

# GEBÄUDEDÄMMUNG

## BAUSTOFFE MIT POTENZIAL



**MACH MIT.  
BAU NACHHALTIG.**  
Energieeffizientes Bauen in Sachsen



**saena**  
Sächsische Energieagentur GmbH

Seite	Inhalt	Seite	Inhalt
4	<b>Einführung</b>	32	<b>Besonderheiten von Bestandgebäuden</b>
5	<b>Bauphysikalische Grundlagen</b>		Charakterisierung des Gebäudebestands
	Winterlicher Wärmeschutz		Anforderungen an Wohngebäude früher und heute
6	Sommerlicher Wärmeschutz		Einsparpotenzial
7	Feuchteschutz	33	Bauzustandsanalyse - Sollzustand definieren
8	Brandschutz		Sanierung von Gebäuden unter Denkmalschutz
	Schallschutz	34	<b>Kostenvergleich</b>
9	<b>Besondere Produkteigenschaften und ökologische Aspekte</b>		Allgemeines
10	<b>Klassifizierung der Dämmstoffe</b>	36	Kosten bei Neubau oder Sanierung
	Dämmstoffarten	37	<b>Glossar</b>
	Konventionelle, mineralische und fossile Dämmstoffe		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$
13	Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen		Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG)
15	Materialeigenschaften		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)
17	Handelsformen und Anwendungsgebiete		Wärmedurchgangswiderstand R
20	<b>Dämmsysteme</b>		Spezifische Wärmekapazität c
	Außenwände		Wärmespeicherfähigkeit $\rho \cdot c$
	Außendämmung		Dampfdiffusion
22	Innendämmung		Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl $\mu$
24	Kerndämmung	38	Ausgleichsfeuchte $w_{g0}$ und Sättigungsfeuchtegehalt $w_{sat}$
25	Erdreichberührte Flächen		Wasseraufnahmekoeffizient $A_w$
26	Dächer		Konvektion
	Aufsparrendämmung		Strömung
27	Zwischensparrendämmung	39	<b>Quellenangaben</b>
28	Untersparrendämmung		
29	Decken		
	Aufdeckendämmung		
30	Zwischendeckendämmung		
	Unterdeckendämmung		

Die Einsparung von Energie und die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen stehen im zentralen Interesse unserer heutigen Gesellschaft. In den Bereichen der Energiegewinnung und der Anlagentechnik wurden in den zurückliegenden Jahren zahlreiche Entwicklungen zur Verbesserung der Effizienz erfolgreich umgesetzt und am Markt etabliert. Beispiele finden sich in der Solarthermie, der Photovoltaik, dem Einsatz von Wärmepumpen, mechanischer Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder auch in der Kraft-Wärme-Kopplung.

Grundvoraussetzung für die optimale Nutzung der oben benannten Technik ist die Reduzierung der Energieverluste von Bauwerken. Durch entsprechende Maßnahmen zur Wärmedämmung können erhebliche Einsparungen von Energie und damit verbunden eine Entlastung der Umwelt erzielt werden. Dies geht einher mit Kosteneinsparungen, denen aber natürlich auch Investitionen in die Bausubstanz gegenüberstehen. Im Regelfall überwiegen die finanziellen Vorteile, so dass sich die Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen für den Bauherrn rentiert.

Allerdings wird die Dämmung von Gebäuden teilweise auch recht kontrovers diskutiert, da Fehler bei der Planung oder eine unsachgemäße Ausführung nicht selten zu Bauschäden wie Feuchte, Veralung, Korrosion, Fäulnis, Frostschäden oder Schimmelbildung geführt haben. Um solchen Problemen aus dem Wege zu gehen, ist es ratsam im Vorfeld einer Baumaßnahme Informationen über Wärmedämmung einzuholen und einen Fachmann zu Rate ziehen.

Der Wärmeenergiebedarf von Gebäuden resultiert aus mehreren Komponenten. In schlecht- oder gar ungedämmten Wohnbauten geht ein großer Teil der eingesetzten Energie über Wände, Fensterflächen, das Dach und den Keller verloren. Dabei handelt es sich überwiegend um Transmissionswärmeverluste. Durch den Einsatz einer guten Wärmedämmung und den Austausch der Fenster können diese minimiert werden.

Die vorliegende Broschüre soll einen Überblick über die heute vorhandenen Möglichkeiten zur Wärmedämmung geben. Neben der Beschreibung der wesentlichen bauphysikalischen Grundlagen, der Benennung heute verfügbarer Dämmstoffe und deren Eigenschaften, wird dabei auch auf konstruktive Lösungen sowie auf Kosten und Ersparnisse eingegangen.

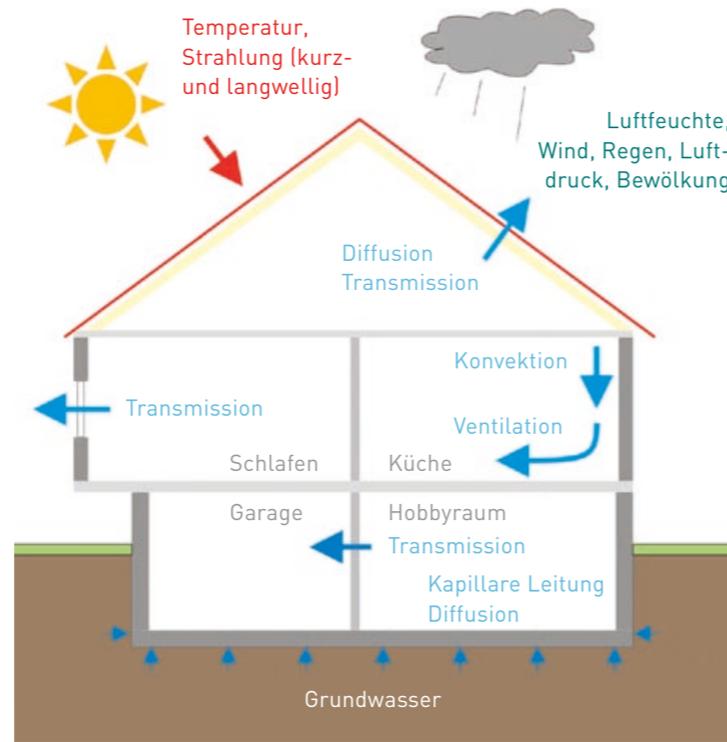


Abb. 1  
Interaktion Bauwerk und Umgebung



Maßnahmen zur Verbesserung der wärmedämmenden Eigenschaften der Gebäudehülle werden getroffen, um einerseits im Winter mit möglichst wenig Heizenergie auszukommen und andererseits im Sommer eine Überhitzung des Gebäudeinneren zu verhindern. Bei der Planung und Umsetzung eines Dämmkonzepts sind neben den Eigenschaften der Dämmstoffe auch bauphysikalische Randbedingungen zum Feuchte-, Brand- und Schallschutz zu berücksichtigen.

Bei Bauteilen ist der Mindestwärmeschutz zu beachten. Dieser bezeichnet den minimal zulässigen Wärmedurchlasswiderstand R einer Konstruktion, der notwendig ist, um diese vor Beeinträchtigungen durch Tauwasserbildung zu schützen. Er ist nicht zu verwechseln mit den Vorgaben der EnEV (Energieeinsparverordnung) und dient lediglich als Schutz der Bausubstanz!

### Winterlicher Wärmeschutz

Während der kälteren Jahreszeit kommt dem winterlichen Wärmeschutz die größte Bedeutung zu. Hochgedämmte Wände, Dächer und Böden lassen die Wärme kaum nach außen. So erhöht sich die Oberflächentemperatur der Wände und Decken. Der Wohnkomfort verbessert sich erheblich; die Umgebung wird als behaglich empfunden. Das Resultat ist ein geringer Energiebedarf zur Erwärmung der Räume.

Eine wesentliche bauphysikalische Größe im Zusammenhang mit dem winterlichen Wärmeschutz ist der sogenannte U-Wert. Er beschreibt den Wärmedurchgang durch ein Bauteil. Je kleiner der U-Wert eines Bauteils ist, umso besser ist seine wärmedämmende Eigenschaft. Der U-Wert eines Bauteils hängt im Wesentlichen von der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (Lambda) der verwendeten Baustoffe und ihrer jeweiligen Schichtdicke ab. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  einer Schicht ist, desto besser ist deren Dämmwirkung. Die Materialien, welche als Wärmedämmstoffe zum Einsatz kommen, haben in der Regel einen  $\lambda$ -Wert von 0,01 bis 0,1.

Für die U-Werte verschiedener Bereiche der Gebäudehülle werden in der EnEV entsprechende Bestimmungen gesetzlich vorgeschrieben, die beim Neubau von Gebäuden ebenso wie bei der Sanierung eingehalten werden müssen. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 1) gibt hierzu einen Überblick. Die Empfehlungen für Passivhäuser skizzieren die künftige Entwicklungsrichtung für die Gestaltung energetisch optimierter Gebäude.

Bauteil	Referenzwert (EnEV)	Empfehlung für Passivhaus
Außenwand, Geschosdecke gegen Außenluft	0,28	≤ 0,15
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	0,35	
Dach, oberste Geschosdecke, Wände zu Abseiten	0,20	
Fenster, Fenstertüren	1,30	≤ 0,80
Dachflächenfenster	1,40	
Lichtkuppeln	2,70	
Außentüren	1,80	

Tab. 1  
Referenzwerte für höchstzulässige U-Werte (in W/m<sup>2</sup>K) von Außenbauteilen nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2009 für Passivhäuser lt. Passivhaus Institut

## Sommerlicher Wärmeschutz

Während im Winter versucht wird, die Wärme im Gebäude zu halten, muss im Sommer verhindert werden, dass sich die Räume zu stark erwärmen. Die Wärmedämmung, welche im Winter das Gebäudeinnere warm hält, trägt im Sommer dazu bei, die Zufuhr von Wärme über die Gebäudehülle zu reduzieren.



Dennoch kann sich ein Gebäude im Sommer aufheizen. Grund dafür ist die intensive Sonnenstrahlung, die entweder als kurzwellige Strahlung über die Fenster oder als langwellige (Ab-)Strahlung von aufgeheizten Bauteilen die Raumluft aufheizt. Das Problem dabei ist, dass zwar die kurzwellige Strahlung der Sonne die Fenster durchdringen kann, die langwellige Abstrahlung von innen jedoch nicht austreten kann. Das heißt, die Wärmeenergie, die einmal über die Fenster „eingefangen“ wurde, wird vom Gebäude nicht wieder nach außen abgegeben - eine regelrechte Wärmefalle!

Daher ist es auch bei gut gedämmten Gebäuden notwendig, auf einen ausreichenden sommerlichen Wärmeschutz zu achten:

→ Das Gebäudeinnere muss durch geeignete Maßnahmen gegen die direkte Sonneneinstrahlung über verglaste Flächen geschützt werden. Am besten funktioniert dies durch eine Verschattung der Glasflächen von außen, z.B. durch außenliegende Jalousien. Ein Vorteil kann so bewusst ausgenutzt werden. Während die Sonne im Winter sehr tief steht, strahlt sie im Hochsommer nahezu senkrecht auf die Erde. Es ist also durchaus möglich, die Sonnenenergie im Winter gezielt über Fensterflächen zu „ernten“ und sie im Sommer durch Elemente zur Schattierung „auszusperren“. Vor allem Dachflächenfenster sollten mit einer außen angeordneten Verschattungseinrichtung ausgestattet werden, um die direkte Sonneneinstrahlung gezielt verhindern zu können.

→ Die Raumlüftung - insbesondere die intensive Nachtlüftung durch die geöffneten Fenster - trägt zu einer angenehmen Temperatur im Sommer bei. Strömt die kühlere Luft in den Nachtstunden durch die Räume, können sich aufgeheizte Bauteile wieder abkühlen. Auch kann mittels einer mechanischen Lüftung und eines Erdwärmetauschers während des Tages gekühlte Luft in die Räume geleitet werden.

→ Ebenfalls spielt die Masse der Bauteile und deren spezifische Wärmekapazität eine wichtige Rolle. Ältere Gebäude wirken vor allem auf Grund ihrer massiven Bauweise im Sommer selbst am Nachmittag noch angenehm kühl. Allzu leichte Konstruktionen hingegen heizen sich rasch auf und geben dann die Wärme ungebremst an den Innenraum weiter.

## Feuchteschutz

Feuchteschutz und Wärmeschutz werden oft vollkommen unabhängig voneinander betrachtet. Das ist grundlegend falsch, da es einige äußerst wichtige Wechselwirkungen gibt, die unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Wasser ist in der Lage, Wärme erheblich besser zu leiten als Luft. Da die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe direkt von deren Porosität und damit dem Luftgehalt der Stoffe abhängt, können feuchte Dämmstoffe nicht die versprochene Dämmwirkung aufweisen. Es muss darauf geachtet werden, dass Feuchtigkeit nicht innerhalb der Konstruktion entsteht.

Denn kühlt sich feuchte, warme Luft an kalten Flächen ab, so kondensiert das Wasser an diesen Flächen - sie beschlagen. Der Taupunkt beschreibt die Temperatur, bei der die Luft bei Abkühlung mit Wasserdampf gesättigt ist und sich an Oberflächen Wasser abscheidet bzw. Kondensation eintritt. Bei Erreichen des Taupunktes herrscht definitionsgemäß eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 %.

Tauwasser entsteht bei Unterschreitung des Taupunktes. Statt Tauwasser wird auch der Begriff Kondensat oder überhygroskopische Feuchte verwendet. Tritt es auf Bauteiloberflächen auf, kann es zu Schäden kommen (Schimmel, Rußpilze, Veralgung). Innerhalb eines Gebäudes treten konstruktive Schäden auf (z.B. an Holzbalkenköpfen entsteht Hausschwamm, etc.).

