauweise überwiegend im Bereich des Einfamilienhauses umgesetzt. So sind in der derzeit im Aufbau befindlichen Objektdatenbank für Österreich rund 70% der dokumentierten Bauten Einfamilienhäuser. Aber auch bereits realisierte Gewerbebauten und öffentliche Gebäude, wie Schulen oder Kindergärten im Passivhausstandard zeigen, dass Energiesparen in diesem Baubereich keine Hexerei ist. Auch für die energieeffiziente Sanierungsweise lassen sich immer mehr „Gute Beispiele“ finden.

Derzeit werden in Österreich, Deutschland und der Schweiz Objektdatenbanken aufgebaut, die eine gezielte Objektsuche ermöglichen. Tabelle 18 gibt einen Überblick über die deutschsprachigen Informationsseiten, erhebt aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 18: Ausgewählte deutschsprachige Internetseiten, auf denen Gute Beispiele für die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise zu finden sind

Internetadresse	Bemerkungen
http://www.passivehouse.at	Datenbank für Häuser im Passivhausstandard oder Niedrigenergiebauweise in Österreich. Gezielte Objektanfrage möglich, Baubeschreibung mit Gebäudekennzahlen und weiteren Informationen.
http://www.energieprojekte.de/	Datenbank des BINE Informationsdienste für Deutschland. Auswahlmöglichkeit nach Baustandard, verwendeter Haustechnik oder Energieträger. Gezielte Anfrage möglich, Angabe einer Baubeschreibung, des Energiekonzeptes, Kosten und Wirtschaftlichkeit.
http://www.nextroom.at/	Datenbank für weltweite, zeitgenössische Architektur. Über die „Erweiterte Suche“ können energieeffiziente Bauten recherchiert werden.
http://www.minergie.ch/	Datenbank mit zertifizierten MINERGIE- und MINERGIE-P-Häusern aus der Schweiz und Liechtenstein. Auswahlmöglichkeit nach Kanton, Gebäudekategorie und Energieträger. Verfügbar in deutsch, französisch und italienisch.

Nachfolgend sind einige ausgewählte Beispiele aus dem Alpenraum angeführt, die die Möglichkeiten der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise darstellen sollen. Auf den Internetseiten unter www.climalp.info finden sich weitere Beispiele. Der Schwerpunkt bei der Auswahl der Objekte lag neben der energieeffizienten Ausführung darin, dass vornehmlich regionales Holz als Baustoff zum Einsatz kam. Die Holzbauweise nimmt beim energieeffizienten Neubau in Österreich beispielsweise einen Anteil von 54% ein. Bislang wird jedoch noch zu wenig vom Bauherr bzw. Planer darauf geachtet, dass regionales Holz

zum Einsatz kommt. So wurde zum Beispiel beim ansonsten vorbildlich gebauten ersten Supermarkt in Passivhausbauweise im österreichischen Kirchberg-Thening Lärchenholz aus Sibirien für die Holzfassade verwendet.

7.1 Neubau

Passivhaus Wolfurt

Das Einfamilienhaus wurde in Holzbauweise mit Passivhausstandard gebaut. Es ist ein sehr kompakter Baukörper mit einer vertikalen Lärchenverschalung und mit südseitig bündig in die Fassade integrierten Solarkollektoren (12 m²). Auf dem Dach wurde ausserdem eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 3,4 kWh installiert. Als Wärmequelle dient ein Pelletskessel im Wohnzimmer. Die Verteilung erfolgt über einen 850 l - Pufferspeicher, der auch mit Solarenergie gespeist wird. Die Wärmeabgabe erfolgt in Wohn-, Kinder- und Schlafzimmern zusammen mit der Frischluft. Im Dusch-WC-Raum und den beiden Badezimmern ist eine Fussbodenheizung eingebaut. Die Komfortlüftung besteht aus einem Lüftungsaggregat mit Wärmerückgewinnung. Die Frischluft wird über einen Erdwärmetauscher vorgewärmt und über den Pufferspeicher auf die gewünschte Temperatur erwärmt.



Es wurden ausschliesslich ökologische Baustoffe und Dämmmaterialien verwendet. Zur optimalen Ausnutzung des Grundstückes ist das Gebäude als Doppelhaus konzipiert. Es besteht daher jederzeit die Möglichkeit, das Projekt in dieser Form zu erweitern.

Architekt:	Hermann Kaufmann	EKZ:	15 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	2002	Verwendung von regionalem Holz:	Fichte/Tanne für Konstruktion (Kellerdecke und Wände) Lärche für Aussenverschalung und Böden im EG und OG
Nutzfläche:	144 m ²	Besonderheiten:	Erdwärmetauscher; Pelletsofen, Lehmwand
Internet / Kontakt: http://www.kaufmann.archbuero.com/			

Passivhaus Ebnat-Kappel

Das Einfamilienhaus in Ebnat-Kappel ist ein Pilot- und Demonstrationsprojekt des Bundesamtes für Energie in der Schweiz. Die vom Architekten entwickelte und hier erstmals eingesetzte Solarwand macht es möglich, Sonnenenergie auch in einem Leichtbau passiv über die Südfassade ins Haus zu holen und effizient zu speichern. Herzstück der Wand ist eine gut vier Zentimeter dicke Schicht aus Paraffin, das in grün eingefärbte Kunststoffbehälter abgefüllt ist. Paraffin ist ein lichtdurchlässiges Material, das bei Sonneneinstrahlung vom festen in den flüssigen Zustand wechselt und dabei etwa zehnmal mehr Energie speichern kann als Beton. Kühlt sich die Wand abends oder bei fehlendem Sonnenschein ab, verfestigt sich das Paraffin wieder und gibt die eingespeicherte Energie an die Wohnräume ab. Der Prozess ist fast unendlich wiederholbar, ohne dass die Qualität des Speichermaterials leidet. Die Paraffinkästchen sind zwischen zwei Scheiben Sicherheitsglas eingebettet. Gegen aussen hin folgen bei dieser lichtdurchlässigen Speicherwand drei weitere Glasschichten. Dank Mehrfachverglasung und mit Edelgas gefüllten Zwischenräumen erreicht die Wand gute Dämmwerte. Das zweitäusserste Glas hat eine gezackte Oberfläche und schützt vor Überhitzung. Wenn die Sonne hoch steht (im Sommer) reflektiert dieses Prismenglas das eingestrahlte Licht weitgehend. Die tief einfallenden Strahlen der Wintersonne dagegen passieren das Glas und lassen sich für die Beheizung der dahinter liegenden Räume nutzen. Der restliche Heizbedarf während Schlechtwetterperioden ist durch eine kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe sicher gestellt.



Das gesamte Gebäude ist als vorgefertigter Holz-Elementbau ausgeführt. Die Aussenwände, das Dach und der Boden sind als hochgedämmte, 40 cm dicke Hohlkasten konstruiert und mit 35 cm Altpapierflocken ausgeblasen. Die äussere Bepunktung bildet eine Dreischichtplatte aus Lärchenholz, innen wurde Fichtenholz verwendet.

Architekt:	Dietrich Schwarz	EKZ:	7 kWh/m ² a
Standort:	St. Gallen/CH	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	2000	Verwendung von regionalem Holz:	Lärche für die Aussenfassade, Fichte für den Innenausbau
Nutzfläche:	109 m ²	Besonderheiten:	Solare Gewinn-Speicher-Wand, thermische Solaranlage, Photovoltaikanlage, übers Jahr gesehen ausgeglichene Energiebilanz (Einspeisung von Strom im Sommer, Bezug im Winterhalbjahr)
Internet / Kontakt: http://www.solaragency.org/Solarpreis2001/f1.htm			
Architekturbüro Schwarz: schwarz@schwarz-architektur.ch			

Direktgewinnhaus Sevelen

Das Einfamilienhaus ist als Direktgewinnhaus konzipiert und verzichtet auf eine kontrollierte Be- und Entlüftung. Es handelt sich um einen Holz-Ständerbau aus regionalem Holz, überwiegend Fichte, die Isolation besteht aus Holzspänen (Iso-Wood). Die Südfassade weist eine sehr grosse Fensterfläche auf, wodurch viel Sonnenlicht die Räume aufheizt. Diese wird in beiden Geschossen durch Lehmwände, im Obergeschoss durch einen schwarz eingefärbten Zementboden und im Erdgeschoss durch eine gerippte Holzbalkendecke mit aufliegenden Kalksandsteinen gespeichert. Im Wohnzimmer steht ein kleiner Holzofen mit 6 kW Leistung. Das Bad kann bei Bedarf mit einem Elektrostrahler nachgeheizt werden. Das Warmwasser wird mit Sonnenkollektoren aufbereitet.



Architekt:	Andrea G. Rüedi	EKZ:	3,6 kWh/m ² a (gerechneter Wert)
Standort:	Sevelen/CH	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	2004	Verwendung von regionalem Holz:	Fichte für Konstruktion und Innenausbau
Nutzfläche:	168 m ²	Besonderheiten:	Lehmwände, Kalksandstein, Zementboden und Holzbalken als Wärmespeicher, keine Lüftungsanlage
Internet / Kontakt: info@noheating.info			

Passivhaus-Wohnanlage Batschuns

Bei der Solarwohnanlage in Batschuns handelt es sich um 4 zwei- und 2 dreigeschossige Reihenhäuser, die sich mit ihrer unbehandelten Lärchenholzverschalung gut in die von verwitterten Holzschindelfassaden geprägte ländliche Umgebung einpassen. Während die Südfassade fast vollständig verglast ist, sind die Öffnungen auf der Nordfassade auf ein Minimum reduziert. Den minimierten Wärmebedarf von 9,8 kWh/m²a für ein Reihemittelhaus und 11 kWh/m²a für ein Randhaus deckt die kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, der ein Erdwärmetauscher vorgeschaltet ist. Im Bedarfsfall schaltet sich eine Miniwärmepumpe ein, um die Luft auf Zimmertemperatur zu erwärmen. Fassadenintegrierte Solarkollektoren sorgen zusammen mit Zusatzkollektoren auf dem Flachdach für die Warmwasserzubereitung. Für jede der sechs Wohneinheiten steht ein 750 l-Solarboiler zur Verfügung. Die Gebäude sind klar geformt und verzichten trotz selbstbewusster Erscheinung auf Aufdringlichkeiten und modische Gesten - energieeffizientes Bauen in einem Bergdorf ohne Alpin- oder Ökorumantik.



Architekt:	Atelier Unterrainer	EKZ:	12 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	1997	Verwendung von regionalem Holz:	Fichte für Konstruktion, Lärche für die Aussenverschalung
Nutzfläche:	756 m ²	Besonderheiten:	6 Wohneinheiten
Internet / Kontakt: office@architekt-unterrainer.com			

Passivhaus-Wohnanlage Ölzbündt

Die dreistöckige Ost-West-orientierte Wohnhaus-Anlage „Ölzbündt“ wurde in Holzfertigteilebauweise errichtet. Damit wenig Energie an die Umgebung verloren geht, ist es als kompakter Kubus ohne Vor- und Rücksprünge geplant worden, die Fenster sind relativ klein. Hauptgrund des geringen Wärmeverlusts ist jedoch die Kombination von Gebäudehülle und Lüftungsanlage. Die Wandelemente sind mit 35 cm Mineralwolle gedämmt, die Übergänge zwischen den Elementen perfekt abgedichtet, daraus ergibt sich eine luftdichte Gebäudehülle. Das Bauwerk ist ein Skelettbau mit standardisierten und vorgefertigten Fertigelementen in Holz. Für die Aussenverschalung wurde einheimisches Lärchenholz verwendet, im Konstruktionsbereich wurde einheimische Fichte verbaut. Der Grundriss ist frei einteilbar, die Wohnungstrennwände bestehen aus Gipskartonplatten. Auf dem Dach der Wohnanlage befindet sich eine Solaranlage, die über das Jahr hinweg fast zwei Drittel der Energie für Warmwasseraufbereitung deckt. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades konnte das Objekt inkl. Tiefgarage innerhalb von 4,5 Monaten realisiert werden.



Architekt:	Hermann Kaufmann	EKZ:	8 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	1997	Verwendung von regionalem Holz:	Fichte für die Konstruktion, Lärche in der Aussenfassade
Nutzfläche:	940 m ²	Besonderheiten:	13 Wohneinheiten
Internet / Kontakt: http://www.kaufmann.archbuero.com/			

Direktgewinnhaus Gasser

Das Büro- und Gewerbegebäude von J. Gasser in Chur (Schweiz) wurde 1999 mit dem Preis für nachhaltiges Planen und Bauen des Schweizerischen Ingenieur und Architektenvereins ausgezeichnet. Der Verwaltungs- und Ausstellungsbau bietet grosszügige, stützenfreie, flexibel nutzbare und helle Räume. Das Kalksandstein-Sichtmauerwerk und die Decken aus regionalem Holz dienen der Wärmespeicherung und tragen aufgrund ihrer positiven Eigenschaften (Aufnahme von Luftfeuchte und Geruchsabsorption) zum guten Raumklima bei. Grundsätzlich wird das ganze Haus durch das eindringende Sonnenlicht beheizt. Nur im Dezember und Januar wird eine minimale Zusatzbeheizung notwendig. Ist die untere Komfortgrenze von z.B. 19° C erreicht setzt eine Zusatzheizung von maximal 16 kW (zwei Holzpelletsöfen; einer im EG, einer im 2. OG) zur Stabilisierung der Grundtemperatur (z.B. 20 °C) automatisch ein. Um südseitig die gesamte Sonnenstrahlung ungehindert ins Haus lassen zu können, gleichzeitig aber Blendungen zu vermeiden, wird das Sonnenlicht mittels inneren Umlenkstoren der oberen zwei Drittel der Verglasung zur Decke gelenkt. Eine Ersatzluftanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt tagsüber für eine energiesparende Hygienelüftung. Nachts sorgen die automatisierte Fensteröffnung und eine grossflächige Abluftöffnung über das Dach für eine Abkühlung in den Sommermonaten.



Architekt:	Andrea G. Rüedi	EKZ:	4 kWh/m ² a
Standort:	Graubünden/CH	Konstruktion:	Holz-Beton-Verbund
Baujahr:	1998	Verwendung von regionalem Holz:	Lärchenholz für Fassade und Deckenkonstruktion
Nutzfläche:	2.625 m ²	Besonderheiten:	Regenwassernutzung für Toiletten, Autowaschanlage, Reinigung und Garten. Photovoltaikanlage (Einspeisung in die Solarstrombörse)
Internet / Kontakt: http://www.gasser.ch (tägliche Aufzeichnung der Innen- und Aussentemperaturen, abrufbar als pdf)			

Passivhaus-Gemeindezentrum Ludesch

Das derzeit im Bau befindliche Gemeindezentrum Ludesch ist durch einen integrativen Planungsprozess geprägt, der neben der klassischen Nutzungstauglichkeit vor allem die Aspekte der Sozialverträglichkeit, Raumverträglichkeit, städtebaulichen Entwicklung und Nachhaltigkeit im Sinne des sparsamen Umgangs mit beschränkten Ressourcen sowie des sinnvollen Einsatzes von ökologischen und gesunden Baumaterialien berücksichtigt. Der Neubau wird im Passivhausstandard ausgeführt.



Neben dem Einsatz von erneuerbaren Energieträgern soll das Gebäude mit möglichst geringem Gesamtenergieaufwand erstellt werden. Ein Schwerpunkt liegt daher in der Verwendung von Holz aus dem Wald der Agrargemeinschaft Ludesch, in der auch die Gemeinde Mitglied ist. Es ist das erklärte Ziel der Gemeinde, das Bauvorhaben trotz zusätzlicher ökologisch motivierter Investitionen die durch eine transluzente PV-Anlage, Holz aus regionaler Wertschöpfung, Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, generellen Verzicht auf PVC und den Einsatz schadstoffarmer Bauprodukte (z.B. Lösungsmittel- und weichmacherarme Farben, Lacke und Anstriche) entstehen, im üblichen Kostenrahmen umzusetzen. Die Umsetzung der Aufgabenstellung und der Zielsetzung erfolgt durch ein interdisziplinär zusammengesetztes Planungsteam (Vertreter der Gemeinde, Architekt, Fachplaner, Baubiologe und Umweltverband).

Architekt:	Hermann Kaufmann ZT	EKZ:	< 15 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg /A	Konstruktion:	KG: Massivbau EG/OG: Holzbau
Baujahr:	2004/05	Verwendung von regionalem Holz:	Weisstanne aus eigenem Wald für Konstruktion, Wand- und Deckenverkleidung sowie für gesamte Aussenfassade
Nutzfläche:	3.135 m ²	Besonderheiten:	350 m ² transluzente Photovoltaikanlage; Biomasse-Fernwärme, Lüftungsanlage (Grundwasserkühlung)
Internet/Kontakt: Architekturbüro Kaufmann: http://www.kaufmann.archbuero.com/ Gemeinde Ludesch, Bürgermeister Paul Amman bgm.ammann@ludesch.at			

Passivhaus-Hauptschule Klaus-Weiler

Der neue Schulkomplex wurde zum Grossteil in Passivhausbauweise erstellt. Die Konstruktion oberhalb des Kellers erfolgte zur Gänze in Holzbauweise. Für die Aussenverschalung wurde regionales Weisstannenh Holz verwendet. Mittels kontrollierter Be- und Entlüftung, sowie der Optimierung der Bauhülle werden Verbrauchswerte unterhalb von 15 kWh/m²a Heizwärmebedarf erzielt. Die Raumheizung erfolgt im Schultrakt ausschliesslich über die zentrale Lüftungsanlage, wobei je Raum ein Nachheizregister zur individuellen Einzelraumregelung installiert ist. Der Lüftungsanlage ist ein Erdwärmetauscher vorgeschaltet, welcher im Winter die Vorwärmung und im Sommer die Abkühlung der Luft übernimmt. Die Bereiche Aula und Bibliothek bzw. Gang-UG, sind zusätzlich zum hygienischen Luftwechsel mit einer Niedertemperatur-Fussbodenheizung ausgestattet, da die Beheizung mit Luft (Aula und Bibliothek besitzen keine Passivhausausführung) enorme Kosten aufgrund der benötigten grossen Luftmengen verursachen würde. Für den Bereich Aula ist die Niedertemperatur-Fussbodenheizung durch die Einbringung von Nässe an Regen- und Wintertagen zusätzlich zur „Trocknung“ der Bodenfläche zuständig. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über einen gut isolierten und im Technikraum positionierten Boiler, welcher zusätzlich mit Solaran-schlüssen ausgestattet ist. In Bezug auf die zukünftige Sanierung der direkt angrenzenden, bestehenden Sporthalle, sind Varianten für eine Nahwärmeversorgung mittels zentraler Hackschnitzelanlage bzw. Wärmepumpenanlage in Arbeit (Anschlussleitungen für einen zukünftigen Anschluss des Neubaus bereits vorgesehen).



