

DÄMMSTOFFE – EINE ÜBERSICHT

Merkblatt 4 der Fachgruppe Bauphysik

Sie möchten Ihre Bauten optimal dämmen und damit einen Beitrag zu einer lebenswerten Zukunft leisten. Die Entwicklung in diesem Bereich geht weiter, und es ist schwierig, zu entscheiden, ob die Dämmdicke, die Ökobilanz, das Recycling oder einfach nur der Preis das wichtigste Entscheidungskriterium ist.

Mit diesem Merkblatt wird ein Überblick über Entscheidungskriterien von üblichen Dämmstoffen mit ihren Werten und Eigenschaften bereitgestellt; typische Fragen zum Thema Dämmen werden beantwortet.

Begriffe

Von einem Dämmstoff im Bauwesen sprechen wir, wenn die Wärmeleitfähigkeit λ kleiner als 0.1 W/mK ist. Dämmstoffe werden aus akustischen oder thermischen Gründen eingesetzt. Dieses Merkblatt berücksichtigt die Dämmstoffe für thermische Anwendungen.

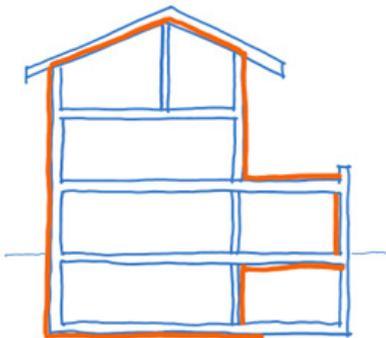


Abb. 1. Wo kommen Dämmstoffe vor?

Einheiten

d	m	Dicke des Dämmstoffs
λ	W/mK	Wärmeleitfähigkeit Norm SN EN ISO 10456
λ_d	W/mK	Vom Hersteller gemäss Produktnorm deklarierte Wärmeleitfähigkeit, auf 0.001 W/mK nach oben gerundet
h_i	W/m ² K	Wärmeübergangskoeffizient an der inneren Oberfläche (7.7 W/m ² K)
h_e	W/m ² K	Wärmeübergangskoeffizient an der äusseren Oberfläche (25 W/m ² K)
R	m ² K/W	Wärmedurchlasswiderstand Bauteilschicht
U	W/m ² K	Wärmedurchgangskoeffizient gesamtes Bauteil

U-Wert

Der U-Wert oder Wärmedurchgangskoeffizient ist für viele Berechnungen im Energiebereich notwendig:

- Berechnung Heizwärmebedarf SIA 380/1
- Einzelbauteilnachweis nach SIA 380/1
- Thermische Gebäudesimulation
- Heizlast SIA 384.201

U-Wert berechnen

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Der U-Wert ist der Kehrwert aller Wärmewiderstände R in der Konstruktion

$$d = \left(\frac{1}{U} - 0.17 \right) \cdot \lambda$$

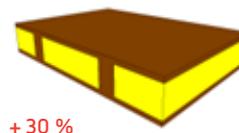
Um die minimale Dämmdicke d für einen geforderten U-Wert bestimmen zu können, wird die Wärmeleitfähigkeit λ des gewünschten Dämmstoffes gebraucht.

$$d_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot d_2$$

Um die Dämmdicke mit einem anderen Dämmstoff zu vergleichen, setzt man deren Wärmeleitfähigkeit λ ins Verhältnis und multipliziert mit der Dämmdicke d.

Abb. 2. Berechnung homogene Konstruktion

U-Wert inhomogene Konstruktion



+ 30 %

Inhomogene U-Werte sind mit spezialisierter Software oder mit Tabellen zu berechnen. Für eine Abschätzung wird der homogene U-Wert um einen angemessenen Wärmebrückenanschlag erhöht.

Im Beispiel sind es 30 %.

Abb. 3. Berechnung inhomogene Konstruktion

Dämmwirkung

Der Dämmwert von Dämmstoffen ist abhängig vom Porenvolumen (Luft, Gas) und wie fein dieses verteilt ist. Je feiner die Struktur eines Materials ist, desto besser dämmt es.

