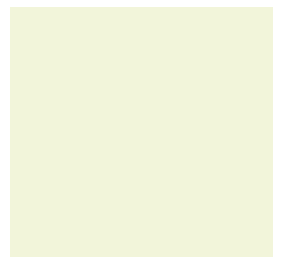
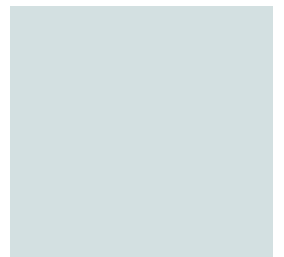
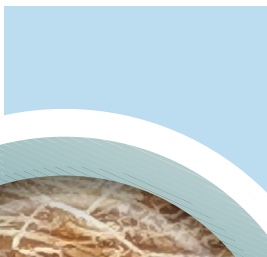
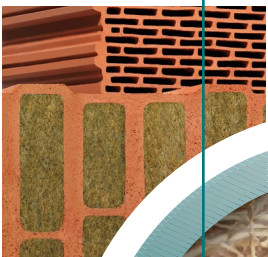
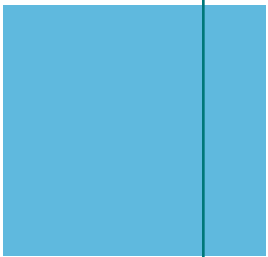
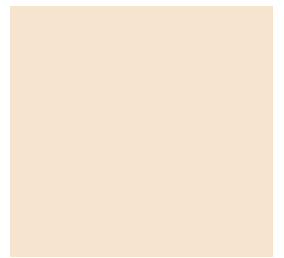
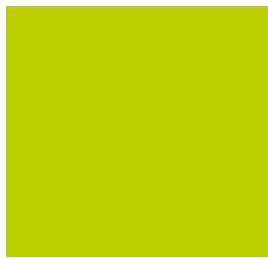


# GEBÄUDEDÄMMUNG

## BAUSTOFFE MIT POTENZIAL



saena  
Sächsische  
Energieagentur GmbH



## → Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>04</b>	<b>9</b>	<b>U-Wert-Berechnung</b> .....	<b>44</b>
			9.1	Berechnung der U-Werte von Bauteilen .....	44
			9.2	Beispiel Außenwanddämmung .....	45
			9.3	Beispiel Dachdämmung .....	45
<b>2</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen</b> .....	<b>05</b>	<b>10</b>	<b>Glossar</b> .....	<b>46</b>
2.1	Mindestwärmeschutz .....	05		Absolute Luftfeuchtigkeit $\rho_w$ bzw. $\rho_d$ .....	46
2.2	Gebäudeenergiegesetz (GEG) .....	05		Ausgleichsfeuchte $w_{B0}$ und Sättigungsfeuchtegehalt $w_{sat}$ .....	46
				Konvektion .....	46
<b>3</b>	<b>Bauphysikalische Grundlagen</b> .....	<b>06</b>		Relative Luftfeuchtigkeit $\phi$ .....	46
3.1	Winterlicher Wärmeschutz .....	06		Spezifische Wärmekapazität $c$ .....	46
3.2	Sommerlicher Wärmeschutz .....	07		Strömung .....	46
3.3	Baulicher Feuchteschutz .....	07		Taupunkttemperatur $\tau$ .....	46
3.4	Klimabedingter Feuchteschutz .....	08		Wasseraufnahmekoeffizient $A_w$ .....	46
3.5	Brandschutz .....	09		Wasserdampfdiffusion .....	46
3.6	Schallschutz .....	09		Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu$ .....	47
				Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d$ .....	47
<b>4</b>	<b>Besondere Produkteigenschaften und ökologische Aspekte</b> ..	<b>10</b>		Wärmebrücken .....	47
				Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) in $[W/m^2K]$ .....	47
<b>5</b>	<b>Klassifizierung der Dämmstoffe</b> .....	<b>11</b>		Wärmedurchgangswiderstand $R_T$ in $[m^2K/W]$ .....	47
5.1	Dämmstoffarten .....	11		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in $[W/(mK)]$ .....	47
5.1.1	Anorganische Dämmstoffe .....	12		Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) .....	47
5.1.2	Organische Dämmstoffe .....	15		Wärmespeicherfähigkeit $\rho \cdot c$ .....	47
5.1.3	Ausgewählte weitere Dämmstoffe .....	19			
5.2	Materialeigenschaften und Handelsformen .....	20			
5.3	Anwendungsgebiete .....	22			
<b>6</b>	<b>Dämmsysteme</b> .....	<b>24</b>			
6.1	Außenwände .....	24			
6.1.1	Außendämmung .....	24			
6.1.2	Innendämmung .....	26			
6.1.3	Kerndämmung .....	30			
6.2	Erdreichberührte Wände .....	31			
6.3	Dächer .....	31			
6.3.1	Steildächer .....	31			
6.3.2	Flachdächer .....	34			
6.4	Geschossdecken .....	34			
6.4.1	Oberste Geschossdecke .....	35			
6.4.2	Unterste Geschossdecke .....	36			
<b>7</b>	<b>Besonderheiten von Bestandgebäuden</b> .....	<b>38</b>			
7.1	Charakterisierung des Gebäudebestands .....	38			
7.2	Anforderungen an Wohngebäude früher und heute .....	38			
7.3	Einsparpotenzial .....	38			
7.4	Bauzustandsanalyse – Sollzustand definieren .....	41			
7.5	Sanierung von Gebäuden unter Denkmalschutz .....	41			
<b>8</b>	<b>Kostenvergleich</b> .....	<b>42</b>			
8.1	Allgemeines .....	42			
8.2	Kosten bei Neubau oder Sanierung .....	43			
				<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>48</b>

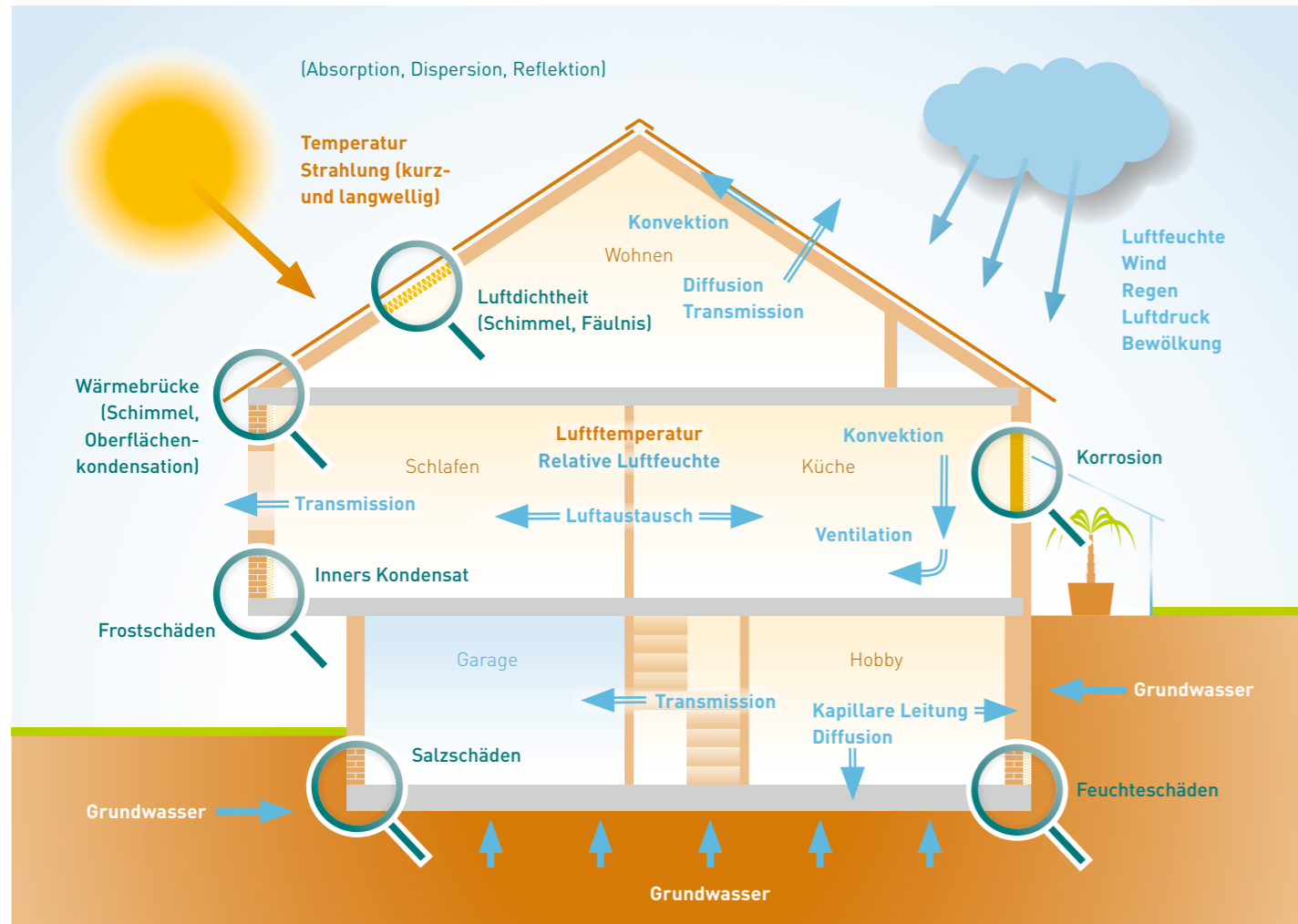
### Haftungsausschluss – Inhalt

Mit dieser Informationsbroschüre möchte die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH Bauherren, Eigentümer, Käufer, Neumieter, 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.



Prinzip – Wechselwirkungen am und im Gebäude

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 Techniken 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 innerhalb der Bauteillebensdauer rentiert.

Allerdings wird die Dämmung von Gebäuden teilweise auch recht kontrovers diskutiert, da Fehler bei der Planung oder eine unsachgemäße Ausführung gelegentlich 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.

Eine fachgerecht durchgeführte Gebäudedämmung ist eine wertsteigernde Maßnahme und erhöht die Attraktivität am Immobilienmarkt.

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 Dämmkonzeptes 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, aber auch von Innenbauteilen als Grenze zu wesentlich anders konditionierten Bereichen, muss zuerst immer der bauliche Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 betrachtet werden. Die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes dient der Vermeidung von Schimmelpilzbildung sowie der Vermeidung von Oberflächenkondensat und soll ein für die Bewohner hygienisches Raumklima sicherstellen. Hierfür sind festgelegte maximale Wärmedurchlasswiderstände (R) von flächigen Bauteilen einzuhalten. Außerdem darf im Bereich von Wärmebrücken (z.B. an Außenwanddecken, Fensteranschlüssen, einbindenden Geschossdecken) die relative Luftfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum 80 % überschreiten. Dies entspricht unter den stationären Randbedingungen nach DIN 4108-2 (20 °C und 50 % r.LF.) einer raumseitigen Oberflächentemperatur von 12,6 °C.

### 2.2 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

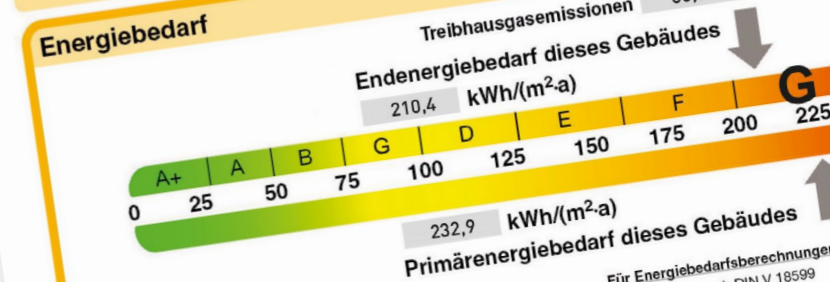
2020 wurden das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) im Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden – kurz Gebäudeenergiegesetz (GEG) – zusammengeführt. Neben der Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts wurden die Anforderungen aus der EU-Gebäuderichtlinie und dem nationalen Aktionsplan „Energieeffizienz“ berücksichtigt. Das GEG stellt unter Wahrung des Wirtschaftlichkeitsgebotes Anforderungen an zu errichtende Gebäude sowie an bestehende Gebäude, wenn Änderungen, Erweiterungen oder Ausbauten sowie erstmalige Einbauten an der Gebäudehülle vorgenommen werden sollen.

Bei einer Sanierung von Bestandsgebäuden müssen Außenbauteile einen maximalen U-Wert einhalten (Bauteilnachweis), wenn diese nicht bereits festgelegte bauteilbezogene Sonderregelungen erfüllen. Alternativ kann eine Gesamtbilanzierung für das komplette Gebäude durchgeführt werden. Dabei dürfen die genannten Anforderungen  $Q_p$  und  $H_T$  eines vergleichbaren Neubaus 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.

## ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 79 ff. Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 16.10.2023  
 Registriernummer: SN-2025-00

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes



Endenergiebedarf dieses Gebäudes: 210,4 kWh/(m²·a)  
 Primärenergiebedarf dieses Gebäudes: 232,9 kWh/(m²·a)

Anforderungen gemäß GEG 2:  
 Primärenergiebedarf: Ist-Wert 232,9 kWh/(m²·a), Anforderungswert 112,4 kWh/(m²·a)  
 Energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>T</sub>: Ist-Wert 0,68 W/(m²·K), Anforderungswert 0,56 W/(m²·K)  
 Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)  eingehalten

### Angaben zur Nutzung erneuerbarer Energien

Nutzung erneuerbarer Energien<sup>1</sup>:  für Heizung  für Warmwasser  
 Nutzung zur Erfüllung der 65%-EE-Regel gemäß § 71 Absatz 1 in Verbindung mit Absatz 2 oder 3 GEG  
 Erfüllung der 65%-EE-Regel durch pauschale Erfüllungsoptionen nach § 71 Absatz 1, 3, 4 und 5 in Verbindung mit § 71b bis h GEG:  
 Hausübergabestation (Wärmepumpe) (§ 71b)  
 Wärmepumpe (§ 71c)  
 Stromdirektheizung (§ 71d)  
 Solarthermische Anlage (§ 71e)  
 Heizungsanlage für Biomasse oder Wasserstoff-derivate (§ 71f.g)  
 Wärmepumpe-Hybridheizung (§ 71h)  
 Solarthermie-Hybridheizung (§ 71i)  
 Dezentrale, elektrische Warmwasserbereitung (§ 71 Absatz 5)  
 Erfüllung der 65%-EE-Regel auf Grundlage einer Berechnung im Einzelfall nach § 71 Absatz 2 GEG:  

Art der erneuerbaren Energie:	Anteil Wärmebereitstellung <sup>2</sup> :	Anteil EE <sup>3</sup> der Einzelanlage:	Anteil EE <sup>4</sup> aller Anlagen <sup>5</sup> :
	%	%	%
	%	%	%
	Summe <sup>6</sup> :		
	%		

 Nutzung bei Anlagen, für die die 65%-EE-Regel nicht gilt:  

Art der erneuerbaren Energie:	Anteil EE <sup>7</sup> :
	%
	%
	Summe <sup>8</sup> :
	%

 weitere Einträge und Erläuterungen in der Anlage

<sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises  
<sup>2</sup> nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 80 Absatz 2 GEG  
<sup>3</sup> Mehrfachnennungen möglich  
<sup>4</sup> EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus  
<sup>5</sup> Anteil der Einzelanlage an der Wärmebereitstellung aller Anlagen  
<sup>6</sup> Anteil EE an der Wärmebereitstellung der Einzelanlage/aller Anlagen  
<sup>7</sup> nur bei einem gemeinsamen  
<sup>8</sup> Summe einschließlich Anlagen, die vor dem Einzug in das Gebäude eingeregelt sind  
<sup>9</sup> Anteil EE an der Wärmebereitstellung

Energieausweis für Wohngebäude gemäß GEG

# → 3 Bauphysikalische Grundlagen

## 3.1 Winterlicher Wärmeschutz

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

Eine wesentliche bauphysikalische Größe im Zusammenhang mit dem winterlichen Wärmeschutz ist der sogenannte Wärmedurchgangskoeffizient oder auch U-Wert. Er beschreibt den Wärmedurchgang durch eine Bauteilfläche. 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 eine Bandbreite für den  $\lambda$ -Wert von 0,01 - 0,1.

Bei der Sanierung einzelner Außenbauteile der thermisch relevanten Hüllfläche sind die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten gemäß GEG (Anlage 7) einzuhalten (in Tabelle 1 zusammengefasst).

Falls alternativ eine Gesamtbilanzierung des Gebäudes durchgeführt wird, kann eine Kompensation ungünstiger Bauteile mit besser gedämmten Bauteilen erfolgen. Dazu wird das Gebäude mit einem sog. Referenzgebäude gleicher Kubatur und Ausrichtung verglichen.

Erneuerung, Ersatz oder erstmaliger Einbau von Bauteilen	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Raum-Solltemperatur von $\geq 19\text{ °C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Raum-Solltemperatur von $12 \leq 19\text{ °C}$
	Höchstwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{\text{max}}$ in $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	
Außenwand, Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	0,24	0,35
Außenwand gegen Erdreich oder gegen unbeheizte Räume (außer Dachräume)	0,3	Keine Anforderung
Decken an Erdreich oder zu unbeheizten Räumen	0,5	Keine Anforderung
Dach, obertse Geschossdecke, Wände zu Abseiten	0,24	0,35
Dachflächen mit Abdichtung	0,2	0,35
Fenster und Fenstertüren	1,3	1,9
Außentüren	1,8	1,8
Dachflächenfenster	1,4	1,9

Tab. 1 Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei Erneuerung, Ersatz oder erstmaligem Einbau von Bauteilen

## 3.2 Sommerlicher Wärmeschutz

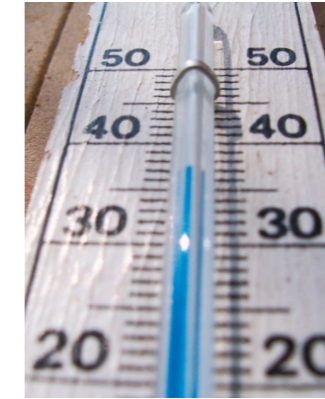
Während im Winter versucht wird, die Wärme im Gebäude zu halten, muss im Sommer verhindert werden, dass sich die Räume zu stark erwärmen. Diese Aufgabe übernimmt die Wärmedämmung.

