

PUR

Der Hochleistungs-Dämmstoff

Wärmeschutz im Altbau

Energetische Modernisierung
mit PUR-Hartschaum nach
Energieeinsparverordnung
(EnEV)



Herausgeber: IVPV – Industrieverband
Polyurethan-Hartschaum e.V.

© 2002 by IVPV
1. Auflage, Mai 2002

ISBN 3-932500-23-7

Häuser, die vor 1978 gebaut wurden, sind in der Regel energetisch nicht mehr auf dem neuesten Stand. Im Vergleich zu Neubauten verbrauchen sie ein Vielfaches an Heizenergie und damit auch wertvolle Rohstoffe. Ein Verbrauch von 20 Liter Heizöl oder 20 Kubikmeter Erdgas pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr sind bei diesen Gebäuden keine Seltenheit.

Gerade im Bereich der Altbausanierung setzt die Energieeinsparverordnung (EnEV) neue Maßstäbe und trägt dem enormen Einsparungs- und Emissionsminderungspotenzial, das sich durch energietechnische Verbesserungen erschließen lässt, Rechnung.

Die Anforderungen der EnEV bieten dem Bauherrn – zumindest theoretisch – einen Entscheidungsspielraum: Verbesserung der Wärmedämmung und/oder der Anlagentechnik. Für die konkreten Entscheidungen gibt es jedoch eine eindeutige Regel: Das Gebäude und seine Hülle haben eine lange Lebensdauer und einen dementsprechend langfristigen Energieeinspareffekt. Die zu erwartende Einsparung durch Wärmedämmmaßnahmen liegt im Durchschnitt bei 50 %. Die Anlagentechnik zur Beheizung eines Gebäudes unterliegt einer schnelleren Abnutzung und damit kürzeren Erneuerungszyklen. Der Einspareffekt der Anlagentechnik ist also auf eine kürzere Zeit zu berechnen. Außerdem: Energieeinsparmaßnahmen im Gebäudebestand sind insbesondere dann wirtschaftlich, wenn die zusätzliche Wärmedämmung mit ohnehin anstehenden Instandsetzungen und Modernisierungen gekoppelt wird.

Je höher der angestrebte wärmetechnische Standard des Gebäudes, desto stärker wirken sich aber auch vorhandene bautechnische Schwachstellen aus. Bei der energetischen Sanierung von Altbauten ist daher in besonderem Maße eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich, die nicht nur die Dämmung einzelner Bauteile, sondern auch die Vermeidung von Wärmebrücken, die Luft- und Winddichtheit einschließt. Die meisten Bauherren werden daher der Minimierung von Transmissionswärmeverlusten durch optimale Wärmedämmung der Gebäudehülle sowie der Reduzierung der Lüftungswärmeverluste Vorrang einräu-

men und erst im zweiten Schritt die Anlagentechnik optimieren. Um diese Probleme zu lösen, steht eine breite Palette von Dämmprodukten aus PUR-Hartschaum zur Verfügung.

Die hohen Anforderungen, die an die Dämmung der Gebäudehülle gestellt werden, lassen sich mit dem Hochleistungsdämmstoff PUR-Hartschaum in beispielhafter Weise erfüllen. PUR-Hartschaum ermöglicht aufgrund seines hervorragenden Dämmvermögens wesentlich schlankere Dach-, Wand- und Fußbodenkonstruktionen als andere Dämmstoffe. Bei gleichen Gebäudeabmessungen vergrößert sich das nutzbare Raumvolumen deutlich, wie ein Beispiel anschaulich zeigt:

Die erforderliche Dicke der Fußbodendämmung in einer Erdgeschosswohnung mit einer Fläche von 100 m² wird durch den Einsatz von PUR-Hartschaum der Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) 025 – im Vergleich zu Dämmstoffen der WLG 040 – von 13 auf 8 cm verringert. Dadurch werden zusätzlich 5 m³ Nutzraum gewonnen. Bei einem Preis für den umbauten Raum von 300 € pro m³ lassen sich 1500 € Baukosten einsparen, wobei ein besonders hochwertiger Fußbodenaufbau erreicht wird.

Generell kann man sagen, dass auf lange Sicht ein Altbau mit geringem Heizwärmebedarf im Hinblick auf die zu erwartende Energieverknappung für die Zukunft optimal „gerüstet“ ist.

Weitergehende Informationen, Veröffentlichungen und Konstruktionsblätter werden vom Industrieverband Polyurethan Hartschaum e. V. (IVPU) herausgegeben. Eine aktuelle Liste der Hersteller von PUR-Hartschaum-Dämmplatten kann im Internet unter www.ivpu.de abgerufen werden.



Wärmeschutz im Altbau

1	Wärmeschutz im Altbau	5
1.1	Wärmeschutz ist Behaglichkeit	5
1.2	Wärmeschutz vermeidet Bauschäden	6
1.3	Wärmeschutz und Energieeinsparung	8
2	Energetische Modernisierung des Gebäudebestands	9
2.1	Gebäudetypen und Energieeinsparpotenziale	9
2.2	Energetische Modernisierung nach EnEV	10
2.3	Die Herausforderung für Architekten und Handwerker	10
3	Energiediagnose	11
4	Energieeinsparung „pur“ mit PUR-Hartschaum	12
4.1	Fit für den Altbau	13
4.2	Gut für die Umwelt	13
4.3	Wiederverwertung nach Gebrauch	14
5	PUR-Hartschaum-Dämmung im Altbau	15
5.1	Dach-Instandsetzung und Ausbau	15
5.2	Wand	23
5.3	Boden und Keller	24
6	Kostengünstige Dämm Lösungen und hohe Energieeffizienz	26
6.1	PUR-Hartschaum-Dämmung auf den Sparren – die kostengünstige Dämm Lösung	26
6.2	PUR-Hartschaum-Dämmung auf den Sparren – die energieeffiziente Sanierungsmaßnahme	27
6.3	PUR-Hartschaum-Dämmung – der Wärmeschutz als Beitrag zum Umweltschutz	29

Anhang

Information und Beratung	31
Fördermöglichkeiten	32
Planungshilfen	33
Abbildungsverzeichnis	35
Literatur	37

1 Wärmeschutz im Altbau

Rund 75 % aller Wohngebäude in Deutschland wurden vor 1978 gebaut [1]. Durch nachträgliche Wärmedämmung können bei diesen Altbauten im Durchschnitt Energieeinsparungen von 50 % erreicht werden. Vor allem im Altbaubestand lassen sich durch Wärmeschutzmaßnahmen kurz- und mittelfristig Erfolge in der Energieeinsparung erzielen.

Mit relativ geringem Investitionsaufwand sind im Gebäudebestand hohe Energieeinsparungen erreichbar.

Der bauliche Wärmeschutz im Altbau hat – ebenso wie im Neubau – die Aufgabe:

- die Behaglichkeit und Gesundheit der Bewohner zu gewährleisten
- Bauschäden zu vermeiden und
- Energie einzusparen.



Bild 1:
Behagliches
Wohnen unter
dem Dach

Wärmeschutz ist Behaglichkeit

1.1

Letztlich geht es beim Thema „Wohnen“ um die Frage: Was muss getan werden, damit man sich in seinen vier Wänden richtig wohl fühlt.

Wohnbehaglichkeit ist Lebensqualität. Dazu gehören angenehme Temperaturen im ganzen Haus – im Winter nicht zu kalt, im Sommer nicht zu warm.

Behaglichkeit und Gesundheit der Hausbewohner hängen stark von der Qualität des Raumklimas ab. Heute verbringt ein Großteil der Menschen im Durchschnitt zwei Drittel des Lebens in Wohn- oder Arbeitsräumen.

Die bauphysikalischen Eigenschaften der Raum umschließenden Bauteile – Dächer, Decken und Wände – schaffen daher eine wichtige Voraussetzung für das Wohlbefinden der Bewohner. Einen wesentlichen Teil zu diesem Wohlbefinden trägt die thermische Behaglichkeit in Räumen bei. Das thermische Behaglichkeitsempfinden (vgl. Bilder 2 und 3, Seite 6) unterliegt wiederum einer Vielzahl von Einflüssen. Eine bedeutende Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Raumklimafaktoren, d. h.

- Raumlufttemperatur
- Oberflächentemperatur der Raum umschließenden Bauteile
- Relative Feuchte der Raumluft
- Luftgeschwindigkeit im Raum.

Diese Faktoren bestimmen die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers an die Umgebung und müssen deshalb in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. So darf z. B. die Temperaturdifferenz zwischen der Raumluft und der Temperatur der Wandoberflächen nicht zu groß sein, sonst wird es „ungemütlich“: unbehaglich kalt im Winter oder unangenehm warm im Sommer.

Wohnbehaglichkeit lässt sich objektiv messen: die Raumlufttemperatur sollte zwischen 18 °C und 24 °C liegen, die relative Luftfeuchte zwischen ca. 40 % und 70 % und die mittlere Oberflächentemperaturen der Wände von 19,5 °C bis 23 °C bei einer Luftbewegung von 0 bis 20 cm/s (vgl. Bilder 2 und 3).

Wärmeschutz vermeidet Bauschäden

1.2

Aufgabe des Wärmeschutzes ist es aber auch, Bauschäden, d. h. insbesondere Feuchtigkeitsschäden als Folge von Kondenswasserbildung an den Oberflächen und im Inneren der Bauteile zu verhindern.

Auf der Oberfläche von Bauteilen fällt dann Tauwasser an, wenn die Oberflächentemperatur unter der Taupunkttemperatur der Raumluft liegt, d. h. bei Abkühlung der Raumluft unter ihre Taupunkttemperatur kommt es zur Tauwasserbildung.

Tauwasser und Lüften

Luft enthält ständig unsichtbaren Wasserdampf. Dieser Feuchtigkeitsgehalt ist temperaturabhängig. Warme Luft kann „mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte“, d. h. der Partialdruck des Wasserdampfes steigt mit zunehmender Temperatur.

Wasserdampf-Partialdruck

Der Gesamtdruck der Luft setzt sich aus Teildrücken zusammen. Unter anderem sind daran beteiligt: Stickstoff (ca. 78 %) und Sauerstoff (ca. 21 %). Aber auch das in der Luft gelöste Wasser (= Wasserdampf) bildet einen kleinen Teil des Gesamtdruckes (= Wasserdampf-Partialdruck). Der Wasserdampf-Sättigungsdruck gibt an, wie groß der Partialdruck des Wasserdampfes bei 100 % relativer Feuchte wäre. Die relative Feuchte ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen dem Partialdruck, d. h. dem Teildruck des Wasserdampfes, und dem Sättigungsdruck bei der gleichen Temperatur: $\varphi = p_d / p_s$

φ = relative Feuchte

p_d = Wasserdampf-Partialdruck

p_s = Wasserdampf-Sättigungsdruck

Eine Beispielrechnung verdeutlicht den Zusammenhang von Feuchtegehalt und Tauwasser: Bei einer Temperatur von + 20 °C ist ein maximaler Feuchtigkeitsgehalt von 17,3 g/m³ möglich, bei einer Temperatur von ± 0 °C noch 4,84 g/m³. Diese Werte geben den Sättigungsgehalt an, entsprechen also einer Luftfeuchtigkeit von 100 %.

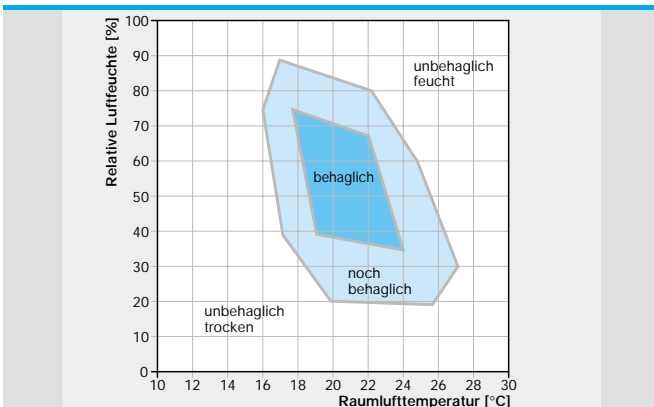


Bild 2:
Behaglichkeits-empfinden in Räumen in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und relativer Luftfeuchte

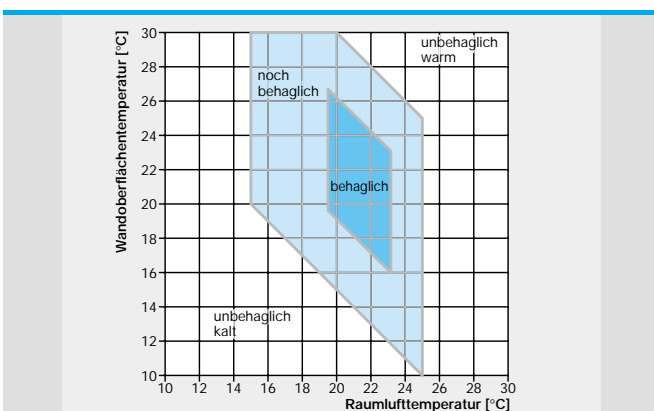


Bild 3:
Behaglichkeits-empfinden in Räumen in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und Temperatur der inneren Wandoberflächen

Meist ist nur ein Teil dieser Sättigungsmenge in der Luft enthalten, ausgedrückt durch die „relative Feuchtigkeit“, mit der das Verhältnis zwischen tatsächlicher Feuchtemenge und Sättigungsmenge angegeben wird. Üblicherweise schwanken die relativen Feuchtigkeiten unserer Umgebungsluft zwischen 50 % und 80 %.

Umgerechnet auf den vorhandenen Feuchtegehalt ergibt sich somit z. B. bei 75 % relativer Feuchtigkeit und einer Temperatur von + 20 °C ein Anteil von $0,75 \times 17,3 = 12,98$ g Wasser pro m³ Luft.

Kühlt sich die Luft ab, so vermindert sich auch die maximale Menge des in ihr enthaltenen Wassers. Bei diesem Abkühlvorgang wird sie also unterhalb einer gewissen Temperatur Feuchtigkeit ausscheiden; und zwar bei derjenigen Temperatur, bei welcher die maximal mögliche Sättigungsmenge kleiner ist, als der tatsächliche Feuchtegehalt – bei obigem Beispiel also < 12,98 g/m³.

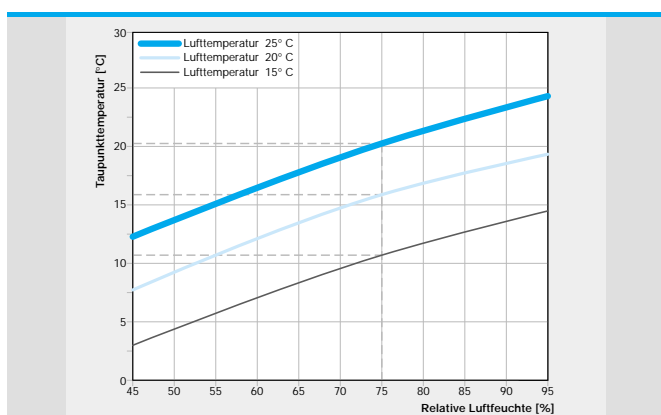


Bild 4:
Taupunkttemperatur des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Lufttemperatur

Dieser Temperaturstand, bei dem die überschüssige Feuchtigkeit in Form von Kondens- bzw. „Tauwasser“ abgegeben wird, heißt „Taupunkttemperatur“. Sie liegt für obiges Beispiel bei ca. + 15 °C (bei dieser Temperatur beträgt die Sättigungsmenge 12,85 g/m³).

