

# GEBÄUEDÄMMUNG

BAUSTOFFE MIT POTENZIAL



**MACH MIT.  
BAU NACHHALTIG.**

Energieeffizientes Bauen in Sachsen

**saena**

Sächsische  
Energieagentur GmbH



## → Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>04</b>	<b>7</b>	<b>Besonderheiten von Bestandgebäuden</b>	<b>36</b>
			7.1	Charakterisierung des Gebäudebestands	36
<b>2</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen</b>	<b>05</b>	7.2	Anforderungen an Wohngebäude früher und heute	36
2.1	Mindestwärmeschutz	05	7.3	Einsparpotenzial	37
2.2	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	05	7.4	Bauzustandsanalyse – Sollzustand definieren	39
			7.5	Sanierung von Gebäuden unter Denkmalschutz	39
<b>3</b>	<b>Bauphysikalische Grundlagen</b>	<b>06</b>	<b>8</b>	<b>Kostenvergleich</b>	<b>40</b>
3.1	Winterlicher Wärmeschutz	06	8.1	Allgemeines	40
3.2	Sommerlicher Wärmeschutz	06	8.2	Kosten bei Neubau oder Sanierung	42
3.3	Baulicher Feuchteschutz	07	<b>9</b>	<b>U-Wert-Berechnung</b>	<b>43</b>
3.4	Klimabedingter Feuchteschutz	07	9.1	Berechnung der U-Werte von Bauteilen?	43
3.5	Brandschutz	09	9.2	Beispiel Außenwanddämmung	44
3.6	Schallschutz	09	9.3	Beispiel Dachdämmung	44
			<b>10</b>	<b>Glossar</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>Besondere Produkteigenschaften und ökologische Aspekte</b>	<b>10</b>		Absolute Luftfeuchtigkeit $\rho_w$ bzw. $\rho_d$	45
				Ausgleichsfeuchte $w_{80}$ und Sättigungsfeuchtegehalt $w_{sat}$	45
<b>5</b>	<b>Klassifizierung der Dämmstoffe</b>	<b>11</b>		Konvektion	45
5.1	Dämmstoffarten	11		Relative Luftfeuchtigkeit $\phi$	45
5.1.1	Anorganisch synthetische Dämmstoffe	12		Spezifische Wärmekapazität $c$	45
5.1.2	Anorganisch natürliche Dämmstoffe	13		Strömung	45
5.1.3	Organisch synthetische Dämmstoffe	14		Taupunkttemperatur $\tau$	45
5.1.4	Organisch natürliche Dämmstoffe	16		Wasseraufnahmekoeffizient $A_w$	45
5.1.5	Sonderdämmstoffe	18		Wasserdampfdiffusion	46
5.2	Materialeigenschaften	20		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	46
5.3	Handelsformen und Anwendungsgebiete	21		Wärmedurchgangswiderstand $R_T$	46
				Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	46
<b>6</b>	<b>Dämmsysteme</b>	<b>24</b>		Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)	46
6.1	Außenwände	24		Wärmespeicherfähigkeit $\rho \cdot c$	46
6.1.1	Außendämmung	24		<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>47</b>
6.1.2	Innendämmung	26			
6.1.3	Kerndämmung	28			
6.2	Erdreichberührte Flächen	29			
6.3	Dächer	30			
6.3.1	Aufsparrendämmung	30			
6.3.2	Zwischensparrendämmung	31			
6.3.3	Untersparrendämmung	32			
6.4	Decken	33			
6.4.1	Aufdeckendämmung	33			
6.4.2	Zwischendeckendämmung	34			
6.4.3	Unterdeckendämmung	35			

### Haftungsausschluss – Inhalt

Mit dieser Informationsbroschüre möchte die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH Bauherren, Eigentümer, Käufer, Neumietler, Energieberater, Handwerksbetriebe, Immobilienverwalter und Makler einen Überblick über die aktuellen und am häufigsten verwendeten Dämmstoffe geben.

Neben der Beschreibung der wesentlichen gesetzlichen und bauphysikalischen Grundlagen, der Erklärung von Eigenschaften und Besonderheiten von wärmedämmenden Baustoffen, wird auch auf konstruktive Lösungen und Kosten eingegangen.

Der Inhalt ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die SAENA keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Angaben und auf Vollständigkeit des Inhaltes.

Genauere Informationen zu den Eigenschaften eines Dämmstoffes und dessen Verarbeitung finden Sie in den Produktunterlagen des Herstellers oder in der bauaufsichtlichen Zulassung.

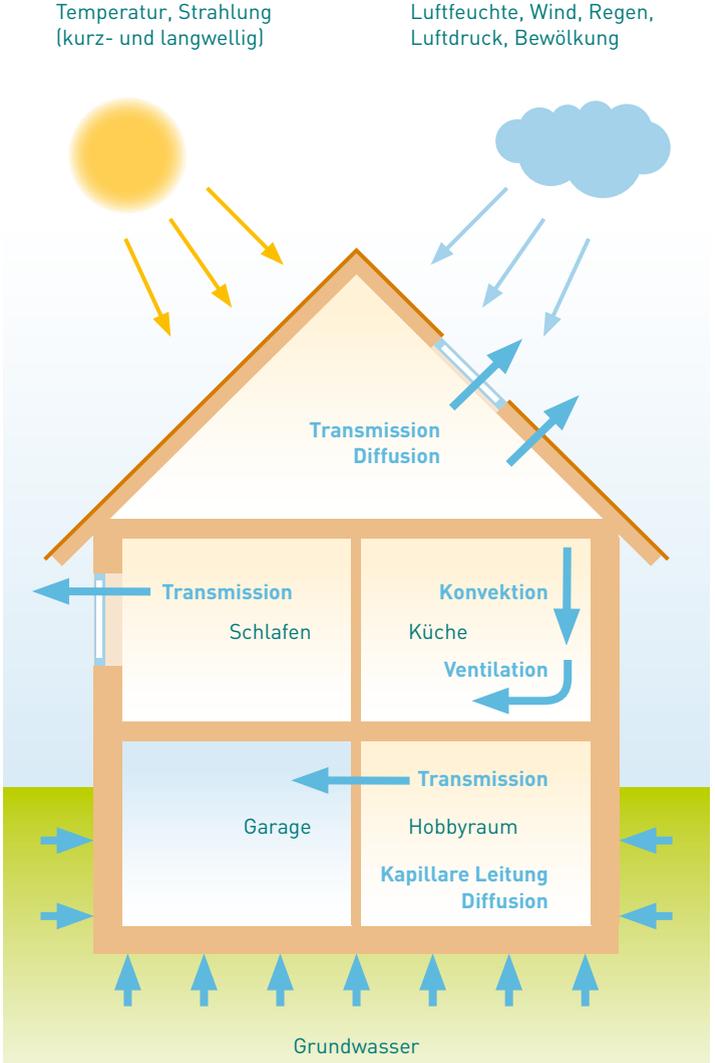
# → 1 Einleitung

Die Einsparung von Energie und die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen stehen im zentralen Interesse der heutigen Gesellschaft. In den Bereichen der Energiegewinnung und der Anlagentechnik wurden in den vergangenen 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, mechanischen 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 auch Investitionen in die Bausubstanz gegenüberstehen. Im Regelfall überwiegen die finanziellen Vorteile, sodass sich die Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen für den Bauherrn bei einer guten Planung üblicherweise innerhalb der Bauteillebensdauer 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, Veralgung, Korrosion, Fäulnis, Frostschäden oder Schimmelbildung geführt haben. Um solchen Problemen aus dem Weg zu gehen, ist es ratsam, im Vorfeld einer Baumaßnahme Informationen einzuholen und einen Fachmann zu Rate zu ziehen.

Der erforderliche Wärmeenergiebedarf von Gebäuden richtet sich nach der Höhe der Wärmeverluste und Wärmegewinne. Gerade bei Bestandsbauten geht ein großer Teil der eingesetzten Energie durch den Wärmetransport über die Außenbauteile von innen nach außen (Transmissionswärmeverluste) und über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (Lüftungswärmeverluste) verloren. Durch den Einsatz einer Wärmedämmung, den Austausch der Fenster und die Erneuerung bzw. Optimierung der Heizungsanlage kann der Heizwärmeverbrauch wesentlich reduziert werden.



# → 2 Gesetzliche Grundlagen

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

## 2.1 Mindestwärmeschutz

Bei der Errichtung bzw. Sanierung von Außenbauteilen muss zuerst immer der bauliche Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 betrachtet werden. Die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes, dient der Verringerung des Risikos der Schimmelbildung durch die Vermeidung von Oberflächenkondensat und soll ein für die Bewohner hygienisches Raumklima sicherstellen. Hierfür sind festgelegte maximale Wärmedurchlasswiderstände (R) von flächigen Bauteilen und eine Mindestinnenoberflächentemperatur von 12,6 °C im Bereich von Wärmebrücken (z.B. Außenwanddecke) einzuhalten.

Der bauliche Mindestwärmeschutz ist nicht zu verwechseln mit den Wärmeschutzvorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und ist auch stets bei allen baulichen Maßnahmen an der thermischen Gebäudehülle mit zu beachten, besonders im Bereich von Wärmebrücken.

## 2.2 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

2020 wurden das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG) im Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden – kurz **Gebäudeenergiegesetz (GEG)** – zusammengeführt. Neben der Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts wurden die Anforderungen aus der EU-Gebäuderichtlinie und dem nationalen Aktionsplan „Energieeffizienz“ berücksichtigt. Das GEG stellt Anforderungen an zu errichtende Gebäude, bzw. bei Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden, sofern dabei Außenbauteile geändert bzw. erstmalig eingebaut werden – unter Wahrung des Wirtschaftlichkeitsgebotes.

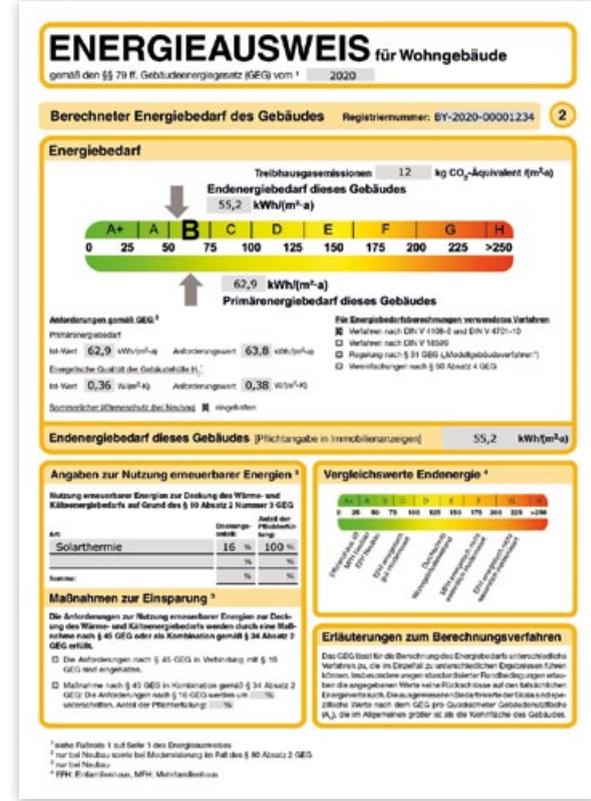


Abb. 2 Energieausweis für Wohngebäude gemäß GEG

Bei einer Sanierung von Bestandsgebäuden müssen Außenbauteile einen maximalen U-Wert einhalten (Bauteilnachweis), wenn diese nicht bereits festgelegte bauteilbezogene Sonderregelungen erfüllen. Alternativ kann ein Gesamtnachweis über das komplette Gebäude geführt werden. Dabei dürfen die genannten Anforderungen Q<sub>p</sub> und H<sub>T</sub> an einen vergleichbaren Neubau um max. 40 % überschritten werden (140 %-Regel). Für denkmalgeschützte Gebäude trifft die Verordnung Ausnahmeregelungen, die aber nicht dazu führen sollten, pauschal alle Möglichkeiten zur energetischen Optimierung auszuschließen. Das GEG regelt darüber hinaus die in EU-Richtlinien geforderte Erstellung von Gebäudeenergieausweisen.

## → 3 Bauphysikalische Grundlagen

### 3.1 Winterlicher Wärmeschutz

Nicht nur im Hinblick auf die laut GEG geforderte Energieeffizienz des Gebäudes kommt dem winterlichen Wärmeschutz in unserer Klimazone eine große Bedeutung zu. Sehr gut gedämmte Wände, Dächer und Böden lassen die Wärme kaum nach außen. So erhöht sich die Oberflächentemperatur der Wände und Decken. Der Wohnkomfort verbessert sich dadurch erheblich und die Umgebung wird als behaglich empfunden. Das Resultat ist ein geringerer Energiebedarf zur Erwärmung der Räume.

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

Tab. 1 Referenzwerte für höchstzulässige U-Werte (in  $W/m^2K$ ) von Außenbauteilen für Wohnneubauten nach dem Gebäudeenergiegesetz – GEG bzw. für Passivhäuser lt. Passivhaus Institut Darmstadt

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 die 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 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.

Die im GEG festgelegten U-Werte für Wohnneubauten stellen Richtwerte dar, um den geforderten spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H_T$  erreichen zu können. In der Gesamtbilanz kann somit auch ein schlechterer U-Wert, z.B. für eine Außenwand, durch einen besseren U-Wert, z.B. für ein Dach, kompensiert werden. Die nebenstehende Tabelle (Tab. 1) gibt hierzu einen Überblick. Die Empfehlungen für Passivhäuser skizzieren die künftige Entwicklungsrichtung für die Gestaltung energetisch optimierter Gebäude.