An Gebäuden können auch Teile von Konstruktionen infolge von Schlagregen und Wasserdampf durchfeuchten. In Wänden, Decken etc. entsteht Tauwasser vor allem dann, wenn Wasserdampf aus warmen Räumen nach außen dringt und dabei in den außenliegenden, kälteren Bauteilschichten kondensiert. Auf der Wandinnenoberfläche können unter ungünstigen Bedingungen Schimmelpilze entstehen, wenn eine relative Luftfeuchte von 75 % über eine Zeitdauer von mehreren Tagen eingetragene wird.

Maßnahmen zur Dämmung von Gebäuden können - werden sie nicht sachgemäß geplant oder ausgeführt - zu erheblichen Problemen im Feuchtehaushalt des Gebäudes und der Konstruktion führen. Werden sie jedoch mit dem notwendigen Sachverstand vorgenommen, besteht in der Regel keine Gefahr. Moderne Simulationsprogramme ermöglichen es, Räume mit konkret beschriebenen Außenhüllen und vorgegebenen Nutzungen im Inneren über mehrere Jahre zu simulieren. Damit kann die vorgesehenen Dämmung und deren Funktionstüchtigkeit nachgewiesen werden.



Abb. 2  
Feuchteschaden im Sockelbereich durch Kondensatbildung

## Brandschutz

Das Brandverhalten von Dämmstoffen ist ein weiteres Kriterium, welches es bei der Auswahl der geeigneten Dämmstoffe zu beachten gilt. In der Norm DIN 4102 ist die Prüfung und Beurteilung von Dämmstoffen entsprechend dem Brandverhalten geregelt. Man teilt Baustoffe in die Baustoffklassen A 1 und A 2 (nichtbrennbar) B 1 (schwerentflammbar) und B 2 (normalentflammbar) ein.

Das Brandverhalten wird nicht nur vom Dämmstoff selbst, sondern auch von evtl. Bindemitteln, Klebern, Flammenschutzmitteln, Beschichtungen usw. positiv oder negativ beeinflusst. Im Brandfall können einige Dämmstoffe giftige Gase freisetzen - entsprechende Vorkehrungen gegen die Entzündung müssen daher beim Entwurf der Konstruktion getroffen werden.

Die Temperaturbeständigkeit von Dämmstoffen ist ebenfalls eine wichtige Materialeigenschaft. Merkmale wie die der Maßhaltigkeit, Formstabilität und die thermischen Zersetzung bestimmen die Grenze der Anwendungstemperatur.

## Schallschutz

Schall wirkt nicht nur von außen auf ein Bauwerk ein. Innerhalb der Gebäude verursachen die Benutzer und Bewohner sowie Haushaltsgeräte und gebäudetechnische Anlagen ebenfalls Geräusche und Lärm. Damit sich die Schallwellen nicht unnötig ausbreiten und so zur Belästigung der Bewohner führen können, sind geeignete Dämmmaßnahmen (Schalldämmung) umzusetzen. Diese sollen die Schallausbreitung innerhalb der Räume ebenso wie die Schallübertragung von einem Raum zum anderen über Decken und Wände reduzieren. Die Übertragung von Schall über Bauteile kann durch eine massive Bauweise bzw. die Entkopplung von Bauteilen mittels Dämmstoffen bereits reduziert werden.

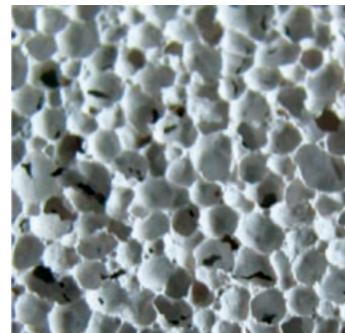


Abb. 3  
Offenporige Oberfläche  
eines Mineralschaumes

Offenporige Dämmstoffe sind besonders gut zur Schallabsorption geeignet. Sie können zur Verbesserung der Schalldämmung und der akustischen Eigenschaften von Räumen beitragen. In der DIN 4109 - „Schallschutz im Hochbau“ sind die Anforderungen an die Schalldämmung zusammengestellt. Die Dämmstoffe werden in Schallabsorptionsklassen (A bis E) eingeteilt, nach denen einschätzt werden kann, wie gut ein Material zur Absorption von Schallwellen geeignet ist.



Abb. 4

Umweltzeichen „Blauer Engel“

Häufig werben Hersteller mit besonderen Eigenschaften ihrer Produkte, treffen damit jedoch in der Regel nur eine qualitative Aussage. Wird ein Dämmstoff als atmungsaktiv charakterisiert, so bedeutet dies, dass die Diffusion von Wasserdampf möglich ist. Lässt beispielsweise eine Innendämmung keine Diffusion zu, so gelangt auch keine Luftfeuchtigkeit aus dem Raum in die Konstruktion und muss folglich über die Lüftung abgeführt werden. Feuchtausgleichende bzw. feuchteregulierende Baustoffe sind in der Lage, Feuchtigkeit aus der Raumluft aufzunehmen und später wieder abzugeben. Dies trägt zu einem angenehmen Raumklima bei und dient darüber hinaus dem Bauwerksschutz. Als kapillaraktiv werden Baustoffe mit sehr hohem Saugvermögen bezeichnet. Solche Materialien transportieren Wasser durch ihr Kapillarporensystem vergleichsweise schnell. Eine Abstufung wird durch die Kategorien „wassersaugend“, „wasserhemmend“ und „wasserabweisend“ gegeben. Andere Eigenschaften wie hautsympatisch oder allergikerfreundlich sind vor allem für den Moment der Verarbeitung von Interesse.

Bei der ökologischen Einschätzung von Dämmstoffen muss neben der Dämmwirkung auch der Primärenergiebedarf für deren Herstellung betrachtet werden. Als solchen (oder auch Primärenergieaufwand) wird die Menge an Energie bezeichnet, die zur Herstellung eines Dämmstoffs aufgewendet werden muss. Bei der Berechnung müssen die Kosten für die Förderung der benötigten Rohstoffe (z.B. Rohöl oder Ton) sowie für deren Verarbeitung (z.B. das Brennen von Ziegeln oder die Herstellung von Schaumstoffen) mit einfließen. Nicht betrachtet werden hingegen die Kosten für den Einbau und die abschließende Entsorgung oder ggf. das Recycling.

Ebenso spielen herstellungsbedingte Schadstoffemissionen und die gesundheitlichen Wirkungen auf den Menschen eine Rolle bei der Bewertung.

Wie in allen Bereichen werden Umweltzeichen auch an Dämmstoffe vergeben, wenn diese über besonders gute ökologische Eigenschaften verfügen, so dass sie sich aus der Produktvielfalt positiv hervorheben. Ein weit verbreitetes Umweltzeichen ist der „Blaue Engel“. Im Bereich der Dämmstoffe wird dieses für Produkte vergeben, die überwiegend aus Recyclingmaterialien wie Altglas oder Altpapier hergestellt werden. Andere Umweltzeichen werden beispielsweise durch das Institut für Baubiologie Rosenheim GmbH oder durch die Arbeitsgemeinschaft umweltverträgliches Bauprodukt verliehen. Bei der Vergabe der unterschiedlichen Umweltzeichen werden die Produkte nach verschiedenen Kriterien beurteilt. Ein direkter Vergleich ist aus diesem Grund nicht möglich.

Zur Verbesserung des Brandschutzes und als Schutz vor Schimmel werden einigen nachwachsenden Dämmstoffen Borsalze, Aluminiumsulfat, Mitin u.a. Chemikalien zugesetzt. Aufgrund dieser Zuschläge sind diese Produkte zum Teil nicht kompostierbar und müssen auf Deponien entsorgt werden. Bei Einsatz von Stützfasern aus Polyester ist die Kompostierbarkeit ebenfalls eingeschränkt.

## Dämmstoffarten

Im Baustoffhandel wird eine große Vielfalt von Dämmstoffen angeboten. Das macht die Auswahl schwierig, zumal es einen perfekten, in allen Anwendungsbereichen optimal geeigneten Dämmstoff nicht gibt.

Dämmstoffe		
Konventionelle, mineralisch, fossile Dämmstoffe	Nachwachsende Dämmstoffe	
Glaswolle, Steinwolle, Schlackenwolle	Calciumsilikat, Perlite, Blähton, Vermikulit, Schaumglas, Blähglas	Polystyrol, Polyester, Polyuretan
	Holzwohle, Hobelspäne, Holzfasern, Kork, Papier	
	Flachs, Hanf, Baum- wolle, Kokosfasern, Stroh, Schilf	Schafwolle

Abb. 5  
Einteilung der Dämmstoffe

Die verschiedenen Dämmstoffe lassen sich grob in konventionelle und nachwachsende Dämmstoffe unterscheiden. Innerhalb des Produktlebensweges, beginnend bei der Herstellung, der Verwendung oder der Wiederverwertung bis hin zur Entsorgung werden bei konventionellen Dämmstoffen vergleichsweise höhere Einwirkungen auf die Umwelt in Kauf genommen als bei ökologischen nachwachsenden Dämmstoffen. Eine Reihe von Vorschriften, insbesondere zum Brandschutz, schränken bislang den Einsatz vieler ökologischer Dämmstoffe im Mehrgeschossbau ein. Im Hochbau bestehen daher zu herkömmlichen Dämmstoffen wenige Alternativen, was sich in der Verteilung der Marktanteile verschiedener Dämmmaterialien widerspiegelt. So nehmen Mineralwolle (Glas- und Steinwolle) einen Marktanteil von fast 60 % ein. Ein weiteres großes Segment bilden EPS-Hartschäume und Polyurethan, die rund 36 % der verwendeten Materialien ausmachen.

## Konventionelle, mineralische und fossile Dämmstoffe

**Mineralfaserdämmstoffe** (Glaswolle, Steinwolle, Schlackenwolle) sind die am meisten genutzten Dämmprodukte und weisen ein breites Anwendungsspektrum von der Dachdämmung, Kerndämmung, Zwischenständerdämmung, bis hin zum verputzten Wärmedämm-Verbundsystem auf. Die künstlichen Mineralfasern werden durch Schmelzen des mineralischen Ausgangsmaterials und Zerkleinern oder Düsenziehen hergestellt. Die Dämmstoffe enthalten über 90 % künstliche Mineralfasern, sowie Kunstharz, Öle und weitere Zusätze. Angeboten werden unterschiedliche Produkte auf Mineralwollbasis. Grundsätzlich kann zwischen leichter und dichter Mineralwolle unterschieden werden. Glaswolle, die vor 1996 hergestellt wurde, wird als krebserregend eingestuft. Die heute produzierten Glasfasern sind frei von Krebsverdacht.



Abb. 6 Mineralfaserdämmstoff

**Kalziumsilikat-Platten** werden aus Kalk und amorphem Silikaten hergestellt. Sie puffern zeitweise auftretende Feuchtigkeit ab und trocknen ebenso rasch wieder aus. Wegen des hohen pH-Wertes ist Schimmelbefall ausgeschlossen. Kalziumsilikat ist druckfest, nichtbrennbar, formstabil und kapillaraktiv. Die Platten werden als Innendämmung insbesondere in sensiblen Konstruktionen eingesetzt. Je nach Herstellung unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer Dichte, dem Brandverhalten, der Kapillarität und Festigkeit.



Abb. 7 Kalziumsilikat-Platte

**Bläherlite.** Als Rohstoff wird ein glasartiges Gestein aus submariner Vulkanaktivität verwendet. Die Herstellung erfolgt durch schockartiges Erhitzen bei Temperaturen von > 1000°C. Dabei dehnt sich das im Stein enthaltene Wasser aus und bläht diesen bis auf das 20-fache seines ursprünglichen Volumens aus. Je nach Anwendungsfall wird das Granulat anschließend mit Latexemulsion oder Silikon hydrophobiert oder bituminiert. Im Brandfall kann es dann zur Freisetzung giftiger Gase kommen. Perlite selbst sind nicht brennbar, widerstandsfähig, ungezieferbeständig, verrottet nicht. Es ist sowohl baubiologisch, als auch gesundheitlich als unbedenklich einzustufen.



Abb. 8 Bläherlite

**Blähton und Vermikulit** werden durch thermische Expansion aus granuliertem Rohmaterial bei einer Temperatur von 1200°C im Drehrohrofen hergestellt. Dabei verbrennen die organischen Bestandteile, blähen sich auf und bilden feine Poren. Blähton kommt als Schüttdämmung in den Handel oder wird als Leichtzuschlag in Putz und Beton verwendet. Das in der Natur vorkommende Rohvermikulit wird ohne Zusätze thermisch expandiert. In den Zwischenschichten der Tone vorhandenes Kristallwasser wird in Öfen abrupt ausgetrieben und bläht sich dabei um das 10- bis 35-fache seines Volumens auf. Vermikulit besitzt gute wärme- und schalldämmende Eigenschaften, ist geruchsneutral und gesundheitlich unbedenklich.



Abb. 9 Blähton

**Mineralschäume** werden aus den mineralischen Rohstoffen Kalk, Sand, Zement und Wasser hergestellt, denen ein Porenbildner und Zuschlagstoffe beige-mischt sind. Das Materialgemisch wird anschließend in Formen gegossen und im Autoklaven bei hohem Druck und Temperaturen von 200°C dampfgehärtet. Danach erfolgen Plattenzuschnitt, Grundierung und Trocknung der Dämmplatten. Die Platten sind formstabil, dampfdurchlässig, nicht brennbar sowie faserfrei. Aufgrund der offenporigen Struktur sind sie gut zur Schalldämmung geeignet.



Abb. 10 Mineralschaum

**Schaumglas** entsteht durch Zugabe von Treibmitteln aus einer Glasschmelze. Ausgangsmaterial ist üblicherweise Quarzsand, der mit Zusätzen zu Glas geschmolzen, anschließend zu Pulver gemahlen und mit Kohlenstoffpulver vermischt wird. In Öfen über 1000°C reagiert der Kohlenstoff unter Bildung von Gasblasen, die den Aufschäumprozess auslösen, wobei ein geschlossenzelliger Dämmstoff entsteht. Schaumglas ist druckstabil, formstabil, frostbeständig, nimmt kein Wasser auf und ist nicht brennbar. Weiterhin ist Schaumglas alterungs- und chemikalienbeständig. Als nachteilig stellt sich der hohe Energieaufwand bei Herstellung und die Verarbeitung dar. Da Schaumglas bei der Montage mit Bitumen oder Klebern befestigt wird, ist es nicht wiederverwendbar und auch nicht recyclingfähig, sondern muss nach dem Abriss einer Deponie zugeführt werden.