Steigt die Lufttemperatur bei gleicher Luftfeuchte (75 %) auf 25 °C, dann steigt die Taupunkttemperatur auf ca. 20 °C an. Sinkt die Lufttemperatur bei gleicher relativer Luftfeuchte (75 %) auf 15 °C, so fällt die Taupunkttemperatur auf ca. 10 °C.

Die Oberflächentemperatur kann zu tief sein:

- bei nicht ausreichender Wärmedämmung
- im Bereich einer Wärmebrücke
- bei unzureichender Beheizung
- wenn die Wärmezufuhr durch Einrichtungsgegenstände behindert wird.

Die Taupunkttemperatur wird überschritten und führt zu Kondensation:

- bei übermäßiger Feuchteproduktion im Raum
- bei unzureichender Belüftung.

In einem 4-Personenhaushalt werden täglich zwischen 8 und 15 Liter Wasser freigesetzt und als Wasserdampf an die Raumluft abgegeben (vgl. Bild 5). Diese feuchtwarme Raumluft muss regelmäßig durch kältere und trockenere Außenluft ersetzt werden. Unterbleibt eine ausreichende Belüftung, kann es zu Schimmel- und Sporenbildung, Bauteilschäden und Gesundheitsbeeinträchtigungen kommen.

Feuchteproduzent	Feuchteabgabe
Topfpflanzen	7 – 15 g/Stunde
Trocknende Wäsche (4,5 kg Trommel geschleudert)	10 – 20 g/Stunde
Wannenbad	ca. 1100 g/Stunde
Duschbad	ca. 1700 g/Stunde
Kochen	400 – 900 g/Stunde Kochzeit
Menschen	
- Schlafen	40 – 50 g/Stunde
- Haushaltsarbeit	ca. 90 g/Stunde
- anstrengende Tätigkeit	ca. 175 g/Stunde

Bild 5:
Ursachen für Feuchtigkeit in der Raumluft

Schimmel

Wenn sich auf der Oberfläche von Bauteilen über einen längeren Zeitraum an kritischen Wandstellen, etwa an Wärmebrücken, Tauwasser niederschlägt, kann sich hier Schimmel bilden. Guter Nährboden für Schimmelpilze sind z. B. Papiertapeten, Staub, Leimfarben und andere organische Anstriche. Schimmelpilze sind gesundheitsschädlich. Ihre Sporen werden in der Luft verwirbelt und gelangen durch Einatmen in die tieferen Atemwege, wodurch Allergien und andere Krankheiten verursacht werden.

Behagliche Wärme kann in einem Raum auf die Dauer recht unbehaglich werden, wenn nicht für eine gute Durchlüftung gesorgt ist. Neben starken Gerüchen (wie sie z. B. beim Kochen auftreten) und Schadstoffen muss im Lauf eines Tages auch eine erhebliche Feuchtemenge ins Freie abgeführt werden.

Die beste Art zu Lüften, ist eine effiziente Stoßlüftung, bei der drei- bis viermal am Tag die Fenster für 5 bis 10 Minuten ganz geöffnet werden. Eine Dauerlüftung durch Kippstellung der Fenster während der Heizperiode über einen längeren Zeitraum als 10 Minuten sollte man vermeiden. Dies führt lediglich zu einem höheren Energieverbrauch und zur Abkühlung einzelner Bauteile. Die Folge ist, dass sich z. B. an ausgekühlten Fensterlaibungen Tauwasser niederschlägt.

Beim heutigen Wärmedämm-Standard kommt den Lüftungswärmeverlusten, die auch beim zeitlich begrenzten Lüften entstehen, eine große Bedeutung zu. Da in Zukunft im Hinblick auf die erhöhten Anforderungen der EnEV zur Energieeinsparung noch besser gedämmt werden muss und Lüftungswärmeverluste möglichst zu vermeiden sind, bleibt wohl nur die aktive Lüftung mit Wärmerückgewinnung (kontrollierte Lüftung durch Lüftungsanlage). Dies gilt insbesondere für die eventuelle Umrüstung eines Altbaues auf ein Passivhausniveau.

Wärmeschutz und Energieeinsparung

1.3

Mit steigenden Energiepreisen und einer Verknappung der fossilen Energievorräte tritt die Energieeinsparung durch verbesserte Wärmedämmung immer mehr in den Vordergrund.

Rund 75 % aller bestehenden Wohngebäude wurden vor 1978, also vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut.

Hier besteht ein enormes Potenzial für künftige Energieeinsparmaßnahmen (vgl. Bilder 6 und 7).

Wärme entweicht übers Dach, durch Decken und Wände oder beim unkontrollierten Lüften. Diese Energieverluste können durch geeignete Dämmmaßnahmen drastisch reduziert werden.

Ein weiterer Vorteil: Nach Ausführung ausreichender und fachgerechter Wärmeschutzmaßnahmen reduzieren sich auch die Heizkosten.

Die energetische Modernisierung eines Gebäudes führt auch zu einer Wertsteigerung der Immobilie. Ein Energiezertifikat (z. B. ein Energiepass) soll den wärmeschutztechnischen Standard eines Gebäudes, z. B. für Mieter oder potenzielle Käufer, dokumentieren.

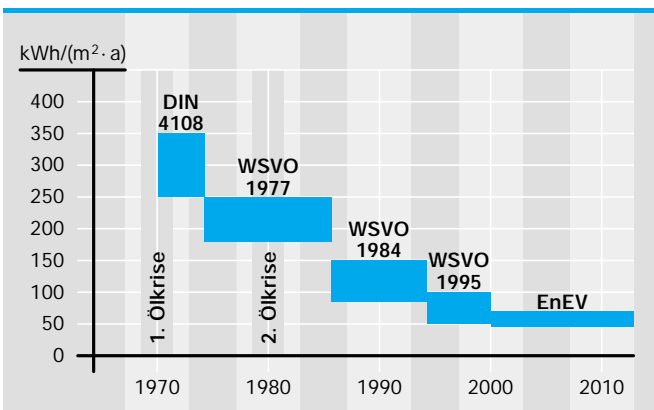


Bild 6:
Entwicklung des maximal zulässigen Heizwärmebedarfs

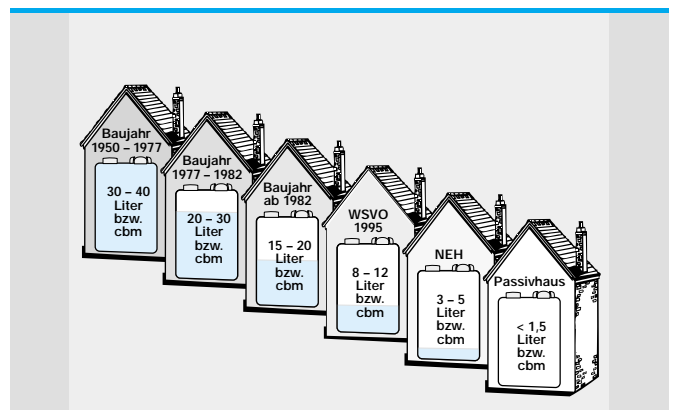


Bild 7:
Entwicklung des Heizenergieverbrauchs

2 Energetische Modernisierung des Gebäudebestands

Die Bundesregierung war bereits bei der Verabschiedung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1995 davon ausgegangen, dass zum Ende des Jahrzehnts eine weitere Verschärfung des Anforderungsniveaus für Neubauten und eine Ausweitung der ordnungsrechtlichen Vorschriften im Gebäudebestand erfolgen sollte. Als Ziel wurde eine weitere Reduzierung des Energiebedarfs angestrebt.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV), in Kraft getreten am 1. Februar 2002, führt den einfachen Bilanzierungsgedanken der WSVO 1995 auf Grundlage des Heizwärmebedarfs weiter. Jetzt werden auch die Verluste der Heizungsanlage und der Energieverbrauch zur Warmwasserbereitung auf die Verlustseite der Bilanz „gebucht“. Der Energiebedarf wird als Heizenergiebedarf bezeichnet.

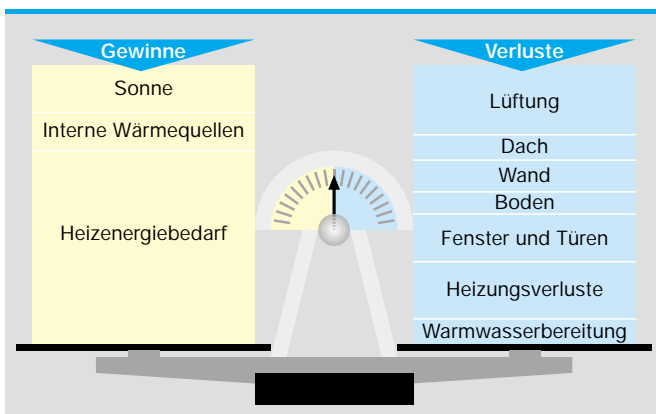


Bild 8:
Prinzip der Bilanzierung von Energiegewinnen und Energieverlusten in der EnEV

Bezogen auf den Gebäudebestand bleibt es bei dem Ansatz der WSVO 1995, d. h. bei der Festlegung von Mindestanforderungen für U-Werte bezogen auf verschiedene Bauteile.

Je besser der Wärmeschutz, desto weniger Energie wird zur Deckung des Heizwärmebedarfs benötigt.

Gebäudetypen und Energieeinsparpotenziale

2.1

Der Gebäudebestand kann nach Baualter und Gebäudegrößen in Typen eingeteilt werden. Dabei bildet das Baualter ein wichtiges Merkmal, weil sich in jeder Bauepoche allgemein übliche Konstruktionen finden lassen, die den Heizwärmebedarf eines Gebäudes beeinflussen. Die Gebäudegröße spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle. Größere Gebäude haben im Verhältnis zu ihrem nutzbaren Volumen eine geringere Außenfläche, über die Wärme an die Umgebung abfließen kann [2].

Für jeden Gebäudetyp lassen sich Einsparmöglichkeiten durch optimale Wärmeschutzmaßnahmen an Wand, Dach, Keller und Fenstern sowie durch Lüftungstechnische Maßnahmen ermitteln. Die Wärmedämmung der Dächer und Außenwände bewirkt den größten Energieeinspareffekt.

Welche dieser Maßnahmen in wirtschaftlich sinnvoller Weise durchgeführt werden kann, hängt im Einzelfall vom Gebäudetyp ab. Fast alle Altbauten, die älter als 20 Jahre sind, haben einen Energieverbrauch von mindestens 20 Liter Heizöl oder 20 Kubikmeter Erdgas pro m² Wohnfläche und Jahr. Die zu erwartende Einsparung durch Wärmedämmmaßnahmen liegt im Durchschnitt bei 50 %.

Energiesparmaßnahmen sind insbesondere dann wirtschaftlich, wenn die zusätzliche Wärmedämmung mit ohnehin anstehenden Instandsetzungen und/oder Modernisierungen gekoppelt wird.

Eine Maßnahme gilt als wirtschaftlich, wenn die Kosten für die Einsparung einer Kilowattstunde (kWh) Energie niedriger sind als der über die Nutzungsdauer ermittelte zukünftige Endenergiepreis. Bei Berücksichtigung eines zukünftigen Energiepreises von z. B. 6,7 Cent pro kWh ergeben sich Einsparpotenziale von 53 % in den alten und 63 % in den neuen Bundesländern.

2.2 Energetische Modernisierung nach EnEV

Die EnEV nutzt das enorme Einsparpotenzial im Gebäudebestand und formuliert bestimmte Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen (U-Wert), wenn diese ersetzt, erneuert oder erstmalig eingebaut werden.

Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei Erneuerung von Bauteilen gemäß EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 (Auszug)

Bauteil	Maximaler Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)^1$
Außenwände allgemein	$U_{max} = 0,45 W/(m^2 \cdot K)$
Außenwände, bei denen	
– Bekleidungen angebracht werden	$U_{max} = 0,35 W/(m^2 \cdot K)$
– Dämmschichten eingebaut werden	$U_{max} = 0,35 W/(m^2 \cdot K)$
– der Außenputz erneuert wird	$U_{max} = 0,35 W/(m^2 \cdot K)$
Fenster, Fenstertüren, Dachfenster	$U_{max} = 1,70 W/(m^2 \cdot K)$
Decken, Dächer, Dachschrägen	$U_{max} = 0,30 W/(m^2 \cdot K)$
Flachdächer	$U_{max} = 0,25 W/(m^2 \cdot K)$
Wände und Decken gegen unbeheizte Räume oder gegen Erdreich	
– allgemein	$U_{max} = 0,50 W/(m^2 \cdot K)$
– bei Anbringung außenseitiger Bekleidung	$U_{max} = 0,40 W/(m^2 \cdot K)$

¹ Der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils kann unter Berücksichtigung der neuen und der vorhandenen Bauteilschichten ermittelt werden; für die Berechnung opaker Bauteile ist die DIN EN ISO 6946:1996-11 zu verwenden.

Bild 9:
Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude

Da die EnEV als Folgeverordnung des Energieeinsparungsgesetzes von 1976 an das Prinzip der Wirtschaftlichkeit gebunden ist, gelten die neuen Anforderungen nur, wenn mehr als 20 % der Fläche eines Bauteils saniert werden soll.

In der EnEV sieht der Gesetzgeber auch gewisse Nachrüstpflichten vor. Diese gelten insbesondere für ungedämmte, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume und Heizkessel.

Dazu heißt es in der EnEV:

- Eigentümer von Gebäuden mit normalen Innentemperaturen müssen ungedämmte, nicht begehbare aber zugängliche

oberste Geschossdecken beheizter Räume bis zum 31. Dezember 2006 so dämmen, dass der U-Wert $0,30 W/(m^2 \cdot K)$ nicht überschritten wird.

- Heizkessel, die vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut oder aufgestellt worden sind, müssen bis zum 31. Dezember 2006 außer Betrieb genommen werden.

Im Falle wesentlicher Änderungen am bestehenden Gebäude ist ein Energiebedarfsausweis unter bestimmten Voraussetzungen vorgesehen (vgl. EnEV, § 13). Eine wesentliche Änderung liegt vor, wenn

- innerhalb eines Jahres mindestens drei Änderungen in Verbindung mit dem Austausch eines Heizkessels oder Umstellung einer Heizungsanlage auf einen anderen Energieträger durchgeführt werden (vgl. EnEV, Anhang 3, Nr. 1–5)
- wenn das beheizte Gebäudevolumen um mehr als 50 % erweitert wird.

Die Herausforderung für Architekten und Handwerker

2.3

Häufig bietet die Modernisierung eines Gebäudes eine echte zweite Chance für gute Architektur. Architekten sind hier in zweierlei Hinsicht gefordert:

- bei Änderungen an der äußeren Gestalt des Gebäudes
- bei Planung der Investitionen im Hinblick auf die optimale Energieeinsparung.

Bei der Sanierung von Altbauten ist in besonderem Maße eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich. Die einzelnen Maßnahmen müssen vom Architekten und Handwerker fachgerecht überprüft und aufeinander abgestimmt werden. Neben einer optimalen Dämmung muss z. B. auch auf die Vermeidung von Wärmebrücken sowie luft- und winddichte Konstruktionen geachtet werden.

Für Architekten ergibt sich bei der Altbaumodernisierung ein neues Betätigungsfeld. Im gestalterischen Entwurf müssen zukünftig auch Aspekte wie optimale Wärmedämmung und Energieeinsparung berücksichtigt werden.