Dennoch kann sich ein Gebäude im Sommer zu sehr aufheizen. Grund dafür ist die intensive Sonnenstrahlung, die als kurzwellige Strahlung über die Fenster einfällt, von Bauteilen und Einrichtungsgegenständen absorbiert wird und von dort die Raumluft erwärmt.

Die Wärmeenergie, die einmal über die Fenster „eingefangen“ wurde, wird nur sehr eingeschränkt (hauptsächlich über Lüftung) wieder nach außen abgegeben. Daher ist es vor allem 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 der Außenseite her, z.B. durch außenliegende Jalousien. Ein Vorteil kann so bewusst ausgenutzt werden: Während die Sonne im Winter sehr tief steht, strahlt sie im Hochsommer viel steiler auf die Erde. Es ist also durchaus möglich, die Sonnenenergie im Winter gezielt über Fensterflächen zu „ernten“ und sie im Sommer durch Verschattungs-Elemente „auszusperren“. Dachflächenfenster sollten mit einer außen angeordneten Verschattungseinrichtung ausgestattet werden, um die direkte Sonneneinstrahlung im Sommer wirksam zu reduzieren.
- 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. Eine mechanische Lüftungsanlage mit vorgeschaltetem Erdwärmetauscher kann auch während des Tages gekühlte Luft in die Räume leiten.
- Ebenfalls spielt die Masse der Bauteile und deren Wärmekapazität eine wichtige Rolle. Gerade in älteren Gebäuden bleiben die Innenräume aufgrund ihrer massiven Bauweise im Sommer selbst an Nachmittagen noch angenehm kühl. Räume mit leichten Konstruktionen hingegen heizen sich schneller auf.



## 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 Materials herabgesetzt. Daher sollten Baukonstruktionen so gestaltet sein, dass sie 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 kann auch zu hygienischen Beeinträchtigungen (Schimmelpilzwachstum) und dauerhaften Schäden an der Gebäudekonstruktion (z.B. Hausschwamm an Holzkonstruktionen) führen.

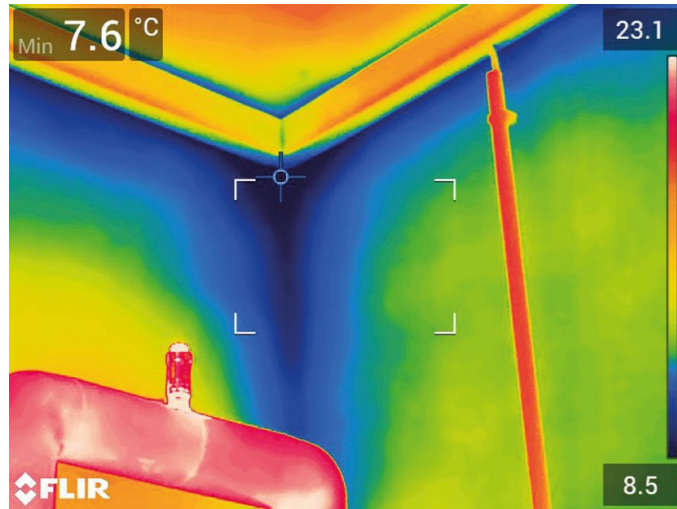
Zur Vermeidung von Schäden an Bauwerken durch Feuchte tragen unterschiedliche Maßnahmen bei. Schon bei der Errichtung sollte der Eintrag von Baufeuchte durch Verwendung möglichst trockener Materialien reduziert bzw. eine ausreichende Trocknungszeit in den Bauablauf mit einkalkuliert werden. Gegen aufsteigende 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 auf die Sicherstellung eines hinreichenden Schlagregenschutzes zu achten. Darauf wird im Kapitel Innendämmung näher eingegangen.



Messmethoden zur kapillaren Wasseraufnahme an Fassaden: Prüfröhrchen nach Pleyers und Prüfplatte nach Dr. Franke

## → 3 Bauphysikalische Grundlagen

### 3.4 Klimabedingter Feuchteschutz



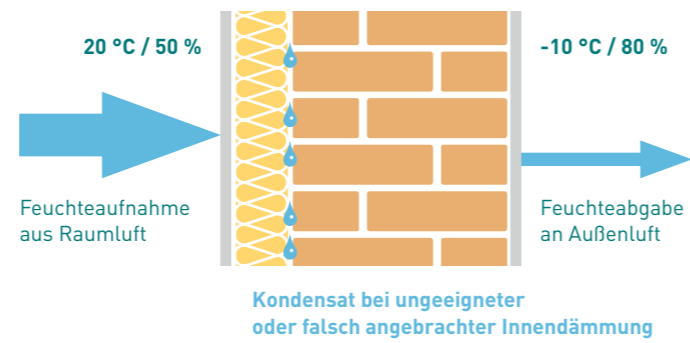
Thermografieaufnahme einer Wärmbrücke in einer Zimmerecke mit sehr niedrigen Oberflächentemperaturen mit Unterschreitung der Schimmelgrenztemperatur

Über den Baulichen Feuchteschutz hinaus ist auch die Entstehung von Kondensat 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 je nach geplantem Dämmsystem 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.

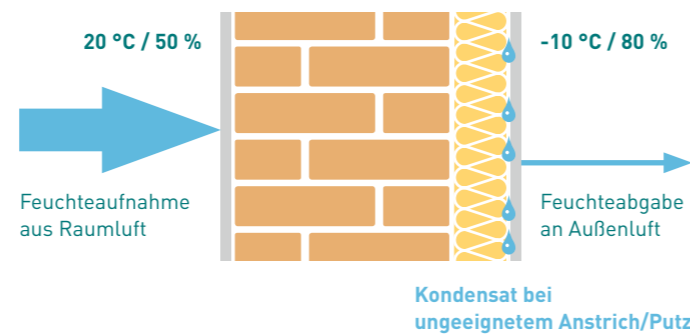
Der Konstruktionsgrundsatz: „innen dichter als außen“ sollte berücksichtigt werden, um das Trocknungspotenzial nach außen zu nutzen. Das bedeutet, dass ein höherer Dampfdiffusionswiderstand auf der Innenseite das Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion bremst, wobei ein niedriger Widerstand an der Außenseite eine schnelle Verdunstung von Feuchte aus der Konstruktion nach außen fördert. Eine andere Option besteht im Einsatz von kapillaraktiven Dämmmaterialien ohne Verwendung von Dampfbremsen. Genauere Ausführungen zur Innendämmung folgen im Kapitel 6 (ab Seite 26).

Um die Entstehung von Feuchtigkeit an Wandinnenoberflächen bei durchschnittlichen Raumklimabedingungen zu vermeiden, darf die Oberflächentemperatur nicht zu stark absinken. Bei Raumluftzuständen nach Norm gemäß DIN 4108-2 (Raumlufttemperatur: 20 °C, relative Luftfeuchtigkeit: 50 %) beträgt die Schimmelgrenztemperatur 12,6 °C (s. Thermografieaufnahme oben). Wenn andere Raumluftzustände herrschen, ändert sich auch die Schimmelgrenztemperatur.

#### Beispiele für Störungen des Feuchtgleichgewichts



Mauerwerk mit Innendämmung



Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem

Neben einem möglichen Schimmelpilzwachstum drohen bei niedrigen Temperaturen auch deutliche Komforteinbußen.

Besonders wichtig für den klimabedingten Feuchteschutz ist 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. Dies erfolgt am effektivsten mehrmals täglich über eine kurze Stoßlüftung mit weit geöffneten Fenstern, idealerweise bei gleichzeitigem Öffnen gegenüberliegender Fenster (Durchzug).

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 wird empfohlen, bei allen nachträglichen Dämmmaßnahmen Fachleute zu konsultieren, um Schäden durch Schimmel bzw. Kondensat zu vermeiden. Moderne Simulationsprogramme ermöglichen es, Bauteile bzw. Räume mit vorgegebenen Raumnutzungen über mehrere Jahre zu simulieren. Damit kann die Funktionstüchtigkeit der vorgesehenen Dämmung sehr genau nachgewiesen werden.

### 3.5 Brandschutz



Brandriegel aus Mineralwolle

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 Klassen (A1, A2, B, C, D, E und F) eingestuft. Daneben werden Brandnebenerscheinungen 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, Formstabilität und thermische Zersetzung bestimmen die Grenze der Anwendungstemperatur.

### 3.6 Schallschutz



Schallsisolierung durch Mineralwolle (Prinzip – Trennwand in Ständerbauweise)

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.

Bestimmte Dämmstoffe wie z.B. Schaumkunststoffe oder Mineralwolle können zu einer Verringerung des Schalldämmmaßes von Massivwänden führen. Sehr weiche (Mineralwolle) und sehr steife Dämmstoffe (Schaumglas) hingegen beeinflussen die Schalldämmung kaum.

In der DIN 4109 – „Schallschutz im Hochbau“ – sind spezifische Regelungen, Anforderungen und Empfehlungen an die Schalldämmung zusammengetragen.

Anhand der fünf Schallabsorptionsklassen (A, B, C, D und E) können einzelne Dämmstoffe bzgl. ihrer Effektivität beim Schallschutz verglichen werden. Dabei stellt A die höchste und E die niedrigste Leistung der Schallabsorption dar.



Häufig werben Hersteller mit besonderen Eigenschaften ihrer Produkte, treffen damit jedoch in der Regel nur eine qualitative Aussage. Wird beispielsweise ein Dämmstoff als atmungsaktiv charakterisiert, so bedeutet dies nur, dass die Diffusion von Wasserdampf möglich ist, was bei sehr vielen Dämmstoffen der Fall ist. Lässt 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. Das oft verwendete Adjektiv „kapillaraktiv“ soll ein hohes Saugvermögen suggerieren, da der Transport von Wasser in Baumaterialien in einem System von Kapillarporen stattfindet. Der Begriff „kapillaraktiv“ ist jedoch nicht mit Werten hinterlegt. Die Spannweite der Werte kann sehr hoch sein. 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 (PEI) 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.

Inzwischen werden auch die Kosten für den Einbau und die abschließende Entsorgung sowie für eine mögliche Wiederverwertung (Recycling) berücksichtigt.

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 positiv hervorheben. Ein weit verbreitetes Umweltzeichen ist der „Blaue Engel“. Im Bereich der Dämmstoffe wird es 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 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 eingeschränkt.

### 5.1 Dämmstoffarten

Am freien Markt wird eine große Vielfalt von Dämmstoffen angeboten. Das macht die Auswahl schwierig, zumal es den 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 synthetischen 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. Das spiegelt sich in der Verteilung der Marktanteile der Dämmmaterialien wider. So nimmt 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.

Das ungünstige Brandschutzverhalten einiger Dämmprodukte können in der Regel durch entsprechende Putzschichten, Bekleidungen o.ä. verbessert werden.

Anorganische Dämmstoffe		Organische Dämmstoffe		Ausgewählte weitere Dämmstoffe
 Mineralwolle (S. 12)	 Blähton (S. 14)	 Polystyrolschaum expandiert (EPS) (S. 15)	 Holzwolle (S. 17)	 Wärmedämmziegel (S. 19)
 Schaumglas (S. 12)	 Perliteplatten (S. 14)	 Polystyrolschaum extrudiert (XPS) (S. 15)	 Holzfaser (S. 17)	 Wärmedämmputz (S. 19)
 Blähglas (S. 12)	 Blähpelit (Schüttung) (S. 14)	 PUR/PIR-Hartschaum (S. 15)	 Zellulosefasern (S. 17)	 Vakuum-Isolations-Panel (S. 19)
 Kalziumsilikat (S. 13)	 Vermiculite expandiert (S. 14)	 PUR/PIR-Ortschaum (S. 16)	 Hanfwolle (S. 17)	
 Mineralschaum (S. 13)		 Phenolharzschaum (S. 16)	 Schafwolle (S. 18)	
 Aerogel (S. 13)		 Polyethylenschaum (S. 16)	 Stroh (S. 18)	
		 Polyesterfaser (S. 16)	 Schilf (S. 18)	
			 Kork expandiert (S. 18)	

Tab. 2 Überblick Dämmstoffarten

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### 5.1.1 Anorganische Dämmstoffe

#### Mineralwolle



$\lambda = 0,032-0,045 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 20-220 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-2$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
Brandklasse: A1

Mineralwolle ist eine allgemeine Bezeichnung für die anorganischen Faserdämmstoffe Steinwolle, Glaswolle und Schlackenwolle. Sie unterscheiden sich durch ihre Rohstoffe und Eigenschaften. Mineralfaserprodukte besitzen ein gutes Dämmvermögen und weisen ein breites Anwendungsspektrum von der Dachdämmung, Kerndämmung, Zwischenständerdämmung bis hin zum verputzten Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) auf. Die Mineralfasern werden durch Schmelzen des mineralischen Ausgangsmaterials (verschiedene Gesteinsarten bzw. Altglas) und Zerblasen oder Düsenziehen hergestellt. Die Dämmstoffe enthalten über 90 % 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 Fasern. Übliche verfügbare Dämmstärken der Matten/ Platten liegen je nach Einsatzzweck zwischen 2 - 32 cm.

Abb. 1 Mineralwolle

#### Schaumglas



$\lambda = 0,037-0,06 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 100-165 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = \infty$  (praktisch dampfdicht)  
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
Brandklasse: A1

Schaumglas ist formstabil, alterungsbeständig, geschlossenzellig, frostbeständig und nicht brennbar. Aufgrund der geschlossenen Zellen nimmt es praktisch kein Wasser auf. Altglas oder aus Quarzsand, Dolomit sowie Kalzium- und Natriumkarbonat hergestelltes Glas wird zu Pulver gemahlen und mit Kohlenstoffpuder vermischt. In speziellen Formen reagiert anschließend der Kohlenstoff bei über 1.000 °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. Häufige Einsatzgebiete sind somit Anwendungen mit hohen Druck- und Feuchtigkeitsbelastungen wie druckbelastete Flachdächer, Industrieböden und unter Bodenplatten.

Abb. 2 Schaumglas

#### Blähglas

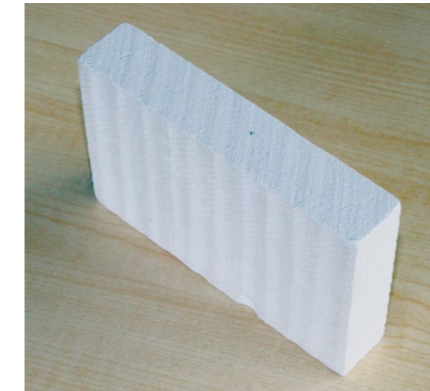


$\lambda = 0,07-0,095 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 50-420 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-5$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
Brandklasse: A1

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 kann nach dem Abkühlen in verschiedenen kugelförmigen Korngrößen (0,04 - 16 mm) produziert werden. Blähglas hat eine hohe Festigkeit, ein gutes Schallabsorptionsvermögen und ist nicht brennbar. Die Dämmwirkung ist geringer als bei Schaumglas. Blähglas wird als sehr leichte und dennoch druckfeste Schüttung oder als Zuschlagstoff für Leichtputze, Leichtmörtel, Leichtbeton sowie für Wärmedämmplatten verwendet.

Abb. 3 Blähglas

#### Kalziumsilikat

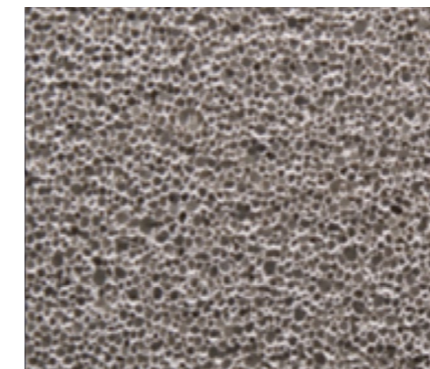


$\lambda = 0,058-0,09 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 150-250 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-7$   
 $A_w = 30-45 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
Brandklasse: A1

Kalziumsilikatplatten werden aus Kalkhydrat und Sand mit silikatischen Zuschlägen und Zellulosefasern durch Autoklavierung mit überhitztem Wasserdampf und hohem Druck hergestellt. Dadurch entsteht die feinpore, offene Struktur mit einer Porosität von über 90 %. Kalziumsilikat besitzt eine hohe kapillare Saugfähigkeit und ein hohes Wasseraufnahmevermögen. Diese Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle und großflächige Verteilung von eventuell auftretender Feuchtigkeit in der Dämmung und beugt so lokalen Feuchtespitzen vor. Daher ist es besonders als Innendämmung von Außenwänden in Bestandsbauten geeignet. Übliche Dämmstärken für diesen Einsatz sind 2 - 8 cm.

Abb. 4  
Kalziumsilikat-Platte

#### Mineralschaum



$\lambda = 0,040-0,045 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 90-110 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-3$   
 $A_w = 0,25-2 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
Brandklasse: A1

Mineralschaumplatten werden u.a. aus Quarzsand, Kalkhydrat, Portlandzement und Wasser ähnlich wie Porenbeton hergestellt. Die Stoffe werden mit einem Porenbildner vermischt und in große Formen gebracht. Das Material schäumt auf und wird mit hoher Temperatur ausgehärtet und anschließend zu Platten geschnitten.

Das Material ist sehr diffusionsoffen und weist einen moderaten Flüssigwassertransport auf. Es wird als Innendämmung, aber auch als Außendämmung für Außenwände eingesetzt. Dafür gibt es eine große Spannweite an Dämmstoffstärken von 5 - 30 cm.