Abb. 11 Schaumglas

Der wichtigste Dämmstoff aus Kunststoff ist **Polystyrol-Hartschaum**. Er wird aus dem Erdölraffinerie-Produkt Styrol hergestellt. Nach der Herstellungsart wird zwischen Partikelschaumstoff aus verschweißtem, geblähtem Polystyrolgranulat (EPS) und extrudergeschäumtem Polystyrolschaumstoff (XPS) unterschieden.

Beim expandierten **Polystyrolpartikelschaum (EPS)** wird Polystyrolgranulat mit dem Treibmittel Pentan bei Temperaturen über 90°C vorgeschäumt. Dabei verdampft das Treibmittel und bläht das thermoplastische Grundmaterial bis auf das 20- bis 50-fache zu PS-Schaumpartikeln auf. Durch eine zweite Heißdampfbehandlung werden Blöcke, Platten oder Formteile hergestellt. Bei den beispielsweise für die Dachdämmung verwendeten profilierten Platten erfolgt die Formgebung bereits während des Aufschäumprozesses. Aufgrund der Anforderungen des Bauordnungsrechts wird EPS mit Flammschutzmitteln versehen.

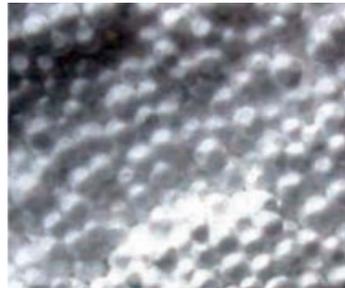


Abb. 12 Polystyrol

**Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)** wird als kontinuierlicher Schaumstoffstrang hergestellt. Im Extruder wird Polystyrol aufgeschmolzen und nach Zugabe von CO<sub>2</sub> als Treibmittel durch eine Breitschlitzdüse gepresst, hinter der sich dann der Schaumstoffstrang aufbaut. Anschließend wird der Strang zu Platten gesägt und die Randausbildung vorgenommen. Je nach Anwendungsfall wird die Schaumhaut entfernt. Die Platte besitzt dann eine raue Oberfläche oder erhält eine waffelförmige Prägung. XPS ist nicht UV-beständig. Als geschlossenzelliger und druckfester Dämmstoff kommt es häufig zur Dämmung erdreichberührter Flächen zur Anwendung.

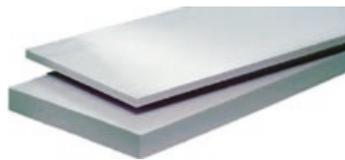


Abb. 13 XPS-Platten

Dämmstoffe aus **Polyester** werden auf der Basis von Erdöl hergestellt. Die elastisch weichen Fasern sind seit langem aus der Textilindustrie bekannt und benötigen keine Zusätze und Flammschutzmittel. Die im Handel angebotenen Dämmplatten und Dämmmatten lassen sich problemlos verarbeiten und wirken gut schallabsorbierend. Polyester ist hautsympatisch bzw. allergikerfreundlich, diffusionsoffen, fäulnisresistent und verrottungsbeständig.

Ausgangsstoff für Dämmstoffe aus **Polyurethan-Hartschaum (PUR)** ist meist Erdöl. Es werden aber auch nachwachsende Rohstoffe, wie z.B. Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln zur Herstellung verwendet. Durch chemische Reaktion der flüssigen Grundstoffe und unter Zusatz der Treibmittel Pentan oder CO<sub>2</sub> entsteht der Schaum. PUR-Hartschaumdämmstoffe werden industriell entweder als Platten oder als Blöcke hergestellt. Bei der Plattenherstellung wird das aus dem Mischkopf ausströmende Reaktionsgemisch zwischen zwei Deckschichten eingebracht, wobei Mineralvlies, Glasvlies, Papier-, Metall- oder Verbundfolien, Dach- und Dichtungsbahnen als Deckschichten eingesetzt werden. PUR-Dämmstoffe sind überwiegend geschlossenzellige, harte Schaumstoffe. Sie sind alterungsbeständig, schimmel- und fäulnisresistent. Hinweis: EPS, XPS und PUR Dämmstoffe können im Brandfall Gefahrstoffe freisetzen.

Abb. 14  
Platten aus Polyurethan-Hartschaum

Seit einigen Jahren bieten spezialisierte Hersteller **Vakuuminisolationspaneele** an. Wegen ihrer sehr geringen Wärmeleitfähigkeit von weniger als 0,01 W/mK kann bereits mit geringen Materialstärken eine hohe Dämmwirkung erzielt werden. Deshalb kommen sie vor allem für die Sanierung denkmalgeschützter Fassaden zur Anwendung. Die Paneele sind diffusionsdicht. Bei der Verarbeitung ist ein besonders sorgfältiger Umgang nötig, um Beschädigungen der luftdichten Hülle zu vermeiden.

## Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

**Holzfasern, Holzfaserdämmplatten oder Weichfaserplatten** werden aus Nadelholzabfällen hergestellt. Sie bestehen fast ausschließlich aus Restholz, welches zerkleinert und zerfasernd wird. Lose Holzfasern können als Einblasdämmstoff verwendet werden, wobei durch Verfilzung und Verzahnung die Setzungssicherheit beim Einbringen erreicht wird. Die Herstellung von Platten erfolgt unter Druck und Temperaturen bei ca. 380°C, wo eine Verklebung der Fasern durch die holzeigenen Harze stattfindet. Zur Verbesserung des Flammschutzes und gegen Schimmelpilzbefall werden diverse Chemikalien hinzugefügt.



Abb. 15 Holzfaserdämmplatte

**Holzwoleleichtbauplatten** werden unter Bindemittelzusatz aus langfaserigen Holzspänen hergestellt. Als Bindemittel kommen entweder Zement oder Magnesit zum Einsatz, mit denen die Späne zu Platten gepresst werden. Aufgrund der relativ geringen Dämmwirkung werden sie häufig als Schalung für Schüttdämmstoffe oder als Verbundplatten in Verbindung mit anderen Dämmstoffen eingesetzt. Durch ihre schalldämmende Wirkung werden sie auch als Trennwände verwendet. Holzwoleleichtbauplatten haben ein hohes Wärmespeichervermögen und sorgen für ein angenehmes Raumklima. Eine Umweltbelastung ergibt sich bei der Gewinnung der mineralischen Bindemittel. Eine Verbrennung oder Deponierung ist problematisch, jedoch lassen sich die Platten gut wiederverwenden. Gesundheitlich ist dieser Dämmstoff völlig unbedenklich.

**Hobelspäne** sind Abfallspäne aus der Holzverarbeitung von Weichholz, meist Fichten-, Kiefern- oder Tannenholz. Die Holz-



Abb. 16 Holzspäne

späne werden zur Verbesserung des Brandschutzes und gegen Pilzbefall mit Sodalaug und Molke imprägniert. Hobelspäne besitzen gute Schalldämmeigenschaften. Sie können Wärme gut speichern und wirken feuchteregulierend.

**Kork** ist ein nachwachsender Rohstoff aus den Korkeichenwäldern im Mittelmeerraum. Die Herstellung erfolgt durch Mahlen von geschälter Korkeinde zu Granulat, das für die Herstellung von Backkork in Autoklaven mit Heißdampf behandelt wird. Bei Expansion des Granulates und Bindung durch die korkeigenen Harze entstehen Blöcke, die nach einer Abluftzeit zu Platten geschnitten werden. Kork ist alterungsbeständig, schalldämmend und hochbelastbar. Er besitzt eine gute Wärmespeicherfähigkeit sowie gute Wärmedämmeigenschaften und ist diffusionsoffen. Er ist verrottungs- und fäulnisresistent. Als Rohstoff für die Herstellung kann auch Recycling-Kork verwendet werden.



Abb. 17 Korkplatte

**Zelluloseflocken** werden aus Altpapier durch mechanische Zerkleinerung hergestellt. Im Mahlverfahren erhalten die Flocken dabei eine dreidimensionale Struktur. Zelluloseflocken werden je nach Anwendung im Einblasverfahren oder Sprühverfahren (analog eines Putzes) eingebracht. Zellulose ist ein Recyclingmaterial mit hochwertigen Wärmespeicher- und Wärmedämmeigenschaften. Bei der Verarbeitung kann es jedoch zu einer erheblichen Staubentwicklung kommen, weshalb geeignete Atemschutzgeräte getragen und Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden sollten. Es empfiehlt sich unbedingt, eine Fachfirma zu beauftragen.



Abb. 18 Zellulosematte

Dämmstoffe aus **Flachs** werden aus den Kurzfasern der heimischen Flachspflanze hergestellt. Nach dem Entfernen der Bast- und nach Zugabe von Polyester-Stützfasern, lassen sich aus den Faservliesen Flachsmatten über 10 cm Stärke herstellen. Sie sind weitgehend fäulnisresistent, besitzen gute Wärmedämmeigenschaften und wirken feuchtepuffernd. Wegen des geringen Wärmespeichervermögens sind sie nur bedingt für den sommerlichen Wärmeschutz geeignet.



Abb. 19 Dämmmatte aus Flachs

Als traditionelle Kulturpflanze wird **Hanf** zu Dämmfilzen und Vliesen verarbeitet, wobei Imprägnierungen meist nicht nötig sind. Teilweise kommen Stützfasern aus Polyester zur Anwendung. Der Dämmstoff besitzt gute wärme- und schalldämmende Eigenschaften. Seine Fasern sind robust, feuchtigkeitsbeständig und aufgrund ihrer Inhaltsstoffe resistent gegen Schädlingsbefall. Aus Sicht des Umweltschutzes schneidet Hanf positiv ab, da er als Bodenverbesserer gilt und bei seinem Anbau kein Pestizideinsatz notwendig ist.



Abb. 20 Dämmfilz aus Hanf

**Baumwolldämmstoffe** werden aus der pflanzlichen Faser hergestellt, die meist in asiatischen Ländern als Monokulturen angebaut werden. Aus den Fasern werden Flocken oder ein vliesartiger Dämmstoff zu Matten bis 20 cm Stärke hergestellt. Die Flocken werden, ähnlich wie Zel-



Abb. 21 Baumwolle

lulose, in Hohlräume eingeblasen. Baumwolle besitzt gute Wärmedämmeigenschaften, ist elastisch und deshalb gut verarbeitbar. Sie darf jedoch keiner längeren Durchfeuchtung ausgesetzt werden, da sie nicht schimmelresistent ist. In der Regel erfolgt eine Imprägnierung mit Borsalzen, um den Schimmelansatz zu vermeiden und den Brandschutz zu verbessern.

**Kokosfasern** werden aus dem Bast von Kokosnüssen gewonnen. Nach einem Verrottungsprozess erfolgt die Verarbeitung der Fasern zu einem Vlies meist ohne weitere Zusätze. Zur Verbesserung der Beständigkeit kann eine Imprägnierung mit Bitumen erfolgen. Im Handel ist der Dämmstoff als Filz, Matte oder Platte erhältlich. Unter den Naturfasern nehmen Dämmstoffe auf Kokosfaserbasis eine Sonderstellung ein, da sie in Bereichen verwendbar sind, wo sonst nur der Einsatz künstlicher Materialien in Frage kommt. Die Fasern sind innen hohl, hochelastisch und besitzen gute Wärme- und Schalldämmeigenschaften. Sie sind diffusionsoffen und wirken so feuchtepuffernd. Darüber hinaus sind sie strapazierfähig, insektensicher, feuchte- und formbeständig. Im Gegensatz zu den meisten anderen Dämmstoffen können sie sich nicht elektrostatisch aufladen.



Abb. 22 Kokosfasern

**Schilf** hat eine lange Tradition als Baustoff. Die Schilfrohrhalme werden mechanisch gepresst und durch verzinkte Stahldrähte zu festen, aber biegsamen Platten von 2 bis 10 cm Stärke verbunden. Früher wurden dünne Schilfmatten als Putzträger an Holzbalkendecken benutzt. Die heute angebotenen stärkeren Formate eignen sich als dämmende Leichtbauplatte und werden vor allem für die Außenwanddämmung



Abb. 23 Schilfmatten

(WDVS) eingesetzt. Schilf besitzt mäßige Wärmedämmeigenschaften. Es ist von Natur aus feuchteresistent und wirkt durch seinen hohen Kieselsäureanteil brandhemmend.

**Schafwolle** wird als Dämmfilz, Matte, Trittschall-Dämmplatte oder Stopfwole angeboten. Als Rohstoff kommt gewaschene Schafschurwolle zur Anwendung, wobei zur Herstellung von Matten teilweise Polyester- oder Kokos-Stützfasern zugegeben werden. In der Regel wird sie mit ca. 3-5 % Borsalz und anderen Zuschlägen imprägniert, um Brandschutz und Mottensicherheit zu verbessern. Schafwolle ist sehr leicht zu verarbeiten und eignet sich sehr gut für Holzkonstruktionen. Sie ist eine Alternative zu den PUR-Ortsschäumen zur Abdichtung beim Fenster- und Türeineinbau. Das Material zeigt gute Dämmeigenschaften. Es ist hautsympathisch und von Natur aus brandhemmend. Da es bis zu 33 % seines Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen und diese auch schnell wieder abgeben kann, reguliert es zusätzlich die Luftfeuchte in den Räumen.



Abb. 24 Schafwolle

## Materialeigenschaften

Die Bauordnungen der Länder stellen Anforderungen an die Eigenschaften von Dämmstoffen. Diese werden entweder bereits in technischen Baubestimmungen (z.B. DIN) geregelt oder - im konkreten Einzelfall - in bauaufsichtlichen Zulassungen oder Bescheiden festgelegt.