### 3.2 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 kurzweilige Strahlung über die Fenster oder als langwellige (Ab-)Strahlung von aufgeheizten Bauteilen die Raumluft aufheizt. Das Problem dabei ist, dass zwar die kurzweilige Strahlung der Sonne die Fenster durchdringt, die langwellige Abstrahlung von innen jedoch nicht austritt. 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.

Folgende Aspekte sollten dabei berücksichtigt werden:

- Das Gebäudeinnere muss durch geeignete Maßnahmen gegen die direkte Sonneneinstrahlung durch 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 zu verhindern.
- 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 eine mechanische Lüftungsanlage mit vorgeschaltetem Erdwärmetauscher kann während des Tages gekühlte Luft in die Räume leiten.
- Ebenfalls spielt die Masse der Bauteile und deren spezifische Wärmekapazität eine wichtige Rolle. Gerade in älteren Gebäuden wirken die Innenräume aufgrund ihrer massiven Bauweise im Sommer selbst an Nachmittagen noch angenehm kühl. Leichte Konstruktionen hingegen heizen sich rasch auf und geben dann die Wärme ungebremst an den Innenraum weiter.

### 3.3 Baulicher 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.

Die Dämmwirkung von Baustoffen ist abhängig vom Volumen der enthaltenen Poren. Im trockenen Zustand sind diese mit Luft gefüllt und leiten deshalb Wärme nur im geringen Maß. Nehmen Materialien Feuchtigkeit auf, füllen sich die Poren mit Wasser. Da Wasser in der Lage ist Wärme erheblich besser zu leiten als Luft, wird die Wärmeleitfähigkeit somit erhöht und dabei die Dämmwirkung des Stoffes herabgesetzt. Daher sollten Baukonstruktionen so gestaltet sein, dass sie die Entstehung von Feuchtigkeit an den Oberflächen und im Bauteil weitgehend verhindern, bzw. dass diese gegebenenfalls schnell wieder austrocknen. Anderenfalls setzt Feuchtigkeit nicht nur die Dämmwirkung herab, sondern führt auch zu hygienischen Beeinträchtigungen (Schimmelpilzwachstum) und dauerhaften Schäden an der Gebäudekonstruktion (z.B. Hausschwamm an Holzbalkenköpfen).

Zur Vermeidung von Schäden an Bauwerken durch Feuchte tragen unterschiedliche Maßnahmen bei. Schon bei der Errichtung sollte der Eintrag von Baufeuchte durch Verwendung möglichst trockener Materialien reduziert werden. Gegen aufsteigende Feuchte in den Außenwänden werden beispielsweise entsprechende Horizontalabdichtungen eingesetzt. Auch das Eindringen von Wasser über erdreichberührte Flächen wird durch geeignete Abdichtungen auf der Außenseite unterbunden. Im Fassadenbereich ist der Schlagregenschutz (z.B. durch neuen Außenputz) sicherzustellen. Bei steinsichtigen Fassaden kommen Hydrophobierungen zum Einsatz, die zwar das Eindringen von Regenwasser weitgehend unterbinden, das Austrocknen der Außenwände über die Fassade (Dampfdiffusion) aber kaum behindern.



Abb. 3, 4 Auftragen eines flüssigen Hydrophobierungsmittels auf ein Klinkermauerwerk und der sog. Auperleffekt

## → 3 Bauphysikalische Grundlagen

### 3.4 Klimabedingter Feuchteschutz

Über den Baulichen Feuchteschutz hinaus ist auch die Entstehung von Feuchtigkeit innerhalb der Konstruktion zu minimieren. Eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle sorgt dafür, dass warme Raumluft nicht durch Risse und Spalten in die Konstruktion gelangt und dort kondensiert, sobald sie sich auf dem Weg nach außen unter die Taupunkttemperatur abkühlt. Der Feuchteintrag durch Dampfdiffusion aus der Raumluft in die Konstruktion lässt sich durch den Einsatz von Dampfbremsen oder Dampfsperren an der Innenseite der Dämmebene reduzieren. Dabei wird jedoch gleichzeitig das Austrocknungspotenzial der Wand nach innen behindert, das beispielsweise bei schlagregenbeanspruchten Fassaden (z.B. Fachwerk) von Bedeutung ist. Um die Entstehung von Feuchtigkeit an Wandinnenoberflächen bei durchschnittlichen Raumklimabedingungen (Raumlufttemperatur: 20 °C, relative Luftfeuchtigkeit: 50 %) zu vermeiden, sollte die Oberflächentemperatur nicht unter 12,6 °C sinken. Neben einem Verlust an thermischem Komfort droht das Wachstum von Schimmelpilzen.

Besonders wichtig für den klimabedingten Feuchteschutz erweist sich auch die richtige Belüftung von Räumen, um innere Feuchtelasten gezielt abzuführen. Existiert keine mechanische Lüftungsanlage, muss regelmäßig frische Luft über die Fensterlüftung zugeführt und so die angesammelte feuchte Luft gegen trockenere Außenluft ausgetauscht werden.

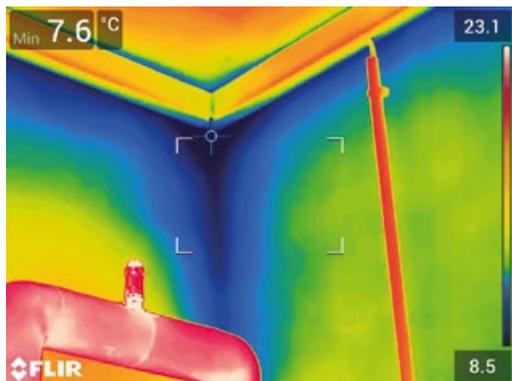
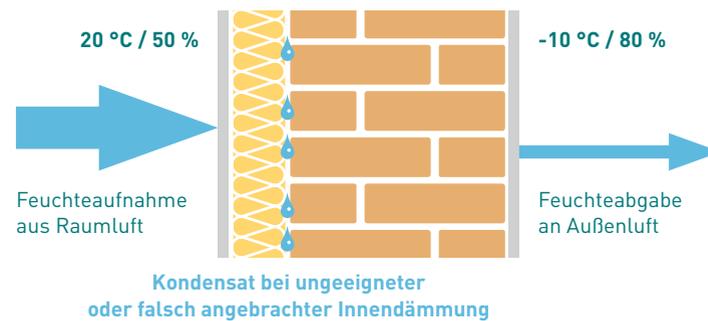


Abb. 5 Thermografieaufnahme einer Wärmbrücke in einer Zimmerecke mit sehr niedrigen Oberflächentemperaturen

Bereits bei der Planung eines Neubaus, einer Sanierung oder auch schon beim Tausch einiger Fenster muss ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 von Fachleuten erstellt werden, um zu prüfen, ob Lüftungstechnische Maßnahmen für einen ausreichenden Feuchteschutz erforderlich sind.

Grundsätzlich sollte bei allen nachträglichen Dämmmaßnahmen ein Fachmann konsultiert werden, um Schäden durch die Ansammlung von Kondensat zu vermeiden. Moderne Simulationsprogramme ermöglichen es, Räume mit konkret beschriebenen Außenhüllen und vorgegebenen Nutzungen im Inneren über mehrere Jahre zu simulieren. Damit kann die vorgesehene Dämmung und deren Funktionstüchtigkeit sehr genau nachgewiesen werden.

#### Mauerwerk mit Innendämmung



#### Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem

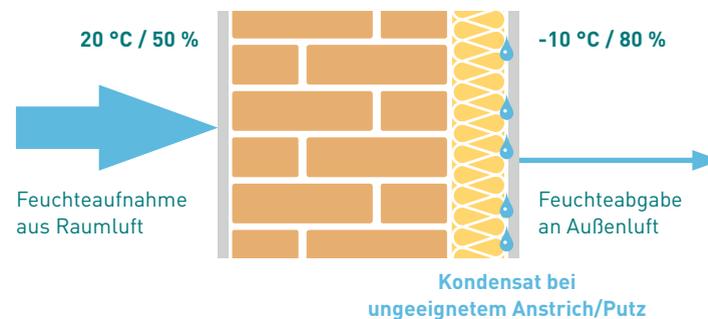


Abb. 6 Beispiele für Störungen des Feuchtegleichgewichts

### 3.5 Brandschutz

Ein weiteres Kriterium, welches bei der Auswahl geeigneter Dämmstoffe zu beachten gilt, ist das Brandverhalten. In der nationalen Norm DIN 4102 ist die Prüfung und Beurteilung von Dämmstoffen entsprechend dem Brandverhalten geregelt. Darin werden Baustoffe in die Baustoffklassen A1 und A2 (nicht brennbar), B1 (schwer entflammbar), B2 (normalentflammbar) und B3 (leicht entflammbar) unterteilt.

Mit der Einführung der Euronorm DIN EN 13501 im Jahr 2001, wurden auch europaweit einheitliche Anforderungen für den Brandschutz festgelegt. Die Baustoffe werden in sieben Euroklassen A1, A2, B, C, D, E und F eingestuft. Daneben werden Brandnebenscheinungen wie die Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/Abfallen berücksichtigt.

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

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



Abb. 7 Brandriegel aus Mineralwolle

### 3.6 Schallschutz

Schall wirkt nicht nur von außen auf ein Bauwerk ein. Innerhalb der Gebäude verursachen die Benutzer und Bewohner, die Haushaltsgeräte sowie die gebäudetechnischen Anlagen ebenfalls Geräusche bzw. Lärm. Damit sich die Schallwellen nicht unnötig ausbreiten und so zur Belästigung der Bewohner führen, 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. 8 Offenporige Oberfläche einer Mineralschaum-Platte

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.



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. Feuchteausgleichende 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 Haut- oder Allergieverträglichkeit 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. Dieser wird auch als Primärenergieaufwand bezeichnet und beschreibt die Menge an Energie, die zur Herstellung eines Dämmstoffs aufgewendet werden muss. Bei der Ermittlung des Wertes 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. Neuerdings werden auch die Kosten für den Einbau und die abschließende Entsorgung, sowie für eine mögliche Wiederverwertung (Recycling) betrachtet.

Bei der Bewertung von Dämmmaterialien spielen ebenso herstellungsbedingte Schadstoffemissionen als auch die gesundheitlichen Wirkungen auf den Menschen eine Rolle. Wie in allen Bereichen werden Umweltzeichen auch an Dämmstoffe vergeben, wenn diese über besonders gute ökologische Eigenschaften verfügen, sodass sie sich aus der Produktvielfalt



Abb. 9 Umweltzeichen „Blauer Engel“

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 tierischem und pflanzlichem Befall werden einigen nachwachsenden Dämmstoffen Borsalze, Aluminiumsulfat, Mitin u.a. Chemikalien zugesetzt. Aufgrund dieser Zuschläge sind solche Produkte zum Teil nicht kompostierbar und müssen auf Deponien entsorgt werden. Bei dem Einsatz von Stützfasern aus Polyester ist die Kompostierbarkeit ebenfalls einschränkt.

### 5.1 Dämmstoffarten

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

Die verschiedenen Dämmstoffe lassen sich grob in organische und anorganische Dämmstoffe einteilen. Innerhalb des Produktlebensweges, beginnend bei der Herstellung, der Verwendung oder der Wiederverwertung bis hin zur Entsorgung, werden bei organischen Dämmstoffen aus synthe-

tischen Rohstoffen vergleichsweise höhere Einwirkungen auf die Umwelt in Kauf genommen als bei organischen Dämmstoffen aus natürlichen Rohstoffen. Eine Reihe von Vorschriften, insbesondere zum Brandschutz, schränken bislang den Einsatz vieler natürlicher Dämmstoffe im Mehrgeschossbau ein. Im Hochbau bestehen daher zu herkömmlichen Dämmstoffen wenige Alternativen, was sich in der Verteilung der Marktanteile verschiedener Dämm-Materialien widerspiegelt. So nehmen Mineralwolle (Glas- und Steinwolle) einen Marktanteil von ca. 54 % ein. Ein weiteres großes Segment bilden Polystyrol-Hartschäume und Polyurethan, die rund 41 % der verwendeten Materialien ausmachen.

anorganische Dämmstoffe		organische Dämmstoffe		Sonderdämmstoffe
synthetisch	natürlich	synthetisch	natürlich	
Mineralwolle (S. 12)	Blähton (S. 13)	Polystyrol expandiert (S. 14)	Holzwohle (S. 16)	Wärmedämmziegel (S. 18)
Schaumglas (S. 12)	Blähperlit (S. 14)	Polystyrolschaum extrudiert (S. 14)	Holzfasern (S. 16)	Wärmedämmputz (S. 19)
Blähglas (S. 12)	Vermiculite expandiert (S. 14)	Polyurethan-Hartschaum (S. 15)	Zellulosefasern (S. 17)	Transparente Wärmedämmung (S. 19)
Kalziumsilikat (S. 13)		Polyurethan-Ortschaum (S. 15)	Hanfwohle (S. 17)	Vakuum-Isolations-Paneel (S. 19)
Aerogel (S. 13)		Phenolharzschaum (S. 15)	Schafwohle (S. 17)	
Pyrogene Kieselsäure (S. 13)		Melaminschaum (S. 15)	Seegrass (S. 18)	
		Polyethylenschaum (S. 16)	Baustroh (S. 18)	
		Polyesterfaser (S. 16)	Kork expandiert (S. 18)	

Tab. 2 Überblick Dämmstoffarten

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### 5.1.1 Anorganisch synthetische Dämmstoffe

#### Mineralwolle

Mineralwolle ist eine allgemeine Bezeichnung für die anorganischen Faserdämmstoffe Glaswolle, Steinwolle und Schlackenwolle. Sie unterscheiden sich durch ihre Rohstoffe und Eigenschaften. Mineralwolleprodukte besitzen ein gutes Dämmvermögen und weisen ein breites Anwendungsspektrum von der Dachdämmung, Kerndämmung, Zwischenständerdämmung bis hin zum verputzten Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) auf. Die künstlichen Mineralfasern werden durch Schmelzen des mineralischen Ausgangsmaterials und Zerblasen oder Düsenziehen hergestellt. Glaswolle wird aus Quarzsand, Kalkstein und ca. 60 % Altglas hergestellt. Steinwolle wird hingegen aus verschiedenen Gesteinsarten wie Diabas, Dolomit und Kalkstein hergestellt. Die Dämmstoffe enthalten über 90 % künstliche Mineralfasern sowie Bindemittel und Öle zur Staubminderung. Glaswolle, die vor 1996 hergestellt wurde, wird als krebserregend eingestuft. Die heute produzierten Faserdämmstoffe sind frei von krebserregenden Materialien.