Architekt:	Dietrich & Untertrifaller	EKZ:	15 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Holzbau
Baujahr:	2003	Verwendung von regionalem Holz:	Weisstanne als Aussenverschalung
Nutzfläche:	4.522 m ²	Besonderheiten:	Photovoltaikanlage
Internet / Kontakt: http://www.nextroom.at/building_article.php?building_id=3843&article_id=7263/ Bürgermeister Robert Längle robert.laengle@klaus.cnv.at			

Passivhaus-Kindergarten Lindau

Bei diesem Kindergarten handelt es sich um ein 2-geschossiges, vorgefertigtes Holzhaus mit Gruppenräumen, einem Mehrzweckraum, einem Intensivraum, Küchen und einem Essraum. Das Gebäude wurde innerhalb von drei Tagen aufgestellt. Die Werkstofffertigung hatte zuvor drei Wochen in Anspruch genommen. In die aufgerichteten Bauteile wurden sofort die Holzfenster eingesetzt und die Dachelemente mit Blech eingedeckt. So stand nach einer Woche eine warme Winterbaustelle für den Innenausbau bereit.



Der vorgelagerte Windschutz ist aus unbehandeltem Lärchenholz im Blockhausprinzip angelegt und soll den Kindern den Verwitterungsprozess von Holz vor Augen führen. Über die Lüftungsanlage und wandbündige Flächenheizkörper in den Gruppenräumen wird zugeheizt, um Temperaturabsenkungen nach Ferienzeiten auszugleichen. Zuluft und Heizkörper werden über eine Gasterme versorgt, die auch den geringen Warmwasserbedarf abdeckt. Trotz der relativ grossen Verschattung durch Bebauung und hohe Bäume liegt der Heizwärmebedarf unter 15 kWh/m²a.

Architekt:	Cord und Sabine Erber	EKZ:	14 kWh/m ² a
Standort:	Bayern/D	Konstruktion:	Vorgefertigtes Holzhaus aus Wandplatten
Baujahr:	2001	Verwendung von regionalem Holz:	Tragwerk aus Fichte, Windschutz aus Lärche
Nutzfläche:	440 m ²	Besonderheiten:	Für Planung und Bauzeit standen 6 Monate zur Verfügung. Vorgabe des Bauherren war, dass der Kindergarten mit einheimischen Firmen und Baustoffen realisiert wird
Internet / Kontakt: http://www.maria-ward-kindergarten.de Architekturbüro Erber mail@erber-architekten.de			

7.2 Sanierung

Niedrigenergiehaus Alte Schule Kehlegg

Das ursprüngliche Schulgebäude wurde im Jahr 1800 erbaut und im Jahr 1948 zu einem Lebensmittelgeschäft umfunktioniert. Im Zuge dessen wurde der bergseitige Teil des Gebäudes um einen Zubau in Holzriegelbauweise erweitert. Die jetzigen Bauherren haben das Gebäude in ein den heutigen Wohnverhältnissen entsprechendes Einfamilienhaus umgebaut. Der schlechte Zustand des alten Schulteiles erforderte massive Eingriffe in die Grundsubstanz. Die Erdgeschossdecke im Wohnteil, die in der Südwestecke um 22 cm abgesenkt war, wurde vollständig erneuert, da sie nicht mehr den statischen Anforderungen entsprach. Die restlichen Decken und Dachsparren wurden mit Stahlträgern und Dielen verstärkt, welche seitlich an die bestehenden Balken geschraubt wurden. Im südlichen Teil wurde die bestehende Holzstrickwand, im nördlichen Teil die Riegelwände mit einer 19 cm und 33 cm Mineralwollendämmung versehen. Die ursprüngliche Schindelfassade wurde durch eine schmale Rhombusschalung ersetzt. Für die Aussenfassade und den Innenausbau wurde regional verfügbares Weisstannenholz verwendet. Das gesamte Gebäude wurde mit neuen Naturholzfenstern aus Lärche versehen. Die Fenstergrößen und -formate wurden entsprechend den heutigen Verhältnissen geändert. Für die Warmwassererzeugung im Sommer sorgt ein 8 m² grosser Fassadenkollektor, der in der Balkonbrüstung der Terrasse im ersten Obergeschoss untergebracht ist. Im Winter wird für Warmwasser und Heizung ein moderner, schadstoffarmer Öl-Heizkessel verwendet.



Architekt:	Gerold Leuprecht GmbH	EKZ:	38,5 kWh/m ² a
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Mischbau
Baujahr:	1800	Verwendung von regionalem Holz:	Aussenfassade und Innenausbau aus Lärchenholz
Sanierung:	2000	Besonderheiten:	
Nutzfläche:	130 m ²		
Internet / Kontakt: http://www.hausderzukunft.at/download/altbau_auszeichnungen.pdf			

Niedrigenergiehaus Au im Bregenzerwald

Die Sanierung des zweigeschossigen Hauses aus dem Jahr 1967 wurde im Zuge einer Vergrößerung von einem Ein- zu einem Zweifamilienhaus durchgeführt. Vor der Sanierung lag der Energiebedarf bei 235 kWh/m²a. Nach der Sanierung liegt der Heizenergiebedarf im Bereich eines Passivhauses und wird vollständig autarkt erzeugt.

Durch die 92 m² grosse Solarfassade wird in Kombination mit dem 30 m³ Pufferspeicher der gesamte Energiebedarf für Heizung und Warmwasser gedeckt. Da im es im Winter



am Standort (800 m ü.M.) immer wieder zu Schneefall kommt, wurde die Solaranlage nicht auf dem Dach sondern in die Südfassade integriert. In den Wintermonaten kann so die Sonneneinstrahlung optimal genutzt werden. Durch die Reflektion bei Schneelage erhöht sich der Wirkungsgrad auf 70 bis 80 %. Schon beim ersten Sonnenschein, aber auch bei diffusem Licht, können die Absorber die Strahlung gleich aufnehmen. Die höchsten Temperaturen werden Ende Januar erreicht. Im Sommer hingegen schattet das Dach einen Teil ab. Auch die Reinigung, die jährlich im Herbst durchgeführt wird, ist mit Wischern auf ausziehbaren Teleskopstielen leicht möglich. Seit 1998 wird auch Strom zu 100% aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen. Die Amortisationszeit der Anlage beträgt laut Betreiber weniger als 8 Jahre. Im Zuge der Sanierung wurde auch ein kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung installiert. Das eigentliche Heizsystem stellt eine Deckenheizung dar, für die Kupferrohre in den Beton (Anbau) bzw. auf die alten Hohlkörperdecken (Altbau) aufgelegt wurden. Deckenheizungen haben gegenüber Fussboden- oder Wandheizungen den Vorteil, nicht mit Teppichen, Parkett, Möbeln oder Bildern an der Wärmeabgabe gehindert zu werden. Die Decke kann darüber hinaus als zusätzlicher Speicher verwendet werden. Die Gebäudehülle wurde im Bereich des Daches und der Aussenwand nach Passivhauskriterien gedämmt. Die Wasserversorgung erfolgt über die örtliche Wassergenossenschaft und mit aufgefangenem Regenwasser. Durch die Verwendung wassersparender Armaturen konnte der Verbrauch gegenüber der Vorjahre um 50% gesenkt werden. Die Erfahrungswerte zeigen, dass die Solaranlage für die Warmwasserbereitung ausreichend ist. Eine Nacherwärmung mittels Elektroboiler war bislang auch im Winter nicht erforderlich.

Architekt:	Bauherr Franz Sohm	EKZ:	k. A.
Standort:	Vorarlberg/A	Konstruktion:	Mischbau
Baujahr:	1967	Verwendung von regionalem Holz:	Aussenfassade und Innenausbau aus Fichte (grösstenteils aus dem eigenem Wald)
Sanierung:	1995		
Nutzfläche:	180 m ²	Besonderheiten:	Mit dem noch brauchbaren Holz aus dem alten Dachstuhl ist die Garage errichtet worden. Das Auto wurde auf Biodiesel umgestellt.
Internet / Kontakt: http://www.passivehouse.at			

Niedrigenergiehaus Magnusstrasse, Zürich

Das 1894 erbaute Mehrfamilienhaus wurde im April 2002 innert rund 12 Wochen Bauzeit zu einem Mehrfamilienhaus mit minimalstem Energieverbrauch saniert. Das Haus ist mit einem gleich hohen Gebäude auf der einen und einem zweigeschossigen Bau auf der anderen Seite verbunden. Der Abstand zum Nachbargebäude auf der Hofseite beträgt nur 4 m, was die wärmetechnischen Massnahmen aufgrund der bestehenden Bauordnung (Einhaltung des Mindestabstandes zum Nachbargrundstück) einschränkt. Im Sinne der Bauökologie wurde so viel als möglich der bestehenden Bausubstanz erhalten. Die bestehenden Zimmertüren, Türzargen und Brusttäfer konnten wieder in Stand gestellt und neu gestrichen werden. Das Dachgeschoss hingegen war in einem so schlechten Zustand, dass es vollständig abgebrochen und neu in Holzelementbauweise aufgerichtet werden musste. Die Dicke der Wärmedämmungen liegt zwischen 16 und 40 cm. Die Strassenfassade mit 20 % Anteil an der Gebäudehülle durfte aufgrund denkmalpflegerischer Auflagen optisch nur minimal verändert werden. Daher wurde aussen und innen je nur 3 cm Wärmedämmung angebracht. Die benötigte Energie für Heizung und Warmwasser wird in einem Speicher mit integriertem Boiler von der Sonnenkollektorenanlage und einer Luft/Wasser-Wärmepumpe bereitgestellt. Die Wärmeverteilung erfolgt über die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Jede Wohnung hat ihre eigene Anlage und kann diese unabhängig von den anderen regulieren. Sinkt die Aussentemperatur tiefer als -2°C , reicht die Warmluftheizung nicht mehr aus. Das Defizit muss mit den Holzspeicheröfen abgedeckt werden. Die Graue Energie der gesamten Sanierung wird innerhalb von 5 Jahren durch die Einsparung an Heizenergie amortisiert. Die Graue Energie für die wärmetechnischen Massnahmen (Wärmedämmung und bessere Fenster bzw. Gasfüllung) wird nach 1,5 Jahren (innerhalb der oben erwähnten 5 Jahre) durch die Einsparungen an Heizenergie amortisiert.



Architekt:	Viridén und Partner	EKZ:	27 kWh/m ² a
Standort:	Zürich/CH	Konstruktion:	Mischbau
Baujahr:	1894	Verwendung von regionalem Holz:	Fichte/Kiefer als Konstruktionsholz im Dachausbau
Sanierung:	2002		
Nutzfläche:	375 m ²	Besonderheiten:	
Internet / Kontakt: http://www.viriden-partner.ch			

Niedrigenergiehaus Bürogebäude Nordpool Steyr

Das Gebäude wurde 1960 als Möbelproduktionsstätte errichtet. Der Stahlbetonskelettbau war weitgehend ungedämmt und wies einen Heizwärmebedarf von 272 kWh/m²a auf, was jährlich rund € 50.000,- Heizkosten verursachte. Durch die Sanierung wurden die Heizkosten um 95% auf € 2.500,- gesenkt.

Die Herausforderung bei der Sanierung bestand darin, ein modernes Büro- und Geschäftshaus in Niedrigenergiebauweise zu entwickeln, das innerhalb von 6 Monaten bezugsfertig sein sollte. Die Aussenhülle wird optisch von der sägerauen Lärchenholzschalung geprägt. Die thermische und ökoefiziente Sanierung zum Niedrigenergiehaus erfolgte unter Verwendung von fast ausschliesslich nachwachsenden Rohstoffen bzw. Recyclingmaterialien. Zur Heizungsunterstützung wurde eine 102 m² grosse fassadenintegrierte Solaranlage installiert. Eine kontrollierte



Wohnraumlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung sorgt für frische und staubfreie Luft an den Arbeitsplätzen. Auf die bestehende Massivwand wurde eine 16 cm Träger-Holzkonstruktion befestigt und mit Zellulose gedämmt. Die Aussenschale, wie auch die Fenster sind aus regionalem Lärchenholz gefertigt. Der Restheizbedarf wird nicht mit Öl, sondern mit erneuerbarer Energie (Solar- und Umgebungswärme) gedeckt. Mit dem Konzept der ökoeffizienten Gebäudesanierung wurde mit einfachen Mitteln eine sehr effiziente thermische Sanierung durchgeführt, bei der im Wesentlichen nur ökologische Baumaterialien eingesetzt wurden. Die Sanierungskosten konnten durch die geschickten Lösungen tief gehalten werden (355 Euro/m²).

Architekt:	POPPE*PREHAL Architekten	EKZ:	37 kWh/m ² a
Standort:	Steyr/A	Konstruktion:	Mischbau
Baujahr:	1960	Verwendung von regionalem Holz:	Aussenschalung und Fenster aus Lärchenholz
Sanierung:	2001	Besonderheiten:	Fassadenintegrierte Solaranlage
Nutzfläche:	3.671 m ²		
Internet / Kontakt: http://www.hausderzukunft.at/altbau/index.htm			

8 Fördermöglichkeiten

Zur Erreichung der klimapolitischen Ziele des Kyoto-Protokolls kann die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise einen grossen Beitrag leisten. Allerdings setzt das voraus, dass die Alpenstaaten dieses Potenzial erkennen und ihm in ihrem Massnahmenkatalog zur Minderung des CO₂-Ausstosses einen hohen Stellenwert einräumen. Klimaschutz kommt nicht von selbst, sondern muss vorgelebt und gezielt gefördert werden. Dass heisst, dass die öffentliche Hand nicht nur eine Vorbildfunktion hat und ihre Amts- und Verwaltungsgebäude energieeffizient bauen bzw. sanieren sollte, sondern gleichzeitig auch für private und gewerbliche Neubau- und Sanierungsprojekte finanzielle Anreize schafft. Einige Alpenländer unterstützen bereits die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise mit direkten Zuschüssen oder zinsgünstigen Krediten. Eine Vorreiterrolle bei der Förderung dabei nimmt das Bundesland Vorarlberg in Österreich ein. Seit 2002 werden dort energieeffiziente Baumassnahmen deutlich höher als in den vergangenen Jahren gefördert. Dementsprechend werden ökologische Belange beim Neubau und der Sanierung von Gebäuden immer stärker berücksichtigt. Der Anteil der „umweltgerechten“ Neubauten (nähere Informationen siehe unter Kapitel 8.5) am gesamten Neubauvolumen lag im ersten Halbjahr 2004 bei 86%, bei den Sanierungen wurden 67% der Massnahmen als besonders ökologisch gefördert [Landespressestelle Vorarlberg, 2004]. Die folgenden Angaben sollen einen ersten Überblick in den einzelnen Alpenstaaten verschaffen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Staatliche Solar-Förderung schafft neue Arbeitsplätze

Die positiven Auswirkungen einer gezielten Förderung von Solarstrom auf den Arbeitsmarkt zeigt das Beispiel Deutschland: Dank des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) verzeichnete die Solarbranche in den Jahren 2000 bis 2003 Wachstumsraten in Höhe von 30-40%. Für das Jahr 2004 rechnet die Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft sogar mit einer Umsatzsteigerung um 50%, wovon insbesondere kleinere Handwerksbetriebe und die rund 50 mittelständischen Photovoltaikhersteller profitieren. Bis zum Jahresende 2004 werden dadurch rund 5.000 neue Arbeitsplätze geschaffen [BMU, 2004]. Im gesamten Wertschöpfungsbereich Erneuerbare Energien arbeiten in Deutschland derzeit 130.000 Menschen [UVS, 2004]. Diese Branche entwickelt sich mehr und mehr zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor.

Die staatliche Förderung in Deutschland wirkt sich aber auch bereits auf andere Länder aus: Durch die erhöhte Nachfrage nach Photovoltaikanlagen in Deutschland wurde bei der österreichischen Firma Fronius in Wels/A die Mitarbeiterzahl innerhalb eines Jahres von 40 auf 80 verdoppelt [oekonews, 2004].

8.1 Deutschland

In Deutschland gibt es mehrere Förderprogramme des Bundes für die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise. Der Grossteil der Förderungen erfolgt in Form von zinsgünstigen Krediten, die über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) abgewickelt werden. Ein Überblick über die einzelnen Programme ist in Tabelle 19 zusammen gestellt. Die einzelnen Programme können auch mit einander kombiniert werden, so dass eine 100%-ige Finanzierung möglich ist. Die Mehrkosten für ein Passivhaus von derzeit rund 5% können mit diesen Förderprogrammen aufgefangen werden [Haum und Nill, 2004].

In den einzelnen Bundesländern, Landkreisen, Städten und Gemeinden existieren darüber hinaus weitere Förderungsmöglichkeiten, die über die Fördermitteldatenbank <http://www.foerderdata.de/> abgerufen werden können.