Bei der Auswahl eines geeigneten Dämmstoffes sind verschiedene Kriterien von Bedeutung. Die wichtigsten Eigenschaften werden beschrieben durch:

- die Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG - Klassifizierung der Dämmstoffe anhand der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ )
- die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl ( $\mu$ -Wert - der Widerstand, den ein Baustoff der Dampfdiffusion entgegensetzt)
- der Primärenergieinhalt (Energie, die aufgewendet wurde um den Dämmstoff herzustellen)
- die Baustoffklasse (Klassifizierung nach Brandeigenschaften - siehe auch 2.5).

In der folgenden Tabelle sind diese Kriterien für ausgewählte Dämmstoffe zusammengestellt. → →

		Rohdichte (kg / m³)	WLG (W / mK)	μ- Wert	Primärenergie- inhalt (kWh/m_)	Baustoff- klasse
Konventionelle, mineralisch, fossile Dämmstoffe	Mineralwolle	10 - 200	030 - 050	1	100 - 700	A
	Kalziumsilikat	220 - 350	060 - 090	5 - 20	800 - 1200	A
	Bläherlit-Schüttung	30 - 150	050	1 - 4	210 - 235	A
	Expandierte Vermiculite	30 - 150	070	10	150	A1
	Schaumglas	100 - 150	045 - 055	dicht	320 - 751	A
	Expandierter Polystyrolhartschaum (EPS)	10 - 50	035 - 040	20 - 100	150 - 500	B1
	Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)	20 - 65	035 - 040	80 - 250	285 - 684	B1
	Polyurethan-Hartschaum (PUR / PIR)	28 - 55	025 - 035	30 - 100	837 - 1330	B1 / B2
	Polyurethan(PUR / PIR)-Spritzschaum	30 - 50	035 - 040	60 - 120	k. A.	B1 / B2
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Holzfaserdämmplatten	150 - 250	045 - 060	2 - 10	550 - 650	B2
	Expandierter Kork	90 - 140	045 - 050	5 - 10	360 - 440	B2
	Lose Zellulosefasern	20 - 60	045 - 055	1 - 2	60	B1 / B2
	Flachs	16 - 21	040	1	70 - 80	B2
	Hanf	70 - 110	060 - 070	1 - 2	30	B2
	Schafwolle	30 - 40	040	1	150	B2

Tab. 2  
Vergleich unterschiedlicher Dämmstoffe anhand von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit, μ- Wert, Primärenergieinhalt und Baustoffklasse

Die Variation der Datenwerte innerhalb eines Materials erklärt sich durch unterschiedliche Produktionsverfahren und natürliche Schwankungen der verwendeten Rohstoffe.

### Handelsformen und Anwendungsgebiete

Je nach Materialeigenschaften besitzen Dämmstoffe unterschiedliche Handelsformen. Bei festen Dämmstoffen wird zwischen Platten (z.B. Polyurethan, Kalziumsilikat), Baustoffen in gerollter Form (z.B. Mineralwolle) und Matten (z.B. Schallschutzkokosmatten) unterschieden. Sie können steif, halbsteif oder weich ausgeführt sein.

Lose Dämmstoffe werden als Schüttung (z.B. Blähton) bzw. als Einblasdämmstoff in Hohlräume eingebracht (z.B. Zelluloseflocken).

Ortschäume (z.B. Polyurethan-Spritzschaum) werden erst auf der Baustelle durch Einspritzen eingebracht. Aufgrund ihrer Beschaffenheit schäumen sie auf und verfestigen sich anschließend. Häufig werden sie zur Montage von Fenstern oder Türen verwendet.

Dämmstoffplatten bzw. -matten müssen im Anwendungsfall meist zugeschnitten werden und können selten passgenau wie lose Dämmstoffe eingebaut werden. Andererseits sind Plattendämmstoffe unter anderem hervorragend für die Trittschalldämmung geeignet. Die folgende Tabelle (Tab. 3) zeigt, in welchen Handelsformen Dämmstoffe angeboten werden.

Bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffes sind einige Dinge zu beachten, weshalb es sich auch hier lohnt, den Rat des Fachmannes einzuholen. Insbesondere Fragen des Feuchttransportes und der Feuchtespeicherung sowie hinsichtlich einer ausreichenden Lüftung sind in die Überlegungen bei der Auswahl der Dämmstoffe einzubeziehen. Ebenso sind die Umgebungsbedingungen zu beachten. Viele Dämmstoffe sind nicht für den Einsatz in feuchten Bereichen geeignet und bedürfen daher entsprechender Schutzmaßnahmen. → →

		Handelsformen	Außendämmung vor Bewitterung geschützt Dämmung unter Deckung	Außendämmung vor Bewitterung geschützt Dämmung unter Abdichtung	Außendämmung des Daches der Bewitterung ausgesetzt	Zwischsparrendämmung zweischaliges Dach, nicht begehbare aber zugängliche oberste Geschossdecken	Innendämmung, Dämmung unter dem Sparren / Tragkonstruktion, abgehängte Decke usw.	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig), unter Estrich ohne	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig), unter Estrich Schallschutzanforderungen
Konventionelle, mineralisch, fossile Dämmstoffe	Mineralwolle	P, M, E	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Kalziumsilikat	P					✓	✓	✓
	Blähperlit-Schüttung	S, E	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Expandierte Vermiculite	S, E	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Schaumglas	P, S	✓	✓			✓	✓	
	Expandierter Polystyrolhartschaum (EPS)	P	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)	P	✓	✓	✓		✓	✓	
	Polyurethan-Hartschaum (PUR / PIR)	P	✓	✓		✓	✓	✓	
	Polyurethan(PUR / PIR)-Spritzschaum	F	✓	✓					
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Holzfaserdämmplatten	M, P	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Expandierter Kork	M, P, S	✓	✓		✓	✓	✓	
	Lose Zellulosefasern	P, S, E	✓			✓	✓		
	Flachs	M, P, E				✓	✓		
	Hanf	M, P, E	✓			✓	✓	✓	
	Schafwolle	M, P, (F,) E				✓	✓	✓	✓

Tab. 3 Unterscheidung der verschiedenen Dämmstoffe nach Handelsformen und Anwendungsgebieten gemäß DIN 4108-10 für Decke und Dach (M = Dämmplatten, P = Dämmplatten, S = Schüttungen, F = Ortschaum, E = Einblasdämmung)

		Außendämmung hinter Bekleidung	Außendämmung hinter Abdichtung	Außendämmung unter Putz	Dämmung von zweischaligen Wänden - Kerndämmung	Dämmung von Holzrahmen und Holztafelbauweise	Innendämmung	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen	Dämmung von Raumentrennwänden	Außen liegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich	Außen liegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich
Konventionelle, mineralisch, fossile Dämmstoffe	Mineralwolle	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Kalziumsilikat					✓	✓	✓			
	Blähperlit-Schüttung	✓		✓	✓	✓	✓	✓			
	Expandierte Vermiculite	✓		✓	✓	✓	✓	✓			
	Schaumglas	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
	Expandierter Polystyrolhartschaum (EPS)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
	Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)	✓	✓	✓	✓					✓	✓
	Polyurethan-Hartschaum (PUR / PIR)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓
	Polyurethan(PUR / PIR)-Spritzschaum				✓						
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Holzfaserdämmplatten	✓		✓	✓	✓	✓		✓		
	Expandierter Kork	✓		✓	✓	✓	✓		✓		
	Lose Zellulosefasern					✓	✓		✓		
	Flachs					✓	✓		✓		
	Hanf	✓				✓	✓		✓		
	Schafwolle	✓				✓	✓		✓		

Tab. 4 Unterscheidung der verschiedenen Dämmstoffe nach Anwendungsgebieten gemäß DIN 4108-10 für Wände

## Außenwände

Den größten Anteil der Hüllfläche eines Gebäudes stellen die Außenwände dar. Durch eine Fassadendämmung werden neben der Energieeinsparung auch die Innenflächen der Außenwände wärmer und trockener. Die Behaglichkeit erhöht sich.



Abb. 25  
Thermografieaufnahme eines Gebäudes

Für eine funktionierende Dämmung der Bestandsaußenwände sind die Wahl eines passenden Systems, der richtige Aufbau und die Beachtung der Verarbeitungsvorschriften von Bedeutung. Zunächst sollten die Konstruktion und das Material der Außenwand, die örtlichen Gegebenheiten, sowie die baurechtlichen Belange und Brandschutzanforderungen geprüft werden. Außerdem muss gewährleistet sein, dass evtl. vorhandene Probleme mit aufsteigender Feuchte vorher beseitigt werden.

## Außendämmung

Bei dieser Art der Wärmedämmung wird die äußere Seite von Außenwänden gedämmt. Es wird zwischen dem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) und der hinterlüfteten Vorhangfassade unterschieden. Beim WDVS werden Dämmstoffplatten direkt auf den Außenputz der Bestandswand oder beim Neubau auf die errichtete Außenwand aufgeklebt und je nach Gewicht und Gebäudehöhe zusätzlich gedü-

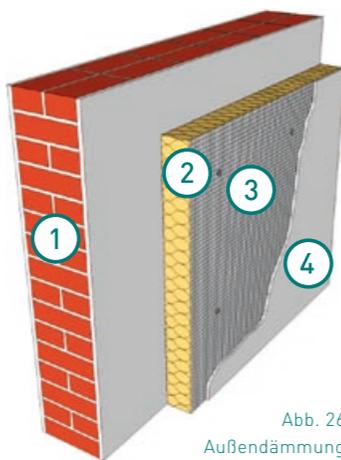


Abb. 26  
Außendämmung mittels WDVS  
[1 = Mauerwerk, 2 = Dämmplatte, 3 = Armierungsmörtel und -gewebe, 4 = Mineralischer Außenputz]

belt. Anschließend wird eine Schicht aus Armierungsmörtel und -gewebe aufgebracht sowie die Fassade verputzt.

Bei hinterlüftete Fassaden werden mittels einer zunächst montierten Unterkonstruktion die Dämmplatten auf den alten Putz bzw. auf der Tragschale aufgebracht. Zur Abführung von Feuchtigkeit bleibt eine Belüftungsschicht zwischen Dämmebene und dem Vorhang. Dieser dient als Wetterschutz und besteht häufig aus Schieferplatten, Holzschindeln oder ähnlichem.

Für eine optimale Funktion sind zahlreiche Ausführungsdetails zu beachten. Übliche Dämmstoffdicken für eine Außendämmung waren bisher ca. 5 - 10 cm bei Verwendung einer WLG 040. Aufgrund der aktuellen EnEV-Anforderungen werden in Zukunft Stärken von ca. 12 - 20 cm Stärke notwendig sein. Häufig eingesetzte Dämmstoffe für diese Anwendung sind z.B. expandierter oder extrudierter Polystyrolschaum, Mineralwolle, PUR-Hartschaum oder Holzfaserdämmplatten.

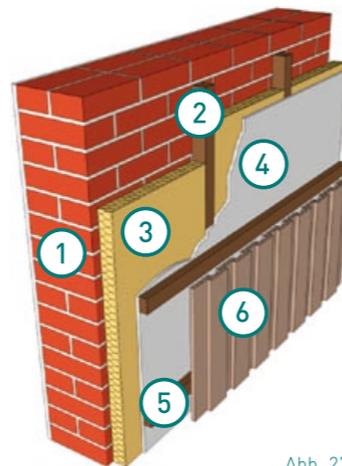


Abb. 27  
hinterlüftete Fassade  
[1 = Mauerwerk, 2 = Kantholz, 3 = Dämmplatte, 4 = Schutzplatte, 5 = Querlattung, 6 = Wetterschutzschalung]

## Vorteile

- Die Wand wird vor Witterungseinflüssen geschützt. Bei fachgerechter Ausführung werden gedämmte Wände trockener als vorher.
- Durch die thermische Abkopplung der Außenwand vom Außenklima werden Temperaturschwankungen im Winter verringert, im Sommer wird die Aufheizung der Räume gedämpft.
- Außendämmung erhöht die Behaglichkeit. Die Wand dient als Wärmespeicher und vermindert damit die regelungstechnischen Nachteile von trägen Heizungssystemen, wie z.B. Fußbodenheizung.
- Sanierungsbedürftige und unansehnliche Fassaden werden optisch aufgewertet.
- Wärmebrücken durch einbindende Wände, Decken, Fensteranschlüsse, fehlerhafte Materialien usw. werden durch Außendämmung weitestgehend vermieden.
- Die vorhandene Raumfläche wird nicht verringert.
- Die Möglichkeit der Montage von Einrichtungsgegenständen, Installationen usw. an der Innenseite der Außenwände bleibt erhalten.
- Installationen müssen nicht verlegt werden, die Gefahr des Einfrierens von Leitungen wird reduziert.

## Nachteile

- Die Außendämmung ist relativ kostenaufwendig. Die Investition ist nicht in jedem Fall wirtschaftlich. Zusätzlich zu den Material- und Arbeitskosten sind Veränderungen am Gebäude notwendig. Unter Umständen müssen Umbauten am Dachüberstand und an den Sohlbänken vorgenommen werden. In der Regel sind Baugerüste erforderlich.
- Die lichte Fensteröffnung verringert sich.
- Bei denkmalgeschützten Fassaden wird eine Außendämmung speziell bei Sichtfassaden in der Regel nicht zugelassen.
- Arbeiten an der Außendämmung sind witterungsabhängig.
- Veränderungen an der Fassade sind ggf. genehmigungspflichtig. Bei Häusern mit mehreren Eigentümern, wie z.B. Doppel- oder Reihenhäuser, muss eine Abstimmung mit Nachbarn erfolgen.
- Bei Grenzbebauungen bzw. gerade eingehaltener Abstandsfläche und bei eng stehenden Gebäuden ist eine Außendämmung nicht immer möglich.
- Für nur kurzzeitig genutzte Räume kann die Aufheizzeit zu groß sein.
- Oberflächen von WDVS unterschreiten häufiger den Taupunkt, daher besteht verstärkt die Gefahr für Algenwachstum, besonders auf der Nordseite. Deshalb werden in Putzen und Anstrichen Biozide eingesetzt. Durch Auswaschung gelangen sie ins Grundwasser.

