

RRRMMMAAAA

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Ressourcen Management Agentur

Aufkommen von Dämm- stoffen im Oö. Wohnbau und künftige Anforderun- gen aus Sicht der Abfall- wirtschaft

Projekt ADOSA

Endbericht

„wir sind“



**Klimabündnis
Betrieb**

Aufkommen von Dämm- stoffen im Oö. Wohnbau und künftige Anforderun- gen aus Sicht der Abfall- wirtschaft

Projekt ADOSA

Endbericht

(Vers. 1.4)

**Hans Daxbeck
Heinz Buschmann**

Im Auftrag
der Oö. Landesregierung (Abt. Umweltschutz)

Wien, Juni 2012

Projektleitung:
Hans Daxbeck

Projektsachbearbeitung:
Hans Daxbeck, Heinz Buschmann

Impressum:
Ressourcen Management Agentur (RMA)

Argentinerstrasse 48/2. Stock
1040 Wien
Tel.: +43 1/913 22 52.0; Email: office@rma.at
www.rma.at

Kurzfassung

Zielsetzung des Projektes ADOSA ist die Bestimmung der Mengen, Zusammensetzung und des Verbleibs der in der Vergangenheit in Oberösterreich verbauten Dämmstoffe. Durch die Quantifizierung des gegenwärtig verbauten Lagers an Dämmstoffen lassen sich die in der Abfallwirtschaft (AWS) zu erwartenden Mengen an anfallenden Dämmstoffen heute und in Zukunft abschätzen. Ein weiteres Ziel ist es zu klären, welche technisch-ökologischen Kriterien heute verbaute Dämmstoffe erfüllen müssen, um negative Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus minimieren zu können. Die Erhebung der relevanten Daten erfolgt über eine Literaturrecherche. Datenlücken werden möglichst mit Expertenschätzungen und/oder eigenen Annahmen geschlossen.

Marktverbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich

In Oberösterreich werden derzeit (2011) pro Jahr ca. 1 Mio. m³ Dämmstoffe eingesetzt (entspricht ca. 50.000 Tonnen). Die relevantesten Dämmstoffe (nach Volumen) stammen aus der Gruppe der Mineralwollen (Glas- und Steinwolle; Marktanteil: 56 %). Rang zwei am Marktanteil nehmen expandierte Polystyrole (EPS; 35 %) ein. Marktrelevantester Dämmstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist Zellulose (Marktanteil ca. 1 %).

Gegenwärtiger Lagerbestand von Dämmstoffen in Oberösterreich

Insgesamt wurden in Oberösterreich Dämmstoffe mit einem Gesamtvolumen von 12 Mio. m³ verbaut (entspricht ca. 600.000 t).

Gegenwärtiges Abfallaufkommen von Dämmstoffen in der Oö. Abfallwirtschaft

Statistische Aufzeichnungen über das Aufkommen von Dämmstoffen existieren in Oberösterreich nicht. Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 25 bis 50 Jahren wird das jährliche Aufkommen auf 12.000 bis 24.000 Tonnen Dämmstoffabfällen in der oberösterreichischen Abfallwirtschaft geschätzt. Sortenreine Verschnitte aus Bau- und Sanierungstätigkeiten werden einer stofflichen Verwertung zugeführt. Abfälle von historischen Dämmstoffen aus Sanierungs- und Abbruchstätigkeiten werden in der Regel über die Fraktionen „Baustellenabfälle“, „Sperrmüll“ oder als Störstoff im mineralischen Bauschutt verwertet bzw. entsorgt.

Marktverbrauch, Lagerbestand und Abfallaufkommen von Dämmstoffen im Jahr 2031

Unter der Annahme einer fortgeschriebenen Marktentwicklung (8 % Wachstum p.a.) wird der Verbrauch von Dämmstoffen von derzeit 1 Mio. m³ bis im Jahr 2031 auf knapp 5 Mio. m³ Dämmstoffe pro Jahr ansteigen. Gegenwärtig sind in Oberösterreich knapp 12 Mio. m³ oder 600.000 Tonnen an Dämmstoffen im Gebäudebestand gelagert. Bis in das Jahr 2031 wächst das Lager auf 62 Mio. m³. Das Aufkommen von Dämmstoffabfällen wird bis 2031 auf das bis zu 10-fache des heutigen Wertes (Jahr 2011) ansteigen, das entspricht ca. 37.000 bis 124.000 Tonnen. Die starke Zunahme des Abfallaufkommens erklärt sich dadurch, dass gegenwärtig Gebäude zum Abbruch gelangen, die gar nicht oder nur in geringem Ausmaß thermisch optimiert (= gedämmt) sind. In den nächsten Jahren kommen sukzessiv Gebäude zum Abbruch, die mit steigenden Dämmstärken ausgestattet wurden. Diese steigende thermische Optimierung von Gebäuden stellt die Abfallwirtschaft in Zukunft vor neue Herausforderungen.

Dämmstoffe im Abfallrecht

Der derzeitige abfallrechtliche Rahmen in Oberösterreich bzw. in Österreich sieht keine gesetzlich geregelte Trennung von Dämmstoffen auf der Baustelle vor. Die in Ausarbeitung befindlichen Verordnungen des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Abfallende und Behandlungspflichten sehen in Zukunft vor, dass Dämmstoffe vor Abbrucharbeiten aus dem Gebäude separiert werden müssen. Ein klarer rechtlicher Rahmen ist relevant um Materialkreisläufe nachhaltig schließen zu können.

Vergleich von Ökobilanzen unterschiedlicher Dämmstoffe

In dieser Studie wurden vorliegende Daten und Ökobilanzen von 10 Dämmstoffen dargestellt (EPS, XPS, Polyurethan, Zellulose, Holzfaser, Hanf, Schafwolle, Rohrkolben, Mineralwolle und Calcium-Silikat). Aufgrund von unterschiedlichen Bewertungssystemen und Systemgrenzen sind die vorliegenden Ökobilanzen von Dämmstoffen aus wissenschaftlicher Sicht nicht vergleichbar und es kann keine Präferenz für einen Dämmstoff aus ökologischer Sicht getroffen werden.. Abhilfe kann die Durchführung einer vergleichenden Ökobilanz schaffen, die die ökologischen Auswirkungen von Dämmstoffen über den gesamten Produktlebenszyklus nach gleichen Kriterien untersucht und so vergleichbar macht.

Negative Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus minimieren

Durch die Implementierung des Produktlebenszyklusgedankens (gem. EU-Abfallrahmenrichtlinie) sind zukünftig Dämmstoffe im Sinne der Energie- und Ressourceneffizienz zu konzipieren und zu produzieren. Beim Produktdesign neu entwickelter Dämmstoffe ist auf die Umweltauswirkungen und die Rezyklierbarkeit der eingesetzten Materialien und Stoffe Bedacht zu nehmen. Additive in Dämmstoffen (z.B. Flammschutzmittel, Biozide) sind hauptverantwortlich für negative Umweltauswirkungen entlang des Produktlebenszyklus und müssen vermieden oder substituiert werden. Aus Sicht der Abfallwirtschaft ist die Durchführung eines verwertungsorientierten Rückbaus ein wesentliches Instrumentarium um die Verwertung von Dämmstoffen zu optimieren. Gegenwärtig befindet sich die Norm B 3151 „verwertungsorientierter Rückbau“ in Ausarbeitung, die den Stand der Technik bei Abbrucharbeiten definieren wird und zu einer Qualitätssteigerung im Sinne der Abfallwirtschaft führt.

Basierend auf den Ergebnissen werden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Der Verbleib der derzeit für Oberösterreich geschätzten 12.000 bis 24.000 Tonnen Dämmstoffabfälle pro Jahr wird durch die Abfallstatistik nicht nachvollziehbar erfasst.
- Der Großteil der derzeit in Oberösterreich eingesetzten Dämmstoffe entspricht nicht dem Produktlebenszyklusgedanken gemäß den gültigen abfallrechtlichen Rahmenbedingungen. Eine Wiederverwendung bzw. ein stoffliches Recycling von Dämmstoffen stellt gegenwärtig die Ausnahme dar.
- In Dämmstoffen eingesetzte Additive (Flammschutzmittel, Biozide, etc.) machen im Durchschnitt nur 1-5 Massenprozent des Produktes aus, sie verringern allerdings maßgeblich die Umweltverträglichkeit des Dämmstoffs.
- Aus Sicht der Abfallwirtschaft sind Dämmstoffe rückbau- und recyclingfähig zu konzipieren. Dadurch wird die Grundlage geschaffen Materialkreisläufe im Bereich des Bauwesens nachhaltig schließen zu können.
- Aufgrund von unterschiedlichen Bewertungssystemen und Systemgrenzen sind die vorliegenden Ökobilanzen von Dämmstoffen aus wissenschaftlicher Sicht nicht vergleichbar und es kann keine Präferenz für einen Dämmstoff aus ökologischer Sicht getroffen werden.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	v
Inhaltsverzeichnis	VII
1 Ausgangslage	1
2 Zielsetzung	3
3 Methodisches Vorgehen	5
3.1 Systemgrenze	5
3.1.1 Räumliche Systemgrenze	5
3.1.2 Zeitliche Systemgrenze	5
3.1.3 Zeitreihe über den Einsatz von Dämmstoffen	5
3.1.4 Untersuchte Produkte	6
3.1.5 Gebäudebestand	6
4 Aufkommen und Verbleib von Dämmstoffen in OÖ	11
4.1 Marktverbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich	11
4.2 Lagerbestand Dämmstoffe in OÖ	12
4.3 Verbleib von Dämmstoffen	13
4.3.1 Prozess Neubau	14
4.3.2 Prozess Abbruch (historisch eingesetzte Dämmstoffe)	15
4.3.3 Prozess Sanierung (historische und neu verbaute Dämmstoffe)	16
5 Einsatzgebiete, Potenziale und Trends von Dämmstoffen	18
6 Definition, Klassifizierung und Einsatzgebiet von Dämmstoffen	23
6.1 Klassifizierung von Dämmstoffen	23
6.2 Leistungsprofile ausgewählter Dämmstoffe	24
6.2.1 EPS (expandiertes Polystyrol)	24
6.2.2 XPS (Extrudiertes Polystyrol)	31
6.2.3 PU (Polyurethan)	37
6.2.4 Mineralwolle (Stein- und Glaswolle)	42
6.2.5 Zellulosefaser (-flocken bzw. -platten)	48
6.2.6 Holzfaser	53
6.2.7 Hanf	58
6.2.8 Schafwolle	62
6.2.9 Calcium-Silikat (Mineralschaum)	66
6.2.10 Rohrkolbenschilf-Dämmplatten	70
6.3 Dämmstoffe und Wandaufbauten	72
6.3.1 Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)	72
6.3.2 Monolithisches Bauen	74
7 Ökologie und Lebenszyklus von Dämmstoffen	75
7.1 Grenzen der Vergleichbarkeit von Ökobilanzen	75
7.2 Vergleich der Energiebilanzen von Dämmstoffen	76
7.3 Materielle Zusammensetzung von Dämmstoffen	78
7.4 Energie- und Ressourceneinsatz	79
7.5 Flächennutzung in Oberösterreich	81
8 Rechtliche Rahmenbedingungen	83
8.1 Europäische Abfallrahmenrichtlinie	83
8.2 Österreichisches Abfallwirtschaftsgesetz 2002	84
8.3 Durchführungsverordnungen zum AWG 2002	86
8.3.1 Abfallnachweisverordnung 2003	86

8.3.2	Abfallverzeichnisverordnung.....	87
8.3.3	Baurestmassentrennverordnung	88
8.3.4	Abfallende-Verordnung für Baurestmassen.....	88
8.4	AbfallbehandlungspflichtenVO für Baurestmassen.....	89
8.5	Deponieverordnung 2008	90
8.6	Bundesabfallwirtschaftsplan 2011	90
8.7	OÖ Abfallwirtschaftsgesetz 2009 - Oö. AWG 2009	90
8.8	Oberösterreichischer Landesabfallwirtschaftsplan 2011	91
8.9	Oö. Baurecht.....	92
8.10	Europäische BauprodukteVO	93
8.11	ChemOzonschichtVO	94
8.12	Zusammenfassung der rechtlichen Rahmenbedingungen	95
9	Anforderungen an Dämmstoffe aus Sicht der Abfallwirtschaft	97
9.1	Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft	97
9.2	Umweltauswirkungen entlang des Produktlebenszyklus	98
10	Schlussfolgerungen	109
11	Zusammenfassung	110
12	Literaturverzeichnis.....	112

1 Ausgangslage

Heute errichtete bzw. sanierte Gebäude werden nach der Prämisse der Energieeffizienz erbaut bzw. adaptiert. Oberstes Ziel ist es, möglichst viel Energie, die für Heizen (und Kühlen) aufgewendet werden muss, einzusparen. Zum Einsatz kommen dabei Dämmstoffe aus unterschiedlichen Materialien. Alle Dämmstoffe haben gemein, dass sie auf die Leistungsfähigkeit während der Nutzung optimiert sind. Verwertungs- oder Beseitigungssysteme für Dämmstoffe existieren heute praktisch nicht. Dabei lagern in unseren Gebäuden große Mengen an Ressourcen, die im Sinne einer Recyclingwirtschaft in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden sollen. Eine exakte Verwertungsquote für Baurestmassen aus dem Hochbau existiert nicht. Experten schätzen, dass 40 bis 60 % der mineralischen Fraktion verwertet wird. Über Verwertungsquoten von Dämmstoffen (auf organischer oder mineralischer Basis) existieren keine Daten. Es ist davon auszugehen, dass diese Abfälle über Baustellenabfälle entsorgt werden. Ein geringerer Anteil wird thermisch verwertet. Die stoffliche Verwertung von Dämmstoffabfällen stellt die Ausnahme dar.

Eingesetzt werden Dämmstoffe aus Gründen des Wärme-, Schall- oder Feuchtigkeitsschutzes. In den letzten Jahren hat vor allem das Anwendungsgebiet als Wärmeschutz aus Gründen der Energieeffizienzsteigerung stark an Bedeutung gewonnen.

Zum Einsatz kommen Materialien, die sich durch eine geringe Dichte und Wärmeleitfähigkeit auszeichnen. Dämmstoffe sind relativ voluminös und leicht. Im Verhältnis zu tragenden Elementen aus Beton oder Ziegel machen sie nur einen sehr geringen Anteil an der Gebäudemasse aus (< 0,1 %) [Daxbeck et al., 2009].

Beim Abbruch von Gebäuden tragen Dämmstoffe zur Heterogenität der mineralischen Baustanz bei. Werden die Dämmstoffe nicht separiert, kann durch die Vermengung die Verwertungsmöglichkeit der mineralischen Trägermaterialien herabgesetzt werden.

Werden Dämmstoffe verklebt, verdübelt und mit Armierungsnetzen versehen (wie z.B. Wärmedämmverbundsysteme - WDVS) entstehen sehr schwer trennbare Materialverbünde, die das Recycling des Dämmstoffs, aber auch des mineralischen Trägermaterials stark herabsetzen. Dazu kommen hohe bzw. noch nicht abschätzbare Rückbaukosten, die beim Abbruch von wärmedämmten Gebäuden anfallen.

Im Sinne der Europäischen Abfallrahmenrichtlinie sollen die Umweltauswirkungen von Produkten entlang des gesamten Produktlebenszyklus minimiert werden. Dämmstoffe (aller Art) helfen natürlich durch ihren Einsatz Energie und nachgelagert den Ausstoß von CO₂ einzusparen. Konzepte für eine optimierte Nachnutzung existieren kaum oder gar nicht. Aus Sicht der Abfallwirtschaft sind Dämmstoffe nicht nur auf deren Nutzung, sondern auch in Hinblick auf ihre Beseitigung oder Verwertung hin zu optimieren. Materialkreisläufe sollen geschlossen werden, um das Bauwesen nachhaltig auszurichten. Die Gesellschaft ist mithilfe des EU-Ressourceneffizienzplans von einer Verbrauchs- zu einer Recyclingwirtschaft zu entwickeln [Europäische Kommission, 2005], [Europäische Kommission, 2010].

Aufgrund des geringer werdenden verfügbaren Deponievolumens werden die Kosten für die Deponierung von Bauschutt mittel- und langfristig steigen. Dem gegenüber stehen Abbruch-

gebäude, die wegen der ansteigenden Heterogenität der verwendeten Materialien zusehends aufwändiger und kostenintensiver rückzubauen bzw. zu entsorgen sind.

In Zukunft ist mit folgenden Entwicklungen im Bereich der Abfallwirtschaft, sowie der Versorgung mit Primärrohstoffen zu rechnen:

- Steigende Entsorgungskosten
- Geringeres Deponievolumen
- Verschärfter Rechtlicher Rahmen
- Abnehmende Verfügbarkeit von Primärmaterialien

Da die derzeit relevantesten Dämmstoffe (v.a. EPS/XPS) organischen Ursprungs sind, sind die Parameter der Deponieverordnung 2008 für Baurestmassendeponien von Wichtigkeit. Über einem TOC („Total organic carbon“ = gesamter organischer Kohlenstoff) von mehr als 500 mg/kg Trockenmasse ist die Deponierung von Baurestmassen auf einer Baurestmassendeponie untersagt. Die Kohlenstofffracht in Baurestmassen setzt sich vor allem aus Holz und diversen Kunststoffen zusammen [BMLFUW, 2010].

2 Zielsetzung

Ziel 1: Anforderungen an die Abfallwirtschaft

Ziel ist es die Mengen, Zusammensetzung und Rückbaufähigkeit der in der Vergangenheit in Oberösterreich verbauten Dämmstoffe, zu bestimmen. Durch diese Lagerbestimmung lassen sich die in der Abfallwirtschaft zu erwartenden Mengen an anfallenden Dämmstoffen heute und in Zukunft abschätzen.

Ziel 2: Kriterien für die Produktion nachhaltiger Dämmstoffe

Ein weiteres Ziel ist es zu klären welche ökologischen Kriterien heute verbaute Dämmstoffe erfüllen müssen, um negative Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus zu minimieren. Durch das Wahrnehmen der Herstellerverantwortung sollen Baustoffproduzenten motiviert werden nachhaltige Dämmstoffe zu produzieren.

3 Methodisches Vorgehen

Die Erhebung der für den Projekterfolg relevanten Daten erfolgt über Literaturrecherche und Erhebung sekundärstatistischer Daten. Datenlücken werden möglichst mit Expertenschätzungen oder mit eigenen Annahmen und Abschätzungen geschlossen. Sekundärstatistische Daten zum Aufkommen von Abfällen stammen vor allem aus dem Landesabfallwirtschaftsplan Oberösterreich bzw. dem Bundesabfallwirtschaftsplan 2011. Angaben zur Produktion von Dämmstoffen stammen von Interessensvertretungen der einzelnen Dämmstoffbranchen. Ökobilanzen bzw. Environmental Product Declarations (EPDs) sind die Basisdokumente, die für den Vergleich der Dämmstoffe herangezogen werden.

3.1 Systemgrenze

3.1.1 Räumliche Systemgrenze

Die räumliche Systemgrenze des Projektes ADOSA sind die Grenzen des Bundeslandes Oberösterreich. Oberösterreich hat ca. 1.400.000 Einwohner (2011) auf einer Fläche von knapp 12.000 km² [Land Oberösterreich, 2011].

3.1.2 Zeitliche Systemgrenze

Die zeitliche Systemgrenze ist 1 Jahr. Das Bezugsjahr wird je nach verfügbaren Daten möglichst aktuell gewählt. Im Projekt ADOSA wird als Bezugsjahr, soweit möglich, das Jahr 2011 gewählt. Falls Daten keinem speziellen Jahr zuordenbar sind, da sie zum Beispiel auf Abschätzungen von Jahresmittelwerten beruhen, werden die Daten ebenfalls auf das gewählte Jahr umgelegt.