Abb. 10 Mineralwolle

Hersteller: Ursa, Isover, Deutsche Rockwool, Knauf Insulation, Paroc, climowool

#### Schaumglas

Als Rohstoffe werden Quarzsand, Dolomit sowie Kalzium- und Natriumkarbonat bei ca. 1400 °C zu Glas geschmolzen, anschließend abgekühlt, zu Pulver gemahlen und mit Kohlenstoffpulver vermischt wird. Auch Recyclingglas wird als Pulver verwendet. In spe-



Abb. 11 Schaumglas

ziellen Formen reagiert anschließend der Kohlenstoff in Öfen über 1000 °C unter Bildung von Gasblasen, die den Aufschäumprozess auslösen, wobei ein geschlossenzelliger Dämmstoff entsteht. Nach dem Abkühlen werden die entstandenen Blöcke zu Platten geschnitten oder zu Grobschotter weiterverarbeitet. Schaumglas ist formstabil, alterungsbeständig, geschlossenzellig, frostbeständig, wasserabweisend und nicht brennbar. Häufige Einsatzgebiete sind somit Anwendungen mit hohen Druck- und Feuchtigkeitsbelastungen wie druckbelastete Flachdächer, Industrieböden und unter Bodenplatten.

Hersteller: Geocell, Foamglas, Glapor



Abb. 12 Blähglas

#### Blähglas

Bei der Herstellung wird Altglas zu einem Glasmehl gemahlen und anschließend mit Wasser, Bindemittel und einem Blähmittel vermischt. Bei ca. 900 °C wird dieses Gemisch im Ofen aufgebläht und nach dem Abkühlen in verschiedene kugelförmige Korngrößen (0,1 - 8 mm) oder Grobschotter gebrochen. Blähglas hat eine hohe Festigkeit, ein gutes Schallsorptionsvermögen und ist nicht brennbar. Die Dämmwirkung ist geringer als bei Schaumglas. Blähglas wird als ungebundene Schüttung oder als Zuschlagstoff für Putze, Mörtel, Beton und in Fertigbauteilen verwendet.

Hersteller: Liaver, Geocell, Misapor

#### Mineralschaum und Kalziumsilikat

Mineralschaumplatten werden u.a. aus Quarzsand, Kalk, Zement und einem Porenbildner hergestellt. Kalziumsilikat-Platten hingegen aus Kalkhydrat, Sand, silikatischen Zuschlägen und Zellulosefasern. Beide Dämmstoffarten sind aufgrund ihrer Diffusionsoffenheit, Kapillaraktivität und des hohen pH-Wertes besonders für Innenwanddämmungen geeignet. Die Feuchtespeicherfähigkeit der Dämmstoffe trägt zur Regulierung des Raumklimas bei, da bei hoher Feuchtebelastung Wasser aus der Raumluft gepuffert und später allmählich wieder in den Raum abgegeben wird. Die Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle und großflächige Verteilung der Feuchtelast in der Dämmung und beugt so lokalen Feuchtespitzen vor. Je nach Herstellung unterscheiden sich diese Dämmstoffe hinsichtlich ihrer Dichte, der Kapillarität und Festigkeit.

Hersteller: Calsitherm, redstone, epasit

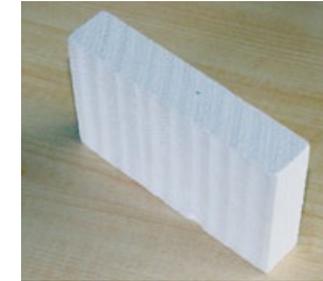


Abb. 13 Kalziumsilikat-Platte

#### Aerogel

Aerogel ist ein hochporöser Dämmstoff, dessen Ursprung in der Raumfahrt liegt. Dem ursprünglichen Gel aus Siliziumdioxid wird in einem komplexen Verfahren Flüssigkeit entzogen, sodass ein Stoff mit einem sehr hohen Mikroporenanteil entsteht. Der Vorteil des Dämmstoffs liegt dabei in einer sehr hohen Wärmedämmung bei gleichzeitig geringer Ausführungsdicke und seinem wasserabweisenden, dampfdurchlässigen Eigenschaften. Verwendet wird dieser neue Dämmstoff in (Mehrschicht-) Platten- oder Mattenform für Innen- oder Außendämmung, besonders wo stärkere Dämmstoffe nicht eingesetzt werden können.

Hersteller: Heck Wall Systems, Deutsche Rockwool, Beck & Heun, Sto



Abb. 14 Aerogel

#### Pyrogene Kieselsäure

Pyrogene Kieselsäure wird durch die Verbrennung von Siliziumtetrachlorid bei ca. 1.200 °C und der Zugabe von Trübungsmittel hergestellt. Unter hohem Druck entsteht mit Hilfe eines Stabilisators und der Zugabe von Zellulosefasern ein mikroporöser Dämmstoff. Er ist nicht brennbar, formstabil, alterungsbeständig und besitzt eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit. Je nach Rohdichte werden flexible Platten mit sehr hohen Wärmedämmeigenschaften hergestellt. Diese werden überwiegend im Anlagen- und Gerätebau eingesetzt oder finden im Hochbau für Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) Verwendung.

Hersteller: contherm, Evonik Industries, Promat



Abb. 15 Pyrogene Kieselsäure

### 5.1.2 Anorganisch natürliche Dämmstoffe

#### Blähton

Kalkarmer granulierter Ton wird im Drehrohrofen bei einer Temperatur von 1.200 °C aufgebläht. Bei der Erhitzung sintert die Außenhaut der Tonkügelchen und durch das Verdampfen des gebundenen Kristallwassers entsteht ein feinporeiger Kern. Blähton hat geringe Wärmedämmeigenschaften ist aber sehr diffusionsoffen und kann viel Feuchtigkeit aufnehmen. Im Bauwesen wird er häufig als Schüttdämmung zur Verbesserung des Schallschutzes oder als Zuschlagstoff in anderen Materialien, wie zum Beispiel in Wärmedämmziegeln, verwendet.

Hersteller: Liapor, Fibro ExClay, Argex, Pilosith



Abb. 16 Blähton

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### Blähperlit

Als Rohstoff wird ein glasartiges Gestein aus unterseeischer Vulkanaktivität verwendet. Die Herstellung erfolgt durch schockartiges Erhitzen von fein gemahlene Körnern bei über 1.000 °C. Dabei dehnt sich das im Stein enthaltene Wasser aus und bläht diesen bis auf das 20-fache seines ursprünglichen Volumens auf. Je nach Anwendungsfall wird das Granulat anschließend mit Latexemulsion oder Silikon hydrophobiert oder bituminiert. Perlite sind nicht brennbar, widerstandsfähig, ungezieferbeständig, verrotten nicht und haben eine gute Schall- und Wärmedämmwirkung. Sie werden als Schüttungen oder in Plattenform z.B. für Innendämmung angeboten, aber auch als Füllung in Wärmedämmziegel verwendet.



Abb. 17 Blähperlit

Hersteller: Bacht, Knauf Perlite, Klein Baustoffe, Rotec

### Vermiculite expandiert

Vermiculite wie auch Blähglimmer sind anorganische Verbindungen aus Aluminium, Eisen und Magnesiumsilikaten, auch sogenannte Metamorphite. Diese werden schockartig bei über 1.000 °C thermisch expandiert.



Abb. 18 Vermiculite Schüttung

Dabei dehnt sich das im Stein enthaltene Wasser aus und bläht diesen bis auf das 20-fache seines ursprünglichen Volumens auf. Vermiculite sind wie auch Blähperlite nicht brennbar, widerstandsfähig, ungezieferbeständig, verrotten nicht und haben eine gute Schall- und Wärmedämmwirkung. Dieses Material kann als lose Schüttung oder als Platte beispielsweise für eine Kerndämmung eingesetzt werden. Im Gebäude werden Vermiculite zum Beispiel als Schüttung in Hohlräumen von Wänden, Dächern und Decken eingebracht. In Plattenform wird dieser Dämmstoff unter Estrichen verwendet oder als Feuerraumplatten in Kaminöfen.

Hersteller: Berwilit, Isola-Mineralwolle-Werke, Eiwa-Lehmbau

## 5.1.3 Organisch synthetische Dämmstoffe

### Polystyrolschaum expandiert

Der bekannteste 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.

Hersteller: BASF, Isover, Bacht, Ursal

### Polystyrolschaum extrudiert

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 Schaumstoff-



Abb. 19 Polystyrol-Hartschaum-Platte

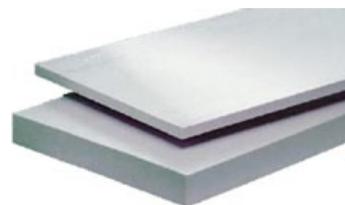


Abb. 20 XPS-Platten

strang aufbaut. Anschließend wird der Strang zu Platten gesägt und die Randausbildung vorgenommen. Neben der hohen Wärmedämmeigenschaft, sind die hohe Druckfestigkeit und die Feuchteunempfindlichkeit charakteristisch für diesen Wärmedämmstoff. Als geschlossenporiger und druckfester Dämmstoff kommt dieser häufig bei der Wärmedämmung von erdreichberührten Flächen als Perimeterdämmung, unter Bodenplatten oder bei Flachdächern zur Anwendung. Zusätzlich kann es auch bei Umkehrdächern eingesetzt werden.

Hersteller: BASF, Bacht, Ursal

### Polyurethan-Hartschaum

Ausgangsstoffe für Dämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) sind Erdöl oder auch nachwachsende Rohstoffe, wie z.B. Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln. Der Schaum entsteht durch die chemische Reaktion der flüssigen Grundstoffe und unter Zusatz der Treibmittel Pentan oder CO<sub>2</sub>-Pentangemisch. Zusätzlich werden noch Flammschutzmittel eingesetzt. 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 und aufgeschäumt. Als Deckschichten können dabei Mineral- oder Glasvlies, Papier-, Metall- oder Verbundfolien und Dach- oder Dichtungsbahnen eingesetzt werden. PUR-Dämmstoffe sind überwiegend geschlossenporig und weisen eine hohe Druckfestigkeit vor. Sie sind alterungsbeständig sowie schimmel- und fäulnisresistent.

Hersteller: Puren, Kingspan Insulation, Bacht, Linzmeier



Abb. 21 PUR-Platten

### Polyurethan-Ortschaum

Der Ausgangsstoff des PUR-Ortschaum ist genau wie bei dem PUR-Hartschaum Erdöl oder ein natürlicher Rohstoff für biobasierten PUR-Schaum. Unter Zusätzen von CO<sub>2</sub> und HFKW als Treibmittel und einem Flammschutzmittel wird vor Ort mittels eines mobilen Hochdruckgerätes der Ortschaum großflächig aufgetragen. Besonders dabei ist, dass eine völlig fugenfreie Dämmung entsteht, die nach dem Aufbringen direkt aufschäumt und aushärtet. Anwendung findet der Schaum überwiegend zum Ausfüllen von Hohlräumen sowie bei komplizierten Flächen mit vielen Durchdringungen.

Hersteller: G+H Isolierung, Isopol, Puren, Caparol

### Phenolharzschaum (Resol)

Bei diesem Dämmstoff werden Phenolharz mit Pentan als Treibmittel sowie einem Härter gemischt und kontinuierlich als Bandware geschäumt. Daraufhin wird er beidseitig mit Glasvlies kaschiert und ausgehärtet. Phenolharzschaum ist ein sprödharter Dämmstoff mit sehr guten Wärmedämmeigenschaften, weshalb er überwiegend als Außen- oder Kerndämmung eingesetzt wird. Aufgrund seiner Feuchteempfindlichkeit sollte er jedoch immer vor Witterung geschützt sein.