Die transparente Wärmedämmung (TWD) ist eine Sonderform der Außendämmung. Sie bezeichnet eine Gruppe von Materialien, die eine hohe Lichtdurchlässigkeit mit Wärmedämmeigenschaften kombinieren. Der Name transparente Wärmedämmung ist dabei irreführend, da die Materialien das einfallende Licht nicht komplett ins Gebäudeinnere hineinleiten (wie z.B. Fenster). Transluzente Wärmedämmung wäre der eigentlich korrekte Begriff, da es einen erhöhten Anteil an gestreutem Licht gibt und die Stoffe nicht „durchsichtig“ sind. Transparente Wärmedämmungen werden sowohl in Waben- bzw. Kapillarstruktur, als auch in Hohlkammerstrukturen oder als Granulat angeboten. Bei der Verwendung steht die Nutzung der Sonnenenergie für die Erzeugung von Wärme im Blickpunkt. Dabei wird die Sonnenergie an den von der Sonne beschienenen Fassaden genutzt, um über eine dunklere, hinter der lichtdurchlässigen Dämmung liegenden Schicht die massive Wand zu erwärmen. Diese speichert die Energie als Wärme und gibt sie dann an den Innenraum ab. TWD-Systeme werden anteilig in die Fassade integriert. Da im Winter die Sonne sehr tief steht, ist gerade zu dieser Jahreszeit der Energieeintrag in die Struktur der transparenten Materialien sehr effektiv. Im Sommer dringen durch den hohen Sonnenstand die Strahlen nur stark abgemindert ein. Durch eine günstige Gestaltung mit Dachüberständen und Balkonen wird eine zusätzliche Verschattung im Sommer erreicht, so dass weitere Sonnenschutzmaßnahmen meist nicht erforderlich werden. Als Dämmstoffe für diese Anwendung sind z.B. Schaumkunststoffe aus Polycarbonat oder transluzente Granulate zu nennen.

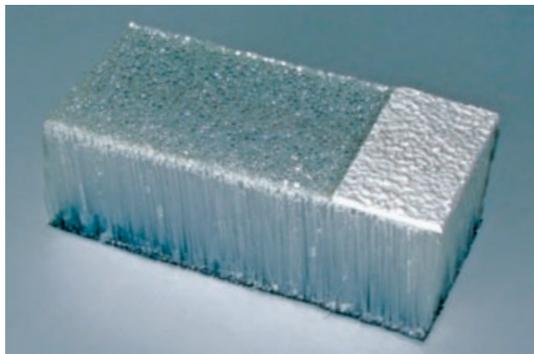


Abb. 28  
Transparente  
Wärmedämmung

### Innendämmung

Bei einer Innendämmung werden Außenwände von der inneren Raumseite aus gedämmt. Für die Anwendung dieser Dämmvariante muss sichergestellt werden, dass die Fassade bei Schlagregen nicht durchfeuchtet. Anderenfalls können Bauschäden entstehen.

Übliche Dämmstoffstärken betragen ca. 5 bis 10 cm. Grundsätzlich wird bei einer Innendämmung unterschieden zwischen dampfdiffusionsdichten und dampfdiffusionsoffenen Konstruktionen. Als diffusionsdicht sind z.B. Konstruktionen mit einer Dämmung, einer dampfsperrenden bzw. -bremsenden Folie sowie einer Verkleidung (z.B. mit Gipskarton) zu nennen.

Bei diesen konventionellen Innendämmsystemen wird versucht, die Feuchtezufuhr infolge von Diffusion und Konvektion in die Kondensationsebene durch Dampfsperren zu stoppen. Alternativ können sperrende Dämmstoffe, wie Schaumglas oder Polystyrol zur Anwendung kommen. Der Einsatz dampfsperrender Innendämmsysteme ist bei der Sanierung historischer Gebäude, bei denen der Zustand der Gebäudehülle oft bedenklich ist, risikoreich und daher häufig ungeeignet.

Baumaterialien „arbeiten“, das heißt, sie unterliegen Formänderungen wegen Temperatur- und Feuchteschwankungen. Im Laufe der Zeit entstehen Undichtigkeiten. Ist die Dampfsperre gerissen, können Schäden die Folge sein. Vor allem betroffen sind z.B. einbindende Deckenbalken, Fensteranschlüsse, Wand-Dachanschlüsse oder Zwischenwandanschlüsse.

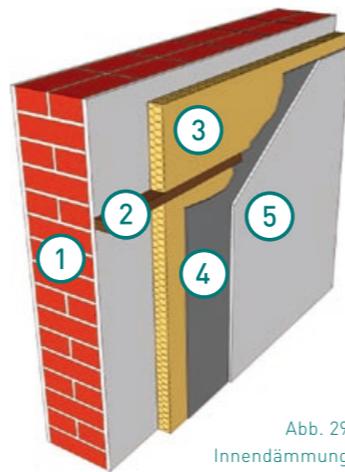


Abb. 29  
Innendämmung  
(diffusionsdicht)  
(1 = Mauerwerk, 2 = Unterkonstruktion,  
3 = Dämmplatte, 4 = Dampfsperre,  
5 = Gipskartonplatte)

Bei einer Innendämmung sollte das Austrocknungspotential der Wand nach innen und außen so wenig wie möglich eingeschränkt werden. Deshalb sind diffusionsoffene, kapillaraktive Systeme, die auch zur Regulierung des Innenraumklimas beitragen, denen mit Dampfsperre vorzuziehen.

Bei der kapillaraktiven Innendämmung diffundiert Wasserdampf aufgrund der bestehenden Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenseite der Wand in die Konstruktion. An der Stelle, wo der Taupunkt erreicht wird, kommt es zum Kondensat. Dieses sammelt sich folgend im Porenraum des Dämmstoffes. Aufgrund der nach innen gerichteten Kapillarkräfte und der Eigenschaft, Wasser in seinen Poren zu transportieren, leitet der Dämmstoff das Kondenswasser zurück an die Oberfläche, von wo aus es dann in den Raum zurück verdunsten kann.

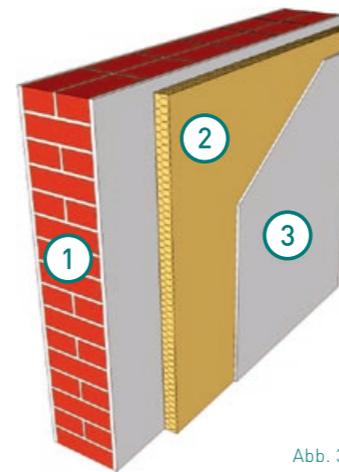


Abb. 30  
Innendämmung  
(diffusionsoffen, kapillaraktiv)  
(1 = Mauerwerk, 2 = Dämmplatte,  
3 = Innenputz/Spachtel)

### Vorteile

→ Innendämmung ist die Alternative zur Außendämmung speziell für historische und denkmalgeschützte Gebäude, da die Fassaden (zum Teil mit ihren charakteristischen Schmuckelementen) erhalten bleiben. Gerade bei solchen Gebäuden ist eine Außendämmung aus gestalterischen oder baurechtlichen Gründen oftmals nicht möglich.

- Bei Häusern mit mehreren Eigentümern, wie z.B. bei Doppel- oder Reihenhäusern, kann eine Dämmmaßnahme unabhängig von der Entscheidung der Nachbarn erfolgen.
- Bei Grenzbebauungen und bei eng stehenden Gebäuden ist Innendämmung oft die einzige Möglichkeit.
- Die Innendämmung ist relativ kostengünstig. Kosten für die Einrüstung, Veränderungen im Dachüberstand usw. entfallen.
- Eine raumweise energetische Sanierung ist möglich, aber auch eine Dämmung nur einzelner Wände oder Wandabschnitte, wie z.B. Heizkörpernischen, Fensterleibungen, Außenwand hinter Möbelstücken usw., ist machbar.
- Mit einer Innendämmung wird eine schnellere Aufheizung des Raumes wegen der nun geringeren Speichermasse erreicht.
- Das spart Energie bei häufigen Aufheizvorgängen. Selten genutzte Räume sind schneller und auch preiswerter aufzuheizen, als bei der Verwendung einer Außendämmung.
- Arbeiten an der Innendämmung sind witterungsunabhängig. Sie können zu jeder Jahreszeit durchgeführt werden.

*Speziell für diffusionsoffene kapillaraktive Innendämmsysteme sind außerdem folgende Vorteile entscheidend:*

- Die diffusionsoffenen Eigenschaften einer kapillaraktiven Innendämmung ermöglichen durch den Erhalt des Trocknungspotentials eine längerfristige Trocknung bereits vorgeschädigter Bauteile.
- Die Feuchtespeicherfähigkeit einer diffusionsoffenen kapillaraktiven Innendämmung puffert Feuchtespitzen der Innenraumluft und trägt zur Regulierung des Innenklimas bei.

- Die Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle und großflächige Verteilung der Feuchte in der Dämmung und damit für eine Vermeidung hoher lokaler Feuchtespitzen während der Winterperiode. Dadurch wird die Trocknung beschleunigt und die Dämmwirkung verbessert.

### Nachteile

- Eine Innendämmung ist im Gegensatz zur Außendämmung anspruchsvoller in der Konstruktion und Ausführung. Besonders die Anschlussdetails bedürfen sorgfältiger Planung.
- Die potenzielle Kondensationsebene befindet sich zwischen Dämmung und Bestandswand.
- Die nutzbare Raumfläche verringert sich.
- Bei größeren Dämmstoffstärken kann die Maßnahme wegen des steigenden Einflusses der Wärmebrücken unwirtschaftlich werden.
- Bei der Ausführung der Innendämmung ist eine wärmebrückenarme und lückenlose Montage sehr wichtig. An keiner Stelle darf der Dämmstoff durch Raumluft hinterströmt werden.
- In oder unmittelbar auf der Wand verlegte wasserführende Rohrleitungen müssen in den warmen Bereich, also vor die Dämmung verlegt werden.
- Die thermische Abkopplung der Außenhülle vom Innenraumklima bewirkt eine Erhöhung der thermischen Belastung der Wand. Die Außenwandkonstruktion liegt im kalten, ungedämmten Bereich.
- Die Innenwände und Decken wirken als Wärmebrücke. Hier sollten deshalb Dämmkeile ca. 30-50 cm in den Innenraum hineingeführt werden.

- Fensterleibungen sind kritische Wärmebrücken. Sie sollten so gut wie möglich mitgedämmt werden.

Dämmtapeten sind als Innendämmmaßnahme ungeeignet. Sie haben kaum eine Wirkung, da sie als Wärmeschutz zu dünn sind. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist eher ungünstig. Außerdem sind die Stöße und Anschlüsse schimmelgefährdet. Keinesfalls sollte versucht werden, bereits bestehende Feuchteprobleme mit einer Dämmtapete zu lösen.

### Kerndämmung

Als Kerndämmung wird die Dämmung zwischen zwei Mauerwerkswänden (Vor- und Hintermauerschale) ohne Luftspalt bezeichnet.

Die verwendeten Dämmstoffe müssen dauerhaft wasserabweisend sein, damit die Restbaufeuchte im Laufe der Zeit nicht zu Schimmelbildung führen kann.

Verwendet werden beispielsweise Materialien wie Polyurethan-Hartschaumstoff, Stein- bzw. Mineralwolle, expandierter oder extrudierter Polystyrol-Hartschaum sowie Schüttgut. Für die Kerndämmung beim Neubau können auch Plattendämmstoffe eingesetzt werden.

Die nachträgliche Kerndämmung im Bestand und an schwer zugänglichen Stellen ist mit Einblasdämmstoffen oder Ortschaum möglich. Zuvor muss jedoch überprüft werden, ob die Bestandskonstruktion in Ordnung ist. Eventuell vorhandene Leckagen müssen vorher abgedichtet werden. Ist eine Kerndämmung möglich, wird ein geeigneter Dämmstoff durch die in die Außenschale gebohrten Löcher in den Hohlraum eingebracht. Das Dämmmaterial wird so verdichtet, dass die Hohlschicht lückenlos und setzungssicher ausgefüllt ist.

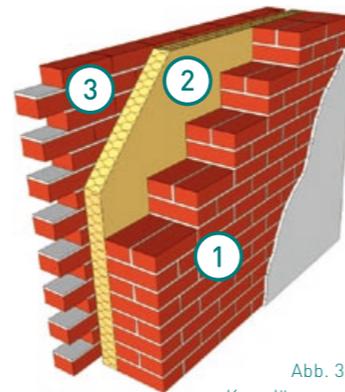


Abb. 31  
Kerndämmung  
(1 = Hintermauerschale, 2 = Wärmedämmung, 3 = Vormauerschale)

### Vorteile

- Es entsteht kein Verlust von Wohnraum.
- Mit der Kerndämmung steht ein preisgünstiges System zur Verfügung.
- Die Tragschale ist von der Wetterschutzschale getrennt.
- Eine gute Dämmwirkung wird erzielt.
- Die Bestandsfassade bleibt erhalten.
- Die Ausführung der Arbeiten beeinträchtigt die Bewohner kaum.

### Nachteile

- Die Fassade muss angebohrt werden. Sie wird nach Dämmstoffeinbringung wieder geschlossen.
- Beim Verfüllen mit Dämmmaterial wird das Austrocknen der äußeren Mauerwerksschale bei Schlagregen verschlechtert. Daher dürfen nur hydrophobierte Dämmstoffe verwendet werden, die auch bei Feuchte ihre Dämmeigenschaften nicht verlieren.
- Es besteht ein erhöhtes Kondensationsrisiko in vorher belüfteten Hohlräumen durch Diffusion, Konvektion und kapillarem Saugen, die nach der Verfüllung nicht mehr belüftet werden.
- Eine Kontrolle des hohlraumfreien Einbringens des Dämmstoffes ist schwierig.
- Wärmebrücken, z.B. an Fenster- und Türleibungen sowie bei Heizkörpernischen und Rolladenkästen lassen sich mit einer Kerndämmung nicht beheben.