3.1.3 Zeitreihe über den Einsatz von Dämmstoffen

Historische Daten über den Einsatz von Dämmstoffen nach Material und Dämmstärke sind in der Literatur kaum oder nur auf hoch aggregiertem Niveau verfügbar. Für Österreich im Allgemeinen, und Oberösterreich im Speziellen, existieren keine verlässlichen Daten. Die Abbildung 3-1 zeigt den Verlauf der durchschnittlichen Dämmstärken nach Einsatzgebiet von den 1960er Jahren bis in die Gegenwart exemplarisch am Beispiel der Schweiz. Aufgrund der Datenlage ist anzunehmen, dass der Einsatz von Dämmstoffen Mitte bis Ende der 1960er Jahre einsetzt und in den kommenden Jahren einer flach ansteigenden Kurve folgt. Durch die Energiekrisen der Jahre 1973 und 1979/80 rückte das Bewusstsein, fossile Energieträger sparsam einzusetzen in den Mittelpunkt der öffentlichen Wahrnehmung.

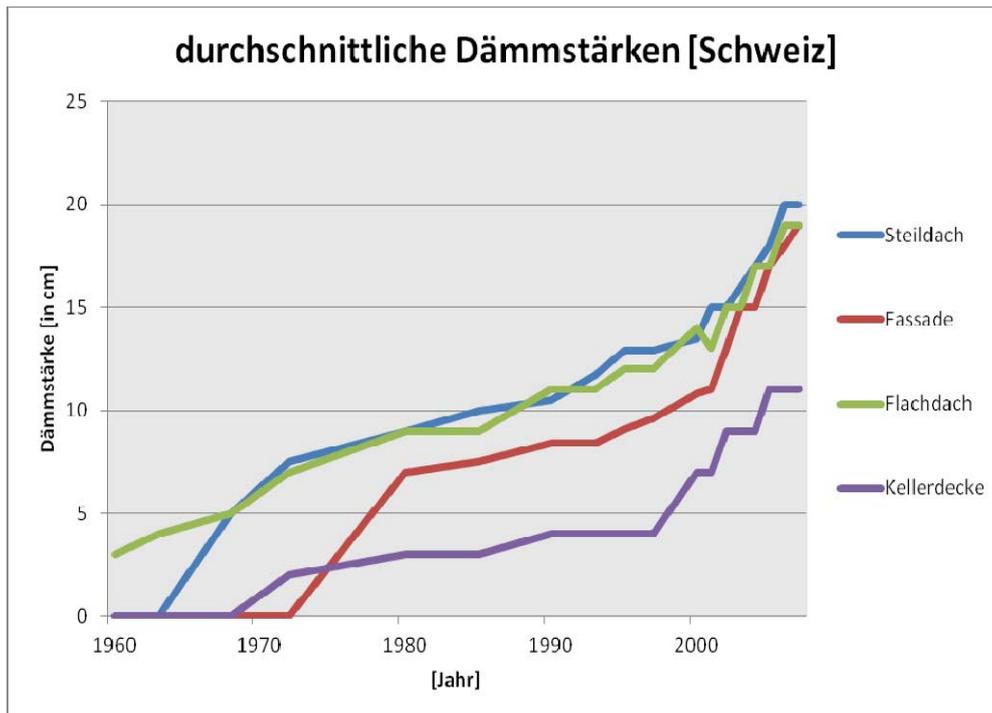


Abbildung 3-1: Durchschnittliche Dämmstärken in der Schweiz im Zeitraum 1960-2010; [Jakob, 2008]

Anfang der 1990er Jahre (z.B. Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio) rückt der immense Ausstoß von klimaschädlichen Substanzen (v.a. CO₂) in der Vordergrund. Neben dem Verkehr und der Industrie ist der Prozess Wohnen (Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser) einer der Hauptverursacher für den Ausstoß von Kohlendioxid [Aachener Stiftung Kathy Beys, 2012].

3.1.4 Untersuchte Produkte

Untersucht wird im Projekt ADOSA vorrangig der Einsatz von Dämmmaterialien in Wohngebäuden. Sind weiterführende Informationen vorhanden, werden auch Angaben über den Bereich der Nicht-Wohngebäude und Industrie- und Gewerbegebäude gemacht.

3.1.5 Gebäudebestand

In Oberösterreich bestehen 2001 mehr als 350.000 Gebäude. Davon sind knapp mehr als 45.000 Nicht-Wohngebäude. Die Wohngebäude umfassen mehr als 600.000 Wohnungen. Der größte Anteil von Wohnungen entfällt auf Ein- und Zweifamilienhäuser (58 %). Der Rest teilt sich auf den großvolumigen Wohnungsbau auf [Statistik Austria, 2011].

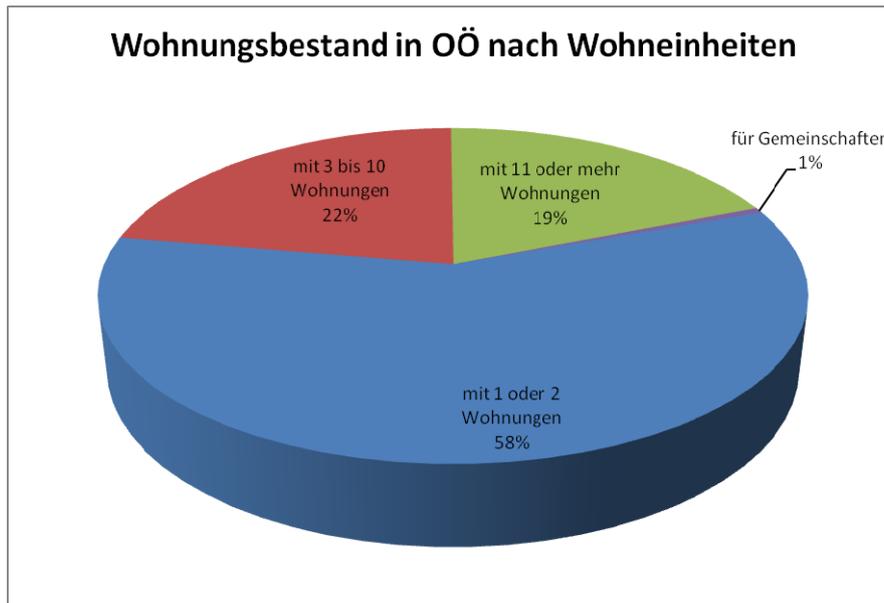


Abbildung 3-2: Wohnungsbestand in OÖ nach Wohneinheiten; [Statistik Austria, 2011]

Aufgrund der Bauperiode, in der die Wohnungen errichtet wurden, kann der Wohnungsbestand in drei relevante Phasen unterteilt werden. Die erste Phase umfasst die Bauperiode vor 1945. Wohnungen, die vor dem 2. Weltkrieg errichtet wurden, haben heute einen Anteil von 20 % am gesamten Wohnungsbestand. Die relevanteste Phase für den Wohnbau sind die Jahrzehnte nach 1945. Bis 1980 wurde knapp die Hälfte der heute noch bestehenden Wohnungen in Oberösterreich errichtet [Statistik Austria, 2011]. Aufgrund der meist schlechten thermischen Eigenschaften sind diese Gebäude/Wohnungen einer der relevantesten Objekte für thermische Sanierungen in Oberösterreich. Es ist davon auszugehen, dass die ab 1990 errichteten Wohnungen im steigenden Ausmaß thermisch optimiert sind. Dies gilt vor allem für Gebäude ab 2006 (Koppelung der Wohnbauförderung mit Energiekennzahlen).

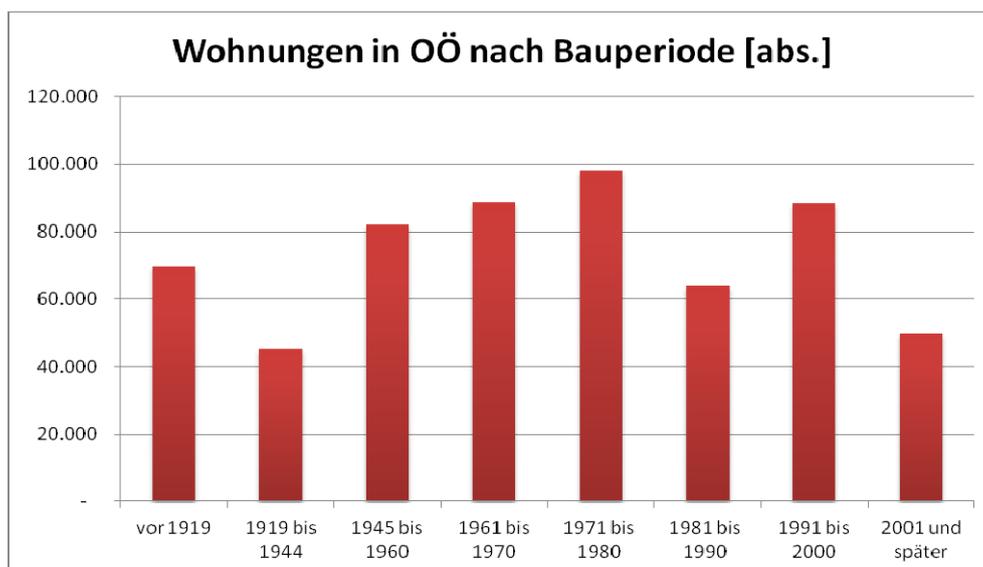


Abbildung 3-3: Wohnungen in OÖ nach Bauperiode (abs.); [Statistik Austria, 2011]

Neu errichtete Gebäude in Oberösterreich

Pro Jahr werden in Oberösterreich ca. 8.000 (Ø 1998 bis 2009) Wohnungen neu errichtet [Statistik Austria, 2010]. Daten für die Jahre 2003 und 2004 sind in der amtlichen Statistik nicht verfügbar.

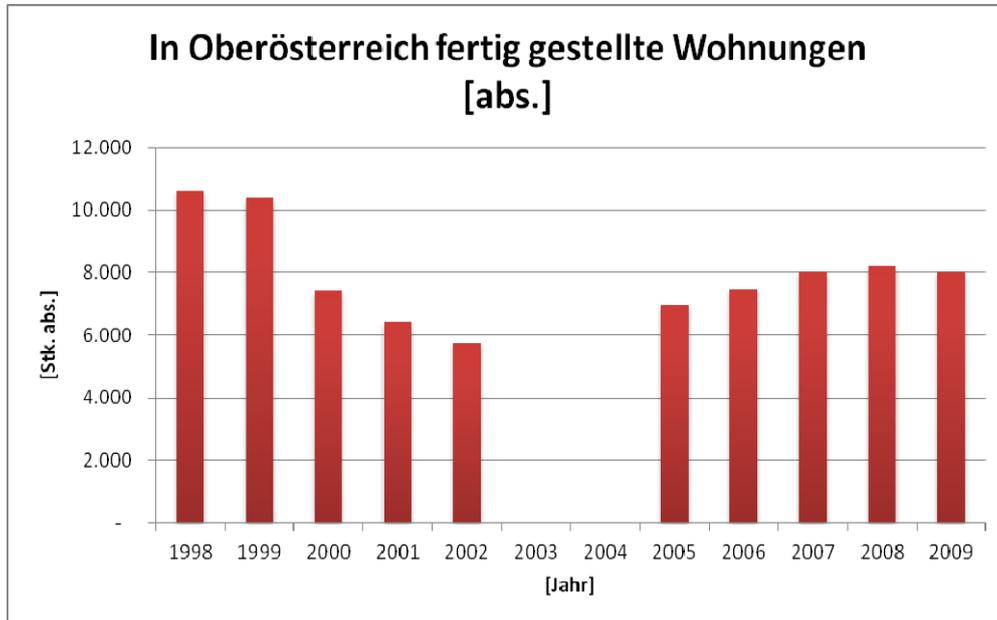


Abbildung 3-4: In Oberösterreich fertig gestellte Wohnungen (abs.); [Statistik Austria, 2010]

Sanierung des Gebäudebestandes

Seit dem Anfang der 1990er Jahre wurden in Österreich als Gegenmaßnahme zu den Auswirkungen des Klimawandels unterschiedliche Programme, Regelungen und Gesetze erlassen. Die gebündelten Maßnahmen zielen darauf ab, den Energiebedarf für Wohnbauten zu reduzieren. Eingriffe erfolgen über die Instrumente des Baurechts und der Wohnbauförderungen der Länder.

Das Österreichische Institut für Bautechnik (OIB) hat die Richtlinie 6 erstellt, die thermische-energetische Mindestanforderungen an die Sanierung und den Neubau von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden setzt [Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), 2007].

Tabelle 3-1: Anforderungen an den Heizwärmebedarf bei Neubau von Wohngebäuden; [Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), 2007]

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 26 \cdot (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 78,0 [kWh/m ² a]
ab 1.1.2010	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 19 \cdot (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 66,5 [kWh/m ² a]

Tabelle 3-2: Anforderungen an den Heizwärme- und Kühlbedarf von Nicht-Wohngebäuden; [Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), 2007]

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB^*_{v,NWG,max,Ref} = 9,0 \cdot (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ³ a]	Höchstens jedoch 27,00 [kWh/m ³ a]
ab 1.1.2010	$HWB^*_{v,NWG,max,Ref} = 6,5 \cdot (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ³ a]	Höchstens jedoch 22,75 [kWh/m ³ a]

Tabelle 3-3: Anforderungen an den Heizwärmebedarf bei umfassender Sanierung von Wohngebäuden; [Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), 2007]

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{BGF, WGsan, max, Ref} = 34,0 * (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 102,0 [kWh/m ² a]
ab 1.1.2010	$HWB_{BGF, WGsan, max, Ref} = 25,0 * (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 87,5 [kWh/m ² a]

Tabelle 3-4: Anforderungen an den Heizwärme- und Kühlbedarf bei umfassender Sanierung von Nicht-Wohngebäuden; [Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), 2007]

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{V, NWGsan, max, Ref} = 11,0 * (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ³ a]	Höchstens jedoch 33,0 [kWh/m ³ a]
ab 1.1.2010	$HWB_{V, NWGsan, max, Ref} = 8,5 * (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ³ a]	Höchstens jedoch 30,0 [kWh/m ³ a]

Obwohl die OIB-Richtlinie 6 nicht bindend ist, haben mittlerweile alle Bundesländer die Bestimmungen im Sinne der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften Großteils in ihren Landesgesetzen umgesetzt.

Tabelle 3-5: Fassadenerneuerung mit Wärmedämmung p.a. in % des Bestandes; [Amann & Komendantova, 2007]

	Privat EH	Geberbliche MWB	Kommunen MWB	GBV MWB	Gesamt	Ø Sanierungsförderung in % der WBF
Bgld	1,11%	1,53%	2,77%	0,72%	1,12%	15%
Ktn	0,89%	1,02%	3,94%	2,31%	1,21%	5%
NÖ	0,79%	0,76%	2,17%	1,24%	0,86%	22%
OÖ	0,91%	1,35%	1,54%	3,09%	1,35%	12%
Sbg	0,95%	1,14%	2,54%	3,28%	1,32%	6%
Stmk	0,77%	0,89%	2,61%	1,90%	1,00%	33%
Tirol	0,91%	0,85%	1,73%	2,07%	0,99%	15%
Vbg	0,74%	1,03%	1,74%	2,65%	1,06%	16%
Wien	0,86%	0,39%	1,86%	1,39%	0,94%	32%
Österreich	0,85%	0,77%	2,01%	2,06%	1,05%	21%
Bestand in 1.000	1.759	1.180	298	401	3.736	
Sanierungspotenzial	1.185	823	267	295	2.597	
Bestand 1945-1981	727	374	174	181	1.486	

Anm.: MWB=Mehrwohnungsbauten (>2 Wohnungen/Gebäude), EH=Eigenheim (1-2 Wohnungen/Gebäude), Gewerbliche=Gebäudeeigentümer Privatpersonen und Sonstige Unternehmen.
Sanierungspotenzial = alle Wohnungen vor 1981 + ½ Wohnungen 1981-1991.

Quelle: St.at. ISIS Datenbank. GWZ 2001. IIBW

Gemäß dem Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen liegt die Sanierungsquote für Wohngebäude in Österreich im Schnitt bei 1,05 % des Bestandes. Die niedrigste Sanierungsquote hat Niederösterreich (0,86 %), die höchste Sanierungsquote hat Oberösterreich (1,35 %), wobei große Unterschiede in Bezug auf die Eigentumsverhältnisse bestehen. Die Sanierungsquote im Bereich der privaten Einfamilienhäuser ist mit 0,91 % gering. Für die gemeinnützigen Bauvereinigungen liegt die Sanierungsquote mit 3,09 % über dem Durchschnitt. Bezogen auf den Bestand in Oberösterreich (ca. 600.000 Wohnungen; 2001) bedeutet dies,

dass pro Jahr insgesamt ca. 8.000 Wohnungen thermisch saniert werden [Amann & Komendantova, 2007].

4 Aufkommen und Verbleib von Dämmstoffen in OÖ

4.1 Marktverbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich

In Oberösterreich werden jedes Jahr ca. 1 Mio. m³ Dämmstoffe eingesetzt. Die relevantesten Dämmstoffe in Bezug auf das Volumen stammen aus der Gruppe der Mineralwollen (Glas- und Steinwolle). Mehr als die Hälfte der verbrauchten Dämmstoffe in Oberösterreich sind Mineralwollen. Rang zwei hinter den Mineralwollen nehmen die expandierten Polystyrole (EPS) ein. Etwa ein Drittel entfällt auf diesen Dämmstoffbereich. Alle weiteren Dämmstoffe haben einen Marktanteil von unter 5 %. Wichtigster nachwachsender Dämmstoff am Markt ist die Zellulose (ca. 1 %). Dämmstoffe mit einem hohen Anteil regenerativer Materialien sind die Gruppe der Holzbauplatten. Je nach Ausführung schwankt der Anteil an Holz. Wesentlichster Unterschied sind die verwendeten Bindemittel, die über den Verwendungszweck, aber auch die Verwertung oder Beseitigung entscheiden (z.B. zementgebunden, magnesitgebunden oder kunstharzgebunden).