3 *Energiediagnose*

Vor jeder energetischen Sanierung eines Gebäudes stellt sich die Frage: Welche Maßnahmen sollen zuerst in Angriff genommen werden? Damit mit einem Minimum an finanziellem Aufwand die größtmögliche Energieeinsparung erreicht wird, sollte vor jeder Modernisierungsmaßnahme eine ganzheitliche Energiediagnose erstellt werden.



*Bild 10:
Vor jeder
Modernisierung
empfiehlt sich
eine Untersuchung
vor Ort*

Der erste Schritt bei einer Energiediagnose ist die Erfassung des Ist-Zustandes an Ort und Stelle durch den Fachmann. Er nimmt neben den allgemeinen Angaben zum Gebäude – wie z. B. Haustyp und Baujahr, beheizte Nutzfläche sowie Anzahl der Wohneinheiten und Bewohner – auch den Aufbau/Zustand der Gebäudehülle, das Heizsystem und die Warmwasserbereitung auf. Für einen Vergleich sind die Energieverbrauchswerte der Vorjahre notwendig.

Im zweiten Schritt analysiert der Energieberater anhand der aktuell ermittelten Kenndaten des Hauses die Energieverluste. Die detaillierte Energiebilanz zeigt Schwachstellen wie z. B. unzureichende Dämmung und Undichtheiten in der Gebäudehülle auf.

Im dritten Schritt zeigt der Energieberater auf, welche Dämm-Maßnahmen notwendig, sinnvoll und empfehlenswert sind. Dazu gehören auch konkrete Hinweise zur praktischen und kostengünstigen Ausführung sowie auf vorhandene Förderprogramme.

Die Erstellung einer Energiediagnose wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Voraussetzung ist, dass die Energiediagnose von einem dazu qualifizierten Energieberater durchgeführt wird [3].

4 Energieeinsparung „pur“ mit PUR-Hartschaum

Grundsätzlich gilt: Die Wärmedämmung ist das A und O des Energiesparens. Ziel der Wärmedämmung mit PUR-Hartschaum Dämmstoffen ist es, den Wärmedurchgang von Dächern, Decken und Außenwänden zu minimieren. Dadurch

- verringern sich die Heizkosten
- werden die gesetzlichen Auflagen erfüllt (z. B. Anforderungen an den Wärmeschutz nach EnEV)
- verbessert sich das Raumklima und somit auch die Wohnbehaglichkeit
- steigert sich der Wert des älteren Hauses bzw. der Altbauwohnung.

Effiziente Wärmedämmung trägt gerade im Altbau wesentlich zur Senkung der Heizkosten bei. Zudem wird die Umwelt durch gezielte Verminderung des CO₂-Schadstoffausstoßes erheblich entlastet.

Bereits nach der ersten Heizperiode ist der Energieeinsatz zur Herstellung von PUR-Hartschaum Dämmstoffen durch die erzielte Einsparung an Heizenergie wettgemacht (vgl. Kapitel 6, S. 29).

Dämmstoffe aus PUR-Hartschaum sind wegen ihres guten Dämmvermögens vielseitig einsetzbar (Dach, Wand, Boden, Decke). Die Produktpalette reicht von Dämmplatten über Fensterrahmen und Montageschaum bis hin zu Metall-Sandwichelementen für den Industriebau.

Für die Leistung eines Dämmstoffes gilt: je höher die Wärmeleitfähigkeit, desto dicker muss gedämmt werden – je niedriger die Wärmeleitfähigkeit, desto leistungsfähiger sind bereits dünne Dämmschichten.

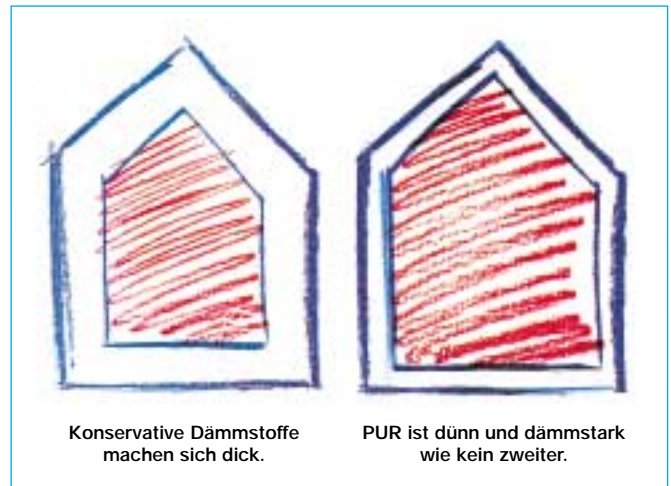


Bild 11:
PUR-Hartschaum – dünn und dämmstark wie kein zweiter

PUR-Hartschaum Dämmstoffe werden in den Wärmeleitfähigkeitsgruppen WLG 025 (diffusionsdicht) und WLG 030 (diffusionsfähig) angeboten. Nahezu alle anderen Dämmstoffe stuft man in schlechtere Wärmeleitfähigkeitsgruppen ein (vgl. Bild 12).

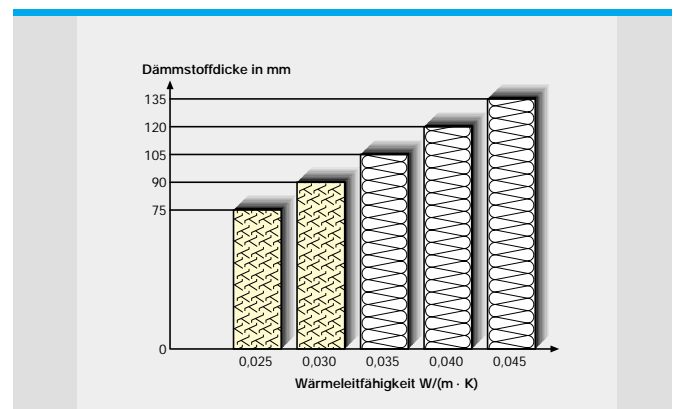
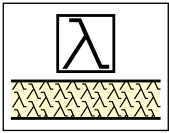


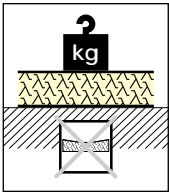
Bild 12:
Dämmstoffdicken in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit bei einem U-Wert von 0,30 W/(m²·K) – z. B. für Steildächer – hier ohne Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände

4.1 Fit für den Altbau

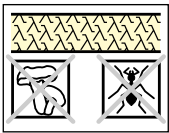


Neben einem hohen Wärmedämmvermögen erfüllen PUR-Hartschaum Dämmstoffe weitere wichtige Anforderungen, die heute an leistungsfähige Dämmelemente und moderne Dämmstoffe im Altbaubereich gestellt werden:

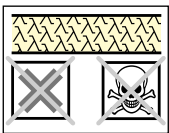
PUR-Hartschaum



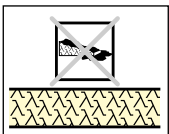
- weist gute Druckfestigkeitswerte bei geringem Gewicht auf; d. h. hohe Belastbarkeit bei Dächern und Böden (begebar)



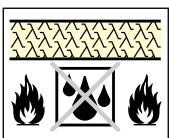
- ist schimmel- und fäulnisfest, kein Nährstoff für Ungeziefer



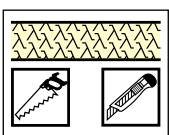
- ist geruchsneutral und physiologisch unbedenklich



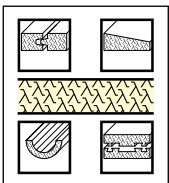
- ist temperaturbeständig von -30 °C bis $+90\text{ °C}$. Eine Kurzzeitbelastung bis $+250\text{ °C}$ bei Bitumen-Verklebung oder -Verschweißung ist möglich.



- erfüllt die gesetzlich festgelegten brandschutztechnischen Anforderungen, tropft im Brandfall nicht ab, glimmt nicht. Somit können unbemerkte Brandherde mit der Folge einer Brandausbreitung nicht entstehen.



- lässt sich auf der Baustelle wirtschaftlich (schnell) und problemlos verarbeiten



- kann den jeweiligen Anforderungen optimal angepasst werden

- zeigt ein gutes Langzeitverhalten.

Gerade im Bereich der nachträglichen Steildach- und Fußbodendämmung – d. h. wenn die Dämmstoffdicke durch Konstruktion und Aufbau des Gebäudes begrenzt ist – zeichnen sich die Vorteile von PUR-Hartschaum aus.

Gut für die Umwelt

4.2

Neben guten bauphysikalischen Eigenschaften spielen bei der Auswahl von Dämmstoffen zunehmend ökologische Kriterien eine Rolle. Im Sinne einer Ökobilanz ist es wichtig, dass für eine Abschätzung der Einsparungen über den gesamten Lebensweg einer Wärmedämmung umfangreiche Daten über Energie- und Rohstoffeinsatz sowie Emissionen in Luft, Wasser und Boden (Abfälle) ausgewertet werden. Für die Lebenszyklusanalyse eines Wärmedämmstoffes wie PUR-Hartschaum ist deshalb der Gesamteinspareffekt entscheidend.

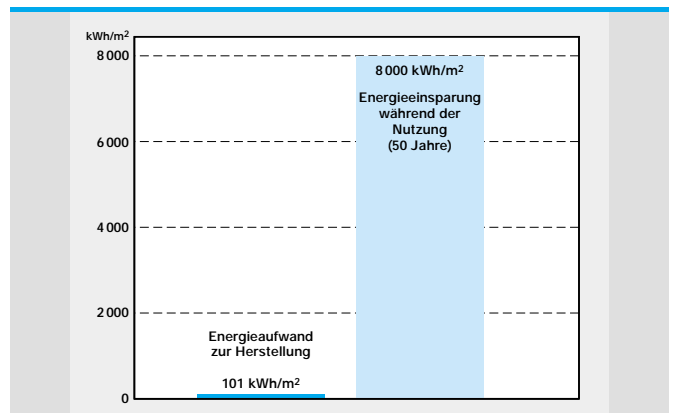


Bild 13: Vergleich Herstellungs-Energie und Energie-Einsparung einer PUR-Hartschaum-Dämmplatte (Dicke: 80 mm; vgl. Bilder 38 und 39, Seite 29)

Dem geringen Energieeinsatz zur Herstellung von PUR-Hartschaum-Dämmstoffen stehen im Laufe des Produktlebens Energieeinsparungen gegenüber, die bis zu hundertmal größer sein können.

4.3 Wiederverwertung nach Gebrauch

Nach dem Gebäudeabriss gibt es für PUR-Hartschaum Dämmstoffe verschiedene Verwertungsmöglichkeiten:

1. Saubere und unbeschädigte PUR-Dämmplatten können nach 50 Jahren „Dämmdienst“ wieder verwendet werden, z. B. zur Dämmung der obersten Geschosdecke.
2. PUR-Hartschaumplatten, die nicht durch andere Bauabfälle verschmutzt sind, können zu Klebpressplatten (vergleichbar mit Spanplatten) verarbeitet werden. Diese setzt man zu speziellen Zwecken, wie z. B. in Fußbodenaufbauten ein.
3. Verschmutzter PUR-Hartschaumabfall kann zusammen mit Hausmüll in modernen Müllheizkraftanlagen ohne zusätzliche Umweltbelastung verbrannt werden. Hierbei wird die in dem Dämmstoff enthaltene Energie in Primärenergie umgewandelt.
4. Aus sauberen Produktionsabfällen, deren Rezeptur bekannt ist, kann eine Rohstoffkomponente durch Glykolyse zurückgewonnen werden.

PUR-Hartschaum spart in zweifacher Hinsicht: Bei einer nachträglichen Dämmung mit PUR-Hartschaum, spart man bis zu 30 % Heizkosten und das mindestens 50 Jahre lang. Das kommt dem Geldbeutel zugute. Nach seinem Dämmdienst spart PUR-Hartschaum ein zweites Mal, nämlich den Einsatz von neuer Energie (Öl oder Gas) in Müllheizkraftanlagen. Das nützt der Umwelt und letztendlich allen – Menschen, Pflanzen und Tiere.

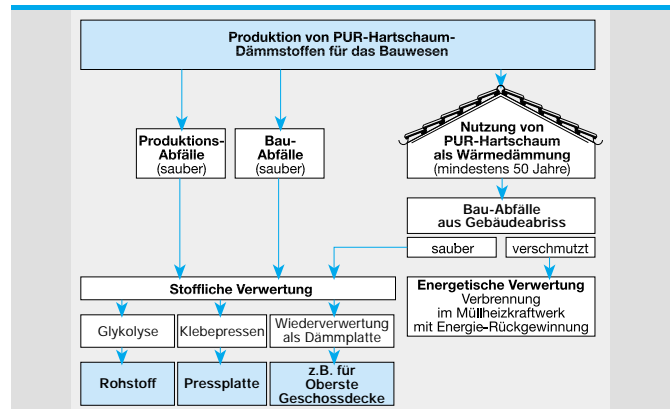


Bild 14:
Entsorgung von
PUR-Hartschaum-
Abfällen

5 PUR-Hartschaum Dämmung im Altbau

Für die energetische Modernisierung eines Altbaus gibt es im Wesentlichen folgende Gründe:

- die ohnehin notwendige Instandsetzung von Bauteilen im Rahmen der Wartung
- die Steigerung der Wohnqualität, d. h. der Wohnbehaglichkeit
- die Wertsteigerung der Immobilie.

Die EnEV fordert bei der Instandsetzung von Bauteilen, diese mit einer besseren Wärmedämmung zu versehen.

Die Fähigkeit der Wärmedämmung hängt von den bauphysikalischen Eigenschaften des Dämm-Materials ab. Für PUR-Hartschaum spricht seine außerordentlich niedrige Wärmeleitfähigkeit und seine leistungsfähigen, dünnen Dämmschichten. PUR ist dünn und dämmstark wie kein anderer handelsüblicher Dämmstoff.

Wohnraum wird erst dann wertvoll, wenn neben der Behaglichkeit und dem Wohnklima auch die Energiebilanz stimmt. Ein richtig gedämmtes Dach spart Energie und Geld und steigert den Wert des ganzen Hauses.

Steildach

Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei Erneuerung von Bauteilen gemäß EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 (Auszug)

Bauteil	U_{\max} in $W/(m^2 \cdot K)$
Decken, Dächer, Dachschrägen	0,30

Bei der nachträglichen Dachdämmung gibt es jedoch wichtige Unterschiede, die man kennen sollte. Das Steildach kann auf den Sparren, unter den Sparren und zwischen den Sparren gedämmt werden.