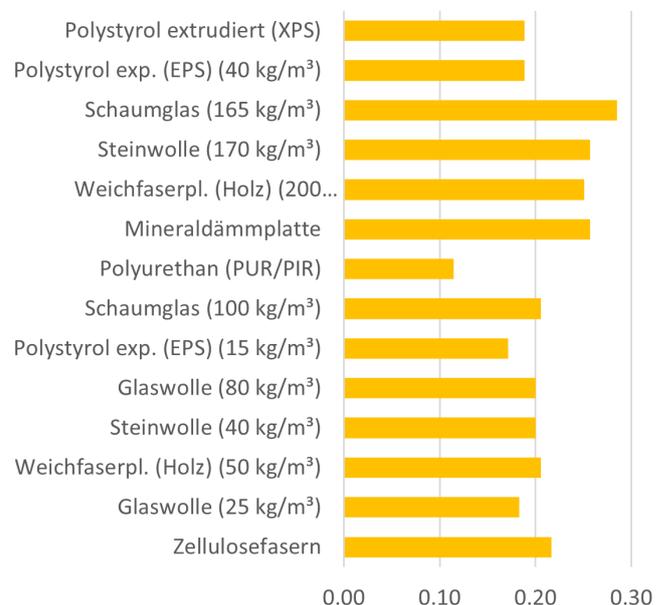


Abb. 4. Dämmstoffdicken [m] bei U-Wert = 0.17 W/m²K

Dämmstoffe gleichen Materialtyps können unterschiedliche Rohdichten und Wärmeleitfähigkeiten haben. Sie müssen weiteren Anforderungen wie Druckfestigkeit oder Feuchtebeständigkeit genügen. Eher schwere Dämmstoffe sind in der Regel dort gefordert, wo hohe Druckfestigkeiten nötig sind (Boden und Wände zu Erdreich, begehbare Flachdach), was mit einer eher höheren Wärmeleitfähigkeit einhergeht.

Ökobilanz

Dämmstoffe werden mit unterschiedlichen Grundstoffen und verschiedenen Prozessen hergestellt. Diese können sehr energieaufwändig und umweltbelastend sein. Folgende Indikatoren werden häufig in Ökobilanzen eingesetzt:

- Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/kg: Nicht erneuerbare Energien, die zur Herstellung des Produktes, für den Transport und Rückbau benötigt wurden.
- Treibhausgasemissionen in kg CO₂eq/kg: Emittierte Treibhausgase während der Herstellung des Produktes sowie während des Transportes und Rückbaus, bezogen auf die Umweltbelastung von CO₂.

Die Werte stammen aus den Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB 2009/1:2022. Sie sind für 1 kg Material angegeben. Die Angabe für die Mineraldämmplatte stammt aus den Unterlagen des Herstellers. Die Angaben gelten als produktneutrale Werte, firmenspezifische Werte können von diesen Werten teilweise stark abweichen.

Die Bilanz der Treibhausgase ist umfassender als die Bilanz der Primärenergie und ist damit die aussagekräftigere Angabe zur effektiven Umweltbelastung.

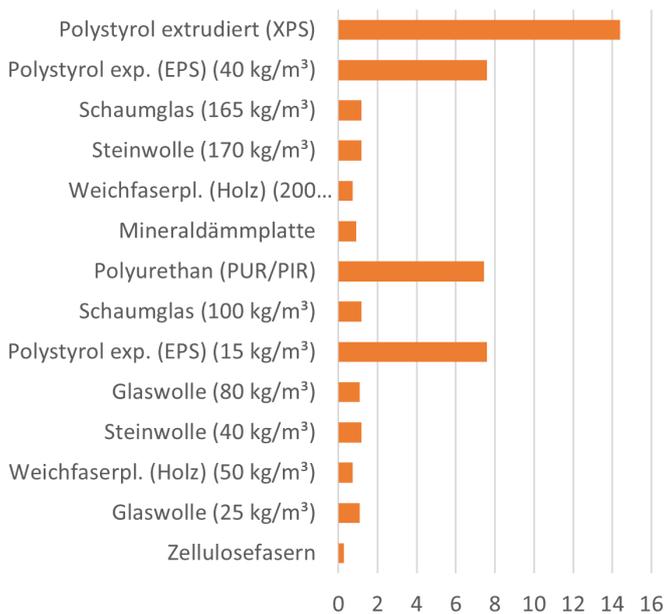


Abb. 5. Wo kommen Dämmstoffe vor?