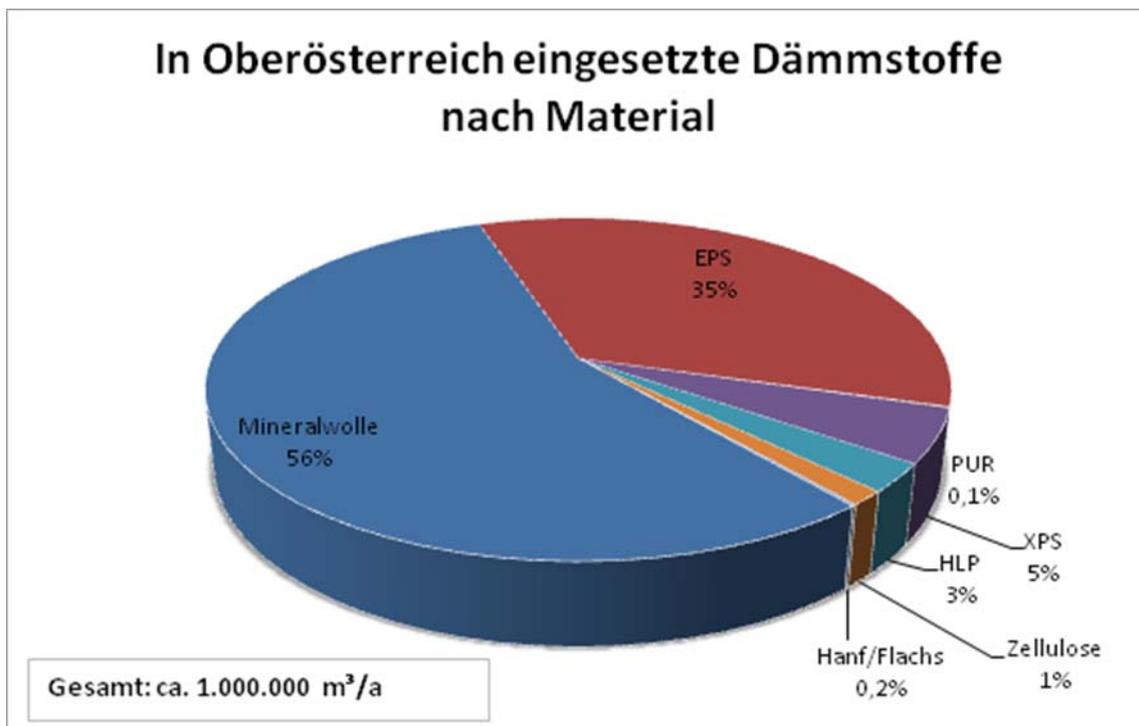


Abbildung 4-1: In Oberösterreich eingesetzte Dämmstoffe nach Material (nach m³); [GDI; 2007]

Über verwendete Dämmstoffarten in der Vergangenheit sowie deren Verwendungszwecke bestehen keine statistischen Aufzeichnungen. In diesem Bereich besteht Forschungsbedarf [Kronhofer, 2012].

Die Volumina von eingesetzten Dämmstoffen in Oberösterreich haben, je nach angenommener Rohdichte der einzelnen Dämmstoffe, eine Masse zwischen 17.000 und 123.000 t pro Jahr. Im Vergleich zu den ca. 20 Millionen Tonnen eingesetzter mineralischer Baustoffe (v.a. Beton und Ziegel) [Stark et al., 2003]. Daraus lässt sich ableiten, dass die Herausforderung bei der Sammlung, Aufbereitung Verwertung/Beseitigung eine Frage der Volumina und nicht

der Masse darstellt. Die große Bandbreite der angegebenen Tonnage beruht auf den großen Dichteunterschieden von Produktgruppen (z.B. variiert die Dichte von Stein- bzw. Mineralwolle zwischen 15 und 200 kg/m³).

Daten über den historischen Verbrauch von Dämmstoffen existieren nicht. Ausgehend vom derzeitigen Verbrauch wird der historische Verbrauch mit einer angenommenen durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 8 % zurück gerechnet (eigene Schätzung). Als Zeitraum werden die Jahre 1981 bis 2011 betrachtet. Der jährliche Verbrauch von Dämmstoffen hat sich in den letzten 30 Jahren von ca. 100.000 m³ auf ca. 1.000.000 m³ verzehnfacht.

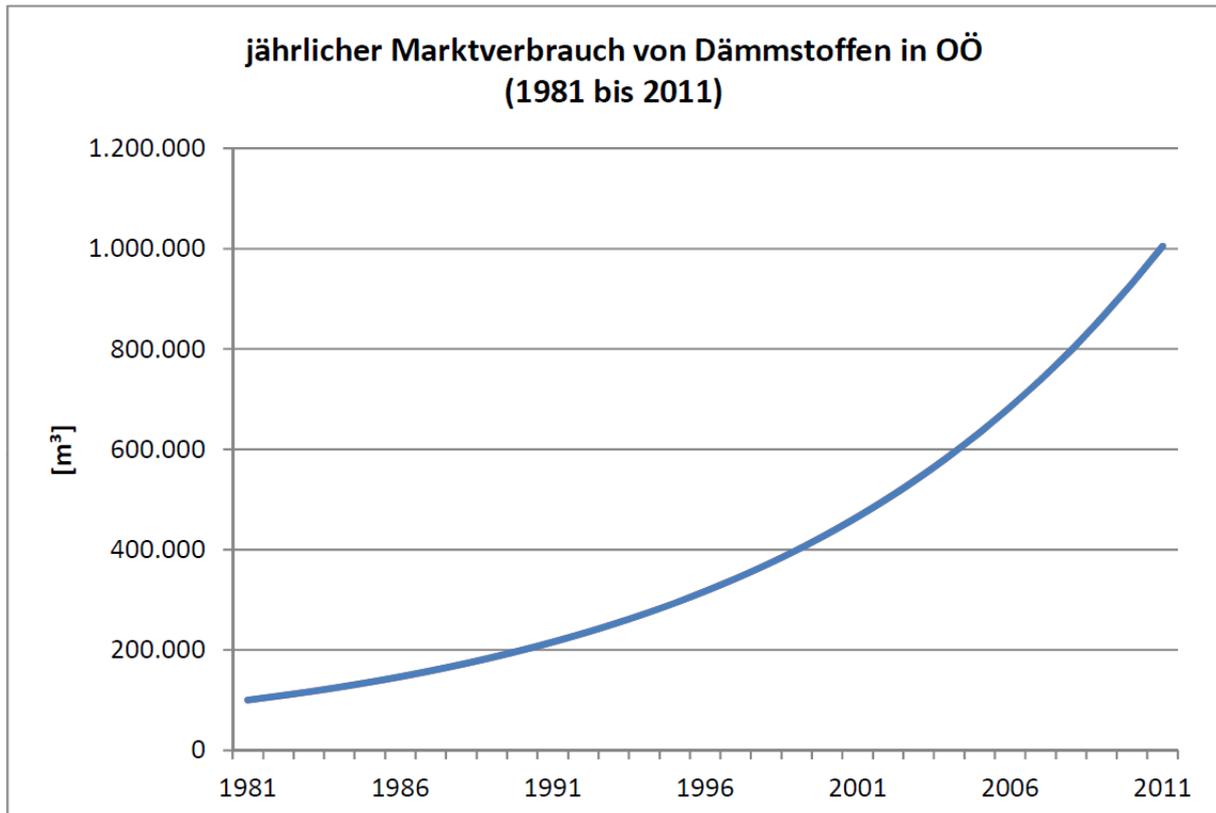


Abbildung 4-2: Marktverbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich; [eigene Berechnung & Darstellung]

4.2 Lagerbestand Dämmstoffe in OÖ

Statistiken bzw. Zeitreihen zu eingesetzten Dämmstoffen nach Art und Menge existieren in der Literatur nicht. Auch auf Nachfrage bei Experten der Dämmstoffbranche konnten keine Daten generiert werden. Die hier dargestellten Zahlen beruhen auf eigenen Abschätzungen und Berechnungen. Als Grundlage fungiert eine deutsche Studie aus dem Jahr 1997, die sich mit dem Aufkommen und Verbleib von EPS-Dämmung auseinandersetzt [Hunklinger, 1997].

Aus dem kumulierten Marktverbrauch der letzten Jahrzehnte lässt sich vereinfacht der Lagerbestand von Dämmstoffen errechnen. Verluste durch Abfälle bei Sanierungen bzw. Abbrüchen von Gebäuden werden vernachlässigt. Das gesamte Lager von Dämmstoffen in Oberösterreich wird derzeit mit knapp 12 Mio. m³ (2011) abgeschätzt. Bei einer

durchschnittlichen Dichte von 50 kg/m^3 Dämmstoff entspricht das einer Masse von ca. 600.000 t. Der Anteil der Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) am gesamten Dämmstofflager macht derzeit ca. 3,5 Mio. m^3 oder knapp 30 % aus.

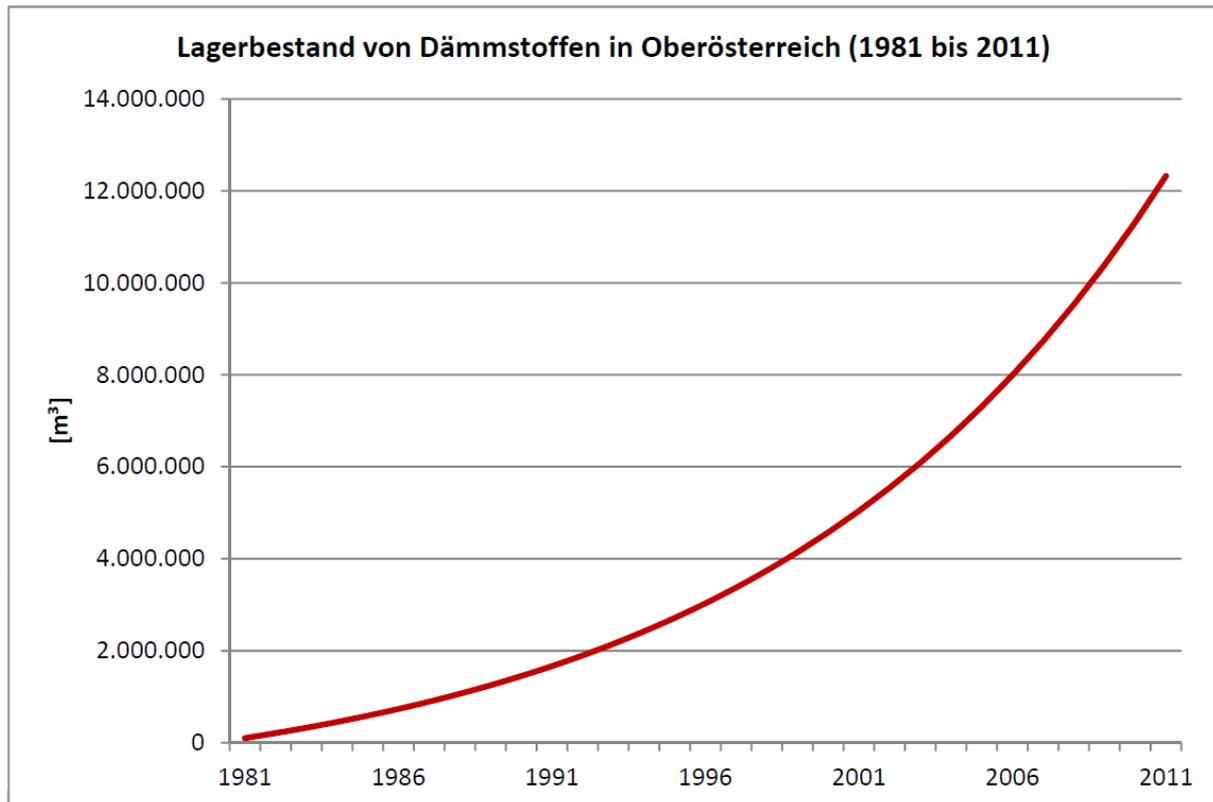


Abbildung 4-3: Lagerbestand von Dämmstoffen in Oberösterreich [eigene Berechnung & Darstellung]

Ausgehend von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 25 bis 50 Jahren gelangen derzeit ca. 12.000 bis 24.000 t pro Jahr in die Abfallwirtschaft.

4.3 Verbleib von Dämmstoffen

Aufzeichnungen über das Aufkommen und der Verbleib von Abfällen von Dämmstoffen existieren in Oberösterreich nicht. Der Detaillierungsgrad derzeit angewandeter Aufzeichnungspflichtigen gemäß Baurestmassentrenn-Verordnung (vgl. Kap. 8.3.3) reicht nicht aus, um statistisch fundiert den Verbleib von Abfällen aus Dämmstoffen erheben zu können.

Um Aussagen über das Aufkommen und den Verbleib von Dämmstoffen treffen zu können müssen folgende drei Prozesse einer näheren Untersuchung unterzogen werden:

1. Neubau
2. Sanierung
3. Abbruch

Diese Prozesse unterscheiden sich sowohl im Aufkommen, als auch in der Zusammensetzung der jeweils anfallenden Abfälle von Dämmstoffen. Während beim Abbruch ausschließ-

lich historisch verbaute Dämmstoffe anfallen, gelangen beim Neubau meist nur (sortenreine und saubere) Verschnitte in die Abfallwirtschaft. Der Sanierungsfall stellt einen Sonderfall dar, bei dem sowohl bereits eingebaute Dämmstoffe, wie auch neue Dämmstoffe (als Verschnitt) zur Verwertung oder Beseitigung anfallen.

4.3.1 Prozess Neubau

Beim Neubau von Gebäuden fallen bei Dämmstoffen, die in Platten (und Rollen) ausgeführt sind, Verschnitte von etwa 5 % an [Capatect, 2012]. Keinen Verschnitt verursachen Dämmstoffe, die lose geschüttet oder verfüllt werden (z.B. Zelluloseflocken, Blähton, Schaumglas). Es ist davon auszugehen, dass der Verschnitt über die Abfallfraktion „Baustellenabfälle – kein Bauschutt (SN 91206)“ gesammelt und entsorgt wird. Dabei handelt es sich um ein Materialgemenge aus keramischen, mineralischen und organischen Abfällen. Aufgrund der Heterogenität des Materials wird die Abfallfraktion meist thermisch verwertet oder deponiert. Bei den heute anfallenden Abfällen von Dämmstoffen aus dem Neubau handelt es sich um Produkte gemäß dem derzeitigen Stand der Technik.

Verschnitte von Dämmstoffen, vor allem im privaten Bereich, werden in der Regel über die Altstoffsammelzentren der OÖ Abfallverbände gesammelt und einer Verwertung zugeführt. Zum Beispiel werden im Bezirk Ried (OÖ) Verschnitte von Dämmstoffe aus Bautätigkeiten in den Altstoffsammelzentren unter der Fraktion „Sperrige Abfälle“ gesammelt. Diese werden in Haushaltsmengen kostenlos übernommen. Separate Aufzeichnungen von Dämmstoffen existieren aufgrund der nicht-getrennten Sammlung keine. Geschätzte Mengen des Bezirksabfallverbandes Ried (2011) gehen von einem Anteil von etwa 5 % an Dämmstoffen in der Sperrmüllfraktion aus (entspricht rd. 60 t an Dämmstoffabfällen). Die Kosten für die Beseitigung betragen somit etwa € 10.000,- [Hörmanseder, 2012]. Generelle Aussagen über die anfallende Menge und Kosten der Beseitigung lassen sich aufgrund der Situation im Bezirk Ried für das gesamte Bundesland Oberösterreich nicht treffen.

Beseitigungs- und Verwertungswege:

Da es sich beim Verschnitt meist um sortenreines Material handelt, ist eine stoffliche Verwertung grundsätzlich möglich. Dafür werden getrennte Sammelsysteme für Dämmstoffe auf der Baustelle benötigt. Es ist zu erwarten, dass der Verschnitt über die Baustellenabfälle gemischt entsorgt wird.

Rechtlicher Rahmen:

Für den Bereich des Neubaus bzw. für die dabei anfallenden Abfälle gelten für die dabei entstehenden Abfälle die Grundsätze und Ziele des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG 2002 igF). Abfälle aus dem Bauwesen (beim Neubau) sollen möglichst vermieden werden bzw. anfallende Abfälle sind gemäß der Abfallhierarchie zu verwerten oder zu beseitigen, sodass möglichst geringe Umweltauswirkungen auf die Umwelt und den Menschen zu erwarten sind.



Abbildung 4-4: Baustellenabfälle [Foto: RMA]

4.3.2 Prozess Abbruch (historisch eingesetzte Dämmstoffe)

Beim Abbruch von Gebäuden fallen unterschiedliche Dämmstoffe in unterschiedlichen Mengen an. Die Menge und die Zusammensetzung der beim Abbruch anfallenden Dämmstoffe hängt in erster Linie vom Baualter des Gebäudes und der Bauweise ab. Durch Sanierungsmaßnahmen während der Nutzungsphase des Gebäudes können Dämmstoffe unterschiedlicher Art in das Gebäude eingebracht worden sein. Eine historische Untersuchung der Nutzungsgeschichte sowie eine Begehung des Abbruchgebäudes sind daher anzuraten, um eventuelle Sanierungsschritte zu identifizieren. Die Zusammensetzung von historisch eingesetzten Dämmstoffen kann sich stark von heute eingesetzten unterscheiden. Beispielhaft sind hier FCKWs genannt, die vor dem Verbot zu Beginn der 1990er Jahre massenhaft für das Schäumen von Dämmstoffen aus Kunststoff eingesetzt wurden. Heute produzierte Dämmstoffe aus EPS oder XPS sind in Österreich (H)FCKW-frei. Beim Abbruch von historisch eingesetzten Dämmstoffen ist auf Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt zu achten.

Aufkommen

Über das Aufkommen und den Verbleib von Dämmstoffen bei Abbrucharbeiten existieren keine Daten. Aufgrund der geringen Dichte sind Dämmstoffe in den Bilanzen der Abbruchgebäude massenmäßig nicht relevant, aber in Bezug auf Volumen eine Herausforderung für die Abfallwirtschaft.

Beseitigungs- und Verwertungspraxis

Es kann angenommen werden, dass der Großteil der anfallenden Dämmstoffe als Störstoff über den mineralischen Bauschutt (i.d.R. sind 10 % Verunreinigungen im mineralischen Bauschutt geduldet) oder separat gesammelt über die Baustellenabfälle entsorgt wird. Eine sortenreine Sammlung von Dämmstoffen aus Abbruchgebäuden ist nur eingeschränkt mög-

lich. Ein Beispiel dafür sind lose verlegte Dämmplatten auf Umkehrdächern. Verklebte oder in Materialverbänden verbaute Dämmstoffe sind im Vergleich kostenintensiver rückzubauen (z.B. Wärmedämmverbundsysteme-ö-WDVS).

Rechtlicher Rahmen

Für die getrennte Sammlung von Abbruchmaterialien findet die BaurestmassentrennVO Anwendung. Kunststoffe sind z.B. ab einer Mengenschwelle von 2 t separat zu sammeln, zu verwerten oder zu entsorgen. Aufgrund des geringen spezifischen Gewichtes von (kunststoffbasierten) Dämmmaterialien wird diese Mengenschwelle beim Abbruch von Einfamilienhäusern in der Regel nicht erreicht. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Dämmstoffabfälle über die Fraktion „Sperrmüll“ oder „Baustellenabfälle“ entsorgt werden. Separat gesammelte Kunststoffabfälle werden in der Regel einer thermischen Verwertung zugeführt. Eine stoffliche Verwertung ist aufgrund der Heterogenität der gesammelten Kunststoffe als unwahrscheinlich einzustufen.

Die in Oberösterreich seit der Novellierung des Oö. AWG 2009 verpflichtende Abbruchmeldung an die Bezirksabfallverbände orientiert sich bezüglich der anfallenden Fraktionen an der BaurestmassentrennVO. Eine getrennte Erfassung der anfallenden Dämmstoffe ist nicht gegeben.

4.3.3 Prozess Sanierung (historische und neu verbaute Dämmstoffe)

Bei Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden können Dämmstoffe zur Beseitigung oder Verwertung anfallen. Sanierungsmaßnahmen umfassen den Austausch schadhafter Dämmungen oder eine Steigerung der Energieeffizienz durch das Anbringen von (zusätzlichen) Dämmstoffen. Ist das Gebäude bereits mit einer Dämmung ausgestattet, kann eine Aufdoppelung mit neuen Dämmstoffen durchgeführt werden. Zusammensetzung und Aufkommen von historischen Dämmstoffen aus Rückbautätigkeiten unterscheiden sich in der Regel von der Materialzusammensetzung und Schadstoffgehalt von neu in Verkehr gesetzten Dämmstoffen. Die Abfallwirtschaft steht hier vor der Herausforderung, Konzepte für eine bestmögliche Verwertung von sich dynamisch verändernden Abfallströmen zu entwickeln.