Bauteil	EnEV Altbau	PUR-Dämmstoff	
	U-Wert $W/(m^2 \cdot K)$	WLG	Dicke mm
Steildach (Dämmung auf den Sparren)	$\leq 0,30$	025	80
		030	100
Flachdach	$\leq 0,25$	025	100
		030	120
Oberste Geschossdecke	$\leq 0,30$	025	80
		030	100
Außenwand	$\leq 0,35$	025	60
		030	80
Außenwand mit innen-seitiger Bekleidung oder Verschalung	$\leq 0,45$	030	60
Fußboden/Kellerdecke (gegen Erdrich und unbeheizten Keller)	$\leq 0,40$	025	60
		030	80
Perimeter-Dämmung	$\leq 0,40$	030	80

Bild 15:
U-Wert für verschiedene Bauteile mit entsprechenden Empfehlungen für PUR-Dämmstoffdicken

Die Dämmung auf den Sparren – Das Optimum bei Erneuerung der Dacheindeckung

Muss das Dach erneuert werden oder ist ein ausgebautes Dach unzureichend gedämmt, empfiehlt sich in erster Linie eine Dämmung auf den Sparren. Hierbei können die Sparren von innen sichtbar bleiben. Die Vorteile dieser Dämm-Methode: kein Raumverlust, keine Beeinträchtigungen im Hausinneren, kein Lärm und kein Schmutz. Vorhandene Installationen müssen nicht verlegt und der gesamte Innenausbau nicht verändert werden. Bei der Aufsparrendämmung wird die gesamte Konstruktion von der PUR-Dämmung vollflächig eingehüllt. Dies schützt die Dachkonstruktion vor Temperatureinflüssen und hat außerdem den Vorteil, dass die Sparren nicht als Wärmebrücken wirken.

PUR-HARTSCHAUM-DÄMMUNG IM ALTBAU

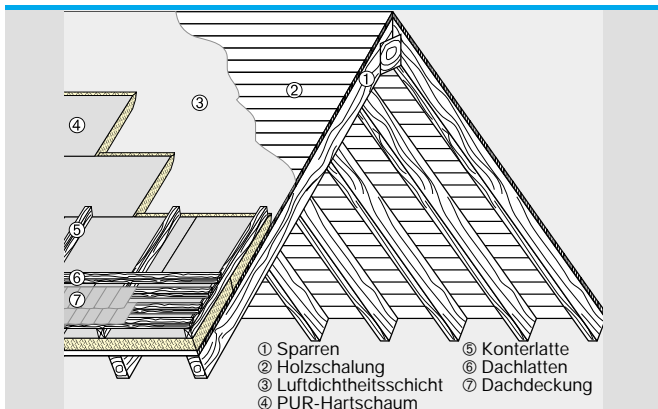


Bild 16:
Aufsparren-
dämmung mit
PUR-Hartschaum-
Dämmplatten

Selbstklebende Überlappungen bei PUR-Dämmelementen gewährleisten rundum einen dichten Abschluss.

PUR-Dämmsysteme auf den Sparren sind besonders verlegefreundlich und damit kostengünstiger als eine Zwischensparrendämmung.

Laut Energieeinsparverordnung gilt beim Ausbau von Dächern zum Wohnraum ein U-Wert von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Mit sehr geringen Dämmstoffdicken – 80 mm mit PUR-Platten der WLG 025 oder 100 mm mit WLG 030 – bietet PUR-Hartschaum die Möglichkeit, die Wärmedämmung sogar über diese gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus zu verbessern.

Bild 17:
Sichtbare
Dachkonstruktion
mit einer Wärme-
dämmung aus
PUR-Hartschaum,
WLG 025

PUR-Hartschaum, der „schlanke“ Dämmstoff, unterstützt eine optimale Nutzung kleiner Grundflächen und die Eingliederung des Dachgeschosses in den Wohnraum.



Der Wunsch, dem Haus oder dem Appartement durch offene Bauweise mehr Großzügigkeit zu verleihen, ist mit PUR-Hartschaum leicht zu erfüllen. PUR-Hartschaum ist somit eine zeitgemäße Antwort auf steigende Bau- und Grundstückspreise, denn PUR-Hartschaum erweitert den Spielraum der modernen Architektur.

Für die Aufsparrendämmung werden PUR-Hartschaumplatten der WLG 025 und WLG 030 angeboten. Neben PUR-Dämmplatten mit normaler Nut- und Federaus- bildung gibt es auch PUR-Systeme, bei denen zusätzlich Unterdeckbahnen werk- seitig aufgebracht sind, d. h. der Dach- decker kann in einem Arbeitsgang dämmen und gleichzeitig abdichten.

Dachdecker und Zimmerleute schätzen es, dass zur Befestigung der vergleichsweise dünnen und dämmstarken PUR-Platten auf den Sparren relativ kurze Nägel/Schrauben eingesetzt werden können. Das spart Kosten und erleichtert die Arbeit.

Die Dämmung unter den Sparren – Wenn die Dacheindeckung intakt ist

Wenn eine Steildachdämmung auf den Sparren nicht möglich ist, kann unter den Sparren gedämmt werden. Voraussetzung für dieses Dämmsystem ist in jedem Fall eine intakte Dacheindeckung. Auch bei einer Untersparrendämmung bilden die Sparren keine Wärmebrücken.

Außerdem: Bei einer vorhandenen, jedoch unzureichenden Zwischensparrendämmung kann mit zusätzlichen PUR-Elementen unter den Sparren eine hervorragende Dämmleistung erreicht werden.

Der Vorteil von PUR-Hartschaum bei der Untersparrendämmung: Beim Einsatz von PUR-Dämmplatten ist der Raumverlust wegen der geringen Dicke im Vergleich zu anderen Dämmstoffen am geringsten.

Bei dem nach EnEV für Steildächer geforderten U-Wert von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ können 80 mm dicke PUR-Platten der WLG 025 oder 100 mm der WLG 030 eingebaut werden.

Für die Untersparrendämmung werden von den IVPU Mitgliedsfirmen verschiedene Systeme angeboten. Neben PUR-Dämmplatten mit normaler Nut- und Federausbauelementen gibt es auch PUR-Verbundplatten mit starren Deckschichten (Gipsfaser oder Gipskarton); erzielt wird ein Trockenbausystem, das gleichzeitig dämmt und raumseitig einen sauberen Abschluss bildet.



Bild 18:
Dämmung unter den Sparren mit PUR-Hartschaum, WLG 025

Bei der Untersparrendämmung ist Luftdichtheit zu gewährleisten (so z. B. bei Anschlüssen wie Giebel, Kamin oder Fenster); vgl. S. 19.

Die Dämmung zwischen den Sparren – Mit PUR-Hartschaum „dünn und dämmstark“ auszuführen

Wenn keine Aufsparren- und Untersparrendämmung möglich ist, kann zwischen den Sparren gedämmt werden.

Die Nachteile der Zwischensparrendämmung:

Bei einem älteren Gebäude haben die Sparren oft nur die statisch notwendige Höhe. Soll mit Dämmstoffen der WLG 040 der in der EnEV geforderte U-Wert von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erreicht werden, ist die erforderliche Dämmschicht in der Regel dicker als die Sparrenhöhe. Eine ausreichende

Dämmung mit diesen Dämmstoffen ist daher nur mit aufwändigen Konstruktionen möglich (z. B. Aufdopplung der Sparren).

Dämmplatten aus PUR-Hartschaum bilden eine optimale Alternative. Die Verwendung von PUR-Dämmplatten oder -Dämmelementen der WLG 030 führt bereits mit einer Dicke von 100 mm zu dem nach der neuen EnEV für die Sanierung von Altbauten geforderten U-Wert von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Da die Sparrenhöhe bei Altbauten in der Regel 12 cm beträgt, kann also auf die mit hohen Kosten verbundene zusätzliche Dämmung auf oder unter den Sparren verzichtet werden.

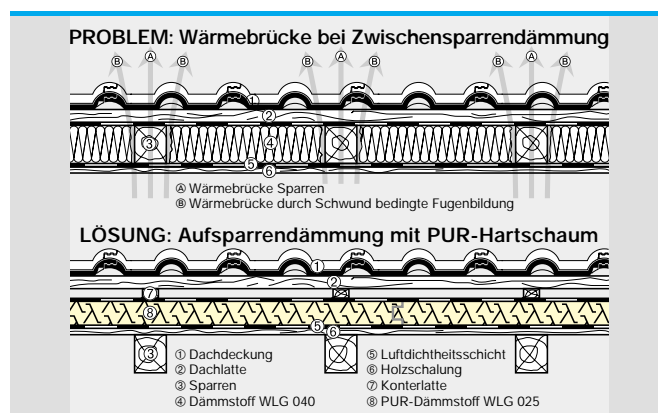


Bild 19:
Material bedingte Wärmebrücken bei der Zwischensparrendämmung

Alte Sparren verlaufen nicht exakt parallel und weisen große Maßtoleranzen auf. Aufgrund der vielen Sparrenanschlüsse ist es bei der Zwischensparrendämmung besonders schwierig, Luftdichtheit zu gewährleisten. Bei diesem Dämmsystem entstehen viele Fugen, deren Wärmeverluste nicht zu vernachlässigen sind.

Im Vergleich zu einer durchgehenden Dämmung gleicher Dicke ist bei der Zwischensparrendämmung je nach Sparrenabmessung und Sparrenanteil der U-Wert der Konstruktion durch Fugen und Sparren um bis zu 30 % schlechter. Notwendige Zusatzkonstruktionen sind technisch aufwendig, kosten Zeit und Geld.

PUR-HARTSCHAUM-DÄMMUNG IM ALTBAU

Für die Zwischensparrendämmung bieten die IVPU-Mitglieder spezielle PUR-Lösungen an: Ein Beispiel ist die Kombination aus PUR-Dämmplatten und einem Streifen aus Weichschaum. Der Streifen aus Weichschaum wird in diesem Fall an den Sparren befestigt und dient als flexibler Rahmen, in den die PUR-Dämmplatten lückenlos eingesetzt werden. Das Problem von Fugen am Sparren, die bei anderen Dämmsystemen konvektive Wärmeverluste verursachen können, ist somit gelöst. Eine andere Möglichkeit bieten PUR-Dämmkeile, die man zwischen Sparren und PUR-Dämmplatten anbringt.

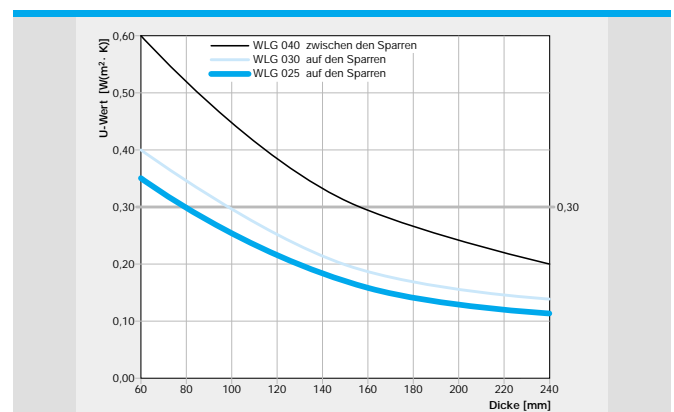


*Bild 20:
Wärmebrückenfreie
Zwischensparren-
dämmung
mit einem PUR-
Hartschaum-
Dämmsystem*

Auch bei der Zwischensparrendämmung muss auf die Hinterlüftung geachtet werden. Der Einbau der Dämmplatten sollte so erfolgen, dass ein ausreichender Lüftungsquerschnitt zwischen Dämmung und Dachziegeln sichergestellt ist. Der freie Lüftungsquerschnitt innerhalb des Dachbereichs über der Wärmedämmschicht muss in eingebautem Zustand mindestens 200 cm^2 je Meter Dachfläche senkrecht zur Strömungsrichtung betragen, d. h. die freie Lüftungsquerschnittshöhe muss mindestens 2 cm betragen. Dabei ist zu beachten, dass der freie Lüftungsquerschnitt nicht durch Sparren und Holzlatten verringert werden darf. Unterhalb der Wärmedämmschicht muss noch eine separate Dampfbremse aufgebracht werden.

Auf den Sparren, unter den Sparren, zwischen den Sparren?

Empfehlenswert ist eine Dämmung auf den Sparren. Das Dach wird dabei vollständig eingehüllt und die gesamte Dachkonstruktion ist rundum sicher geschützt. Man spart Material für Zusatzkonstruktionen und Kosten durch die schnelle und einfache Verlegung und man erzielt mit PUR-Hartschaum eine hohe Dämmwirkung ohne Schwachstellen.



*Bild 21:
Erforderliche
Dämmstoffdicken
bei Dämmung
auf den Sparren
oder zwischen
den Sparren*

Luft- und winddichte Konstruktionen

Mit zunehmenden Anforderungen an den Wärmeschutz steigt die Bedeutung der Lüftungsverluste durch Fugen und Undichtigkeiten.

Als Beispiele für luftdichte Konstruktionen werden hier Aufsparren-Wärmedämmsysteme aus PUR-Hartschaum vorgestellt.

Bei fachgerechter Verlegung dieser Systeme wird eine geschlossene, luft- und winddichte und wärmebrückenfreie Dämmschicht geschaffen. Ruß, Staub, Flugschnee sowie Regen und Wind können nicht in den Dachbereich eindringen.

PUR-HARTSCHAUM-DÄMMUNG IM ALTBAU

In einer Steildachkonstruktion, bei der die Wärmedämmschicht aus PUR-Hartschaumplatten auf eine Sichtholzschalung aufgelegt wird, ist die erforderliche Luftdichtheit in der Fläche durch das Verlegen einer Unterdeckbahn, z. B. einer Bitumenbahn, auf der Sichtholzschalung gewährleistet (vgl. Bild 22).

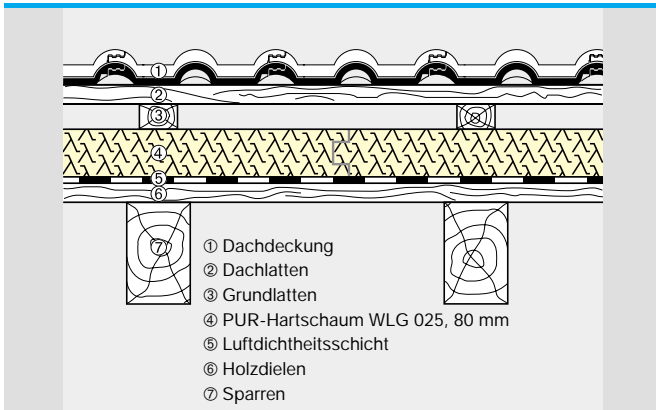


Bild 22:
PUR-Steildachdämmung mit Luftdichtheitsschicht auf Sichtholzschalung

Werden die PUR-Hartschaumplatten direkt auf den Sparren verlegt, so kann eine Folie luftdicht als Zwischenlage über oder unter den Sparren angebracht werden (vgl. Bilder 23 und 24).

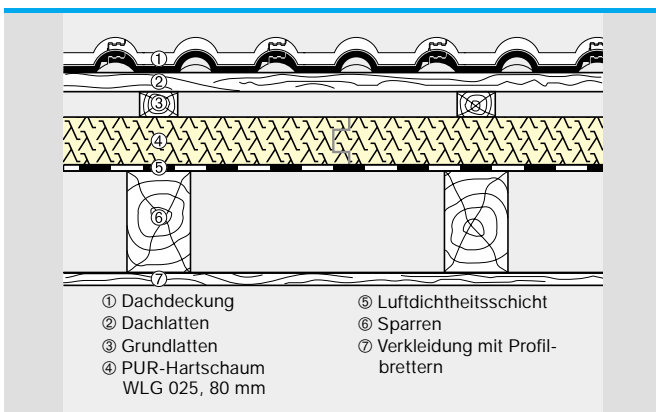


Bild 23:
PUR-Steildachdämmung mit Luftdichtheitsschicht über den Sparren

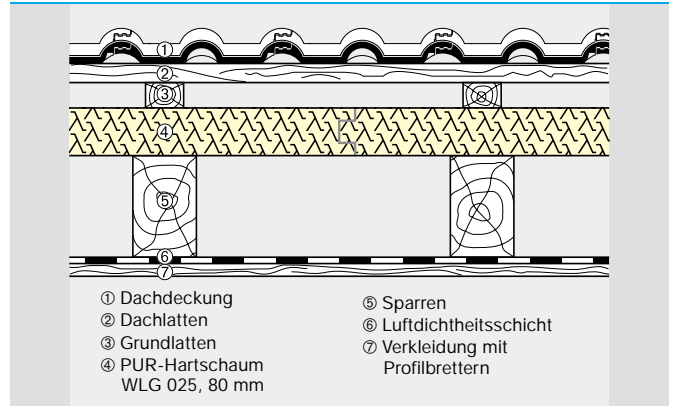


Bild 24:
PUR-Steildachdämmung mit Luftdichtheitsschicht unter den Sparren

Bei unterseitiger Verkleidung der Sparrenfelder mit Gipskartonplatten kann die Luftdichtheitsschicht entfallen, wenn die Stoßkanten der Gipskartonplatten luftdicht mit Fugendichtmaterialien verspachtelt und alle Anschlüsse zum Mauerwerk und zu Durchdringungen luftdicht ausgeführt werden (vgl. Bild 25).