- Überstehende Mörtelreste im Hohlraum, die nicht entfernt werden oder durchgehende Bindersteine sowie Verankerungen erhöhen die Gefahr der Wärmebrücken.
- Es steht nur eine begrenzte Dämmschichtdicke zur Verfügung. Daher ist evtl. eine zusätzliche Außen- oder Innendämmung erforderlich.

### Erdreichberührte Flächen

Die Nutzung erdberührter Gebäudebereiche bekommt einen immer höheren Stellenwert. So werden Kellerräume zunehmend als hochwertig nutz- oder bewohnbare Räume gebaut bzw. nachträglich nutzbar gemacht. Die Wärmedämmung von erdberührten Wand- und Bodenbereichen an der Außenseite von Bauwerken wird als Perimeterdämmung bezeichnet.



Abb. 32  
Nachträgliches Einbringen einer Perimeterdämmung

Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung hat die Dämmung erdreichberührter Flächen weiter an Bedeutung gewonnen, da bei ungedämmten Kellerwänden und -böden ein erheblicher Teil der Heizenergie über diese Flächen entweichen kann. Für ein angenehmes Raumklima und zur Reduzierung des Energieverbrauches ist die Dämmung erdberührter Bereiche somit unverzichtbar. Auch für Kellerräume, die nicht bewohnt sind, ist eine Perimeterdämmung zur Vermeidung von Wärmebrücken empfehlenswert.

Da diese Dämmung wasser- und druckbeständig sein muss, werden geschlossenzellige, druckfeste Schaumstoffmaterialien, z. B. extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten oder Schaumglasplatten verwendet. Das Dämmmaterial wird dann außerhalb der wasserundurchlässigen Schicht (Bitumenanstrich oder Kunststoff-Folie) angebracht. Um bei Setzungen in der Baugrube Verschiebung der Platten gegeneinander zu vermeiden, werden diese vollflächig verklebt. Neben den bereits genannten Dämmstoffen kommen zunehmend auch Recycling-Materialien, wie Glasschaum-Granulat und Glasschaumplatten, zur Anwendung.

**Dächer**

Ist die obere Geschossdecke ungedämmt bzw. soll zusätzlicher Wohnraum im Dachgeschoss geschaffen werden, stellt sich die Frage, wie die Dachdämmung erfolgen soll. Neben den Möglichkeiten, eine Zwischen- oder Untersparrendämmung anzubringen, ist es seit einigen Jahren auch möglich, das Dach oberhalb der Dachsparren zu dämmen.

Grundsätzlich sind Dämmungen nur dann wirksam, wenn die Dachhaut in einwandfreiem Zustand ist. Anderenfalls würden Niederschläge die Dämmschicht in kürzester Zeit durchfeuchten, so dass ihre Dämmwirkung verloren geht. Wichtig ist auch, dass die Anschlüsse der Dampfbremse an die Dachkonstruktion absolut wind- und luftdicht ausgeführt werden.

**Aufsparrendämmung**

Die Aufsparrendämmung ist die Wärmedämmung von Steildächern oberhalb der Sparren. Dabei werden die Dämmplatten von außen auf den Dachsparren aufgebracht. Diese Art der Dämmung bietet sich hauptsächlich dann an, wenn eine Dachsanierung mit Neueindeckung des Dachstuhls geplant ist bzw. beim Neubau. Eine Aufsparrendämmung wird häufig mit Polystyrol-Verbundplatten, Polyurethan-Platten oder Mineralwolle-Platten durchgeführt. Aber auch natürliche Dämmstoffe wie druckfeste Holzfasern sind für die Aufsparrendämmung einsetzbar.

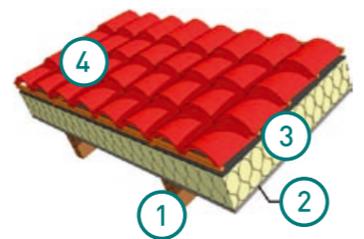


Abb. 33 Aufsparrendämmung (1 = Sparren, 2 = Verkleidung, 3 = Wärmedämmung, 4 = Außenhaut)

**Vorteile**

- Durch die vollflächige Verlegung entfallen die Wärmebrücken im Bereich der Sparren.
- Gebälk und Holzschalungen bleiben raumseitig sichtbar, neben dem optischen Eindruck ergibt sich auch ein räumlicher Gewinn. Der Platz zwischen den Sparrenfeldern kann für die Raumhöhe mit genutzt werden.
- Die Sparrenhöhe muss nur nach statischen Erfordernissen bemessen sein, da sie nicht als Dämmebene genutzt wird.
- Die Verlegung erfolgt von außen, wodurch im Gebäude bei Sanierungsmaßnahmen nur eine geringe Beeinträchtigung durch Bauschutt und -staub entsteht.

**Nachteile**

- Die Aufsparrendämmung ist relativ kostenaufwendig und bei Altbauten nicht in jedem Fall wirtschaftlich. Zusätzlich zu den Material- und Arbeitskosten muss das Gebäude eingerüstet werden, die Dacheindeckung entfernt und die Dachentwässerung angepasst werden.
- Bei denkmalgeschützter Bausubstanz ist eine Außendämmung mit den resultierenden Veränderungen oft nicht möglich.
- Da die Arbeiten von außen am Dach erfolgen, sind sie witterungsabhängig.
- Bei Häusern mit mehreren Eigentümern (z.B. Doppel- oder Reihenhäuser) muss eine Abstimmung mit den Nachbarn erfolgen.

**Zwischensparrendämmung**

Eine weitere Form der Dachdämmung im geneigten Dach ist die Zwischensparrendämmung. Dabei wird die Wärmedämmung zwischen den Sparren eingebaut. Geeignet sind Dämmstoffe, die eingeblasen werden können bzw. sich leicht zuschneiden lassen, wie z.B. Zellulose, Mineralfaserbahnen, Baumwoll-, Flachs- oder Hanfbahnen.

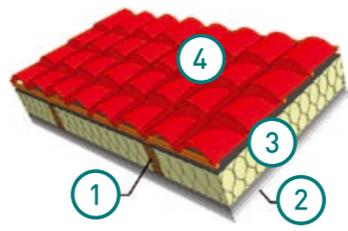


Abb. 34 Zwischensparrendämmung (1 = Sparren, 2 = Verkleidung, 3 = Wärmedämmung, 4 = Außenhaut)

Bei regelmäßigen Sparrenabständen empfiehlt sich die Verlegung von Bahnenware, wobei die Bahnen auf Länge geschnitten und dann

zwischen die Dachsparren geklemmt werden. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass auch kleine Zwischenräume verfüllt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden.

Wenn die Dachsparren unregelmäßig verlegt wurden oder nicht ganz gerade verlaufen, ist Bahnenware eher ungeeignet. Eine Einblasdämmung oder der Einsatz von Dämmkeilen ist in diesem Fall empfehlenswert, da sich diese flexibel an den Sparrenabstand anpassen können.

Oft weisen die Sparren vorhandener Gebäude nur eine Höhe von 10 bis 14 cm auf. Dies ist für eine Zwischensparrendämmung nach heutigen Anforderungen nicht ausreichend. In solchen Fällen können zur Erhöhung Kanthölzer unter den Sparren angebracht werden, um mehr Tiefe zum Dämmen zu erhalten. Günstig und meist problemlos herzustellen sind Aufdopplungen ab 6 cm.

**Vorteile**

- Die Zwischensparrendämmung bietet eine Möglichkeit, das auszubauende Dach wärmetechnisch den neuesten Anforderungen anzupassen, ohne dass von außen an der Dachdeckung gearbeitet werden muss.
- Sie ist die am einfachsten umsetzbare und meist kostengünstigste Dämmvariante.
- Da die Arbeiten von innen erfolgen, sind sie witterungsunabhängig und können zu jeder Jahreszeit erfolgen.
- Bei Häusern mit mehreren Eigentümern (z.B. Doppel- oder Reihenhäuser) kann eine Dämmmaßnahme unabhängig von der Entscheidung der Nachbarn erfolgen.
- Eine raumweise energetische Sanierung ist möglich.

## Nachteile

- Im Bereich der Sparren können schnell Wärmebrücken entstehen, da durch Schwinden und Quellen sich Fugen zwischen Sparren und Dämmung bilden können.
- Es besteht leicht die Gefahr der mangelhaften Ausführung der Anschlüsse.
- Die Sparrenhöhe muss so bemessen sein, dass genug konstruktive Höhe für die Dämmebene gegeben ist, ansonsten entstehen zusätzliche Kosten für die Aufdopplung und ein Verlust an Wohnfläche.
- Die raumseitige Innenverkleidung muss entfernt werden.
- Die Verlegung erfolgt von innen, wodurch bei nachträglichem Einbau eine Beeinträchtigung durch Baumaterial und -staub im Gebäude entsteht.
- Einbindende Innenwände müssen mitgedämmt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden.

## Untersparrendämmung

Ist der Dachboden bereits ausgebaut und bewohnt, stellt sich die Frage, wie ohne großen Aufwand eine zusätzliche Dachdämmung angebracht werden kann. Hier empfiehlt sich die Untersparrendämmung als Lösung. Dabei handelt es sich um eine Form der Innendämmung, die mit der Zwischensparrendämmung kombiniert werden kann.

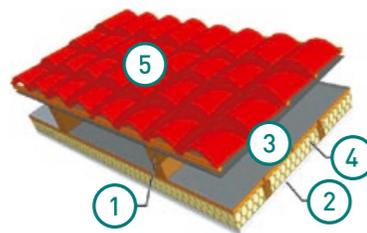


Abb. 35  
Untersparrendämmung  
(1 = Sparren, 2 = Verkleidung,  
3 = Sparrenzwischenraum,  
4 = Untersparrendämmung,  
5 = Außenhaut)

Beim Einbau der Dämmung wird auf der Unterseite der Dachsparren raumseits der Dampfsperre bzw. bei Dachmodernisierungen auf die schon bestehende Verkleidung eine zusätzliche Lattung angebracht, zwischen der dann die Dämmmatten geklemmt werden. Die bestehenden Sparren erhalten so eine Überdeckung mit einer vergleichsweise dünnen Dämmschicht. Anschließend kann der Aufbau je nach Wunsch mit Gipskartonplatten beplankt bzw. mit Profilhölzern verkleidet werden.

## Vorteile

- Untersparrendämmung bietet zusätzlich zur Zwischensparrendämmung die Möglichkeit, ein auszubauendes Dach wärmetechnisch den neuesten Anforderungen anzupassen, ohne dass von außen an der Dachdeckung gearbeitet werden muss.
- Der Wärmebrückeneffekt der Holzsparren verringert sich, weil die Lattung zur Aufnahme der Innenbekleidung quer zum Sparren verläuft und der entstehende Raum mit einer weiteren Dämmschicht gefüllt wird.
- Diese Zusatzdämmmaßnahme ist kostengünstig und einfach umsetzbar.
- Die Dämmebene kann auch als Installationsebene genutzt werden.
- Da die Arbeiten von innen vorgenommen werden, sind sie witterungsunabhängig und können zu jeder Jahreszeit erfolgen.
- Bei Häusern mit mehreren Eigentümern (z.B. Doppel- oder Reihenhäuser) kann eine Dämmmaßnahme unabhängig von der Entscheidung der Nachbarn erfolgen.
- Die raumseitige Innenverkleidung kann je nach Fall erhalten bleiben.
- Eine raumweise energetische Sanierung ist möglich.

## Nachteile

- Die nutzbare Wohnfläche wird durch diese Art der Innendämmung etwas verkleinert.
- Zusätzlicher Aufwand entsteht bei der Ausführung der Anschlüsse, z.B. bei der Anpassung der Fensterleibungen.
- Als alleinige Dämmmaßnahme des Daches ist eine Untersparrendämmung häufig nicht ausreichend. Sie erfolgt daher meist in Kombination mit der Zwischensparrendämmung.
- Die Verlegung erfolgt von innen, wodurch bei nachträglichem Einbau eine Beeinträchtigung durch Bauschutt und -staub im Gebäude entsteht.

## Decken

Zwischen beheizten Räumen ist eine Dämmung als Wärmeschutzmaßnahme nicht erforderlich. Sie dient in diesem Bereich vorrangig als schallschutztechnische Maßnahme. Eine effektive Dämmung gegen Luftschallübertragung wird durch massereiche schwere Baustoffe oder einen mehrschaligen Aufbau erreicht. Körperschallübertragung wird durch Entkopplung flankierender Bauteile vermieden (z.B. elastische Fugendichtungen).

Eine Deckendämmung, als thermische Trennung zwischen beheizten und unbeheizten Geschossen, wird vorrangig an Kellerdecken, Balkonen und obersten Geschossdecken, die an nicht ausgebauten Dachraum grenzen, angebracht. Deckendämmungen werden aus verschiedenen Materialien angeboten, zum Teil in mehrschichtiger Verarbeitung. Zum Einsatz kommen unter anderem Holzfaser-, Styropor-, Steinwolle- oder Hartschaum-Platten sowie Zellulose-Einblasdämmung, aber auch verschiedene andere Dämmstoffe.

Als prinzipielle Lösungen können Aufdecken-, Zwischendecken- und Unterdeckendämmung vorgenommen werden. Die Wärmedämmung

der obersten Geschossdecke ist immer dann erforderlich, wenn der darüber befindliche Dachraum nicht beheizt wird. Eine Dämmung der Dachschrägen ist in einem solchen Fall nicht notwendig.

## Aufdeckendämmung

Bei dieser Form der Dämmung befindet sich die Dämmebene oberhalb der Geschossdecke (Rohbaudecke). Hierbei bedingt die angestrebte Nutzung der Decke den Aufbau der Konstruktion. Bei begehbaren Decken muss eine trittfeste Oberfläche geschaffen werden. Dies erfordert den Einsatz einer trittfesten Dämmung oder einer Unterkonstruktion, welche den Fußbodenaufbau trägt.

