

Wirtschaftlich und umweltverträglich dämmen

Welchen Dämmstoff wählen? Schlüssig kann diese Frage nur mit einer ganzheitlichen Betrachtung beantwortet werden. In einer umfangreichen Studie des Autors werden hierzu alle relevanten Kriterien ausgeleuchtet.

Markus Welter



Planer und Bauherren gelangen zunehmend zur Einsicht, dass nur umwelloptimierte und langlebige Produkte auch wirtschaftlich sind und dem Anspruch an Nachhaltigkeit genügen. Im nachfolgenden Artikel wird der dazu relevante Teil aus der Studie mit dem ökologischen Vergleich von Wärmedämmstoffen stark gekürzt wiedergegeben. Als Wärmedämmstoffe im Bauwesen werden gemäss SIA-Norm 279 Materialien verstanden, die eine Wärmeleitfähigkeit λ_D (Nennwert) bis höchstens $0,1 \text{ W/(mK)}$ aufweisen. Besonders gute wärmedämmende Eigenschaften weist bekanntlich die Luft auf.

Nachteilig wirkt sich jedoch in einer zur Wärmedämmung verwendeten Luftschicht die Zirkulation aus, denn diese führt durch Konvektion zu Wärmeverlusten. Wer gute Wärmedämmwerte erzielen will, muss daher die Konvektion verhindern. Alle im Bauwesen verwendeten Wärmedämmstoffe weisen deshalb eine porige oder fasrige Struktur auf. Die gespeicherte Luft wird so daran gehindert, sich frei zu bewegen.

In Bezug auf die Rohstoffbasis wird in anorganische (mineralische) und organische Dämmstoffe unterschieden. Die organischen Dämmstoffe können zusätzlich in Kunststoffe, die aus Erdöl herge-

Baustoffkennwerte von Wärmedämmstoffen							
Dämmstoff	Polyurethan PUR	Polyisocyanurat PIR	Polystyrol XPS	Polystyrol EPS	Schaumglas	Glaswolle	Steinwolle
Merkmal							
Nennrohichte kg/m ³ , gem. SIA 279	30 bis 40	30 bis 40	30 bis 45	9 bis 45	110 bis 165	12 bis 100	32 bis 168
Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK) gem. SIA 279	0,026 bis 0,038	0,022 bis 0,028	0,028 bis 0,041	0,032 bis 0,046	0,040 bis 0,051	0,031 bis 0,041	0,034 bis 0,045
Diffusionswiderstandszahl μ, gem. SIA 279	30 bis 150 diffusionsdicht mit Metalldeckschicht	30 bis 150 diffusionsdicht mit Metalldeckschicht	80 bis 220 (dickenabhängig)	40 bis 60	∞ dampfdicht	2	2
Druckfestigkeit bzw. Druckspannung bei 10% Stauchung N/mm ² , gem. Herstellerangaben	≥ 0,1	≥ 0,1	0,3 bis 0,7	0,08 bis 0,28	0,63 bis 1,67	0,08 bis 0,55	0,1 bis 0,5
Brandkennziffer gem. Herstellerangaben und Zulassung VKF	5.2 bis 5.3	5.2 bis 5.3	5.1	5.1 bis 5.2	6.3	6q.3	6q.3
Maximale Dauertemperatur °C, gem. Herstellerangaben	90	90	75	80	430	250	250
Wärmebeständigkeit °C für kurzfristige Beanspruchung, gem. Herstellerangaben	200	200	–	100	Schmelzpunkt > 1000	etwa 700 Schmelzpunkt Faser bei etwa 750	etwa 1000 Schmelzpunkt Faser bei über 1000
Graue Energie [MJ-Eq] pro kg gemäss Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB / eco-bau / IPB 2007/1)	102	102	84,2	100	27,1	48,4	22,2
Graue Energie aus nicht erneuerbarer Energie (cumulative energy demand, fossil & nuclear) [MJ-Eq] pro kg gemäss Ökologischer Baustoffliste Empa (Version 1.0.2)	99,6	99,6	83,4	99,5	19,9	43,2	21,0
Umweltbelastungspunkte (UBP) pro kg gemäss Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB / eco-bau / IPB 2007/1)	7220	7220	4570	5360	1250	2120	2120
Umweltbelastungspunkte Entsorgung (UBP) pro kg gemäss Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB / eco-bau / IPB 2007/1)	1860	1860	2010	2010	17,4	29,4	29,4
Anteil erneuerbarer Energieträger %, gem. SIA 493.09 (Deklarationsraster) und Herstellerangaben	0	0	0	2,5	29	29,5	5
Anteil Rezyklate Massen-%, gem. SIA 493.09 (Deklarationsraster) und Herstellerangaben	0	0	0	10 EPS-Recyclat	66 Altglas (Autoscheiben, Fensterglas)	74,6 Altglas	6 Steinwolle
Entsorgung, gem. SIA 493.09 (Deklarationsraster) und Herstellerangaben	–	–	Rücknahme und Verwertung garantiert	Rücknahme und Verwertung garantiert	Rücknahme und Verwertung garantiert	Rücknahme und Verwertung garantiert	Rücknahme und Verwertung garantiert
_ = keine Angaben							