Merke

Dämmstoffe verursachen 7 – 16 % der gesamten Umweltbelastung für die Erstellung eines Gebäudes. Die Optimierung bei der Materialwahl hat damit einen relevanten Einfluss auf die Gesamtemissionen.

Ökobilanz und U-Wert

Weil Dämmstoffe sehr unterschiedliche Rohdichten und Wärmeleitfähigkeitswerte haben, interessiert die Umweltbelastung für vergleichbare Anwendungen bei einem vorgegebenen U-Wert. Die nachfolgende Grafik zeigt, wie gross die Umweltbelastung durch Treibhausgase durch die jeweiligen Dämmstoffe bei einem U-Wert von 0.17 W/m²K ist.



Abb. 6. Treibhauseffekt bei U-Wert von 0.17 W/m²K [kg CO₂/a]

Dämmplatten mit einer hohen Druckfestigkeit verursachen hohe Emissionen, während leichte, weiche Dämmstoffe die Umwelt bis zu 10-mal weniger belasten. Diese Abstufung gilt sowohl bei den nicht erneuerbaren Energien wie auch den Treibhausgasemissionen, jedoch in unterschiedlichem Ausmass. Es ist zu beachten, dass nicht alle Dämmstoffe für die gleichen Einsatzbereiche angewandt werden können.

Merke

Die Emissionen der Wärmedämmungen eines Gebäudes lassen sich optimieren, indem die Lage des Dämmperimeters und die Konstruktion der Bauteile so gewählt werden, dass möglichst leichte und weiche Dämmstoffe eingesetzt werden können.

Lohnt sich eine dicke Dämmung ökologisch?

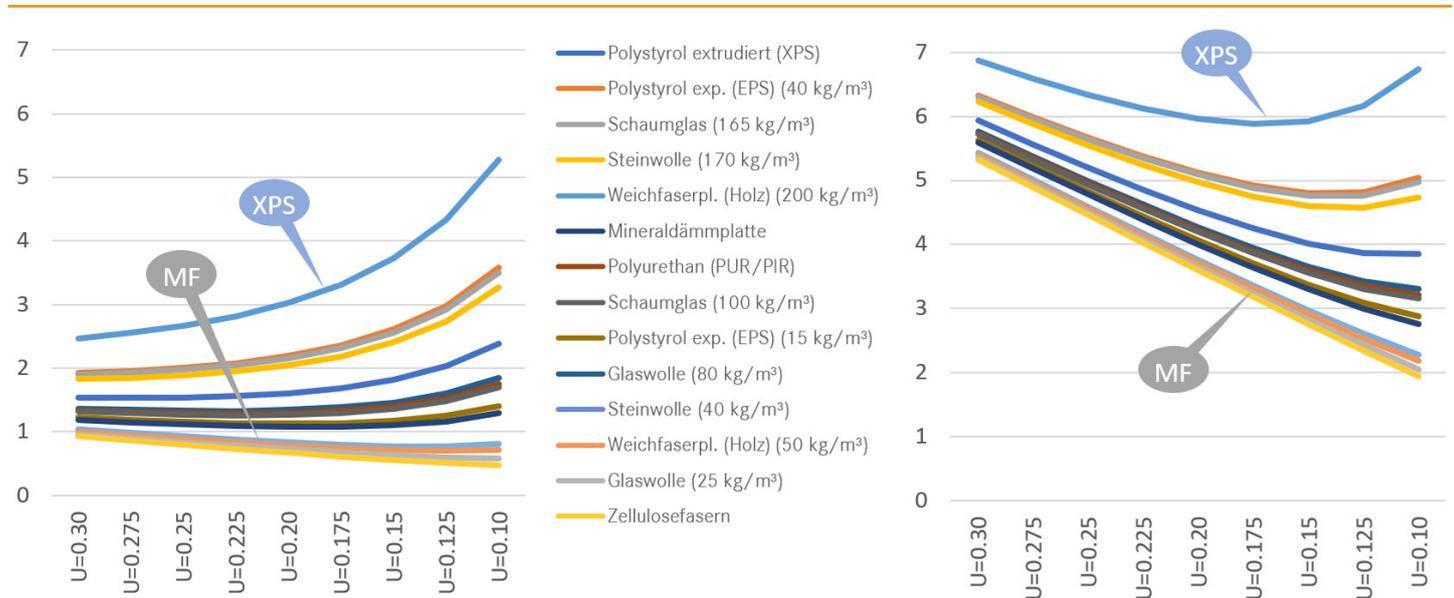
Ein Dämmstoff minimiert die Umweltbelastung des Gebäudes durch die Reduktion des Heizwärmebedarfs. Für einen Umbau lässt sich pro Bauteil berechnen, wie lange es dauert, bis die Umweltbelastung aus der Herstellung des Dämmstoffes durch die Reduktion der Emissionen der Wärmezeugung eingespart ist. Je kürzer diese Zeitdauer, desto optimaler die Dämmstoffwahl.