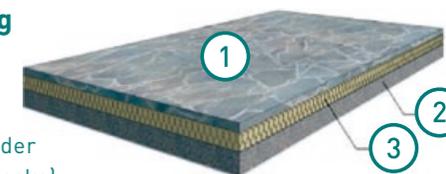


Abb. 36  
Aufdeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Rohbaudecke,  
3 = Wärmedämmung)

## Vorteile

- Die Maßnahme ist im Rahmen einer Sanierung einfach umsetzbar, da die Deckenoberseite in der Regel ohne Probleme zugänglich ist.
- Es handelt sich um eine sehr kostengünstige Dämmvariante.
- Bei genauer Ausführung ist diese Art der Konstruktion sehr wärmebrückenarm, weil die Deckenebene komplett überdämmt werden kann.

## Nachteile

- Bedingt durch die Höhe der Konstruktion ergibt sich ein Verlust von Raumvolumen im oben befindlichen Geschoss.
- Im Bereich von Türen sind Höhenanpassungen vorzunehmen.

### Zwischendeckendämmung

Bei der Zwischendeckendämmung befindet sich die Dämmebene innerhalb des Deckenaufbaus. Daher kann diese Art der Dämmung nur bei Hohldecken ausgeführt werden. Im Falle einer Sanierung wird hierbei die vorhandene Füllung der Hohlräume durch moderne und effizientere Dämmstoffe ersetzt. Zum Einsatz kommen in der Regel Schütt- und Einblasdämmungen (z.B. Perlite oder Faserflocken).



Abb. 38  
Einbau einer Schüttung als Zwischendeckendämmung



Abb. 37  
Zwischendeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Wärmedämmung, 3 = Deckenverkleidung, 4 = Deckenbalken)

#### Vorteil

- Die Konstruktionshöhe der Decke verändert sich nicht und somit besteht keine Einschränkung in der nutzbaren Raumhöhe

#### Nachteile

- Im Bereich der Deckenbalken besteht bei unsachgemäßer Ausführung die Gefahr der Entstehung von Wärmebrücken.
- Durch Entfernen der ursprünglich in der Decke vorhandenen schweren Schüttung und Ersetzen durch leichte Dämmstoffe fehlt wirksame Speichermasse. Der Schallschutz zwischen den Geschossen wird ungünstiger und muss durch einen mehrschaligen Aufbau kompensiert werden. Bei einer Holzbalkendecke kann dazu eine Unterdecke an Federschienens und die schwimmende Verlegung des Fußbodens vorgesehen werden.
- Durch die Öffnung der Decke und das Entfernen der vorhandenen Schüttung fällt viel Bauschutt an.

### Unterdeckendämmung

Als Unterdeckendämmung wird eine Konstruktion bezeichnet, bei der die Dämmebene an der Unterseite der Decke angebracht ist. Die Dämmung kann hierbei durch nut- und federverlegte Wärmedämmplatten oder eine verfüllte Unterkonstruktion (z.B. aus Holz) realisiert werden. Eine Verkleidung mit Putz oder anderen Materialien ist möglich.



Abb. 40  
Unterdeckendämmung aus Mineralwolle

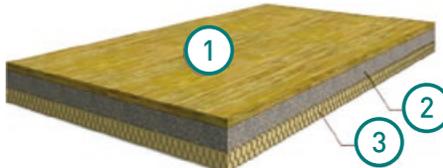


Abb. 39  
Unterdeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Rohbaudecke, 3 = Wärmedämmung)

#### Vorteile

- Es ist meist eine einfache Umsetzbarkeit gegeben, da die Deckenunterseite frei zugänglich ist.
- Anpassungen im Bereich von Türen sind in der Regel nicht notwendig.

#### Nachteile

- Die Raumhöhe im unteren Geschoss wird verringert.
- Es entstehen Wärmebrücken, da die Ebene der Unterdeckendämmung im Bereich von Deckenauflagern und Wänden unterbrochen wird.

### Charakterisierung des Gebäudebestands

Der überwiegende Anteil aller Wohneinheiten Deutschlands befindet sich in Gebäuden, die häufig nicht dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Die Hälfte des Bestands an Wohngebäuden wurde zwischen dem Kriegsende 1945 und der Einführung des Energieeinspargesetzes 1976 erbaut. In diesem Zeitraum wurden Außenwandkonstruktionen kaum wärmegeklämt, so dass der Energieverbrauch dieser Gebäudegruppe bei vergleichbarer Wohnqualität besonders hoch liegt. Bei heutigen Komfortansprüchen müssen deshalb je Quadratmeter Wohnfläche weit über 200 kWh/m<sup>2</sup> Endenergie pro Jahr für die Beheizung aufgewendet werden.



Abb. 41 Kennzeichnung Denkmal

### Anforderungen an Wohngebäude früher und heute

Tatsächlich sind die Ansprüche an die Gebäudeausstattung und an das Raumklima in den letzten Jahrzehnten durch die verfügbaren technischen Möglichkeiten stark gestiegen. Noch vor einhundert Jahren wurden Wohngebäude errichtet, deren Räume nur temporär mit Öfen beheizt waren. Die sanitäre Ausstattung umfasste nur einen Teil des derzeitigen Standards. Das durchschnittliche Temperaturniveau im Gebäude lag niedriger als heute. Manche Räume blieben auch im Winter fast vollständig unbeheizt und die Fenster waren bei weitem nicht so luftdicht.

Nach heutigen Standards errichtete Gebäude müssen sehr hohen Anforderungen gerecht werden. Neben raumklimatischen Vorgaben hinsichtlich der Luftqualität, der Behaglichkeit und der Flexibilität in der Nutzung, spielen auch die energetischen Forderungen der EnEV eine wichtige Rolle. Passivhaus und Plusenergiehaus unterschreiten diese Anforderungen deutlich und setzen heute Maßstäbe für die energetische Qualität von Gebäuden.

### Einsparpotenzial

Durch eine Sanierung bzw. Modernisierung unter Berücksichtigung der energetischen Belange, lässt sich meist mehr als die Hälfte der bisher benötigten konventionellen Energie einsparen. Abhängig vom Energiebedarf des jeweiligen Gebäudes im Ist-Zustand kann die Einsparung aber auch deutlich mehr betragen. Die Verbrauchswerte lassen sich teilweise von über 200 kWh/m<sup>2</sup>a auf 50-80 kWh/m<sup>2</sup>a mehr als halbieren. Es lohnt sich deshalb, bei Altbauten aller Art die Erschließung dieses großen Einsparpotenzials in Betracht zu ziehen.



Abb. 42 Fachwerkhaus

### Bauzustandsanalyse - Sollzustand definieren

Aufgrund unzureichender Voruntersuchungen entstehen in Deutschland jährlich vermeidbare Bauschäden in Höhe von etwa 140 Millionen Euro (lt. Bauschadensbericht 2008). Diese gewaltige Zahl verdeutlicht, dass es auch bei der Umsetzung kleinerer Sanierungsmaßnahmen unerlässlich ist, zunächst den zukünftigen Sollzustand des Gebäudes als Fernziel zu definieren und mit der Hilfe eines erfahrenen Planers ein umfassendes Sanierungskonzept auszuarbeiten. Dazu bedarf es einer professionellen Analyse des Baubestandes. Folgendes ist im Vorfeld zu klären:

- Gibt es Pläne, Unterlagen, Informationen zum Gebäude und konstruktiven Details?
- Sind Dokumentationen von Umbauten vorhanden?
- Welche Bauschäden bestehen und welche Ursachen haben diese herbeigeführt?
- Erfolgt eine Umnutzung des Gebäudes oder einzelner Gebäudebereiche?

Die Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen setzt ein abgestimmtes Gesamtkonzept voraus, in dem der Umfang und die zeitliche Einordnung der Einzelmaßnahmen, genau definiert werden. Dabei muss anhand der geplanten Nutzungen der Räume ermittelt werden, in welcher Weise die Ertüchtigung der Bausubstanz erfolgen muss, um Fehler bei der Sanierung zu vermeiden.

### Sanierung von Gebäuden unter Denkmalschutz

Ein nicht zu vernachlässigender Anteil der vorhandenen Bausubstanz steht unter Denkmalschutz. Sachsen ist das Bundesland mit der höchsten Dichte an Baudenkmalern im Bereich der innerstädtischen Wohnhäuser. Diese erhaltenswerten Gebäude bestimmen die urbane Umgebung und verleihen ihr einen unverwechselbaren Charakter. Wegen der meist hohen Energiekosten sind sie jedoch oft nur noch teilweise bewohnt. Dieser zunehmende Leerstand gefährdet die Gebäude. Die Bausubstanz nimmt Schaden. Ein ungepflegtes Erscheinungsbild trägt dazu bei, dass sich der Zustand gewachsener Stadtquartiere verschlechtert - der Verkehrswert der Immobilien geht zurück. Eine Sanierung insbesondere auch unter energetischen Gesichtspunkten ist daher außerordentlich wichtig und kann gefördert werden.



Abb. 43 Innendämmung der Fassade eines denkmalgeschützten Gebäudes

Für die Sanierung gilt: Baudenkmale unterscheiden sich hinsichtlich konstruktiv-technischer Fragen häufig kaum vom normalen Altbaubestand. Auch energetisch sind sie nicht grundlegend problematischer oder besser als andere Altbauten.

Aus volkswirtschaftlichen Interessen resultieren Überlegungen, Baudenkmale im Wohngebäudebestand zu klassifizieren und in Gruppen einzuteilen. So sollen gezielt solche Maßnahmen gefördert werden, bei denen die gesellschaftlichen Ziele - Einsparung von Energie und Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes - bestmöglich erreicht werden können. Damit kann auch ein positiver Anreiz zur Sanierung von Baudenkmalen verbunden werden, um Leerstand und Verfall entgegenzuwirken.

Baujahr		Anteil Wohnfläche (%)
Vor 1918	→	12
1919 - 1948	→	10
1949 - 1978	→	42
1979 - 1994	→	19
1995 - 2006	→	17
Summe		100

Tab. 5 Verteilung der bestehenden Wohnfläche auf Baualtersklassen

Auch viele nach 1976 erbaute Gebäude verbrauchen - gemessen an den heutigen Kriterien - relativ viel Energie. In Deutschland wird derzeit knapp 40 % der gesamten Endenergie im Gebäudebestand verbraucht, etwa 25 % allein für die Heizung und Warmwasser in privaten Haushalten.

### Allgemeines

Eine umfassende, langfristige und vorausschauende Planung erspart neben dem Ärger über unzureichende Teillösungen natürlich auch jede Menge Geld, da der Verbrauch an Heizenergie entsprechend reduziert wird. Allerdings entstehen auch Kosten, auf die im folgenden Abschnitt kurz eingegangen werden soll.

Beim Vergleich der Kosten für wärmedämmende Maßnahmen sollte neben den Materialpreisen auch der Montageaufwand betrachtet werden. Die folgende Übersicht zeigt, mit welchen Kosten Bauherren pro Quadratmeter ungefähr rechnen müssen.

Maßnahme	Kosten pro m <sup>2</sup>
Dämmung der Außenwände mit Dämmplatten	80 bis 180 EUR
Innendämmung	40 bis 150 EUR
Dämmung der obersten Geschossdecke	20 bis 40 EUR
Dämmung Gebäudedach	100 bis 120 EUR
Dämmung Keller	15 bis 40 EUR
Austausch der Fenster	150 bis 400 EUR
Austausch der Verglasung	100 bis 150 EUR

Tab. 6  
Überschlägliche Kosten für verschiedene Maßnahmen zur Wärmedämmung inklusive Montage

Eine häufig gestellte Frage ist die nach der Amortisationszeit verschiedener Maßnahmen zur Gebäudedämmung. Auf den ersten Blick könnte hier beispielsweise die Aussage getroffen werden, dass sich Maßnahmen zur Sanierung der Geschossdecken sehr rasch auszahlen. Gleichbleibende Energiepreise unterstellt - was in der Realität wohl kaum der Fall sein wird - ist davon auszugehen, dass die Kosten für die Dämmung der Decken (Keller und oberste Geschossdecke) bereits nach ca. 10 Jahren durch Einsparungen gedeckt werden. Andere Umbauten, wie etwa die Fassadendämmung und der Austausch aller Fenster, haben zwar ein größeres Einsparpotenzial, benötigen aber wegen der höheren Kosten auch einen längeren Zeitraum um sich zu amortisieren. Sämtliche Maßnahmen zur Dämmung von Gebäuden sollten stets als Gesamtkonzept geplant und umgesetzt werden. Dämmt man beispielsweise nur Teile der Gebäudehülle, können unter Umständen Wärmebrücken neu entstehen, so dass in der Folge Bauschäden eintreten. Es ist also ratsam, auch bei „kleineren“ Umbauten, die in Eigenleistung erbracht werden, einen Fachmann zu konsultieren, ob und welche zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz der Bausubstanz notwendig sind.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 7) sind ausgewählte Dämmstoffe aufgelistet. Neben den  $\lambda$ -Werten und den Brandschutzklassen sind Materialpreise (Preis pro Quadratmeter zum Erreichen eines U-Wertes von 0,2) ausgewiesen. Zu beachten ist, dass zu Materialpreisen die Kosten für die Verarbeitung kommen, die je nach ausführendem Unternehmen stark voneinander abweichen können. Deshalb sollten Angebote verschiedener Bauunternehmen eingeholt werden. Hilfreich ist hierbei auch der Rat eines unabhängigen Gutachters.

Die Darstellung der Kennwerte erfolgt hier nur auf der Basis der einzelnen Dämmstoffe. Verschiedene Hersteller bieten Dämmbauteile an, die zwei oder mehrere Dämmstoffarten miteinander kombinieren. Für diese Bauteile, in der Regel Dämmplatten, errechnet sich anhand der verschiedenen Dämmstoffe und deren Schichtdicken ein eigener U-Wert. Die Preise für solche Verbundplatten müssen beim jeweiligen Anbieter erfragt werden.