Verwertungswege von Dämmstoffen

5-stufige Abfallhierarchie gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie [Europäische Kommission, 2010]

1. Wiederverwendung
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung
3. Stoffliche Verwertung
4. Sonstige Verwertung (z.B. thermische Verwertung)
5. Beseitigung

Aufkommen

Keine primär statistischen Daten sind verfügbar. Aufkommen von historischen Dämmstoffen, die bei Sanierungen anfallen nicht ermittelbar. Wenn Dämmstoffe (z.B. bei Fassadendämmungen) bautechnisch intakt sind, wird in vielen Fällen eine Aufdoppelung durchgeführt, d.h. die historischen Dämmstoffe verbleiben im Gebäude und werden nicht zu Abfall.

Beseitigungs- und Verwertungspraxis

Bestehende unbeschädigte Dämmmaterialien vor allem bei Außendämmungen werden meist nicht demontiert sondern verbleiben auf der Fassade. Der neue Fassadendämmstoff wird auf die bestehende Fassade aufgedoppelt. Sind historische Dämmstoffe beschädigt oder werden aufgrund anderer Umstände entfernt werden diese in der Regel über den Bauschutt entsorgt oder verwertet. Eine separate Sammlung von Dämmstoffen existiert nicht. Eine stoffliche Verwertung von Dämmstoffen wird durch Verunreinigungen (z.B. Putze, Kleber u.ä.) erschwert und ist dadurch wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Rechtlicher Rahmen

Für die getrennte Sammlung von Abbruchmaterialien findet die BaurestmassentrennVO Anwendung. Kunststoffe sind z.B. ab einer Mengenschwelle von 2 t separat zu sammeln, zu verwerten oder zu entsorgen. Aufgrund des geringen spezifischen Gewichtes von (kunststoffbasierten) Dämmmaterialien wird diese Mengenschwelle beim Abbruch von Einfamilienhäusern in der Regel nicht erreicht. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Dämmstoffabfälle über die Fraktion „Sperrmüll“ oder „Baustellenabfälle“ entsorgt werden. Separat gesammelte Kunststoffabfälle werden in der Regel einer thermischen Verwertung zugeführt. Eine stoffliche Verwertung ist aufgrund der Heterogenität der gesammelten Kunststoffe als unwahrscheinlich einzustufen.

5 Einsatzgebiete, Potenziale und Trends von Dämmstoffen

Ausgehend von der Entwicklung der letzten Dekaden und dem derzeitigen Marktverbrauch von Dämmstoffen (2011) wird eine Trendabschätzung bis ins Jahr 2031 durchgeführt. In dieser Abschätzung werden Technologiesprünge bzw. Veränderungen in der Dämmleistung nicht berücksichtigt. Der gegenwärtige Stand der Technik wird für die Zukunft fortgeschrieben. Eine mögliche Sättigung des Marktes wird durch abnehmende Wachstumsraten berücksichtigt (Wachstumsraten von 2 bis 8 %).

- Szenario A – jährliches Wachstum des Dämmstoffmarktes von 8 %; diese Szenario schreibt den das Wachstum am Dämmstoffmarkt der letzten 30 Jahre fort
- Szenario B – jährliches Wachstum des Dämmstoffmarktes von 4 %;
- Szenario C – jährliches Wachstum des Dämmstoffmarktes von 2 %

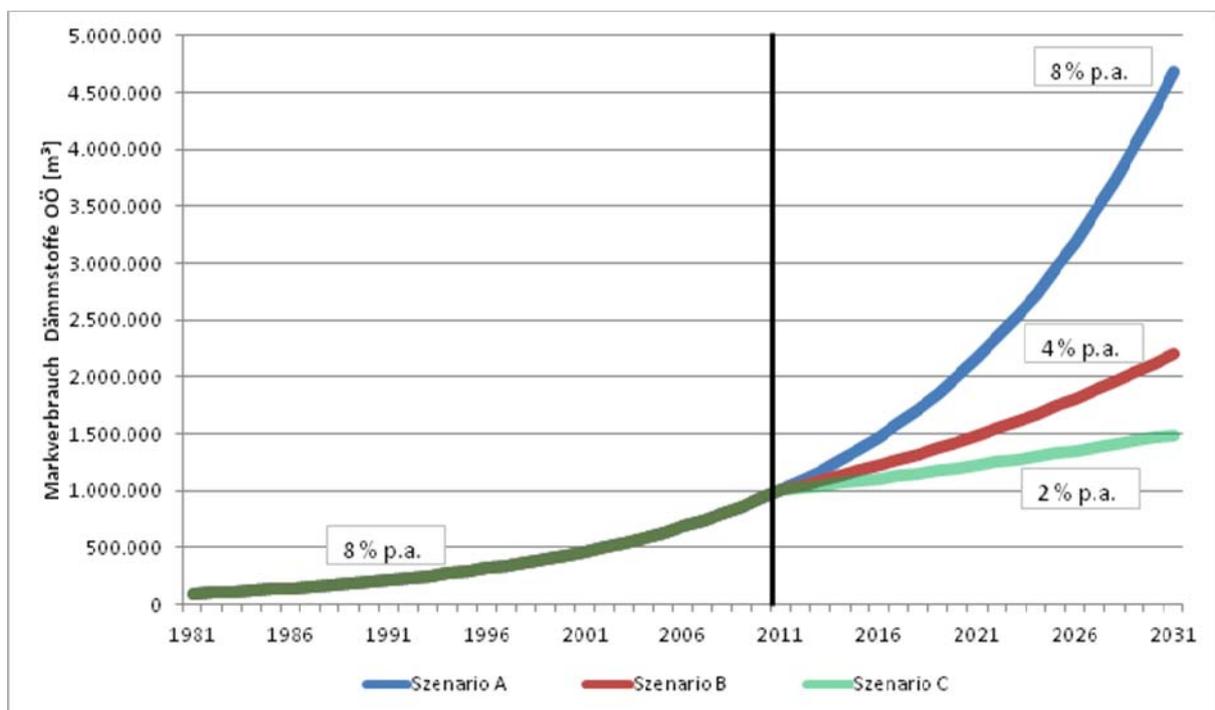


Abbildung 5-1: Zukunftstrends Marktverbrauch Dämmmaterialien in Oberösterreich [eigene Berechnung & Darstellung]

Bei einem gleichbleibenden Wachstum des Dämmstoffmarktes in Oberösterreich und einer gleichbleibenden Dämmstärke (8°% p.a.) ist im Jahr 2031 mit einem Absatz von ca. 4.700.000 m³ Dämmstoffe zu rechnen. Damit läge der Absatz beinahe 5-fach über dem heutigen Verbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich. Reduziert sich das Wachstum des Dämmstoffmarktes auf 2 bzw. 4 % pro Jahr ist mit einer Abnahme von 1.500.000 m³ bis 2.200.000 m³ zu rechnen.

Der steigende Absatz hat einen direkten Einfluss auf den Lagerbestand von Dämmstoffen. Bei einem gleichbleibenden jährlichen Wachstum von 8 % beträgt der Lagerbestand im Jahr

2031 knapp mehr als 62.000.000 m³. Dies entspricht dem 5-fachen Lagerbestand (in m³) von Dämmstoffen gegenüber dem Jahr 2011. Je nach Wachstumsrate ist im Jahr 2031 mit einem Aufkommen von Abfällen aus Dämmstoffen zwischen 37.000 bis 124.000 t pro Jahr zu rechnen (Annahme: durchschnittliche Dichte: 50 kg/m³; durchschnittliche Nutzungsdauer 25 bis 50 Jahre). Die starke Zunahme des Abfallaufkommens erklärt sich dadurch, dass gegenwärtig Gebäude zum Abbruch gelangen, die gar nicht oder nur in geringem Ausmaß thermisch optimiert (= gedämmt) sind. In den nächsten Jahren werden sukzessiv Gebäude zum Abbruch gelangen, die in steigendem Ausmaß (zunehmende Dämmstärke) gedämmt wurden (vgl. Abbildung 3-1).

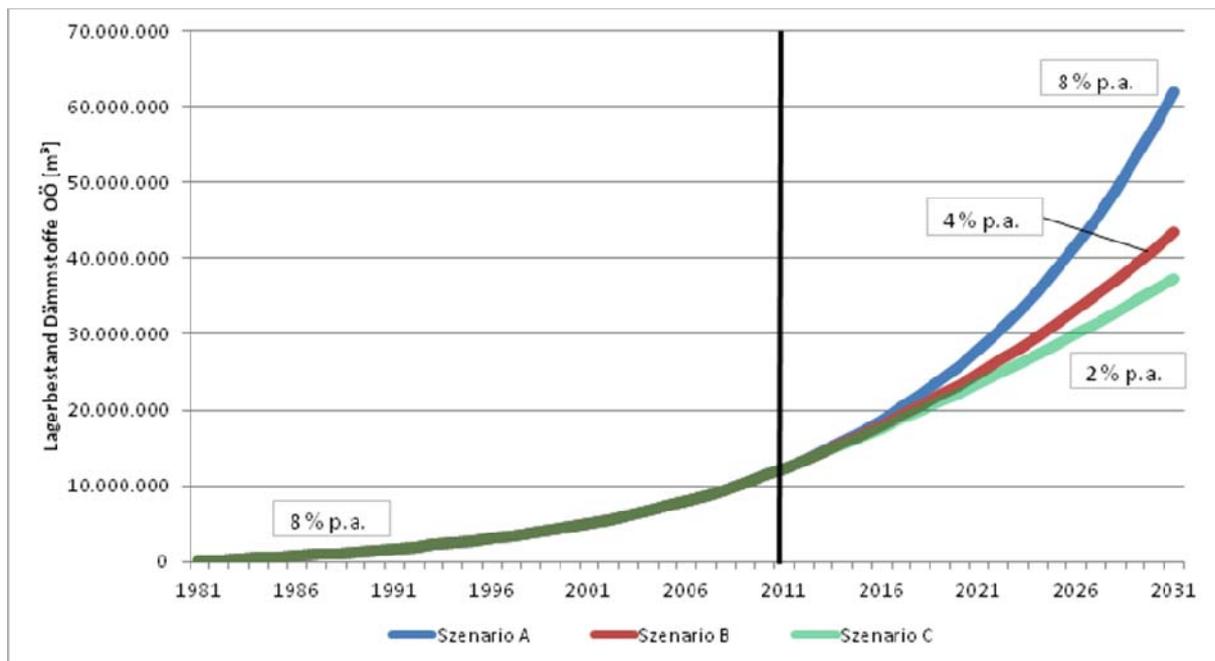


Abbildung 5-2: Zukunftstrends im Lagerbestand Dämmstoffe in Oberösterreich [eigene Berechnung & Darstellung]

Trends der Bevölkerungsentwicklung, Bautätigkeit und Sanierungsquoten in OÖ

Aufgrund der Bautätigkeiten und steigenden Sanierungsquoten des Altbestandes ist davon auszugehen, dass der Verbrauch von Dämmstoffen in den nächsten Jahrzehnten stetig steigen wird. Welche Dämmstoffe in Zukunft verstärkt eingesetzt werden, lässt sich derzeit nicht voraussagen. Derzeit wird der Dämmstoffmarkt von Glas/Mineralwolle und EPS dominiert (gemeinsamer Marktanteil: ca. 90 %). Dämmstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe nehmen derzeit mit einem Marktanteil von ca. 5 % eine untergeordnete Rolle ein.

Die Produktion von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen ist durch die Begrenztheit und den Wettbewerb um land- und forstwirtschaftlichen Flächen (in Oberösterreich) eingeschränkt (vgl. Kap. □). Eine Wende weg von mineralischen bzw. erdölbasierten Dämmstoffen hin zu regional produzierten Dämmstoffen auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen ist aus heutiger Sicht nicht wahrscheinlich. Um den potentiellen Bedarf von nachwachsenden Rohstoffen für die Produktion von Dämmstoffen decken zu können, müsste der überwiegende Anteil importiert werden.

Oberösterreich wird in den nächsten Dekaden weiter stetig wachsen. 2011 leben in Oberösterreich ca. 1,4 Mio. Personen. Bis in das Jahr 2032 wird die Zahl der OberösterreicherInnen auf über 1,5 Mio. steigen (siehe Abbildung 5-3). Neben der steigenden Bevölkerungsanzahl wird sich die Art und Weise wie wir wohnen, weiter verändern. Der Trend zu Einpersonenhaushalten wird sich weiter fortsetzen. Von 2001 bis 2031 wird sich die Zahl der Haushalte um 18 % erhöhen. Das Bevölkerungswachstum trägt nur zur Hälfte zu diesem Phänomen bei.

Anstieg der Privat- und Anstaltshaushalte [Windisch, 2005]:

2001:	543.200 Haushalte
2011	590.400 Haushalte
2021	626.700 Haushalte
2031	642.800 Haushalte

Der benötigte Wohnraum für das Bevölkerungswachstum hat Einfluss auf den Gebäudebestand und die Neubautätigkeit. Der Gebäudebestand wird sukzessive an die Wohnbedürfnisse der Gegenwart angepasst und thermisch saniert. Derzeit liegt die Sanierungsquote in Oberösterreich bei ca. 1,35 % des Wohnungsbestandes. Mittel- bzw. langfristig soll diese Sanierungsquote angehoben werden.

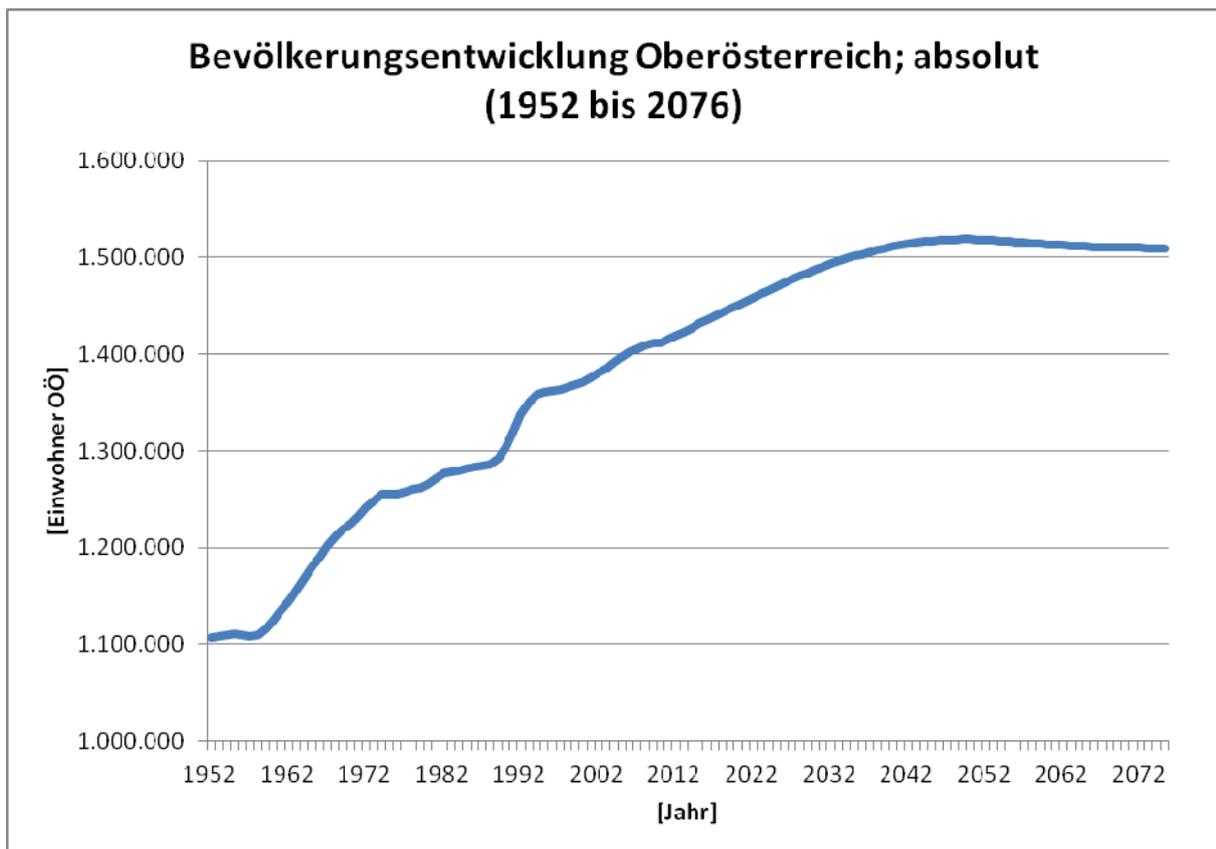


Abbildung 5-3: Bevölkerungsentwicklung Oberösterreich (1952 bis 2076); [Statistik Austria, 2012]

Tabelle 5-1: Wohnungsbedarf 2001 bis 2031 nach Bundesland; [Windisch, 2005]

	Wohnungsbedarf in Einheiten			
	2001	2011	2021	2031
Wohnungsbedarf insgesamt	3.863.262	4.180.709	4.440.750	4.582.081
davon in / im				
Burgenland	126.269	134.572	140.149	145.526
Kärnten	260.541	281.222	295.378	300.199
Niederösterreich	738.235	791.789	835.918	866.332
Oberösterreich	604.299	664.460	713.753	742.027
Salzburg	238.480	265.366	285.817	297.474
Steiermark	532.470	569.951	596.318	608.323
Tirol	303.632	344.720	376.804	395.112
Vorarlberg	148.591	170.751	187.716	195.548
Wien	910.745	957.877	1.008.896	1.031.539

In Oberösterreich werden bis 2031 (gegenüber 2001) aufgrund der geänderten Bevölkerungsstruktur und dem ungebrochenem Trend zu Einpersonenhaushalten ca. 140.000 Wohneinheiten benötigt. Dies entspricht einem jährlichen konstanten Zuwachs von ca. 4.600 Wohneinheiten.

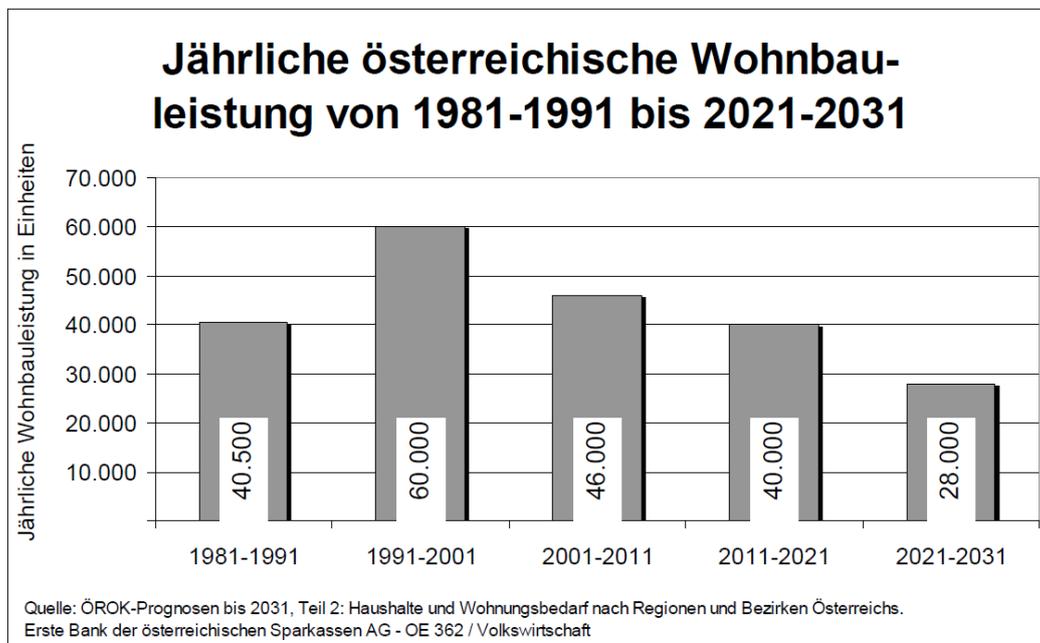


Abbildung 5-4: Jährliche österreichische Wohnbauleistung von 1981-1991 bis 2021-2031; [Windisch, 2005]

Neubautätigkeit

Die Neubautätigkeit teilt sich erfahrungsgemäß auf die Prozesse Haushaltszuwachs (50 %), Ersatz von Wohnungsabgang (ca. 33 %) und Neubau von Freizeitwohnungen und Feriensitzen (ca. 17 %) auf. In Oberösterreich wird im Umfang von ca. einem Drittel des Bestandes neu gebaut (2001 bis 2031) [Windisch, 2005].