Tabelle 1: Baustoffkennwerte von Wärmedämmstoffen

	Herstellungsenergie	Rohstoffverfügbarkeit	Immissionen Handwerker	Schadstoffabgabe bei Produktion	Emissionen im Brandfall	Langzeitverhalten	Entsorgung/Recycling
Glaswolle	gut	gut	problematisch	gut	gut	problematisch	problematisch
Steinwolle	gut	gut	gut	gut	gut	problematisch	problematisch
Zellulosedämmstoff	gut	gut	gut	gut	gut	problematisch	gut
Rein expandierter Kork	gut	problematisch	gut	gut	gut	problematisch	gut
Schaumglas	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
Expandiertes Polystyrol	problematisch	problematisch	gut	gut	problematisch	problematisch	problematisch
Extrudiertes Polystyrol	problematisch	problematisch	problematisch	gut	problematisch	gut	problematisch
Polyurethan (PUR)	problematisch	problematisch	problematisch	gut	problematisch	problematisch	sehr problematisch

Legende

sehr gut gut problematisch sehr problematisch

stellt werden (künstlich) und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (natürlich) unterteilt werden.

Zu den bekanntesten anorganischen bzw. mineralischen Dämmstoffen gehören Steinwolle, Glaswolle und Schaumglas. Zu den organisch künstlichen Dämmstoffen zählen Polystyrol expandiert (EPS), Polystyrol extrudiert (XPS), Polyurethan-Hartschaum (PUR), Polyisocyanurat (PIR) und Phenolharzschaum. Zu den gebräuchlichsten organisch natürlichen Dämmstoffen sind Kork, Holz, Holzfasern, Schaf- und Baumwolle sowie Zellulose zu nennen.

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Baustoffkennwerte der gebräuchlichsten Wärmedämmstoffe zusammengestellt.

Ökologische Bewertung von Dämmstoffen

Bild 2 zeigt eine ökologische Bewertung der gebräuchlichsten Wärmedämmstoffe, teils basierend auf den Dokumentationen, und gemäss der Literaturangabe sowie verschiedener Daten aus dem Internet und leicht angepasst auf Basis eigener Interpretationen. Dabei schneidet Schaumglas im Gesamtvergleich sehr gut ab und generell besser als die organischen Schaumstoffe auf Polystyrol- und Polyurethan-Basis. Es gilt zu beachten, dass

innerhalb einer Stoffgruppe beachtliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Produkten bestehen.

Graue Energie

Als Teil der Methodik zur ökologischen Beurteilung von Konstruktionen und Gebäuden wird die graue Energie verwendet. Sie ist im Baubereich ein etablierter Kennwert und in verschiedenen Planungsinstrumenten wie z.B. Snarc, Eco-Devis, Ogip, Thermo 2000 etc. integriert. Auch im Ausland wird die graue Energie als Umweltbelastungsindikator verwendet.