Mit dem zum 01.08.2004 in Kraft getretenem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) werden ausserdem die Stromnetzbetreiber verpflichtet, Strom aus regenerativer Energieerzeugung zu festen Preisen abzunehmen. Die Grundvergütung für Solarstrom aus Anlagen auf Gebäuden beträgt beispielsweise 0,57 € pro eingespeiste kWh. Die Vergütung ist für 20 Jahre lang festgeschrieben.²¹

²¹ nähere Informationen zum EEG: Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit <http://www.erneuerbare-energien.de/1024/>

Tabelle 19: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in Deutschland

Förderer Programm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
KfW „Wohnraum- Modernisierung 2003“ http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> • Modernisierung und Instandsetzung von Wohngebäuden (Schallschutz, Fenster, Heizung, Dach etc.) 	Zinsgünstiges Darlehen
KfW „Programm zur CO ₂ - Minderung“ http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeschutzmassnahmen an Aussenwänden, Dach, erdberührten Aussenflächen • Wärmeschutzverglasung • Erneuerung der Heizungstechnik • Nutzung von erneuerbaren Energien • Neubau von KfW-Energiesparhäusern (Jahresprimärenergiebedarf < 60 kWh/m²) 	Zinsgünstiges Darlehen
KfW „CO ₂ - Gebäudesanierungs- programm“ http://www.kfw.de	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Sanierungsmassnahmen, die einen CO₂-Einspareffekt von mind. 40 kg CO₂ pro m² und Jahr erbringen • Neubau eines Passivhauses • Neubau eines KfW-Energiesparhauses (Jahresprimärenergiebedarf < 40 kWh/m²) 	Zinsgünstiges Darlehen, bei Sanierung eines Gebäudes zum Niedrigenergiehaus wird ein Teil des Darlehens erlassen
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle http://www.bafa.de	<ul style="list-style-type: none"> • Erstinstallation und Erweiterung einer solarthermischen Anlage • Installation einer (automatischen) Pelletsanlage oder eines (manuellen) Scheitholzvergaserkessels • Installation einer Photovoltaikanlage (nur für Schulen und Universitäten) 	Zuschuss
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ http://www.naturdaemmstoffe.info/	<ul style="list-style-type: none"> • Kauf von Dämmstoffen für die Wärme- und Schallisolierung auf Basis nachwachsender Rohstoffe (gemäss einer Verzeichnisliste) 	Zuschuss

Soll beispielsweise bei der Sanierung eines Einfamilienhauses (Wohnfläche 100 m²) neben der Erneuerung der Heizungsanlage und der Fenster auch die Wärmedämmung des Daches und der Kellerdecke erfolgen sowie eine thermische Solaranlage (6 m² Kollektorfläche) installiert werden, können die Mittel aus drei Förderprogrammen in Anspruch genommen werden. Bei angenommenen Gesamtkosten in Höhe von 37.500 € (einschliesslich Kosten für die solarthermische Anlage in Höhe von 5.000 €), stellt sich die Finanzierung wie folgt dar:

Für die Errichtung der Solarkollektoranlage zahlt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle einen Zuschuss aus dem Programm zur *Förderung erneuerbarer Energien* in Höhe von 110 €/m² installierte Kollektorfläche, also 660 €. Der restliche Betrag für die Errichtung der Solarkollektoranlage i. H. v. 4.340 € (5.000 € abzüglich des Zuschusses vom BAFA) kann über das *KfW-Programm zur CO₂-Minderung* zinsgünstig finanziert werden. Mit dem *KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm* werden maximal 250 € pro m² Wohnfläche mit zinsgünstigen Krediten gefördert. Bei 100 m² Wohnfläche bedeutet dies ein Darlehen in Höhe von 25.000 € aus diesem Programm (100 m² x 250 €/m²).

Die verbleibende Finanzierungslücke für die Modernisierungsmassnahmen in Höhe von 7.500 € (32.500 € - 25.000 €) kann mit einem Darlehen aus dem *KfW-Programm zur CO₂-Minderung* geschlossen werden.

Tabelle 20: Finanzierungsplan bei einer Haussanierung mit Gesamtkosten in Höhe von € 37.500 mit den Förderprogrammen in Deutschland

Modernisierungsmassnahmen:		
KfW-CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm	25.000 €	Zinsgünstiges Darlehen
KfW-Programm zur CO ₂ -Minderung	7.500 €	Zinsgünstiges Darlehen
Errichtung der Solarkollektoranlage:		
Programm zur Förderung erneuerbarer Energien	660 €	Zuschuss
KfW-Programm zur CO ₂ -Minderung	4.340 €	Zinsgünstiges Darlehen
Summe	37.500 €	

8.2 Frankreich

In Frankreich besteht kein gezieltes Förderprogramm für die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise. Jedoch werden von staatlicher Seite Zuschüsse, zinsgünstige Kredite und steuerliche Vorteile bei Sanierungsmassnahmen oder der Nutzung von regenerativen Energiequellen gewährt. Teilweise wird dabei unterschieden, ob es sich um selbst genutztes oder vermietetes Wohnungseigentum handelt. Zinsgünstige Kredite werden z.B. von der Familienkasse (Caisse d'Allocations Familiales) oder auch von den staatlichen Energieversorgern (EDF Electricité de France und GDF Gaz de France) unter besonderen Bedingungen gewährt. Zusätzlich zu den staatlichen Förderungen gewähren auch die Departements, Regionalverwaltungen und Gemeinden finanzielle Hilfen. Eine Informationsdatenbank von Habitat & Développement bietet unter http://www.habitat-developpement.tm.fr/Internet/AH_Index.cfm?Cont=Index eine Orientierungshilfe über die einzelnen Fördermöglichkeiten. In Tabelle 21 sind die die beiden überregionalen staatlichen Förderinstitutionen angeführt.

Die Einspeisung von Strom aus Photovoltaikanlagen müssen die Stromnetzbetreiber seit März 2000 mit 0,15 €/kWh vergüten.

Für den Austausch eines Holzheizkessels wird beispielsweise von der ANAH ein Zuschuss in Höhe von 900 € gewährt, Wärmeschutzfenster werden mit 80 € pro Fenster subventioniert. So genannte „kombinierte Solarsysteme“, bei denen neben der Warmwasserproduktion auch ein Teil der Heizenergie produziert wird, werden von der ANAH mit 1.800 € bezuschusst. Solaranlagen werden von der ADEME je nach Region, Leistung und Grösse mit 366 bis 1.150 € bezuschusst. Bei thermischen Sanierungsmassnahmen oder der Installation einer Holzheizung kann der Bauherr für die Arbeiten und die Materialien eine Reduktion der Mehrwertsteuer (5,5% anstatt 19,6%) in Anspruch nehmen.

Tabelle 21: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in Frankreich

Förderer Programm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH) „Wohnraum-Erneuerung“ http://www.anah.fr/	Gebäude, die älter als 15 Jahre sind und selbst genutzt oder zu Wohnzwecken vermietet werden: <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der thermischen Isolation • Erneuerung der Heizungsanlage • Umstellung der Warmwasserbereitung mittels erneuerbarer Energiequellen • Wärmeschutz- oder Schallschutzverglasung • Installation von Wasserspararmaturen 	Zuschuss
Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME) „Förderung erneuerbarer Energien“ http://www.ademe.fr/particuliers/default.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Installation einer thermischen Solaranlage • Installation einer Photovoltaikanlage • Nutzung von Geothermie Mehrfamilienhäuser mit mind. 1.000 m ² <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung einer Energiebilanz 	Zuschuss

8.3 Italien

Eine direkte Förderung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise existiert in Italien nicht. Die Kosten für eine thermische Sanierungsmassnahme oder die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung (z.B. die Anschaffung einer Solaranlage oder ein Heizkesseltausch) können im Rahmen der Steuererklärung geltend gemacht werden und führen zu einer Steuerminderung in Höhe von bis zu 36% der Investitionskosten (die Abschreibung erfolgt über 10 Jahre).

Im Januar 2004 wurde ein Gesetz für die Stromeinspeisung aus regenerativen Energiequellen verabschiedet. Bis Juni 2004 sollte eine Durchführungsverordnung vorgelegt werden, die die einzelnen Bedingungen und Tarife festlegt. Diese Durchführungsverordnung wird derzeit in den Gremien verhandelt (Stand 15.12.2004).

Landesförderungen für energieeinsparende Massnahmen gibt es beispielsweise in der autonomen Provinz Südtirol. Die förderungsfähigen Massnahmen sind in Tabelle 22 zusammen gestellt. Insgesamt werden rund 30% der Investitionskosten durch das Land zurück erstattet.

Tabelle 22: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in Südtirol/I

Region Förderprogramm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
Südtirol		
Amt für Energieeinsparung „Neubau“ http://www.provinz.bz.it/wasser%2Denergie/foerderungen_d.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Installation einer solarthermischen Anlage • Installation einer Photovoltaikanlage • Holzheizung (Stückholz-, Pellets-, Hackschnitzelöfen) • Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung • Anschaffung einer Wärmepumpe 	Zuschuss
Amt für Energieeinsparung „Altbau“ http://www.provinz.bz.it/wasser%2Denergie/3702/investitions_d.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmedämmung an Gebäuden, die älter als 10 Jahre sind • Austausch einer Öl- oder Gasheizung • Installation einer solarthermischen Anlage • Installation einer Photovoltaikanlage • Holzheizung (Stückholz-, Pellets-, Hackschnitzelöfen) 	Zuschuss

8.4 Liechtenstein

In Liechtenstein werden einzelne Massnahmen mit Zuschüssen gefördert. Eine spezielle Förderung von Minergie- und Passivhausbauweise ist gemäss dem Energiekonzept 2003 vorgesehen und wird im Energiespargesetz verankert werden. Der Liechtensteinische Stromnetzbetreiber (LKW) bietet Betreibern von Photovoltaikanlagen, die am Gebäude installiert sind und nach naturemade²² zertifiziert wurden, fünf Jahre lang einen garantierten Abnahmepreis von 0,80 CHF/kWh. (Nähere Informationen unter: <http://www.lkw.li/>).

Tabelle 23: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in Liechtenstein

Förderer Programm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
Land Liechtenstein, Energiefachstelle „Förderung Haustechnik“ http://www.llv.li	<ul style="list-style-type: none"> • Modernisierung der Heizungsanlage (Wärmepumpe, Stückholzheizung) • Installation einer solarthermischen Anlage • Installation einer Photovoltaikanlage 	Zuschuss
Land Liechtenstein, Energiefachstelle „Förderung Gebäudesanierung“ http://www.llv.li	<ul style="list-style-type: none"> • Massnahmen zur Wärmedämmung von Gebäuden, die vor 1989 gebaut wurden 	Zuschuss

²² Schweizer Qualitätszeichen für Strom aus erneuerbarer Energie, wird vom Verein für umweltgerechte Elektrizität vergeben, nähere Infos unter: <http://www.naturemade.org/> (dt/fr/en)

8.5 Österreich

In Österreich gibt es keine bundesweiten Förderungsprogramme, die Zuständigkeiten für die Wohnbauförderungen liegen bei den einzelnen Bundesländern. Die Förderungen sind daher je nach Bundesland sehr unterschiedlich. Die energieeffiziente Bauweise wird vor allem in den Bundesländern Vorarlberg und Niederösterreich gefördert [Schuster, 2004]. Einen Überblick für diese beiden Bundesländer gibt Tabelle 24.

Im Bundesland Vorarlberg wird die ökologische Qualität innerhalb der vier Themenbereiche „Flächenbedarf“, „Gebäudehülle“, „Haustechnik“ und „Materialwahl“ beurteilt. Jeder Massnahme sind ökologische Punkte zugeordnet. Je mehr Ökopunkte erreicht werden, desto höher fällt die Förderung aus. Einige Vorgaben wie die Erstellung eines Gebäudeausweises und die Einhaltung eines maximalen Heizwärmebedarfs sind Grundvoraussetzung für eine Förderzusage. Neben der Überprüfung der Unterlagen und Berechnungen im Vorfeld der Baumaßnahme ist auch eine Abnahme vor Ort nach der Fertigstellung ein zentrales Element der Förderungsvoraussetzungen.

Zusätzlich zu den Landesförderungen gewähren viele Gemeinden in Vorarlberg Zuschüsse bei der Anschaffung einer Solar- oder Biomasseanlage. In der Gemeinde Mäder wird beispielsweise ein Zuschuss in Höhe von 50% der Landesförderung gewährt. Darüber hinaus zahlt die Gemeinde einen Zuschuss für die Berechnung des Heizwärmebedarfs in Höhe von € 726,--.

Das 2002 verabschiedete Ökostromgesetz sah einen erhöhten Einspeisetarif für Strom aus Photovoltaikanlagen vor. Allerdings wurde die im Gesetz festgelegte maximale Einspeishöhe für Strom aus Photovoltaikanlagen von 15 MW im Januar 2003 überschritten, so dass zur Zeit keine höheren Einspeistarife für Solarstrom von den Stromnetzbetreibern gezahlt werden. Eine Novellierung des Ökostromgesetzes wird derzeit diskutiert.

Tabelle 24: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in Österreich

Bundesland Förderprogramm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
Vorarlberg		
„Ökologische Wohnbauförderung Neubau“ http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Gestaffelte Förderhöhe je nach Energiekennzahl und den umgesetzten Massnahmen (z.B. Flächenschonendes Bauen, hohe Wärmedämmung, erneuerbare Energieträger, sparsamer Umgang mit Trinkwasser, schadstofffreier Innenausbau, barrierefreies Bauen), 3 Förderstufen plus Innovationsförderung „Passivhaus“ 	Zinsgünstiges Darlehen
„Ökologische Wohnbauförderung Altbausanierung“ http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Gestaffelte Förderhöhe je nach berechneter Energiekennzahl und den umgesetzten Massnahmen, 3 Förderstufen plus Innovationsförderung „Niedrigenergiehaus“ 	Zuschuss
„Förderung Erneuerbare Energien“ http://www.energieinstitut.at	<ul style="list-style-type: none"> Installation einer thermischen Anlage auf Ein- und Zweifamilienhäusern Umstellung auf Holzheizung im Rahmen einer Sanierung 	Zuschuss
Niederösterreich		
„Wohnbauförderung Neu“ http://www.noel.gv.at/Bauen/Wohnen/BauenWohnen.htm	<ul style="list-style-type: none"> Energiekennzahl muss $\leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, je kleiner die EKZ, desto höher die Förderung Heizungsanlage für biogene Brennstoffe Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung Verwendung von ökologischen Baustoffen 	Zinsgünstiges Darlehen
„Kleine Althausanierung“ http://www.noel.gv.at/Bauen/Wohnen/BauenWohnen.htm	<ul style="list-style-type: none"> Gestaffelte Zuschüsse je nach Umfang der Sanierungsmassnahme Sanierungsmassnahmen an der Gebäudehülle Erhöhung des Wärmeschutzes (Mindestanforderungen an den U-Wert) Thermische Solaranlagen Umstellung auf Holzheizung Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 	Zuschuss

8.6 Schweiz

In der Schweiz existieren keine bundeseinheitlichen Förderprogramme, sondern die Vergabe von Fördermitteln obliegt den einzelnen Kantonen. Viele Kantone gewähren Zuschüsse für den Neubau/Sanierung von Minergie-Gebäuden und unterstützen die Installation einer Solaranlage oder einer neuen Heizungsanlage. Passivhäuser (Minergie-P) werden jedoch nur in den Kantonen Bern und Basel-Landschaft speziell gefördert. Im Kanton Bern werden beispielsweise für Neu- und Umbauten im Passivhausstandard bis zu einer Energiebezugsfläche von 250 m^2 pauschal 20.000,-- CHF ausgezahlt. Einen Überblick über die Förderungsmöglichkeiten in diesen beiden Kantone ist in

Tabelle 25 zusammen gestellt. Das Bundesamt für Energie bietet unter <http://www.e-kantone.ch> eine Übersicht zu allen kantonalen Förderprogrammen. Darüber hinaus bieten

einzelne Bankengruppen, wie z.B. die Züricher Kantonalbank oder die Alternative Bank ABS, vergünstigte Kreditkonditionen (Umweltdarlehen oder Förderkredite) für Minergie-Bauten. Für die Einspeisung von Strom aus Photovoltaikanlagen gibt es in der Schweiz eine bundeseinheitliche Richtlinie, die einen Mindestabnahmetarif von 0,15 CHF/kWh festlegt. Die einzelnen Stromnetzbetreiber können darüber hinaus direkte Verträge mit den Anlagenbetreibern abschliessen.²³

Tabelle 25: Förderprogramme für energetische Massnahmen beim Neubau oder der Sanierung in der Schweiz²⁴

Kanton Förderprogramm Internetlink	Voraussetzungen / Geförderte Massnahmen	Art der Förderung
Bern		
„Minergiebauten“ http://www.be.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Mind. 100 m², bei Neubauten: mind. 4 Wohneinheiten (ausser bei Minergie-P) • Neubau und Sanierung gemäss den Minergie bzw. Minergie-P-Vorgaben • Bis 250 m² pauschale Förderung, dann Förderung pro m², differenzierte Förderbeträge für Neubau und Sanierung 	Zuschuss, Übernahme der Labelgebühr
„Holzenergie bei Neubauten“ http://www.be.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Erstinstallation und Ersatz von Holzfeuerungsanlagen • Bei Sanierungen muss ein Grenzwert für die Heizlast unterschritten werden (z.B. Gebäude ab 1980 < 50W/m²) 	Zuschuss
„Sonnenkollektoren“ http://www.be.ch	Neuinstallation von thermischen Anlagen die mind. 10 m ² Fläche haben	Zuschuss
Basel-Land		
„Passivhäuser“ http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Neubauten und Sanierungen gemäss den Minergie-P-Vorgaben • Förderung in Abhängigkeit der Energiebezugsfläche, max. sind 250 m² pro Wohneinheit anrechenbar 	Zuschuss, Beratungs- gutschein
„Niedrigenergiebauten“ http://www.baselland.ch/docs/bud/formulare/form-energie.htm	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Wärmeschutzmassnahmen bei Neu- und Umbauten, die eine Reduktion des Heizenergiebedarfes um 40% unter dem festgesetzten Grenzwert bedingen • Kontrollierte Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung • Holzheizungen oder Wärmepumpen (wenn es sich um das primäre Heizsystem handelt) 	Zuschuss
„Sonnenkollektor- anlagen“ / „Photovoltaikanlagen“ http://www.baselland.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Neuinstallation einer thermischen Anlage bei Ein- und Mehrfamilienhäusern (pauschale Förderung) Neuinstallation einer Photovoltaikanlage (jährliche Vergütung der produzierten Strommenge, bis 35% der Investitionskosten gedeckt sind)	Zuschuss, Vergütung des produzierten Stroms
„Erneuerbare Energien“ http://www.baselland.ch	<ul style="list-style-type: none"> • Ersatz der Elektroheizung mit Holzheizung oder Wärmepumpe 	Zuschuss
„Kantonale Bauten und	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von erneuerbarer Energie und 	

²³ Beispielsweise zahlt die EWZ (Energiewerke Zürich) im Kanton Graubünden (Raum Sils, Engadin) Betreibern von Photovoltaikanlagen 0,80 CHF pro kWh. Der produzierte Strom wird zum gleichen Preis an den Verbraucher abgegeben. Insgesamt gibt es allein in Graubünden 93 Stromnetzbetreiber, die jeweils individuelle Verträge abschliessen können.