Abb. 5 Mineralschaum

#### Aerogel



$\lambda = 0,015-0,03 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 90-220 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-7$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
Brandklasse: A1, A2

Aerogel ist ein hochporöses Material. Zur Herstellung wird einem Gel aus Siliziumdioxid in einem komplexen Verfahren Flüssigkeit entzogen, so dass ein Stoff mit einem sehr hohen Mikroporenanteil entsteht. Der Vorteil des Dämmstoffs liegt dabei in einer sehr guten Wärmedämmung. Als Dämmstoff kann Aerogel in Platten- oder Mattenform für Spezialfälle als Innen- oder Außendämmung verwendet werden, beispielsweise wenn stärkere Dämmstoffdicken nicht möglich sind. Auch in Dämmputz können Aerogele als Zuschlagstoff eingesetzt werden.

Abb. 6 Aerogel

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### Blähton



$\lambda = 0,085-0,160 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 260-600 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-8$   
 $A_w = 0,8-2 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: A1

Abb. 7 Blähton

Blähton besteht aus aufgeschäumtem Ton. Er wird durch Erhitzen von kalkarmem, granuliertem Ton bei etwa 1.200 °C hergestellt. Dadurch quillt das Material auf und eine poröse Struktur bildet sich. Blähton hat gute Schallschutz- und Hitzeschutzeigenschaften und ist nicht brennbar, was ihn besonders für Gebäude mit hohem Brandschutzbedarf geeignet macht. Er wird vor allem zur Dämmung der obersten Geschossdecke sowie von Wänden und Fußböden eingesetzt, benötigt jedoch relativ viel Material, um gute Dämmwerte zu erreichen. Als Alternativen bieten sich Holzfaser- und Zellulosedämmung an, die teils bessere Wärmespeicherung bei weniger Materialaufwand bieten.

### Perliteplatten



$\lambda = 0,045-0,055 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 100-150 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 5-8$   
 $A_w = 105-118 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: A1

Abb. 8 Bläherlit

Ein natürliches Vulkangestein, Rohperlit, expandiert durch Erhitzen auf 800 - 1.000 °C auf das 15 - 20-fache seines ursprünglichen Volumens. Dabei bildet sich eine leichte, feinporige, offene Struktur mit einer Porosität von ca. 96 %. Perlitplatten besitzen eine hohe kapillare Saugfähigkeit und ein hohes Wasseraufnahme- und Transportvermögen. Die Feuchtespeicherfähigkeit des Dämmstoffes 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. Daher sind Perlitplatten besonders als Innendämmung von Außenwänden geeignet und durch die Nichtbrennbarkeit besonders für Gebäude mit hohen Brandschutzanforderungen geeignet. Dafür gibt es eine Spannweite an Dämmstoffstärken von 2,5 - 8 cm.

### Bläherlit (Schüttung)



$\lambda = 0,05-0,07 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 40-90 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-4$   
 $A_w = 0,8-2 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: A1

Abb. 9 Bläherlit

Als Rohstoff für Bläherlit wird Rohperlit, ein natürliches Vulkangestein verwendet. Dies expandiert durch Erhitzen auf 800 - 1.000 °C auf das 15 - 20-fache seines ursprünglichen Volumens. Dabei bildet sich eine leichte, feinporige, offene Struktur mit guter Dämmwirkung. Bläherlit wird häufig als Schüttung für Hohlräume, z.B. für Wände, Böden und Dächer verwendet. Durch die Nichtbrennbarkeit ist es besonders für Gebäude mit hohen Brandschutzanforderungen geeignet.

### Vermiculite expandiert



$\lambda = 0,06-0,07 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 60-220 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-10$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
 Brandklasse: A1

Abb. 10 Vermiculite Schüttung

Vermiculit(auch Blähglimmer) ist ein natürlicher Dämmstoff, der aus silikathaltigen Mineralien gewonnen wird. Dies expandiert durch Erhitzen auf ca. 1.000 °C auf das 20-fache seines ursprünglichen Volumens. Dabei bildet sich eine leichte, sehr feinporige, offene Struktur mit guter Dämmwirkung. Expandiertes Vermiculit wird als Schüttung für Hohlräume, z.B. für Wände, Böden und Dächer oder in schwer zugänglichen Bereichen verwendet. Durch die Nichtbrennbarkeit ist es besonders für Gebäude mit hohen Brandschutzanforderungen geeignet. Es ist ungezieferbeständig und verrottet nicht. In Plattenform wird dieser Dämmstoff unter Estrichen oder als Feuerraumplatten in Kaminöfen verwendet.

## 5.1.2 Organische Dämmstoffe

### Polystyrolschaum allgemein

Der bekannteste Dämmstoff aus Kunststoff ist Polystyrol-Hartschaum. Er wird aus dem Erdölraffinerie-Produkt Styrol hergestellt. Nach der Herstellungsart wird zwischen Partikelschaumstoff aus verschweiß-

tem, geblähtem Polystyrolgranulat (EPS) und extrudergeschäumtem Polystyrolschaumstoff (XPS) unterschieden.

### Polystyrolschaum expandiert

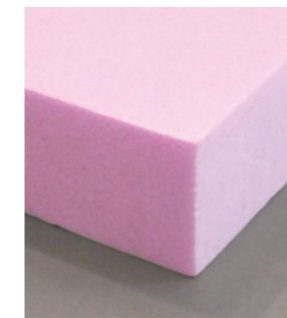


$\lambda = 0,032-0,045 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 15-90 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 20-100$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 11 EPS-Platten

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 - 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. EPS ist relativ preiswert und wird in Wärmedämmverbundsystemen als Außendämmung, eingesetzt. Außerdem findet es in vielen Bauteilen, wie in Wänden, Böden und Dächern als Wärme- und Trittschalldämmung Anwendung.

### Polystyrolschaum extrudiert



$\lambda = 0,03-0,04 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 25-90 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 80-250$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 12 XPS-Platte

Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS) wird als kontinuierlicher Schaumstoffstrang hergestellt. Im Extruder wird Polystyrol aufgeschmolzen und, nach Zugabe von CO<sub>2</sub> als Treibmittel durch eine Breitschlitzdüse gepresst, hinter der sich dann der Schaumstoffstrang aufbaut. Anschließend wird der Strang zu Platten gesägt und die Randausbildung vorgenommen. Neben der guten Wärmedämmeigenschaft sind die hohe Druckfestigkeit und die Feuchteunempfindlichkeit charakteristisch für diesen Wärmedämmstoff. Als geschlossenporiger und druckfester Dämmstoff wird XPS häufig bei der Wärmedämmung von Bereichen mit hoher Feuchtebeanspruchung und mechanischen Belastungen eingesetzt, z.B. bei erdreichberührten Flächen als Perimeterdämmung, unter Bodenplatten oder bei Flachdächern. Zusätzlich kann es auch bei Umkehrdächern eingesetzt werden.

### PUR/PIR-Hartschaum



$\lambda = 0,023-0,03 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 30-50 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 30-150$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 13 PUR-Platten

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 unter Zusatz der Treibmittel Pentan oder CO<sub>2</sub>-Pentan-Gemisch. Zusätzlich werden noch Flammschutzmittel beigelegt. PIR (Polyisocyanurate) ist ein chemisch ähnlicher Dämmstoff mit ähnlichen Eigenschaften. Es kann prinzipiell genau wie PUR eingesetzt werden. 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 auf. Sie Vielseitig einsetzbar (Dach, Wand innen und außen etc.).

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### PUR-/PIR-Ortschaum



$\lambda = 0,035-0,05 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 15-50 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 30-110$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 14  
PUR-/PIR-Ortschaum

Der Ausgangsstoff für PUR-Ortschaum ist wie bei PUR-Hartschaum Erdöl oder ein natürlicher Rohstoff. Unter Zusatz von  $\text{CO}_2$  und HFKW als Treibmittel und einem Flammschutzmittel wird vor Ort mittels eines mobilen Hochdruckgerätes der Ortschaum großflächig aufgetragen. Dabei entsteht eine fugenfreie Dämmung die nach dem Aufbringen direkt aufschäumt und aushärtet. Die Eigenschaften entsprechen denen des Hartschaumes.

Anwendung findet der Schaum überwiegend zum Ausfüllen von Hohlräumen sowie bei komplizierten Flächen mit vielen Durchdringungen sowie als Montageschäume für Tür- und Fensterbefestigungen sowie Rohrdurchführungen.

### Phenolharzschaum (Resol)



$\lambda = 0,024-0,03 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 10-50 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 20-100$   
 $A_w < 0,2 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 15  
Phenolharzschaum

Bei diesem Dämmstoff wird 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.

### Polyethylenschaum

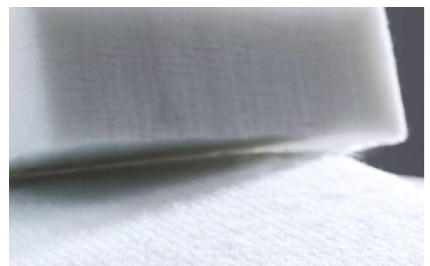


$\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 25-110 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 6.000-8.000$   
 $A_w = 0$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 16  
Polyethylenschaum-Produkte

Bei der Herstellung wird Ethylen zu Polyethylen polymerisiert und mittels Treibmittel 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, Trittschalldämmung oder Schalldämmplatten. Da PE-Schaum recht elastisch ist, würde er sich auch für die Dämmung von unregelmäßigen oder gekrümmten Oberflächen eignen.

### Polyesterfasern



$\lambda = 0,033-0,045 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 20-40 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-2$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 17  
Polyesterfaser-Matten

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

### Holzwole



$\lambda = 0,08-0,11 \text{ W/(mK)}$   
 (mit Dämmkern weniger)  
 $\rho = 350-600 \text{ kg/m}^3 \text{ (WW)}$   
 $\rho = 60-300 \text{ kg/m}^3 \text{ (Dämmk.)}$   
 $\mu = 2-5 \text{ (WW)}$   
 $A_w = 0,5-18 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 18 Holzwole-Platte

Holzwole-Leichtbauplatten (HWL bzw. WW) werden aus langfasrigen Spänen bzw. "Holzwole" aus Nadelhölzern hergestellt. Als Bindemittel kommen Zement oder Magnesit zur Anwendung. HWL-Platten haben eine geringe Wärmedämmung, sind schalldämmend, biegefest, schwer entflammbar und resistent gegen Schimmelpilz- und Nagetierbefall. Um die Dämmeigenschaften zu verbessern, werden Mehrschichtplatten (ML bzw. WW-C) mit einem Kern aus expandiertem Polystyrol oder Mineralwolle hergestellt. Einsatzbereiche sind mit einem witterungsgeschützten Einbau in Dach, Decken und Wänden möglich oder auch bei Brandschutz- und Akustikdecken. WW-Platten sind sehr gute Putzträger. Handelsübliche Dicken sind 15 - 150 mm.

### Holzfaser



$\lambda = 0,039-0,052 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 30-60 \text{ kg/m}^3 \text{ (lose)}$   
 $\rho = 50-270 \text{ kg/m}^3$   
 (Matten/Platten)  
 $\mu = 1-2 \text{ (lose)}$   
 $\mu = 5-10$   
 (Matten/Platten)  
 $A_w = 0,2-5 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2

Abb. 19  
Holzfaserdämm-Platte

Holzfaser (WF), Holzfaser-Platten oder Holzweichfaser-Platten (HWP) und -Matten werden überwiegend aus Nadelholzabfällen hergestellt, welche für die Weiterverarbeitung zerkleinert und zersäen werden. Lose Holzfaser 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 holzeigenen Harze stattfindet. Beim Trockenverfahren können verschiedene Klebstoffe (MUF, PMDI, PUR) zum Einsatz kommen. Im Trockenverfahren hergestellte Platten werden zum Teil mit Hydrophobierungsmitteln oder mit Bitumen versetzt. Ebenso können Brandschutzmittel beigemischt sein. Holzfaserplatten gibt es in verschiedenen Dichten, wovon auch die Druckbelastbarkeit und die wärmedämmenden Eigenschaften abhängen. Sie sind diffusionsoffen, wirken feuchteregulierend, haben höhere Wärmespeicherfähigkeit als mineralische Dämmstoffe. Holzfaserprodukte können in allen Bereichen von Gebäuden als Wärme- oder Trittschalldämmung eingesetzt werden. Übliche Dämmstärken sind je nach Produktart zwischen 2 - 20 cm.

### Zellulosefasern



$\lambda = 0,038-0,083 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 50-70 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-2$   
 $A_w = \text{k.A. (Verklumpung bei Wasserkontakt)}$   
 Brandklasse: B2

Abb. 20 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 oder als Schüttung eingebracht werden oder zu einer Platte gepresst werden. In beiden Formen ist dieser Dämmstoff anpassungsfähig durch seine Elastizität. Aus Gründen des Brandschutzes und der Dauerhaftigkeit werden 10 - 15 % Borsalze und Ammoniumphosphat hinzugefügt. Bei der Verarbeitung kann es jedoch zu einer erheblichen Staubentwicklung kommen, weshalb geeignete Atemschutzgeräte getragen und Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden sollten. Die Dicke ist abhängig von der Schüttdichte.

### Hanfwole



$\lambda = 0,040-0,045 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 30-50 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-2$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
 Brandklasse: B2

Abb. 21 Hanfwole-Matte

Bei Hanf werden die Fasern durch mechanische Verfahren aufgeschlossen. Die Matten oder Platten werden durch Verfilzung, zum Teil unter Verwendung naturnaher Bindemittel hergestellt. Der Brandschutz wird durch Beimengungen von Borsalzen oder Soda verbessert. Hanfwolefasern sind feuchtigkeitsbeständig und aufgrund ihrer Inhaltsstoffe resistent gegen Schädlings- und Schimmelfall. Die Ökobilanz des Dämmstoffs ist durchweg positiv, auch wegen des problemlosen Recyclings des Produktes.

## → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

### Schafwolle



$\lambda = 0,040-0,05 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 20-90 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 1-15$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
 Brandklasse: B2

Abb. 22  
Schafwolle-Matte

Als Rohstoff kommt gewaschene, entfettete und pH-neutrale Schafschurwolle zur Anwendung, wobei zur Herstellung von Matten teilweise Polyester- oder Kokos- Stützfasern zugegeben werden. In der Regel wird sie mit ca. 3 - 5 % Borsalz und anderen Zuschlägen imprägniert, um Brandschutz und Mottensicherheit zu verbessern. Schafwolle wird als Dämmfilz, Matte, Trittschall-Dämmplatte oder Stopfwolle angeboten. Schafwolle ist sehr leicht zu verarbeiten. Mit Schafwolle lassen sich auch Fenster und Türen abdichten. Sie kann bis zu 33 % ihres Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen und diese auch schnell wieder abgeben. Bei Mattenware beträgt die übliche Dicke zwischen 3 - 10 cm.

### Stroh



$\lambda = 0,048-0,078 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 90-120 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
 Brandklasse: B2

Abb. 23 Strohballen

Dämmung aus Stroh ist ein regional verfügbarer und nachwachsender Rohstoff, der aus verschiedenen Getreidearten hergestellt wird. Stroh wird als Leichtzuschlag in Lehmprodukten verwendet oder in ganzen Ballen zur Wärmedämmung für Neubauten oder in der Bestandsanierung eingesetzt. Schüttungen und Dämmplatten aus Stroh werden nur sehr selten verwendet. Stroh weist eine natürliche Resistenz gegenüber Schädlingen auf und bedarf keiner diesbezüglichen Zusatzmittel. Wegen der vergleichsweise hohen Dichte weisen Strohballe gute schalldämmende Eigenschaften auf. Die Ballen werden üblicherweise zwischen Holzständern oder Dachsparren eingebaut und verputzt oder mit einer geeigneten Vorsatzschale verkleidet.

### Schilf



$\lambda = 0,06-0,065 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 155-220 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-3$   
 $A_w = \text{k.A.}$   
 Brandklasse: B2

Abb. 24 Schilf-Matten

Für Dämmprodukte aus Schilf werden abgestorbene Schilfrohre geerntet und getrocknet. Schilfrohr wird als Putzträger eingesetzt und als Dämmstoff in der Regel in Form von gepressten und mit Draht gebundenen Dämmplatten, seltener als Schüttung. Reetdächer aus Schilfrohr sind eine nur regional verbreitete, traditionelle Bauweise. Schilf weist eine natürliche Resistenz gegenüber Schädlingen auf und bedarf keiner diesbezüglichen Zusatzmittel. Schilfdämmplatten sollten auf einem Ausgleichsputz verdübelt werden. Schilf ist ein historischer Dämmstoff, der deshalb auch in der Denkmalpflege eingesetzt wird.

### Kork expandiert



$\lambda = 0,04-0,06 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 60-220 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 2-10 \text{ bzw. } 1 \text{ (Schüttung)}$   
 $A_w = 0,5-4 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B2

Abb. 25 Kork expandiert

Kork ist ein nachwachsender Rohstoff aus den Korkeichenwäldern im Mittelmeerraum. Für die Herstellung von Dämmprodukten kann auch Recycling-Kork verwendet werden. Die Herstellung erfolgt durch das Mahlen von geschälter Korkrinde zu Granulat, welches für die Herstellung von Backkork in Autoklaven mit Heißdampf behandelt wird. Das expandierte Korkgranulat wird mit korkeigenen Harzen gebunden und kann weitere Zuschläge wie Lehm enthalten. Kork kann auch als Schüttung verwendet werden. Korkprodukte sind beständig gegen Feuchte, Schädlinge und Fäulnis, schalldämmend und druckbelastbar.

### 5.1.3 Ausgewählte weitere Dämmstoffe

#### Wärmedämmziegel

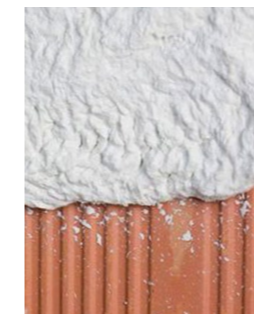


$\lambda = 0,065-0,12 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 100-800 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 5-10$   
 $A_w = 0,5-2 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: meist A1

Abb. 26  
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 zu erzeugen. Die vorhandenen Hohlkammern können nur mit Luft oder auch mit Perlite, Mineralwolle oder einem anderen Dämmstoff gefüllt sein, um die Wärmedämmung weiter zu verbessern. Zur Vermeidung von zusätzlichen Wärmeverlusten ist bei der Verarbeitung darauf zu achten, dass Wärmedämmziegel sauber, trocken und exakt ausschließlich als Planziegel verlegt werden. Der zu verwendende Dünnbettmörtel muss speziell für diese Ziegel geeignet sein. Wärmedämmziegel sind bis zu einer Stärke von 49 cm erhältlich. Wärmedämmziegel gibt es auch als spezielle Vormauerschalen als Innen- oder Außendämmung mit Stärken von 8 - 18 cm.