Gemäss dem Statusbericht «Graue Energie zum SIA Effizienzpfad Energie» ist die graue Energie der kumulierte Aufwand an energetischen Rohstoffen, die erforderlich sind, um ein Produkt oder eine Leistung an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt bereitzustellen. Er umfasst alle vorgelagerten Prozesse bis zum Rohstoffabbau (Primärenergie) und setzt eine Stoffbuchhaltung dieser Prozesse voraus. Die graue Energie wird in Energieeinheiten ausgedrückt und bezieht sich auf eine physikalische Einheit des Produktes oder der Leistung.

Wie andere Umweltindikatoren auch basiert die graue Energie auf Stoffbuchhaltungen und verlangt analog zur Finanzbuchhaltung Regeln für die Zuordnung, Erfassung, Amortisation und Transparenz der Daten. In bisherigen Normen fehlen Vorgaben für standardisierte Systemgrenzen und Bewertungsfragen weitgehend, obwohl diese einen grossen Einfluss auf die Ergebnisse haben. So wird zum Beispiel in den Ökobilanzdaten im Baubereich nach Eco-Devis/KBOB neben dem Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger auch die Wasserkraft mitberücksichtigt. Durch die abweichende Bewertung der Energieträger ergeben sich je nach Organisation zum Teil grosse

Unterschiede bei den veröffentlichten Daten. Aufgrund der zu schmelzenden Rohstoffe ist das Temperaturniveau im Produktionsprozess von Schaumglas etwa gleich hoch wie bei den gebräuchlichsten mineralischen Dämmstoffen (Glaswolle und Steinwolle). Unter Berücksichtigung des hohen Recyclinganteils von hochwertigen Altgläsern, der modernisierten Produktionsanlagen mit Energierückgewinnungssystemen in allen Prozessstufen sowie der ausschliesslichen Verwendung von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen wird heute jedoch bei Schaumglas ein Grauenergiewert erreicht, welcher sogar unter dem Wert von mineralischen Dämmstoffen liegt (vgl. Tabelle 1, Baustoffkennwerte von Wärmedämmstoffen).

Auch bezogen auf eine Funktionseinheit mit gleicher Dämmleistung weist Schaumglas im Vergleich mit andern Dämmstoffen eine tiefe spezifische Umweltbelastung auf. Basierend auf eco-devis 364/05 «Flachdacharbeiten mit Dichtungsbahnen Zusatzkomponente zu den Devisierungsprogrammen des NPK» schneidet Schaumglas bei einer vorgegebenen Dämmleistung von 0,25 W/m²K gut ab. Der Grauenergiewert für das Schaumglas beträgt 389 MJ/m². Bei gleichem U-Wert weisen andere Dämmstoffe Grauenergiewerte zwischen 226 MJ/m² (Kork) und 381 MJ/m² (Steinwolle) auf.

Bei einer Betrachtung der reinen Dämmstoffe für den Flachdacheinbau, basierend auf den Baustoffdaten nach der «Ökologischen Baustoffliste» der Empa und bei vorgegebener Dämmleistung von 0,25 W/m²K schneidet Schaumglas sogar am besten ab.

Eine objektive Beurteilung des Grauenergieanteils ist letztendlich jedoch nur unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Dämmsysteme möglich. Eine hohe Schadenanfälligkeit und damit kurze Lebenserwartung eines Dämmstoffs relativiert den Vorteil einer ökologischen Herstellung beträchtlich. In dieser Beziehung weist Schaumglas aufgrund seiner langen Lebensdauer und des grossen Recyclingnutzens entscheidende Vorteile auf. Die lange Funktionsdauer von Schaumglas garantiert nämlich auch eine lange Gebrauchsdauer der Einzelbauteile. Bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer des Gebäudes weist Schaumglas damit im Vergleich zu den kurzlebigeren Dämmstoffen eine markant bessere Grauenergiebilanz auf, da die kurzlebigen Dämmmaterialien im gleichen Zeitabschnitt oft mehrmals ersetzt und als Bauabfall entsorgt werden müssen. Auch im Zusammenhang mit der Erneuerung von Einzelbauteilen weist Schaumglas Vorteile auf, weil die Dämmschicht aufgrund der Dauerhaftigkeit meist nicht ersetzt, sondern häufig nur ergänzt werden muss.

