

Ökologische und ökonomische Eigenschaften von Dämmstoffen und ihre Möglichkeiten der Kreislaufführung

Andreas Windsperger, Bernhard Windsperger, Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten

Abstract

Ziel des Kooperationsprojektes mit Dämmstoffherstellern war es, vorhandene lebenszyklusbasierte Bewertungen von Dämmstoffen, vorzugsweise EPD (Umweltproduktdeklarationen) zusammenzustellen und die Auswirkungen von Möglichkeiten zur Kreislaufführung und von Energieoptimierung abzuschätzen. Die Betrachtungen umfassten dabei die gesamte Wertschöpfungskette, von der Rohstoffbereitstellung über die einzelnen Herstellungsschritte, die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgung oder Verwertung. Die Ergebnisse zielten nicht auf eine Wertung der Materialien untereinander ab, sondern sollten den Betrieben sinnvolle Entwicklungsrichtungen für die Anpassung an die Erfordernisse des Kreislaufwirtschaftspakets und ihre Effekte auf Energie und Klimaschutz zeigen. Es wurden weiters die Aufwendungen für die Herstellung der Dämmstoffe den Vorteilen in der Nutzungsphase gegenübergestellt. Daraus konnten für die Produkte die Zeiträume der Amortisation hinsichtlich der THG-Belastungen (Klimaamortisation) und der monetären Amortisation dargestellt werden.

Hintergrund und Durchführung

Die Kreislauffähigkeit von Produkten wird durch den „EU-Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft (Kreislaufwirtschaftspaket)“ thematisiert. Dabei werden eine Steigerung der Effizienz der Ressourcennutzung, die Minimierung von Abfällen und Ressourcenverbrauch sowie der Erhalt des Wertes von Produkten angestrebt. Vor diesem Hintergrund führten die Verfasser für Hersteller von Dämmstoffen ein Qualifizierungsprogramm durch, das die Bewertung der ökologischen und der ökonomischen Eigenschaften in Bezug auf Kreislauffähigkeit und die Betrachtung von Verbesserungsoptionen beinhaltet.

Die Durchführung der Analyse erfolgte auf Basis von vorhandenen EPD (Environmental Product Declaration) und Ökobilanzen, die hinsichtlich des Umfangs, der betrachteten Wirkungen aber auch der Behandlung des Rohstoffeinsatzes und der End-of-life Annahmen inklusive etwaiger resultierender Gutschriften analysiert wurden. Die Ergebnisse der EPD-Analyse wurden mit den Betriebspartnern diskutiert und die Optionen der Kreislaufschließung und die Auswirkungen auf die ökonomischen und ökologischen Eigenschaften besprochen.

Die aktuelle Situation und die vielversprechenden Optionen wurden danach in einer Lebenszyklusbetrachtung eines spezifischen Modellfalls hinsichtlich der Kosten, des Energieeinsatzes und der CO₂-Emissionen untersucht. Als Datenbasis dafür dienten einerseits die Angaben in den EPD, andererseits Marktdaten für die Kosten und die notwendigen Materialmengen in den Anwendungsbereichen. Letztlich wurde für die einzelnen Dämmstoffe die Auswirkung der möglichen Verbesserungsoptionen auf wesentliche ökologische Parameter dargestellt.

Für die Betrachtung wurden die wesentlichen Dämmstoffe am Markt einbezogen, für die eine EPD oder Ökobilanz verfügbar war. Eine Übersicht der betrachteten Materialien und der EPD gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht der ausgewerteten EPD nach Dämmstoffmaterialien