#### Wärmedämmputz



$\lambda = 0,028-0,14 \text{ W/mK}$   
 $\rho = 200-600 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 5-10$   
 $A_w = 2-22 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: A1, A2, B1  
 (je nach Leichtzuschlag)

Abb. 27 Wärmedämmputz

Wärmedämmputze haben aufgrund von Leichtzuschlägen mit hohem Luftporenanteil, 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. 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. Zu beachten für den weiteren Bauablauf (vor allem bei der Anwendung als Innendämmung) ist die erhöhte Einbaufeuchte beim Auftrag von Dämmputzen.

#### Vakuum-Isolations-Paneel (VIP)



$\lambda = 0,006-0,008 \text{ W/(mK)}$   
 $\rho = 100-200 \text{ kg/m}^3$   
 (je nach spez. Konstruktion)  
 $\mu > 10.000$   
 $A_w = 0 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$   
 Brandklasse: B1, B2  
 (je nach spezifischer Konstruktion)

Abb. 28  
Vakuum-Isolations-Paneel (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. Die Platten müssen maßgerecht vorgefertigt werden.

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.

Auf dem Markt sind noch weitere Dämmstoffe, zum Teil mit hybriden Materialien verfügbar, z.B. PUR mit kapillaren Mörtelfugen sowie Kalziumsilikat mit einem Hochleistungsdämmkern. Diese Materialien vereinen die Vorteile der einzelnen Bestandteile in einem System.

# → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

## 5.2 Materialeigenschaften und Handelsformen

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 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).

→ 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 Wasseraufnahmekoeffizient  $A_w$  gibt an, wieviel Wasser ein Baustoff innerhalb einer bestimmten Zeit durch kapillares Saugen aufnimmt. Er wird in  $kg/(m^2s^{0,5})$  oder  $kg/(m^2h^{0,5})$  angegeben.

→ 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 (Kap. 3, Seite 9).

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 oder Perliteschüttung) bzw. als Einblasdämmstoff in Hohlräume eingebracht (z.B. Zelluloseflocken). Ortschaftäume (z.B. Polyurethan-Spritzschäum) 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.

Dämmputze sind Putze mit Dämmanteilen, die mineralisch (z.B. Perlite) oder organisch (z.B. EPS) sein können. Dämmputze eignen sich vor allem bei unebenen Wänden oder bei Wänden, bei denen der Bestands-

putz entfernt werden muss. 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.

Im Folgenden eine Übersicht mit Zusammenstellung der beschriebenen Kriterien für einzelne Dämmmaterialien – Tabelle 3.

		Handelsform*	Rohdichte* (kg/m³)	A <sub>w</sub> -Wert (kg/(m² h <sup>0,5</sup> ))	μ-Wert*	Primärenergieinhalt* [kWh/m²]	Baustoffklasse	λ [W/(mK)]		Preis [€/m²] inkl. MwSt.	
								von	bis	von	bis
Anorganische Dämmstoffe	Mineralwolle	M, P, E	20 - 200	0	1 - 2	273	A1	0,032	0,045	6	18
	Schaumglas	P, S	100 - 165	0,00	diffusionsdicht	1349	A1	0,037	0,06	60	95
	Blähglas	P, S	50 - 420	0	1 - 5	280 - 780	A1	0,07	0,095	45	112
	Calciumsilikat	P	150 - 250	30 - 45	2 - 7	1.800 - 2.110	A1	0,058	0,09	130	175
	Mineralschaum	P	90 - 110	0,25 - 2	2 - 3	400 - 500	A1	0,04	0,045	26	47
	Aerogel	M, P, E	90 - 220	k.A.	2 - 7	4.000 - 6.600	A1, A2	0,015	0,03	280	490
	Blähton	S	260 - 600	0,8 - 2,0	2 - 8	300 - 980	A1	0,085	0,16	20	27
	Perliteplatten	P	100 - 150	105 - 118	5 - 8	200 - 620	A1	0,045	0,055	25	67
	Blähperlite (Schüttung)	E, S	40 - 90	0,8 - 2,0	2 - 4	150	A1	0,05	0,07	14	26
Organische Dämmstoffe	Vermiculite expandiert	S, P	60 - 220	k.A.	1 - 10	90	A1, B1	0,06	0,07	33	40
	Polystyrolschaum expandiert (EPS)	E, P	15 - 90	0	20 - 100	739	B1, B2	0,032	0,045	11	18
	Polystyrolschaum extrudiert (XPS)	E, P	25 - 90	0	80 - 250	812	B1, B2	0,03	0,04	15	22
	PUR-/PIR-Hartschaum	P	30 - 50	0	30 - 150	850 - 1143	B1, B2	0,023	0,03	20	27
	PUR-/PIR-Ortschaum	F	15 - 50	0	30 - 110	700 - 1.870	B2	0,035	0,05	35	50
	Phenolharzschaum	P	10 - 50	< 0,2	20 - 100	704	B1, B2	0,024	0,03	52	60
	Polyethylenschaum	M	25 - 110	0	6.000 - 8.000	880 - 3.874	B1, B2	0,035	0,045	35	160
	Polyesterfaser	M	20 - 40	0	1 - 2	1.155	B1, B2	0,033	0,045	25	96
	Holzwohle	E, M, P	60 - 600	0,5 - 18	2 - 5	1.355	B1, B2	0,08	0,11	5	40
	Holzfaser	P, S	30 - 270	0,2 - 5	1 - 10	150 - 1.500	B1, B2	0,039	0,052	5	13
	Zellulosefaser	E, P, S	50 - 70	k.A.	1 - 3	250 - 480	B2	0,038	0,083	6	55
	Hanfwohle	E, S, P, M	30 - 50	k.A.	1 - 2	320 - 960	B2	0,04	0,045	10	20
	Schafwohle	M, P, S	20 - 90	k.A.	1 - 15	120 - 400	B2	0,04	0,05	25	60
	Stroh	S, P	90 - 120	k.A.	2	10	B2	0,048	0,078	7	20
	Schilf	S, P	155 - 220	k.A.	2 - 3	162	B2	0,06	0,065	47	65
Weitere Dämmstoffe	Kork expandiert	S, P	60 - 220	0,5 - 4	2 - 10	612	B2	0,04	0,06	34	104
	Wärmedämmziegel	Z	100 - 800	0,5 - 2	5 - 10	550 - 705	A1	0,065	0,12	80	90
	Wärmedämmputz	Pu	200 - 600	2 - 22	5 - 10	450 - 1.000	A1, A2, B1	0,028	0,14	50	120
	Vakuum-Isolations-Paneel (VIP)	P	100 - 200	0	> 100.000	k.A.	B1, B2	0,006	0,008	200	300

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

\* M = Matte      S = Schüttung / Stopfdämmung      E = Einblasdämmung      P = Platte      F = Ortschaum      Z = Ziegel      Pu = Putz  
 \*\* bezogen auf 10 cm Stärke alle Kostenabhängig von Einbauart und ggf. Zusammensetzung

# → 5 Klassifizierung der Dämmstoffe

## 5.3 Anwendungsgebiete

Bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffes sind einige Dinge zu beachten, weshalb es sich auch hier lohnt, den Rat von Fachleuten einzuholen. Insbesondere Fragen des Feuchttransportes und der Feuchtespeicherung sowie hinsichtlich einer ausreichenden Lüftung sind in die Überlegungen bei der Auswahl der Dämmstoffe einzubeziehen. Ebenso sind die Umgebungsbedingungen zu beachten. Viele Dämmstoffe sind nicht für den Einsatz in feuchten Bereichen geeignet und bedürfen daher entsprechender Schutzmaßnahmen. Bei Dämmputzen ist z.B. die Einbaufeuchte beim Bauablauf mit zu berücksichtigen.

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. Es sind immer die aufeinander abgestimmten Systemkomponenten zu verwenden.

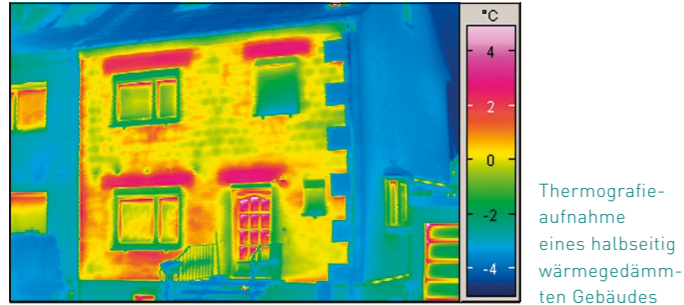
Die folgende Tabelle 4 zeigt, wo welche Dämmstoffe zur Anwendung kommen können.

	Anorganische Dämmstoffe									Organische Dämmstoffe													Weitere Dämmstoffe						
	Mineralfaser	Schaumglas	Blähglas	Kalziumsilikat	Mineralschaum	Aerogel	Blähton	Perliteplatten	Blähperlite	Vermiculite expandiert	Polystyrol expandiert	Polystyrol extrudiert	PUR/PIR-Hartschaum	PUR-Ortschaum	Phenolharzschaum	Polyethylen-schaum	Polyester-faser	Holzwohle	Holzfasern	Zellulosefasern	Hanfwohle	Schafwolle	Stroh	Schilf	Kork expandiert	Wärmedämmziegel	Wärmedämmputz	VIP-Paneel	
Dach und Decke	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckung	X	X			X	/	0		X	X	X	X	0	X				X	0	0				X	X			
	Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtung	X	X			0				X	X	X	X	0	X				X							X			
	Außendämmung von Daches, der Bewitterung ausgesetzt (Umkehrdach)											X																	
	Zwischensparrendämmung, zweischaliges Dach, nicht begehbar (aber zugängliche) oberste Geschossdecke	X		0				0		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	0			0	X	X	X	X		X		/	X	X	0	0	0				X			/
	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich, ohne Schallschutzanforderungen	X	X	0						X	X	X	X		X			X	X		0	0				X			/
Wand	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich, mit Schallschutzanforderungen	X							X	X	X				0			X			0								
	Außendämmung der Wand hinter Bekleidung	X	X			0	/		X	X	X	X	X		X			X	X		0	0			X	X	X		
	Außendämmung der Wand hinter Abdichtung		X				/				X	X	X		X												X		/
	Außendämmung der Wand unter Putz	X	X			0			X	X	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		X	X	/	0	X	X	X		X		X			X	X	0	0	0				X	X	X	/
	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen	X								X	X						/												
	Dämmung von Raumtrennwänden	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

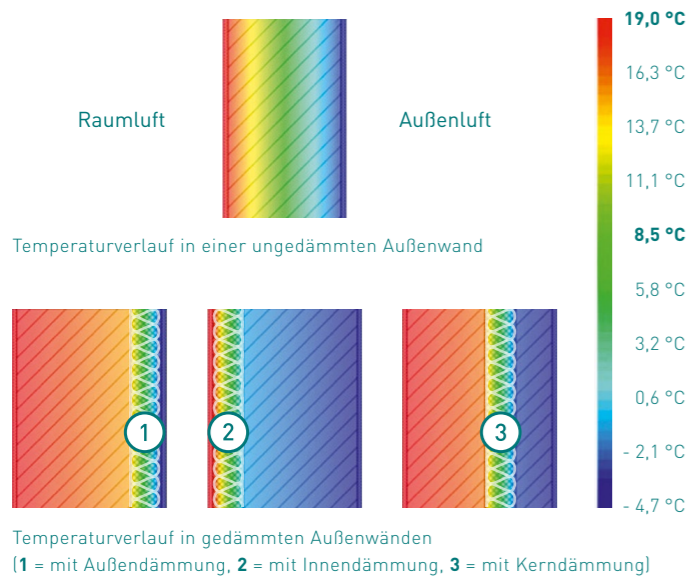
### 6.1 Außenwände



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.

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 oder mit anderweitigen Feuchtebelastungen, z. B. einer Havarie, vorher beseitigt werden.

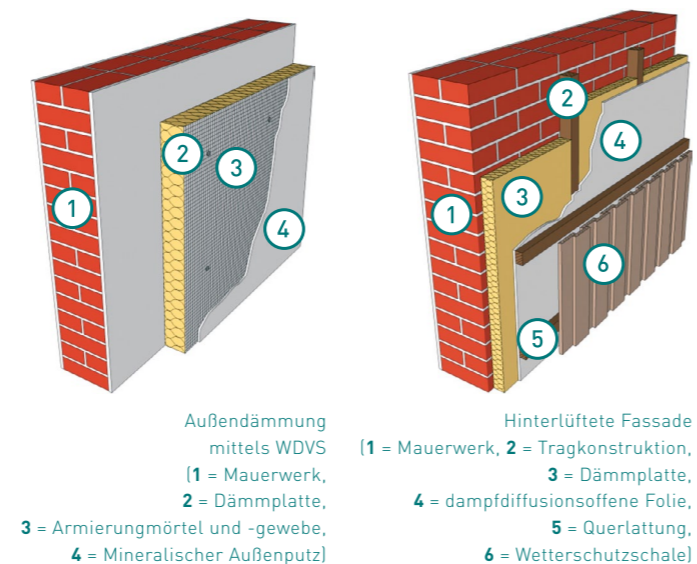
Zu berücksichtigen bei der Auswahl eines prinzipiellen Systems (Außen-, Kern- oder Innendämmung) ist auch der Umstand, dass die bestehende Außenwand nach einer Außendämmmaßnahme komplett im warmen Bereich liegt, bei einer Innendämmung jedoch von der Raumwärme abgekoppelt und kälter wird, was mit einer Verringerung des Trocknungspotenzials einhergeht. Bei einer Kerndämmung ist die mögliche Dämmstärke durch den bestehenden Hohlraum begrenzt.



### 6.1.1 Außendämmung

Bei der Wärmedämmung an der äußeren Seite von Außenwänden wird zwischen **Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)** und **hinterlüfteten Vorhangfassaden** unterschieden.

Beim WDVS werden Dämmstoffplatten direkt auf die Bestandswand oder beim Neubau auf die tragende Außenwand je nach Unterkonstruktion (z.B. Ziegel, Kalksandstein, Beton), Gewicht, Dämmmaterial und Gebäudehöhe durch Kleben und/oder Dübeln aufgebracht. Anschließend wird eine Schicht aus Armierungsmörtel mit einem eingebetteten Armierungsgewebe aufgebracht. Der Oberputz bildet den Abschluss des Systems und erfüllt (oft in Kombination mit einem Anstrich) den Schlagregenschutz der Fassade. Beim Einsatz eines WDVS sind immer die dazugehörigen Systemkomponenten zu verwenden. Das WDVS bedarf einer bauaufsichtlichen Zulassung.



Bei hinterlüfteten Fassaden wird außen auf der tragenden Wandkonstruktion eine Wärmedämmschicht aufgebracht. Je nach Dämmmaterial wird darauf eine winddichte Ebene angeordnet. Die außen befindliche Wetterschutzschale wird mit einem belüfteten Zwischenraum (zum Abführen von Feuchtigkeit) auf Abstand davorgehängt und an der Tragkonstruktion befestigt. Somit sind Tragschale und Wetterschutzschale voneinander getrennt. Dadurch ist eine flexiblere Fassadengestaltung

### TIPP

EPS muss bei ebenem und ausreichend tragfähigem Mauerwerk nicht zwangsläufig verdübelt werden. Mineralfaserdämmung und Brandriegel hingegen müssen gedübelt werden. Zur Wärmebrückenreduzierung dienen versenkte Dübel und Dämmrondelle als Abdeckung.

möglich. Für die Bekleidung der vorgehängten Fassade steht eine große Auswahl an unterschiedlichen Materialien bzw. Systemen zur Verfügung, z.B. Holzschalungen, Hochdruck-Schichtstoffplatten, Faserzementplatten, Keramikplatten, Metall- oder Metallverbundplatten, Schiefer, Natursteinplatten oder Ziegel.

Zur Gewährleistung einer dauerhaften Funktionsfähigkeit einer Wärmedämmung sind immer die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller bzw.

### TIPP

In der Infothek der SAENA ist ein Kurzfilm „Außendämmung“ zu finden, der einen Einblick in das Thema gibt: <https://www.saena.de/filme.html>

### 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 durch die Beibehaltung der thermischen Speichermasse der Außenwand 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.
- Die charakteristische Außenansicht des Gebäudes wird verändert. Bei denkmalgeschützten Fassaden wird eine Außendämmung speziell bei Sicht- und Schmuckfassaden in der Regel nicht zugelassen.
- Arbeiten an der Außendämmung sind witterungsabhängig.
- Veränderungen an der Fassade sind ggf. genehmigungspflichtig (z. B. Brandschutz).
- 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. Die Fluchtlinie wird verändert.
- Für nur kurzzeitig genutzte Räume ist eine längere Aufheizzeit im Winter erforderlich.
- 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 Algizide eingesetzt, die jedoch giftig sind. Durch Auswaschung können diese ins Grundwasser gelangen. Algenwachstum kann auch durch dickere, mineralische Putzschichten verhindert oder zumindest deutlich reduziert werden. Allerdings erhöht das wiederum die Kosten der Dämmmaßnahme.