Tabelle 5-2: Ursache für Wohnungsbau nach Dekade; [Windisch, 2005]

	2001-2011 1. Dekade	2011-2021 2. Dekade	2021-2031 3. Dekade	2001-2031 Insgesamt
Erforderlicher Wohnungsneubau	459.000	395.000	282.000	1.136.000
davon wegen bzw. als				
Haushaltszunahme	241.000	190.000	80.000	511.000
Neben- u. Zweitwohnsitz	45.000	42.000	33.000	120.000
Ausschuß- u Mobilitätsreserve	32.000	28.000	28.000	88.000
Ersatz für Wohnungsabgänge	141.000	135.000	141.000	417.000

Tabelle 5-3: Wohnbautätigkeit nach Dekaden und Bundesländern; [Windisch, 2005]

	2001-2011 1. Dekade	2011-2021 2. Dekade	2021-2031 3. Dekade	2001-2031 Insgesamt
Erforderlicher Wohnungsneubau	459.000	395.000	282.000	1.136.000
davon in / im				
Burgenland	13.000	10.000	10.000	33.000
Kärnten	27.000	21.000	13.000	61.000
Niederösterreich	87.000	73.000	59.000	219.000
Oberösterreich	80.000	69.000	50.000	199.000
Salzburg	32.000	26.000	18.000	76.000
Steiermark	61.000	47.000	33.000	141.000
Tirol	49.000	40.000	28.000	117.000
Vorarlberg	26.000	21.000	13.000	60.000
Wien	84.000	87.000	59.000	230.000

In Oberösterreich werden ca. 200.000 Wohneinheiten im Zeitraum 2001 bis 2031 neu errichtet. Dabei entfallen erfahrungsgemäß ca. 50 % (ca. 100.000 Einheiten) auf den Haushaltszuwachs, ca. 33 % auf den Ersatz von Wohnungsabgängen (ca. 66.000 Einheiten) und der Rest auf Ferienwohnungen (ca. 34.000 Einheiten). Die Neubautätigkeit verlangsamt sich in den ersten 3 Dekaden des neuen Jahrtausends. Beträgt der Neubau 2001 bis 2011 noch 80.000 Wohneinheiten pro Dekade, reduziert sich die Bautätigkeit in der 2. Dekade auf 69.000, in der 3. Dekade auf 50.000 Wohneinheiten. Dem gegenüber stehen ca. 80.000 Wohneinheiten (Sanierungsquote ca. 1,35 %), die derzeit pro Dekade thermische saniert werden. Bei einer Steigerung der Quote auf 3 bzw. 5 % des Gebäudebestandes bedeutet dies eine Sanierung von Wohneinheiten von ca. 180.000 bzw. 300.000 Wohnungen pro Dekade (Gesamtbestand 2001: ca. 600.000 Wohnungen).

Nach Expertenbefragungen wird die Nachfrage nach ökologischen Dämmstoffen in den nächsten Jahren nicht nennenswert steigen. Aufgrund der Schwankungen des Ölpreises sowie der Transportkosten ist die Preisentwicklung bei ölbasierenden Dämmstoffen ebenfalls schwer einschätzbar [Kronhofer, 2012].

Auch die Entwicklung von Alternativen zu klassischen Dämmstoffen ist schwer prognostizierbar. Die Alternative „Massivbauweise“ wird nach Angabe von Experten Segmente des Dämmmarktes einnehmen. Die zukünftigen Anforderungen der Bauordnung und der Förderrichtlinien (z.B. Heizwärmebedarf) stellen aus der Sicht der Experten jedoch eine steigende Herausforderung dar. Vor allem ist in den kommenden Jahren mit einem steigenden Bewusstsein hin zur Ressourceneffizienz im Bauwesen zu rechnen. Alternativen der vorgehängten Fassadendämmung bzw. Porenlüftungsfassaden sind Systeme in der Anfangsphase. Deshalb ist die Einschätzung der Entwicklung und Marktauglichkeit zum heutigen Zeitpunkt kaum möglich [Kronhofer, 2012].

6 Definition, Klassifizierung und Einsatzgebiet von Dämmstoffen

6.1 Klassifizierung von Dämmstoffen

Für die Klassifizierung eingesetzter Dämmstoffe werden in der Literatur unterschiedliche Parameter herangezogen. In dieser Studie wird auf die Einteilung der Dämmstoffe nach [Danner, 2010] verwiesen.

Dämmstoffe lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen

1. Organisch
2. Anorganisch bzw. mineralisch

Eine weitere Unterteilung erfolgt bei Danner danach, ob der Dämmstoff aus natürlichen oder synthetischen Rohstoffen produziert wird. Die Gliederung organischer Dämmstoffe beruht auf dem Parameter, ob nachwachsende oder nicht-nachwachsende (biogene) Rohstoffe Anwendung finden. Die Einteilung bei anorganischen bzw. mineralischen zwischen natürlichen und synthetischen Rohstoffen ist eher unscharf. Es wird unterschieden, ob die Rohstoffe für die Dämmstoffproduktion technisch nicht aufbereitet werden müssen (z.B. Perlite, Blähton, Blähglimmer, etc.) oder einem eigenen Produktionsprozess mehrerer Ressourcen unterzogen werden müssen (z.B. Blähglas, Mineralfasern, Schaumglas).

organisch (natürlich/nachwachsend)		anorganisch bzw. mineralisch	
natürliche Rohstoffe	synthetische Rohstoffe	natürliche Rohstoffe	synthetische Rohstoffe
Flachs	Harnstoff- F-Ortsschaum	Blähglimmer	Blähglas
Getreidegranulat	Melaminharz-Hartschaum	Blähton	Kalziumsilikat
Hanf	Resol-Hartschaum (Phenolharz)	Naturbims	Mineralfaser
Holzfasern	Polyesterfasern	Perlite	Mineralschaum
Holzspäne	expandiertes Polystyrol EPS		Schaumglas
Holzwohle	extrudiertes Polystyrol XPS		Schaumglas-Schotter
Kokosfaser	Polyurethan Hartschaum PUR		
Kork	Polyurethan Ortsschaum PUR		
Schafwolle			
Schilfrohr			
Stroh			
Wiesengras			
Zellulose			

Abbildung 6-1: Klassifizierung von Dämmstoffen; [Danner, 2010]

6.2 Leistungsprofile ausgewählter Dämmstoffe

Im diesem Kapitel wird eine Auswahl der für Oberösterreich relevantesten Dämmstoffe vorgestellt. Die Auswahl beruht einerseits aufgrund einer Marktbetrachtung, andererseits auf Basis regionaler Eigenheiten.

Als Hauptquelle dieses Kapitels ist eine Publikation des Instituts für Baubiologie und -ökologie [IBO, 2000] angeführt. Sofern keine andere Quelle angeführt ist, wird auf diese Bezug genommen.

6.2.1 EPS (expandiertes Polystyrol)

EINSATZZEITRAUM:

- Entwicklung in den 1930er Jahren
- massenhafter Einsatz seit ca. 1960
- seit ihrer Erfindung FCKW-frei
[Industrieverband Hartschaum e.V., 2009]



Abbildung 6-2: EPS Platten;
[Industrieverband Hartschaum e.V., 2009]

DICHTE:

- 15-30 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,035-0,041 W/mK

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- in [t]: 7.691 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- in [m³]: 341.803 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN):

- steigend: X [Riethues & Klement, 2005]
- stabil:
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH):

- Hauptbestandteile:

Tabelle 6-1: Zusammensetzung EPS-Platten; [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009]

Zusammensetzung EPS-Platten	
Anteil in Massen-%	
Polystyrol-Granulat	80 – 99 %
Recyclat	0 – 19 %
Hexabromcyclododecan	0,5 – 1 %
Bezogen auf das Fertigprodukt eingesetztes Treibmittel	
Pentan	3,5 – 7 %

- Enthaltene Schadstoffe:
 - historisch:
 - keine Aufzeichnungen von Seite der Hersteller vorhanden; es ist davon auszugehen, dass Flammschutzmittel [z.B. Hexabromcyclododecan (HBCD¹)] seit jeher eingesetzt werden.
 - aktuell:
 - besonders Styrol und Benzol von toxikologischer Relevanz
 - *bei der Verarbeitung am Bau:*
 - Entstehung giftiger Dämpfe bei der Bearbeitung mit Heißdraht
 - Grenzwerte und Einstufungen: MAK-Wert für Styrol: 20 ml/m³, MAK-Wert für Ethanol: 1.000 ml/m³ [Kolb, 2012]
 - *im eingebauten Zustand:*
 - Styrolemissionen aus fabrikneuen Platten (Polystyrol darf erst nach 4-wöchiger Lagerung in den Handel gelangen)
 - im Brandfall starke Rauchgasentwicklung, Entstehung giftiger Brandgase, die hochgiftige Dioxine und Furane bilden können (HBCD als Flammschutzmittel) [Kolb, 2012]

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend
- nicht-nachwachsend: X (begrenzt, da Erdölprodukt)

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- **ANMERKUNG:** Das Rohmaterial für die Dämmstoffherstellung wird von der Kunststoffindustrie in Form von Granulat an die Dämmstoffhersteller geliefert. Die Transportdichte dieses Granulats ist hoch. Bei der Produktion des Dämmstoffs wird das Granulat im Produktionsprozess aufgeschäumt und die Dichte und damit einhergehend die Transporteffizienz herab gesetzt.
- lokal:
- regional: X
- national:
- international: X

¹ HBCD ist in der Umwelt nur relativ schwer abbaubar (persistent). Darüber hinaus ist es toxisch für aquatische Organismen und besitzt ein sehr hohes Bioakkumulations- und Biomagnifikationspotenzial. Aufgrund dieser Eigenschaften wurde HBCD im Rahmen der Chemikalienbewertung unter REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) als SVHC (substance of very high concern; besonders besorgniserregender Stoff) eingestuft [Umweltbundesamt, 2012].

Tabelle 6-2: Einsatzgebiet und Montageart von EPS-Platten

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach				Für den Innenbereich oder zur Dämmung der obersten Geschossdecke werden auch Verbundelemente (EPS-Gipsfaser oder Gipskartonplatten) angeboten.
Innen	X	lose verlegt	hoch	
Außen	X	geklebt gedübelt	niedrig	
Decke				
Innen	X	geklebt verputzt	niedrig	
Außen	X			
Wand				
Innen	X	geklebt gedübelt	niedrig	
Außen	X	geklebt gedübelt	niedrig	
Perimeter				
Wand				
Bodenplatte				

BEHANDLUNG:

- (Vorbereitung zur) Wiederverwendung:
 - je nach Befestigung – sortenreine Trennung bei verklebten Elementen nicht möglich bzw. Rückbauaufwand zu hoch
 - Wiedereinsatz von Produktionsrückständen infolge Blockbesäumung, Zuschnitten oder Randprofilen in Produktionsstätten [Kolb, 2012]
 - Zerkleinerung (z.B. Zuschlag für Leichtbaustoffe) [Buschmann, 2003] z.B. verdichten, schmelzen, granulieren (z.B. Spritzgussteile)
- Stoffliche Verwertung:
 - Wiederverwertung von Produktionsresten wird bereits praktiziert
 - für gebrauchte Dämmstoffe derzeit nur eingeschränkte Verwertungsmöglichkeiten (z.B. als Aussparungskörper im Betonbau) [Kolb, 2012]
 - Verwertung von sauberem Baustellenverschnitt und Bruch unter bestimmten Randbedingungen möglich, Dämmplatten aus Recycling-Material herzustellen
 - mögliche Nutzung von gemahlenem Recycling-Material als Leichtzuschlag für Mörtel und Beton; Verwendung auch als Zuschlagsstoff für Styropor-Leichtbeton, Dämmputze und Leichtputze sowie in der Tonindustrie [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009]
 - Zementgebundenes Polystyrol ist derzeit nicht mehr rückgewinnbar; neuerliches Recycling zu Verpackungsmaterial ist nicht mehr möglich; dafür lange Lebensdauer des Recyclingprodukts.
 - Eine neuerliche Verwendung als Schüttung ist möglich; fraglich ist, welche Firmen das zukünftige Abbruchmaterial abnehmen. Zementgebundene EPS-Schüttungen dürfen wegen des hohen Anteil von organischem Material nur nach Vorbehandlung auf Deponien abgelagert werden [Mötzl, 2011].
 - Hauptprobleme bei der Verwertung von EPS-Dämmstoffabfällen sind:
 - Bei einem verwertungsorientiert durchgeführten Rückbau sind Dämmmaterialien getrennt vom (mineralischen) Untergrund zu separieren, um eine möglichst hohe Verwertungsquote zu erreichen. Das Ablösen des Dämmstoffs

verursacht Zusatzkosten auf der Baustelle, die nach Montageart und Zugänglichkeit variieren. Bei Fassadendämmungen wird das Armierungsnetz ab, die Dübel maschinell durchtrennt und zuletzt der Dämmstoff vom mineralischen Untergrund mittels Spateln abgetrennt. Diese Vorgehensweise führt zu einem reinen Material, welches für eine stoffliche Verwertung geeignet ist.

- fehlende Sammel- und Rückführungslogistik (hohe spezifische Transportkosten aufgrund der sehr niedrigen Schüttdichte)
 - aus verschmutzten EPS-Abfällen können keine hochwertigen Rezyklate hergestellt werden (Reinigungsaufwand hoch)
 - eingesetzte Flammschutzmitteln wirken sich negativ auf die Verwertung aus [Bayerische Architektenkammer, 2012]
- *Sonstige (thermische) Verwertung:*
 - meist thermisch weiterverwertet
 - die im Schaumstoff enthaltene Energie wird damit zurück gewonnen, wodurch zusätzlich erforderliche Stützfeuerungen bei Müllverbrennungsanlagen eingespart wird
 - Der Energiegehalt von 1 kg EPS-Hartschaum entspricht ca. dem von 1,1 l Heizöl (Heizwert: 39,9 MJ/kg)
 - Der Heizwert von EPS (bei EPS-Schüttungen) wird durch die Zementbindung deutlich herabgesetzt [Mötzl, 2011].
 - Nutzung der anfallenden Abwärme bei der Müllverbrennung zur Strom- und Fernwärmeerzeugung
 - Erzeugung halogenhaltiger Rückstände bei der Verbrennung wegen der enthaltenen Flammschutzmittel und sonstiger Additive, die als Sonderabfall deponiert werden müssen.
 - bei unkontrollierter Verbrennung Bildung von hochgiftigen Dioxinen und Furanen möglich
 - *Beseitigung.*
 - Eine direkte Deponierung von EPS-Abfällen ohne vorhergehende thermische Behandlung ist aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils nicht mehr möglich [BMLFUW, 2010].
 - keine Zersetzung der EPS-Dämmstoffe in der Deponie [Kolb, 2012]
 - *Zukünftige Entwicklungen*
 - Das Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) hat ein Verfahren entwickelt, um EPS-Abfälle in den Produktionsprozess zurück zu führen. Das EPS wird in einem Lösungsmittel aufgelöst, gereinigt und Störstoffe (z.B. Flammschutzmittel) abgeschieden. Am Ende des Prozesses steht ein hochwertiges Polystyrol Rezyklat zur Verfügung, welches durch die Verringerung der Dichte auf 1/50 wirtschaftlich interessant ist [Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, 2005].

ÖKOBILANZ:**DEKLARIERTE EINHEIT:**

Die Bilanz bezieht sich auf die Herstellung von jeweils einem Kubikmeter expandierendem Polystyrol (EPS) für die Anwendung an Wänden und Dächern mit den Wärmeleitfähigkeiten von 0,035 W/(mK) bzw. 0,040 W/(mK) [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009].

SYSTEMGRENZE:

Die Analyse des Produktlebenszyklus umfasst die Herstellung, den Transport der wesentlichen Rohstoffe, den Transport des Produkts und die thermische Verwertung als End-of-Life Szenario („cradle to grave“) [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009].

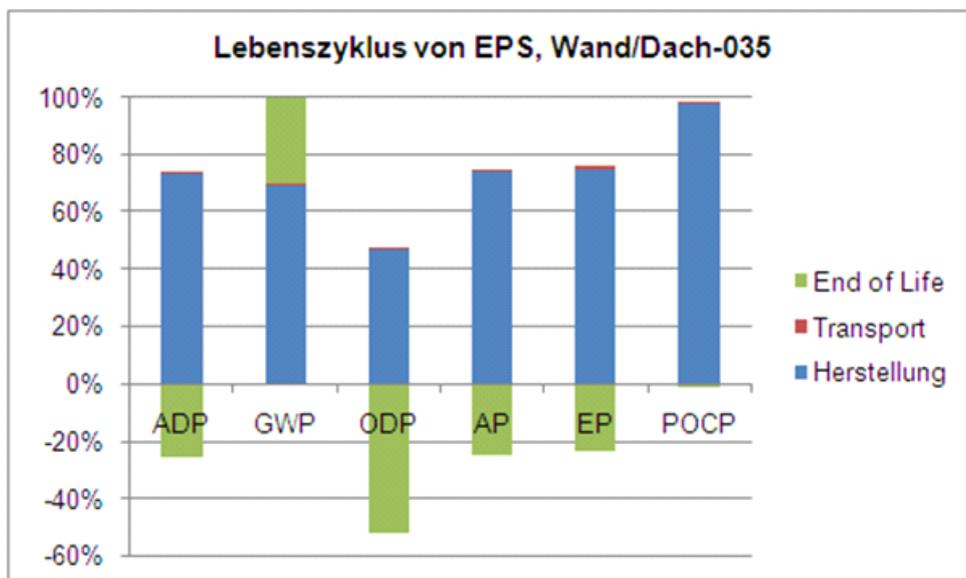


Abbildung 6-3: Lebenszyklus von EPS, Produktgruppe Wand/Dach-035; [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009]²

² ADP (Abiotic Resource Depletion Potential) Abiotischer Ressourcenverbrauch

GWP (Global Warming Potential) Treibhauspotenzial

ODP (Ozon Depletion Potential) Ozonabbaupotenzial

AP (Acidification Potential) Versauerungspotenzial

EP (Eutrophication Potential) Eutrophierungspotenzial

POCP (Photochemical ozone creation potential) Sommersmogpotenzial

Tabelle 6-3: Wirkungskategorien über den Lebenszyklus von 1m³ EPS-Hartschaum der Produktgruppe Wand/Dach-035 {Industrieverband Hartschaum e.V., 2009 #3969}

Auswertegröße in Einheit pro m ³	W/D-035
Primärenergie, nicht erneuerbar [MJ]	1145,2
Primärenergie, erneuerbar [MJ]	1,0
Abiotischer Ressourcenverbrauch [kg Sb-Äqv.]	5,5E-01
Treibhauspotenzial (GWP) [kg CO ₂ -Äqv.]	8,9E+01
Ozonabbaupotenzial (ODP) [kg R11-Äqv.]	-1,8E-07
Versauerungspotenzial (AP) [kg SO ₂ -Äqv.]	8,9E-02
Eutrophierungspotenzial (EP) [kg PO ₄ ³⁻ -Äqv.]	9,4E-03
Sommersmogpotenzial (POCP) [kg C ₂ H ₄ -Äqv.]	3,5E-01

INTERPRETATION:

Alle Wirkungskategorien werden durch die Herstellung dominiert. Das im Herstellungsprozess eingesetzte Polystyrol beinhaltet dabei schon einen Großteil der Umweltlasten. Durch den Verbrennungsprozess im End-of-Life-Szenario und daraus resultierender Gutschrift von Strom und Dampf kommt es rechnerisch zu negativen Emissionen in allen Wirkkategorien außer GWP. Der Einfluss des Produkttransports ist über alle Wirkungskategorien vernachlässigbar [Industrieverband Hartschaum e.V., 2009].