²⁴ Eine Übersicht zu den kantonalen Förderprogrammen bietet das Bundesamt für Energie unter <http://www.e-kantone.ch>.

Anlagen“	Massnahmen zur rationellen Energieverwendung	
----------	--	--

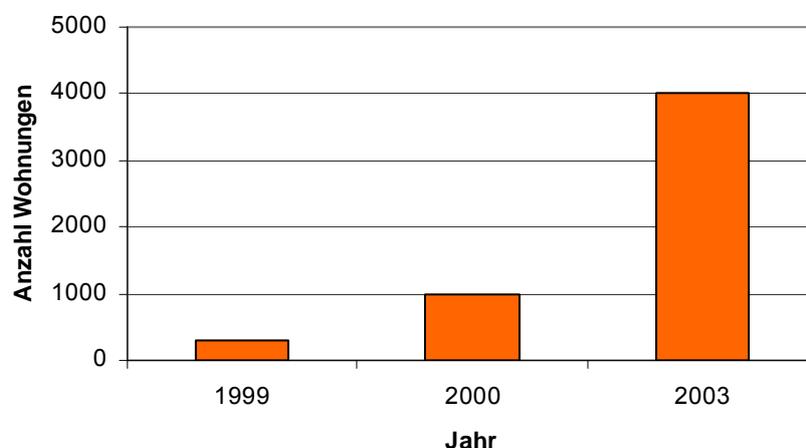
9 Marktpotenzial und Szenarien

Der hohe Anteil an Sonnentagen und das weitgehend nebefreie Klima der Alpen sind für die Erstellung von Passivhäusern geradezu prädestiniert. Die durch die Höhenlage tieferen Temperaturen können leicht durch eine dickere Dämmung aufgefangen werden. Ausserdem ist es in den Alpen in Anbetracht der strengen Winter ein besonderes Bedürfnis, im Heizbereich Sparpotenziale zu realisieren. Ein Beispiel für die Umsetzung der energieeffizienten Bauweise in alpinen Extremlagen ist das Schiestlhaus am Hochschwab in Österreich. Der energieautarke alpine Stützpunkt liegt auf 2.153 m ü.M. und ist als Passivhaus konzipiert.²⁵ Auch die Keschhütte auf 2.630 m ü.M. in den Bündner Alpen (Schweiz) beweist auf eindrucksvolle Weise, dass der rationelle Umgang mit Energie an fast jedem Standort möglich ist: Die Energiekennzahlen der Alpenvereinshütte liegen 73% unter dem Schweizer Grenzwert für Neubauten und sogar 12% unter dem Minergie-Standard.

Durch die Verwendung von regionalem Holz als Baustoff lassen sich beim Bauen und Sanieren gleich mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen: Die Passivbauweise ist mit diesem Baustoff leicht umsetzbar, regionale Holzverarbeitende Betriebe profitieren, Arbeitsplätze in strukturschwachen und durch Abwanderung bedrohten Tälern bleiben erhalten bzw. werden neu geschaffen und die Alpengemeinden können sich mit moderner Architektur und zukunftsweisender Technik profilieren und so auch eine Vorbildfunktion für andere Berggebiete übernehmen.

9.1 Passivhäuser in den Alpenländern

In Deutschland ist die Passivhausbauweise längst aus der Demonstrations- und Pilotphase herausgetreten und weist eine dynamische Marktentwicklung auf (Abbildung 15). Das Passivhausinstitut Darmstadt rechnet für die kommenden Jahre mit einer jährlichen Zuwachsrate von 100% [Bühning et al., 2004]. Mittlerweile stehen allein in Deutschland ca. 4.000 Passivhaus-Einheiten (Wohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäuser, Gewerbebauten, öffentliche Gebäude etc.).



²⁵ Nähere Informationen unter <http://www.solar4alpin.at/> (de)

Abbildung 15: Entwicklung des Passivhaus-Standards an Hand der gebauten Wohnungen in Deutschland (Zahlen gerundet) [Zentrum für Bauen und Umwelt, 2004]

In Österreich findet die Passivhaus-Idee ausgehend von Vorarlberg mittlerweile in allen Bundesländern Verbreitung. In der Objektdatenbank „Haus der Zukunft“²⁶ sind bislang 200 klein- und grossvolumige Passivhäuser dokumentiert, was ca. 80% aller Passivhäuser in Österreich entspricht (Stand 2003).

In der Schweiz ist der energetisch weniger strenge Minergie-Standard bereits recht gut etabliert [Linder Kommunikation, 2002]. Bislang wurden ca. 2.500 Gebäude mit dem Minergie-Label zertifiziert.²⁷ In einigen Regionen der Schweiz hat dieser Baustandard bereits einen Marktanteil von 10% aller Neubauten erreicht [Binz, 2004]. Die Passivhausbauweise hingegen hat in der Schweiz noch Pionierstatus. In der Zeit von 2002 bis 2004 wurden in der Schweiz ca. 40 Passivhäuser (Minergie-P-Häuser) gebaut, wovon rund die Hälfte zertifiziert ist [Andris].

Da die Passivhausbauweise ihren Ursprung im deutschsprachigen Raum hat und die Fachliteratur bislang auch nur in deutscher Sprache verfügbar ist, übt die norditalienische Provinz Südtirol aufgrund ihrer Zweisprachigkeit eine Art „Brückenfunktion“ für die Verbreitung der Passivhausbauweise in Italien aus. Von 2000 bis 2004 wurden dort 20 Passivhäuser gebaut [Gantioler, 2004].

In Slowenien wurde dieses Jahr das erste Passivhaus nach deutschem Standard in Holzbauweise erstellt. Erstmals wurde im Herbst 2004 eine Fachtagung zur energieeffizienten Bauweise für Architekten und Ingenieure durch die slowenische Agentur für effiziente Energienutzung und erneuerbare Energien veranstaltet.

9.1.1 Zukünftige Markteinschätzung für Deutschland, Österreich und die Schweiz

Im Rahmen einer Studie des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme ISE (Freiburg/D) wurde das Marktpotenzial für die Passivhausbauweise abgeschätzt. Dazu wurden Architekten, Bauträger, Fertighaushersteller und Lüftungsgerätehersteller sowie Berater, Wissenschaftler und Vertreter von Förderungsinstitutionen in Deutschland, Österreich und der Schweiz befragt. Im Mittel wird geschätzt, dass 2010 in Deutschland nahezu jedes fünfte Haus und in Österreich jedes dritte Haus in Passivhausbauweise realisiert wird. Für die Schweiz wird das Marktpotenzial deutlich niedriger eingeschätzt. Im Vergleich zum Neubau fällt die Einschätzung zur Passivhausbauweise bei der Althausanierung zurückhaltender aus. So schätzten die Branchenvertreter, dass im Jahr 2010 ca. 11% (Mehrfamilienhäuser) bis 14% (Einfamilienhäuser) auf das Niveau eines Niedrigenergiehauses mit einem Heizenergiebedarf von 30 kWh/m²a saniert sein werden [Bühning et al., 2004].

Tabelle 26: Einschätzung des Passivhausanteils bei Neubaumassnahmen durch Branchenvertreter für das Jahr 2010 für Deutschland, Österreich und die Schweiz [Bühning et al., 2004]

	Einfamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser
Deutschland	19,5%	12,5%

²⁶ <http://www.hausderzukunft.at/frame.htm> (de/en)

²⁷ Liste mit den zertifizierten MINERIGIE-Gebäuden: <http://www.minergie.ch/download/referenzobjekte.xls>

Österreich	28,4%	25,3%
Schweiz	9,3%	5,2%

Auf Grundlage der Befragungen und von Prognosen für die künftige Bautätigkeit entwickelte das ISE Szenarien für die quantitative Marktentwicklung der Passivhaus- und Niedrigenergiebauweise. Im Trendszenario werden die in Tabelle 26 angeführten Marktanteile bei der Neubautätigkeit zugrunde gelegt und gleichbleibende Rahmenbedingungen bezüglich der Energiepreise, Kostenniveau, Förderung und Verordnungen vorausgesetzt. Gemäss diesem Szenario wären in Deutschland bis Ende 2010 über 137.000 Wohneinheiten in Passivbauweise erstellt. Weitere 30.000 wären in Österreich und der Schweiz hinzugekommen [Bühning et al., 2004].

9.1.2 Faktoren für die Förderung von Passivhäusern

Als ausschlaggebende Faktoren für die Erhöhung des Marktanteiles von Passivhäusern stehen vornehmlich die Heizkosteneinsparung, Förderungen und gesetzliche Vorschriften [Bühning et al., 2004]. Als wichtigste Kriterien für eine erfolgreiche Markteinführung werden gemäss der Studie des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme ISE folgende Punkte angesehen:

- Zielgerichtete Imagekampagnen und strategische Öffentlichkeitsarbeit
- Bessere Verkaufsstrategien für die Passivhauskomponenten
- Wichtige Akteure einbinden und weiterbilden: Architekten, Handwerkskammern, Wohnungsbaugesellschaften, Bauträger, Fertighaushersteller
- Kostengünstige Bau- und Sanierungsweise, insbesondere durch Bauteil-Vorfertigung und grössere Stückzahlen bei der Komponentenherstellung
- Deutliche Anhebung der Fördermittel, um die Passivhausbauweise am Markt zu etablieren

9.2 Anteil der Holzbauweise in den Alpenländern

Während in Norwegen oder Neuseeland die Holzbauweise einen Anteil von 95% hat, liegen die Werte in Mitteleuropa deutlich darunter. In Deutschland hat sich der Marktanteil der Holzbauweise am Ein- und Zweifamilienbau in den letzten Jahren von 7% auf 14% verdoppelt [Holzabsatzfonds, 2004].

In Österreich lag der Anteil im Wohnungsneubau (Ein- und Mehrfamilienhäuser) im Jahr 2000 bei 6% [pro Holz, 2003], wobei es regional grosse Unterschiede gibt. Bei energieeffizienten Neubauten liegt der Holzanteil mit über 50% deutlich höher [Objektdatenbank Österreich, 2004]. Dieser hohe Anteil ist darauf zurück zu führen, dass die Passivhausbauweise vor allem im Ein- und Zweifamilienhausbereich umgesetzt wird, wo der Holzbauanteil generell etwas höher liegt.

In der Schweiz liegt der Holzanteil bei den Wohnungsneubauten bei 10%, wobei bei den Minergie-Bauten bereits bei 30% der Gebäude in Holzbauweise durchgeführt werden [BUWAL (1), 2004].

In Frankreich gibt es bislang keine starke Holzbautradition [Contal, 2003]. Der Anteil bei den Einfamilienhäusern liegt bei rund 4% [pro Holz, 2004].

9.3 Was wäre wenn...

In den Alpen gibt es schätzungsweise 5,5 Mio. Wohnungen²⁸ (Stand 2004), wovon ca. 90% vor 1990 gebaut wurden. Hinzu kommen noch eine Vielzahl an Büro- und Verwaltungsgebäuden, Schulhäusern, Kindergärten, Produktionshallen und sonstigen Wirtschafts- und Nutzgebäuden. Der Hauptteil des Gebäudebestandes wurde ohne besonderes Energiekonzept erstellt und weist daher einen hohen Heizwärmebedarf auf. Auch Gebäude neueren Datums wurden meist in „konventioneller“ Bauweise, d.h. in Massivbauweise ohne Berücksichtigung der in den Baustoffen enthaltenen Grauen Energie und den Grundlagen der energieeffizienten Bauweise erstellt. Bei einer angenommenen Neubaurate von 1% werden jährlich alpenweit 55.000 neue Wohnungen gebaut, rund 50% davon als Ein- oder Zweifamilienhäuser. Ebenso viele Altbau-Wohnungen werden schätzungsweise jährlich saniert. Beheizt werden die Wohnungen überwiegend mit Erdgas oder Heizöl, Holz hat nur einen geringen Anteil an der Wärmeerzeugung. Auch der Anteil der Holzbauweise ist bislang noch recht gering.

Was wäre, wenn alle Neubauwohnungen in Passivhausbauweise erstellt und mit Holzheizungen für die klimaneutrale Erzeugung der Restwärme ausgestattet würden? Und was wäre, wenn die Sanierungsrate von 1% auf 2% oder gar auf 4% angehoben, die energieeffiziente Sanierung zum Standard und auch hier die Wärmeerzeugung mittels Holzheizung erfolgen würde? Was wäre, wenn beim Neubau mehr regionales Holz verwendet würde? Die Auswirkungen auf Arbeitsplätze und die Regionalwirtschaft wären mit Sicherheit positiv zu bewerten, sind aber sehr komplex und schwer zu berechnen. In Kapitel 9.3.3 wurde beispielhaft die Auswirkung einer vermehrten Verwendung von regionalem Holz beim Einfamilienhaus-Neubau auf die Arbeitsplätze im Bereich der Holzbereitstellung untersucht. Ein weiterer positiver Effekt würde sich aber auch hinsichtlich der CO₂-Emissionen ergeben, denn durch den deutlich verringerten Heizenergiebedarf und den Einsatz von regenerativen Energieträgern könnten beträchtliche Mengen an Heizöl und Erdgas eingespart werden. Dadurch würde zwangsläufig weniger CO₂ an die Atmosphäre abgegeben. Dies könnte einen Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Alpenstaaten leisten, die sich gemäss Kyoto-Protokoll zu einer Reduktion von klimawirksamen Gasen bis zum Jahr 2010 verpflichtet haben. Doch von welchen Grössenordnungen ist dabei die Rede? Um dieser Frage nachzugehen, wurden verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2010, dem Stichjahr zur Erreichung der Kyotoziele berechnet. Folgende Punkte liegen den Betrachtungen zu Grunde:

²⁸ In den Alpen leben 13 Mio. Menschen. Pro Haushalt leben durchschnittlich 2,4 Personen. Daraus ergibt sich ein aktueller Wohnungsbestand von schätzungsweise 5,5 Mio. Wohnungen alpenweit.

Grundlagen für die Szenarien „Neubau 1 + 2“ und „Sanierung 1 - 3“

- Alpenweit leben 13 Mio. Menschen. Eine Angabe, wie viel CO₂ im gesamten Alpenbogen eingespart werden sollte, ist nicht möglich, da die Kennwerte nur länderspezifisch vorliegen. Um dennoch einen Anhaltspunkt zu haben wird das alpenweite CO₂-Einsparpotential mit den Reduktionszielen von der Schweiz und von Österreich verglichen. Die Schweiz (7 Mio. Einwohner) will gemäss dem Kyoto-Protokoll ihren CO₂-Austoss bis 2010 gegenüber dem Basisjahr 1990 um 4,25 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente²⁹ reduzieren. Österreich (8 Mio. Einwohner) will bis 2010 rund 10 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente einsparen.
- Für die Erzeugung von 1.000 kWh sind 100 Liter Heizöl oder 100 m³ Erdgas oder 0,55 m³ Holz erforderlich.
- Bei der Verbrennung von 100 Liter Heizöl werden 260 kg CO₂, bei der Verbrennung von 100 m³ Erdgas werden 200 kg CO₂ freigesetzt. Die Verbrennung von Holz ist klimaneutral, da es sich um einen geschlossenen CO₂-Kreislauf handelt (vergleiche Kapitel 4.3).

9.3.1 ...die Passivhausbauweise im Neubaubereich stärker berücksichtigt würde?

Der Anteil der energieeffizienten Bauweise am Neubauvolumen liegt derzeit noch im Promillebereich (Stand 2004). Doch jeder Bauherr, der die Entwicklungen am Ölmarkt realistisch beurteilt, wird sich dem Thema des energieeffizienten Bauens auf Dauer nicht verschliessen können. Denn wer heute neu baut, stellt die Weichen für die nächsten 30, 50 oder 100 Jahre. Ein Gebäude, das unnötig viel Heizenergie verbraucht, wird sich in Zukunft sehr viel schlechter vermarkten oder finanzieren lassen als ein energieeffizientes Gebäude. Daher wird die energieeffiziente Bauweise zukünftig eine immer grössere Rolle spielen. Im ersten Szenario wird ein Anteil der Passivhausbauweise von 20% angenommen, im zweiten Szenario werden sämtliche Neubau-Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt. Für die beiden Szenarien wurden folgenden Annahmen zu Grunde gelegt:

²⁹ Neben CO₂ sind gemäss Kyoto-Protokoll noch fünf weitere Treibhausgase zu reduzieren, deren Anteil in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden.