Hersteller: Austrotherm, Kingspan Insulation, Caparol, Baumit, Sto

### Melaminschaum

Als Ausgangsstoff dient Melaminharz, dass mithilfe von Treibmitteln zu Blöcken aufgeschäumt wird. Aufgrund seiner sehr offenen zelligen Schaumstruktur sind Melaminharzschaummatten extrem leicht, diffusionsoffen, flexibel und werden im Bauwesen vor allem zur Verbesserung des Schallschutzes eingesetzt. Aber auch im Fahrzeugbau und in der Polstermöbelherstellung hat dieser Schaumstoff seine Einsatzgebiete.

Hersteller: BASF, Cellofoam, Isolahn Werke, Eurofoam

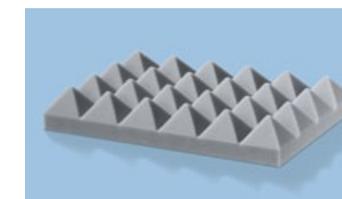


Abb. 22 Melaminschaum

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### Polyethylenschaum

Bei der Herstellung wird Ethylen zu Polyethylen polymerisiert und mittels Isobutan aufgeschäumt. Dabei entsteht ein sehr feines, geschlossenes und gleichmäßiges Zellenbild in einem Weichschaum der sehr wasserdampfdiffusionsdicht und säurebeständig ist. Häufig wird Polyethylenschaum für die Dämmung von wärme- und kälteführenden Rohrleitungen verwendet aber auch als Randdämmstreifen für schwimmende Estriche oder Schalldämmplatten.



Abb. 23 Polyethylenschaum-Produkte

Hersteller: BASF, Cellofoam

### Polyesterfasern

Polyester besteht aus erdölbasierten synthetische Kohlenwasserstoffverbindungen. Für die Herstellung von Mattendämmstoffen werden gesponnene Polyesterfasern thermisch zu einen Vliesstoff miteinander vernetzt. Diese Vliesstoffe sind weich, elastisch, leicht, formstabil, humanverträglich und diffusionsoffen wie auch von Bekleidungsprodukten (Innenfutter) bekannt. Im Gebäuden werden Polyesterdämmstoffe eher nur selten zum Beispiel für Trittschallverbesserungen oder Dach- und Deckendämmung verwendet.



Abb. 24 Polyesterfaser-Matten

Hersteller: Märkische Faser, Sopro Bauchemie, Ziegler

### 5.1.4 Organisch natürliche Dämmstoffe

#### Holzwole

Zu diesem Dämmstoff gehören beispielsweise die Holzwole-Leichtbauplatten (HWL) oder auch Mehrschicht-Leichtbauplatten. HWL-Platten werden aus den langfaserigen Nadelhölzern und einem zementgebundenen Bindemittel hergestellt. HWL-Platten haben eine geringe Wärmedämmung, sind schalldämmend, biegefest, schwer entflammbar und resistent gegen Schimmelpilz- und Nagetierbefall. Bei Mehrschichtplatten werden diese Eigenschaften genutzt und zusätzlich eine wärmedämmende Zwischenschicht aus Polystyrol oder Mineralwolle eingefügt, um die Wärmedämmung zu verbessern. Einsatzbereiche sind mit einem witterungsgeschützten Einbau in Dach, Decken und Wänden möglich oder auch bei Brandschutz- und Akustikdecken.

Hersteller: Deutsche Heraklith, Fibrolith, Platina

#### Holzfasern

Holzfasern, Holzfasern-Platten oder Holzweichfaser-Platten und Holzfasern-Matten werden überwiegend aus Nadelholzabfällen hergestellt, welche für die Weiterverarbeitung zerkleinert und zerfasert werden. Lose Holzfasern können direkt als Einblasdämmstoff verwendet werden, da durch die eigene Verfilzung der Fasern eine Setzungssicherheit erreicht wird. Die Herstellung von Platten erfolgt im Nass- oder Trockenverfahren, wobei im Nassverfahren eine Verklebung der Fasern durch die holzeige-



Abb. 25 Holzwole-Platte



Abb. 26 Holzfaserdämm-Platte

nen Harze stattfindet. Beim Trockenverfahren kommt z.B. ein PUR-Harz als Bindemittel zum Einsatz. Einige Plattentypen erhalten zum Schutz gegen Feuchtigkeit eine Imprägnierung mit wachsähnlichen Stoffen oder mit natürlichen Bitumen. Holzfasernplatten gibt es in verschiedenen Dichten, wovon auch die Druckbelastbarkeit und die wärmedämmenden Eigenschaften abhängen. Sie sind sehr diffusionsoffen, wirken feuchteregulierend, haben eine hohe Wärmespeicherfähigkeit und können fast überall am und im Gebäude eingesetzt werden.

Hersteller: Steico, Gutex, Homatherm

#### Zellulosefasern

Zellulose als Dämmstoff wird aus Altpapier durch mechanische Zerkleinerung gewonnen. Im Mahlverfahren erhalten die Flocken ihre dreidimensionale Struktur. Diese können dann direkt im Einblasverfahren als Schüttung genutzt werden oder zu einer Platte gepresst werden. In beiden Formen ist dieser Dämmstoff anpassungsfähig durch seine Elastizität. Zudem weist er hohe wärmespeicher- und wärmedämmeigenschaften vor. Bei der Verarbeitung kann es jedoch zu einer erheblichen Staubeentwicklung kommen, weshalb geeignete Atemschutzgeräte getragen und Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden sollten. Es empfiehlt sich unbedingt eine Fachfirma zu beauftragen.

Hersteller: Isofloc, Climacell, Homatherm, Isocell, Ceralith

#### Hanfwole

Hanf ist ein ökologischer Dämmstoff, der als Fasern in Form von Matten oder Platten sowie in Kombination mit Lehm als Schüttung vorkommt.

Aufgrund seiner hohen Wärmespeicherkapazität bietet der natürliche Dämmstoff einen guten sommerlichen Wärmeschutz. Seine Fasern sind feuchtigkeitsbeständig und aufgrund ihrer Inhaltsstoffe resistent gegen Schädlings- und Schimmelbefall. Die Ökobilanz des Dämmstoffs ist durchweg positiv, auch wegen des problemlosen Recyclings des Produktes.

Hersteller: Thermo Natur, Hanffaser Uckermark



Abb. 28 Hanfwole-Matte

#### Schafwole

Schafwole 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. Schafwole 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 Türeneinbau. 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.

Hersteller: Alchimea Naturwaren, Baur Vliesstoffe, Villgrater Naturprodukte



Abb. 29 Schafwole-Matte

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### Seegras

Um Seegras als natürlichen Dämmstoff nutzen zu können, wird es mechanisch gereinigt und zerkleinert. Die Ökobilanz des aus dem Meer stammenden Dämmstoffs ist dabei besonders gut, auch der Primärenergieaufwand ist weit geringer als bei den meisten anderen Dämmstoffen. Seegras kommt z.B. an der Ostsee oder in der Mittelmeerregion vor. Dieser nachwachsende Rohstoff hat gute Schall- und sommerliche Wärmeschutzigenschaften. Es müssen individuelle Baukonstruktionen gefunden werden, die sicherstellen, dass die empfohlene Stopfdichte erreicht wird und keine Feuchtigkeit eindringt.



Abb. 30 Seegras

Hersteller: Seegrashandel, NeptuTherm®

### Baustroh

Stroh ist ein einheimischer und nachwachsender Rohstoff. Er wird als Zusatz bei Lehmputzen verwendet oder in ganzen Ballen zur Wärmedämmung für Neubauten oder in der Bestandsanierung eingesetzt. Die Ballen werden zwischen Holzständern oder Dachsparren eingebaut und verputzt oder mit einer geeigneten Vorsatzschale verkleidet. Die Dämmqualität ist abhängig von der Höhe der Verdichtung in der Ballenpresse, von der Art des Strohs und dem Feuchtegehalt nach der Trocknung. Dank eines definierten abdeckenden Putzes, zum Einhalten der Brandschutzanforderungen, hat ein deutscher Hersteller seit 2006 eine bauaufsichtliche Zulassung für eine Wärmedämmung aus Strohballen erhalten.



Abb. 31 Strohballen

Hersteller: BauStroh, Waldland

### Kork expandiert

Kork ist ein nachwachsender Rohstoff aus den Korkeichenwäldern im Mittelmeerraum. Die Herstellung erfolgt durch Mahlen von geschälter Korkrinde zu Granulat, welches für die Herstellung von Backkork in Autoklaven mit Heißdampf behandelt wird. Bei der Expansion des Granulates und Bindung durch die korneigenen Harze entstehen Blöcke, die nach einer Ablüftzeit 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. 32 Kork expandiert

Hersteller: Haacke Cellco, Korkmanufaktur, Ziro

### 5.1.5 Sonderdämmstoffe

#### Wärmedämmziegel

Wärmedämmziegel sind Mauerziegel, die einen besonders guten U-Wert ohne eine zusätzliche Wärmedämmung aufweisen. Diese gelten heute als Standard bei monolithischen Außenwandkonstruktionen im Wohnungs- und Objektbau. Dem Rohstoff Ton wird beim Brennvorgang Polystyrolgranulat oder Sägemehl als Luftporenbildner beigemischt, um eine Vielzahl kleinerer Poren



Abb. 33 Wärmedämmziegel

zu erzeugen. Die vorhandenen Hohlkammern können einfach nur mit Luft oder auch mit Perlite, Mineralwolle oder einem anderen Dämmstoff gefüllt sein, um die Wärmedämmung weiter zu verbessern. Zu beachten ist, dass Wärmedämmziegel ausschließlich als Planziegel im Dünnbettmörtel vermauert werden sollten, damit der Wärmeverlust über die Außenwand nicht durch eine starke Mörtelfuge erhöht wird.

Hersteller: Wienerberger, Poroton, Unipor, Schlagmann

#### Wärmedämmputz

Wärmedämmputze haben aufgrund von Leichtzuschlägen i.d.R. aus Perlite, Blähglas, Bimsstein oder Polystyrol, eine geringere Wärmeleitfähigkeit als herkömmliche Putze. 2 cm Putzstärke entsprechen ca. 1 cm Wärmedämmung. Relativ neu sind Hochleistungsdämmputze, oft mit Aerogelgranulat, mit denen die Wärmedämmwirkung nochmals stark verbessert wurde. 1 cm Putzstärke entspricht ca. 1 cm Wärmedämmung. Noch hohe Preise führen dazu, dass diese nur in speziellen Anwendungsfällen in Frage kommen. Für die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 bei einem massiven Mauerwerk werden ca. 5-6 cm Wärmedämmputz bzw. 2-3 cm Hochleistungsdämmputz benötigt.



Abb. 34 Wärmedämmputz Sackware

Hersteller: Maxit, Baumit, Sto, Knauf Gips, Saint-Gobain Weber, quick-mix, HECK Wall Systems GmbH, HASIT Trockenmörtel GmbH

#### Transparente Wärmedämmung

Die transparente oder auch transluzente Wärmedämmung (TWD) ist eine Sonderform der Außendämmung. Sie kombiniert eine hohe Lichtdurchlässigkeit mit Wärmedämmeigenschaften. Transparente Wärmedämmungen werden sowohl in Waben bzw. Kapillarstruktur, als auch in Hohlkammer-

strukturen oder als Granulat angeboten. Bei der Verwendung steht die Nutzung der Sonnenenergie für die Erzeugung von Wärme im Fokus. 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. 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. Als Dämmstoffe für diese Anwendung sind z.B. Schaumkunststoffe aus Polycarbonat oder transluzente Granulate zu nennen.



Abb. 35 Transparente Wärmedämmung

Hersteller: Bayer Material Science, Essmann, Bencore

#### Vakuumisolationspaneele (VIP)

Im Wesentlichen bestehen die Paneele aus einem druckstabilen Stützkern, bevorzugt aus pyrogener Kieselsäure, und einer gasdichten Hülle aus metallisiertem Polyethylen oder Polypropylen. Den Paneelen wird nach der Herstellung die Luft entzogen (vakuumiert), sodass ein fast vollständiges Vakuum im Kern entsteht. Dadurch lassen sich extrem niedrige Wärmeleitfähigkeiten erreichen. Aufgrund der teureren Herstellung werden VIPs überwiegend in Bereichen eingesetzt, wo wenig Platz für eine konventionelle Dämmstärke vorhanden ist oder eine Verringerung des Wandaufbaus zu wohnwirtschaftlichen Vorteilen führt.

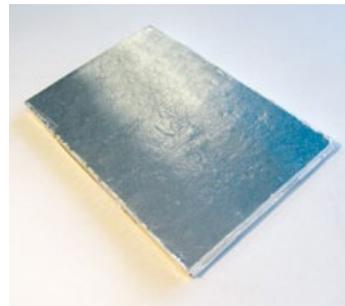


Abb. 36 Vakuumisolationspaneel (VIP)

Hersteller: Vaku-Isotherm, Porextherm, Promat

# → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

## 5.2 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 **Wärmeleitfähigkeitsstufe WLS** oder auch Wärmeleitstufe gibt die Dämmwirkung von Dämmstoffen an. Sie dient der besseren Klassifizierung anhand ihrer Wärmeleitfähigkeit. Je niedriger der Wert, desto besser dämmt ein Dämmstoff. Die WLS erlaubt im Gegensatz zur älteren WLГ die Unterteilung in 1er-Schritten. Der Wert errechnet sich aus dem Wert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ . Von diesem sind es die letzten drei Ziffern nach dem Komma (z.B. WLS 033).