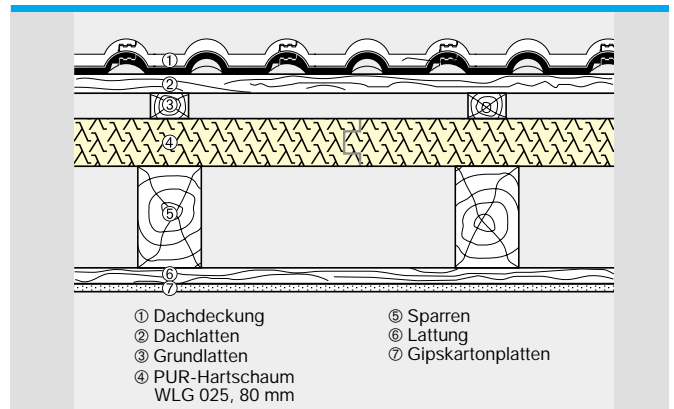


Bild 25:
PUR-Steildachdämmung mit Gipskartonplatten unter den Sparren

Undichtheiten in problematischen Detailbereichen (wie Sparren, Pfetten, Einbauteile) lassen sich durch entsprechende konstruktive Maßnahmen, z. B. durch den Einsatz von Stichsparren, oder durch Abdichten mit Fugendichtbändern bzw. mit dauerelastischen Massen sicher und dauerhaft abdichten.

Mit dem Blower-Door-Verfahren (Differenzdruckverfahren) kann die Luftdichtheit von Gebäuden geprüft werden. Hierfür wird ein regelbarer Ventilator luftdicht in die Öffnung einer Außentür eingebaut. Bei eingeschaltetem Ventilator und bei gleichzeitig geschlossenen Fenstern und Türen kann im Gebäude je nach Drehrichtung des Ventilators ein Über- oder Unterdruck hergestellt werden. Undichtheiten können auch mit dem Thermographie-Verfahren nachgewiesen werden. Hierbei werden mit einer Infrarot-Kamera unterschiedliche Oberflächentemperaturen der Bauteile sichtbar gemacht. Diese Nachweismethode kann allerdings nur bei beheizten Gebäuden und niedrigen Außentemperaturen angewendet werden.



Bild 26:
Einbau des
Blower-Door-
Ventilators und der
Messeinrichtung

Sommerlicher Wärmeschutz: Keine Hitze unterm Dach

Die Hauptaufgabe des sommerlichen Wärmeschutzes ist es, an heißen Sommertagen die Raumtemperatur in Wohnungen – vor allem unter dem Dach – auf einem erträglichen Niveau zu halten.

Mit Hilfe einer thermischen Computersimulation hat das Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW), München, das sommerliche Temperaturverhalten in einem Dachzimmer bei unterschiedlichen Dachaufbauten untersucht. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass das Raumklima insbesondere von Sonnenschutzmaßnahmen an Fenstern und anderen Verglasungsbau teilen, von der Art der Fenster und der Verglasung, vom Fensterflächenanteil, von der Fensterneigung und von der Fensterorientierung beeinflusst wird. Deshalb müssen die Sonnenschutzmaßnahmen vor allem an den lichtdurchlässigen Bauteilen vorgenommen werden.

Die geographische Lage eines Gebäudes und das dort herrschende Klima haben ebenfalls starken Einfluss auf die sommerlichen Raumtemperaturen. Die Erwärmung der Räume eines Gebäudes hängt außerdem von der Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile, und zwar insbesondere der Innenbauteile, ab. Sie ist um so geringer, je schwerer die Bauteile sind. Es sind allerdings nur die Bauteile zu berücksichtigen, die tatsächlich einen Einfluss auf die Raumtemperatur haben.

Entscheidend beeinflusst wird das Raumtemperaturniveau im Sommer auch durch eine gute Lüftung der Räume in der Nacht. Durch die nächtliche Lüftung wird vor allem das Auftreten von überhöhten Temperaturen (Übertemperaturen) weitgehend vermieden.

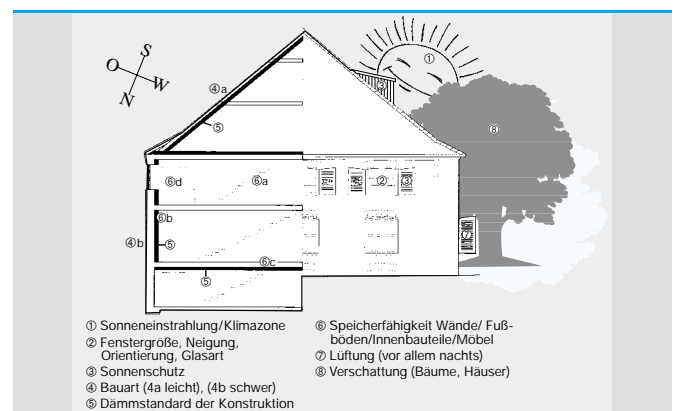


Bild 27:
Sommerlicher
Wärmeschutz –
die wichtigsten
Einflussfaktoren

Die Computersimulation zeigte auch, dass die Speicherfähigkeit der eingesetzten Dämmstoffe im Steildach des ausgebauten Dachgeschosses keinen Einfluss auf sommerliche Raumtemperaturen hat. Der Temperaturunterschied beträgt maximal 0,6 K [4].

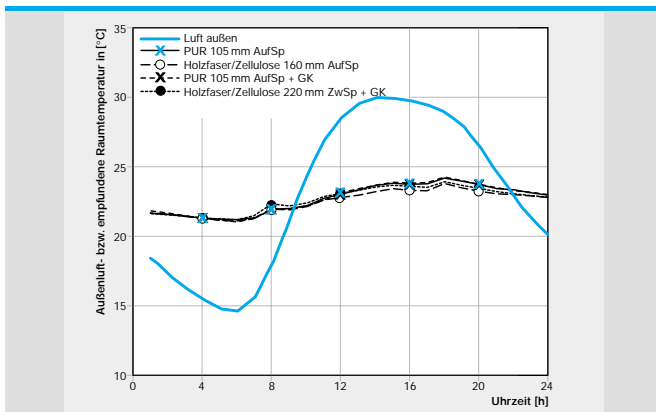


Bild 28:

Luft- bzw. Raumtemperatur am heißesten Tag einer heißen Sommerwoche mit Sonnenschutz

Oberste Geschossdecke:
Besonders einfach und preisgünstig – auch bei Begehbarkeit

Nachrüstung bei bestehenden Gebäuden gemäß EnEV, Abschnitt 3, § 9 (Auszug)

Bauteil	U_{max} in $W/(m^2 \cdot K)$
Oberste Geschossdecke	0,30

Nach der neuen EnEV müssen nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume bis zum 31.12.2006 so gedämmt werden, dass der U-Wert der Geschossdecke $0,30 W/(m^2 \cdot K)$ nicht überschritten wird. Als einfache und kostengünstige Lösung zur Erfüllung dieser Forderung bietet sich das Auslegen von 100 mm dicken PUR-Hartschaum-Dämmplatten der WLG 030 bzw. 80 mm der WLG 025 an.

PUR-Hartschaum erzielt hier bei geringer, platzsparender Dämmstoffdicke extrem hohe Dämmwerte. Zur Vermeidung von Wärmebrücken sollten diese Platten mit einem Stufenfalz ausgerüstet sein.

Bei einem nicht begehbaren Dachboden können die PUR-Dämmplatten direkt auf die Balkenlage des Dachbodens – d. h. ohne Unterkonstruktion – oder auf alte Dielen verlegt werden. Der Untergrund muss allerdings trocken und frei von Schimmelbildung sein.

Ist ein begehbare Dachboden geplant, genügt die vollflächige Abdeckung der Dämmplatten z. B. mit Spanplatten. Einige IVPU Mitgliedsfirmen bieten auch fertige Systemelemente (PUR-Hartschaum mit Deckschicht aus Holzwerkstoffen) an. PUR-Wärmedämmplatten sind druckfest und besitzen eine gute Formstabilität. Die geringe Aufbauhöhe sorgt auch im Bereich des Dachbodens dafür, dass möglichst viel der ursprünglichen Raumhöhe erhalten bleibt.

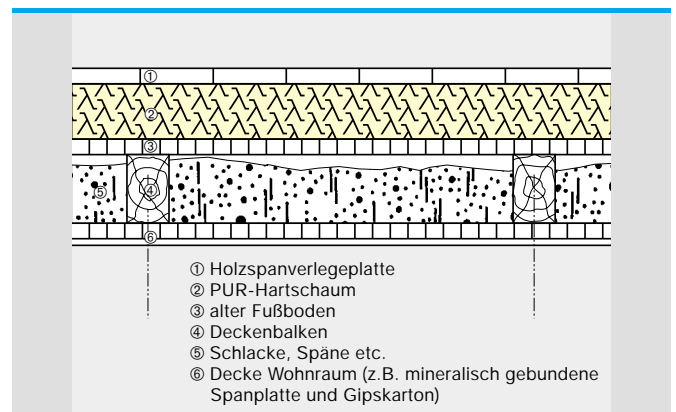


Bild 29:
Dämmung der obersten Geschossdecke mit PUR-Hartschaum

Flachdach: PUR-Hartschaum bietet druckfeste Dämmstoffqualität

Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei Erneuerung vom Bauteilen gemäß EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 (Auszug)

Bauteil	U_{\max} in $W/(m^2 \cdot K)$
Flachdächer	0,25

Bei der Flachdachdämmung werden an Dämmstoffe hohe Anforderungen gestellt. Das Flachdach ist einerseits hoher Erwärmung durch Sonneneinstrahlung bis etwa 80 °C, andererseits Kälteeinwirkungen bis minus 30 °C, – also Temperaturunterschieden bis zu 110 K – ausgesetzt. Hinzu kommen noch mechanische Belastungen, Nässe und Windsog. Zudem muss die gesamte Konstruktion einschließlich des Dämmstoffes im Brandfall ein Höchstmaß an Sicherheit bieten.

PUR-Hartschaum-Dämmplatten werden seit etwa 40 Jahren zur Wärmedämmung von Flachdächern eingesetzt und haben sich in dieser Anwendung bestens bewährt. Bereits mit geringen Dämmstoffdicken werden die Anforderungen der EnEV für das Bauteil Flachdach im Altbau erfüllt. Der nach der EnEV geforderte U-Wert von 0,25 $W/(m^2 \cdot K)$ wird bei Verwendung von 120 mm dicken PUR-Hartschaumplatten der WLG 030 bzw. 100 mm dicken Platten der WLG 025 erfüllt.

PUR-Flachdach-Dämmplatten sind äußerst druckfest; sie können unter einer Kiesauflast, unter vollflächig aufliegenden Terrassenbelägen und unter Gründächern eingesetzt werden.

Die Platten sind einfach zuzuschneiden; sie können mit Heißbitumen oder mit einem PUR-Kaltkleber schnell und problemlos verklebt werden. Eine mechanische Befestigung oder eine lose Verlegung unter entsprechender Auflast ist ebenfalls möglich.

Für die Sanierung von Flachdächern werden von den IVPU Mitgliedsfirmen PUR-Flachdach-Dämmplatten und spezielle PUR-Flachdach-Dämmelemente angeboten.

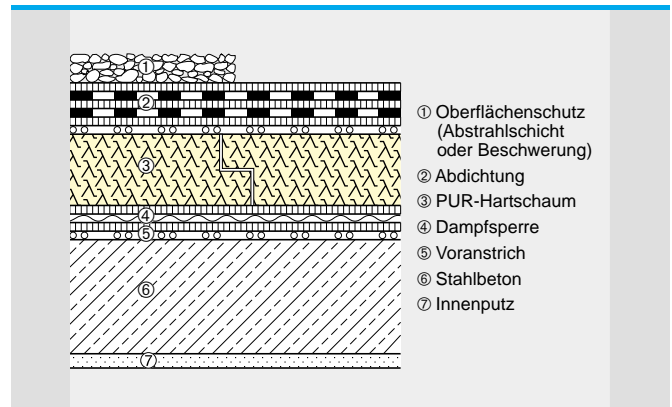


Bild 30:
Flachdach-
dämmung mit
PUR-Hartschaum-
Dämmplatten

Mit speziellen PUR-Hartschaum-Gefälledämmplatten kann auch ein wasserabführendes Dachgefälle hergestellt werden. Zur Dachentwässerung und -entlüftung können außerdem wärme gedämmte Dachgullys geliefert werden.

Sonderfall: Umbau eines Flachdaches zu einem Steildach

Bei der Sanierung eines undichten und/oder ungenügend gedämmten Flachdaches wählt man heute vielfach den Weg der Umrüstung dieser Dachkonstruktion in einen Steildachaufbau.

Ein solcher Umbau muss von der zuständigen Bauaufsichtsbehörde genehmigt werden. Hierzu muss der örtliche Bebauungsplan die freie bzw. gemischte Bauweise zulassen. Der Bebauungsplan regelt Traufhöhe, Dachform, Dachneigung und Fassadenmaterial. Zu berücksichtigen sind auch die Nachbarrechte und die maßgebliche Landesbauordnung. Die Landesbauordnungen regeln die Anforderungen der Standsicherheit, des Wärme- und Feuchte- sowie des Schall- und Brandschutzes. In manchen Fällen verlangt die Bauaufsicht den Nachweis der Standsicherheit des Gebäudes durch eine statische Berechnung.

Da es sich bei einer solchen Maßnahme um einen völligen Neuaufbau der Dachkonstruktion handelt, wird man in diesen Fällen die Dämmung auf den Sparren als zweckmäßigste und bei Verwendung von PUR-Hartschaum-Dämmplatten auch als wirtschaftlichste Lösung anwenden.

5.2 Wand

Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei Erneuerung vom Bauteilen gemäß EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 (Auszug)

Bauteil	U_{\max} in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwände, bei denen – Bekleidungen angebracht werden	0,35
– Dämmschichten eingebaut werden	0,35
– der Außenputz erneuert wird	0,35
– Fachwerkausfachungen erneuert werden	0,45
Außenwände, bei denen – auf der Innenseite Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht werden	0,45

Bei Außenwänden, die verputzt werden, kann man diese Sanierungsmaßnahme mit einer Wärmedämmung kombinieren, da ein Großteil der Heizenergie durch die Außenwände entweicht. Mögliche Ursachen sind ungedämmtes bzw. ungenügend gedämmtes Mauerwerk, Wärmebrücken, Heizkörpernischen oder Installationsschächte in der Außenwand. Eine sorgfältige nachträgliche Dämmung der Außenwand kann Wärmeverluste um bis zu 75 % reduzieren.