Annahmen für Szenario „Neubau 1“ und „Neubau 2“:

- Der Wohnungsbestand im Alpenraum liegt Anfang 2005 bei 5.500.000 Wohnungen.
- Die Neubaurate liegt bis zum Jahr 2010 konstant bei 1%. Für das Jahr 2005 bedeutet dies, dass 55.000 neue Wohnungen gebaut werden, womit der Wohnungsbestand im Jahr 2006 bei 5.555.000 Wohnungen liegt. Davon wird die Anzahl der Neubauwohnungen für das Jahr 2006 ermittelt. Analog wird für die Folgejahre verfahren. Im Jahr 2010 würden alpenweit 57.800 neue Wohnungen gebaut.
- Die neu gebauten Wohnungen haben eine durchschnittliche Wohnfläche von 100 m².
- Der Heizenergiebedarf bei einer „konventionellen“ Ausführung liegt bei 100 kWh/m²a. Bei einer Ausführung in Passivhausbauweise liegt er bei 15 kWh/m²a.
- Die Beheizung bei der „konventionellen“ Ausführung erfolgt zu 50% mit Heizöl, zu 45% mit Erdgas und zu 5% mit Holz. Der Restwärmebedarf bei der Passivhausbauweise wird zu 100% über Holz abgedeckt.

Szenario Neubau 1:

„20% aller Neubauten im Alpenraum werden in Passivhausbauweise ausgeführt und mit einer Holzheizung für die Erzeugung des Restwärmebedarfs ausgestattet.“

Im Jahr 2005 werden von den 55.000 neuen Wohnungen 11.000 Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt. Da der Heizenergiebedarf dieser Wohnungen im Vergleich zur „konventionellen“ Bauweise deutlich reduziert ist und die Beheizung vollständig mit Holz erfolgt, können jährlich 5,5 Mio. Liter Heizöl und 4,9 Mio. m³ Erdgas eingespart werden. Dadurch werden jährlich 24.200 Tonnen CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Jahr 2006 werden 11.110 neue Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt. Dadurch werden weitere 24.440 Tonnen CO₂ jährlich eingespart. Bis zum Jahr 2010 werden alpenweit 67.700 neue Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt sein. Diese sparen jährlich 150.000 Tonnen CO₂ ein (Abbildung 16). Der Restheizwärmebedarf dieser Wohnungen beträgt 101 Mio. kWh. Dafür wären jährlich 56.000 m³ Holz erforderlich.

Szenario Neubau 2:

„100% aller Neubauten im Alpenraum werden in Passivhausbauweise ausgeführt und mit einer Holzheizung für die Erzeugung des Restwärmebedarfs ausgestattet.“

Im Jahr 2005 werden 55.000 neue Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt. Da der Heizenergiebedarf dieser Wohnungen im Vergleich zur „konventionellen“ Bauweise deutlich reduziert ist und die Beheizung vollständig mit Holz erfolgt, können jährlich 28 Mio. Liter Heizöl und 25 Mio. m³ Erdgas eingespart werden. Dadurch werden 121.000 Tonnen CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Jahr 2006 werden 55.550 neue Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt. Dadurch werden weitere 122.210 Tonnen CO₂ jährlich eingespart. Bis zum Jahr 2010 werden alpenweit 338.400 neue Wohnungen in Passivhausbauweise erstellt sein. Diese sparen jährlich 744.400 Tonnen CO₂ ein (Abbildung 16). Der Restheizwärmebedarf dieser Wohnungen beträgt 508 Mio. kWh. Dafür wären jährlich 282.000 m³ Holz erforderlich.

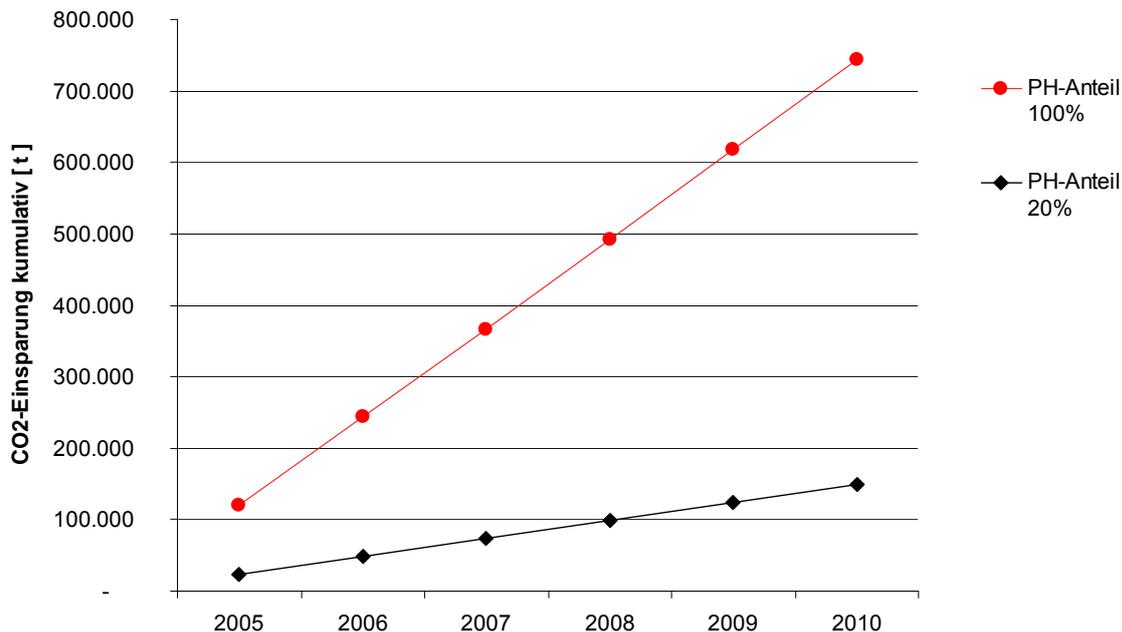


Abbildung 16: CO₂-Einsparungen (kumulativ) bis zum Jahr 2010 bei einem Passivhaus-Anteil (PH-Anteil) von 20% bzw. 100% am Neubauvolumen.

Die beiden Szenarien zeigen das CO₂-Einsparpotenzial auf, das in einer Steigerung der Passivhausbauweise liegt. Würden nur 20% aller Neubauten in der energieeffizienten Bauweise ausgeführt, könnten ab dem Jahr 2010 alpenweit immerhin **150.000 Tonnen CO₂ jährlich** eingespart werden. 150.000 Tonnen CO₂ würden 3,5% des Reduktionsziels der Schweiz, bzw. 1,5% des Reduktionsziels von Österreich entsprechen. Diese Zahlen scheinen auf den ersten Blick nicht sehr eindrücklich, aber „Kleinvieh macht auch Mist“.

Einen deutlich grösseren Effekt könnte erzielt werden, wenn die Passivhausbauweise zum allgemeinen Baustandard erhoben würde. Durch die Ausführung aller Wohnungs-Neubauten im Alpenraum in Passivhausbauweise könnten jährlich über 100.000 Tonnen CO₂ eingespart werden (Abbildung 16). Bis 2010 würde sich die eingesparte CO₂-Menge auf über **700.000 Tonnen jährlich** belaufen. Dies entspricht, wenn man die Alpen mit 13 Mio. EinwohnerInnen betrachtet, 17% des Reduktionsziels der gesamten Schweiz mit über 7 Mio. EinwohnerInnen, bzw. 7% des Reduktionsziels von ganz Österreich mit über 8 Mio. EinwohnerInnen.

Die Alpenstaaten könnten durch eine sinnvolle Energiepolitik im Neubaubereich also durchaus CO₂-Einsparpotenziale in nennenswerter Höhe realisieren. Die Versorgung aller im Passivhausstandard erstellten Neubauwohnungen mit Brennholz stellt grundsätzlich auch kein Problem dar: für die Versorgung wären jährlich 0,3 Mio. m³ Holz erforderlich. Alpenweit wachsen jährlich 37 Mio. m³ Holz nach.

9.3.2 ...alle Sanierungen thermisch optimal ausgeführt und die Sanierungsrate erhöht würde?

Der Gebäudebestand weist im Mittel einen Heizenergiebedarf von 220 kWh/m²a auf (vergleiche Abbildung 6). Durch eine optimal ausgeführte thermische Sanierung kann der Heizenergiebedarf solcher Altbauten relativ problemlos auf 50-70 kWh/m²a gesenkt werden.

Bereits dadurch könnte eine immense Menge an Heizöl und Erdgas eingespart werden. Würde bei der Sanierung gleichzeitig auf eine Holzheizung umgestellt werden, käme dies einer 100%-igen Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Sanierung gleich. In den folgenden drei Szenarien wurde berechnet, welche Auswirkungen eine Erhöhung der Sanierungsrate auf die CO₂-Emissionen bedingen würde. Für die drei Szenarien wurden folgenden Annahmen zu Grunde gelegt:

Annahmen für Szenario „Sanierung 1 - 3“:

- Der Wohnungsbestand im Alpenraum liegt Anfang 2005 bei 5.500.000 Wohnungen.
- Die Wohnungen haben eine durchschnittliche Wohnfläche von 100 m².
- Der Heizenergiebedarf vor der Sanierung liegt bei 220 kWh/m²a. Nach der thermischen Sanierung liegt er bei 60 kWh/m²a.
- Die Beheizung erfolgt vor der Sanierung zu 50% mit Heizöl, zu 45% mit Erdgas und zu 5% mit Holz. Nach der Sanierung wird der Heizwärmebedarf zu 100% über Holz abgedeckt.

Szenario Sanierung 1:

„Die Sanierungsrate liegt alpenweit bei 1%. Bis zum Jahr 2010 sind 6% des Gebäudebestandes thermisch saniert und mit einer Holzheizung für die Erzeugung des Heizwärmebedarfs ausgestattet.“

Im Jahr 2005 werden 55.000 Altbauwohnungen saniert. Da der Heizenergiebedarf dieser Wohnungen dadurch deutlich reduziert ist und die Beheizung vollständig mit Holz erfolgt, können jährlich 60 Mio. Liter Heizöl und 55 Mio. m³ Erdgas eingespart werden. Dadurch werden rund 266.000 Tonnen CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Jahr 2006 werden 55.550 Wohnungen saniert. Dadurch werden jährlich weitere 269.000 Tonnen CO₂ eingespart. Bis zum Jahr 2010 werden alpenweit 338.400 Wohnungen thermisch saniert sein. Diese sparen jährlich 1.638.000 Tonnen CO₂ ein (Abbildung 17). Der Heizwärmebedarf dieser Wohnungen beträgt 2 Mrd. kWh. Dafür wären jährlich 1,1 Mio. m³ Holz erforderlich.

Szenario Sanierung 2:

„Die Sanierungsrate liegt alpenweit bei 2%. Bis zum Jahr 2010 sind 12% des Gebäudebestandes thermisch saniert und mit einer Holzheizung für die Erzeugung des Heizwärmebedarfs ausgestattet.“

Im Jahr 2005 werden 110.000 Altbauwohnungen saniert. Da der Heizenergiebedarf dieser Wohnungen dadurch deutlich reduziert ist und die Beheizung vollständig mit Holz erfolgt, können jährlich 121 Mio. Liter Heizöl und 109 Mio. m³ Erdgas eingespart werden. Dadurch werden rund 532.000 Tonnen CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Jahr 2006 werden 111.100 Wohnungen saniert. Dadurch werden jährlich weitere 538.000 Tonnen CO₂ eingespart. Bis zum Jahr 2010 werden alpenweit 676.700 Wohnungen thermisch saniert sein. Diese sparen jährlich 3.275.000 Tonnen CO₂ ein (Abbildung 17). Der Heizwärmebedarf dieser Wohnungen beträgt 4,1 Mrd. kWh. Dafür wären jährlich 2,3 Mio. m³ Holz erforderlich.

Szenario Sanierung 3:

„Die Sanierungsrate liegt alpenweit bei 4%. Bis zum Jahr 2010 sind mehr als ein Fünftel des Gebäudebestandes thermisch saniert und mit einer Holzheizung für die Erzeugung des Heizwärmebedarfs ausgestattet.“

Im Jahr 2005 werden 220.000 Altbauwohnungen saniert. Da der Heizenergiebedarf dieser Wohnungen dadurch deutlich reduziert ist und die Beheizung vollständig mit Holz erfolgt, können jährlich 242 Mio. Liter Heizöl und 218 Mio. m³ Erdgas eingespart werden. Dadurch werden rund 1.065.000 Tonnen CO₂ weniger an die Atmosphäre abgegeben. Im Jahr 2006 werden 222.200 Wohnungen saniert. Dadurch werden jährlich weite 1.075.000 Tonnen CO₂ eingespart. Bis zum Jahr 2010 werden alpenweit 1.353.400 Wohnungen thermisch saniert sein. Diese sparen jährlich 6.550.000 Tonnen CO₂ ein (Abbildung 17). Der Heizwärmebedarf dieser Wohnungen beträgt 8,1 Mrd. kWh. Dafür wären jährlich 4,5 Mio. m³ Holz erforderlich.

Würden bei einer Sanierungsrate von 1%, wie sie derzeit für den Alpenraum angenommen wird, sämtliche Sanierungen den Heizwärmebedarf von durchschnittlich 220 auf 60 kWh/m²a senken und die Wärmeversorgung auf Holz umstellen, könnten ab dem Jahr 2010 alpenweit rund **1,6 Mio. Tonnen CO₂** eingespart werden. Dies entspricht 39% des Reduktionsziels der Schweiz bzw. 16% des Reduktionsziels von Österreich.

Die Verdoppelung der Sanierungsrate auf 2% brächte eine jährliche CO₂-Einsparung ab dem Jahr 2010 von **3,3 Mio. Tonnen**.

Durch die Anhebung der Sanierungsrate auf 4% und die konsequente Umstellung auf Holzheizungen im Rahmen der thermischen Althausanierung könnten ab dem Jahr 2010 jährlich **6,6 Mio. Tonnen CO₂** eingespart werden. Das ist in den ganzen Alpen immerhin 54% mehr als das Reduktionsziel der Schweiz (nicht nur Alpen) oder 66% des Reduktionsziels von Österreich. Diese Zahlen zeigen das riesige Potenzial auf, das in der thermischen Altbauanierung steckt.

Bei einer angenommenen Sanierungsrate von 4% würde sich der Heizwärmebedarf der bis 2010 sanierten Altbauwohnungen auf 8,1 Mrd. kWh jährlich belaufen. Um diese Wärmemenge zu erzeugen wären 4,5 Mio. m³ Holz erforderlich. Alpenweit wachsen jährlich 37 Mio. m³ Holz nach, eine Versorgung sämtlicher sanierter Altbauwohnungen mit Holz wäre also grundsätzlich möglich.

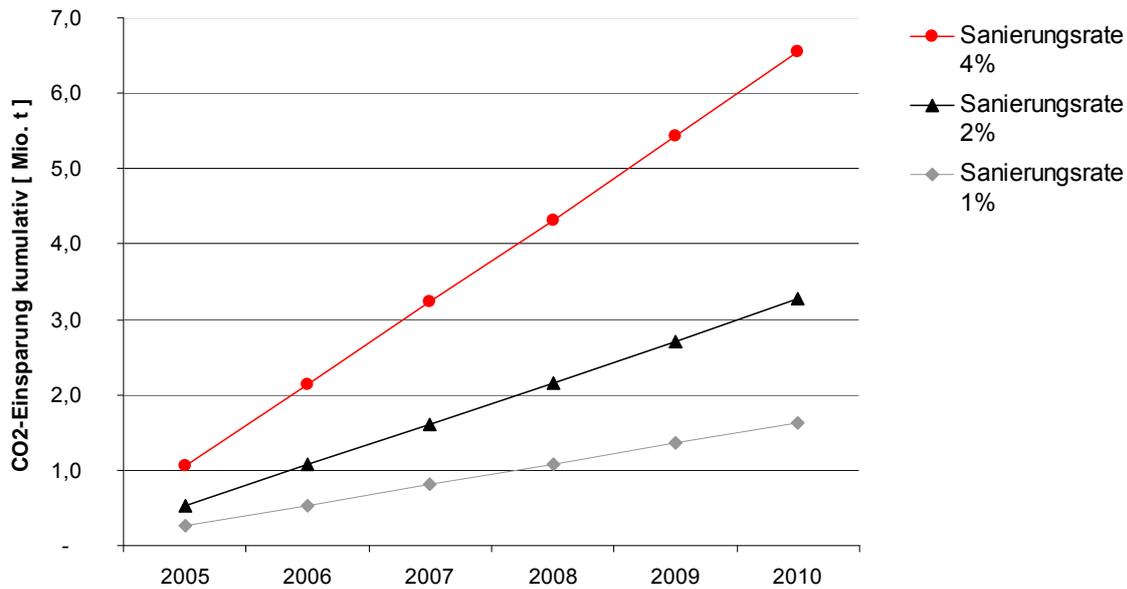


Abbildung 17: CO₂-Einsparungen (kumulativ) bis zum Jahr 2010 bei einer Sanierungsrate von 1%, 2% und 4%.

9.3.3 ...die Holzbauweise einen höheren Anteil am Neubauvolumen hätte?

Der Anteil der Holzbauweise am Neubauvolumen bewegt sich derzeit im einstelligen Prozentbereich. Wenn überhaupt, dann wird Holz vornehmlich beim Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern verwendet. Da hier relativ einfach eine Abschätzung der benötigten Holzmasse möglich ist, sind die folgenden Szenarien auf den Bereich des Ein- und Zweifamilienneubaus beschränkt. Eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte durch eine verstärkte Holzverwendung auf der eigentlichen Baustelle ist sehr komplex. Einerseits entstehen neue Stellen beispielsweise bei Zimmereien und Bauschreinereien, andererseits gehen Arbeitsplätze in anderen Sparten der Baubranche, z.B. Mauer, verloren, denn für jedes aus Holz gebaute Haus wird ja ein Haus in Massivbauweise weniger gebaut. Der Arbeitsaufwand bei der Erstellung eines Einfamilienhauses in Massivbauweise ist etwa gleich hoch wie bei der Erstellung eines Einfamilienhauses in Holzleichtbauweise. Deshalb bleiben diese Arbeiten bei den folgenden Szenarien unberücksichtigt.