→ Die **Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl  $\mu$**  charakterisiert den Widerstand, den ein Material der Dampfdiffusion entgegensetzt. Je höher die  $\mu$ -Zahl ist, umso weniger Dampf dringt in den Stoff ein. Zur Beurteilung der Dichtheit einer Konstruktion reicht der  $\mu$ -Wert allein nicht aus. Auch die Schichtdicke ist dabei entscheidend.

→ Der **Primärenergieinhalt** ist die Energie, die zur Herstellung von Materialien (Dämmstoffen) aufgewendet werden muss. Hierzu zählen die Gewinnung der Rohstoffe und deren Verarbeitung bis hin zum Endprodukt.

→ Die **Baustoffklasse** bietet eine Einteilung von Baustoffen anhand ihrer Brandeigenschaften. Nähere Informationen finden Sie unter Brandschutz auf der Seite 9.

In der folgenden Tabelle (Tab. 3) sind diese Kriterien für ausgewählte Dämmstoffe zusammengestellt.

		Rohdichte* (kg/m <sup>3</sup> )	WLS* [W/mK]	$\mu$ -Wert*	Primärenergieinhalt* [kWh/m <sup>3</sup> ]	Baustoffklasse	
anorganische Dämmstoffe	synthetisch	Mineralwolle	10 - 200	032 - 045	1 - 2	270	A1, A2
		Schaumglas	100 - 220	040 - 067	diffusionsdicht	424 - 750	A1
		Blähglas	150 - 420	070 - 095	1 - 5	350 - 1000	A1
		Kalziumsilikat	115 - 300	040 - 065	3 - 20	800 - 1200	A1
		Aerogel	90 - 170	014 - 021	2 - 18	2200	B1, B2
	Pyrogene Kieselsäure	150 - 350	020 - 023	6	k.A.	A1	
	natürlich	Blähton	260 - 600	085 - 160	2 - 8	300 - 450	A1
		Bläherlit	85 - 600	050 - 110	3 - 5	200 - 240	A1 bis B2
		Vermiculite expandiert	60 - 220	046 - 070	1 - 10	80 - 150	A1, B1
Wärmedämmziegel		500 - 750	070 - 140	5 - 10	k.A.	A1	
organische Dämmstoffe	synthetisch	Polystyrolschaum expandiert (EPS)	15 - 60	032 - 040	20 - 100	870	B1, B2
		Polystyrolschaum extrudiert (XPS)	20 - 60	030 - 040	80 - 300	870	B1, B2
		Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR)	30 - 100	024 - 030	30 - 100	780 - 830	B1, B2
		Polyurethan-Ortschaum (PUR)	40 - 60	024 - 030	110 - 600	1140 - 1330	B2
		Phenolharzschaum	35 - 40	022 - 030	10 - 60	k.A.	B1, B2
		Melaminschaum	8 - 11	035	1 - 2	k.A.	B1
		Polyethylenschaum	25 - 110	033 - 045	6000 - 8000	k.A.	B1, B2
		Polyesterfaser	20 - 40	035 - 045	1 - 2	600	B1
	natürlich	Holzwohleplatte (HWL)	350 - 500	090 - 095	2 - 5	583 - 733	B1, B2
		Holzfaser	25 - 600	038 - 052	1 - 5	50 - 780	B1, B2
		Zellulosefasern	30 - 80	038 - 040	1 - 3	50 - 230	B2
		Hanfwohle	24 - 100	040 - 050	1 - 2	40 - 67	B1, B2
		Schafwohle	15 - 115	035 - 045	1 - 15	20 - 80	B2
		Seegras	65 - 130	043 - 049	1 - 2	37 - 50	B2
		Baustroh	85 - 120	045 - 080	2 - 3	7	B2
Kork expandiert	60 - 220	040 - 060	20 - 30	90 - 440	B2		

Tab. 3 Vergleich unterschiedlicher Dämmstoffe anhand von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeitsstufe WLS (WLS 035 = Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK),  $\mu$ -Wert (Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl), Primärenergieinhalt und Baustoffklasse

\* abhängig von Einbauart und Zusammensetzung

## 5.3 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 eingespritzt. 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 so passgenau wie lose Dämmstoffe eingebaut werden. Andererseits sind Plattendämmstoffe unter anderem hervorragend für die Trittschalldämmung geeignet.

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 Feuchtetransportes 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.

Bei der Auswahl und Verarbeitung der einzelnen Dämmstoffe ist stets auf die Vorgaben der Hersteller sowie die Angaben in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu achten.

Die folgende Tabelle (Tab. 4) zeigt, in welchen Handelsformen Dämmstoffe angeboten werden und wo diese zur Anwendung kommen können.

# → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

		anorganische Dämmstoffe									organische Dämmstoffe															
		synthetisch						natürlich			synthetisch									natürlich						
		Mineralwolle	Schaumglas	Blähglas	Kalziumsilikat	Aerogel	Pyrogene Kieselsäure	Blähton	Blähperl	Vermiculite expandiert	Polystyrol expandiert	Polystyrol-schaum extrudiert	Polyurethan-Hartschaum	Polyurethan-Ortschaum	Phenolharz-schaum	Melamin-schaum	Polyethylen-schaum	Polyester-faser	Holz-wolle	Holz-faser	Zellu-lose-fasern	Hanf-wolle	Schaf-wolle	See-gras	Bau-stroh	Kork expandiert
Dach und Decke	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckung	X	X		X	/		0	X	X	X	X	X	0	X					X	0	0				X
	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtung	X	X		0				X	X	X	X	X	0	X					X						X
	Außendämmung von Daches, der Bewitterung ausgesetzt (Umkehrdach)											X														
	Zwischensparrendämmung, zweischaliges Dach, nicht begehbare (aber zugängliche) oberste Geschossdecke	X		0				0	X	X	X		X		X	/		/	X	X	0	0	0	/		X
	Innendämmung der Decke (unterseitig) oder des Daches, Dämmung unter Sparren/Tragkonstrukt., abgehängte Decke etc.	X	X		0		/		X	X	X	X	X		X			/	X	X	0	0	0			X
	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich, ohne Schallschutzanforderungen	X	X	0			/	0	X	X	X	X	X		X				X	X		0	0			X
	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich, mit Schallschutzanforderungen	X							X	X	X						0			X			0			
Wand	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung	X	X		0	/		X	X	X	X	X		X				X	X		0	0		/	X	
	Außendämmung der Wand hinter Abdichtung		X			/	/			X	X	X		X												
	Außendämmung der Wand unter Putz	X	X		0		/		X	X	X	X	X		X			X	X					/	X	
	Dämmung von zweischaligen Wänden, Kerndämmung	X	X	0				X	X	X	X	X	0	X				X							X	
	Dämmung von Holzrahmen- und Holztafelbauweise	X		0				0	X	X			X				/	X	X	0	0	0	/	/	X	
	Innendämmung der Wand	X	X		0	/	/	0	X	X	X		X		X	/		X	X	0	0	0			X	
	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen	X							X	X							/									
	Dämmung von Rauntrennwänden	X	X					0	X	X						/			X	0	0	0			X	
	Außenliegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung)		X	0							0	X	0													
	Außenliegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung)		X	0							0	X	0													

Tab. 4 Unterscheidung von Dämmstoffen nach Anwendungsgebieten X = mit definierten Eigenschaften nach DIN V 4108-10 und bauaufsichtlicher Zulassung für Produkt oder Anwendung 0 = mit bauaufsichtlicher Zulassung für Produkt oder Anwendung / = noch selten als Wärmedämmung gebräuchlich

## → 6 Dämmsysteme

### 6.1 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.

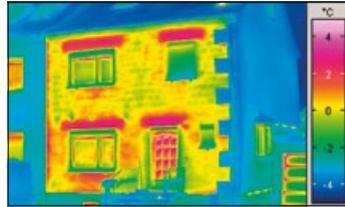


Abb. 37 Thermografieaufnahme eines halbseitig wärmedämmten Gebäudes

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.

#### 6.1.1 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 gedübelt. Anschließend wird eine Schicht aus Armierungsmörtel und -gewebe aufgebracht sowie die Fassade verputzt.

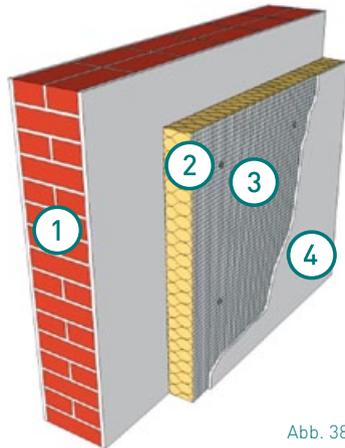


Abb. 38 Außendämmung mittels WDVS  
[1 = Mauerwerk, 2 = Dämmplatte, 3 = Armierungsmörtel und -gewebe, 4 = Mineralischer Außenputz]

Bei **hinterlüfteten Fassaden** werden Dämmplatten auf die Fassade zwischen einer Tragkonstruktion (z.B. Holz, Stahl) eingebracht. Darüber wird für die Winddichtheit und den Schlagregenschutz eine dampfdiffusionsoffene Folie (z.B. Unterdachbahn) befestigt. Zur Abführung von Feuchtigkeit wird zudem eine Belüftungsschicht zwischen der Dämmebene und der abschließenden Wetterschutzschale vorgesehen. Für diese Außenschale werden z.B. Holzschalungen, Schiefer, Natursteinplatten oder Fassadenpaneele verwendet.

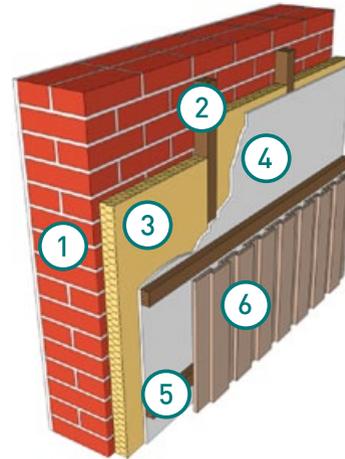


Abb. 39 Hinterlüftete Fassade  
[1 = Mauerwerk, 2 = Tragkonstruktion, 3 = Dämmplatte, 4 = dampfdiffusionsoffene Folie, 5 = Querlattung, 6 = Wetterschutzschale]

Für die Gewährleistung einer dauerhaften Funktionsfähigkeit einer Wärmedämmung sind die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller bzw. die Hinweise in den bauaufsichtlichen Zulassungen für WDV-Systeme zwingend zu beachten. Besonders müssen Anschlussdetails an Fenstern, Dach und Sockel fachlich richtig ausgeführt werden, damit kein Regenwasser in die Konstruktion eindringen kann. Häufig eingesetzte Dämmstoffe für diese Anwendung sind z.B. expandierter oder extrudierter Polystyrolschaum, Mineralwolle, PUR-Hartschaum oder Holzfaserdämmplatten.

#### 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.
- Eine 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 eine 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, da die Gefahr des Einfrierens von Leitungen reduziert wird.

#### 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 kann sich verringern.
- 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 Reihenhäusern, muss eine Abstimmung mit den 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.
- Außenoberflächen von WDVS unterschreiten häufig den Taupunkt. Besonders auf der Nordseite besteht dadurch verstärkt die Gefahr für Algenwachstum. Um dies zu verhindern werden in Putzen und Anstrichen häufig Biozide eingesetzt, die jedoch giftig sind. Durch Auswaschung können diese ins Grundwasser gelangen.

## 6.1.2 Innendämmung

Bei der Gebäudesanierung darf mitunter aus verschiedenen Gründen die Außenfassade nicht verändert werden. Seit ein paar Jahren kommen in solchen Fällen zunehmend Innendämmsysteme unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz. Diese bestehen meist aus einem speziellen Grundputz, einem abgestimmten Klebespachtel, entsprechenden Dämmplatten (Kalziumsilikat-, Mineral-schaum- oder Perliteplatten) sowie einem Systeminnenputz bzw. Spachtel. Die genannten Komponenten sind herstellerspezifisch aufeinander abgestimmt und sollten nur als Gesamtsystem zum Einsatz kommen. Innendämmsysteme haben meist feuchteregulierende Eigenschaften – d.h. sie können überschüssige Feuchtigkeit aus der Raumluft aufnehmen und später wieder abgeben.

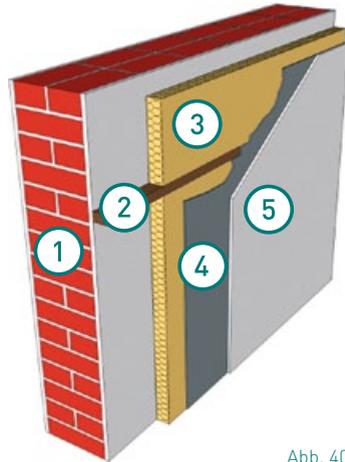


Abb. 40  
Innendämmung (diffusionsdicht)  
(1 = Mauerwerk, 2 = Unterkonstruktion, 3 = Dämmplatte, 4 = Dampfsperre, 5 = Gipskartonplatte)

dichten und dampfdiffusionsoffenen Konstruktionen unterschieden. 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.

Bei einer Innendämmung sollte das Austrocknungspotenzial der Wand weder nach innen noch nach außen 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 Kondensatausfall. 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.