Für Neubauten kann der optimale Punkt vereinfacht aus den Summen der Emissionen aus der Erstellung des Dämmstoffes und der Emissionen der Wärmezeugung zur Deckung der Transmissionswärmeverlusten ermittelt werden. Effektiv ist die Bestimmung der ökologisch optimalen Dämmstärken komplexer, weil die Bilanzierung zusätzlich abhängig von

der Kompaktheit des Gebäudes, der Materialisierung (auch abhängig vom Dämmstoff), von Fensteranteilen, -orientierungen und -verschattungen, den Wärmebrücken, der Gebäudenutzung, von der Art und Effizienz des Heizsystems etc ist.

Somit ergeben sich für jedes Gebäude eigene optimalen Dämmstärken, die durchaus höher oder tiefer liegen können als in den nachfolgenden vereinfachten Darstellungen. Die Grundaussagen zwischen den Arten der Wärmeerzeugung und den Dämmstoffarten bleiben jedoch gleich. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Auswertung nach der vorher auf-

gezeigten vereinfachten Vorgehensweise für einen Neubau im Schweizer Mittelland für die verschiedenen Dämmstoffe beim Einsatz einer Pelletsheizung, einer Wärmepumpe mit einer JAZ von 5.3 oder einer Gasheizung. Die optimale Dämmstärke liegt dabei am jeweils tiefsten Punkt der Kurve des jeweiligen Dämmstoffes. Nicht berücksichtigt sind allfällige zusätzlich erforderliche Massnahmen wie zum Beispiel Fassadenbekleidungen, die je nach Dämmstoff unterschiedliche Emissionen mit sich bringen können. Zudem sind alle Dämmstoffe mit einer Lebensdauer von 30 Jahren und unabhängig vom effektiven Einsatzbereich berücksichtigt.



XPS Beispiel für ein Bauteil mit einer XPS-Dämmung: Das Optimum mit Gasheizung ist bei einem U-Wert von ca. 0.175 W/m²K, mit Pelletsheizung bei einem U-Wert von ca. 0.30 W/m²K.

MF Beispiel Bauteil mit einer schweren Glaswolle: Bei einer Gasheizung ist das Optimum weit unter einem U-Wert von 0.10 W/m²K, während sie bei einer Pelletsheizung ein U-Wert unter ca. 0.20 W/m²K ökologisch uninteressant wird.

Abb. 7. Treibhausgasemissionen [kg CO₂] aus Erstellung und Heizenergie im Neubau mit Pelletsheizung resp. Wärmepumpe JAZ 5.3

Abb. 8. Treibhausgasemissionen [kg CO₂] aus Erstellung und Heizenergie im Neubau mit Erdgasheizung

Merke

Bei umweltbelastenden Heizungen mit hohen Emissionen soll generell sehr gut gedämmt werden. Die Emissionen einer fossilen Wärmeerzeugung sind nur in sehr wenigen Fällen durch eine optimale Wahl von Dämmstoff und Dämmstärke kompensierbar.

Investitionen in eine neue Heizung auf Basis erneuerbarer Energie stehen an erster Stelle bei einer ökologischen Optimierung von Altbauten.

Bei einer umweltfreundlichen Heizung mit geringen Emissionen sind schlechte Dämmstoffe in geringerer Stärke anzuwenden; mit guten Dämmstoffen darf sehr dick gedämmt werden.

Aerogel- und Vakuumdämmungen sind wegen ihrer sehr hohen Umweltbelastung nur für lokale, spezifische Anwendungen geeignet.

Recycling und Entsorgung

Schon beim Entwurf eines Projektes entscheiden Sie, ob und wie die wertvollen Dämmstoffe in die Kreislaufwirtschaft eingebunden werden. Eine sortenreine, mechanische Befestigung der Dämmstoffe erleichtert den Rückbau, die Trennung und das Recycling. Wird darauf nicht geachtet, gehen die Dämmstoffe im schlechtesten Fall in die Entsorgung und damit dem Stoffkreislauf verloren.