Holz wächst bei fast jedem potenziellen Bauplatz in den Alpen in unmittelbarer Umgebung und könnte daher regional ohne weiteres zur Verfügung gestellt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die ersten Kettenglieder der Wertschöpfungskette Holz, nämlich die Wald- und Forstarbeiter sowie die Sägereien vor Ort vorhanden sind. Welche Auswirkungen auf regionale Arbeitsplätze der Holzbereitstellung hätte also eine vermehrte Holzverwendung? Für die drei Szenarien wurden folgenden Annahmen zu Grunde gelegt:

Annahmen für Szenario „Holzverwendung 1 - 3“:

- Alpenweit werden jährlich 22.500 neue Einfamilienhäuser mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 130 m² gebaut.
- Für ein Einfamilienhaus in Holzbauweise mit einer Wohnfläche von 130 m² werden - je nach Ausführung - 35 bis 75 m³ Holz verbaut. Als Kalkulationsgrundlage werden 50 m³ angenommen.
- Ein Lohnunternehmer in der Forstwirtschaft kann pro Arbeiter in den Alpen jährlich rund 3.000 m³ Rundholz ernten.
- Ein Sägewerk benötigt 1 m³ Rundholz um 0,45 m³ Schnittholz zu produzieren.
- Pro Arbeiter produziert eine Sägerei jährlich rund 1.000 m³ Schnittholz.
- Es wird nur regionales Holz, das vor Ort in der Sägerei verarbeitet wird, verbaut.

Szenario Holzverwendung 1:

„Der Anteil der in Holzbauweise erstellten Einfamilienhäuser beträgt 5%.“

Von den jährlich neu gebauten Einfamilienhäusern werden alpenweit 1.125 Häuser in Holzbauweise erstellt. Dafür ist eine Schnittholzmenge von 56.250 m³ erforderlich. Um diese Menge Schnittholz zu produzieren, sind in der Sägerei 56 Arbeiter/innen erforderlich (Abbildung 18). Für die Bereitstellung von 56.250 m³ Schnittholz müssen 125.000 m³ Rundholz zur Verfügung gestellt werden, für dessen Bereitstellung 42 Wald- und Forstarbeiter/innen nötig sind. Insgesamt werden durch die Verwendung von Holz in Höhe von 5% am Neubauvolumen im Einfamilienhausbereich alpenweit knapp 100 regionale Arbeitsplätze geschaffen.

Szenario Holzverwendung 2:

„Der Anteil der in Holzbauweise erstellten Einfamilienhäuser beträgt 50%.“

Von den jährlich neu gebauten Einfamilienhäusern werden alpenweit 11.250 Häuser in Holzbauweise erstellt. Dafür ist eine Schnittholzmenge von 562.500 m³ erforderlich. Um diese Menge Schnittholz zu produzieren, sind in der Sägerei 563 Arbeiter/innen erforderlich (Abbildung 18). Für die Bereitstellung von 562.500 m³ Schnittholz müssen 1.250.000 m³ Rundholz zur Verfügung gestellt werden, für dessen Bereitstellung 417 Wald- und Forstarbeiter/innen nötig sind. Insgesamt werden durch die Verwendung von Holz in Höhe von 50% am Neubauvolumen im Einfamilienhausbereich alpenweit 980 regionale Arbeitsplätze geschaffen.

Szenario Holzverwendung 3:

„Der Anteil der in Holzbauweise erstellten Einfamilienhäuser beträgt 100%.“

Alle 22.500 neu gebauten Einfamilienhäuser werden in Holzbauweise erstellt. Dafür ist eine Schnittholzmenge von 1.125.000 m³ erforderlich. Um diese Menge Schnittholz zu produzieren, sind in der Sägerei 1.125 Arbeiter/innen erforderlich (Abbildung 18). Für die Bereitstellung von 1.125.000 m³ Schnittholz müssen 2.500.000 m³ Rundholz zur Verfügung gestellt werden, für dessen Bereitstellung 833 Wald- und Forstarbeiter/innen nötig sind. Werden sämtliche Einfamilienhäuser alpenweit in Holzbauweise erstellt, werden dadurch 1.960 regionale Arbeitsplätze geschaffen.

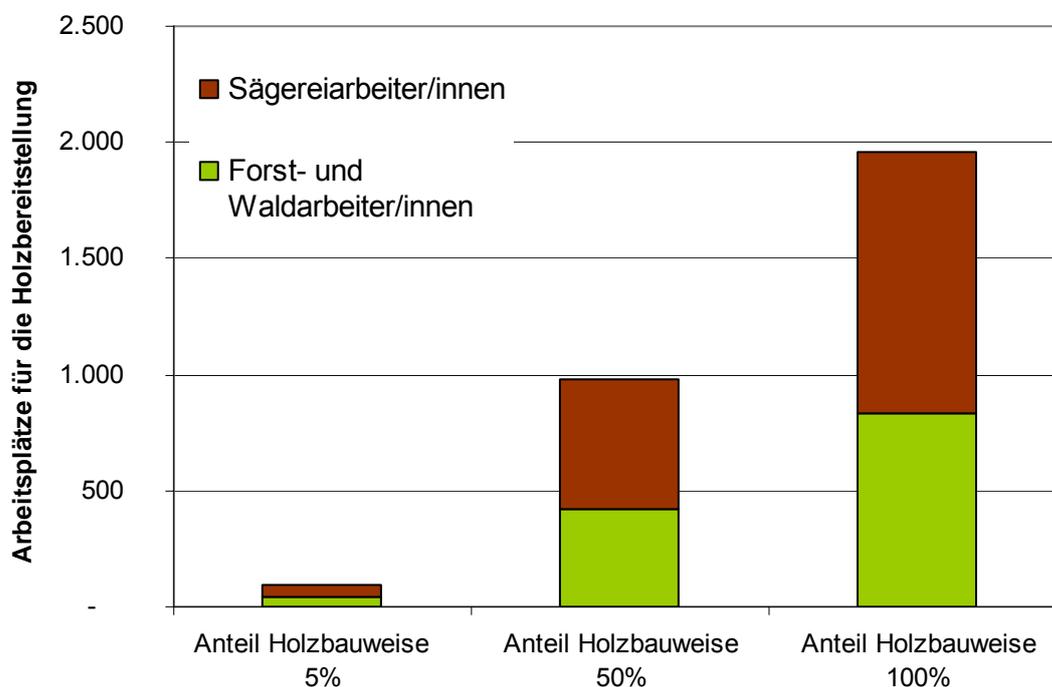


Abbildung 18: Auswirkungen einer gesteigerten Holzverwendung auf regionale Arbeitsplätze im Sektor „Holzbereitstellung“

Szenario 3 zeigt welches Potential für regionale Arbeitsplätze in der Verwendung von Holzbaustoffen liegt: Würden in Zukunft alle neuen Einfamilienhäuser in Holzbauweise erstellt, könnten fast 2.000 neue regionale Arbeitsplätze allein durch die Bereitstellung des Baustoffes Holz geschaffen werden. Die Ausführung sämtlicher Einfamilienneubauten in Holzbauweise scheint auf den ersten Blick realitätsfern. Schliesslich möchte nicht jeder in einem Holzhaus leben. Gerade im mehrgeschossigen Wohnungsbau wird der Baustoff Holz aber noch viel zu wenig eingesetzt und sein Potenzial ist noch lange nicht ausgeschöpft. Die Baubranche insgesamt ist ein wichtiger dezentraler Arbeitgeber. Je mehr mit lokalen Materialien gebaut wird, desto mehr lokale Arbeitsplätze können gesichert oder neu geschaffen werden.

Für die Erstellung von 22.500 Einfamilienhäusern müssten alpenweit 2,5 Mio. m³ Rundholz zur Verfügung gestellt werden. Die Verfügbarkeit des Rohstoffes Holz in dieser Grössenordnung stellt grundsätzlich kein Problem dar, denn in den Alpen wachsen jährlich 37 Mio. m³ Holz nach. Das „Abfallholz“, das bei der Herstellung des Schnittholzes in der

Sägerei in Höhe von 1.375.000 m³ anfällt, könnte problemlos für die Beheizung neu gebauter Häuser eingesetzt werden.

Der Wald im Alpenraum soll zwar keinesfalls ausschliesslich als Wirtschaftskapital angesehen werden, sondern nachhaltig und naturnah bewirtschaftet werden, aber dennoch ist eine Steigerung der Holznutzung naturverträglich möglich. In Anbetracht zunehmender Globalisierung und Zeiten wirtschaftlicher Depression gewinnt die Stärkung von regionalen Wirtschaftskreisläufen und die Identifizierung mit der Region immer grössere Bedeutung.

9.3.4 Schlussfolgerungen aus den Szenarien

Die drei „Was wäre wenn...“-Betrachtungen zeigen die grossen Potenziale auf, die in einer konsequenten Umsetzung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise und der Verwendung von Holz als regionalem Baustoff stecken. Die 100%ige Umsetzung der Passivhausbauweise bei allen Wohnungsneubauten und eine Sanierungsrate von 4% mögen heute noch als realitätsfern und unwahrscheinlich gelten. Zur Erreichung der klimapolitischen Ziele ist aber unabdingbar, dass die Möglichkeiten erkannt und Massnahmen schnellstmöglich umgesetzt werden. Würde alpenweit bis zum Stichjahr des Kyoto-Protokolls 2010 nur noch energieeffizient gebaut und saniert werden, könnte (bei einer Sanierungsrate von 1%) der **CO₂-Ausstoss** dadurch um **2,4 Mio. Tonnen jährlich reduziert werden**. Dies sind, wenn man das Gebiet der ganzen Alpen mit ca. 13 Mio. EinwohnerInnen betrachtet, immerhin 56% des Reduktionsziels der ganzen Schweiz mit über 7 Mio. EinwohnerInnen oder 24% der angestrebten Einsparung von ganz Österreich mit über 8 Mio. EinwohnerInnen. Durch eine Anhebung der Sanierungsrate auf 2% und die Ausführung sämtlicher Wohnungsneubauten in Passivhausbauweise könnten ab 2010 alpenweit **jährlich 4 Mio. Tonnen CO₂** eingespart werden. Dies würde 95% des Reduktionsziels der Schweiz und 40% des Reduktionsziels von Österreich entsprechen.

Das grösste Einsparpotenzial steckt insgesamt in der thermischen Althausanierung. Durch die thermische Althausanierung eröffnen sich aber nicht nur CO₂-Reduktionsmöglichkeiten sondern es werden auch Arbeitsplätze geschaffen und zwar deutlich mehr als bei Neubaumassnahmen. Mit einer anspruchsvollen energetischen Gebäudesanierung könnten in Deutschland bis zum Jahr 2020 beispielsweise 430.000 neue Arbeitsplätze geschaffen werden [Wuppertalinstitut, 1999]. Die Arbeitsplatzverluste durch den verringerten Energiebedarf sind dabei schon berücksichtigt. Diese deutliche Zunahme der Beschäftigung ist vor allem darauf zurück zu führen, dass Sanierungsmassen sehr arbeitsintensiv sind: Rund zwei Drittel der Kosten entfallen dabei auf den Faktor Arbeit, während dieser im Neubau nur rund ein Drittel ausmacht [Wuppertalinstitut, 1999].

Wie sich die energieeffiziente Bauweise aus regionalen Baustoffen zukünftig entwickelt, hängt von vielen Faktoren ab: von der Entwicklung der Energiepreise, den staatlichen Förderprogrammen und auch davon, ob Energieeinsparung durch Verordnungen und Gesetze zur Pflicht gemacht wird und dadurch Passivhäuser zum Standard werden [Bühning et al., 2004]. Grundsätzlich sind dabei auch länderspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen: während beispielsweise im österreichischen Bundesland Vorarlberg vornehmlich „Häusle-Bauer“ wohnen und die Eigenheimquote sehr hoch ist, sind die Schweizer eher ein Volk der Mieter (70% leben in Mietwohnungen). In Vorarlberg macht also das Förderprogramm für Eigenheimbesitzer durchaus Sinn, während in der Schweiz eher die Baugesellschaften mit in die Passivhaus-Entwicklung eingebunden werden müssten.

Eine wichtige Rolle hat insbesondere die öffentliche Hand, die durch Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen (Förderprogramme, Festlegung von Neu- und Altbaustandards sowie sukzessive Besteuerung der fossilen Energieträger), aber auch als Bauherrin selbst dafür sorgen kann, dass energieeffiziente Gebäude zum Baustandard der Zukunft werden [Haum und Nill, 2004].

10 Politische Forderungen

Die Förderung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise ist nach verkehrspolitischen Massnahmen das wichtigste Mittel, um drastische Verringerungen der CO₂-Emissionen mit vertretbaren Kosten zu erreichen [Schmittknecht, 1998]. Das weitaus grösste Potenzial liegt dabei in der Sanierung des Gebäudebestandes. Die Etablierung der Passivhausbauweise aus regionalem Holz als Bau- und Sanierungsstandard der Zukunft erfordert aber von der Politik aktives Handeln. In der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise liegt jedoch nicht nur ein enormes Potenzial für die CO₂-Reduktion, sondern durch sie wird auch die Unabhängigkeit der Alpenstaaten von Ölimporten aus Krisengebieten gefördert. Die Stärkung der regionalen und nationalen Wirtschaftskreisläufe ist ein weiterer wichtiger Pluspunkt. All diese Aspekte müssen von den politisch Verantwortlichen erkannt und in Massnahmen mit Lenkungswirkung umgesetzt werden.

10.1 Förderung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise

Für eine breite Markteinführung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise sind staatliche Massnahmen unerlässlich. Als erster Schritt muss die flächendeckende Einführung eines Energieausweises, in dem die wärmetechnischen Eigenschaften eines Gebäudes festgehalten sind, vorangetrieben werden. Dies ist die Grundvoraussetzung für eine energetische Beurteilung eines Gebäudes im Zuge von Fördermassnahmen. Weiter sind gezielte Förderungen der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise erforderlich. Die Förderung kann durch direkte Zahlungen und zinsgünstige Kredite und/oder durch die Besteuerung von energie-ineffizienten Gebäuden und nicht-regenerativen Energieträgern erfolgen.

Die bisherigen Fördermodelle, die in einigen Alpenländern bereits bestehen, bedürfen einer kritischen Überprüfung. In Österreich werden beispielsweise die Wohnbauförderungsgelder fast zu 80% für den Wohnungsneubau und nur zu 20% für die Althausanierung eingesetzt. Hier müsste die Verteilung durch effizientere Förderungen zugunsten der Sanierung des Altbestandes verschoben werden [GUSCHLBAUER-HRONEK, GRABLER-BAUER, et al., 2004]. Auch energieeffiziente Gewerbebauten werden bislang nicht gezielt gefördert. Generell sollten aber auch bei einer Förderungszusage Qualitätskontrollen nach Fertigstellung durchgeführt werden, um festzustellen ob die zuvor festgelegten Standards eingehalten wurden.

Gezielte Informationskampagnen zur Erhöhung des Bekanntheitsgrades und klare Kommunikation der vielen ökonomischen und ökologischen Vorteile der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise in der Öffentlichkeit sind neben der Förderung ein wichtiges Instrument.

Die öffentliche Hand muss selbst eine Vorbildfunktion übernehmen, indem sie neue Gebäude grundsätzlich in energieeffizienter Bauweise ausführt. Einen ersten Schritt in diese Richtung hat die neue Regierung in Oberösterreich getan, indem sie in einem Regierungsübereinkommen beschlossen hat, dass alle zukünftigen Landes- und Gemeindebauten möglichst im Passivhausstandard zu errichten sind. Dieser politischen Willenserklärung müssen Taten folgen. Aber nicht nur Neubauten sollen energieeffizient ausgeführt werden, sondern auch die bestehenden Gebäude sollen einem „Energiecheck“ unterzogen werden. Bei anstehenden Sanierungen von öffentlichen Gebäuden muss Energieeffizienz zum Standard werden.

Die Alpenstaaten sind aufgefordert, flächendeckend einen Energieausweis für Neu- und Altbauten einzuführen, die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise direkt (Förderung) und/oder indirekt (Besteuerung der energie-ineffizienten Gebäude) zu fördern, gezielte Informationskampagnen mit breiter Öffentlichkeitswirksamkeit durchzuführen und öffentliche Bauten energieeffizient zu bauen bzw. zu sanieren.

10.2 Förderung der Holzverwendung

„Ein grösserer Holzabsatz wird sich nur erzielen lassen, wenn ein breiter gesellschaftlicher Konsens für eine stärkere Holzverwendung im Rahmen der Nachhaltigkeit ausgebaut werden kann.“ [Lüghausen, 2004]

In den meisten Ländern besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Bauvorschriften. Oftmals wird noch die „Unbrennbarkeit“ als Massstab für die Sicherheitseinstufung der Baumaterialien verwendet. Weil Holz grundsätzlich brennbar ist, hat sich dies in den Bauordnungen derart niedergeschlagen, dass ein Holzbau nur mit hohen Auflagen und Sicherheitsbestimmungen möglich ist. Mehrgeschossiger Wohnungsbau ist in den meisten Ländern bislang nicht oder nur eingeschränkt möglich. In den letzten Jahren wurden neue Erkenntnisse im Bereich Brand- und Schallschutz gewonnen und in Pilotprojekten umgesetzt. Es zeigte sich dass mittlerweile alle Brandwiderstandsklassen im Holzbau problemlos erreicht werden können. Die neuen technischen Entwicklungen müssen auch in den Bauvorschriften Niederschlag finden. In Skandinavien beispielsweise gehört der sechsgeschossige Holzbau bereits zur Norm [Frisch, 2003]. Bauen mit Holz darf nicht länger von staatlicher Seite unnötig erschwert und verteuert werden, nur weil die Bauvorschriften veraltet sind. Einhergehend mit einer solchen Anpassung müssen aber auch bei Bauherren und Planern die Vorurteile gegenüber Holz als Baustoff durch Informations- und Aufklärungsarbeit abgebaut werden.

Der Bau von energieeffizienten, repräsentativen, öffentlichen Gebäuden aus regionalem Holz ist eine Möglichkeit, um den umweltverträglichen Baustoff vermehrt ins Bewusstsein von Bau- und Sanierungswilligen zu rücken. Die Etablierung der energieeffizienten Holzbauweise in der Ausbildung der Architekten und Ingenieure ist ebenfalls eine wichtige Massnahme für die Bewusstseinsförderung. Weiter könnte auch die Auslobung eines Holzbau-Preises positive Effekte auf den Anteil der Holzbauweise haben.