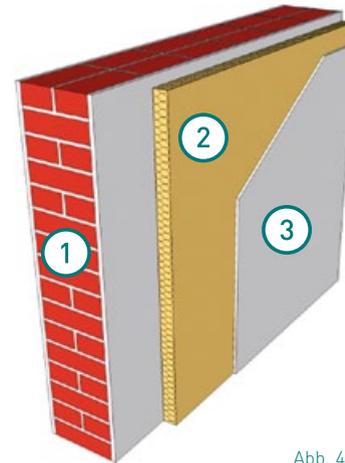


Abb. 41  
Innendämmung (diffusionsoffen, kapillaraktiv)  
(1 = Mauerwerk, 2 = Dämmplatte, 3 = Innenputz/Spachtel)

### Vorteile

- Die Innendämmung ist, speziell für historische und denkmalgeschützte Gebäude, die Alternative zur Außendämmung, 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 eine Innendämmung oft die einzige Möglichkeit.
- Die Innendämmung ist relativ kostengünstig. Kosten für die Einrüstung, Veränderungen im Dachüberstand usw. entfallen.
- Innendämmsysteme bieten die Möglichkeit zur energetischen Fassadensanierung, ohne aufwendige Gerüstbauten und ohne Eingriff in die Fassade von der Außenseite.
- 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 Trocknungspotenzials 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.



Abb. 42 Detail Innendämmung – Bereich Holzbalkendecke und einbindende Innenwand

## → 6 Dämmsysteme

### Nachteile

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

### 6.1.3 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 Hohlraum lückenlos und setzungssicher ausgefüllt ist.



Abb. 44  
Eingeblasener mineralischer Dämmstoff in einem zweischaligen Mauerwerk

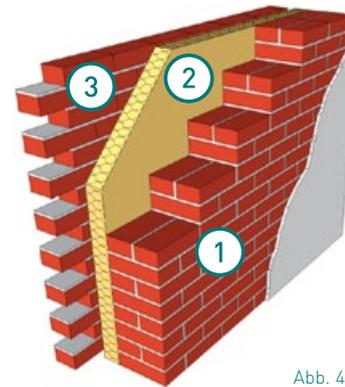


Abb. 43  
Kerndämmung  
(1 = Hintermauerschale,  
2 = Wärmedämmung,  
3 = Vormauerschale)

### 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 Dämmstoffeinführung 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.

### 6.2 Erdreichberührte Flächen

Die Nutzung erdberührter Gebäudebereiche bekommt einen immer höheren Stellenwert. So werden Kellerräume zunehmend als hochwertige 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. 45  
Kellerwandabdichtung und Perimeterdämmung (XPS)

Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung hat die Dämmung erdreichberührter Flächen weiter an Bedeutung gewonnen, da ein erheblicher Teil der Heizenergie über ungedämmte Kellerwände und -böden 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. extrudiertes Polystyrol-Hartschaum-Platten oder Schaumglas-Platten verwendet. Das Dämmmaterial wird dann außerhalb der wasserundurchlässigen Schicht (Bitumenanstrich oder Kunststoff-Folie) angebracht. Um bei Setzungen in der Baugrube Verschiebungen der Platten gegeneinander zu vermeiden, werden diese vollflächig verklebt. Neben den bereits genannten Dämmstoffen kommen zunehmend auch Recycling-Materialien, wie Glasschaum-Granulat und Glasschaum-Platten, zur Anwendung.

## 6.3 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, sodass ihre Dämmwirkung verloren geht.

Bei einer Dachkonstruktion aus Holz ist raumseitig eine Dampfbremse einzubauen und die Bauteilschichten nach außen hin zunehmend diffusionsoffener zu gestalten, so dass Feuchtigkeit, die aus der Raumluft in die Konstruktion gelangt, nach außen hin abtrocknen kann. Hinterlüftete Steildächer (Kaltdach) funktionieren nach diesem Prinzip zuverlässig, Flachdächer hingegen (insbesondere Holzkonstruktionen mit Dachbegrünung) gelten als problematisch, weil hier der zur Belüftung des Unterdaches notwendige thermische Auftrieb fehlt. Ist die Dachhaut von nicht hinterlüfteten Flachdächern (Warmdach) komplett dampfdicht, kommen zum Teil feuchteadaptive Dampfbremsen zum Einsatz. Diese verhindern das Eindringen von Dampf und ermöglichen gleichzeitig das Austrocknen der Konstruktion. Wichtig ist dabei, dass die Anschlüsse der Dampfbremse an die Dachkonstruktion absolut wind- und luftdicht ausgeführt werden.

### 6.3.1 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 Aufsparrendäm-

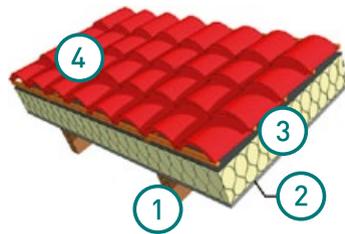


Abb. 46  
Aufsparrendämmung  
(1 = Sparren, 2 = Verkleidung, 3 = Wärmedämmung, 4 = Außenhaut)

mung wird häufig mit Polystyrol-Verbundplatten, Polyurethan-Platten oder Mineralwolle-Matten durchgeführt. Aber auch natürliche Dämmstoffe, wie druckfeste Holzfaser-Platten, sind für die Aufsparrendämmung einsetzbar.

#### 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 mitgenutzt 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.

### 6.3.2 Zwischensparrendämmung

Eine Zwischensparrendämmung wird zwischen den Dachsparren eingebaut. Geeignet sind Dämmstoffe, die eingeblasen werden können, wie Zellulose, Mineral- oder Holzfasern bzw. Mattendämmstoffe aus Mineral-, Holz- oder Hanfwolle. Bei regelmäßigen Sparrenabständen empfiehlt sich die Verlegung von Rollenware, wobei die Bahnen auf Sparrenbreite 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. Die Höhe der Sparren im Altbaubestand beträgt häufig nur 10 bis 14 cm. Der verfügbare Raum für eine Zwischensparrendämmung ist damit meist zu klein, um die Anforderungen an das GEG zu erfüllen. Deshalb ist es empfehlenswert, entweder die Stärke der Zwischensparrendämmung mittels einer Sparrenaufdopplung durch Bretter, Kanthölzer oder Sparrenexpander zu erhöhen oder zusätzlich eine Untersparrendämmung vorzusehen. Sparrenexpander dienen dazu, die verfügbare Höhe im Sparrenraum zu vergrößern und eine ebene Dachfläche zum Innenraum zu erzeugen.

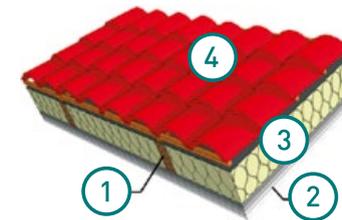


Abb. 47  
Zwischensparrendämmung  
(1 = Sparren, 2 = Verkleidung, 3 = Wärmedämmung, 4 = Außenhaut)

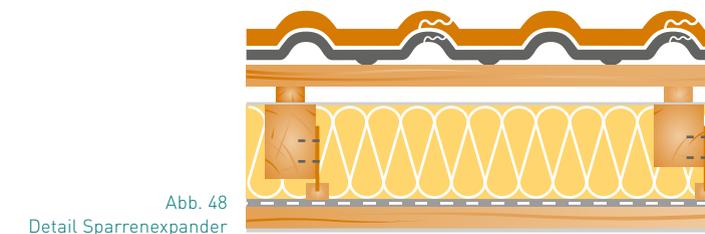


Abb. 48  
Detail Sparrenexpander

#### 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 umzusetzende 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

- Bei unsachgemäßen Einbau des Dämmstoffes können größere Wärmebrücken entstehen.
- Für einen sehr guten Wärmeschutz nach heutigen Anforderungen ist oft eine Sparrenaufdopplung erforderlich, dass einen Verlust an Wohnfläche bedeutet.
- Die raumseitige Innenverkleidung muss entfernt werden, wenn die bestehende Konstruktion auch keine Einblasdämmung zulässt.
- Die Maßnahme erfolgt von innen, wodurch beim nachträglichen Einbau eine Beeinträchtigung für die Bewohner durch Baumaterial und -staub entstehen kann.
- Einbindende Massivwände müssen eine Begleitdämmung erhalten, um Wärmebrücken zu vermeiden.

## → 6 Dämmsysteme

### 6.3.3 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. 50). Beim Einbau der Dämmung wird auf der Unterseite der Dachsparren raumseits der Dampfsperre eine zusätzliche Lattung angebracht, zwischen die dann die Dämmmatten geklemmt werden. Die bestehenden Sparren erhalten so eine Überdeckung mit einer vergleichsweise dünnen Dämmschicht. Anschließend kann die Verkleidung z.B. mit Gipskarton- oder Leimbau-Platten erfolgen.

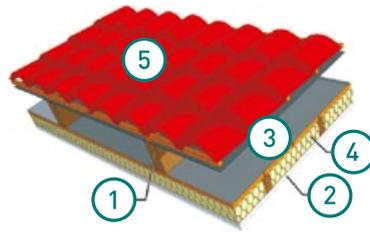


Abb. 49  
Untersparrendämmung  
(1 = Sparren, 2 = Verkleidung,  
3 = Sparrenzwischenraum,  
4 = Untersparrendämmung,  
5 = Außenhaut)

#### 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.

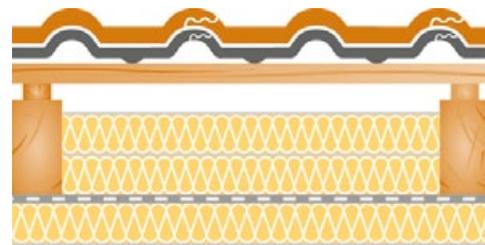


Abb. 50  
Zwischensparrendämmung +  
Untersparrendämmung

### 6.4 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, die zum Teil mehrschichtig verarbeitet werden. Zum Einsatz kommen z.B. Holzfaser-, Polystyrol-, Steinwolle- bzw. Hartschaum-Platten sowie Zellulose-Einblasdämmung.

Durch den Einbau einer Dampfbremse kann verhindert werden, dass Feuchtigkeit aus der Raumluft innerhalb der Dämmebene kondensiert. Diese ist immer auf der Raumseite der Dämmung anzubringen. Die Wärmedämmung der obersten Geschossdecke ist immer dann erforderlich, wenn der darüber befindliche Dachraum nicht beheizt wird. Im Fall gedämmter oberer Geschossdecken ist die Dämmung der Dachschrägen nicht notwendig.



Abb. 51 Holzfaser-Dämmplatten im Dachboden

### 6.4.1 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.

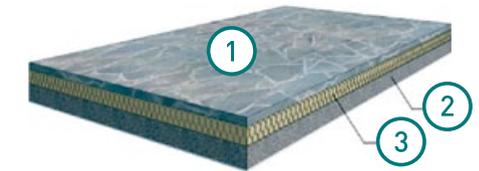


Abb. 52 Aufdeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Rohbaudecke, 3 = Wärmedämmung)

#### 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.

## → 6 Dämmsysteme

### 6.4.2 Zwischendeckendämmung

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



Abb. 53 Zwischendeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Wärmedämmung, 3 = Deckenverkleidung, 4 = Deckenbalken)

#### Vorteile

→ 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 das Entfernen der ursprünglich in der Decke vorhandenen schweren Schüttung und das Ersetzen dieser durch leichte Dämmstoffe geht wirksame Speichermasse verloren. Dadurch wird der Schallschutz zwischen den Geschossen ungünstiger und muss durch einen mehrschaligen Aufbau kompensiert werden. Bei einer Holzbalkendecke kann hingegen eine Unterdecke mit Federschien abgehängt und der Fußboden schwimmend verlegt werden.

→ Das Öffnen der Decke und das Entfernen der vorhandenen Schüttung stellt einen baulichen Eingriff dar, bei dem viel Bauschutt anfällt.



Abb. 54 Einbau einer Schüttung als Zwischendeckendämmung oder als Aufdeckendämmung

### 6.4.3 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.

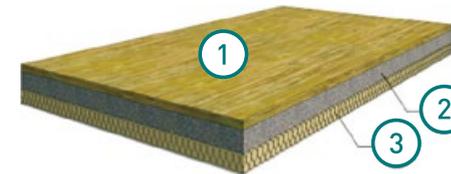


Abb. 55 Unterdeckendämmung  
(1 = Fußbodenaufbau, 2 = Rohbaudecke, 3 = Wärmedämmung)

#### Vorteile

→ Da die Deckenunterseite frei zugänglich ist, lässt sich die Maßnahme einfach umsetzen.

→ 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 Deckenauflegern und Wandanschlüssen unterbrochen wird.



Abb. 56 Unterdeckendämmung aus Mineralwolle

# → 7 Besonderheiten von Bestandsgebäuden



Abb. 57 Kennzeichnung Denkmal

## 7.1 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 wärmege-dämmt, sodass 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.

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 Heizung und Warmwasser in privaten Haushalten.

## 7.2 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 wurden. 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 des GEG eine wichtige Rolle. Passivhäuser und Plusenergiehäuser unterschreiten diese Anforderungen deutlich und setzen heute Maßstäbe für die energetische Qualität von Gebäuden.

## 7.3 Einsparpotenzial

Durch eine Sanierung bzw. Modernisierung unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben, 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.