Bezeichnung	Art <sup>4)</sup>	$\lambda$ [W / mK]		Brand-schutzklasse	Kosten [EUR/ m <sup>2</sup> ] bei U-Wert = 0,2	
		von	bis		Preis / m <sup>2</sup> (MIN)	Preis / m <sup>2</sup> (MAX)
Baumwolle	M <sup>2)</sup>	0,04	-	B2	-	-
Blähglimmer/Vermiculite	S	0,065	0,07	A1	32,50	63,00
Blähton	S	0,13	0,25	A1	-	-
Ceralith	S	0,047	-	B2	21,15	21,15
Flachs	M	0,04	-	B2	-	25,00
Glasfasern, Glaswolle	P / M	0,035	0,04	A1, A2,B1 <sup>1)</sup>	8,75	14,00
Hanf (Fasern)	P / M	0,045	-	B2	25,00	25,00
Hanf (Schüttung)	S	0,06	-	B2	-	-
Holzfaserdämmplatten	P	0,04	0,06	B2	-	-
Holzfasern	S	0,045	-	B2	-	-
Holspäne	S	0,05	-	B2	5,00	6,25
Holzwolleleichtbauplatten	P	0,09	0,15	B1	99,00	202,50
Hyperlite	S	0,045	-	A1	-	-
Kokos	M	0,045	0,05	B2	56,25	75,00
Mineralfaser (Steinwolle)	P / M	0,035	0,05	A1, A2,B1 <sup>1)</sup>	7,88	15,00
Kork	P / S	0,045	0,055	B2	38,25	68,75
Kalzium-Silikat-Platten	P	0,06	0,07	A2, A1	25,00	29,17
Mineralschaum	P	0,045	-	A2, A1	-	-
Perlite	S	0,046	0,05	A1	23,00	50,00
PE-Schaum	-	-	-	-	-	-
Polystyrol-Extruderschaum	P	0,035	0,04	B1	35,00	60,00
Polystyrol-Partikelschaum	P	0,035	0,04	B2, B1	10,50	20,00
Polyurethan-Hartschaum	P	0,025	0,04	B1	20,00	32,00
Polyurethan-Ortschaum	F	0,03	-	B1	-	-
Schilfmatten	P / M	0,055	0,07	B2	68,75	87,50
Schaumglas	P	0,04	0,06	A1	80,00	120,00
Schaumglas-Schotter	P	0,04	0,06	A1	80,00	120,00
Schafwolle	M	0,04	-	B2	40,00	72,00
Strohmatte	M	0,09	0,13	B2	-	-
Zelluloseflocken	S	0,04	0,045	B2	22,00	24,75
Zellulosedämmplatten	P	0,04	0,045	B2	28,00	31,50

Tab. 7  
Übersicht Dämmmaterialien (Preisspiegel)

<sup>1)</sup> bei aufkaschierten Materialien (Papier etc.)  
<sup>2)</sup> auch als Einblasdämmstoff

<sup>3)</sup> teilweise mit Thermohaut und hinterlüfteter Fassade  
<sup>4)</sup> M = Dämmmatte, P = Dämmplatte, S = Schüttung, F = Ortschaum

Moderne Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) sind komplex und aufeinander abgestimmt. Sie beinhalten neben der eigentlichen Wärmedämmung den passenden Unterputz, den Außenputz und ggf. weitere Schichten. Für den Einsatz eines einfachen WDVS müssen ca. 60,00 bis 80,00 EUR/m<sup>2</sup> kalkuliert werden. Höherwertige Systeme, die sich natürlich auch durch eine bessere Dauerhaftigkeit auszeichnen und weniger anfällig gegen Algenbildung auf der Fassadenaußenseite sind, können mit 120,00 EUR/m<sup>2</sup> deutlich teurer sein. Es ist zu empfehlen auf ein solches System zurückzugreifen, um eine langlebige und gut funktionierende Gebäudehülle zu erhalten.

Ein wichtiges Kriterium bei der Systementscheidung ist der Vergleich der Nutzungsdauer des Bauwerks mit der Lebensdauer der Dämmung oder des Dämmsystems. Mit Blick auf die Gesamtbilanz sollte die Dämmung deutlich über den Amortisationszeitraum hinaus funktionstüchtig sein - anderenfalls wäre es sowohl wirtschaftlich als auch aus ökologischen Überlegungen heraus nicht sinnvoll.

### Kosten bei Neubau oder Sanierung

Ob ein Gebäude komplett neu errichtet oder ein Bestandsgebäude saniert werden soll, spielt im Bezug auf die Kosten für die Wärmedämmung nur eine untergeordnete Rolle. - In der Regel fallen ähnliche Kosten an. Der zu erreichende Standard für den Wärmeschutz wird durch Anforderungen für Neubauten in der Energieeinsparverordnung definiert. Für die Erfüllung der eingeschränkten Forderungen bei Sanierung bestehender Gebäude ist jedoch aufgrund der älteren Konstruktion in der Regel der gleiche Aufwand zur Dämmung erforderlich.

Bei der Entscheidung, ob ein bestehendes Gebäude saniert oder einen Neubau errichtet werden soll, spielen auch individuelle Anforderungen und Vorlieben eine Rolle, die monetär nur schwer zu bewerten sind. Ein Neubau wird natürlich nach dem aktuellen Stand der Technik entworfen und gebaut. Hier kann ein optimaler Wärmeschutz und somit ein minimaler Energiebedarf erzielt werden - „für die nächsten Jahre ist erst einmal Ruhe“. Doch die Sanierung eines Gebäudes im Bestand hat auch ihre Reize: Das Gebäude trägt oft einen sehr eigenen Charakter. Es befindet sich in einer über lange Zeit gewachsenen urbanen Umgebung. Jeder potenzielle Bauherr muss selbst entscheiden, welche Prämissen er setzt.

### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  beschreibt wie viel Wärme pro Zeiteinheit von der warmen zur kalten Seite über eine Länge von einem Meter durch einen Quadratmeter fließt, wenn der Temperaturunterschied 1 Kelvin beträgt (in der Physik werden Temperaturunterschiede nicht in °C sondern in Kelvin ausgedrückt). Sie hängt im Wesentlichen vom Porenvolumen, vom Gefügebau, der Rohdichte, der Temperatur und der Feuchtigkeit eines Stoffes ab.

### Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG)

Wärmeleitfähigkeitsgruppen wurden zur besseren Klassifizierung von Dämmstoffen anhand ihrer Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  eingeführt. Die Einteilung erfolgt in 5er-Schritten. So gehören beispielsweise alle Dämmstoffe mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,02 < \lambda \leq 0,025$  zur Wärmeleitfähigkeitsgruppe 025.

### Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Der Wärmedurchgangskoeffizient (auch U-Wert genannt) beschreibt den Wärmestromdurchgang durch die gesamte Wandkonstruktion, wenn sich die Temperatur auf der Innenseite um 1 Grad Kelvin von der auf der Außenseite unterscheidet. Er hängt im Wesentlichen von der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  und der Dicke des Stoffes ab. Je kleiner der U-Wert eines Stoffes ist, umso höher ist die Dämmwirkung.

### Spezifische Wärmekapazität c

Die spezifische Wärmekapazität c beschreibt, welche Energiemenge pro Kilogramm Masse und pro Kelvin Temperaturänderung durch einen Stoff aufgenommen werden kann. Gemessen wird sie in kJ/kgK.

### Wärmedurchgangswiderstand R

Der Wärmedurchgangswiderstand R ist der Kehrwert des Wärmedurchgangskoeffizienten. Ähnlich wie bei einem elektrischen Widerstand gilt: je größer der Widerstand umso geringer ist der Strom (hier also Wärmestrom) der durch das Bauteil fließen kann. Das bedeutet: Je größer der Wärmedurchgangswiderstand ist, umso weniger Wärme geht verloren.

### Wärmespeicherfähigkeit $\rho * c$

Die Wärmespeicherfähigkeit eines Bauteils entspricht dem Produkt aus der spezifischen Wärmekapazität c und der Einbaudichte des Stoffes  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]. Von großer Bedeutung ist diese Kennzahl für den sommerlichen Wärmeschutz. Je größer die Wärmekapazität und die Masse eines Bauteils sind, umso länger benötigt es um sich aufzuheizen. - Der Raum bleibt länger kühl.

### Dampfdiffusion

Die Dampfdiffusion ist der Ausgleich unterschiedlicher Konzentrationen von Wasserdampf durch ein Material. Dieser erfolgt stets von der wärmeren zur kälteren Seite des Materials - bei einem Gebäude im Winter also von innen nach außen. Der Wasserdampfdiffusionswiderstand eines Materials ist um den Faktor  $\mu$  größer als der von ruhender Luft.

### Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl $\mu$

Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu$  ist eine der wichtigsten Stoffgrößen für das Verhalten von Dämmstoffen. Sie charakterisiert den Widerstand, den ein Baustoff der Dampfdiffusion entgegengesetzt.

## Ausgleichsfeuchte $w_{80}$ und Sättigungsfeuchtegehalt $w_{sat}$

Die Ausgleichsfeuchte  $w_{80}$  beschreibt den Feuchtegehalt eines Baustoffes bei einer relativen Luftfeuchte von 80 %. Sie wird auch als praktischer Feuchtegehalt bezeichnet. Der Wert  $w_{cap}$  beziffert den Wassergehalt bei freier Sättigung bzw. die Porosität, die dem Feuchte-transport zur Verfügung steht. Dieser Wassergehalt wird bei direktem Kontakt des Baustoffes mit flüssigem Wasser erreicht (kapillares Sauge-). Beide Kennwerte werden in der Einheit  $m^3/m^3$  dargestellt.

## Wasseraufnahmekoeffizient $A_w$

Der Wasseraufnahmekoeffizient  $A_w$  kennzeichnet die durch kapillare Kräfte bedingte flächenbezogene Wasseraufnahme des Baustoffes. Je nach Wasseraufnahmefähigkeit werden die Eigenschaften von Materialien wie folgt bezeichnet:

- wassersaugend mit  $A_w \geq 2,0 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
- wasserhemmend mit  $A_w \geq 0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
- wasserabweisend mit  $A_w \leq 0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$

Als Außendämmung werden Materialien mit einem sehr niedrigen  $A_w$ -Wert eingesetzt. Als Innendämmmaterial sollten Materialien mit einem hohen  $A_w$ -Wert verwendet werden.

## Konvektion

Bei der Konvektion wird Wärme von einem Ort zum anderen übertragen. Dies ist stets mit einem Stofftransport verbunden. Transportiert werden dabei Teilchen von Gasen oder Flüssigkeiten aufgrund von Temperaturunterschieden. Von baupraktischer Bedeutung sind Wärmetransportprozesse durch Luftkonvektion in Räumen und in Bauteilen (luftdurchströmte Wände und Dächer bei großen Temperaturunterschieden).

## Strömung

Im Gegensatz zur Konvektion ist die Ursache der Strömung ein Druckunterschied. Strömen können Flüssigkeiten und Gase. Durch Strömung wird ebenfalls Wärme von einem Ort zum anderen übertragen.

Dämmstoffe (1999): „Die Umweltberatung“ (Hrsg.), Wien, Bezug: bfub e.V.

Dämm- & Baustoffe (2001): Umwelt.de Medienservice AG (Hrsg.), InternetHomepage, [www.umwelt.de](http://www.umwelt.de)

Handbuch umweltfreundliche Beschaffung (1999) 4: Umweltbundesamt (Hrsg.), ISBN 3 8006 2437 0

DIN EN 13164:2001-10: Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) - Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13164:2001

DIN 18164-1:1992-08: Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung

DIN 18 164-2:2001-09: Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Trittschalldämmung; Polystyrol- Partikelschaumstoffe

EN 13165 (2001): Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) - Spezifikation

DIN 18 164 Teil 1 (August 1992): Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung

DIN 18 165 Teil 1: Faserdämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung

DIN 18 165 Teil 2: Faserdämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Trittschalldämmung

DIN EN 13170:2001-10: Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB)

DIN 18 161-1:1976-12: Korkerzeugnisse als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung

DIN 18 164-1:1992-08: Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung

DIN EN 13166:2001-10: Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharzartschaum (PF) - Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13166:2001

Tab. 5 Verteilung der bestehenden Wohnfläche auf Baualtersklassen (Quelle: [www.iwu.de](http://www.iwu.de) / 15.10.2009)

Tab. 6 Überschlägliche Kosten für verschiedene Maßnahmen zur Wärmedämmung inklusive Montage (Quelle: [www.energiesparen-im-haushalt.de](http://www.energiesparen-im-haushalt.de) / 15.09.2009)

Tab. 7 Übersicht Dämmaterialien (Preisspiegel) (Quelle: [www.heiz-tipp.de](http://www.heiz-tipp.de) / 30.09.2009)

Titelbild/Foto: © René Gäns (Quelle: SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT)

Foto Seite 9: © Michael Buddrus

## **Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH**

Pirnaische Straße 9

01069 Dresden

Tel: 03 51 - 49 10 31 52

Fax: 03 51 - 49 10 31 55

Email: [info@saena.de](mailto:info@saena.de)

[www.saena.de](http://www.saena.de)

### **Geschäftsführer:**

Christian Micksch und Harald Herter

## **Weitere Informationen unter:**

[www.bau-nachhaltig.de](http://www.bau-nachhaltig.de)

[www.keds-online.de](http://www.keds-online.de)

[www.gewerbeenergiepass.de](http://www.gewerbeenergiepass.de)

[www.stromspartakiade.de](http://www.stromspartakiade.de)

[www.sachsen.pendlernetz.de](http://www.sachsen.pendlernetz.de)

[www.energie-kino.de](http://www.energie-kino.de)

<http://passivhaus.saena.de>

<http://smartmeter.saena.de>

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH

### **Redaktion**

Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH

Technische Universität Dresden

Institut für Bauklimatik

### **Gestaltung/Layout**

Michael Buddrus  
grafik + illustration

### **Druck**

Druckerei Wagner  
Verlag und Werbung GmbH