Mat.	Bezeichnung	Inhaber	Jahr	DE	Dichte [kg/m ³]	Λ [W/(m.K)]	EPD-Module
EPS	Dalmatiner Fassadendämmplatte, grau	CAPAROL - Farben Lacke Bautenschutz GmbH	2016	m ³	16	0,032	A-D
EPS	Dalmatiner Fassadendämmplatte, grau	ALLIGATOR FARBWERKE GmbH	2016	m ³	16	0,035	A-D
EPS	Expanded Polystyrene Foam Insulation, weiß	EUMEPS	2017	m ³	15	0,036	A-D
EPS	EPS-Hartschaum, weiß	Industrieverband Hartschaum e.V.	2015	m ³	19	0,040	A-D
EPS	EPS-Hartschaum, weiß	Industrieverband Hartschaum e.V.	2015	m ³	26	0,035	A-D
SW	Steinwolle-Dämmstoffe im niedrigen Rohdichtebereich	Rockwool	2018	m ³	39	0,040	A-D
SW	Steinwolle-Dämmstoffe im mittleren Rohdichtebereich	Rockwool	2018	m ³	96	0,040	A-D
SW	Steinwolle-Dämmstoffe im hohen Rohdichtebereich	Rockwool	2018	m ³	155	0,040	A-D
SW	SmartRoof Base / SmartRoof Thermal	Knauf Insulation	2016	m ³	105	0,035	A-D
SW	Steinwolle Dachdämmplatten	Knauf Insulation	2013	m ³	130	0,038	A-D
SW	Unkaschierte Steinwolleplatten und Filze	SaintGobain ISOVER	2016	m ³	100	0,034 – 0,04	A1 – A3
GW	Glaswolle-Rolle	climowool	2012	kg	20	0,038	A-D
GW	Glass Mineral Wool 035 unfaced rolls	Knauf Insulation	2014	m ³	20	0,035	A-C
GW	Dämmstoff aus Mineralwolle für den Dachausbau	URSA	2012	m ³	22	0,033	A-D
GW	Unkaschierte Glaswolle	Saint-Gobain Isover	2014	kg	25	0,035	A-D
GW	Glass Mineral Blowing Wool for Cavity Wall	Knauf Insulation	2015	m ³	35	0,034	A-D
Ha	Hanfvlies	Thinkstep Datensatz	2015	m ³	38	0,040	A-C
Ze	Thermofloc – Zellulosedämmung boratfrei	Peter Seppel Gesellschaft m.b.H.	2015	kg	45	0,039	A-D
Ze	Einblasdämmstoff aus Zellulosefasern	Isocell GmbH	2014	m ³	65	0,039	A-D
HF	Holzfaserdämmstoff	STEICO	2016	m ³	158	0,038	A-D
HF	Holzfaserdämmplatten	GUTEX	2015	m ³	173	0,042	A-D

Um die Werte der einzelnen Materialien auf die gleiche Funktion zu beziehen, wurde die Verwendung des Lambda-Werts (Wärmeleitwert) festgelegt. In Analogie zum IBO (2000) wurde als Funktionseinheit die Masse an Dämmstoff in kg verwendet, die für einen Wärmedurchlasswiderstand (Wärmeleitwiderstand) $R_o = d/\lambda$ von $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ notwendig ist (IBO 2000, UZ43).

Ergebnisse der EPD-Analyse

Generell zeigt sich eine große Abhängigkeit der Belastungen von der Dichte. Damit steigen die Aufwendungen, Materialverbrauch und Energiebedarf, aber auch Emissionen für die Herstellung. Allerdings bringt dies bei brennbaren Materialien in der thermischen Verwertung auch klare Vorteile in der Höhe einer Gutschrift für die erzeugte Wärme und Strom.

Allgemein profitieren EPS-Dämmstoffe von den meist niedrigen Dichten und auch der thermischen Verwertbarkeit. Darüber hinaus bietet stoffliches Recycling eine Möglichkeit zur weiteren Verringerung der Belastungen. Mineralische Dämmstoffe haben in der Bereitstellung der Rohstoffe aufgrund der wenigen Verarbeitungsvorgänge nur geringe Belastungen, zeigen bei hoher Dichte aber hohen Energiebedarf für den Schmelzprozess ohne von nennenswerten Gutschriften zu profitieren. Speziell Glaswolle deckt hier den Bereich niedriger Dichten ab und weist bereits einen hohen Altglasanteil in der Herstellung auf, was sich in niedrigen Werten der Umweltbelastungen äußert. Holzfaserdämmstoffe weisen vergleichsweise hohe Dichten auf und bieten durch ihre Brennbarkeit hohe Gutschriften für die in der thermischen Verwertung erhaltenen Energiemengen. Darüber hinaus liegen die biogenen Dämmstoffe durch die CO₂-Neutralität des in den Rohstoffen enthaltenen Kohlenstoffs bei den CO₂-Emissionen generell im Vorteil. Bei Berücksichtigung der Gutschriften gehen bei den aktuellen Werten der CO₂-Intensität des Energiesystems die Gesamtwerte bis in den negativen Bereich. Diese Gutschriften stellen allerdings reine Rechenwerte dar, da sie die Situation am Lebensende der Produkte abbilden sollten und ihre Höhe stark vom dann vorliegenden Energiesystem abhängt.