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv. D.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN:

- *Dämmstoff:*
 - 40-70 €/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und 500 €/m² [daemmstoff.org, 2012]
- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion
 - bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an; für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].

- Beseitigung:
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung

6.2.2 XPS (Extrudiertes Polystyrol)

EINSATZZEITRAUM:

- Entwicklung seit 1941
- seit 1948 Vermarktung des Produktes [Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschäumstoff (FPX), 2012]

DICHTE:

- 25-45 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,030-0,041 W/mK

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- in [m³]: ca. 40.000 bis 50.000
[Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- in [t]: ca. 1.800 t [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]



Abbildung 6-4: XPS-Platten
[Quelle: www.baulinks.de]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend:
- stabil: X
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-4: Zusammensetzung XPS; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010]

Grundstoffe / Vorprodukte	Massenanteil
Polystyrol	90 - 95 %
Treibmittel	5 - 8 %
davon Kohlenstoffdioxid	40 - 80 %
Co-Treibmittel	20 - 60 %
HBCD	0,5 - 3 %
Additive (z.B. Pigmente)	weniger als 1%

- Enthaltene Schadstoffe

- historisch:
 - FCKW: bei einem Marktanteil von 10 % kann abgeschätzt werden, dass österreichweit ca. 250.000 m³ (Schätzung für OÖ: ca. 42.000 m³) FCKW-geschäumter Dämmstoffen (v.a. XPS-Platten und PU-Schäume) jährlich in Bauwerken eingebaut wurden. Diese Erhebungen über den Dämmstoffverbrauch geben eine Menge von 200.000 m³ (33.600 m³/a in OÖ) XPS-Dämmstoff an. [Boisits, 1991] Eigene Schätzungen gehen davon aus, dass

vor dem Verbot der Großteil der XPS-Dämmstoffe mit FCKW geschäumt wurden.

- Haupteinsatzzeitraum ca. 1960 bis 1990
- aktuell:
 - vor allem hohe CO₂-Emissionen, Versauerungspotenzial, Styrolemissionen
 - Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau:
 - beim Heißdrahtschneiden und maschineller Bearbeitung: MAK-Wert für Styrol: 20 ppm, MAK-Wert Ethanol: 1.000 ppm
 - Schadstoffbelastung im eingebauten Zustand:
 - im Brandfall: Aufgrund von Hexabromcyclododekan (HBCD) als Flamm- schutzmittel kann es neben den üblichen Verbrennungsgasen zur Ent- stehung giftiger Brandgase kommen (z.B. Dioxine und Furane).
 - HFKW-geschäumte Platten enthalten ozonschichtabbauende oder treib- hauswirksame persistente Stoffe, die über lange Zeit aus dem Dämm- stoff ausdiffundieren.
 - Der Handel bietet bereits seit dem Jahr 2000 HFKW³- und FCKW-freie XPS-Dämmstoffe an. Derzeit enthalten alle Polystyrol-Dämmstoffe noch das giftige Flammschutzmittel HBCD [Kolb, 2012].
 - Heute ist der Einsatz von ozonabbauenden Substanzen in Produkten über die Europäische Verordnung Nr. 1005/2009 geregelt.
 - In Österreich ist seit dem 1.1.2000 ein Verbot von HFKW in Kraft [BGBl. II 447/2002]. In dieser Verordnung ist ein gestaffeltes Verbot von HFKW- Anwendungen in Bauprodukten festgelegt. XPS-Platten > 8 cm sind ab dem 1.1.2008 (teilweise) verboten. Erlaubt ist der Einsatz von HFKW in XPS-Platten über 8 cm nur wenn die verwendeten HFKW ein Treib- hauspotential (GWP-Wert) unter 300 besitzen, d.h. es können nach wie vor HFKW-geschäumte XPS-Platten in Umlauf gelangen.
 - In den Wohnbauförderungsgesetzen der Bundesländer sind Dämmstof- fe, die HFKW oder HFCKW enthalten von einer Förderung ausgenom- men.

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

ANMERKUNG: Das Rohmaterial für die Dämmstoffherzeugung wird von der Kunststoffindustrie in Form von Granulat an die Dämmstoffherzeuger geliefert. Die Transportdichte dieses Granu- lats ist hoch. Bei der Produktion des Dämmstoffs wird das Granulat im Produktionsprozess aufgeschäumt und die Dichte und damit einhergehend die Transporteffizienz herab gesetzt

- nachwachsend:
- nicht-nachwachsend: X (Erdöl-/Erdgasprodukt)

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal:
- regional:

³ Bei **FCKW** (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen) wurden alle Wasserstoffatome eines Kohlenwasserstoffs durch Fluor und Chlor ersetzt, bei **HFCKW** (**H** für Wasserstoff/engl. hydrogen) ist ein Teil der Wasserstoffatome „übriggeblieben“. Wurde ein Teil der Wasserstoffatome durch Fluor, aber nicht durch Chlor ausgetauscht, dann spricht man von **HFKW** (teilstuorierten Kohlenwasserstoffen) [ÖkoKauf Wien, 2012].

- national:
- international: X

Tabelle 6-5: Einsatzgebiet und Montageart von XPS-Platten

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				
Innen	X	lose verlegt geklebt	niedrig bis hoch	Achtung! XPS-Platten vor 1990 ein- gesetzt ent- halten potenti- ell klima- schädliches (H)FCKW und müssen zerstörungs- frei rückge- baut werden.
Außen	X	lose verlegt geklebt	hoch niedrig	
Wand				
Innen	X	geklebt	niedrig	
Außen	X	geklebt	niedrig	
Perimeter				
Wand	X	punktweise geklebt	niedrig	
Bodenplatte	X	punktweise geklebt	niedrig	

BEHANDLUNG

- *(Vorbereitung zur) Wiederverwendung:*
bei zerstörungsfreiem Ausbau ist die Wiederverwendung gebrauchter nicht verunreinigter Dämmstoffe aus XPS wieder als Dämmstoff möglich (z.B. XPS in schwimmender Verlegung oder mechanisch fixiert) – z.B. zur Dämmung von Kellerwänden oder nichttragenden Bodenplatten [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Stoffliche Verwertung:*
 - technisch möglich (für die Produktion von Polystyrol) [Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, 2005]
 - Probleme:
 - XPS-Platten sind potentiell mit FCKW geschäumt und daher zerstörungsfrei rück zu bauen bzw. ist bei der Aufbereitung im Speziellen die Abtrennung dieses gefährlichen Stoffes zu berücksichtigen
 - Aufgrund einer fehlenden Sammel- und Rückführungslogistik werden derzeit jedoch nur Produktionsabfälle direkt zur Herstellung von XPS wiederverwertet.
 - XPS-Dämmplatten werden zudem nur an wenigen Orten in Europa zentral produziert.
 - Eine Rückführungslogistik der leichten Platten wäre unverhältnismäßig aufwendig.
 - Unverschmutzte Baustellenabfälle können als Porosierungsmittel bei der Herstellung von porosierten Ziegelsteinen eingesetzt werden.
- *sonstige (thermische) Verwertung:*
 - ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, sind Dämmstoffe aus XPS einer energetischen Verwertung zuzuführen (Heizwert: 47 MJ/kg) [Bayerische Architektenkammer, 2012]. Polystyrole sollen in Abfallverbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen entsorgt werden, da bei ungünstigen Verbrennungsbe-

dingungen auch Bromwasserstoff und bromierte Furane und Dioxine in geringen Mengen entstehen [IBO, 2009].

- Bei der Verbrennung lassen sich ca. 40 % der eingesetzten Energie als Heizwert zurückgewinnen [Kolb, 2012].
- *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von XPS ohne thermische / energetische Vorbehandlung ist nicht möglich [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Zukünftige Entwicklungen*
 - Das Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) hat ein Verfahren entwickelt, um Abfälle aus Polystyrol in den Produktionsprozess zurück zu führen. Das EPS wird in einem Lösungsmittel aufgelöst, gereinigt und Störstoffe (z.B. Flammschutzmittel) abgetrennt. Am Ende des Prozesses steht ein hochwertiges Polystyrol Rezyklat zur Verfügung, welches durch die Verringerung der Dichte auf 1/50 wirtschaftlich interessant ist [Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, 2005].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT:

Diese Deklaration bezieht sich auf 1 m² extrudierte Polystyrolschaumplatte mit einer Stärke von 100 mm, d.h. 0,1 m³ mit einer Dichte von 34 kg/m³ [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010].

SYSTEMGRENZE

Die Ökobilanz betrachtet die folgenden Punkte des Lebenszyklus [Produktion von Rohstoffen und Energie, Herstellung des Polystyrol-Schaumes, Herstellung der Verpackung, Transporte (Rohstoffe zu Hersteller, Produkte zu Baustelle, Abfälle zu End of Life)]. Aus der Nutzung werden die Emissionen des Treibmittels betrachtet. Energieeinsparungen die aus der Applikation des XPS-Schaumes folgen sind anwendungsfallspezifisch und nicht Teil dieser Ökobilanz. Thermische Verwertung oder Deponierung des Produktes [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010].

Tabelle 6-6: Ökobilanzergebnisse für 0,1 m³ XPS; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010]

Ökobilanzergebnisse für 0,1m ³ XPS	Einheit	EoL		Total		
		Produktion	(90 % thermische Verwertung)	(90 % thermische Verwertung)	(50% thermische Verwertung)	(50 % thermische Verwertung)
Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar)	MJ	343,752	-102,533	241,219	-55,260	288,492
Primärenergiebedarf (erneuerbar)	MJ	2,358	-1,316	1,042	-0,712	1,646
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP total)	kg Sb-Äquiv.	0,156	-0,044	0,112	-0,024	0,132
Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP Elemente)	kg Sb-Äquiv.	2,51E-06	-5,03E-07	2,00E-06	-2,76E-07	2,23E-06
Treibhauspotential (GWP)	kg CO ₂ -Äquiv.	15,475	4,670	20,145	2,729	18,204
Ozonschicht Abbaupotential (ODP)	kg R11-Äquiv.	4,69E-07	-2,78E-07	1,91E-07	-1,54E-07	3,15E-07
Versauerungspotential (AP)	kg SO ₂ -Äquiv.	0,049	-0,005	0,044	-0,002	0,047
Eutrophierungspotential (EP)	kg PO ₄ ³⁻ -Äquiv.	0,004	-3,12E-04	0,004	-5,20E-05	0,004
Photochemisches Oxidantien Bildungspotential (POCP)	kg C ₂ H ₄ -Äquiv.	0,051	-4,70E-04	0,050	-1,88E-04	0,051

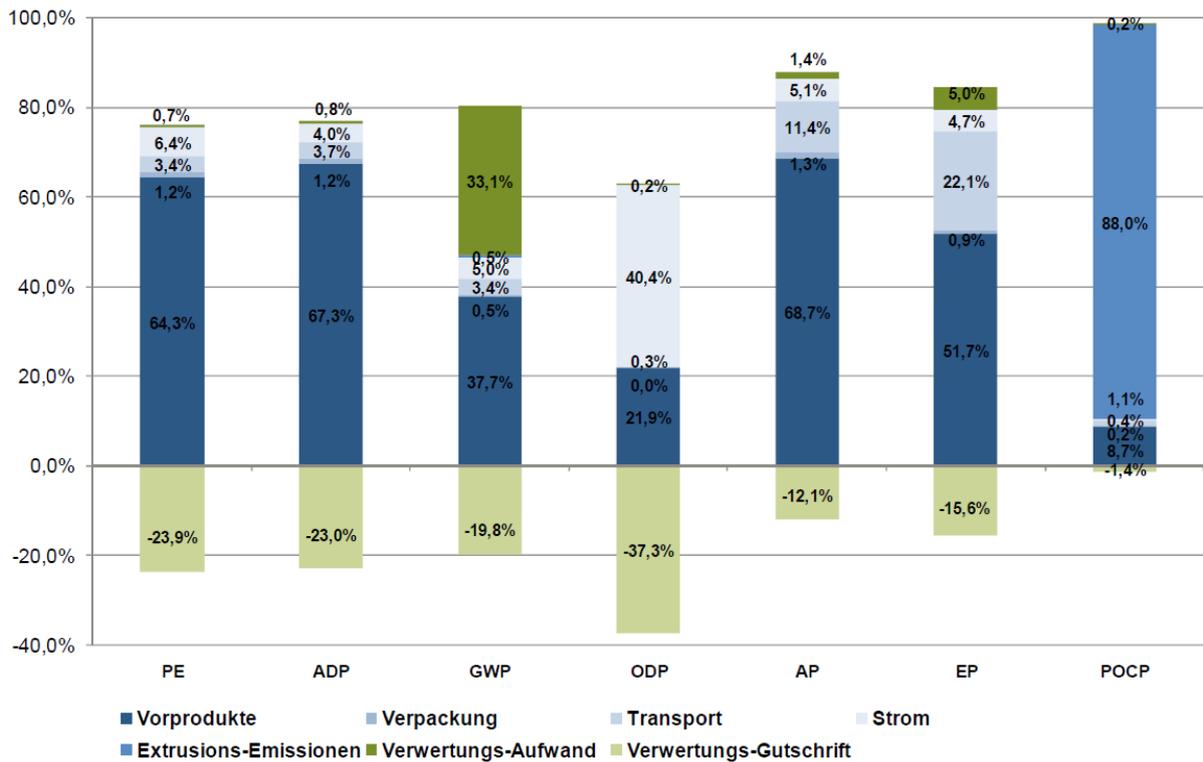


Abbildung 6-5 Anteile Lebenszyklusphasen an Gesamtlebenszyklus - End of Life Szenario (90% thermisch Verwertung) [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010]

INTERPRETATION

Tabelle 6-6 zeigt die Wirkungsabschätzung für den Lebenszyklus XPS. Abbildung 6-5 zeigen die relativen Beiträge einzelner Emissionsquellen zum Gesamtergebnis. Die meisten Wirkungskategorien und der fossile Primärenergiebedarf werden durch die Polystyrolherstellung dominiert. Einzig POCP wird durch die Emissionen der Treibmittel bestimmt. Somit ist POCP die einzige der untersuchten Wirkungskategorien, die maßgeblich durch Emissionen des Extrusionsprozesses selbst bestimmt wird. ODP wird stark durch die Stromherstellung bestimmt, somit hat der Stromverbrauch des Extrusionsprozesses starken Einfluss auf die Ergebnisse dieser Kategorie [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2010].

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv. D.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- Dämmstoff:
 - € 250-400/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- Montage:
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25 und € 500/m² [daemmstoff.org, 2012]

- *Rückbau(aufwand):*
 - Aufgrund des möglichen Einsatzes von (H)FCKW in der Produktion (vor 1990) ist beim Rückbau besondere Aufmerksamkeit geboten; FCKW-geschäumte Dämmstoffe müssen zerstörungsfrei rückgebaut werden, um ein Entgasen des Treibhausgases zu verhindern.
 - In Österreich ist seit dem 1.1.2000 ein Verbot von HFKW in Kraft [BGBl. II 447/2002]. In dieser Verordnung ist ein gestaffeltes Verbot von HFKW-Anwendungen in Bauprodukten festgelegt. XPS-Platten > 8 cm sind ab dem 1.1.2008 (teilweise) verboten. Erlaubt ist der Einsatz von HFKW in XPS-Platten über 8 cm nur wenn die verwendeten HFKW ein Treibhauspotential (GWP-Wert) unter 300 besitzen, d.h. es können nach wie vor HFKW-geschäumte XPS-Platten in Umlauf gelangen.
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012] - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion
 - bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an.
 - für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [Obernosterer et al., 2007].

- *Beseitigung:*
 - Aufgrund des möglichen Einsatzes von HFCKW in der Produktion (vor 1990) ist beim Rückbau besondere Aufmerksamkeit geboten; FCKW-geschäumte Dämmstoffe müssen zerstörungsfrei rückgebaut werden, um ein Entgasen des Treibhausgases zu verhindern.
 - Die umweltverträgliche Behandlung (ohne Transport) von FCKW-geschäumten Dämmmaterialien in geeigneten Anlagen (Thermische Beseitigung) kann zwischen € 150,- und 200,-/t angenommen werden [RMA, 2007].
 - Pro m³ Dämmplatten ist, grob geschätzt, mit Preisen für Transport und Behandlung als gefährlicher Abfall von etwa € 5 - 10,- zu rechnen (€ 125,- bis 300,-/t). Vor allem die Transportkosten sind variabel. Diese können aufgrund des großen Volumens des Dämmstoffes im Vergleich zu seinem Gewicht deutlich höher als für die Behandlung sein [RMA, 2007].

6.2.3 PU (Polyurethan)

EINSATZZEITRAUM:

- seit den 1950ern in der Bauindustrie eingesetzt
- Einsatz als Polyurethan-Hartschaum in Platten und Sandwichelementen bzw. als Polyurethan-Ortschaum (v.a. als Montageschaum bekannt)
- in den letzten 40 Jahren mehr als 500 Mio. m² isolierter Sandwichelemente im kontinuierlichen Verfahren hergestellt und erfolgreich als Dach- und Wandsystem weltweit eingesetzt [Kingspan, 2012]

DICHTE:

- 30-100 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,025-0,030 W/mK

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- in [m³]: ca. 1.000 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012] Anmerkung: Die Zahlen beruhen auf einer Hochrechnung des Gesamtverbrauchs von Polyurethan als Dämmstoff. Eine Differenzierung zwischen PU-Hartschaum und PU-Ortschaum kann nicht getroffen werden.
- In [t]: 65 (geschätzt) [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]



Abbildung 6-6: Montage PU-Platten; [FEMA, 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend:
- stabil: X
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-7: Zusammensetzung PU (Polyurethan); [IVPU, 2012]

MDI (Diphenylmethandiisocyanat)	56,3 %
Polyol	40,2 %
Pentan/Kohlendioxid	3 %
Heterocyclisches Amin	0,4 %
UV-Stabilisatoren, Antioxidationsmittel, Farbmittel und Katalysatoren	0,1 %

- Enthaltene Schadstoffe

- historisch:
 - FCKW: mit 10 % Marktanteil kann abgeschätzt werden, dass österreichweit ca. 250.000 m³ (Schätzung für OÖ: ca. 42.000 m³) FCKW-geschäumter

Dämmstoffen (v.a. XPS-Platten und PU-Schäume) jährlich in Bauwerken eingebaut wurden. Diese Erhebungen über den Dämmstoffverbrauch geben eine Menge von 200.000 m³ (33.600 m³/a in OÖ) XPS-Dämmstoff an. [Boisits, 1991]. Es handelt sich hierbei um historische Angaben, die mit der aktuellen Marktlage in Oberösterreich nicht überein stimmen. Angaben über den Anteil von FCKW-geschäumten Polyurethanen sind nicht verfügbar.