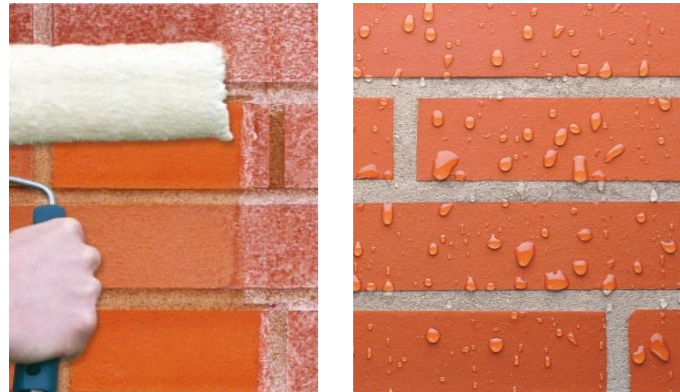
## → 6 Dämmsysteme

### 6.1.2 Innendämmung

Bei der Gebäudesanierung darf mitunter aus verschiedenen Gründen die Außenfassade nicht verändert werden. Seit mehreren Jahren kommen in solchen Fällen zunehmend Innendämmsysteme unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz.

**HINWEIS:** Für ausführliche Informationen zum Thema Innendämmung wird auf den Leitfaden Innendämmung verwiesen, der am Ende des Kapitels Innendämmung als Literatur-Tipp mit Verlinkung zum kostenlosen Download zu finden ist.

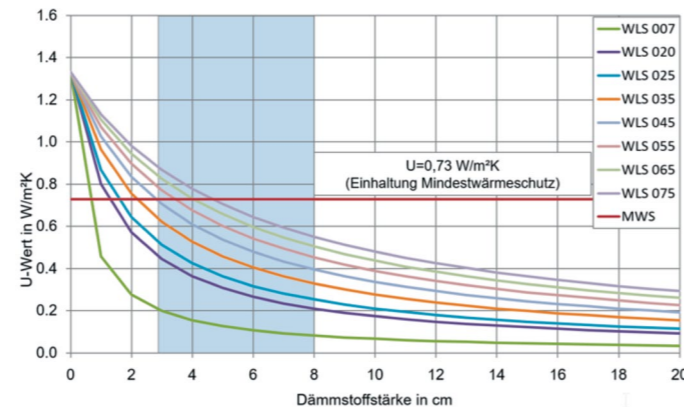
Für die Anwendung einer Innendämmung ist vorab der **Schlagregenschutz** im Fassadenbereich zu überprüfen und sicherzustellen. Bei **Putzfassaden** ist dies meist einfach zu erfüllen, z.B. durch wasserabweisende Anstriche oder bei Notwendigkeit einen neuen Außenputz. Bei **steinsichtigen Fassaden** sollte überprüft werden, ob die Fassade ausreichend wasserabweisend ist oder durch konstruktive Maßnahmen geschützt werden kann. Wenn dies nicht gegeben ist, können z.B. hydrophobierende Imprägnierungen (mit oder ohne Abperleffekt) oder spezielle Anstriche zum Einsatz kommen, die zwar das Eindringen von Regenwasser weitgehend unterbinden, das Austrocknen der Außenwände über die Fassade (Dampfdiffusion) aber kaum behindern.



Auftragen eines flüssigen Hydrophobierungsmittels auf ein Klinkermauerwerk und der sog. Abperleffekt

Bei einer Anwendung einer Innendämmung sollte die Dämmstärke behutsam gewählt werden (übliche Dämmstärke 3 - 8 cm), da mit steigender Dämmstärke die Bestandswand kälter wird und die Frostgefahr bei nicht frostbeständigen Materialien steigt.

In der folgenden Übersicht ist für eine übliche Bestandswand aus Vollziegeln mit einem U-Wert von 1,3 W/(m²K) (Wanddicke ca. 40 cm) dargestellt, mit welcher Dämmstärke bei verschiedenen Wärmeleitfähigkeiten der Mindestwärmeschutz eingehalten ist. Bei den meisten herkömmlichen Dämmstoffen ist dies schon mit einer Dämmstärke von 3 - 5 cm eingehalten.



Verbesserung des U-Wertes einer Außenwand durch Dämmung mit verschiedenen Dämmstärken und Wärmeleitfähigkeiten (blauer Bereich = übliche Dämmstoffstärken für Innendämmung)

Im Vergleich zur Außen- oder Kerndämmung ist die Planung einer Innendämmung komplexer, da sich bestehende Wärmebrücken durch die Maßnahme verschlechtern können bzw. neue Wärmebrücken hinzukommen können. Außerdem befindet sich nach Durchführung der Maßnahme die potenzielle Kondensatebene zwischen Bestandskonstruktion und Rückseite der geplanten Dämmebene, d.h. an der Außenseite der Innendämmung können geringe Mengen Flüssigwasser entstehen. Dies muss bei der Systemauswahl und Dimensionierung mit berücksichtigt werden. Es wird empfohlen, bei der Planung und Ausführung einer Innendämmmaßnahme Fachplaner bzw. -firmen mit einzubeziehen. Die Wahl des Innendämmsystems muss auf die Gegebenheiten des Bestandsmauerwerkes, den bauphysikalischen Zustand und das Nutzungskonzept abgestimmt sein. Nicht jedes System ist für jeden Anwendungsfall geeignet. Es ist anhand der Voruntersuchungen zu prüfen, ob sich grundsätzliche Einschränkungen bei der Auswahl des Dämmsystems ergeben. Dies sind z.B. bautechnische Belange (z.B. Ebenheit und Tragfähigkeit der Wand, mechanische Beanspruchbarkeit) oder bauphysikalische Einschränkungen (Nutzung, Trocknungspotenzial, Feuchtebelastung und -beständigkeit, Brand- und Schallschutzanforderungen).

Ungeachtet der Gegebenheiten im einzelnen Bauwerk gilt es, bei der Anwendung von Innendämmung einige Grundsätze zu beachten. Prinzipiell gilt:

1. Je geringer die Feuchtebelastung von innen und außen ist, desto größer ist die Auswahl an möglichen Innendämmsystemen.
2. Findet von außen kein Feuchteintrag (auch kein Regen) statt, können fast alle üblichen Innendämmsysteme eingesetzt werden. Besonders bei Räumen mit hohen Feuchtebelastungen im Innenraum stellt das Anbringen einer diffusionsbremsenden oder sogar diffusionsdichten Innendämmung hier eine günstige Lösung dar, da auf diesem Weg auch der Feuchteintrag von der Raumseite minimiert wird.
3. Gibt es neben dem Diffusionstransport aus dem Raumklima dagegen weitere Feuchtequellen von außen, sind diese manchmal nur mit großem Aufwand oder auch gar nicht zu eliminieren. Eine äußere Feuchtebelastung kann Trocknungspotenzial auch in Richtung des Innenraums erfordern und die Wahl der geeigneten Materialien sowie der zulässigen

Dämmdicken entsprechend einschränken. Der Grundsatz: So diffusionsdicht wie nötig, so diffusionsoffen wie möglich, sollte vor allem bei feuchtesensitiven Konstruktionen mit Feuchtebelastung von außen beachtet werden.

4. Je besser (geringer) der U-Wert der Bestandskonstruktion ist, umso geringer ist die Kondensationsgefahr für die Innendämmung.

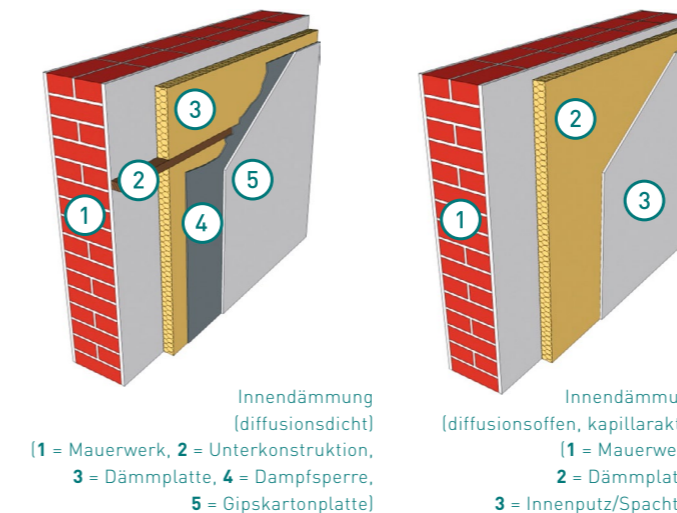
Für die Innendämmung gibt es je nach äußeren und inneren Randbedingungen und nach Bestandskonstruktion unterschiedliche Arten der Ausführung – dampfdichte/-bremsende oder dampfdiffusionsoffene Systeme.

In der folgenden Tabelle ist die Einteilung von Bauteilschichten bezüglich ihrer Diffusionsfähigkeit in Form des  $s_d$ -Wertes dargestellt. Der  $s_d$ -Wert ergibt sich aus der Dicke der Innendämmschichten, multipliziert mit deren  $\mu$ -Wert:  $s_d = \mu \cdot \text{Dicke}$ .

Bauteilschicht	$s_d$ -Wert
diffusionsoffen	$\leq 0,5 \text{ m}$
diffusionsbremsend	$0,5 \text{ m} < s_d \leq 10 \text{ m}$
diffusionshemmend	$10 \text{ m} < s_d \leq 100 \text{ m}$
diffusionssperrend	$100 \text{ m} < s_d \leq 1.500 \text{ m}$
diffusionsdicht	$\geq 1.500 \text{ m}$
mit variablem $s_d$ -Wert	Bauteilschicht, die ihren $s_d$ -Wert in Abhängigkeit von der umgebenden relativen Luftfeuchte verändert

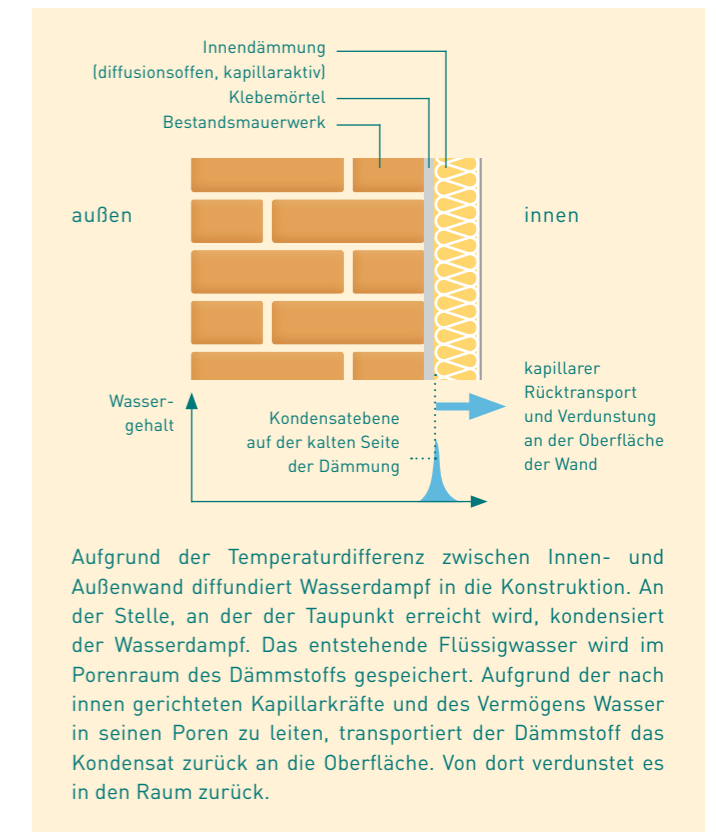
Tab. 5 Einteilung von Bauteilschichten nach dem  $s_d$ -Wert gemäß DIN 4108-3

Die Hauptunterscheidung bei Innendämmsystemen erfolgt zwischen diffusionsbremsenden bis -dichten Systemen und diffusionsoffenen Systemen.



Bei **diffusionsbremsenden bis -dichten Innendämmsystemen** wird bei fachgerechter Ausführung der Dampfdiffusionsstrom aus dem Innenraum in die Wand weitestgehend verhindert bzw. gebremst. Dies bedeutet, dass in der Grenzschicht zwischen Bestandsmauerwerk und Innendämmung keine Feuchteansammlungen zu erwarten sind. Fassadenseitig muss ein geeigneter Schlagregenschutz gesichert sein. Dampfdichte Dämmsysteme werden z.B. für Feucht- und Nassräume verwendet. Dabei kommen entweder Dämmstoffe zur Anwendung, die von sich aus dampfdicht oder dampfbremmend sind (z.B. Schaumglas, Hartschaumdämmstoffe o.ä.), oder die Dampfdichtigkeit wird durch eine raumseitig angeordnete Dampfsperre/Dampfbremse sichergestellt. Es sollte beachtet werden, dass Feuchtigkeit, die über Fehlstellen (z.B. Fugen an Innenwand- oder Deckenanschlüssen) oder Schlagregeneintrag in die Konstruktion gelangt, kaum zum Innenraum hin abtrocknen kann. Dies kann zu einer langsamen aber stetigen Aufwechtlung der Bestandswand führen.

Bei der Sanierung historischer Gebäude mit erhaltenswerten Fassaden, bei denen der Zustand der Gebäudehülle oft nicht gut ist und der Schlagregenschutz nicht im gewünschten Maß verbessert werden kann, sind diese diffusionsbremsenden bis -dichten Systeme deshalb mit einem höheren Risiko behaftet und daher häufig ungeeignet. Hier sind **diffusionsoffene Innendämmsysteme** zu bevorzugen, die über eine ausreichende kapillare Leitfähigkeit verfügen.

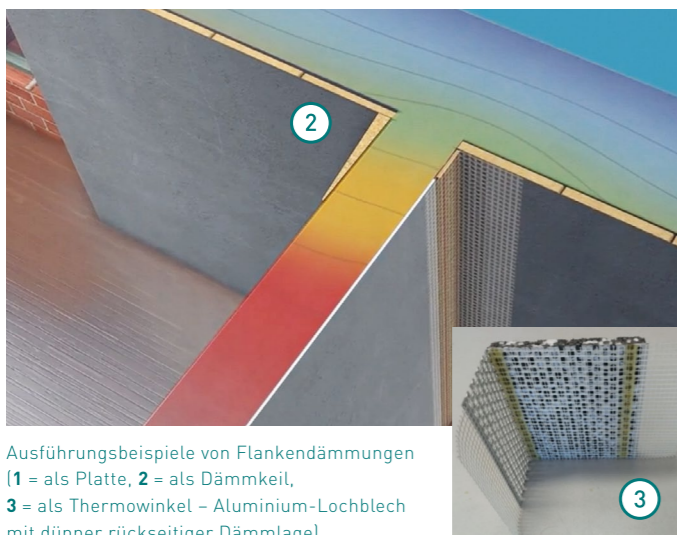


Wirkprinzip der kapillaraktiven Innendämmung

## → 6 Dämmsysteme

Allerdings müssen die Materialien an der ehemaligen Innenoberfläche den planmäßigen Feuchteanstieg im Winter tolerieren können. Es ist dabei auch auf eine möglichst vollflächige Verklebung mit dem Untergrund (bei Verwendung von plattenförmigen Dämmstoffen) zu achten. Diese Dämmsysteme bestehen meist aus einem speziellen Klebspachtel, entsprechenden Dämmplatten (z.B. 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. Diese Innendämmsysteme haben meist feuchtregulierende und feuchtepuffernde Eigenschaften – d.h. sie können überschüssige Feuchtigkeit aus der Raumluft aufnehmen und später wieder abgeben. Auch Lehmorkorkdämmungen oder Dämmputze gehören in diese Kategorie.

Bei Innendämmungen kann es notwendig sein, auf den flankierenden Bauteilen (Decken, Innenwände) einen Dämmstreifen anzubringen. Für derartige Flankendämmungen gibt es verschiedene Lösungen, wie z.B. spezielle Dämmplatten oder Dämmkeile. Besondere Thermowinkel aus sehr wärmeleitfähigen Materialien wie Aluminiumlochblech mit rückseitiger Dämmlage können hier auch geeignet sein.



Ausführungsbeispiele von Flankendämmungen (1 = als Platte, 2 = als Dämmkeil, 3 = als Thermowinkel – Aluminium-Lochblech mit dünner rückseitiger Dämmlage)

### TIPP

In der Infothek der SAENA ist ein Kurzfilm „Innendämmung“ zu finden, der einen Einblick in das Thema gibt: <https://www.saena.de/filme.html>

Außerdem sind weitere Informationen dazu mit Hinweisen zu Detailausführungen in der SAENA-Broschüre „Energetische Sanierung“ enthalten: [https://www.saena.de/download/broschueren/BB\\_Energetische\\_Sanierung.pdf](https://www.saena.de/download/broschueren/BB_Energetische_Sanierung.pdf)

### Balkenköpfe und Innendämmung

Bei Holzbalkendecken durchstoßen die Deckenbalken die Ebene der Wärmedämmung. Dennoch können auch Wände mit Holzbalkendecken innen gedämmt werden. Vor allem in regenreichen Gebieten sollten bei dünnen Außenwänden und bei Außenwänden mit Sichtmauerwerk oder Natursteinen Spezialisten hinsichtlich einer Beurteilung mit einbezogen werden. Wenn eine Innendämmung bei Räumen mit Holzbalkendecken geplant ist, empfiehlt es sich, die Deckenebene zu öffnen und die gesamte Außenwand vollflächig zu dämmen. Die Dämmung sollte dabei von allen Seiten an die Deckenbalken herangeführt werden. Der Spalt zwischen Dämmung und Deckenbalken wird z.B. durch Stopf- wolle, Hanfstreifen oder vorkomprimierte Dichtungsbänder ausreichend „konvektionshemmend“ verschlossen. Wenn in der Deckenebene nicht gedämmt werden kann, sollte im Raum nur in moderaten Dicken gedämmt werden. Bei zu dicker Dämmung besteht ansonsten die Gefahr, dass in der ungedämmten Deckenebene Schimmelpilzwachstum aufgrund der entstandenen Wärmebrücke einsetzt.



Einbindung eines Holzbalkens in eine innen gedämmte Außenwand

### Vorteile

- Die Innendämmung ist, besonders für historische und denkmalgeschützte Gebäude, die Alternative zur Außendämmung, da die Außenansichten 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 Mehrfamilien- 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.
- Innendämmsysteme bieten die Möglichkeit zur relativ kostengünstigen energetischen Aufwertung der Außenwand, ohne aufwendige Gerüstbauten und ohne Eingriff in die Fassade von der Außenseite; Veränderungen an Dachüberständen oder äußeren Fensterbänken entfallen.
- 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.
- Innendämmmaßnahmen 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 ab 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.