Mit PUR-Hartschaum bieten sich zwei Varianten der Dämmung an:

- Außendämmung
- Innendämmung

Außendämmung

Wärmedämmverbundsystem:
Schlank im Aufbau, gut für die Gestaltung

Die Außenwände eines Gebäudes werden heute vielfach mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDV-System) gedämmt. Hierzu wird die Wärmedämmung auf der Außenseite der tragenden Wand (Mauerwerk, Betonwände, Holzständer-Wände) aufgebracht.

Die PUR-Hartschaum Dämmplatten können – abhängig vom Untergrund – gedübelt und geklebt oder nur geklebt werden. Auf den Dämmplatten wird zunächst ein Unterputz mit Armierungsgewebe und anschließend ein Sicht- bzw. Deckputz aufgetragen. Alle Teile des Systems (Dämmstoff, Kleber, Dübel, Armierungsgewebe, Putze usw.) müssen aufeinander abgestimmt und als Gesamtsystem geprüft sein.

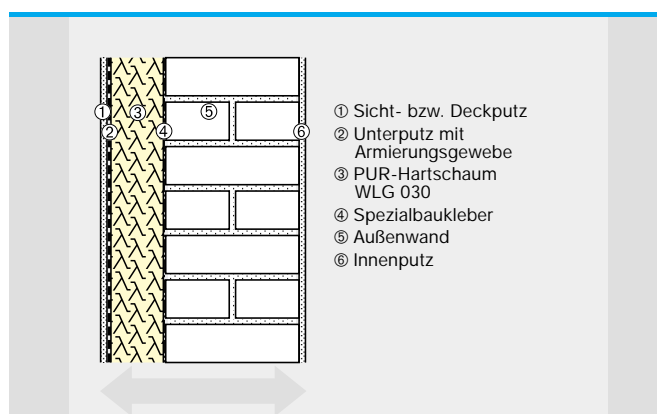


Bild 31:
PUR-Hartschaum
Wärmedämm-
verbundsystem

Außenwände im Altbau, die mit dem WDV-System gedämmt werden, müssen nach den Anforderungen der EnEV einen U-Wert von $0,35 W/(m^2 \cdot K)$ erreichen, d. h. die eingesetzten PUR-Dämmplatten der WLG 030 sollten mindestens 80 mm dick sein.

Innendämmung

Verbundplatten haben sich bewährt – auch mit integrierter Dampfsperre

An Gebäuden mit erhaltenswertem Sichtmauerwerk, Fachwerk oder strukturierten, denkmalgeschützten Fassaden ist eine Außendämmung kostenaufwändig oder aus Gründen des Denkmalschutzes oder der Stadtbildpflege nicht möglich. Hier bietet sich eine Innendämmung an. Nach den Anforderungen der EnEV sollte im Altbau bei Außenwänden mit innenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen ein U-Wert von $0,45 W/(m^2 \cdot K)$ erreicht werden.

Als Dämmelemente haben sich Verbundplatten aus Gipskarton bzw. Gipsfaserplatten mit 60 mm PUR-Hartschaum der WLG 030 (die auch mit einer integrierten Dampfsperre geliefert werden können) bestens bewährt. PUR-Hartschaum, der „schlanke“ Dämmstoff, unterstützt hier eine optimale Nutzung der Innenräume.

Für Heizkörpernischen werden spezielle PUR-Produkte auf dem Markt angeboten.

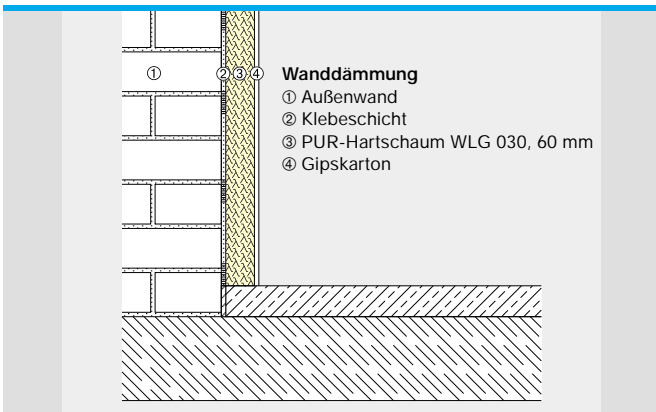


Bild 32:
Innendämmung mit
PUR-Hartschaum

5.3 Boden und Keller

Fußboden und Kellerdecke: Geringe Plattendicke – niedrige Bauhöhen

Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei Erneuerung von Bauteilen gemäß EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 (Auszug)

Bauteil	U_{\max} in $W/(m^2 \cdot K)$
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder gegen Erdreich	
– allgemein	0,50
– bei Anbringung außenseitiger Bekleidung	0,40

Unbeheizte Kellerräume und ungedämmte Kellerdecken führen nicht nur dazu, dass die Wohnbehaglichkeit der angrenzenden Räume zu wünschen übrig lässt, sondern auch zu Schimmelpilzbildung und Bauschäden.

Eine fachgerechte Wärmedämmung im Fußboden spart Heizenergie und erhöht die Wohnbehaglichkeit. Dämmplatten aus PUR-Hartschaum können für alle im Fußbodenbereich vorkommenden Wärmedämmaufgaben eingesetzt werden, d. h.

- über unbeheizten Kellerräumen
- auf Decken, die unmittelbar an das Erdreich grenzen.

Darüber hinaus erfüllen die dünnen PUR-Hartschaum-Dämmplatten besonders wirtschaftlich die Anforderungen der EnEV und tragen somit einen hohen Anteil zur Minderung des Primärenergiebedarfs von Altbauten bei.

Im Altbau fordert die EnEV bei Decken, die gegen unbeheizte Räume oder gegen Erdreich grenzen, U-Werte von 0,50 bzw. 0,40 $W/(m^2 \cdot K)$. Bereits 60 mm dicke PUR-Platten der WLG 025 und 80 mm der WLG 030 erfüllen die Anforderungen nach dem U-Wert von 0,40 $W/(m^2 \cdot K)$.

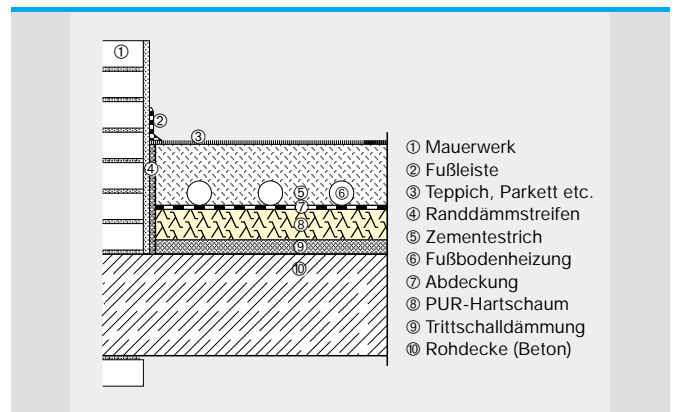


Bild 33:
Fußboden-
dämmung mit
PUR-Hartschaum-
Dämmplatten

Wenn bei Sanierungsmaßnahmen eine oberseitige Fußbodendämmung nicht eingebaut werden kann, wird die Kellerdecke von unten gedämmt. Damit liegt die gesamte Decke, d. h. auch der Fußboden des darüber liegenden Raumes, im warmen Bereich. Da die Deckenhöhe in Altbauten meist gering ist, eignen sich auch hier PUR-Hartschaum-Dämmplatten auf hervorragende Weise. Aufgrund der extrem niedrigen Wärmeleitfähigkeit dieses Dämmstoffes können die Wärmeverluste durch die Kellerdecke mit äußerst dünnen Platten reduziert werden. Die PUR-Dämmplatten werden aufgeklebt oder mechanisch mit Dübel und Schrauben befestigt.

Bei unbeheizten Räumen muss nur die Kellerdecke gedämmt werden. Bei beheizten Kellerräumen, die z. B. als Party-, Hobby- oder Fitnessraum genutzt werden, ist eine zusätzliche Innendämmung der Wände und des Fußbodens erforderlich, um ungemütlich kalte Wandoberflächen oder Fußkälte zu vermeiden.

Kelleraußenwand (Perimeterdämmung):
Dicht und dämmstark, trocken und warm

Oft sind Altbauten mit mehr als 30 Jahren Standzeit im Erdgeschoss, Keller und Souterrain feucht. Regen, Spritzwasser, seitlich eindringende und aufsteigende Feuchtigkeit, Sickerwasser – so entstehen im feuchten und ungedämmten Keller große Wärme- und Energieverluste. Zur Sanierung von außen empfiehlt sich eine Abdichtung nach DIN 18195-1 „Bauwerksabdichtungen; Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten“ mit einer auf dieser Abdichtung aufgetragenen PUR-Perimeterdämmung.

Die Energieverluste durch die Außenwände der Kellerräume werden durch die Perimeterdämmung deutlich reduziert. Eine Perimeterdämmung gewährleistet ein angenehmes Raumklima in bewohnten Kellerräumen, wie z. B. in einer Einliegerwohnung.

PUR-Hartschaum eignet sich in besonderer Weise als Dämmstoff für die Perimeterdämmung. PUR-Perimeter-Dämmplatten verrotten nicht, sind schimmel- und fäulnisfest, sie zeichnen sich durch eine hohe mechanische Festigkeit aus. Wegen ihrer Lösungsmittelbeständigkeit können die PUR-Perimeter-Dämmplatten problemlos im Wandbereich auf die Abdichtung geklebt werden.

Für die Perimeterdämmung werden mit Mineralvlies kaschierte PUR-Hartschaumplatten der WLG 030 eingesetzt. Um den in der EnEV vorgeschriebenen U-Wert von 0,40 W/(m²·K) zu erreichen, wird mit 80 mm dicken PUR-Hartschaum Platten gedämmt.

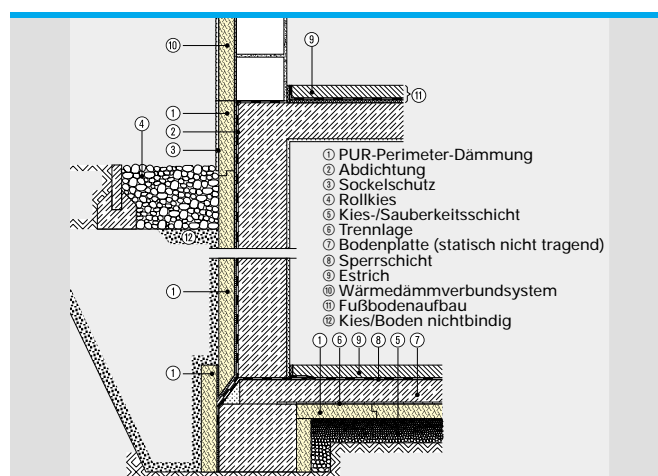


Bild 34:
Perimeter-
dämmung mit
PUR-Hartschaum

Für die Anwendung von PUR-Hartschaum-Dämmplatten als Perimeterdämmung liegt die bauaufsichtliche Zulassung Z-23.33-1259 vor. Diese Zulassung gilt auch für die Wärmedämmung von statisch nicht tragenden Bodenplatten.

KOSTENGÜNSTIGE DÄMMLÖSUNGEN UND HOHE ENERGIEEFFIZIENZ

6 Kostengünstige Dämmösungen und hohe Energieeffizienz

In der Regel beauftragen private Bauherren direkt Handwerksfirmen mit Sanierungsarbeiten am Haus. Planer und Architekten werden hinzugezogen, wenn größere Veränderungen am Gebäude vorgesehen sind.

Bei der Sanierung von Altbauten ist in besonderem Maße eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich. Dazu gehören beispielsweise

- das Ausschöpfen von technischen und gestalterischen Möglichkeiten
- die Einbeziehung zeitlicher Aspekte in die Gesamtkalkulation
- ein entsprechendes Know-how bei der Auswahl der erforderlichen Baumaterialien.

Der Vergleich von Material- und Lohnkosten zwischen den einzelnen Angeboten erfordert wirtschaftliche Gesamtlösungen, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Nicht nur der Materialpreis ist bei einer Dämm-Maßnahme entscheidend. Zur Gesamtbilanz zählen auch Arbeitsaufwand und Lohnkosten der Handwerker.

Anhand der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer PUR-Hartschaum-Dämmung auf den Sparren werden für den Anwendungsbereich Steildach die Aspekte „Kosten und Energieeffizienz“ erläutert.

6.1 PUR-Hartschaum-Dämmung auf den Sparren – die kostengünstige Dämmlösung

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet, ist eine vollflächige Dämmung auf den Sparren mit PUR-Hartschaum Dämmplatten günstiger als eine Dämmung zwischen den Sparren mit einem Faserdämmstoff.

Der „Arbeitsaufwand“ ist ein wesentlicher Bestandteil der Gesamtkosten einer Dämm-Maßnahme.

Arbeitsaufwand bei der Dämmung zwischen den Sparren mit einem Dämmstoff der WLG 040

Die Sparren eines Dachstuhls haben in der Regel nur die statisch notwendige Höhe. Die Sparrenhöhe reicht für eine ausreichende Wärmedämmung mit Dämmstoffen der WLG 040 oft nicht aus. Aufwändige und teure Zusatzkonstruktionen sind dann notwendig, wie z. B. Aufdoppelung des Sparrens oder zusätzliche Dämmung unter den Sparren. Die Zwischensparrendämmung erfordert fachliches Know-how bei der Verlegung der raumseitig angebrachten Luftdichtheitschicht, die gleichzeitig auch Dampfsperre ist. Nur bei fachgerecht ausgeführten Anschlüssen und absolut dichten Verbindungsstellen ist diese Luftdichtheitschicht funktionsfähig: Die Verlegung erfordert viel Sorgfalt und ist daher mit mehr Zeitaufwand und Kosten verbunden. Mangelhaft verlegte Dampfsperren führen zu Feuchteschäden und Einbußen der Dämmleistung. Aufwändige Sanierungsmaßnahmen sind dann die Folge, verbunden mit hohen Kosten – und das oft sogar noch während der Gewährleistungsfrist.

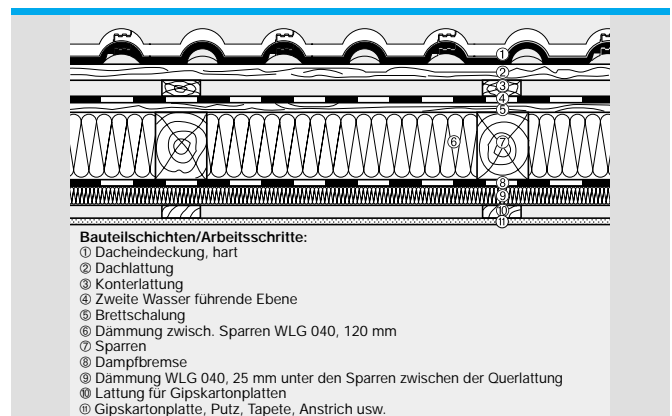


Bild 35:
Zwischen-/
Untersparren-
dämmung mit
einem Dämmstoff
der WLG 040

Kostengünstige Dämmung auf den Sparren mit PUR-Hartschaum der WLG 025

PUR-Hartschaum Dämmelemente werden vom Fachmann auf der Holzschalung oder direkt auf den Sparren verlegt. Bei dieser vollflächigen Dämmung mit PUR-Hartschaum sind Sparrenhöhe und Dämmstoffdicke nicht voneinander abhängig. Auch Wärmebrücken gibt es nicht. Dämmsysteme aus PUR-Hartschaum können von außen auf den Dachstuhl gesetzt werden.