Die Waldbesitzer selbst sind ebenfalls gefordert: Der zersplitterte Waldeigentum wirkt sich sowohl auf der betrieblichen Ebene (unrentable Bewirtschaftungsstrukturen) als auch beim Holzverkauf negativ aus [Ley, 1998]. Es müssen eigentumsunabhängige Marketingkonzepte entwickelt und unterstützt werden, die die Konkurrenzfähigkeit des Rohstoffes Holz am Markt erhöhen. Die öffentliche Hand kann hier unterstützend wirken, indem die staatlichen Forstbetriebe in Zusammenarbeit mit den Privatwaldbesitzern die Holzvermarktung strategisch ausbauen.

Die Alpenstaaten sind aufgefordert, die Bauvorschriften - wo erforderlich - „holzfreundlicher“ zu gestalten, die Holzverwendung durch repräsentative Bau- und Sanierungsmassnahmen, die Etablierung der energieeffizienten Holzbauweise in der Ausbildung der Architekten und gezielte Informationskampagnen zu fördern und moderne Vermarktungsstrategien der Waldbranche zu unterstützen.

10.3 Einführung der Kostenwahrheit bei der Rohstoffherstellung und beim Transport

Die Holzproduktion erfüllt höchste Ansprüche hinsichtlich der Nachhaltigkeit, wie dies für kaum einen anderen Rohstoff oder Energieträger der Fall ist. Während bei einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung nur so viel Holz entnommen wird, wie nachwächst, werden andere Rohstoffe genutzt und verbraucht, ohne dass ihre Reproduktion sichergestellt ist. Hinzu kommt, dass die Produktion anderer Rohstoffe und Energieträger mit deutlich höheren negativen Umweltauswirkungen verbunden sind. Die kostenlosen „Nebenleistungen“ des Waldes im Bereich der Luftreinigung, des Grundwasserschutzes, des Lawinen- und Steinschlagschutzes sowie die Wohlfahrtsfunktionen (Erholung und Freizeitwert) werden bislang monetär zu wenig berücksichtigt.

Fehlende Kostenwahrheit im Bereich der Umweltbelastungen und im Verkehrsbereich führen bislang zu Wettbewerbsverzerrung zu Ungunsten des Holzes als Baustoff und Energieträger. Holzimporte aus 1.000 oder 10.000 km Entfernung brauchen ein gut ausgebautes Strassennetz, belasten die Umwelt mit Lärm und Abgasen, können Verkehrsunfälle verursachen, aber erst mit einer konsequenten Umsetzung des Verursacherprinzips werden sie unwirtschaftlich.

Im Alpenraum ist ausreichend Wald vorhanden, der bei einer nachhaltigen und umweltverträglichen Holznutzung einen gesteigerten Bedarf an Bau- und Brennmaterial decken kann. Einheimisches Holz wird aber nur dann gegenüber Importen aus dem Ausland konkurrenzfähig, wenn die Kostenwahrheit im Verkehr eingeführt wird.

Die Alpenstaaten sind aufgefordert, die Kostenwahrheit bei der Gewinnung, der Produktion sowie der Verwendung von Bau- und Brennstoffen einzuführen. Darüber hinaus muss das Verursacherprinzip im Transportsektor etabliert werden.

10.4 Baurechtliche Massnahmen

Gemeinden und Städte müssen verstärkt energetische und ökologische Aspekte in ihren Bauvorschriften und Bebauungsplänen berücksichtigen. Die Südausrichtung der Gebäude, eine intelligente Flächennutzung, das Erreichen einer Energiekennzahl gemäss dem Stand der Technik und die Verwendung von ökologischen, gesundheitsunbedenklichen Materialien muss zur Selbstverständlichkeit werden. Bebauungspläne stellen ein hervorragendes Instrument dar, mit dessen Hilfe diese Aspekte umgesetzt werden können.

Die Niedrigenergie- oder Minergie-Bauweise sollte als Mindeststandard für Neubauten generell festgelegt werden. Sie ist heute problemlos zu erreichen, setzt allerdings voraus, dass sich Architekten und Planer mit der Thematik stärker auseinandersetzen.

Die Gemeinden und Städte der Alpenstaaten sind aufgefordert in ihren Bebauungsplänen verstärkt energetische und ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Die Südausrichtung der Gebäude und das Erreichen einer Energiekennzahl gemäss Niedrigenergie- bzw. Minergie-Standard müssen zum selbstverständlichen Bestandteil der Bauleitplanung werden. Der Einsatz ökologischer Baustoffe sollte gezielt gefördert werden.

10.5 Raumplanerische Massnahmen

Im Zuge täglich zunehmenden Flächenverbrauchs wird eine nachhaltige Raumplanung immer wichtiger. Erstes Ziel muss es dabei sein, den vorhandenen Gebäudebestand zu erhalten, energetisch zu optimieren und aufzuwerten. Die Städte müssen forciert revitalisiert werden. Gewerbe-, Industrie- und Militärbranchen müssen - nach Überprüfung der Bodensituationen (Stichwort: Altlasten) - einer Nachnutzung zugeführt werden. Das weitere „Ausufern“ der Städte ins Umland muss durch ein Wachstum nach innen abgelöst werden. Die Ausweisung von Neubaugebieten muss mit einem konsequenten Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs einhergehen, denn es nützt nichts ein Passivhaus zu bauen, wenn der tägliche Arbeitsweg mit dem Auto bewältigt werden muss. In Niederösterreich gibt es im österreichischen Vergleich die meisten Passivhäuser, gleichzeitig hat das Bundesland aber auch den höchsten Benzinverbrauch pro Kopf [VCÖ, 2004]. Die „Politik der kurzen Wege“ - Wohnen, Arbeiten, Versorgen und Erholen - muss in Raumordnungs- und Landschaftsplänen konsequent umgesetzt werden.

Die Alpenstaaten sind aufgefordert, nachhaltige Raumordnungs- und Landschaftspläne zu erstellen, die den Flächenverbrauch reduzieren und das Wachstum nach innen forcieren. Die Ausweisung von Neubaugebieten muss mit dem Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs einhergehen.

10.6 Länderübergreifende Massnahmen

Ein Hinderungsgrund für die alpenweite Verbreitung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise besteht darin, dass die meiste Literatur nur in deutscher Sprache existiert. Auch der Austausch von Architekten, Planern, Hausbesitzern oder Bauunternehmern über Grenzen hinweg findet bislang aufgrund von sprachlichen Hemmnissen noch zu wenig statt.

Für eine alpenweite Verbreitung der energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise müsste in einem ersten Schritt die wichtigste deutschsprachige Literatur auf französisch, italienisch und slowenisch übersetzt werden (vergleiche Tabelle 27). Bei speziellerer Fachliteratur kann sich eine Übersetzung dabei durchaus als umfangreicher herausstellen, als auf den ersten Blick gedacht. So benötigt das für die Passivhaus-Zertifizierung erforderliche „Passivhaus-Projektierungs-Paket 2004“ beispielsweise regionale Klimadaten, die für die Berechnung der Kennzahlen erforderlich sind. Die Übersetzung des Texthandbuches alleine nützt daher nichts, es müssen gleichzeitig auch die Klimadaten der Region zusammen getragen werden. Für Norditalien ist das Handbuch ab November 2004 verfügbar. Eine Übersetzung in andere Sprachen ist bislang nicht geplant.

Der Erfahrungsaustausch zwischen Bauherren, Planern, Architekten und Politikern über die Grenzen hinweg sollte durch Tagungen, Informationsveranstaltungen, Konferenzen und Exkursionen angeregt werden.

Die Alpenstaaten sind aufgefordert die Herausgabe von mehrsprachigen Publikationen zu unterstützen und die Übersetzung von deutschsprachiger Literatur zur energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise zu fördern. Tagungen mit Simultanübersetzung und Exkursionen sollten gefördert werden.

Tabelle 27: Überblick über die wichtigste Einstiegsliteratur für die energieeffiziente Bau- und Sanierungsweise

Fachbücher zur energieeffizienten Bau- und Sanierungsweise	de	fr	it	sl	en
BINE Informationsdienst (2004): „Energieeffiziente Altbauten - Durch Sanierung zum Niedrigenergiehaus“ Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.) TÜV-Verlag, Köln/D	x				
FEIST, Wolfgang (Hrsg.) (2004): „Passivhaus-Projektierungs-Paket 2004“, 6. überarbeitete Auflage, Handbuch und CD-Rom, Passivhausinstitut Darmstadt/D	x		x ¹		
GRAF, Anton (2003): „Neue Passivhäuser“ Callwey-Verlag, München/D	x				
GRÜTZMACHER, Bernd (2002): „Niedrigenergie-Häuser aus Holz“ Callwey-Verlag, München/D	x				
HUMM, Ottmar (Hrsg.) (2000): „Niedrigenergie- und Passiv-Häuser“, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg/D	x				
KRAPMEIER, Helmut und DRÖSSLER, Eckart (2001): „CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung / Living comfort without heating“ Springer-Verlag, Wien/A	x				x
OEHLER, Stephan (2004): „Grosse Passivhäuser“, Kohlhammer, Stuttgart/D	x				
WINKE, Uwe (2002): „Manuale di bioedilizia“, ISBN: 8849649525			x		

¹ Bezug über Z-Consulting OHG info@zconsulting.it oder über die nationale Umweltorganisation PAEA www.paea.it ab November 2004

11 Literaturverzeichnis

ANDRIS, Tom: Das Passivhaus und Marketing, Beitrag zum IEA SHC Task 28 „Solar Sustainable Housing“

ARBEITSKREIS FLUGVERKEHR (2003): Der Traum vom Fliegen. Für ganze 20 Euro., Informationsbroschüre zu beziehen bei: BUND Bundesgeschäftsstelle, Am Köllnischen Park 1, 10171 Berlin oder unter <http://www.umwelt.org/robin-wood/german/verkehr/fg/faltblatt-robin-wood-verkehr-flug2.pdf>

ARBEITSKREIS ÖKOLOGISCHER HOLZBAU (Hrsg.) (2002): Das AktivHaus AKÖH : Das Haus mit der besseren Energiebilanz, Bezug über <http://www.aktivhaus.net/buch.htm>

BACHMANN, Peter (1998): Stellung der Holzproduktion in einer multifunktionellen Waldnutzung, in: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf (Hrsg.) Forum für Wissen 1998: Optimierung der Produktionskette Holz

BASLER UND HOFMANN INGENIEURE UND PLANER AG (1996): Messprojekt Direktgewinnhaus Trin, Untersuchung im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (CH)

BIEGER, Thomas et al. (2003): Beitrag zur strukturellen und regionalökonomischen Entwicklung der Frostwirtschaft in Berggebieten, Studie des Instituts für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus, St. Gallen, Bezug: <http://www.idt.unisg.ch/org/idt/main.nsf/>

BINE Informationsdienst (2003): Energieeffiziente Einfamilienhäuser mit Komfort, Themeninfo II/03, Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.) <http://www.bine.info>

BINE Informationsdienst (2004): Energieeffiziente Altbauten - Durch Sanierung zum Niedrigenergiehaus, Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.), TÜV-Verlag, Köln

BINZ, Armin (2004): Passivhäuser in der Nordwestschweiz, in: Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung, Krems, Hrsg: Zentrum für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems (A)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2004): Strom von der Sonne sorgt für neue Arbeitsplätze, Pressemitteilung BMU Nr. 234/04, vom 06.08.2004 <http://www.bmu.de/de/1024/js/base/>

BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2000): Jetzt erneuerbare Energien nutzen, Informationsratgeber für Verbraucher, Bonn (D)

BRÄUCHLE, Ralf (1998): Energiekonzept für ein Studentenwohnheim, Arbeit an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abt. Baustofftechnologie, Karlsruhe, Bezug über: http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g3_baeuchle.pdf

BURTSCHER, Josef, GMEINER, Harald und SCHLADER, Wilhelm (2003): Neue Energien für alte Häuser, Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.), Dornbirn (A)

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2003): Wald und Holz in der Schweiz - Jahrbuch 2003, Bezug über: <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwald/de/>

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holzenergie-Facts, Bezug: http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_wald/rubrik2/holzinfos/index.html#top

BUWAL (1) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Innovative Architektur baut auf Holz, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (2) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holz versteckt sich überall, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (3) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Holz ist heiss, Faktenblätter zum Internationalen Tag des Waldes, Schweiz

BUWAL (4) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2004): Medienmitteilung zum Internationalen Tag des Waldes, 20.03.2004 in Landquart/CH, Pressedienst BUWAL

BÜHRING, Andreas et al. (2004): Marktpotenzial für Passivhäuser und 3-Liter-Häuser, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Hrsg.), Bezug über <http://www.ise.fhg.de>

CIPRA (Hrsg.) (2001): 2. Alpenreport, Eigenverlag der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA, Bezug: <http://www.cipra.org>

CONTAL, Marie-Hélène (2003): „Konstruktive Provokation - Neues Bauen in Vorarlberg“, Interview mit dem Vorarlberger Architekturinstitut am 10.04.2003, Bezug über: http://www.v-a-i.at/news/paris/Interview_Contal_030425_english.doc

DIANE ÖKO-BAU (1995): Gesamtenergie-Buchhaltung von drei Gebäuden, Büro für Umweltchemie, Zürich/CH, Veröffentlichung im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000, Schweiz

DOSCH, Klaus und RANFT, Fred (1999): Was sie schon immer über Holzhäuser wissen wollten, aber nie zu fragen wagten, Aachener Stiftung Kathy Beys, Informationen zum Holzbau, <http://www.aachener-stiftung.de>

ECONUM GmbH (Hrsg.) (1998): Graue Energie von Baustoffen, 2. Auflage, Bezug über econum GmbH, St. Gallen (CH), info@dconum.ch

ENERGIEINSTITUT VORARLBERG (Hrsg.) (2003): Neue Energie für alte Häuser - Ein Leitfaden zur energieeffizienten und ökologischen Wohnbausanierung, Bezug über <http://www.energieinstitut.at>

ENERGIEINSTITUT VORARLBERG (Hrsg.) (2003a): Berührungen 2001-2002, Jahresbericht, Eigenverlag, Dornbirn (A)

FEIST, Wolfgang (keine Angabe): Kostengünstige Passivhäuser in Mitteleuropa: Ein kurzer Bericht, <http://www.passivhaus-institut.de>

FEIST, Wolfgang (1999): Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäusern, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Protokollband Nr. 19, Bezug: <http://www.passivhaus-institut.de>

FEIST, Wolfgang (2003): Einsatz von Passivhaustechnologie bei der Altbau-Modernisierung, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Protokollband Nr. 24, Bezug: <http://www.passivhaus-institut.de>

FORUM VAUBAN (Hrsg.) (1997): Einführung in das Bauen mit Holz - Ein alter Werkstoff wird neu entdeckt, Freiburg

FRISCH, Evelyn C. (2003): Mehrgeschossiger Holzbau, in: Waldwirtschaft Schweiz (Hrsg.), Wald und Holz 1/03, Solothurn (CH)

GANTIOLER, Günther (2004): Passivhäuser in Italien, in: Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung, Krems, Hrsg: Zentrum für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems (A)

Graf, Anton (2003): Neue Passivhäuser, Callwey-Verlag, München (D)

GREMINGER, Peter (2004): Die Zukunft der Schutzwälder, in: Waldwirtschaft Schweiz (Hrsg.): Wald und Holz 4/04, Solothurn (CH)

GRÜNENFELDER, Thomas (2004): Holzenergie Schweiz, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Schweiz (Hrsg.), Bezug: http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/forstdirektion/wh_waldundholz/wh20_factsfigures/wh20_007_holz-infos/3.pdf

GUSCHLBAUER-HRONEK, Katharina, GRABLER-BAUER, Gertraud et al. (2004): Altbausanierung mit Passivhauspraxis, Strategien zur Marktaufbereitung für die Implementierung von Passivhauskomponenten in der Althausanierung, Endbericht, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich. Bezug über <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>

GÜTEGEMEINSCHAFT NIEDRIGENERGIE-HÄUSER (Hrsg.) (2002): Güte- und Prüfbestimmungen für die Planung und Bausausführung von Häusern in besonders energiesparender Bauweise, Bezug über: <http://www.quetezeichen-neh.de>

HAUM, Rüdiger und NILL, Jan (2004): Zeitstrategien ökologischer Innovationspolitik bei Wohngebäuden, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (Hrsg.), <http://www.ioew.de/home/downloaddateien/ZeitstrategienInnovationspolitik.pdf> (de)

HASTINGS, Robert und ENZ, Daniela (2003): Nachhaltige Solar-Wohnbauten IEA: SHC 28/BCS 38, Jahresbericht 2003 im Auftrag des Bundesamts für Energie, Schweiz

HOFER, Peter et al. (2003): Der Gebäudepark der Schweiz als Holzlager und CO₂-Senke, Tagungsband 12. Schweizerisches Status-Seminar 2002 "Energie- und Umweltforschung im Bauwesen" 12./13. Sept. 2002 an der ETH Zürich

HOLZABSATZFONDS (2004): Vorurteile sind widerlegt, Schrot und Korn (Hrsg.) spezial: Wohnen in Holz, Ausgabe 06/2004

HOLZENERGIE SCHWEIZ: Im Wald wächst Wärme, Informationsbroschüre, Bezug über: <http://www.holzenergie.ch>

HOLZINDUSTRIE SCHWEIZ (2004): Schweizer Holz wird zu wenig genutzt, <http://www.holz-bois.ch/frames/content.asp?langID=1&lev1ID=1&lev2ID=37&lev3ID=487>

HUMM, Ottmar (Hrsg.) (2000): NiedrigEnergie- und Passiv-Häuser, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg (D)

IG METALL (2003): Die Europäische Holzwerkstoff- und Sägereiindustrie – Sachstand, Perspektiven und Handlungspositionen, Frankfurt/D. Bezug: <http://www.igmetall.de/>

IBO-ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND -ÖKOLOGIE (Hrsg.) (1999): Ökologischer Bauteilkatalog, Springer-Verlag, Wien

JAAKKO PÖYRY CONSULTING (2004): Struktur- und Potenzialanalyse der Schweizer Sägeindustrie, Abschlussbericht, Bezug: http://www.holz21.ch/index2_d.htm

JONAS, Anton und HANEDER, Herbert (2001): Energie aus Holz, Landeswirtschaftskammer Niederösterreich (Hrsg.), St. Pölten (A)

KESSLER, F.M. (1999): Schweizerische Holzenergiestatistik Folgeerhebung für das Jahr 1998, Basler & Hofmann, Zürich, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

KRAPMEIER, Helmut (2004): Das Passivhaus - Wohnkomfort im Europaformat, Skript zum Vortrag am Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn (A)

KRAPMEIER, Helmut und DRÖSSLER, Eckart (2001): CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung, Springer-Verlag, Wien

Landespressestelle Vorarlberg (2004): Ressourcenschonendes Bauen weiter auf dem Vormarsch, Pressemitteilung vom 12.08.2004, <http://www.vorarlberg.at/presse>

LANG, Mathias und Lang, Günther (2002): Das Passivhaus, Planungs-, Bau- und Kalkulationsgrundlagen, LANG consulting (Hrsg.), Wien (A)

LALIVE D'EPINAY et al. (2004): Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus, Schlussbericht IEA SHC Task 28 / EC BCS Annex 38, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

LINDER KOMMUNIKATION (2002): Marketing- und PR-Strategie Minergie und Passivhaus, Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Schweiz

LEY, Christian (1998): Probleme und Bedürfnisse aus der Sicht des Praktikers, in: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf (Hrsg.) Forum für Wissen 1998: Optimierung der Produktionskette Holz

LIGNUM: Holzbulletin 64/2002 - Hallen und Hüllen, Zürich/CH.