### Anmerkung:

„Dämmtapeten“ werden zum Teil als brauchbare Alternative zu herkömmlichen Innendämmsystemen angepriesen. Sie haben allerdings kaum eine Wirkung, da deren Dämmwirkung viel zu gering ist. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist eher ungünstig. Außerdem sind die Stöße und Anschlüsse schimmelgefährdet. Es sollte deshalb keinesfalls versucht werden, bereits bestehende Feuchteprobleme mit einer Dämmtapete zu lösen.

### 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. Das Trocknungspotenzial der Bestandswand verringert sich.
- 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 kann es notwendig sein, eine Flankendämmung mit einer Länge von ca. 30 - 50 cm anzubringen.
- 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 und bauphysikalisch ungünstig werden.

### TIPP

In den letzten Jahren wurde ein Leitfaden für die Anwendung von Innendämmung entwickelt, der eine gute Hilfestellung für Bauherren, Planer und Entscheidungsträger bei der Vorgehensweise einer Innendämmmaßnahme bietet. Im Teil 1 dieses Leitfadens wird das Thema Bauwerksanalyse behandelt. Teil 2 widmet sich dem Fassadensanierungskonzept sowie dem Dämmkonzept. Dabei gibt es am Ende jedes Leitfadens je ein übersichtliches Ablaufschema zur Bauwerksanalyse, zum Fassadensanierungskonzept und zum Dämmkonzept.

Der Leitfaden ist über qucosa kostenlos in Deutsch und Englisch unter folgenden Links verfügbar.

Deutsche Ausgabe Teil 1: <https://doi.org/10.25368/2024.294>  
Deutsche Ausgabe Teil 2: <https://doi.org/10.25368/2024.297>

## → 6 Dämmsysteme

### 6.1.3 Kerndämmung

Als Kerndämmung wird die Dämmung des Luftraumes zwischen zwei Mauerwerkswänden (Vor- und Hintermauerschale) 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 ist im Bestand und an schwer zugänglichen Stellen mit Einblasdämmstoffen oder Ortschaum möglich. Zuvor muss jedoch überprüft werden, ob die Bestandskonstruktion in Ordnung ist.

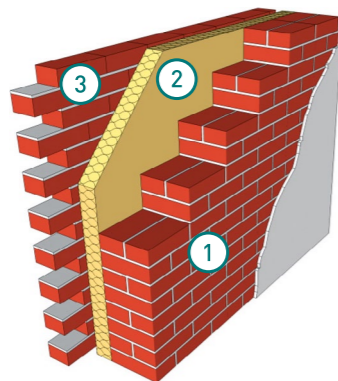
Eventuell vorhandene Leckagen müssen vorher abgedichtet werden. Ist eine Kerndämmung möglich, wird ein geeigneter Dämmstoff durch in die Außenschale gebohrten Löcher lückenlos und setzungssicher in den Hohlraum eingebracht. Das Dämmmaterial wird so verdichtet, dass die Hohlraum lückenlos und setzungssicher ausgefüllt ist.



Eingeblasener Dämmstoff in einem zweischaligen Mauerwerk

#### Vorteile

- Es entsteht kein Verlust von Wohnraum.
- Mit der Kerndämmung steht ein preisgünstiges System zur Verfügung.
- Die Tragschale ist von der Wetterschutzschale getrennt.
- Die thermische Speicherung der Bestandswand bleibt erhalten (sommerliche Behaglichkeit).
- Je nach zur Verfügung stehender Hohlraumstärke kann eine gute Dämmwirkung erzielt werden.
- Die Bestandsfassade bleibt erhalten.
- Die Ausführung der Arbeiten beeinträchtigt die Bewohner kaum.



Kerndämmung  
(1 = Hintermauerschale, 2 = Wärmedämmung, 3 = Vormauerschale)

#### Nachteile

- Die Fassade muss mit vielen kleinen Löchern angebohrt werden. Sie werden nach Dämmstoffeinbringung wieder geschlossen.
- Beim Verfüllen mit Dämmmaterial wird das Austrocknungspotential der äußeren Mauerwerksschale bei Schlagregeneinwirkung 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 kapillares Saugen, die nach der Verfüllung nicht mehr belüftet werden.
- Ein hohlraumfreies Einbringen des Dämmstoffes benötigt viel Erfahrung.
- Wärmebrücken, z.B. an Fenster- und Türleibungen sowie bei Heizkörpernischen und Rolladenkästen lassen sich mit einer Kerndämmung nicht beheben und werden durch eine Kerndämmung leicht verstärkt.
- Überstehende Mörtelreste im Hohlraum, die nicht entfernt werden (können), oder durchgehende Bindersteine sowie Verankerungen erhöhen die Gefahr der Wärmebrücken und erschweren das hohlraumfreie Einbringen.
- Es steht nur eine begrenzte Dämmschichtdicke zur Verfügung. Deswegen, und wegen der leicht verstärkten Wärmebrücken, ist evtl. eine zusätzliche Außen- oder Innendämmung erforderlich.

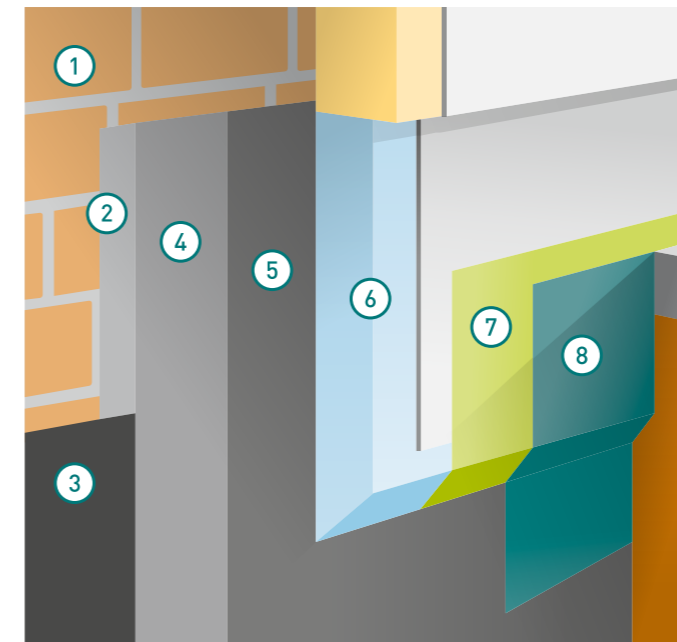
### 6.2 Erdreichberührte Wände

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.

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 und zur Vermeidung von Sommerkondensation empfehlenswert.

Da diese Dämmung wasser- und druckbeständig sein muss, werden geschlossporige, druckfeste Schaumstoffmaterialien, z.B. extrudiertes Polystyrol-Hartschaum-Platten oder Schaumglas-Platten verwendet. Das Dämmmaterial wird dann außerhalb der wasserundurchlässigen Schicht / Abdichtungsebene angebracht. Um bei Setzungen in der Baugrube Verschiebungen der Platten zu vermeiden, werden diese vollflächig verklebt.

Neben den bereits genannten Dämmstoffen kommen zunehmend auch Recycling-Materialien, wie Glasschaum-Granulat und Glasschaum-Platten, zur Anwendung.



Prinzip – Sockelabdichtung  
(1 = Sockelmauerwerk, 2 = Untergrundvorbehandlung, 3 = Bestandsabdichtung, 4 = Haftbrücke auf vorhandener Bauwerksabdichtung, 5 = Sockelabdichtung, 6 = Sockeldämmplatte mit Putzsystem, 7 = Putzabdichtung, 8 = Schutzschicht)

### 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 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. Die Bauteilschichten sind nach außen hin zunehmend diffusionsoffener zu gestalten, so dass Feuchtigkeit, die aus der Raumluft über Fugen oder Fehlstellen in die Konstruktion gelangt, nach außen hin abtrocknen kann. Hinterlüftete Steildächer (Kaltdächer) 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 (Warmdächer) komplett dampfdicht, kommen meistens feuchteadaptive Dampfbremsen zum Einsatz. Diese verhindern das Eindringen von Dampf und ermöglichen aber dennoch das Austrocknen der Konstruktion in den Innenraum. Wichtig ist dabei, dass die Anschlüsse der Dampfbremse an die Dachkonstruktion absolut wind- und luftdicht ausgeführt werden.

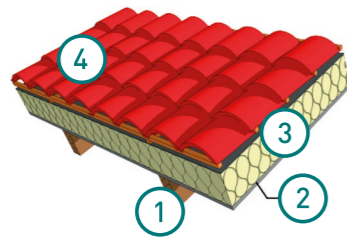
#### 6.3.1 Steildächer

Bei einer Dachkonstruktion aus Holz ist raumseitig eine Dampfbremse einzubauen. Die Bauteilschichten sind nach außen hin zunehmend diffusionsoffener zu gestalten, so dass Feuchtigkeit, die aus der Raumluft über Fugen oder Fehlstellen in die Konstruktion gelangt, nach außen hin abtrocknen kann. Hinterlüftete Steildächer (Kaltdächer) 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 (Warmdächer) komplett dampfdicht, kommen meistens feuchteadaptive Dampfbremsen zum Einsatz. Diese verhindern das Eindringen von Dampf und ermöglichen aber dennoch das Austrocknen der Konstruktion in den Innenraum. Wichtig ist dabei, dass die Anschlüsse der Dampfbremse an die Dachkonstruktion absolut wind- und luftdicht ausgeführt werden.

## → 6 Dämmsysteme

### 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 einer Neueindeckung des Dachstuhls geplant ist bzw. beim Neubau. Eine Aufsparrendämmung wird häufig mit Polystyrol-Verbundplatten, Polyurethan-Platten oder Mineralwolle-Platten durchgeführt. Aber auch natürliche Dämmstoffe, wie druckfeste Holzfaser-Platten, sind für die Aufsparrendämmung einsetzbar.



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

### Vorteile

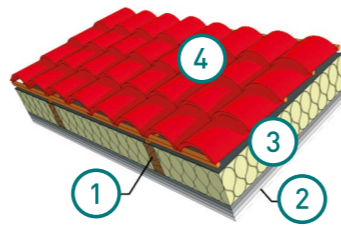
- Durch die vollflächige Verlegung entfallen die Wärmebrücken im Bereich der Sparren. Feuchtetechnisch sind Aufsparrendämmungen unproblematisch.
- Gebälk und Holzschalungen bleiben raumseitig sichtbar, neben dem optischen Eindruck ergibt sich auch ein räumlicher Gewinn.
- Der Platz zwischen den Sparrenfeldern 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. Die innere Bekleidung kann in der Regel belassen werden.

### Nachteile

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

### Zwischensparrendämmung

Eine Zwischensparrendämmung wird zwischen den Dachsparren eingebaut. Geeignet sind Dämmstoffe, die eingeblasen werden können, wie Zellulose, Mineral-, oder Holzfasern bzw. flexible 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.



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

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

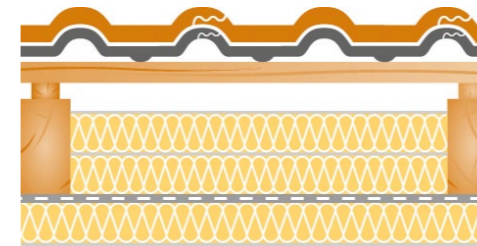
Die Höhe der Sparren im Altbaubestand beträgt häufig nur 10 - 14 cm. Der verfügbare Raum ist damit für eine Zwischensparrendämmung meist zu klein, um die Anforderungen des GEG zu erfüllen. Deshalb ist es empfehlenswert, entweder die Stärke der Zwischensparrendämmung mittels einer Sparrenaufdopplung durch 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 hin zu erzeugen.

### Vorteile

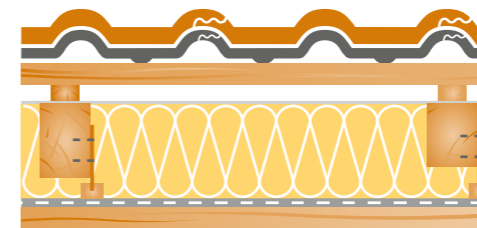
- Die Zwischensparrendämmung bietet eine Möglichkeit, das auszubauende Dach wärmetechnisch den neuesten Anforderungen anzupassen, ohne dass von außen an der Dachdeckung gearbeitet werden muss.
- Sie ist die am einfachsten umzusetzende und meist kostengünstigste Dämmvariante.
- Da die Arbeiten von innen erfolgen können, 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 oder eine Untersparrendämmung erforderlich. Letzteres ist mit einem Verlust an Wohnfläche verbunden.
- Die raumseitige Innenverkleidung muss entfernt werden, wenn die bestehende Konstruktion auch keine Einblasdämmung zulässt.
- Die Maßnahme erfolgt in der Regel von innen, wodurch beim nachträglichen Einbau eine Beeinträchtigung für die Bewohner durch Baumaterial und -staub entstehen kann.
- Bei einbindenden Massivwänden kann eine Begleitdämmung notwendig werden, um Wärmebrücken zu vermeiden.



Zwischensparren-  
+ Untersparren-  
dämmung



Detail  
Sparrenexpander

## TIPP

In der Infothek der SAENA ist ein Kurzfilm „Einblasdämmung“ zu finden, der einen Einblick in das Thema gibt:

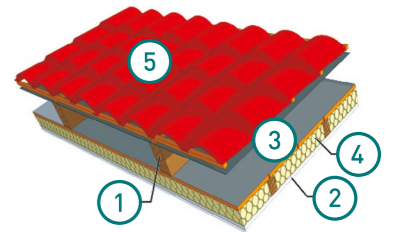
<https://www.saena.de/filme.html>

Außerdem sind weitere Informationen dazu mit Hinweisen zu Detailausführungen in der SAENA-Broschüre **Energetische Sanierung** enthalten:

[https://www.saena.de/download/broschueren/BB\\_Energetische\\_Sanierung.pdf](https://www.saena.de/download/broschueren/BB_Energetische_Sanierung.pdf)

### 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.



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

Beim Einbau der Dämmung wird auf der Unterseite der Dachsparren raumseits der Dampfsperre / Dampfbremse bzw. bei Dachmodernisierungen auf die schon bestehende Verkleidung 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.

Je nach vorhandenem Dämmstandard der Bestandskonstruktion bzw. Dämmstärke der Untersparrendämmung sollte überprüft werden, ob die veränderte Konstruktion feuchtetechnisch noch in Ordnung ist.

### Vorteile

- Eine 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.
- Eine raumweise energetische Sanierung ist möglich.

## → 6 Dämmsysteme

### Nachteile

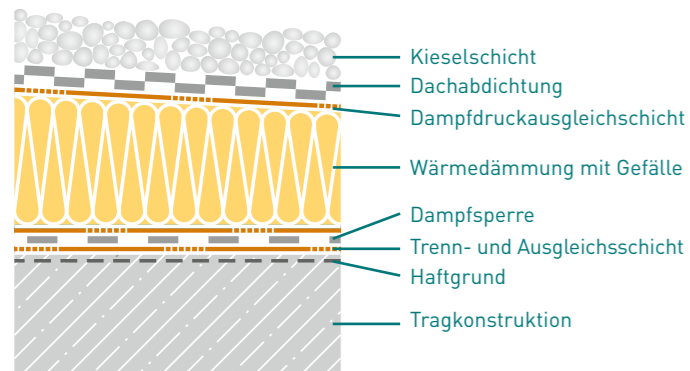
- Die nutzbare Wohnfläche wird durch diese Art der Innendämmung etwas verkleinert.
- Zusätzlicher Aufwand entsteht bei der Ausführung der Anschlüsse, z.B. bei der Anpassung der Fensterleibungen.
- Als alleinige Dämmmaßnahme des Daches ist eine Untersparrendämmung häufig nicht ausreichend. Sie erfolgt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

### 6.3.2 Flachdächer

Im Vergleich zu Steildächern sind Flachdächer wartungsintensiver. Die Dachneigung ist geringer, wobei mindestens 2% Dachneigung eingehalten werden sollen. Flachdächer werden oft auch als (Dach)-Terrassen genutzt. Für die Ausführung werden viele Systemlösungen angeboten. Die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller sind dabei zu berücksichtigen.

### Massivdach

Ein Großteil der Flachdächer wird als Warmdach ausgeführt, oft als Massivdachkonstruktion mit einer Aufdachdämmung. In diesen Fällen liegt die Decke komplett auf der warmen Seite und ist hygrothermisch unkritisch. Über der Tragkonstruktion wird eine Dampfsperre aufgebracht, auf der die Wärmedämmung installiert wird. Darauf kommt mit einer Trennlage die Abdichtung zum Einsatz.



Prinzip – Flachdachaufbau als Umkehrdach

Eine besondere Form des Flachdaches stellt das Umkehrdach dar. Hierbei wird die Abdichtung auf der Rohdecke unter der Dämmung aufgebracht. Sie ist damit besser vor klimatischen und mechanischen Einwirkungen geschützt. Da die Dämmung im nassen Außenbereich liegt, muss sie feuchteresistent sein. Dafür kommen oft extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten (XPS) zum Einsatz.

### Holzdach

Bei Holz-Flachdachkonstruktionen wird oft eine Zwischenbalkendämmung verwendet. Da die Außenseite mit einer Abdichtung versehen ist, sind derartige Konstruktionen schadensanfälliger. Schon kleine Verletzungen der Dampfsperre können zum Feuchteintrag in die Balken- und Dämmebene und so zum Versagen der Konstruktion führen. Besonders kritisch sind dabei Durchdringungen und Anschlüsse zu sehen. In vielen Fällen ist ein Feuchteschutznachweis zur Sicherstellung der Funktionsweise erforderlich. Es wird empfohlen, für diese Konstruktionen standardmäßig eine Aufdachdämmung oder eine Kombination aus Aufdach- und Zwischenbalkendämmung zu verwenden, um die Kondensatgefahr und damit potenzielle Schäden an der Kaltseite des Holzes und in der Dämmebene zu vermeiden.