Die meisten IVPU-Mitgliedsfirmen bieten bereits industriell vorgefertigte Dämmelemente aus PUR-Hartschaum mit allen notwendigen Funktionsschichten (Wärmedämmschicht, wasserführende Ebene und Dampfsperre) an. Handliche Plattenformate ermöglichen eine rasche Verlegung der Dämmung. Selbstklebende vorgefertigte Überlappungen gewährleisten rundum einen dichten Abschluss. Umlaufende Nut- und Federverbindung machen jede Dachbewegung (z. B. durch Temperaturveränderungen oder Wind verursacht) mit und verhindern Wärmebrücken/Undichtigkeiten.

Außerdem: Die umständliche „Über-Kopf-Arbeit“ sowie das Einpassen der Dämmung an schwer zugänglichen Stellen entfallen. Keine Beeinträchtigungen im Hausinneren, kein Lärm, kein Schmutz. Vorhandene Elektroinstallationen werden nicht angetastet. Dies gilt insbesondere für bewohnte Dachräume.

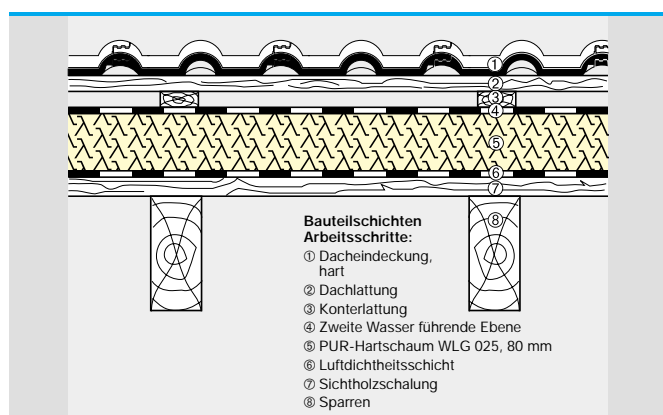


Bild 36:
Aufsparren-
dämmung mit
PUR-Hartschaum,
WLG 025

Mit PUR-Hartschaum lässt es sich optimal und kostengünstig dämmen, denn

- es wird Baumaterial bei den Dachsparren gespart
- es werden Kosten durch die schnelle und günstige Verlegung gespart
- es wird eine hohe Dämmwirkung ohne Schwachstellen (z. B. Wärmebrücken) erzielt.

Weitere Vorteile von PUR-Hartschaum

Die PUR-Dämmplatten weisen hohe Druckfestigkeitswerte bei geringem Gewicht auf. Für die Steildachdämmung werden Platten eingesetzt, deren Mindestdruckfestigkeit $0,10 \text{ N/mm}^2$ beträgt. Wegen der hohen Alterungsbeständigkeit und der konstanten Dämmwirkung hat sich PUR-Hartschaum als Langzeitdämmstoff bewährt, d. h. kein Zusammensacken der Platten, kein erneuter Sanierungsbedarf der Dämmung. PUR-Hartschaum bietet – im Vergleich zu anderen handelsüblichen Dämmstoffen – die beste Dämmleistung (WLG 025 und WLG 030).

PUR-Hartschaum-Dämmstoffe eignen sich in hervorragender Weise für kostengünstige Dämm Lösungen.

PUR-Hartschaum-Dämmung auf den Sparren – die energieeffiziente Sanierungsmaßnahme

6.2

Nachfolgend wurde als Beispiel für eine Gesamtenergiebilanz die Sanierung des ungedämmten Steildaches eines bestehenden Wohnhauses gewählt.

Das Steildach wurde im ersten Beispiel mit einem 120 mm dicken Dämmstoff der WLG 040 zwischen den Sparren und 25 mm (WLG 040) unter den Sparren gedämmt.

Im zweiten Beispiel handelt es sich um eine Dämmung auf den Sparren mit PUR-Hartschaum-Wärmedämmplatten der WLG 025 und einer Dicke 80 mm.

In beiden Fällen wird der nach EnEV für die Begrenzung des Wärmedurchgangs geforderte maximale U-Wert von $0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ erfüllt.

KOSTENGÜNSTIGE DÄMMLÖSUNGEN UND HOHE ENERGIEEFFIZIENZ

Vergleich: Ungenügend gedämmte Dachkonstruktion mit nach EnEV ausreichend gedämmten Konstruktionen

Wohngebäude: *Altbau*
Gradtagzahl: $0,024 \times 3500 = 84 \text{ kWh/a}$ (Durchschnittswert für Deutschland)

	Vor der Sanierung	Sanierung mit	Sanierung mit
Wärmedämmung	Ohne	Dämmstoff der WLG 040, Dicke: 120 mm zwischen den Sparren und 25 mm unter den Sparren	PUR-Hartschaum der WLG 025, Dicke 80 mm; auf den Sparren verlegt
Unterseitige Verkleidung	Holzwohle- Leichtbauplatte, Dicke 40 mm	Gipskartonplatten, Dicke 12,5 mm	Gipskartonplatten, Dicke 12,5 mm

Berechnung der Wärmeverluste

U-Wert, W/(m²·K)	1,53	0,30 *)	0,30 *)
Dachfläche, m²	1	1	1
Korrekturfaktor für Steildächer **)	1	1	1
Wärmeverlust Q_T ***) kWh/a	129	25,2	25,2

*) EnEV, Anhang 3, Tabelle 1 **) EnEV, Anhang 1, Tabelle 3 ***) $Q_T = 84 \times 1 \times 1 \times U\text{-Wert}$

Mit einer schlanken und verlegefreundlichen PUR-Hartschaum-Dämmung wird Energie eingespart: 80 mm dicke PUR-Hartschaum-Platten lassen sich kostengünstig auf den Sparren verlegen. Mineralfaser-Dämmplatten in der Dicke 120 mm müssen dagegen mit hohem Arbeitsaufwand zwischen die Sparren – zwischen der Quersparre – eingepasst und 25 mm unter den Sparren verlegt werden.

Wärmeschutz hat einen hohen Wirkungsgrad im Hinblick auf die Energieeinsparung. Im Gebäudebestand ist eine Reduktion des Energieverbrauchs um 50 % vor allem durch die Wärmedämmung technisch einfach zu realisieren und ökonomisch sinnvoll, da sich Wärmedämm-Maßnahmen durch die Energieeinsparung refinanzieren.

Die Sanierung des ungedämmten Steildaches verdeutlicht dies:

Die Wärmeverluste für das ungedämmte Altbaudach betragen 129 kWh pro m² und Jahr. Unter Berücksichtigung aller Wirkungsgrade (Heizung, Brennstoffherstellung, ausgehend vom oberen Heizwert) liegt der Gesamtwirkungsgrad des Heizungssystems bei ca. 65 %. Der tatsächliche Energieverbrauch (Primärenergieverbrauch) für die ungenügend gedämmte Dachkonstruktion beträgt daher 199 kWh pro m² und Jahr; das sind in 50 Jahren 9.950 kWh pro m².

Die Wärmeverluste des entsprechend den Anforderungen der EnEV gedämmten Daches betragen 25,2 kWh pro m² und Jahr. Unter Berücksichtigung des Gesamtwirkungsgrades des Heizungssystems von 65 % beträgt der Primärenergieverbrauch 39 kWh pro m² und Jahr; das sind in 50 Jahren 1.950 kWh pro m².

*Bild 37:
Gesamtenergie-
bilanz für die
Sanierung eines
Steildaches*

KOSTENGÜNSTIGE DÄMMLÖSUNGEN UND HOHE ENERGIEEFFIZIENZ

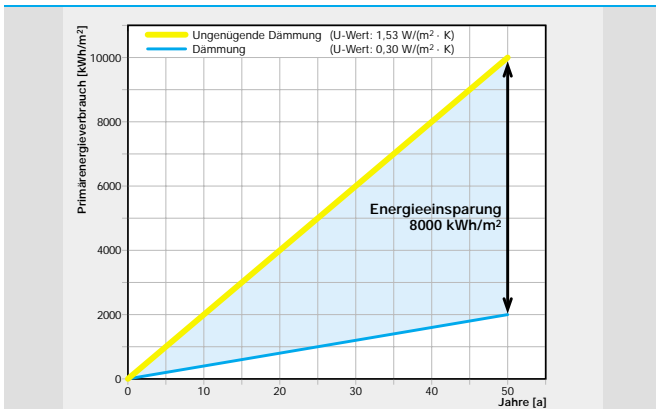


Bild 38:
Primärenergieverbrauch der ungenügend gedämmten Altbaukonstruktion und der nach den Anforderungen der EnEV ausreichend gedämmten Konstruktion im Verlauf von 50 Jahren

Vorangegangene Grafik zeigt den Energieverbrauch der ungedämmten Altbau-Dachkonstruktion im Vergleich zur mit PUR-Hartschaum gedämmten Konstruktion. In 50 Jahren werden pro m² gedämmter Dachfläche 8.000 kWh Energie eingespart.

Energetische Amortisation von PUR-Hartschaum

Der Energieaufwand zur Herstellung einer 1 m² großen und 80 mm dicken PUR-Hartschaum Dämmstoffplatte mit Aluminium-Deckschichten beträgt 101 kWh.

Der Energieverbrauch zur Herstellung der PUR-Hartschaum Dämmplatte amortisiert sich daher bereits in der ersten Heizperiode nach dem Einbau.

Auch die Summe des Energieverbrauchs resultierend aus Raumheizung im ersten Jahr und PUR-Hartschaum Dämmplatten-Herstellung ist niedriger als der Heizaufwand bei einem nicht gedämmten Dach.

PUR-Hartschaum-Dämmung – der Wärmeschutz als Beitrag zum Umweltschutz

6.3

Neben bauphysikalischen Eigenschaften spielen bei der Auswahl des Dämmstoffes zunehmend ökologische Kriterien eine Rolle.

Reduzierung von umweltschädlichen Emissionen durch eine PUR-Hartschaum-Dämmung

Eng verknüpft mit dem Energieverbrauch ist die Emission von Treibhausgasen. Durch eine Wärmedämmung mit PUR-Hartschaum werden nicht nur Ressourcen geschont und Energie eingespart sondern auch umweltschädliche Emissionen deutlich reduziert.

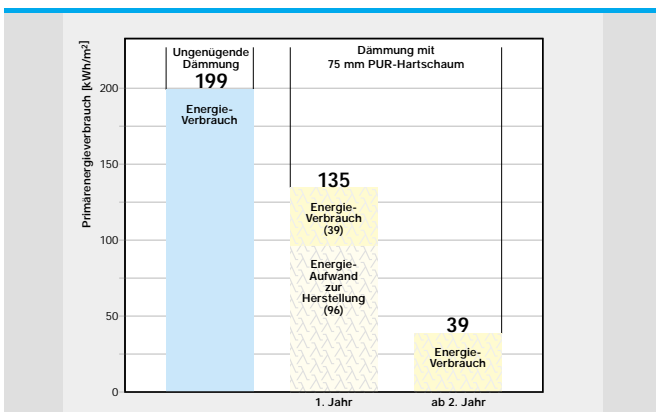


Bild 39:
Primärenergieverbrauch; Vergleich der ungenügend gedämmten Altbaukonstruktion mit der ausreichend gedämmten Konstruktion einschließlich der Herstellungsenergie

Laut vorangegangener Beispielrechnung werden mit dieser Dämmung in einem Jahr pro Quadratmeter 199 – 39 = 160 kWh eingespart.

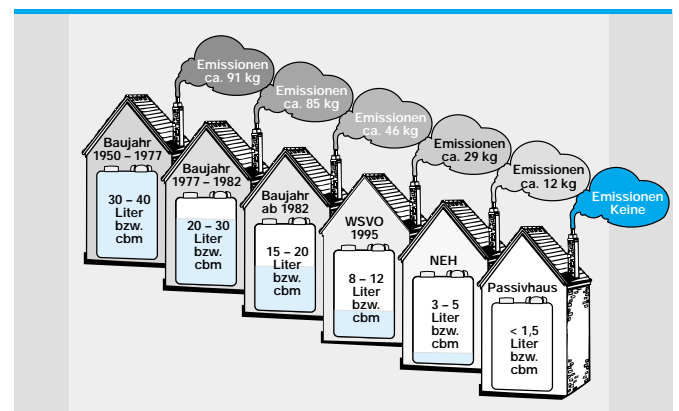


Bild 40:
Entwicklung des Heizenergieverbrauchs bei Gebäuden und der CO₂-Emissionen

KOSTENGÜNSTIGE DÄMMLÖSUNGEN UND HOHE ENERGIEEFFIZIENZ

PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffe leisten insbesondere in der AltbauSanierung einen wichtigen Beitrag

- zur Reduzierung der Heizkosten
- zur Einsparung (Schonung) der Rohstoffreserven
- zum Schutz der Umwelt

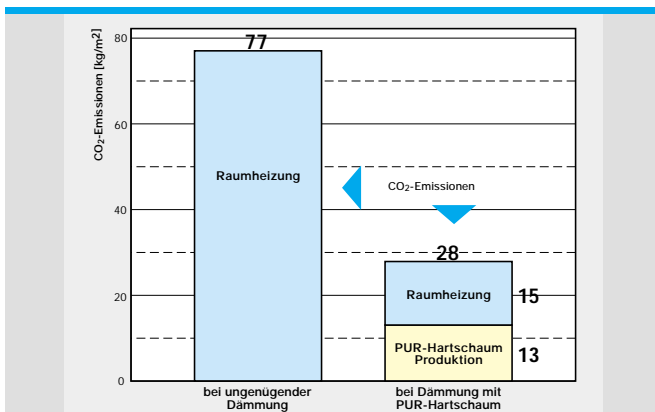


Bild 41:

CO₂-Emissionen bei ungenügender Dämmung im Vergleich zur ausreichenden Dämmung mit PUR-Hartschaum im ersten Jahr

Nach einer Untersuchung auf europäischer Ebene könnten durch die energetische Sanierung von Altbauten bis zum Jahr 2010 jährlich 280 – 300 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen vermieden werden [5].

Dies ist ein erheblicher Teil der von der Europäischen Kommission angestrebten CO₂-Reduzierung.

Information und Beratung

Die vorliegende Schrift gibt einen ersten Überblick, wie in älteren Häusern oder Wohnungen der Wärmeschutz mit PUR-Hartschaum verbessert werden kann. Welche Maßnahmen im Einzelfall am besten geeignet sind, hängt von vielen Faktoren ab; z. B. vom Alter und Zustand des Hauses, von der Heizungsanlage oder ob noch andere Renovierungsarbeiten geplant sind. In jedem Fall sollte man – insbesondere vor größeren Investitionen – den Rat von Fachleuten einholen. Oft empfiehlt sich eine Energieberatung vor Ort. Dabei werden nicht nur der Zustand des Gebäudes und der Anlagentechnik analysiert, sondern auch sinnvolle Energiesparmaßnahmen aufgezeigt. Für die Beratung wie auch die Modernisierungsmaßnahmen kann unter bestimmten Voraussetzungen ein Zuschuss beantragt werden.