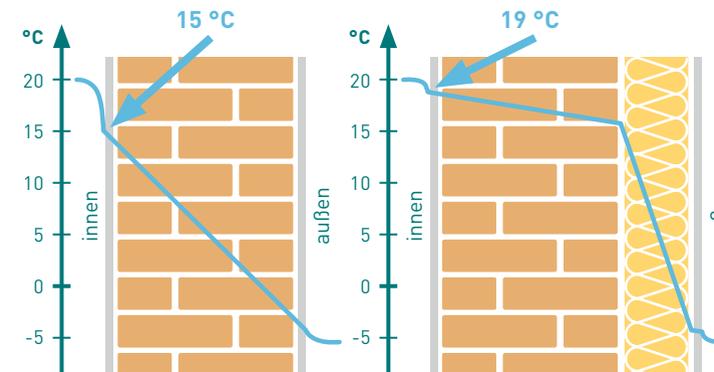


Abb. 58 Fachwerkhaus

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

Tab. 5 Verteilung der bestehenden Wohnfläche auf Baualtersklassen

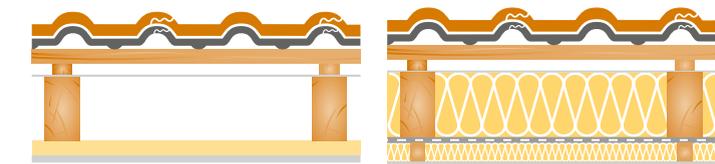
### Beispiel Außenwanddämmung



Bestand	Saniert
- 365 mm Ziegelwand - ohne Dämmung	- 365 mm Ziegelwand - mit 14 cm Dämmung (WLS 035)
<b>U-Wert = 1,54 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>U-Wert = 0,215 W/m<sup>2</sup>K</b>
Reduzierung der Wärmeverluste um 86 %. Jährliche Heizwärmeeinsparung von ca. 130 kWh pro m <sup>2</sup> Wandfläche ≈ 13 Liter Heizöl/m <sup>2</sup>	

Abb. 59 Beispiel Einsparpotenzial einer Außenwanddämmung

### Beispiel Dachdämmung



Bestand	Saniert
- Dachziegel, Trag- u. Konterlattung - Unterdachbahn (wenn vorh.) - Sparren 100/140 mm - HWL-Platte 30 mm (Sauerkrautplatte) - Innenputz 20 mm	- Dachziegel, Trag- u. Konterlattung - Unterdachbahn - Sparren 100/140 mm mit Mineralwolle 140 mm (WLS 035) - Dampfbremsfolie - Unterlattung 40/60 mm mit Mineralwolle 40 mm (WLS 035) - Gipskartonplatte 12,5 mm
<b>U-Wert = 1,40 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>U-Wert = 0,22 W/m<sup>2</sup>K</b>
Reduzierung der Wärmeverluste um 84 %. Jährliche Heizwärmeeinsparung von ca. 110 kWh pro m <sup>2</sup> Dachfläche ≈ 11 Liter Heizöl/m <sup>2</sup>	

Abb. 60 Beispiel Einsparpotenzial einer Dachdämmung

## → 7 Besonderheiten von Bestandsgebäuden

### Beispiel für Heizkostensparnis nach Umsetzung einer Außenwanddämmung

Bei diesem Wohngebäude wurden nach der Sanierungsmaßnahme bis zu 40 % der Heizkosten pro Jahr eingespart. Eine Amortisation der gesamten

Investitionskosten wird nach 12 Jahren eintreten. Diese Berechnung bezieht sich auf die realen Verbrauchskosten einer Beispielfamilie und berücksichtigt keine Nutzungs- bzw. Witterungsänderungen oder die Aufnahme eines Bankdarlehens für die Investitionskosten.

Jahr	Verbrauch in Liter/Jahr	Ø-Verbrauch in Liter/Jahr	Ø-Einsparung in €/Jahr	Beispielgebäude:		
<b>vor der Sanierung</b>				Zweifamilienhaus (EG, OG, DG), Baujahr 1927, 5 Personen, beheizte Wohnfläche ca. 170 m <sup>2</sup> , Heizungsart Ölkessel (eingebaut 1997)		
1997	3675,00	3760,20	0,00	<b>Sanierungsmaßnahme:</b> Erneuerung der Außenfassade (190 m <sup>2</sup> ) im Jahr 2007 mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit 10 cm Styropor WLS 035  <b>Sanierungskosten:</b> 13.356,23 € [Brutto]		
1998	2659,00		0,00			
1999	4179,00		0,00			
2000	4001,00		0,00			
2001	4220,00		0,00			
2002	2871,00		0,00			
2003	3764,00		0,00			
2004	4105,00		0,00			
2005	3314,00		0,00			
2006	4814,00		0,00			
<b>nach der Sanierung</b>				Ø-Einsparung in € pro Jahr bei 8 % Preissteigerung pro Jahr für Heizöl	kumulierte Einsparung in €	Amortisiert
2007	0,00	870,19				
2008	4591,00	999,55				
2009	2141,00	1.099,50				
2010	2455,00	1.006,44				
2011	2523,00	1.192,56				
2012	2153,00	1.361,45				
2013	2879,00	1.258,05				
2014	2345,00	1.171,88				
2015	2145,00	913,38				
2016	4200,00	999,55				
2017	0,00	1.085,72				
2018	- - -	1.172,57	13.130,85			
2019	- - -	1.266,38	14.397,23			
2020	- - -	1.367,69	15.764,92			

Tab. 6 Beispiel EFH Heizkostensparnis durch Außenwanddämmung

### 7.4 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 zu den 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 Nutzung der Räume ermittelt werden, in welcher Weise die Ertüchtigung der Bausubstanz erfolgen muss, um Fehler bei der Sanierung zu vermeiden.

#### TIPP! Energie-Effizienz-Experten hinzuziehen!

Die energieeffiziente Sanierung von Gebäuden und Baudenkmalern wird über KfW und BAFA gefördert. Energieberater helfen Bauherren dabei, ein geeignetes Sanierungskonzept zu entwickeln; [www.saena.de/energie-experten](http://www.saena.de/energie-experten) oder bundesweit unter [www.energie-effizienz-experten.de](http://www.energie-effizienz-experten.de).

### 7.5 Sanierung von Gebäuden unter Denkmalschutz

Ein nicht zu vernachlässigender Anteil vorhandener Bausubstanz steht als Kulturgut unter Denkmalschutz. Sachsen ist das Bundesland mit der höchsten Dichte an Baudenkmalen im Bereich innerstädtischer Wohngebäude. Als unersetzliche Zeugnisse der Geschichte verleihen sie der urbanen Umgebung vielerorts einen unverwechselbaren Charakter und prägen



Abb. 61 Innendämmung der Fassade eines denkmalgeschützten Gebäudes

so die Identität der Orte. Im Kontext mit der aktuellen demographischen Entwicklung, führen vergleichsweise hohe Energiekosten in Baudenkmalern zunehmend zu Leerstand. Dadurch werden Schäden am Gebäude begünstigt, die den Bestand gefährden. Im innerstädtischen Quartier führt ein ungepflegtes Erscheinungsbild der Bausubstanz außerdem dazu, dass der Verkehrswert der Immobilien sinkt und notwendige Investitionen durch diesen Wertverlust ausbleiben. Daher wurde die Sanierung unter energetischen Gesichtspunkten als außerordentlich wichtig erkannt und wird gefördert. Aus konstruktiv-technischer Sicht unterscheiden sich Baudenkmalern kaum vom normalen Altbaubestand, sodass es bei energetischen Sanierungen auch keine generellen Einschränkungen gibt. Trotz Ausnahmeregelungen für Denkmäler im GEG sollten Maßnahmen zur energetischen Optimierung erwogen werden. Dabei ist aber besondere Rücksicht geboten im Hinblick auf die wertvolle, historische Originalsubstanz und dessen Erscheinungsbild, das für die Wirkungsmöglichkeit des Denkmals von großer Bedeutung ist. Zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Fassaden ist daher der Einsatz von Innendämmsystemen meist die einzige Möglichkeit, sofern dadurch nicht der Verlust erhaltenswerter Innenausstattung droht. Die Detailplanung und Ausführung sollte in jedem Fall Fachleuten überlassen werden.

# → 8 Kostenvergleich

## 8.1 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 folgenden Übersichten (Tab. 7, 8) zeigen auf, mit welchen Kosten Bauherren pro Quadratmeter ungefähr rechnen müssen.

Maßnahme	Kosten pro m <sup>2</sup>
Dämmung luftberührter Außenwände mit Dämmplatten	80 bis 180 EUR
Dämmung erdberührter Außenbauteile <sup>1)</sup>	150 bis 200 EUR
Innendämmung	40 bis 150 EUR
Dämmung der obersten Geschossdecke <sup>2)</sup>	20 bis 40 EUR
Dämmung Gebäudedach	100 bis 120 EUR
Dämmung der Kellerdecke (von unten) <sup>3)</sup>	15 bis 40 EUR
Austausch der Fenster	150 bis 400 EUR
Austausch der Verglasung	100 bis 150 EUR

Tab. 7 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 die Aussage getroffen werden, dass sich Maßnahmen zur Sanierung der Geschossdecken sehr rasch amortisieren. Gleichbleibende Energiepreise vorausgesetzt – 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 daraus resultierende Energieeinsparungen 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. Werden nur Teile der Gebäudehülle gedämmt, können unter Umständen Wärmebrücken entstehen, die langfristig zu Bauschäden führen können. Deshalb ist es ratsam, auch bei „kleineren“ Umbauten, die in Eigenleistung erbracht werden, einen Fachmann zu konsultieren und zu klären ob und welche zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz der Bausubstanz notwendig sind.



Abb. 62

<sup>1)</sup> Erfolgt in der Regel im Zuge von Abdichtungsarbeiten (Horizontal-/Vertikalsperre) wegen hoher Kosten für Erdarbeiten.  
<sup>2)</sup> Decke nach Einbringen einer reinen Schütttdämmung nicht mehr begehrbar.  
<sup>3)</sup> Eine nachträgliche Dämmung der Kellerdecke von oben zieht Kosten u.a. zur Erneuerung des Bodenbelags inkl. Estrich sowie eine Anpassung von Durchgangshöhen und Türen nach sich und lässt sich deshalb nicht pauschal angeben.

	Handelsform*	λ [W/(mK)]		Materialkosten [€/m <sup>2</sup> ]**			
		von	bis	von	bis		
anorganische Dämmstoffe	synthetisch	Mineralwolle	M, P, E	0,032	0,045	5	10
		Schaumglas	P, S	0,040	0,067	40	65
		Blähglas	P, S	0,070	0,095	175	185
		Kalziumsilikat	P	0,045	0,080	78	130
		Aerogel	M, P, E	0,014	0,021	180	1500
		Pyrogene Kieselsäure	P	0,020	0,023	120	-
	natürlich	Blähton	S	0,085	0,160	8	20
		Blähperlit	E, S, P	0,050	0,110	10	60
		Vermiculite expandiert	S	0,046	0,070	8	15
organische Dämmstoffe	synthetisch	Polystyrol expandiert (EPS)	E, P	0,032	0,045	5	10
		Polystyrolschaum extrudiert (XPS)	E, P	0,030	0,045	10	20
		Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR)	P	0,024	0,030	15	25
		Polyurethan-Ortschaum (PUR)	F	0,024	0,030	-	-
		Phenolharzschäum	P	0,024	0,030	20	30
		Melaminschaum	M	0,022	0,040	60	85
		Polyethylenschaum	M	0,035	-	35	160
		Polyesterfaser	M	0,033	0,045	25	30
		natürlich	Holzfaser	P, S	0,038	0,052	20
	Holzwolleplatte (HWL)		E, M, P	0,090	0,045	5	40
	Zellulosefasern		E, P, S	0,040	0,083	3	25
	Hanfwohle		E, S, P, M	0,040	-	6	30
	Schafwohle		M, P, S	0,040	0,050	11	30
	Seegras		S	0,043	0,049	11	30
	Baustroh	S, P	0,052	0,080	3	20	
Kork expandiert	S, P	0,040	0,060	12	50		

Tab. 8 Übersicht Dämmmaterialien (Preissspiegel) \* M = Matte P = Platte S = Schüttung/Stopfdämmung E = Einblasdämmung F = Ortschaum \*\* bezogen auf 10 cm Stärke alle Kosten abhängig von Einbauart und ggf. Zusammensetzung

## → 8 Kostenvergleich

Moderne Wärmedämm-Verbundsysteme (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 bis 80 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 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.

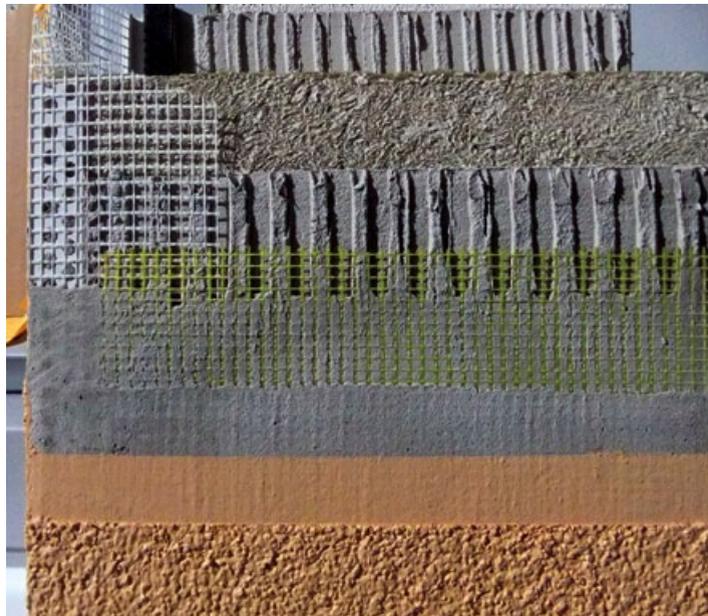


Abb. 63 Aufbau eines Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS)

### 8.2 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 Effizienzstandard für den Wärmeschutz wird durch Anforderungen für Neubauten in der Energieeinsparverordnung definiert. Für die Erfüllung der im Vergleich dazu geringeren Forderungen bei der Sanierung bestehender Gebäude ist, aufgrund der älteren Konstruktion, in der Regel der gleiche Kostenaufwand für die Umsetzung einer Dämmmaßnahme erforderlich.