In der DIN 4108-3 sowie der DIN 68800-2 sind viele funktionsfähige und nachweisfreie Konstruktionen angegeben.

### Vorteile

- Ein Flachdach kann zusätzlich genutzt werden, z.B. als Terrasse oder begrünte Fläche.

### Nachteile

- Der Wartungsbedarf ist höher als bei Steildächern.
- Dichtungen, Dämmungen und Abläufe müssen regelmäßig kontrolliert werden.
- Ausführungsfehler können massive Folgen in Form von Feuchteschäden haben.

## 6.4 Geschossdecken

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 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 Warmseite der Dämmung anzubringen.

### 6.4.1 Oberste Geschossdecken

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 darüber liegenden Dachschrägen nicht notwendig. Je nach vorgefundener Situation, geplanter Nutzung und tolerierbarem Aufwand kann die Dämmung als Aufdecken-, Zwischendecken- oder Unterdeckendämmung erfolgen. Da sich der Schichtenaufbau der Bestandskonstruktion ändert, sollte bei allen Varianten eine feuchtetechnische Überprüfung des geplanten Aufbaus erfolgen, insbesondere, wenn sich über der Dämmebene diffusionsbremsende Schichten befinden.



Holzfasern-Dämmplatten im Dachboden

### 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.

### Vorteile

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

### Nachteile

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

### Zwischendeckendämmung

Bei der Zwischendeckendämmung befindet sich die Dämmebene innerhalb des Deckenaufbaus. 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 Faserflocken), aber auch Matten.

### 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 überprüft und ggf. durch einen mehrschaligen Aufbau kompensiert werden. Bei einer Holzbalkendecke kann deshalb 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 mit größerem Aufwand dar, bei dem viel Bauschutt anfällt.



Einbau einer Schüttung als Zwischendeckendämmung oder als Aufdeckendämmung

### 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.



Unterdeckendämmung aus Mineralwolle

#### 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 Deckenauftragern und Wandanschlüssen unterbrochen wird.

### 6.4.1 Unterste Geschossdecke

#### Kellergeschossdecke

Bei der Abgrenzung zu unbeheizten Kellerräumen sind die Bestandskellerdecken meist nur sehr gering gedämmt. Hohe Wärmeverluste zum Kaltbereich sowie unbehagliche Fußkälte im Erdgeschoss sind die Folge. Deshalb wird empfohlen, diesen Deckenbereich zu dämmen. Die mögliche Dämmstärke und Ausführungsart hängen von der Nutzung, der verfügbaren Raumhöhe im Kellergeschoss / vom Fußbodenaufbau im Erdgeschoss sowie von weiteren geplanten Maßnahmen ab.

#### Deckenunterseitige Dämmung

Die meist einfachste und effektivste Lösung ist die Dämmung der Kellerdecke von der Unterseite her. Bei dieser Vorgehensweise liegt die komplette Decke im warmen Bereich und ist hygrothermisch unkritisch. Dafür muss zunächst die Beschaffenheit und Eignung der Decke überprüft werden. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass meist an der Unterseite der Kellerdecke Rohr- und Kabelleitungen verlaufen. Je nach notwendiger Revisionierbarkeit werden diese Bereiche umdämmt oder mit einer Verkofferung versehen. Auf eine durchgehende Dämmebene ist zu achten. Außerdem sind einbindende Wände in die Decke zu berücksichtigen. Ggf. werden hier Flankendämmungen erforderlich. Falls Brandschutzanforderungen bestehen, muss die Dämmstoffauswahl entsprechend erfolgen.

#### Vorteile

- Die Maßnahme ist im Rahmen einer Sanierung einfach umsetzbar, da der beheizte Erdgeschossbereich davon nicht betroffen ist.
- Es handelt sich um eine sehr kostengünstige und hygrothermisch optimale Dämmvariante.
- Bei genauer Ausführung ist diese Art der Konstruktion sehr wärmebrückenarm, weil die Deckenebene komplett überdämmt werden kann.
- Die komplette Decke steht als Speichermasse zur Verfügung.

#### Nachteile

- Bei niedrigen Raumhöhen im Kellergeschoss verringert sich die nutzbare Höhe zusätzlich.
- Falls Kabel und Rohrleitungen an der Deckenunterseite entlanggeführt sind, ist der Anpassungsaufwand für eine Überdämmung/Umkofferung hoch.
- Im Bereich von Wandeinbindungen sind ggf. Flankendämmungen notwendig.



Anbringen einer mineralischen Unterdeckendämmung

#### Deckenoberseitige Dämmung

Wenn die Kellergeschosshöhe sehr niedrig ist oder eine Gewölbedecke vorhanden ist, die schwierig zu umdämmen ist, ist es auch möglich, die Deckendämmung von der Oberseite auf dem Bestands-Fußbodenaufbau aufzubringen. Hierbei ist aber zu beachten, dass sich mit der Vergrößerung der Fußbodenhöhe auch alle anderen Höhen ändern, z.B. bei Türen, Brüstungshöhen von Fenstern, Steigung bei Treppen usw.. Somit ist die oberseitige Dämmung der Kellergeschossdecke meist nur dann eine Option, wenn an der Geschossdecke sowieso Änderungen vorgenommen werden sollen, z.B. wenn geplant ist, eine Fußbodenheizung zu installieren. Dann wird der bestehende Deckenaufbau aufgenommen und mit einer Dämmung neu aufgebaut. Die mögliche Dämmstärke richtet sich dann nach der zur Verfügung stehenden maximalen Höhe. Hier ist häufig eine zusätzliche Dampfsperre erforderlich, weshalb die Decke mit dem geplanten Aufbau feuchtetechnisch überprüft werden sollte.

#### Vorteile

- Die Maßnahme ist gut umsetzbar, wenn der Fußboden im Erdgeschoss sowieso neu (z.B. bei der Umrüstung auf Fußbodenheizung) aufgebaut wird.
- Bei niedrigen Kellerdeckenhöhen oder Gewölbedecken im Keller ist dort keine Veränderung notwendig.
- Bestehende Rohre und Kabel an der Kellerdecke bleiben unverändert.

#### Nachteile

- Die Maßnahme ist sehr aufwändig.
- Die Dämmstärke ist aufgrund der umgebenden Bestandshöhen begrenzt bzw. bei größerer Dämmstärke sind viele weitere Maßnahmen notwendig.

### Bodenplatte / Boden zum Erdrreich

Wenn eine Bodenplatte im Gebäude vorhanden ist, kann die Deckendämmung nur von der Oberseite her auf dem Bestands-Fußbodenaufbau aufgebracht werden. Hierbei ist zu beachten, dass sich mit der Vergrößerung der Fußbodenhöhe auch alle anderen Höhen ändern, z.B. bei Türen, Brüstungshöhen von Fenstern, Steigung bei Treppen usw.. Somit ist dies meist nur dann eine Option, wenn der Fußbodenaufbau sowieso erneuert werden soll, z.B. wenn geplant ist, eine Fußbodenheizung zu installieren. Dann wird der bestehende Fußbodenaufbau aufgenommen und mit einer Dämmung neu aufgebaut. Die mögliche Dämmstärke richtet sich dann nach der zur Verfügung stehenden maximalen Höhe. Hier ist häufig eine zusätzliche Dampfsperre erforderlich, weshalb der geplante Aufbau feuchtetechnisch überprüft werden sollte. Bei vielen alten Gebäuden ist jedoch keine durchgehende Bodenplatte vorhanden, sondern die Gründung der Wände erfolgte auf Streifenfundamenten und der Fußboden ist auf einem Unterbeton aufgebaut. In diesem Fall kann der Unterbeton entfernt werden und der Untergrund bis zur gewünschten Tiefe ausgeschachtet und neu aufgebaut werden. Zu beachten ist jedoch, dass die Fundamente nicht untergraben werden dürfen bzw. ist mit Abfangungen zu arbeiten. Dazu sollte ein Statiker mit eingeschaltet werden.

Prinzipiell sollte eine hinreichende Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen Feuchtigkeit entsprechend des anliegenden Lastfalles eingebaut werden, die an den angrenzenden Wänden hochziehen ist. Dazu kann ein Bodengutachten Aufschluss geben. Der neue Fußboden kann mit der zur Verfügung stehenden Dämmstärke so ausgeführt werden, dass die Wärmedämmung unter oder über der neuen Bodenplatte angeordnet wird.

### Decken gegen Außenluft nach unten

Bei diesen Decken (oft im Bereich über Durchfahrten) ist die einfachste und effektivste Lösung die Dämmung von der Kaltseite, also von außen her. Bei dieser Vorgehensweise liegt die komplette Bestandsdecke im warmen Bereich und ist hygrothermisch unkritisch.

Die Beschaffenheit und Eignung der Decke muss überprüft werden. Auf eine durchgehende und lückenlose Dämmebene ist zu achten. Falls Brandschutzanforderungen bestehen, muss die Dämmstoffauswahl entsprechend erfolgen.

Falls die Dämmung von der Innenseite her erfolgen soll, muss berücksichtigt werden, dass sich mit der Vergrößerung der Fußbodenhöhe des entsprechenden Raumes über dieser Decke Höhenunterschiede entstehen und sich damit Höhenanpassungen an anderen Bauteilen notwendig werden können, z.B. bei Türen, Brüstungshöhen von Fenstern, Steigung bei Treppen usw.. Somit ist dies meist nur dann eine Option, wenn der Fußbodenaufbau sowieso erneuert werden soll. Die mögliche Dämmstärke richtet sich dann nach der zur Verfügung stehenden maximalen Höhe. Hier ist häufig eine zusätzliche Dampfsperre erforderlich, weshalb der geplante Aufbau feuchtetechnisch überprüft werden sollte. Bei der oberseitigen Dämmung der Decke gegen Außenluft muss besonders der Wärmebrückeneinfluss im Bereich angrenzender Bauteile und an Übergängen berücksichtigt werden.

# → 7 Besonderheiten von Bestandsgebäuden

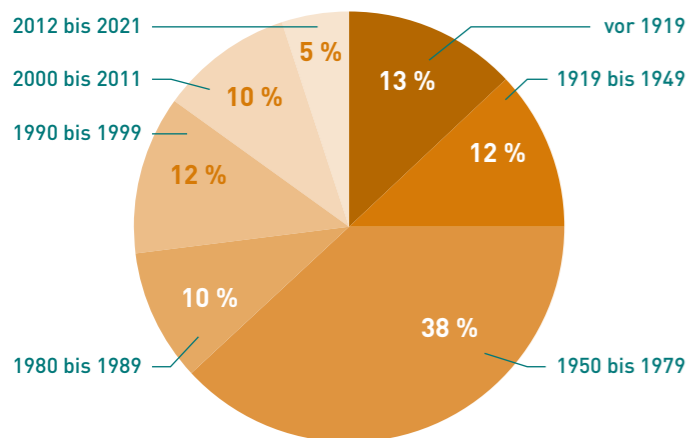
## 7.1 Charakterisierung des Gebäudebestands



Kennzeichnung Denkmal

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 wärmedämmend, sodass der Energieverbrauch dieser Gebäudegruppe bei vergleichbarer Wohnqualität besonders hoch liegt. Bei heutigen Komfortansprüchen müssen deshalb je Quadratmeter Wohnfläche bis 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.



Verteilung des Wohngebäudebestands in Deutschland nach Baujahr (Stand: 2021)

## 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



Fachwerkhaus

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.

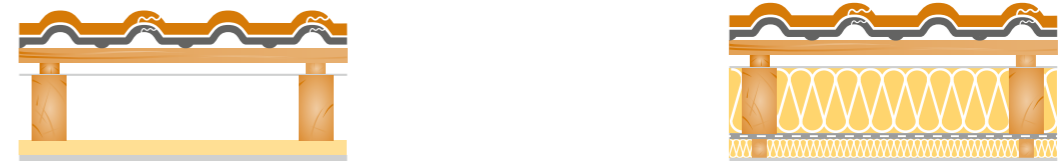
**HINWEIS:** "Warum kann es vorkommen, dass die Energieeinsparungen nicht so groß sind wie erhofft?"

Dies kann am so genannten „Rebound“-Effekt liegen. Dieser besagt, dass in energetisch sanierten, also gedämmten Gebäuden mehr Heizenergie verbraucht werden kann als im Vorfeld berechnet. Messungen des Innenklimas haben gezeigt, dass das Wissen um die energieeinsparende Wirkung manche Bewohner dazu verleitet, nach einer Dämmmaßnahme höhere, komfortablere Raumtemperaturen einzustellen. Jedes Grad Celsius an höherer Raumtemperatur schlägt sich aber auch in deutlich höheren Heizenergiekosten nieder. Das im Vorfeld berechnete Einsparpotential wird dann nicht erreicht, da dabei von einer üblichen, niedrigeren Temperatur ausgegangen wurde.



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

Beispiel Einsparpotenzial einer Außenwanddämmung



Bestand		Saniert	
- Dachziegel, Trag- u. Konterlattung	U-Wert = 1,54 W/m <sup>2</sup> K	- Dachziegel, Trag- u. Konterlattung	U-Wert = 0,215 W/m <sup>2</sup> K
- Unterdachbahn (wenn vorh.)		- Sparren 100/140 mm	
- Sparren 100/140 mm		- HWL-Platte 30 mm (Sauerkrautplatte)	
		- Innenputz 20 mm	
		- Dachziegel, - Dampfbremssfolie	
		- Unterlattung 40/60 mm mit Mineralwolle 40 mm (WLS 035)	
		- Sparren 100/140 mm mit Mineralwolle 140 mm (WLS 035)	
		- Gipskartonplatte 12,5 mm	
Reduzierung der Wärmeverluste um 84 %. Jährliche Heizwärmeeinsparung von ca. 110 kWh pro m <sup>2</sup> Dachfläche ≈ 11 Liter Heizöl/m <sup>2</sup>			

Beispiel Einsparpotenzial einer Dachdämmung

## → 7 Besonderheiten von Bestandsgebäuden

### Beispiel für Heizkostensparnis nach Anbringen 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			
<b>vor der Sanierung</b>				<b>Beispielgebäude:</b> Zweifamilienhaus (EG; OG; DG), Baujahr 1927, 5 Personen, beheizte Wohnfläche ca. 170 m <sup>2</sup> , Heizungsart Ölkessel (eingebaut 1997)  <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> <b>13.356,23 € (Brutto)</b>		
1997	3.675,00	3.760,20	0,00			
1998	2.659,00		0,00			
1999	4.179,00		0,00			
2000	4.001,00		0,00			
2001	4.220,00		0,00			
2002	2.871,00		0,00			
2003	3.764,00		0,00			
2004	4.105,00		0,00			
2005	3.314,00		0,00			
2006	4.814,00		0,00			
<b>nach der Sanierung</b>				Ø-Einsparung in € pro Jahr bei 8 % Preissteigerung pro Jahr für Heizöl	kumulierte Einsparung in €	Amortisiert  nach 12 Jahren
2007	0,00	2.312,00	870,19			
2008	4.591,00		999,55			
2009	2.141,00		1.099,50			
2010	2.455,00		1.006,44			
2011	2.523,00		1.192,56			
2012	2.153,00		1.361,45			
2013	2.879,00		1.258,05			
2014	2.345,00		1.171,88			
2015	2.145,00		913,38			
2016	4.200,00		999,55			
2017	0,00		1.085,72			
2018	- - -		- - -			
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?

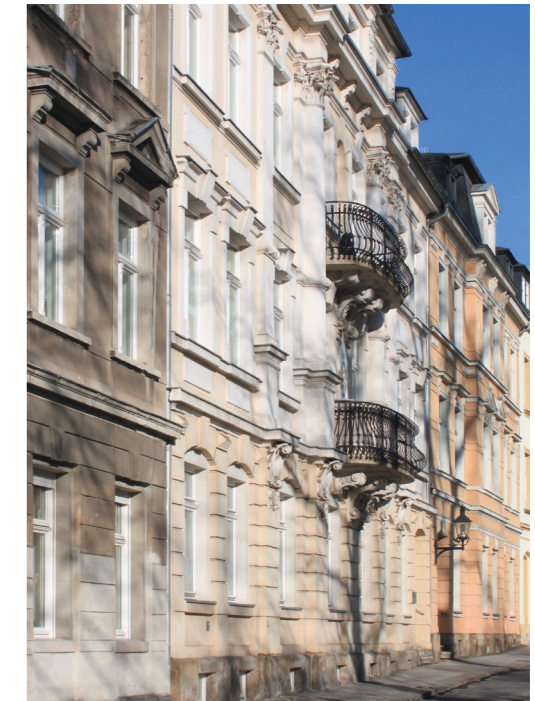
**HINWEIS:** Im Kapitel 6 ist am Ende des Themas Innendämmung ein Literatur-Tipp mit Verlinkung zum kostenlosen Leitfaden Innendämmung angegeben. Teil 1 dieses Leitfadens widmet sich der Bauwerksanalyse. Hier sind hilfreiche Informationen zum Ablauf einer Gebäudeanalyse, Möglichkeiten der Datenbeschaffung, Mess- und Untersuchungsmethoden, aber auch zu typischen Schadensbildern und Umgang mit diesen zu finden.

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 Baudenkmalen 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



denkmalgeschützte Gebäudefassaden

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 so die Identität der Orte. Im Kontext mit der aktuellen demographischen Entwicklung führen vergleichsweise hohe Energiekosten in Baudenkmalen zunehmend zu Leerstand. Dadurch werden Schäden am Gebäude begünstigt, die den Bestand weiter gefährden. Ein ungepflegtes Erscheinungsbild von Bestandsgebäuden führt außerdem dazu, dass der Verkehrswert der Immobilien sinkt und notwendige Investitionen durch diesen Wertverlust ausbleiben. Daher werden die Sanierungsmaßnahmen unter energetischen Gesichtspunkten als außerordentlich wichtig erkannt und gefördert. Aus konstruktiv-technischer Sicht unterscheiden sich Baudenkmalen 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 Innendämmungssystemen meist die einzige Möglichkeit, sofern dadurch nicht der Verlust erhaltenswerter Innenausstattung droht. Dabei verbessert sich auch der Raumkomfort. Für die Detailplanung und Ausführung wird die Einbeziehung von Fachleuten empfohlen.