LÜGHAUSEN, A. (2004): Perspektiven für die Holzvermarktung, Vortragsunterlagen im Rahmen des Holz-Forum Osnabrück, 19.02.2004; <http://www.ris-naro.net>

MEISTER, Franz (2000): Life Cycle Umweltbilanz von österreichischen Heizsystemen, Tagungsbeitrag zur Fachtagung und Kooperationsbörse Erneuerbare Energieträger, 26.-28.04.2000, St. Pölten (A)

MORDZIOL, Christoph (2003): Begriffe und Höhen der Leerlaufverluste, in: „Neues zum Thema Leerlaufverluste“ Ausgabe 13, Pressestelle des Umweltbundesamtes, Berlin (Hrsg.), Bezug über: <http://www.umweltbundesamt.de/leerlauf/neues/>

MORDZIOL, Christoph (2004): persönliche Mitteilung per email vom 29.07.2004, Geschäftszeichen: I 2.6-72256-2/1 (K3372) (A.2033)

OBERÖSTERREICHISCHER ENERGIEEINSPARVERBAND, Linz/A, info@energieeinsparverband.at

OBJEKTDATENBANK ÖSTERREICH (2004): 1000 Passivhäuser in Österreich - Interaktives Dokumentations- Netzwerk Passivhaus, Statistiken unter: <http://www.passivehouse.at/>

ÖKOENERGIE (2003): Magazin zur Förderung erneuerbarer Energie, Ausgabe 53-2003/2004, Ökosoziales Forum Österreich (Hrsg.) Bestellung: <http://www.oesfo.at/at/publikationen/oekoenergie.htm>

OEKONEWS (2004): Verdopplung der Mitarbeiterzahl in Wels durch Solarförderung in Deutschland, Mitteilung vom 25.09.2004, Bezug: http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1005591

OZINGA, Saskia (2001): Behind the logo, an environmental and social assessment of forest certification schemes, FERN 1C Fosseway Business Centre (Hrsg.) Bezug unter: <http://www.fern.org/pubs/reports/behind/btlrep.pdf>

PREGIZER, Dieter (2002): Grundlagen und Bau eines Passivhauses, C. F. Müller Verlag, Heidelberg

PROHOLZ (Hrsg.) (2002): Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich -Holzskelett- und Holzmassivbauweise, Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

PROHOLZ (Hrsg.) (2003): Der Beitrag Holz zum Klimaschutz, Arbeitsheft 3/03 (d/e), Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

PROHOLZ (Hrsg.) (2004): Der Holzmarkt Frankreich, Arbeitsheft 5/04, Eigenverlag, Bezug über <http://www.proholz.at>

REISS, Johann: Energetische Sanierung von Wohngebäuden und Schulen, Beispiele und Lösungen, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart (D)

RONDO SPEZIAL (2002): Holzbau auf der Überholspur, Informationsbroschüre von proholz Austria, Wien und Der Standard, Wien

SCHMITTKNECHT, Isabel (1998): Kommunale Massnahmen zur Förderung der Niedrigenergie-Bauweise, Klima-Bündnis, Frankfurt <http://www.klimabuendnis.org>

SCHUSTER, Gerhard (2004): Wohnbau-Fördermodelle für Einfamilienhäuser in Passivhausbauweise in Österreich im Vergleich, in: Zentrum für Bauen und Umwelt (Hrsg.): 8. Europäische Passivhaustagung, Tagungsband, Krems (A)

SCHWARZ, Peter and RANDALL, Doug (2003): An Abrupt Climate Change Scenario and its Implications for United States National Security, http://www.ems.org/climate/pentagon_climatechange.pdf

SPESSCHA, Otmar (2002): Sind Passivhäuser bezahlbar, Tagungsband/Vortragsunterlage, Bezug über Empa - Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt <http://www.empa.ch>

Statistik Austria (2000):

Stark, S. (2003): Holz als Werkstoff im Baubereich: Tipps zum Schutz vor Umwelteinflüssen, Die Umweltberatung Niederösterreich (Hrsg.), Bezug: <http://www.umweltberatung.at>

UMWELTDATENBANK (Deutschland): <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/heizoel.htm>

UVS (Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft) (2004): Infographiken für die Presse, Bezug über: <http://www.solarwirtschaft.de>

VCÖ Verkehrsclub Österreich (2004): Jeder Österreicher spart durch autofreie Mobilität 492 kg Kohlendioxid pro Jahr ein!, Pressemitteilung vom 21.09.2004, <http://www.vcoe.at>

WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich von, LOVINS, Amory und LOVINS L. Hunter (1995): Faktor vier: Doppelter Wohlstand-halbierter Naturverbrauch, Droemer Knaur, München weitere Infos zu dem Gebäude der International Netherlands Group unter: <http://www.rmi.org/sitepages/pid208.php>

WICKI, Daniel (2003): Nachhaltige Regionalwirtschaft - Holzprodukte aus der Unesco Biosphäre Entlebuch, Vortrag im Rahmen des Workshops „Zukunft Bergwald“ des Instituts für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus, St. Gallen 26.11.2003

WINTER, Stefan und KEHL, Daniel (2004): Holzhäuser - Werthaltigkeit und Lebensdauer, Holzbauhandbuch Reihe 3, Teil 1, Folge 2, Bezug: <http://www.uni-leipzig.de/~holzbau/>

WITZEL, Walter und SEIFRIED, Dieter (2004): Das Solarbuch, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg (D)

WUPPERTALINSTITUT (1999): Gebäudesanierung - eine Chance für Klima und Arbeitsmarkt, Studie im Auftrag der IG Bau und Greenpeace e.V., Bezug: http://archiv.greenpeace.de/GP_DOK_3P/BAU/SEITEN/BAUPRO.HTM

WYER, Marc (1997): Die regionale Wertschöpfung des Holzes und die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze, in: Pro Holz Lignum Oberwallis: Regionale Wertschöpfung und neue Techniken des Holzeinsatzes im Bau- und Energiebereich, Tagungsband, 3.09.1997, Brig/CH

ZENTRUM FÜR BAUEN UND UMWELT (Hrsg.), Donau-Universität Krems (2004): 8. Europäische Passivhaustagung, Tagungsband und Presseinformationen, 16./17.04.2004 in Krems (A)

12 Glossar

Baubiologie

Lehre, die sich mit den Zusammenhängen der Wohnumwelt und deren Einfluss auf das Leben allgemein beschäftigt.

CO₂ (Kohlendioxyd)

Kohlendioxyd ist ein Gas, das bei allen Verbrennungsprozessen entsteht. Sauerstoff wird verbraucht und unter Freisetzung von Energie wird CO₂ gebildet. CO₂ ist ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre und verhindert mit anderen Treibhausgasen, dass zuviel Wärme in den Weltraum zurückstrahlt, und sorgt somit für die zu Leben notwendigen Temperaturen auf der Erde. Durch menschliche Aktivitäten hat die Konzentration an CO₂ in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen, so dass eine globale Klimaerwärmung befürchtet wird. Pflanzen nehmen in den Wachstumsphasen CO₂ aus der Atmosphäre auf und lagern es in Form von Kohlenstoffverbindungen ein. Bäume sind aufgrund ihrer langen Lebensdauer CO₂-Senken.

Dampfbremse / Dampfsperre

Material, das verhindert, dass Wasserdampf vom Innenraum aus in das Dämmmaterial eindringt, dort kondensiert und Feuchteschäden verursacht. Als Dampfbremse oder -sperre werden spezielle Folien und Papiere, aber auch Holzwerkstoffplatten raumseitig auf die Dämmung aufgebracht. Eine absolut lückenlose Verlegung ist dabei unerlässlich. Gleichzeitig kann eine Dampfbremse auch zur Herstellung der Luftdichtheit eingesetzt werden.

Diffusion

Durchgang von Wasserdampf oder Gasen durch Stoffe.

Diffusionsoffen

Diffusionsoffen wird eine Konstruktion genannt, die Wasserdampf oder Gase entweichen lassen, also das Gegenteil einer Dampfsperre sind. In diffusionsoffenen Konstruktionen entsteht normalerweise kein Tauwasser, da ein hohes Ausdunstungspotenzial vorhanden ist und somit eine Sicherheit für die ganze Konstruktion gewährleistet. Starker Wasserdampfanfall, z.B. beim Kochen oder beim Duschen, wird jedoch am effektivsten durch Lüften beseitigt. Faustregel: Solange ein Spiegel, der sich im selben Raum wie die Dampfquelle befindet, auch nur leicht beschlagen ist, ist die Luftfeuchtigkeit zu hoch und es muss gelüftet werden.

Emission

Ausstoss von Stoffen in die Atmosphäre. Ort oder Fläche, wo das Ausströmen stattfindet, wird Emissionsquelle genannt. Der Begriff Emission beschreibt den ausströmenden Stoff und sein Ausmass. Er kann auch für Lärm, Wärme usw. verwendet werden.

Energiebezugsfläche (EBF)

Unter der Energiebezugsfläche versteht man die Grundfläche aller beheizten Räume, wobei in Österreich und der Schweiz die umgebenden Wände mitgerechnet werden ("Bruttogeschossfläche") während die EBF in Deutschland der Wohnfläche ohne die umgebenden Wände entspricht ("Nettogeschossfläche"). Bei einem Vergleich von Energiekennzahlen zwischen Deutschland und der Schweiz ist daher bei den Schweizer Werten ein Aufschlag von ca. 15% vorzunehmen.

Energiekennzahl (EKZ)

Ähnlich wie beim Autofahren der Benzinverbrauch pro gefahrene 100 km angegeben wird, kann der Heizwärmebedarf eines Gebäudes in Kilowattstunden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr (kWh/m²a) angegeben werden.

Energiekennzahl Wärme

Beim Schweizer Baustandard MINERGIE wird unter der "Energiekennzahl Wärme" neben dem Energieverbrauch für die Raumheizung auch der Energieverbrauch für die Wassererwärmung und den elektrischen Antrieb der Lüftungsanlage zusammen gefasst. Ein direkter Vergleich der "Energiekennzahl Wärme" mit der Energiekennzahl ist nicht möglich.

Energieverbrauchsformen

Beim Energiebedarf werden grundsätzlich drei Formen unterschieden:

Als "Primärenergie" wird die Energie in der Form, wie sie in der Natur vorkommt, z.B. Rohöl bezeichnet. Aus der Primärenergie wird durch Aufbereitung die so genannte "Endenergie". So wird z.B. aus Rohöl in der Raffinerie Heizöl hergestellt, aus Sägespänen werden Holzpellets gepresst oder aus Wasserkraft Strom erzeugt. Die Umwandlung in Endenergie ist je nach Energieträger mit unterschiedlich hohen Verlusten verbunden. Beispielsweise gehen bei der Umwandlung von Primärenergie in Strom und dessen Verteilung ca. zwei Drittel des ursprünglichen Energiegehaltes verloren. Die Form der Energie, in der sie tatsächlich vom Konsumenten in Form von Wärme oder Licht verwendet wird, wird "Nutzenergie" genannt. Sie wird vor Ort beim Konsument aus der Endenergie, also z.B. aus Heizöl gewonnen. Für die Heizung bedeutet dies die Umwandlung des Heizöls in Wärme mit Hilfe eines Heizkessels. Auch dabei geht ein Teil des Energiegehaltes als Abwärmeverluste ungenutzt verloren.

Erneuerbare Energien

Energie aus Quellen, die nach menschlichem Ermessen nicht verbraucht werden können bzw. sich immer wieder erneuern (regenerieren), z.B. Sonnenenergie, Windenergie, Energie aus Pflanzen (Holz, Biogas), geothermische Energie.

Fossile Energien

Energie, die vor Jahrmillionen aus organischen Stoffen im Boden gebildet wurde und in der Erdkruste gespeichert ist (Erdöl, Erdgas, Kohle, Kohlenwasserstoffe etc.). Diese Energie ist nicht erneuerbar und kann nicht nachproduziert werden. Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen reichert sich CO₂ in der Atmosphäre an.

g-Wert

Der g-Wert bezeichnet die Gesamtenergiedurchlässigkeit bei Fenstern und gibt den prozentualen Anteil des Sonnenlichts an, der durch die Verglasung dringt. Je grösser der g-Wert, desto grösser ist der Strahlungs- bzw. Wärmegewinn. Bei einer modernen Dreifachverglasung liegt der Wert bei 0,8. Das bedeutet, dass 80 % der eingestrahlenen Sonnenenergie in den Raum dringen.

Heizlast

Die Heizlast beziffert die Wärmemenge, die erforderlich ist, um einen Raum am kältesten Tag ausreichend zu erwärmen. Die Angabe erfolgt in Watt pro Quadratmeter (W/m²).

Heizwärmebedarf

Der in der Heizsaison benötigte, rechnerisch ermittelte Wärme- bzw. Energiebedarf eines Hauses. Die Energie für die Warmwasserbereitung ist darin nicht enthalten. Die Angabe erfolgt in Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a).

Holzpellets

Für die Herstellung von Holzpellets werden zerkleinerte Hobelspänen oder Sägemehl ohne Bindemittel zu kleinen Zylindern gepresst. Sie sind ungefähr so gross wie ein Zigarettenfilter und haben aufgrund des geringen Wassergehaltes einen hohen Brennwert. Die Pellets werden entweder in Säcke abgefüllt oder können lose im LKW zum Konsumenten transportiert werden. Die Öfen zünden automatisch und die Heizleistung lässt sich komfortabel über Raumthermostat regeln. Durch die Verwendung von Holzpellets wird ein völlig neuer Absatzmarkt für bisher ungenutztes Abfallholz geschaffen. Insbesondere im städtischen Wohngebiet, wo die Lagerung von Stückholz schwieriger ist, sind Holzpellets eine gute Alternative.

Luftdichtheit

Für die Funktionsfähigkeit eines energieeffizienten Hauses ist es wichtig, dass die Gebäudehülle luftdicht ist, d.h. dass es zwischen dem Innenräumen und dem Aussenbereich kein Luftaustausch stattfindet. 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.

Luftwechselrate

Die Luftwechselrate gibt an, wie oft pro Stunde das Luftvolumen von Innenräumen komplett ausgetauscht wird. Eine Luftwechselrate von 0,5 bedeutet, dass alle 2 Stunden die Luft im Gebäude vollständig erneuert wird.

Treibhauseffekt

Kohlendioxid und andere Gase der Atmosphäre sind für das sichtbare Licht (kurzwellige Strahlung) nahezu vollständig durchlässig, absorbieren jedoch Infrarotstrahlung. Sie wirken wie ein nur in einer Richtung durchlässiger Filter, indem das zur Erde eintretende sichtbare Licht durchgelassen, die von der Erdoberfläche nach Umformung reflektierte Infrarotstrahlung jedoch absorbiert wird.

U-Wert

Der U-Wert (früher k-Wert) gibt an, welche Wärmemenge durch 1m² Aussenfläche eines Bauteils in einer Stunde bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussenraum von 1°C oder Kelvin (K) strömt. Die Einheit ist Watt pro Quadratmeter und Kelvin (W/m²K). Je kleiner dieser Wert ist, umso besser ist die Wärmedämmung des Bauteils und umso weniger Wärme geht verloren.

Wärmebrücke

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen, verglichen mit den umgebenden Bauteilen, ein besonders hoher Wärmeverlust auftritt. In der Regel handelt es sich dabei um einen Bauteilanschluss oder eine Ecksituation, an der die durchgehende Dämnhülle des Hauses unterbrochen bzw. geschwächt wird und dadurch der Wärmeverlust erhöht wird. Eine klassische Wärmebrücke ist die betonierte Balkonplatte oder der aus Stahlbeton gefertigte Fenstersturz.

Wärmedurchgangskoeffizient

Mass für die Fähigkeit einer Struktur (z.B. eines Bauteils, Backsteinwand, Hohlräume, Dach aus Holz, Ziegel, Isolierung usw.), Wärme weiterzuleiten; gibt an, welche Wärmemenge pro Sekunde durch 1-m²-Bauteilfläche hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied der Luft zu beiden Seiten des Bauteils 1 K beträgt. Einheit: Watt pro Quadratmeter und Kelvin (W/m² K).