Wiederverwendung bei Rückbau

Aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht wird im Idealfall ein Produkt am Ende seiner Nutzung ohne aufwändige Umwandlungsprozesse einer zweiten Bestimmung zugeführt. Dies trifft speziell für die Verwertung von rückgebauten, alten Schaumglasdämmplatten zu.

Im Gegensatz zu andern Wärmedämmstoffen erleidet Schaumglas bei einer Durchfeuchtung des Bauteils keine Beeinträchtigung seiner Materialeigenschaften. Dies gestattet, dass Schaumglas zum Zeitpunkt der erforderlichen Entsorgung ohne

Foamglas T4	XPS Roofmate	EPS 30 Dach	Steinwolle Prima	PUR/PIR Vlies	Kork
350 MJ/m ²	499 MJ/m ²	406 MJ/m ²	383 MJ/m ²	355 MJ/m ²	504 MJ/m ²

spezielle Verfahren verschiedenen Zweitnutzungen zugeführt werden kann. Schaumglasabbruch wird in Brechanlagen zerkleinert und findet mit steigender Nachfrage zunehmend Verwendung als

- Füllkörper im Landschaftsbau
- Füllkörper für Strassenunterbauten
- Wärmedämmung in Form von loser Schüttung
- Grabenfüllmaterial.

Bei den für Schaumglas in Frage kommenden Zweitnutzungen handelt es sich um Baumassnahmen im Bereich des Bodens, wo das Material zwangsläufig mit Wasser in Kontakt kommt. Die Abschätzung einer allfälligen Gefährdung des Bodens und des Grundwassers durch Schaumglas und Bitumenrückstände erfolgt nach dem Eluat-Testverfahren gemäss den Richtlinien des Bafu (Bundesamt für Umwelt) und der TVA (Technische Verordnung über Abfälle).

Bei den durchgeführten Tests mit Bitumenresten behafteten Schaumglasstücken wurden sämtliche Grenzwerte gemäss TVA unterschritten. Der Eluat-Test für Schaumglas ist erfüllt. (Empa-Untersuchungsbericht Nr. 123544 A, Eluat-Test für Foamglas). Schaumglas wird so dem Anspruch einer umweltgerechten Kreislaufwirtschaft im vollen Umfang gerecht.

Ein wesentlicher Teilaspekt bei der Bewertung von Dämmstoffen liegt bei der ökologischen Auswirkung durch die spätere Entsorgung. Hier bestehen bei den Wärmedämmstoffen zum Teil grosse Unterschiede. Gesamtbewertungen nach der Methode der ökologischen Knappheit, wie z.B. in den publizierten Ökobilanzdaten im Baubereich hinterlegt, zeigen, dass insbesondere Dämmschichten aus geschäumten Kunststoffen hohe Werte mit Umweltbelastungspunkten aufweisen. Für einzelne Stoffgruppen sind die Werte für die Entsor-

gung sogar höher als für die Herstellung (Tabelle 1: Baustoffkennwerte von Wärmedämmstoffen).



Markus Welter, dipl. Architekt HTL SIA,
Bauconsilium AG, Luzern

Bibliografie

SIA: Vornorm 279, Wärmedämmstoffe, Ausgabe 2004

SIA: Merkblatt 2001, Wärmedämmstoffe, Ausgabe 2005

Empa, Dübendorf: Ökologische Baustoffliste (Version 1.0.2, Grundlage Ecoinvent Version 1.3, Oktober 2006)

Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes, Ökobilanzdaten im Baubereich 2007/1

www.bauteilkatalog.ch, elektronischer Bauteilkatalog, Darstellung der Energie- und Stoffflussanalyse in einem aktualisierten Bauteilkatalog, ersetzt bestehende SIA-Dokumentation D 0123.

SIA: Deklarationsraster SIA 493.09: Wärmedämmstoffe

SIA: SIA-Effizienzpfad Energie Statusbericht graue Energie

Bundesamt für Umwelt: Abfallmengen und Recycling 2005 im Überblick (August 2006)

Eidgenössische Strahlenschutzverordnung 1994

Schweizerische Brandschutzvorschriften VKF, Ausgabe 2004

Empa-Untersuchungsbericht Nr. 123544 A, Eluat-Test für Foamglas.