## → 8 Kostenvergleich

### 8.1 Allgemeines



Eine umfassende, langfristige und vorausschauende Planung erspart neben dem Ärger über unzureichende Teillösungen natürlich auch viel Geld, da der Verbrauch an Heizenergie reduziert wird. Allerdings entstehen auch Kosten, auf die in diesem folgenden Abschnitt eingegangen werden soll. Beim Vergleich der Kosten für wärmedämmende Maßnahmen sollte neben den Materialpreisen auch der Montageaufwand betrachtet werden. Die folgende Übersicht (Tab. 7) zeigt auf,

mit welchen Kosten Bauherren pro Quadratmeter ungefähr rechnen müssen. Weitere Angaben zu Preisspannen einzelner Dämmmaterialien sind in der Materialübersicht im Kapitel 5 (Tab. 3) zu finden.

Eine häufig gestellte Frage ist die nach der Amortisationszeit verschiedener Maßnahmen zur Gebäudedämmung. Auf den ersten Blick kann hier die Aussage getroffen werden, dass sich Maßnahmen zur Sanierung der obersten und untersten 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 eventuell 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, eine fachkundige Beratung einzuholen und zu klären, ob und welche zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz der Bausubstanz notwendig sind.

- <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 Schüttdämmung 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.

Maßnahme	Kosten pro m <sup>2</sup>
Dämmung luftberührter Außenwände mit Dämmplatten	100 - 210 EUR
Dämmung erdberührter Außenbauteile <sup>1)</sup>	100 - 200 EUR
Innendämmung	50 - 160 EUR
Dämmung der obersten Geschossdecke <sup>2)</sup>	25 - 55 EUR
Dämmung Gebäudedach	60 - 200 EUR
Dämmung der Kellerdecke (von unten) <sup>3)</sup>	20 - 60 EUR
Austausch der Fenster	250 - 450 EUR
Austausch der Verglasung	140 - 250 EUR

Tab. 7 Überschlägliche Kosten für verschiedene Maßnahmen zur Wärmedämmung inklusive Montage

### 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 im Gebäudeenergiegesetz definiert. Für die Erfüllung der im Vergleich dazu geringeren Forderungen bei der Sanierung bestehender Gebäude ist aufgrund der älteren Konstruktion in der Regel ein ähnlicher Kostenaufwand für die Umsetzung einer Dämmmaßnahme erforderlich. Allerdings ist bei alten Gebäuden mit unebenen Wänden, bestehenden Schäden oder Feuchteproblemen vorab ein höherer Aufwand erforderlich, bevor das WDVS auf die Bestandswand aufgebracht werden kann.

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 hat 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.

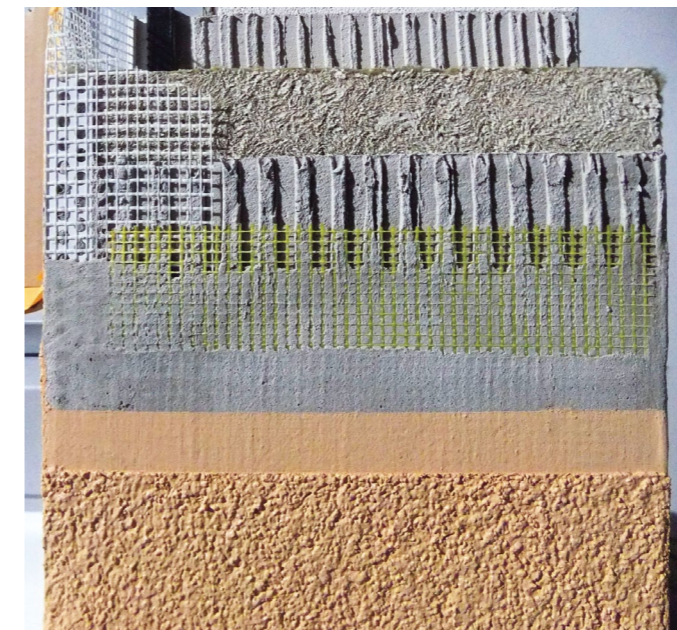
Gerne können Sie sie anrufen und einen kostenfreien Beratungstermin unter 0351 4910-3179 vereinbaren!

#### TIPP

Es empfiehlt sich, einen individuellen Sanierungsfahrplan erstellen zu lassen, um einzelne Sanierungspakete und deren Reihenfolge optimal aufeinander anpassen zu können bzw. ein Konzept für eine Gesamtsanierung zu erstellen. Dafür zugelassene Energieberater(innen) können in der Expertenliste der DENA <https://www.energie-effizienz-experten.de/> nach verschiedenen Kriterien gesucht werden.

Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) beinhalten neben der eigentlichen Wärmedämmung den passenden Unterputz, den Außenputz und ggf. weitere Schichten.

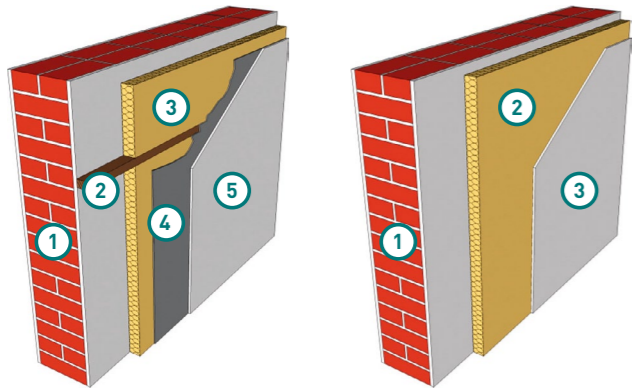
Ein wichtiges Kriterium bei der Systementscheidung ist der Vergleich der Nutzungsdauer des Bauwerks mit der Lebensdauer der Dämmung oder des Dämmsystems. Mit Blick auf die Gesamtbilanz sollte die Dämmung deutlich über den Amortisationszeitraum hinaus funktionsstüchtig sein – anderenfalls wäre sie sowohl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



Aufbau eines Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS)

# → 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:

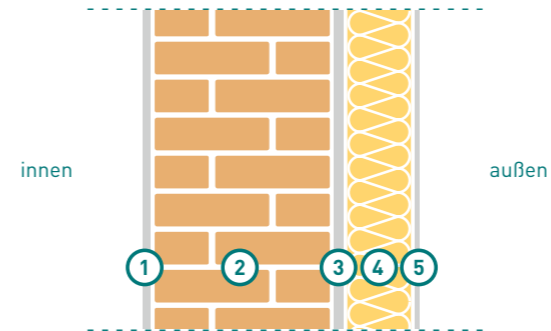
$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

## 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 Kg/m<sup>3</sup>  
→  $\lambda = 0,81 \text{ W/mK}$
  - 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  
→  $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$

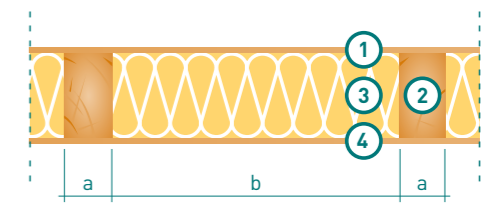
$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + R_{se}$$

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

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

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

## 9.3 Beispiel Dachdämmung



Mittlerer U-Wert bei inhomogenen Schichten:

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

- 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  
→  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

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

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

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

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

### 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  $w_{sat}$  bezieht den Wassergehalt bei freier Sättigung bzw. die Porosität, die dem Feuchte-transport zur Verfügung steht. Dieser Wassergehalt wird bei direktem Kontakt des Baustoffes mit flüssigem Wasser erreicht (kapillares 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 (luftdurchströmte 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 überhygroskopische 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

Unter Wasserdampfdiffusion ist der Ausgleich zwischen unterschiedlichen Konzentrationen von Wasserdampfmolekülen durch ein Material hindurch zu verstehen. Aufgrund des Druckunterschiedes verläuft dieser Vorgang in der Regel von der wärmeren (hoher Druck) zur kälteren Seite (niedriger Druck) des betreffenden Materials. Bei einem Gebäude erfolgt die Wasserdampfdiffusion im Winter beispielsweise von innen nach außen. Die dabei zu durchdringenden Bauteile zeigen durch die jeweils verwendeten Baustoffe/-materialien ihre diffusionsoffenen bis hin zu dampfdichten Eigenschaften auf. Zur genaueren Beschreibung der einzelnen Materialien dient hier der Wasserdampfdiffusionswiderstand ( $\mu$ -Wert).

### Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d$

Die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s_d$  gibt den Widerstand an, den ein Material dem Durchgang von Wasserdampf entgegensezt. Er ergibt sich, wenn man den Wert des Wasserdampfdiffusionswiderstandes mit der Dicke der Bauteilschicht multipliziert.

$$\rightarrow s_d = \mu \cdot d$$

Der  $s_d$ -Wert wird in m angegeben. Oft besteht ein Bauteil aus mehreren Materialschichten, so dass die  $s_d$ -Werte der jeweiligen Schichten addiert werden müssen, um den Diffusionswiderstand des Gesamtbauteils zu errechnen.

### Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu$

Der Wasserdampfdiffusionswiderstand  $\mu$  ist ein dimensionsloser Materialkennwert ( $\mu$ -Wert). Er gibt den Faktor an, um welchen ein Material gegenüber Wasserdampf dichter ist als eine gleich dicke Schicht ruhender Luft bei gleicher Temperatur. Je größer der Faktor, umso dampfdichter ist der bewertete Baustoff. Der  $\mu$ -Wert beginnt bei 1 ( $\mu_{Luft} = 1$ ), kann jedoch bis unendlich ansteigen (bspw. bei Metallen).

### 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, Betonsturztträger 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 Kondensatbildung.

### Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) in [W/m<sup>2</sup>K]

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 Bauteils ist, umso höher ist die Dämmwirkung.

### Wärmedurchgangswiderstand $R_T$ in [m<sup>2</sup>K/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 1 m durch 1 m<sup>2</sup> strömt, wenn der Temperaturunterschied 1 K beträgt (in der Physik werden Temperaturunterschiede nicht in Grad Celsius 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<sup>3</sup>]. Von großer Bedeutung ist diese Kennzahl für den sommerlichen Wärmeschutz. Je größer die Wärmekapazität und die Masse eines Bauteils sind, umso länger benötigt es um sich aufzuheizen – der Raum bleibt länger kühl.

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** 4. Auflage 1999, Umweltbundesamt (Hrsg.), ISBN 3 8006 2437 0

**Einheitlicher Europäischer Leitfaden für die Innendämmung von Bestandsbauten und Baudenkmälern** Teil 1: Bauwerksanalyse, Teil 2: Fassadensanierung und Innendämmung

**Das Gebäudeenergiegesetz (GEG): Ein Leitfaden für Wohngebäude** 2024, BBSR, ISBN 978-3-87994-567-2

**WTA-Merkblatt 4-9-19** Nachträgliches Abdichten und Instandsetzen von Gebäude- und Bauteilsockeln

**WTA-Merkblatt 6-4-16** Innendämmung Planungsleitfaden

**DIN 4108** Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

**DIN 4108** Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz

**DIN EN 13162** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation

**DIN EN 13163** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) – Spezifikation

**DIN EN 13164** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) - Spezifikation

**DIN EN 13165** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PU) - Spezifikation

**DIN EN 13166** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharzschaum (PF) – Spezifikation

**DIN EN 13167** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG) – Spezifikation

**DIN EN 13168** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) – Spezifikation

**DIN EN 13169** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlit (EPB) – Spezifikation

**DIN EN 13170** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB) - Spezifikation

**DIN EN 13171** Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) - Spezifikation

Tabellen

**Tab. 1** Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei Erneuerung, Ersatz oder erstmaligem Einbau von Bauteilen GEG (Anlage 7), zusammengefasst (Kapitel 3, Seite 6)

**Tab. 5** Einteilung von Bauteilschichten nach dem  $s_d$ -Wert gemäß DIN 4108-3 www.iwu.de/15.10.2009

Abbildungen

Mineralwolle **Abb. 1** <https://de.wikipedia.org/wiki/Mineralwolle>

Schaumglas **Abb. 2** <https://www.foamglas.com/>

Blähperlit (Schüttung) **Abb. 9** <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/blaehperlit-152166>

Polystyrolschaum expandiert **Abb. 11** <https://www.amazon.de/Styropor-D%C3%A4mmlatten-EPS-DEO-Versandkartons/dp/B01JAR4X20?th=1>

Polystyrolschaum extrudiert **Abb. 12** <https://www.daemmatlas.de/taxonomy/term/26>

PUR-/PIR-Ortschaum **Abb. 14** <https://baukobox.de/wissen/1302-daemmung-polyurethan-pur-ortschaum>

Phenolharzschaum (Resol) **Abb. 15** <https://www.schwepa.com/produkte/daemmlatte-phenolharz-wls-022>

Polyesterfaser-Matten **Abb. 17** Haco Bond(R), [www.ziegler.eu](http://www.ziegler.eu)

Holzwolle-Platte **Abb. 18** Fibrolith Dämmstoffe GmbH

Schafwolle-Matte **Abb. 22** Villgrater Naturprodukte, Josef Schett KG

Strohballen **Abb. 23** BauStroh GmbH, <https://baustroh.de>

Schilf-Matten **Abb. 24** <https://www.oekoplus.com/hiss-reet-schilf-daemmlatte/11318>

Kork expandiert **Abb. 25** HAACKE CELLCO GmbH

Wärmedämmziegel **Abb. 26** Wienerberger GmbH

Wärmedämmputz **Abb. 27** <https://www.baustoffwissen.de/was-ist-waermedaemmputz-31102023>

Capatect IDS Thermowinkel **3 S. 28** © © CAPAROL



**Herausgeber**

**Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH**

Pirnaische Straße 9  
01069 Dresden

Telefon: 0351 4910-3179

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**

**Weitere Informationen unter**

**Beratertelefon: 0351 4910-3179**

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

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

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

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

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

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

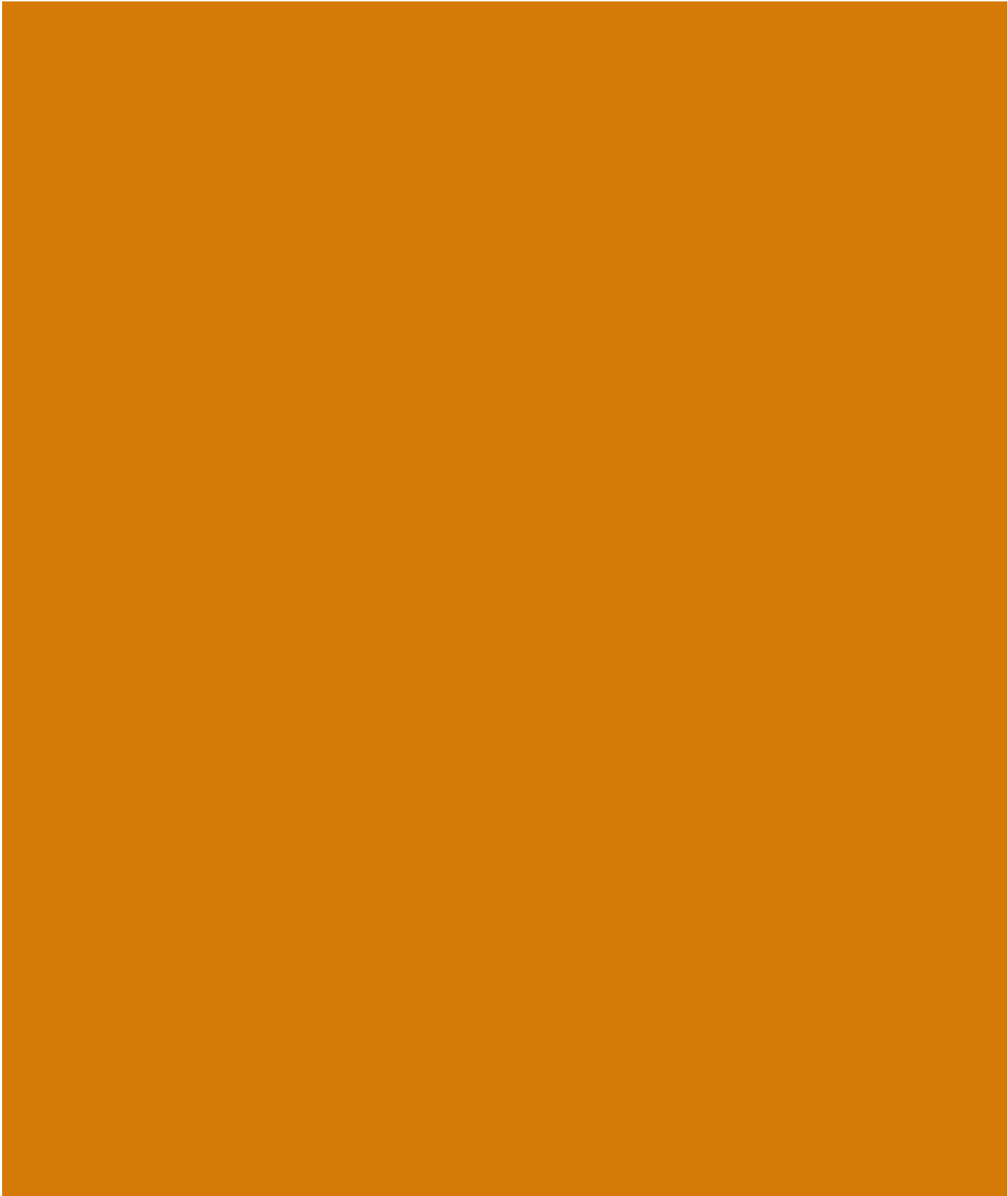
**Gestaltung**

**Michael Buddrus**

grafik + handwerk + veranstaltung

**Druck**

**Lößnitz Druck GmbH**



gedruckt auf Recyclingpapier