Dämmstoffe im Vergleich

Dämmstoffauswahl nicht abschliessend	Leitfähigkeit mW/mK	Lieferdicke cm	Vergleichswert Dicke in cm für U = 0.17 W/m²K	PEI kWh/kg	THG kgCO ₂ eq/kg	Entsorgung	Wände Massivbau	Wände und Dächer Holzbau	Wand Erdreich Perimeterdämmung	Boden Erdreich Perimeterdämmung	Flachdach	Innendämmung	Brandschutz
Naturfaserdämmstoffe													
Holzfaser	35 – 45	2 – 20	≥ 20	12.6	-0.5	V	o	+	-	-	o	o	B1/2
Hanfaser-Matten	40 – 50	3 – 20	≥ 22	9.4	-0.6	V	-	+	-	-	o	o	B2
Wolle-Matten	40 – 45	4 – 18	≥ 22	10.3	0.2	V	-	+	-	-	o	o	B2
Strohballen	45 – 72		≥ 25	5.1	0.1	V	-	+	-	-	-	-	B2
Celluloseflocken	38 – 40	2.5 – 18	≥ 22	1.3	0.3	V	-	+	-	-	o	o	B1/2
Mineralische Dämmstoffe													
Glaswolle	32 – 45	1.2 – 30	≥ 20	7.8	1.1	I	+	+	-	-	o	o	A2
Steinwolle	34 – 45	1.2 – 26	≥ 20	5.0	1.2	I	+	+	-	-	+	o	A1
Schaumglas	38 – 45	4 – 20	≥ 22	7.1	1.2	I	+	-	+	+	+	+	A1
Schaumglasschotter	80		45	2.0	0.2	S	-	-	+	+	-	-	A1
Porenbetonplatte «leicht»	42 – 45	5 – 30	≥ 24			I	+	-	-	-	-	o	A1
Silikatplatten	45 – 65	2.5 – 10	≥ 25	3.9	1.1	S	-	-	-	-	-	+	A1/2
Kunststoffschäume													
EPS	29 – 45	1 – 30	≥ 16	30.5	7.6	S/V	+	-	-	-	+	o	B1
XPS	27 – 36	1 – 30	≥ 15	30.1	14.4	S/V	-	-	+	+	+	o	B1
PIR/PUR	18 – 30	1 – 30	≥ 11	31.0	7.5	V	+	-	-	-	+	o	B1/2
Aerogelplatten	15 – 20	1 – 10	≥ 7	230	48.8	S/V	o	+	-	-	+	o	A2
VIP	< 8	1 – 5	≥ 4		(9.7)	I/V	-	-	-	-	+	o	A1

Glossar

EPS = Expandierter Polystyrolschaum

XPS = Extrudierter Polystyrolschaum

PIR = Schaumstoff aus Polyisocyanurat

PUR = Schaumstoff aus Polyurethan

VIP = Vakuumisulationspaneel

(Silikatplatte mit luftdichter Folie eingepackt)

Aerogel = hochporöser Festkörper, meist aus Siliciumdioxid

Legende

-	Im Grundsatz nicht für die Anwendung geeignet
+	Im Grundsatz für die Anwendung geeignet
o	Im Grundsatz unter bestimmten Voraussetzungen für die Anwendung geeignet

Kriterien

Entsorgung S = Stofflich recycelbar

Entsorgung V = Unschädlich vernichtbar (Verbrennung)

Entsorgung I = Inertstoffdeponie

Quellen und weitere Informationen

Normen und Verordnungen SIA Norm 180:2014 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden»
SIA Norm 271:2021 «Abdichtungen von Hochbauten»
SIA Norm 279:2018 «Wärmedämmende Baustoffe»
SIA Merkblatt 2032:2020 «Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden»

Merkblätter Merkblätter Gebäudehülle Schweiz
KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich

Fachbücher Bauphysik Bau & Energie:2018 (Christoph Zürcher, Thomas Frank)
<https://enbau-online.ch/bauphysik/>

Weitere Informationen

Haftungs-ausschluss Die Informationen in diesem Merkblatt beruhen auf Praxiserfahrungen und sollen als Hilfestellung dienen. Es liegt in der Verantwortung der zuständigen Fachplaner*innen, objektspezifisch korrekte Lösungen zu planen und ausführen zu lassen.