Lebenszyklusbetrachtung über die Nutzungsdauer an einem Modellfall für WDVS

Nachfolgend wurde die gesamte Nutzungsdauer einer Dämmung von 30 Jahren mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) auf einer Ziegelwand am Beispiel eines Einfamilienhauses mit einer Außenwandoberfläche von 200 m^2 (Huber 2013) betrachtet. Zur Darstellung der Aufwendungen aber auch des Nutzens der Dämmung wurde eine Referenzwand ohne Dämmung (AW03:Hohlziegelmauer) aus Baubook verwendet. Für jedes Dämmsystem wurden typische Materialien mit den üblichen Dichten und repräsentative EPD für das jeweilige Material für zwei Fälle gerechnet, um den Effekt verstärkter Dämmung zu sehen. Die für dieses Dämmsystem relevanten Dämmstoffe wurden aus Klingler et al. (2018) entnommen. Es handelte sich dabei um

- EPS-Platten niedriger Dichte $15 \text{ kg}/\text{m}^3$ und $15,7 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Steinwolle-Platten, Dichte $105 \text{ kg}/\text{m}^3$ und $130 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Holzfaserplatten mit einer Dichte von $157 \text{ kg}/\text{m}^3$ und $173 \text{ kg}/\text{m}^3$

Gerechnet wurden jeweils 2 Dämmstärken:

- Dämmung für insgesamt $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ entsprechend Niedrigenergie-Standard
- Dämmung für insgesamt $U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ entsprechend Passivhaus-Standard

Um die Auswirkung von Optimierungsmaßnahmen wurde in diesbezüglich berechneten Szenarien betrachtet oder aus EPD entnommen und dem Normalfall gegenüber gestellt. Für EPS liegt eine EPD mit einem Recycling-Szenario, bei Glaswolle eine EPD mit Ökostromeinsatz vor. Maßnahmen zur Decarbonisierung der Energieversorgung (Ökoenergie-Szenario) wurden in selbst berechneten Szenarien ergänzt.

Für die einzelnen Materialien wurden nachfolgende Kennwerte für die Referenzwand und die Wand mit beiden Dämmungsstärken errechnet und daraus die Amortisation der Dämmmaterialien für die folgenden Parameter dargestellt:

- Kosten für Material, Transport, Anbringung, Nutzungsphase und Entsorgung
- Energieeinsatz für Material, Transport, Anbringung, Nutzungsphase und Entsorgung
- CO₂-Emission für Material, Transport, Anbringung, Nutzungsphase und Entsorgung

Zur Berechnung der Amortisationszeit wurden die Aufwendungen für die Dämmung den Einsparungen gegenüber der Referenzwand ohne Dämmung an obigen Parametern gegenüber gestellt. Dabei wurden die Gesamtaufwendungen jeweils ohne Gutschrift gerechnet, da einerseits diese bei den Kosten nicht einbezogen werden konnte, andererseits ist sie bei der THG-Emission speziell von der Emissionsintensität des Energiesystems geprägt.

Generell liegt der Aufwand der Dämmung im Vergleich zu den erzielten Einsparungen bei den Kosten deutlich höher als bei Energieaufwand und CO₂-Emission. Daher liegt auch die ökonomische Amortisationszeit bei allen Materialien deutlich höher als bei den anderen Größen. Die energetische und die CO₂-Amortisation liegen auf einem deutlich niedrigeren Niveau und zeigen aufgrund der Verbindung über den Emissionsfaktor einen sehr ähnlichen Verlauf. Wegen des erhöhten Materialaufwands bei höherer Dämmstärke gegenüber den erzielten Einsparungen steigt die Amortisationszeit bei steigender Dämmung tendenziell an. Bei der Holzfaser-Dämmung liegen die ökonomische Amortisation wegen des höheren Preises und die energetische Amortisation wegen der hohen Dichte über jenen den anderen Materialien. Die CO₂-Amortisation zeigt aber die kürzesten Zeiträume. Bei den Optimierungsszenarien zeigt vor allem das EPS-Recycling eine vielversprechende Perspektiven.

Literatur:

Ecoinvent. Ecoinvent Datenbank, Version 3.2.

Huber M. 2013. Entsorgung von Dämmstoffabfällen in Österreich. Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur. Wien: Universität für Bodenkultur.

IBO 2000. B. Lipp et.al. Ökologie der Dämmstoffe

IBO - Baubook. Rechner für Bauteile. <https://www.baubook.info/BTR/>.

UZ43. VKI - Umweltzeichen Richtlinie 43