Der Industrieverband Polyurethan-Hartschaum (IVPU) informiert und berät in allen, den PUR-Hochleistungs-Dämmstoff betreffenden Fragen von der Herstellung, über die Verarbeitung bis zur Entsorgung – aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht. Der Verkauf von PUR-Hartschaum erfolgt über den Baustoff-Fachhandel oder die Handwerker direkt. Die IVPU-Verbandsmitglieder – PUR-Dämmstoffhersteller und PUR-Rohstoff Lieferanten – beraten jederzeit über erprobte PUR-Dämm-Lösungen und Systemtechniken sowie deren wirtschaftliche Anwendung. Fachberater und Verkaufsbüros der einzelnen Unternehmen sind bundes- und europaweit vertreten.

Publikationen zu verschiedenen Dämm-Möglichkeiten und Detailfragen können kostenlos beim IVPU angefordert werden. Im Internet sind der Verband und seine Mitgliedsfirmen unter der Adresse www.ivpu.de zu finden.

Weitere Kontakte

Der Bundesarbeitskreis Altbaumerneuerung e.V. (BAKA) ist ein Zusammenschluss von Fachleuten des Bauwesens. Zu den Hauptaufgaben des Arbeitskreises zählen die fachgerechte Beratung und Information in allen Fragen der Sanierung, Modernisierung und Instandsetzung von Altbauten sowie die praxisorientierte Aus- und Weiterbildung. Kontakt: BAKA – Godesberger Allee 91, 53175 Bonn, Fax 0228/35 90 04, www.altbaumerneuerung.de

Beratung und Informationen sind auch erhältlich bei

- Verbraucherzentralen
- Architektenkammern
- Impulsprogramme für den Altbau der einzelnen Bundesländer.

FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Fördermöglichkeiten

Um Anreize zur Verbesserung der energetischen Qualität im Gebäudebestand zu schaffen, werden von Bund, Ländern und Gemeinden zahlreiche Förderprogramme aufgelegt. Darüber hinaus gibt es Initiativen von kommunalen Energieversorgungsunternehmen. Die Förderprogramme umfassen neben Beratungs- und Informationsangeboten auch die finanzielle Unterstützung der entsprechenden Maßnahmen zur Energie- und CO₂-Einsparung.

An dieser Stelle alle Förderangebote und -möglichkeiten aufzulisten, ist vom Umfang her nicht machbar und auch der Aktualität der Informationen nicht dienlich. Daher werden im Folgenden Ansprechpartner genannt, die Informationen für eine detaillierte Beratung geben können.

- Bundesamt für Wirtschaft, Referat II 1 Eschborn/Ts., Tel. 0 61 96/404-402 oder 403; www.bawi.de
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Frankfurt, Tel. 069/74 31-0; www.kfw.de
- Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (Überblick über die Förderprogramme des Bundes, der Länder und der Europäischen Union); www.bmwi.de
- Landesinnungsverbände des Handwerks oder die örtliche Kreishandwerkerschaft; www.energiesparcheck.de

Wichtig ist, dass der Antrag vor Baubeginn gestellt wird. Erst wenn der Zuwendungsbescheid vorliegt, sollte mit der Maßnahme begonnen werden. Wenn man zu früh mit der Baumaßnahme beginnt, kann der Zuschuss verfallen.

Außerdem: Bei manchen Förderprogrammen muss der Hausbesitzer erst eine Energiediagnose erstellen lassen, um einen Zuschuss erhalten zu können.

Planungshilfen

Verordnungen

Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG) vom 22. Juli 1976; geändert durch Erstes Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes vom 20. Juni 1980

Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) vom 16. August 1994

Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnischen Anlagen und Warmwasseranlagen (Heizungsanlagen-Verordnung – HeizAnV) vom 4. Mai 1998

Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 1. April 2000

Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasse-Verordnung – BiomasseV) vom 21. Juni 2001

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 21. November 2001; in Kraft getreten am 1. Februar 2002

Normen

DIN EN 832 Ausgabe 1998-12
Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude; Deutsche Fassung EN 832:1998

DIN 1053-1 Ausgabe: 1996-11
Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung

DIN 4108-1 Ausgabe: 1981-08
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Größen und Einheiten

DIN 4108 Beiblatt 2 Ausgabe: 1998-08
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele

DIN 4108-2/A1 (Norm-Entwurf)
Ausgabe: 2002-02
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Änderung A1 (Berechnungsverfahren für den Sommerlichen Wärmeschutz – Begrenzung solarer Wärmeeinträge für Gebäude)

DIN V 4108-4 (Vornorm) Ausgabe: 2002-02
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchte-schutztechnische Bemessungswerte

DIN V 4108-6 (Vornorm) Ausgabe: 2000-11
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-10 (Vornorm) Ausgabe 2002-02
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe

DIN V 4701-10 (Vornorm) Ausgabe 2001-02
Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung

DIN EN 12207 Ausgabe: 2000-06
Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung; Deutsche Fassung EN 12207:99

EN 13165 Ausgabe: 2001-10
Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum

DIN 18195-1 Ausgabe: 2000-08
Bauwerksabdichtungen – Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten

Nachweisverfahren

Sommerlicher Wärmeschutz

Zur Begrenzung solarer Wärmeeinträge im Sommer hat der IVPÜ ein Formblatt erarbeitet, das mit dem vereinfachten Nachweisverfahren die Ermittlung des maximal zulässigen und des tatsächlichen Sonneneintragskennwertes nach DIN 4108-2/A1 erleichtert. Das Formblatt ist auf der IVPÜ Website www.ivpu.de veröffentlicht oder kann kostenlos beim IVPÜ bestellt werden.

Konstruktionsblätter

Der IVPÜ hat Konstruktionsblätter veröffentlicht, die ausführlich über den Einsatz von PUR-Hartschaum als Wärmedämmung in verschiedenen Bauteilen informieren:

Konstruktionsblatt

- Flachdach
- Flachdach, begrünt
- Terrassendach
- Parkdeck
- Fußböden, auch mit Flächenheizung
- Perimeter-Dämmung

Die Konstruktionsblätter sind auf der IVPÜ Website www.ivpu.de veröffentlicht oder können kostenlos beim IVPÜ angefordert werden. Weitere Informationen und Konstruktionshilfen (Ausschreibungstexte, wärmedämmtechnische Berechnungen, Preis- und Lieferangaben) sind bei den IVPÜ Mitgliedsfirmen erhältlich. Das aktuelle Mitgliederverzeichnis kann von der IVPÜ Website abgerufen werden.

Abbildungsverzeichnis

- Bild 1** *Behagliches Wohnen unter dem Dach*
Quelle: IVPU
- Bild 2** *Behaglichkeitsempfinden in Räumen in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und relativer Luftfeuchte*
Quelle: IVPU
- Bild 3** *Behaglichkeitsempfinden in Räumen in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und Temperatur der inneren Wandoberflächen*
Quelle: IVPU
- Bild 4** *Taupunkttemperatur des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Lufttemperatur*
Quelle: IVPU
- Bild 5** *Ursachen für Feuchtigkeit in der Raumluft*
Quelle: Impuls-Programm
Altbau Baden-Württemberg
- Bild 6** *Entwicklung des maximal zulässigen Heizwärmebedarfs*
Quelle: IVPU
- Bild 7** *Entwicklung des Heizenergieverbrauchs*
Quelle: GDI
- Bild 8** *Prinzip der Bilanzierung von Energiegewinnen und Energieverlusten in der EnEV*
Quelle: IMPULS Programm Hessen, IWU
- Bild 9** *Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude*
Quelle: IVPU
- Bild 10** *Vor jeder Modernisierung empfiehlt sich eine Untersuchung vor Ort*
Quelle: Impuls-Programm
Altbau Baden-Württemberg
- Bild 11** *PUR-Hartschaum – dünn und dämmstark wie kein zweiter*
Quelle: IVPU
- Bild 12** *Dämmstoffdicken in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit bei einem U-Wert von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – z. B. für Steildächer – hier ohne Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände*
Quelle: IVPU
- Bild 13** *Vergleich Herstellungs-Energie und Energie-Einsparung einer PUR-Hartschaum-Dämmplatte*
Quelle: IVPU
- Bild 14** *Entsorgung von PUR-Hartschaum-Abfällen*
Quelle: IVPU
- Bild 15** *U-Wert für verschiedene Bauteile mit entsprechenden Empfehlungen für PUR-Dämmstoffdicken*
Quelle: IVPU
- Bild 16** *Aufsparrendämmung mit PUR-Hartschaum-Dämmplatten*
Quelle: IVPU
- Bild 17** *Sichtbare Dachkonstruktion mit einer Wärmedämmung aus PUR-Hartschaum, WLГ 025*
Quelle: IVPU
- Bild 18** *Dämmung unter den Sparren mit PUR-Hartschaum, WLГ 025*
Quelle: IVPU
- Bild 19** *Material bedingte Wärmebrücken bei der Zwischensparrendämmung*
Quelle: IVPU
- Bild 20** *Wärmebrückenfreie Zwischensparrendämmung mit einem PUR-Hartschaum-Dämmsystem*
Quelle: IVPU
- Bild 21** *Erforderliche Dämmstoffdicken bei Dämmung auf den Sparren oder zwischen den Sparren*
Quelle: IVPU
- Bild 22** *PUR-Steildachdämmung mit Luftdicht-heitsschicht auf Sichtholzschalung*
Quelle: IVPU
- Bild 23** *PUR-Steildachdämmung mit Luftdicht-heitsschicht über den Sparren*
Quelle: IVPU
- Bild 24** *PUR-Steildachdämmung mit Luftdicht-heitsschicht unter den Sparren*
Quelle: IVPU

- Bild 25** *PUR-Steildachdämmung mit Gipskartonplatten unter den Sparren*
Quelle: IVPÜ
- Bild 26** *Einbau des Blower-Door-Ventilators und der Messeinrichtung*
Quelle: IVPÜ
- Bild 27** *Sommerlicher Wärmeschutz – die wichtigsten Einflussfaktoren*
Quelle: IVPÜ
- Bild 28** *Luft- bzw. Raumtemperatur am heißesten Tag einer heißen Sommerwoche mit Sonnenschutz*
Quelle: IVPÜ/FIW
- Bild 29** *Dämmung der obersten Geschossdecke mit PUR-Hartschaum*
Quelle: IVPÜ
- Bild 30** *Flachdachdämmung mit PUR-Hartschaum-Dämmplatten*
Quelle: IVPÜ
- Bild 31** *PUR-Hartschaum Wärmedämmverbundsystem*
Quelle: IVPÜ
- Bild 32** *Innendämmung mit PUR-Hartschaum*
Quelle: IVPÜ
- Bild 33** *Fußbodendämmung mit PUR-Hartschaum-Dämmplatten*
Quelle: IVPÜ
- Bild 34** *Perimeterdämmung mit PUR-Hartschaum*
Quelle: IVPÜ
- Bild 35** *Zwischen-/Untersparrendämmung mit einem Dämmstoff der WLG 040*
Quelle: IVPÜ
- Bild 36** *Aufsparrendämmung mit PUR-Hartschaum, WLG 025*
Quelle: IVPÜ
- Bild 37** *Gesamtenergiebilanz für die Sanierung eines Steildaches*
Quelle: IVPÜ
- Bild 38** *Primärenergieverbrauch der ungenügend gedämmten Altbaukonstruktion und der nach den Anforderungen der EnEV ausreichend gedämmten Konstruktion im Verlauf von 50 Jahren*
Quelle: IVPÜ
- Bild 39** *Primärenergieverbrauch; Vergleich der ungenügend gedämmten Altbaukonstruktion mit der ausreichend gedämmten Konstruktion einschließlich der Herstellungsenergie*
Quelle: IVPÜ
- Bild 40** *Entwicklung des Heizenergieverbrauchs bei Gebäuden und der CO₂-Emissionen*
Quelle: IVPÜ
- Bild 41** *CO₂-Emissionen bei ungenügender Dämmung im Vergleich zur ausreichenden Dämmung mit PUR-Hartschaum im ersten Jahr*
Quelle: IVPÜ

Literatur

Literaturhinweise

- [1] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Datenreport 1999. Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland. Bonn, 2000.
- [2] Born, R.; Ebel, W.; Eicke-Henning, W.; Feist, W.; Jäckel, M.; Loga, T.; Schmidt, H.; Storch; Hildebrandt, O. und Siepel, B.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL). Institut für Wohnen und Umwelt. Darmstadt, 1995.
- [3] Richtlinien zur Energiediagnose sind erhältlich bei:
- RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V., Abteilung Unternehmensführung und -organisation, Fax 06196/495-394 oder im Internet unter www.rkw.de (Stichwort: Energieberater)
 - Bund der Energieverbraucher e.V., Fax 02224/92270 oder im Internet unter www.energienetz.de
- [4] Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.): Sommerlicher Wärmeschutz. Die wichtigsten Einflussfaktoren. Stuttgart, 2000.
- [5] Ashford, Paul: Caleb Management Services. Thermal Insulation and its Role in Carbon Dioxide Reduction. Bristol, 1997.
- Eicke-Hennig, W.: Wege zur Senkung des Heizenergieverbrauchs im Gebäudebestand. In: GRE-inform, Sonderheft Februar 2000.
- Gesellschaft für rationelle Energieverwendung (Hrsg.): Energieeinsparung im Gebäudebestand. Bauliche und anlagentechnische Lösungen. BAUCOM Verlag für Marketing und Kommunikation. Böhl-Iggelheim, 2002.
- Impuls-Programm Altbau Baden-Württemberg: Ganzheitliche energetische Modernisierung. Faltblatt. Stuttgart, 2001.
- Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.):
- Architektur und Energie. Planen und Bauen mit PUR-Hartschaum nach Energieeinsparverordnung (EnEV). Stuttgart, 2002.
 - Eigenschaften von PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffen. Stuttgart, 1998.
 - Ökobilanz von PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffen. Stuttgart, 2002.
 - Sommerlicher Wärmeschutz. Die wichtigsten Einflussfaktoren. Stuttgart, 2000.
 - Verwertung (Recycling) und Entsorgung von PUR-Hartschaum-Abfällen. IVPU Nachrichten Nr. 54. Stuttgart, 1996.
- Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Einsparungen beim Heizwärmebedarf – ein Schlüssel zum Klimaproblem. Darmstadt, 1995.
- Lenz-Architekten-Stuttgart: Wege zu einem nachhaltigen Bauen. Hrsg: Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. Stuttgart, 1998.

Weiterführende Literatur

- ASEW: Energiesparmaßnahmen an bestehenden Wohngebäuden. Hrsg.: Umweltbehörde Hamburg, Fachamt für Energie und Immissionsschutz. Hamburg, 1999.
- Deutscher Bundestag, Referat für Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages. Bonn, 1998.
- Loga, Tobias: PUR-Dämmung im Neu- und Altbau. Modellrechnungen zur neuen Energieeinsparverordnung. Hrsg: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt, 2002.
- Oertel, Günther: Polyurethane. In: Kunststoffhandbuch, Bd. 7, 1993.
- Oswalt, Philipp (Hrsg.): Wohltemperierte Architektur: neue Techniken des energiesparenden Bauens. Heidelberg, 1994.

NOTIZEN

ISBN 3-932500-23-7

IVPU · Industrierverband Polyurethan-Hartschaum e. V. · Kriegerstraße 17 · 70191 Stuttgart
Telefon (07 11) 29 17 16 · Telefax (07 11) 29 49 02
E-mail: ivpu@ivpu.de · Internet: www.ivpu.de