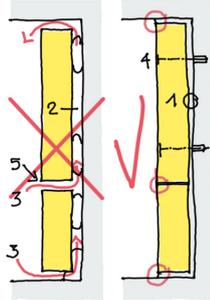
Autoren Fachgruppe Bauphysik: Stephan Huber, Marcus Knapp, Jean-Marc Paris, Daniel Gilgen, Frank Domschat, Stefan Schwyn

Bezugsquelle Forum Energie Zürich, Andreasstrasse 5, 8050 Zürich
und Copyright forumenergie.ch, info@forumenergie.ch, Tel.: +41 44 305 93 70

Planungshinweise

Dämmung und Hohlräume bei Innen- und Aussendämmung

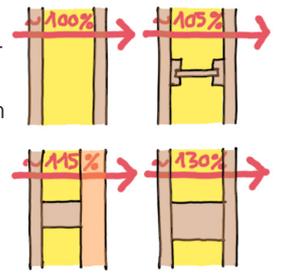
1. Dämmung satt und hohlraumfrei auf luftdichte Schicht bringen.
2. Hohlräume hinter der Dämmung unbedingt vermeiden.
3. Bei Innendämmung kann Raumluft und bei der Aussendämmung Aussenluft die Dämmplatte umströmen, dann entstehen Bauschäden und die Dämmplatte verliert die dämmende Wirkung.
4. Dämmplatten verkleben und bei Anwendungen über Kopf und an Wänden auch mechanisch befestigen.
5. Bei Stößen und Anschlüssen sind keine offenen Fugen zulässig.



Dämmung in Holzelementen, Dachdämmung zwischen den Sparren

In der Regel werden hierfür weichere Dämmplatten, Dämmrollen und Ausflockungen verwendet, welche vom Hersteller für die Anwendung vorgesehen ist. Massgeblich für die Wahl des Dämmstoffes bei gleichem U-Wert ist hier vornehmlich die Praxis des Verarbeiters.

Bei der Berechnung des U-Wertes ist der Holzanteil zu berücksichtigen. Je nach Holzanteil sind Zuschläge von 10 – 30 % zu erwarten.

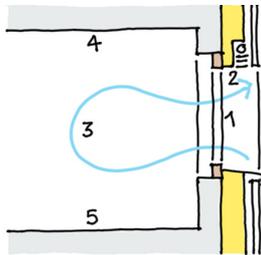


Dämmung und sommerlicher Wärmeschutz

Bei den heute erforderlichen Dämmstoffstärken spielt die Masse und die thermische Speichereigenschaft des Dämmstoffes in einer Gesamtbetrachtung eines Raumes bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes keine Rolle.

Für einen guten sommerlichen Wärmeschutz sind wichtig:

1. Fensteranteil und g-Wert
2. Sonnenschutz
3. Nachtauskühlung
4. Speichermasse Wände und Decke
5. Speichermasse Böden



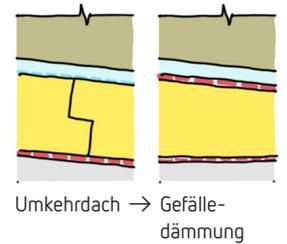
Flachdachdämmung

Flachdächer können als Warmdach, als Umkehrdach oder als Kompaktdach ausgeführt werden.

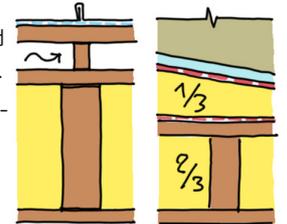
Beim Umkehrdach ist der Untergrund im Gefälle (z.B. Stahlbetonplatte oder Gefälleüberzug).

Beim Warmdach oder beim Kompaktdach kann das Gefälle mit dem Untergrund oder mit Gefällewärmedämmung erzeugt werden. Die Druckfestigkeit der Dämmung wird aufgrund der Belastung statisch festgelegt. Bei Gefälledämmungen sollte eine Mindestdämmstoffdicke von insgesamt 8 cm an jeder Stelle eingehalten werden.