- Einsatz von FCKW als Treibmittel bis Anfang der 1990er Jahre. Danach ersetzte die Industrie das schädliche Treibgas FCKW durch Pentan, Isopentan, CO₂ oder das immer seltener verwendete teilhalogenierte H-FCKW [Nierobis, 2003].
- Gemäß HFCKW-Verordnung ist der Einsatz von HFCKW in Produkte verboten:
 - PU-Hartschaumplatten ab 01.01.2005
 - PU-Montageschaum ab 01.01.2006
- Heute ist der Einsatz von ozonabbauenden Substanzen in Produkten über die Europäische Verordnung Nr. 1005/2009 geregelt.
- aktuell:
 - Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau:
 - Grenzwerte und Einstufungen für Feinstaub: MAK: 6 mg/m³
 - Schadstoffbelastung im eingebauten Zustand:
 - zu Isocyanaten liegen keine Gefahrstoffmessungen vor
 - bei Flammschutzmittel TCPD kanzerogene Wirkungen vermutet

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend: X (ausreichend → z.B. Zuckerrüben, Mais, Kartoffeln für Alkohole)
- nicht-nachwachsend: X (Erdölprodukt)

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

ANMERKUNG: Das Rohmaterial für die Dämmstoffherzeugung wird von der Kunststoffindustrie in Form von Granulat an die Dämmstoffherzeuger geliefert. Die Transportdichte dieses Granulats ist hoch. Bei der Produktion des Dämmstoffs wird das Granulat im Produktionsprozess aufgeschäumt und die Dichte und damit einhergehend die Transporteffizienz herab gesetzt

- lokal:
- regional:
- national:
- international: X

Tabelle 6-8: Einsatzgebiet und Montageart von PU-Platten

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				
Innen	X	Lose verlegt verklebt	hoch niedrig	Achtung! PU-Platten vor 1990 ein- gesetzt ent- halten potentiell klima- schädliches (H)FCKW und müssen zerstörung- frei rückge- baut werden.
Außen	X	gedübelt verklebt	mittel niedrig	
Wand				
Innen	X	verklebt gedübelt	niedrig mittel	
Außen	X	verklebt gedübelt	niedrig mittel	
Perimeter				
Wand				
Bodenplatte				

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- (Vorbereitung zur) Wiederverwendung:
 - Bei zerstörungsfreiem Ausbau ist eine Wiederverwendung gebrauchter nicht verunreinigter Dämmstoffe aus PUR als Dämmstoff theoretisch möglich
 - In Abhängigkeit von der Montageart [Bayerische Architektenkammer, 2012].
 - z.B. zur Dämmung der obersten Geschossdecken bei der Altbaurenovierung [IVPU, 2012].
- Stoffliche Verwertung:
 - Im Glycolyseverfahren können PUR-Hartschaumabfälle bei ca. 200°C in flüssiges Glycolysepolyol umgewandelt werden, das einen Teil der für die Herstellung neuer Polyurethane benötigten Rohstoffe ersetzen kann.
 - Das Verfahren eignet sich allerdings nur für Produktionsabfälle, deren Zusammensetzung bekannt ist. Daneben besteht für nicht verschmutzte Baustellenabfälle die Möglichkeit der stofflichen Verwertung durch Klebepressen.
 - Dabei werden saubere PUR-Plattenreste zerkleinert und mit Polyurethan-Kleber unter Druck zu Platten gepresst [Bayerische Architektenkammer, 2012].
 - Verschmutzte Bau- und Abbruchabfälle können derzeit nicht stofflich verwertet werden.
 - Ein Rücknahmesystem scheitert nach Herstellerangaben an den zu kleinen Mengen.
 - Eine sortenreine Trennung insbesondere von Platten mit Kaschierungen ist nur schwer möglich. Bei Sandwich-Elementen muss das Blech abgezogen und eingeschmolzen werden.
 - Bei rückgebauten historischen PUR-Abfällen, bei denen FCKW als Treibmittel nicht ausgeschlossen werden kann, käme es zudem beim Zerkleinern für eine weitere stoffliche Verwertung zu einer Freisetzung der Treibhausgase [Bayerische Architektenkammer, 2012].

- *Sonstige (Thermische) Verwertung:*
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, müssen Dämmstoffe aus PUR der energetischen Verwertung zugeführt werden.
 - In modernen Verbrennungsanlagen mit nachgeschalteter Rauchgaswäsche werden die in alten PUR-Dämmstoffen noch enthaltenen FCKWs zerstört.
 - Heizwert: 25 MJ/kg [Bayerische Architektenkammer, 2012]
- *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von PUR ist ohne thermische / energetische Vorbehandlung nicht mehr möglich [Bayerische Architektenkammer, 2012].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Das Ergebnis der Lebenszyklusanalyse von PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffen mit flexiblen Deckschichten (wie z. B. Mineralvlies, Aluminiumfolie oder Verbundfolie) bezieht sich auf ein 1 m² großes und 6 cm starkes Bauteil mit einer Rohdichte von 32 kg/m³ [IVPU, 2012].

SYSTEMGRENZE

Betrachtet wird der Gesamtenergieaufwand für die Produktion einer Einheit des deklarierten Produktes, sowie die dabei anfallenden Abfälle und Emissionen [IVPU, 2012].

Tabelle 6-9: Ökobilanz PU (Polyurethan); [IVPU, 2012]

Stoff- und Energie-Einsatz		Emissionen und Abfälle	
Energie		Emissionen in die Luft	
Brennstoff	203 MJ	CO ₂	10,0 kg
Energieinhalt ^(*)	84 MJ	CO	0,02 kg
Summe	287 MJ	SO _x	0,06 kg
	(= 80 kWh)	NO _x	0,06 kg
		CH ₄	0,04 kg
		Treibmittel	0,01 kg
Material (im Produkt) ^(a)		Wasser-Emissionen	
Öl	0,9 kg	Na ⁺	0,5 kg
Gas	0,6 kg	Cl ⁻	0,9 kg
Bauxit für Alu-Deckschicht	1,1 kg	Abfälle	
Material (verbraucht)		– aus der Rohstoffgewinnung	2,4 kg
NaCl	2,1 kg	– Schlacke/Asche (aus der Energieerzeugung)	0,2 kg
Prozesswasser	140 kg	– von der Industrie ^(b)	0,6 kg
^(a) N ₂ und O ₂ sind aus Luft und/oder Wasser gewonnen		^(b) Petrochemische und PUR-Industrie	

^(*) einschl. aller Zwischenprodukte, umgerechnet auf 1 m² Schaumstoffplatte (= 2,19 kg), Rohdichte: = 32 kg/m³.

^(b) Energetisch bewerteter Rohstoffeinsatz

INTERPRETATION

Der Gesamtenergieaufwand für eine 1m² große und 6 cm dicke aluminiumbeschichtete PUR-Hartschaum-Dämmplatte (ausgehend von der Rohstoffgewinnung aus der

Erde über den Produktionsprozess und die Lieferung der Schaumstoffplatten bis zur Baustelle) beträgt 80 kWh (= 287 MJ).

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich [IVPU, 2012].

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - € 160,- bis 400,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und € 500,-/m² [daemmstoff.org, 2012]
- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion
 - Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].
- *Beseitigung:*
 - Die umweltverträgliche Behandlung (ohne Transport) von FCKW-geschäumten Dämmmaterialien in geeigneten Anlagen (Thermische Beseitigung) kann zwischen € 150,- und 200,-/t angenommen werden [RMA, 2007].
 - Pro Kubikmeter Dämmplatten ist, grob geschätzt, mit Preisen für Transport und Behandlung als gefährlicher Abfall von etwa € 5,- und 10,- zu rechnen (€ 125,- bis 300,-/t). Vor allem die Transportkosten sind variabel. Diese können aufgrund des großen Volumens des Dämmstoffes im Vergleich zu seinem Gewicht deutlich höher als für die Behandlung sein [RMA, 2007].
 - Um die Kosten gering zu halten, ist es daher umso wichtiger, dass der Entsorger die Abfälle zu einer möglichst nahe gelegenen Behandlungsanlage transportiert [RMA, 2007].

6.2.4 Mineralwolle (Stein- und Glaswolle)

EINSATZZEITRAUM:

- Um 1900 erfunden; Flächendeckender Einsatz ab den 1980er Jahren

DICHTE:

- 15-200 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,032-0,040 W/mK



Abbildung 6-7: Mineralfaser; [Foto: RMA]

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- in [t]: 55.568 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- in [m³]: 552.917 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: X
- stabil:
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-10: Zusammensetzung Mineralwolle; [Bayerische Architektenkammer, 2012]

Glaswolle		Steinwolle	
Borositglas	23-45 M-%	Fäden aus Gesteinen	40-50 M-%
Altglas und Faserabfälle	50-70 M-%	Formsteine	45-60 M-%
Phenol-Formaldehyd- + Harnstoff-Formaldehydharze	5-7 M-%	harnstoffmodifizierte Phenol-Formaldehydharze mit Ammoniakzusatz	1-3,5 M-%

- enthaltene Schadstoffe
 - das Gefahrenpotential von Mineralwollen geht in erster Linie nicht von enthaltenen Schadstoffen, sondern von dem Bruchverhalten der Fasern aus. Ähnlich dem Asbest bricht Mineralwolle bei mechanischer Behandlung in feine Staubpartikel, die unter Umständen krebserzeugende wirken können, da diese Stäube lungengängig sind.
 - Künstliche Mineralfasern gelten als Arbeitsstoffe mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential. Dies gilt nicht, wenn nachgewiesen wird, dass der Stoff eine der nachstehenden Voraussetzungen erfüllt:

- a) Mit einem kurzfristigen Inhalationsbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als zehn Tage beträgt.
 - b) Mit einem kurzfristigen Intratrachealbiopersistenztest wurde nachgewiesen, dass die gewichtete Halbwertszeit der Fasern mit einer Länge von über 20 µm weniger als 40 Tage beträgt.
 - c) Ein geeigneter Intraperitonealtest hat keine Anzeichen von übermäßiger Karzinogenität zum Ausdruck gebracht.
 - d) Abwesenheit von relevanter Pathogenität oder von neoplastischen Veränderungen bei einem geeigneten Langzeitinhalationstest [BGBl. Nr. 429/2011].
- Die Einstufung als krebserzeugend ist nicht zwingend für Fasern, bei denen der längengewichtete mittlere geometrische Durchmesser abzüglich der zweifachen Standardabweichung größer ist als 6 µm. Abweichend vom ersten Satz gelten künstliche Mineralfasern, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, ABl. Nr. L 353 S. 1, in der Fassung der Berichtigung ABl. Nr. L 16 vom 20.01.2011 S. 1 als krebserzeugend einzustufen sind, als eindeutig krebserzeugend [BGBl. Nr. 429/2011].
 - historisch:
 - Beim Ausbau älterer Mineralwolle-Dämmungen ist mit krebserregenden Faserstäuben in hoher Konzentration zu rechnen [Danner, 2010]. Mineralwolle, die vor 2000 verbaut wurde, gilt potentiell als krebserregend [IBO, 2009]
 - aktuell:
 - Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau:
 - Grenzwerte und Einstufungen für Faserstäube frei von Krebsverdacht: Feinstaub MAK: 6 mg/m³ [Kolb, 2012].
 - Schadstoffbelastung im eingebauten Zustand:
 - bei dichtem Einbau keine Innenraumbelastung durch Feinstfasern; Raumluftbelastung durch Formaldehyd (aus Kunstharz) i.d.R. unterhalb 0,05 ppm [Kolb, 2012].

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend:
- nicht-nachwachsend: X (begrenzt für Kunstharze, Mineralöl; ausreichend für anorganische Rohstoffe) [Kolb, 2012]

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal:
- regional:
- national:
- international: X

Tabelle 6-11: Einsatzgebiet und Montageart von Mineralwolle

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				Alte Mineralwollen weisen höheres Verstaubungsverhalten verbunden mit einer geringeren Faserlöslichkeit auf → Schutzmaßnahmen beim Ausbau!
Innen	X	lose verlegt	Hoch	
Außen	X	lose verlegt	Hoch	
Wand				
Innen	X	lose verlegt gedübelt geklebt	hoch mittel gering	
Außen	X	lose verlegt gedübelt geklebt	hoch mittel gering	
Perimeter				
Wand				
Bodenplatte				

BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

- (Vorbereitung zur) Wiederverwendung:
 - Nicht verklebte und sortenrein rückgebaute Mineralwolle lässt sich wiederverwenden oder als Stopfwolle weiterverwenden. Ein Wiedereinbau „alter“ Mineralwolle (wenn krebsverdächtig) ist lediglich für im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten demontierte Materialien zulässig, unter der Voraussetzung, dass dabei keine oder nur eine geringe Faserbelastung zu erwarten ist. [IBO, 2009].
- Stoffliche Verwertung:
 - Sortenreine KMF-Abfälle (Verschnitte, Produktionsreste) werden von den Herstellern zur Verwertung angenommen und dem Herstellungsprozess wieder zugeführt.
 - Zermahlene Mineralwolle kann als Zusatzmittel für die Herstellung von Faserzementplatten und Dachsteinen bzw. Ziegeln verwertet werden [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b].
 - In Hessen (Deutschland) bietet ein Unternehmen ein anerkanntes stoffliches Verwertungsverfahren für künstliche Mineralfasern (KMF) an. Bei dem Verfahren wird ein Porosierungsmittel gewonnen, das als Zusatzmittel bei der Ziegelherstellung Verwendung findet.
 - Ein Dämmstoff-Recycling aus Baustellen- bzw. Bauabbruchabfällen wird derzeit nur für Steinwolle angeboten. Ein Hersteller bietet einen Abfallrücknahme-Service für sortenreine Steinwolleabfälle aus Baustellenverschnitt und aus der Flachdachsanieung („Alt gegen Neu“) unabhängig von Alter oder Hersteller der ausgebauten Steinwolleprodukte an [Kolb, 2012].
- Sonstige Verwertung:
 - energetisch: nicht möglich (Heizwert: 0 MJ/kg)
- Beseitigung
 - Steinwolle-Dämmstoffe können aufgrund des geringeren organischen Anteils i.d.R. ohne weitere Behandlung auf der Deponie abgelagert werden. In den

meisten Fällen wird für Glaswolle-Dämmstoffe trotz der höheren Werte derzeit noch kein Unterschied gemacht, da die duroplastischen Bindemittel der Mineralfaser-Dämmstoffe auch bei erhöhten Temperaturen auf der Deponie nur sehr zögernd reagieren.

- Eine Deponierung von Glaswolle-Dämmstoffen mit einem höheren Bindemittelgehalt ist nicht ohne vorherige thermische Behandlung zur Reduzierung des organischen Anteils möglich.
- Für die Ablagerung von Mineralwolle-Abfällen, deren kanzerogenes Potential nicht sicher ausgeschlossen werden kann, gelten umfangreiche Sicherheitsmaßnahmen.
- Die Deponiebetreiber haben für die Verbringung jeweils Verfahrensvorschriften erlassen.
- I.d.R. werden alte mineralische Dämmstoffe ohne Nachweise als gefährlich eingestuft und es sind geschlossene Säcke vorgeschrieben.
- Mineralwolle, die gegenüber dem Deponie- oder Anlagenbetreiber nachweislich als nicht krebserzeugend eingestuft werden, insbesondere neuere Mineralwolle aus dem kontrollierten Rückbau, Verschnitte etc. werden als nicht gefährlich eingestuft [Bayerische Architektenkammer, 2012].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Die deklarierte Einheit ist 1 m³ vlieskaschierter Mineralwolle-Dämmstoff für Anwendung an Außenwänden (Bezeichnung: TB 435 B) [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b].

SYSTEMGRENZE

Die Ökobilanz bezieht sich auf die Herstellung bzw. Bereitstellung und Transporte der Rohstoffe, Vorprodukte und Binderkomponenten, sowie auf die Produktion der Endprodukte. Die Verpackungsmaterialien, deren Transporte und End-of-life (thermische Verwertung) werden ebenfalls betrachtet. Das End-of-life und somit die Deponierung der Glaswollprodukte sind auch abgebildet [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b].

Tabelle 6-12: Wirkungskategorien bezogen auf 1m³ TP 432 B; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b]⁴

TP 432 B	total	Rohstoffe	Bindemittel	Produktion inkl. Transport und Abfall	Verpackung inkl. Transport und EoL	EoL inkl. Transport
ADP [kg Sb eqv./m ³]	4,88E-03	4,02E-03	1,01E-04	7,80E-04	-3,08E-05	3,38E-06
GWP 100 [kg CO ₂ eqv./m ³]	58,01	14,05	-0,35	36,63	3,90	3,78
ODP [kg R11 eqv./m ³]	4,58E-06	2,61E-07	3,23E-07	4,17E-06	-1,86E-07	1,05E-08
AP [kg SO ₂ eqv./m ³]	5,58E-01	3,31E-02	1,97E-02	0,51	-9,99E-03	4,26E-03
EP [kg PO ₄ ³⁻ eqv./m ³]	4,58E-02	4,48E-03	6,12E-03	2,70E-02	1,57E-05	8,21E-03
POCP [kg C ₂ H ₄ eqv./m ³]	3,38E-02	7,15E-03	8,39E-04	2,42E-02	4,97E-04	1,15E-03

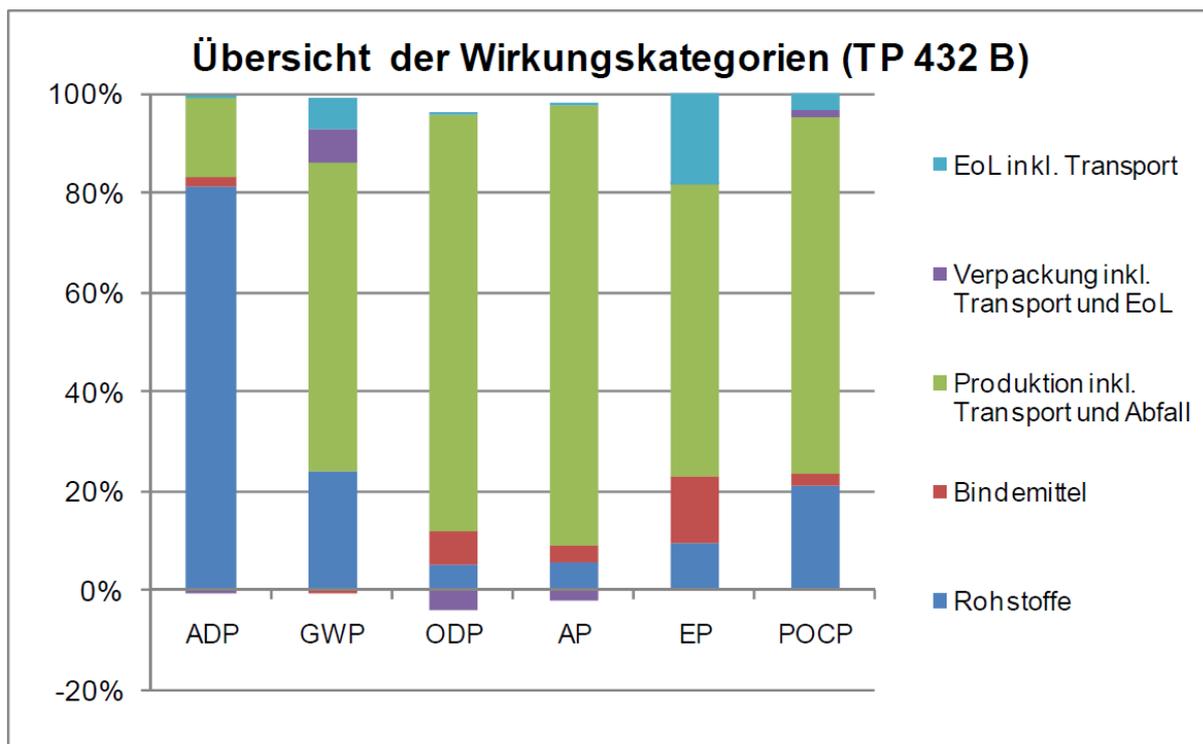


Abbildung 6-8: Wirkungskategorien (relativ) für TP 435 B; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b]

INTERPRETATION:

Tabelle 6-12 zeigt die berechneten Umweltauswirkungen. Abbildung 6-8 zeigt die Wirkungskategorien in Relation nach dem Eintrag einzelner Lebenszyklusphasen. Alle Wirkungskategorien außer dem abiotischen Ressourcenabbau (ADP) werden durch die Herstellung dominiert. Der Großteil des Einflusses resultiert dabei aus der Bereitstellung von Strom und thermischer Energie. Das ADP resultiert vor allem aus der Bereitstellung der Rohstoffe. Das Treibhauspotential zeigt einen geringen negati-

⁴ ADP (Abiotic Resource Depletion Potential) Abiotischer Ressourcenverbrauch
 GWP (Global Warming Potential) Treibhauspotenzial
 ODP (Ozon Depletion Potential) Ozonabbaupotenzial
 AP (Acidification Potential) Versauerungspotenzial
 EP (Eutrophication Potential) Eutrophierungspotenzial
 POCP (Photochemical ozone creation potential) Sommersmogpotenzial

ven Wert, der aus der CO₂-Einbindung der Stärke im Bindemittel resultiert. Das negative ODP basiert auf den Gutschriften die bei der Verpackungsbeseitigung durch thermische Verwertung entstehen [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011b].