Bei der Entscheidung, ob ein bestehendes Gebäude saniert oder ein Neubau errichtet werden soll, spielen auch individuelle Anforderungen und Vorlieben eine Rolle, die finanziell 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. Doch die Sanierung eines Gebäudes im Bestand hat auch ihre Reize: Das Gebäude trägt oft einen sehr eigenen Charakter und befindet sich in einer über lange Zeit gewachsenen urbanen Umgebung.

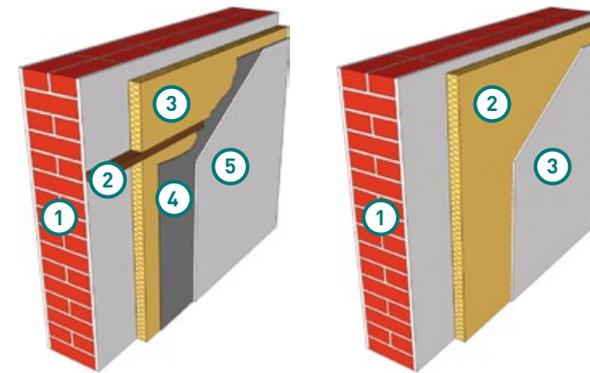
Jeder potenzielle Bauherr muss selbst entscheiden, welche Prämissen er setzt.

Für Ratsuchende, die ein Gebäude errichten oder sanieren möchten stehen Architekten und Ingenieure der SAENA als Ansprechpartner zur Verfügung. Ob am Telefon, in persönlichen Gesprächen, auf Veranstaltungen oder Fachmessen, nehmen sich die kompetenten Fachleute Ihrer Fragen an.

Gerne können Sie sie anrufen und einen kostenfreien Beratungstermin unter 0351 4910-3179 vereinbaren!

## → 9 U-Wert-Berechnung

### 9.1 Berechnung der U-Werte von Bauteilen?



- Benötigte Angaben:**
- Bauteilaufbau mit Anzahl der Schichten
  - Dicke der einzelnen Schichten [m]
  - Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der einzelnen Baustoffe [W/mK]
  - Verlauf des Wärmestroms ( $R_{si}$  und  $R_{se}$  [m<sup>2</sup>K/W])

Baustoff	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$
Stahl	50 W/(mK)
Beton	2,1 W/(mK)
Vollziegel	0,81 W/(mK)
Mineralwolle	0,035 W/(mK)

Richtung des Wärmestroms	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
$R_{si}$ in m <sup>2</sup> · K/W	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$ in m <sup>2</sup> · K/W	0,04	0,04	0,04

Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  (raumseitig) und  $R_{se}$  (außen) sind in DIN EN ISO 6946 enthalten.

#### 1. Berechnung Wärmedurchgangswiderstand $R_T$ für ein Bauteil

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Der **Wärmedurchlasswiderstand R** einer Bauteilschicht ist umso größer, je dicker die Schicht ist und je niedriger die **Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$**  des Baustoffes ist:

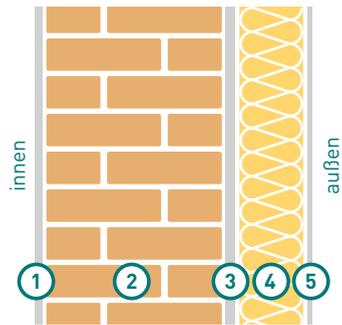
$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

#### 2. Mit erhaltenem $R_T$ -Wert den U-Wert berechnen

$$U = \frac{1}{R_T} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

- Folgerung:**
- Je größer  $R_T$  desto kleiner der U-Wert.
  - Je kleiner der U-Wert desto besser dämmt das Bauteil.

9.2 Beispiel Außenwanddämmung



Wandaufbau innen nach außen:

- ① → 1,5 cm Kalk-Zement-Innenputz,  $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$
- ② → 36,5 cm Ziegelmauerwerk Vollziegel, Rohdichte  $1800 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow \lambda = 0,81 \text{ W/mK}$
- ③ → 2,0 cm Kalk-Zement-Außenputz,  $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$
- ④ → 14,0 cm Wärmedämmung,  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
- ⑤ → 1,0 cm Armierungsputz und Feinputz,  $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$

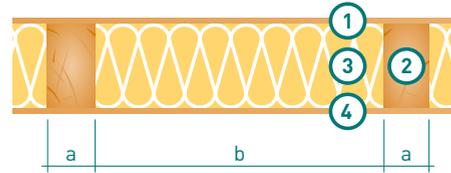
$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,015 \text{ m}}{1,00 \text{ W/mK}} + \frac{0,365 \text{ m}}{0,81 \text{ W/mK}} + \frac{0,020 \text{ m}}{1,00 \text{ W/mK}} + \frac{0,14 \text{ m}}{0,035 \text{ W/mK}} + \frac{0,010 \text{ m}}{1,00 \text{ W/mK}} + 0,04$$

$$R_T = 4,67 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,67 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = 0,214 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

9.3 Beispiel Dachdämmung



Aufbau Schicht a:

- ① → 1,0 cm Schalung,  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- ② → 18,0 cm Sparren,  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- ④ → 1,0 cm Schalung,  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

$$R_{T1} = 0,10 + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,18}{0,13} + \frac{0,01}{0,13} + 0,04$$

$$R_{T1} = 0,10 + 0,077 + 1,385 + 0,077 + 0,04 = 1,679$$

$$U_1 = \frac{1}{1,679} = 0,596 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aufbau Schicht b:

- ① → 1,0 cm Schalung,  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
- ③ → 18,0 cm Dämmung,  $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
- ④ → 1,0 cm Schalung,  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

$$R_{T2} = 0,10 + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,18}{0,045} + \frac{0,01}{0,13} + 0,04$$

$$R_{T2} = 0,10 + 0,077 + 4 + 0,077 + 0,04 = 4,294$$

$$U_2 = \frac{1}{4,294} = 0,233 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_m = \frac{0,569 \cdot 100 + 0,233 \cdot 600}{700} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Mittlerer U-Wert bei inhomogenen Schichten:

$$U_m = \frac{U_1 \cdot a + U_2 \cdot b}{a + b}$$

Absolute Luftfeuchtigkeit  $\rho_w$  bzw.  $\rho_d$

Als absolute Luftfeuchtigkeit wird der Wasserdampfgehalt der Luft bezogen auf 1 kg oder 1 m<sup>3</sup> Trockenluft bezeichnet. Als Maßeinheit wird g/kg bzw. g/m<sup>3</sup> verwendet.

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  $w_{sat}$  beziffert den Wassergehalt bei freier Sättigung bzw. die Porosität, die dem Feuchtetransport zur Verfügung steht. Dieser Wassergehalt wird bei direktem Kontakt des Baustoffes mit flüssigem Wasser erreicht (kapillares Saugen). Beide Kennwerte werden in der Einheit dargestellt bzw. in kg/m<sup>3</sup> angegeben.

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 Temperatur- bzw. Dichteunterschieden. Von baupraktischer Bedeutung sind Wärmetransportprozesse durch Luftkonvektion in Räumen und in Bauteilen (Luft-durchströmte Wände und Dächer bei großen Temperaturunterschieden).

Relative Luftfeuchtigkeit  $\phi$

Das Verhältnis aus tatsächlich vorhandenem und maximal möglichem Wasserdampfgehalt in der Luft bezeichnet man als relative Luftfeuchtigkeit. Sie wird in Prozent angegeben und ist u.a. abhängig von der Lufttemperatur sowie dem Luftdruck. Um das Auftreten von Schimmelpilzen zu vermeiden, sollte die relative Luftfeuchtigkeit an den Wandoberflächen 70 % nicht übersteigen.

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.

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.

Taupunkttemperatur  $\tau$

Sinkt die Temperatur der Luft, sinkt damit auch ihre Wasseraufnahmefähigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt an, bis die Luft mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist und es schließlich zum Tauwasserausfall kommt. Findet der Vorgang im Material statt, wird dieses auch als überhygroscopische Feuchte bezeichnet.

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.

## Wasserdampfdiffusion

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.

## Wärmebrücken

Örtlich begrenzte Schwachstellen in den Außenbauteilen, an denen mehr Wärme nach außen gelangt (Transmission) als bei angrenzenden Flächen oder Bauteilen. Eine Wärmebrücke entsteht geometrisch bedingt (z.B. an Kanten, Ecken) aber auch aufgrund von Anschlüssen und Durchdringungen oder durch ungedämmte Betonpfeiler, Ringanker, Betonstursträger oder Balkonplatten, die meist Mängel in der Planung und Bauausführung darstellen. Die Folge der Wärmebrücken sind höhere Wärmeverluste und somit eine niedrigere Oberflächentemperatur auf der Rauminnenseite, wodurch die Gefahr von Tauwasserausfall und Schimmelbildung besteht. Neben den hygienischen Problemen besteht gleichzeitig die Gefahr von Bauschäden durch Schwitzwasserbildung.

## Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) in $[W/m^2K]$

Der Wärmedurchgangskoeffizient (auch U-Wert genannt) beschreibt den Wärmestromdurchgang durch die gesamte Wandkonstruktion, wenn sich die Temperatur auf der Innenseite um 1 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.

## Wärmedurchgangswiderstand $R_T$ in $[m^2K/W]$

Der Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  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.

## Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in $[W/(mK)]$

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 angegeben). Sie hängt im Wesentlichen vom Porenvolumen, vom Gefügebau, der Rohdichte, der Temperatur und der Feuchtigkeit eines Stoffes ab.

## Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)

Wärmeleitfähigkeitsstufe oder auch Wärmeleitstufe (WLS) gibt die Dämmwirkung von Dämmstoffen an. Sie dient der besseren Klassifizierung anhand ihrer Wärmeleitfähigkeit. Je niedriger der Wert, desto besser dämmt ein Dämmstoff. Die WLS erlaubt im Gegensatz zur älteren WLG die Unterteilung in 1er-Schritten. Der Wert errechnet sich aus dem Wert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ . Von diesem sind es die letzten drei Ziffern nach dem Komma (z.B. WLS 033).

## Wärmespeicherfähigkeit $\rho \cdot c$

Die Wärmespeicherfähigkeit eines Bauteils entspricht dem Produkt aus der spezifischen Wärmekapazität  $c$  und der Einbaudichte des Stoffes  $\rho$   $[kg/m^3]$ . 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.

## Literatur

Dämmstoffe – Grundlagen, Materialien, Anwendungen (2007); Pfundstein, Gellert, Spitzner, Rudolphi; Verlag: Detail

Wärmedämmstoffe – Kompass zur Auswahl und Anwendung (2013); Drewer, Paschko, Paschko, Patschke; Verlag: Rudolf Müller

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

Dämm- & Baustoffe (2001): Umwelt.de Medienservice AG (Hrsg.), InternetHomepage, 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 Phenolharzhartschaum (PF) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13166:2001

## Tabellen

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

Tab. 7 Überschlägliche Kosten für verschiedene Maßnahmen zur Wärmedämmung inklusive Montage (Quelle: www.energiesparen-im-haushalt.de / 15.09.2009)

## Abbildungen

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

Abb. 12: Geocell (R) Schaumglas GmbH

Abb. 14: HECK Wall Systems GmbH

Abb. 15: Promat GmbH

Abb. 18: Isola-Mineralwolle-Werke, www.isola-mineralwolle.de

Abb. 22: Cellofoam GmbH & Co. KG

Abb. 24: Haco Bond(R), www.ziegler.eu

Abb. 25: Fibrolith Dämmstoffe GmbH

Abb. 29: Villgrater Naturprodukte Josef Schett KG

Abb. 31: Baustroh GmbH, www.baustroh.de

Abb. 32: Haacke Cellco GmbH

Abb. 33: Wienerberger GmbH

Abb. 34: CVR S.r.l. (Italien)

# Impressum

## Herausgeber

**Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH**

Pirnaische Straße 9

01069 Dresden

Telefon: 0351 4910-3179

Telefax: 0351 4910-3155

E-Mail: [info@saena.de](mailto:info@saena.de)

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

## Redaktion

**Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH**

**Technische Universität Dresden**

**Institut für Bauklimatik**

## Gestaltung

**Michael Buddrus**

grafik + illustration

## Druck

**fehldruck GmbH**

## Weitere Informationen unter:

**Beratertelefon: 0351 4910-3179**

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

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

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

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

[www.saena.de/energieportal-sachsen](http://www.saena.de/energieportal-sachsen)

[www.saena.de/digitale-bauherrenmappe](http://www.saena.de/digitale-bauherrenmappe)

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

**6. Auflage | überarbeiteter Nachdruck | November 2020**