Gedämmte Holkassenkonstruktionen aus Holzbauteilen sind immer vollflächig auf der Aussenseite zu überdämmen, so dass mindestens ein Drittel bis zur Hälfte der Gesamtdämmung oberhalb des obersten Holzbauteils liegt. Alternativ kann ein dynamischer Nachweis «Feuchteschutz» durch Bauphysiker*innen geführt werden.



Umkehrdach → Gefälledämmung

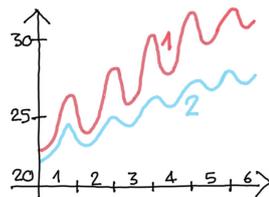


hinterlüftet → hinterlüftet überdämmt

Innendämmung reduziert Speichermasse

Die Innendämmung reduziert die wirksame Speichermasse im Raum. Deshalb überhitzen die Räume im Sommer schneller als vor dem Einbau der Dämmung. (Verschattung der Fenster wird noch wichtiger)

Im Neubau sind Innendämmungen möglichst zu vermeiden (Speichermasse, Wärmebrücken, Ausführung etc.)



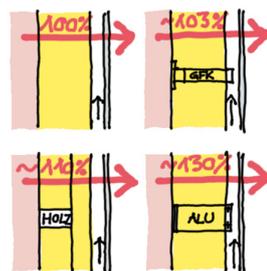
1. Wenig Speichermasse
2. Viel Speichermasse

Hinterlüftete, gedämmte Fassaden

Die Unterkonstruktion der äusseren Verkleidung ist als Wärmebrücke einzurechnen.

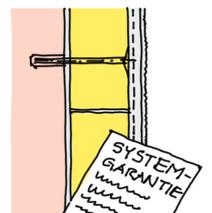
Der U-Wert wird damit bis 30 % verschlechtert.

Es sind wärmebrückenfreie Unterkonstruktionen auszuschreiben. Ein Windpapier vor der Dämmung minimiert Luftströme in Fugen und in der Dämmung, es ist zudem im Bauprozess ein provisorischer Witterungsschutz. Aussen verdichtete Mineralwollplatten, welche spezifisch für hinterlüftete Konstruktionen entwickelt wurden, können auch ohne Windpapier verwendet werden.



Kompaktwärmedämmung / Verputzte Aussenwärmedämmung

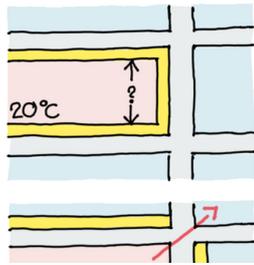
Kompaktwärmedämmungen sind immer als Systemdämmung zu verwenden. Das heisst, der Kleber der Dämmplatte, die mechanische Befestigung und der Aussenputz sind als System vorgegeben. Der Untergrund muss eben und glatt sein.



Dämmung gegen unbeheizt (Untergeschoss, Tiefgarage, Dachboden)

Der Einbau von warmen Räumen in unbeheizte Zonen ist anspruchsvoll. Bei einer wärmetechnisch optimalen Innendämmung braucht es Platz, dafür hat es wenige Wärmebrücken.

Bei einer Dämmung auf der Kaltseite der umgebenden Bauteile sind die diversen Wärmebrücken einzukalkulieren und bezüglich Schimmelpilzrisiko einzuschätzen.

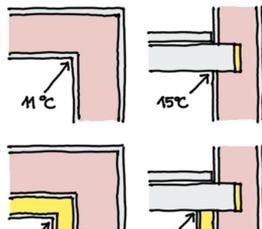


Innendämmung – Systemgrenzen

Eine Aussendämmung ist meist effektiver als eine Innendämmung und bauphysikalisch weniger heikel. Sie sollte bevorzugt werden.

Bei Innendämmungen ist zu beachten, dass an den Systemgrenzen, das heisst an den Stellen wo die Innendämmung endet, eine Reduktion der inneren Oberflächentemperaturen erfolgt.

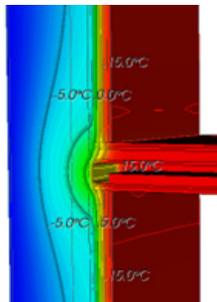
Im Neubau sind Innendämmungen möglichst zu vermeiden (Speichermasse, Wärmebrücken, Ausführung etc.).



Minimierte Dämmung in historischen Gebäuden

Bei historischen, denkmalgeschützten Gebäuden mit Holzbalkendecken hat es sich bewährt, moderate Dämmstärken (z. B. 8 – 10 cm Calcium-Silikatplatten) anzuwenden. Dies zu Gunsten der bauphysikalischen Sicherheit im Bereich Balkenaufleger und der Beständigkeit der Gebäude. Wenn von den Dämmvorschriften abgewichen wird, ist dies mit den Behörden abzusprechen.

Innendämmungen spielen im Bereich der Sanierung eine wichtige Rolle, sollten aber immer mit Augenmass eingesetzt werden.

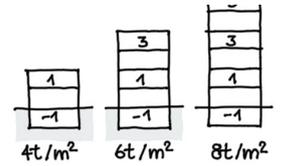


Dämmung im Erdreich

In der Regel werden geschlossenzellige Dämmungen wie Schaumglas oder extrudiertes Polystyrol verwendet. Die Druckfestigkeit der Dämmung wird aufgrund der Belastung statisch festgelegt.

Expandierter Polystyrol-Dämmstoff ist im Erdreich in seiner Dauerhaftigkeit eingeschränkt und wird nicht empfohlen.

Grundwasserströme führen Wärme unter der Bodenplatte ab. Zum Schutz gegen Kondensat an den inneren Oberflächen macht eine Perimeterdämmung Sinn. Diese soll langfristig robust und wasserfest sein.

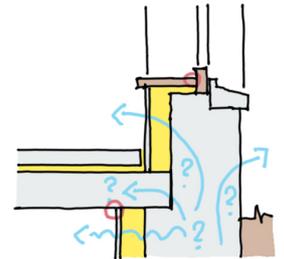


Auflast bei unterschiedlicher Geschosshöhe im Massivbau
Zulässige Druckspannungen auf Dämmstoffen sind z.B.
XPS: 13 bis 25 t/m²
Schaumglas: 50 bis 160 t/m²

Dämmung am Übergang Keller zu EG in alten Gebäuden

Der Ausbau von Kellerräumen und Wohnräumen im Erdgeschoss ist sehr anspruchsvoll, weil mit einer Dämmung der Feuchtehaushalt verändert wird. Speziell zu beachten ist aufsteigende Feuchte, welche bei einer «dichten» Innendämmung höher aufsteigen kann und zu Schäden an Deckenauflegern, am Gebäudesockel und inneren Oberflächen führen kann.

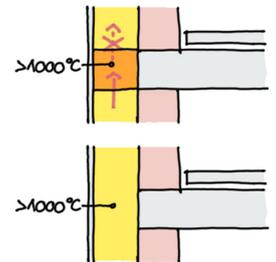
Wir empfehlen eine Analyse und eine Massnahmenplanung unter Beizug von Spezialist*innen.



Dämmung und Brandschutz

Aussenwärmedämmungen an Fassaden aus brennbaren Dämmstoffen sind bis zu einer Gebäudehöhe von 11m zulässig.

Ab einer Gebäudehöhe von 11m wird in der Regel ein Brandriegel gefordert. Dies ist mit den zuständigen Fachplaner*innen Brandschutz abzustimmen.



Quellen

- Normen und Verordnungen SIA Norm 180:2014 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden»
SIA Norm 271:2021 «Abdichtungen von Hochbauten»
SIA Norm 279:2018 «Wärmedämmende Baustoffe»
SIA Merkblatt 2032:2020 «Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden»
- Merkblätter Merkblätter Gebäudehülle Schweiz
KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich
- Fachbücher Bauphysik Bau & Energie:2018 (Christoph Zürcher, Thomas Frank)
<https://enbau-online.ch/bauphysik/>

Weitere Informationen

- Haftungs-ausschluss Die Informationen in diesem Merkblatt beruhen auf Praxiserfahrungen und sollen als Hilfestellung dienen. Es liegt in der Verantwortung der zuständigen Fachplaner*innen, objektspezifisch korrekte Lösungen zu planen und ausführen zu lassen.
- Autoren Fachgruppe Bauphysik: Stephan Huber, Marcus Knapp, Jean-Marc Paris, Daniel Gilgen, Frank Domschat, Stefan Schwyn
- Bezugsquelle Forum Energie Zürich, Andreasstrasse 5, 8050 Zürich
und Copyright forumenergie.ch, info@forumenergie.ch, Tel.: +41 44 305 93 70