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt in der Regel die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - Steinwolle: € 50,- bis 120,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
 - Glaswolle: € 45,- bis 150,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und € 500,-/m² [daemmstoff.org, 2012]
- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau [Kolb, 2012]
 - hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion. Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].
- *Beseitigung:*
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung
 - Beseitigungsgebühr in der Regel zwischen € 160,- und € 210,-/t [Schuster, 2011]

6.2.5 Zellulosefaser (-flocken bzw. -platten)

EINSATZZEITRAUM:

- Einsatz ab den 1970er Jahren in den USA [Keszczak, 2009 [Keszczak, 2009]

DICHTE:

- 70-80 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,033-0,040 W/mK

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (ÖÖ):

- In [t]: 94 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- In [m³]: 13.404 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: X
- stabil:
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile



Abbildung 6-9: Zellulose
[Brandhorst, 2012]

Tabelle 6-13: Zusammensetzung Zellulosefaser [Bayerische Architektenkammer, 2012]

Zellulose(Altpapier)	ca. 85-92 %
Borsalz (Bindemittel)	ca. 8-15 %
Ligninsulfonat, Tallharz, Aluminiumsulfat (nur bei Platten) als Bindemittel	-
Polyolefinfasern oder Jutegarn (nur bei Platten) als Stützfasern	ca. 6 %

- Enthaltene Schadstoffe

- historisch:
 - keine Aufzeichnungen vorhanden; es ist davon auszugehen, dass aus Gründen des Brandschutzes Flammhemmer eingesetzt wurden; welcher Art diese Flammenschutzmittel waren lässt sich heute nicht mehr feststellen; zur Vermeidung des Befalls durch Tiere und/oder Pilzen wurden und werden Biozide eingesetzt.
- aktuell:
 - Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau:
 - Grenzwerte und Einstufungen von Holzstaub: TRK: 2 mg/m³ gemessen in der einatembaren Fraktion.
 - Gefahr der Sensibilisierung.
 - EG-Kategorie K3: Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben.

- Feinstaub: MAK: 6 mg/m^3 ; Boroxid: MAK: 15 mg/m^3 gemessen in der einatembaren Fraktion.
- Grenzwerte und Einstufungen von Boroxid: MAK: 15 mg/m^3 gemessen in der einatembaren Fraktion.
- Beim Einbau von Zellulosefaserplatten werden deutlich weniger Fasern freigesetzt als beim Einbau von Zellulosefaserflocken, da die Fasern gebunden sind und nicht eingeblasen werden müssen [Kolb, 2012].
- Stoffbelastung im eingebauten Zustand:
 - bei dichtem Einbau keine Innenraumbelastung durch Feinstäube zu erwarten [Kolb, 2012].
 - Boroxid (Dibortrioxid) wirkt sowohl als Fungizid als auch als Insektizid. Es kann präventiv sowie kurativ für Hölzer und Bauhölzer eingesetzt werden [BAUA, 2012].
 - Borsalze (Wirkung) - Borate können Chelate mit organischen Molekülen wie Co-Enzymen bilden und greifen auf diese Weise in den Stoffwechselkreislauf von Pilzen und Insekten ein [BAUA, 2012].
- Entwicklungen:
 - Anstatt von Borsalzen als Flammhemmer werden von einigen Herstellern mit Ammoniumpolyphosphat eingesetzt.

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend: X
- nicht-nachwachsend:

ANMERKUNG: Um nachwachsende Rohstoffe entstehen naturgemäß ständig Konflikte die durch Ansprüche unterschiedlicher Nutzungen entstehen (v.a. stoffliche Nutzung und Energiegewinnung). Aufgrund begrenzt verfügbarer Flächen ist die Produktion von Dämmstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe abhängig von natürlichen und wirtschaftlichen Schranken (vgl. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe).

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal: X
- regional: X
- national: X [Piringer & Fischer, 2003]
- international:

Tabelle 6-14: Einsatzgebiet und Montageart von Zellulosedämmung

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				
Innen	X	aufgeblasen lose (Platten)	mittel hoch	v.a. für Zwischen-sparrendämmungen, hinterlüftete Fassade, Holzständerwände geeignet
Außen	X	aufgeblasen lose (Platten)	mittel hoch	
Wand				
Innen	X	eingebblasen aufgesprüht lose (Platten)	mittel gering hoch	v.a. für Zwischen-sparrendämmungen, hinterlüftete Fassade, Holzständerwände geeignet
Außen	X	eingebblasen aufgesprüht lose (Platten)	mittel gering hoch	
Perimeter				
Wand				
Bodenplatte				

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- (Vorbereitung zur) Wiederverwendung:
 - Sortenrein abgesaugte Zelluloseflocken können im Prinzip in gleicher Funktion wiederverwendet werden. Bei zerstörungsfreiem Ausbau (lose verlegt) ist auch eine Wiederverwendung nicht verunreinigter Zellulose-Dämmplatten möglich [Bayerische Architektenkammer, 2012].
 - Zellulose-Dämmstoffe sind prinzipiell auf gleichem Funktionsniveau wiederverwertbar, z.T. besteht eine Rücknahmegarantie durch die Hersteller zur Wiederaufbereitung [Bayerische Architektenkammer, 2012]. Für die stoffliche Verwertung ist der Verschmutzungsgrad entscheidend. Zellulose, die durch Wassereintrag oder sonstige Umstände verunreinigt wurde, ist von einer Wiederverwendung ausgeschlossen.
- Stoffliche Verwertung:
 - Im Ein- oder Aufblasverfahren eingebrachte Zellulose kann wieder aufgenommen und in neuen Aufgabenbereichen als Dämmstoff eingesetzt werden.
 - Zellulose-Dämmstoffe sind wegen des hohen Anteils an Borsalz nicht kompostierbar. Inzwischen sind auch Zellulose-Dämmstoffe ohne Borsalz auf dem Markt, die nach Herstellerangabe theoretisch eine Kompostierung zur Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen zulassen. Voraussetzung ist aufgrund des alternativ eingesetzten Ammoniumpolyphosphats eine ausreichende Vermischung mit phosphatfreiem Kompost (um Überdüngung zu vermeiden) [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- Sonstige (Thermische) Verwertung:
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, müssen Zellulose-Dämmstoffe der energetischen Verwertung zugeführt werden (Heizwert: Zellulosedämmplatte 17 MJ/kg; Zelluloseflocken: 24,7 MJ/kg) [Bayerische Architektenkammer, 2012].

- *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von Zellulose-Dämmstoffen ist ohne thermische/energetische Vorbehandlung nicht mehr möglich [Bayerische Architektenkammer, 2012].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung von einem Kilogramm Zellulosefaserflocken. Die Ökobilanz wurde für das Produkt mit der entsprechenden Rohdichte (180 bzw. 30 kg/m³) berechnet [Mötzl & Zelger, 2000].

SYSTEMGRENZE

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Rohstoffgewinnung, den Rohstofftransport, die Herstellung sowie die Verpackung des Dämmstoffes. Die End-of-Life Phase ist nicht berücksichtigt [Mötzl & Zelger, 2000].

Tabelle 6-15: Ökobilanz für 1 kg Zellulosefaserflocken ab Werk; [Mötzl & Zelger, 2000]

Je kg Zellulosefaserflocken	PEI e [MJ]	PEI ne [MJ]	GWP [kg CO ₂ equ.]	ODP [kg R-11 equ.]	POCP [g Ethylen equ.]	AP [g SO ₂ equ.]	NP g [PO ₄ ⁻ equ.]
Rohstoffgewinnung	0,03	1,54	0,10	1,42E-07	0,08	0,88	0,03
Rohstofftransport	0,01	0,91	0,06	1,02E-07	0,09	0,87	0,07
Herstellung	0,09	1,34	0,06	3,28E-08	0,02	0,45	0,02
Verpackung	0,26	0,45	0,01	3,47E-08	0,02	0,24	0,01
Gesamt	0,38	4,24	0,23	3,12E-07	0,21	2,44	0,13

Tabelle 6-16: Ökobilanz für 1 kg Zellulosefaserdämmplatten. Kennwerte bezogen auf 1 kg Zellulosefaserdämmplatten ab Werk; [Mötzl & Zelger, 2000]

Je kg Zellulosefaserplatte	PEI e [MJ]	PEI ne [MJ]	GWP [kg CO ₂ equ.]	ODP [kg R-11 equ.]	POCP [g Ethylen equ.]	AP [g SO ₂ equ.]	NP g [PO ₄ ⁻ equ.]
Rohstoffgewinnung	0,03	1,96	0,12	1,88E-07	0,11	1,30	0,04
Rohstofftransport	0,02	1,52	0,09	1,62E-07	0,17	0,74	0,10
Herstellung	6,16	15,37	0,73	3,70E-07	0,42	5,51	0,24
Verpackung	0,19	2,95	0,08	3,32E-07	0,26	0,75	0,03
Gesamt	6,41	21,80	1,02	1,05E-06	0,95	8,30	0,40

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt in der Regel die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - € 50-160/m³ [daemmstoff.org, 2012]

- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25 und € 500/m² [daemmstoff.org, 2012]

- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei loseem Einbau, hoch bei Sprühverfahren oder verklebten Plattenelementen [Kolb, 2012] Über genaue Rückbaukosten sind in der Praxis und in der Literatur keine Angaben zu finden.
 - Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80 zu rechnen. [RMA, 2007]

- *Beseitigung:*
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung

6.2.6 Holzfaser

EINSATZZEITRAUM:

- Seit der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts

DICHTE:

- 130-280 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,037-0,060 (W/mK)



Abbildung 6-10: Holzfaserplatten
[Brandhorst, 2012]

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- in [t]: 5.496 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- in [m³]: 26.808 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: X
- stabil:
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-17: Zusammensetzung Holzfaser; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a]

Bestandteil	Funktion	Grundstoffe [%]
Fichtenholz	Trägermaterial	37 - 44
Kaustisch gebrannte Magnesia (Kauster)	Bindemittel	26 - 37
Magnesiumsulfat wasserfrei MgSO ₄	Co-Bindungspartner	3 - 6
Wasser	Träger für Co-Bindungspartner	14 - 39

○ Enthaltene Schadstoffe

- historisch:
 - keine Aufzeichnungen vorhanden
- aktuell:
 - Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau:
 - Holzstaubbelastung beim Zuschneiden (ohne Eichen- und Buchenholzstaub): Grenzwerte und Einstufungen: TRK: 2 mg/m³ gemessen in Gesamtstaub, Gefahr der Sensibilisierung; EG-Kategorie K3: Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkungen beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben [Kolb, 2012].
 - Schadstoffbelastung im eingebauten Zustand:
 - bei dichtem Einbau keine Holzstaubbelastung [Kolb, 2012]; Verwendung problematischer Bindemittel, meist ca. 4 % PUR (Holzfaserdämmplatten im Trockenverfahren); Schichtverleimung mit Vinylacetat, dieser Stoff ist in der MAK-Liste als krebserzeugend eingestuft (Holzfaserdämmplatten im Nassverfahren) [Danner, 2010].

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend: X
- nicht-nachwachsend:

ANMERKUNG: Nachwachsende Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar. Aufgrund von Konflikten mit anderen Nutzungen (v.a. Energiegewinnung, andere stoffliche Nutzung) und der nur begrenzt verfügbaren Flächen ist die Produktion von Dämmstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe abhängig von natürlichen und wirtschaftlichen Schranken (vgl. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe).

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal: X
- regional: X
- national: X
- international: X [Piringer & Fischer, 2003]

Tabelle 6-18: Einsatzgebiet und Montageart von Holzfaserplatten

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten	
Dach und Decke					
Innen	X	Lose verlegt eingepresst gedübelt geschraubt verklebt	niedrig bis hoch	für Zwischen-sparrendämmungen, hinterlüftete Fassade, Holzständerwände geeignet, als Trägerplatte für ein Wärmedämmverbundsystem (Vollwärmeschutz-Fassade) geeignet, guter Ersatz für EPS bei Fassadendämmungen (Architekt Riebler 2012)	
Außen	X	lose verlegt eingepresst genagelt geschraubt	mittel bis hoch		
Wand					
Innen	X	gedübelt geschraubt verklebt	niedrig bis mittel		
Außen	X	lose verlegt eingepresst genagelt ge- schraubt	mittel bis hoch		
Perimeter					
Wand					
Bodenplatte					

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- (Vorbereitung zur) Wiederverwendung:
 - Holzfaserdämmplatten können je nach Art der Montage rückgebaut und bei gutem Zustand weiterverwendet werden. Reststücke sind auch für Hohlraumdämmungen verwendbar [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a].
 - Holzfaserplatten können, sofern keine Verunreinigung mit Fremdprodukten oder Beschädigung stattgefunden hat, wieder entsprechend ihres ursprünglichen Ver-

- wendungszwecks eingesetzt werden [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a].
- *Stoffliche Verwertung:*
 - Holzfaserdämmplatten sind prinzipiell auf gleichem Funktionsniveau wiederverwertbar.
 - Holzfaserdämmplatten ohne Zusatzstoffe können theoretisch kompostiert werden (Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen) [Bayerische Architektenkammer, 2012].
 - *Sonstige (Thermische) Verwertung:*
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, sind Holzfaserdämmstoffe einer energetischen Verwertung zuzuführen.
 - Heizwert: 18 MJ/kg [Bayerische Architektenkammer, 2012]
 - *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von Holzfaserdämmstoffen ist ohne thermische / energetische Vorbehandlung nicht möglich [Bayerische Architektenkammer, 2012].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung von einem Kubikmeter einer im Trockenverfahren hergestellten Holzfaserdämmplatte. Die Ökobilanzen wurden für die jeweiligen Produkte mit der entsprechenden Rohdichte (180 bzw. 110 kg/m³) erstellt [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a].

SYSTEMGRENZE

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Herstellung der Platten einschließlich der Rohstoffgewinnung bis zum fertig verpackten Produkt am Werkstor („cradle to gate“) sowie das End-of-Life der Platte als thermische Verwertung in einem Biomassekraftwerk [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a].

Tabelle 6-19: Ökobilanz Holzfaser; [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a]⁵

		Ultratherm			Thermowall		
Auswertgröße	Einheit pro m ³	Ge-samt	Pro-duktion	End of Life	Ge-samt	Pro-duktion	End of Life
ADP elem.	[kg Sb-Äq.]	7,2E-05	8,5E-05	-1,3E-05	6,0E-05	7,2E-05	-1,2E-05
ADP fossil	[MJ]	-1,4E+03	1,7E+03	-3,1E+03	-1,4E+03	1,5E+03	-2,9E+03
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	-1,9E+02	-1,7E+02	-2,7E+01	-1,9E+02	-1,6E+02	-2,5E+01
ODP	[kg R11-Äq.]	-4,5E-05	3,9E-06	-4,9E-05	-4,2E-05	3,3E-06	-4,6E-05
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	-1,6E-01	1,4E-01	-3,0E-01	-1,5E-01	1,2E-01	-2,8E-01
EP	[kg PO ₄ ³⁻ -Äq.]	3,8E-02	2,8E-02	1,0E-02	3,4E-02	2,5E-02	9,3E-03
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,4E-02	3,1E-02	-7,4E-03	2,1E-02	2,8E-02	-6,9E-03
		Thermowall gf			Thermosafe-homogen		
Auswertgröße	Einheit pro m ³	Ge-samt	Pro-duktion	End of Life	Ge-samt	Pro-duktion	End of Life
ADP elem.	[kg Sb-Äq.]	7,6E-05	9,1E-05	-1,5E-05	3,9E-05	4,6E-05	-7,7E-06
ADP fossil	[MJ]	-1,8E+03	1,9E+03	-3,7E+03	-8,9E+02	9,5E+02	-1,8E+03
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	-2,4E+02	-2,0E+02	-3,3E+01	-1,2E+02	-1,0E+02	-1,6E+01
ODP	[kg R11-Äq.]	-5,5E-05	4,3E-06	-5,9E-05	-2,8E-05	1,6E-06	-2,9E-05
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	-2,0E-01	1,6E-01	-3,6E-01	-9,9E-02	8,0E-02	-1,8E-01
EP	[kg PO ₄ ³⁻ -Äq.]	4,4E-02	3,2E-02	1,2E-02	2,2E-02	1,6E-02	6,0E-03
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,7E-02	3,6E-02	-8,9E-03	1,3E-02	1,7E-02	-4,4E-03

INTERPRETATION

Aufgrund der Ähnlichkeit der Rezepturen und des identischen Herstellverfahrens ist die Aufteilung der Wirkkategorien für die untersuchten Produkte vergleichbar. Der elementare abiotische Ressourcenverbrauch (ADP elementar) fällt während der Produktion hauptsächlich durch die Hilfsstoffe (v.a. Latex) und die verwendete Energie an. Die Substitution im End of Life bildet sich in negativen Werten ab, da durch die Gutschrift der Energie der elementare abiotische Ressourcenverbrauch negativ wird. Beim fossilen abiotischen Ressourcenverbrauch (ADP fossil) überwiegt jeweils die Gutschrift. Auch dieser entsteht durch die oben angeführten Gründe.

Das Treibhauspotential (GWP) hat bei Holzprodukten eine besondere Bedeutung: Durch die Aufnahme von Kohlendioxid bei der Photosynthese erhält man trotz CO₂-Emissionen bei während der Herstellung der Hilfsstoffe und des Produktes selbst ein negatives GWP. Das eingebundene Kohlendioxid wird erst am Lebensende bei der thermischen Verwertung wieder freigesetzt. Dabei ist die Gutschrift für die Energie so

⁵ ADP (Abiotic Resource Depletion Potential) Abiotischer Ressourcenverbrauch

GWP (Global Warming Potential) Treibhauspotenzial

ODP (Ozon Depletion Potential) Ozonabbaupotenzial

AP (Acidification Potential) Versauerungspotenzial

EP (Eutrophication Potential) Eutrophierungspotenzial

POCP (Photochemical ozone creation potential) Sommersmogpotenzial

hoch, dass die CO₂-Emissionen während der Verbrennung einen geringeren Wert aufweisen.

Das Ozonabbaupotential (ODP) wird in der Produktion lediglich durch die Herstellung der Hilfsstoffe beeinflusst, da hier auch nicht erneuerbare Energieträger zum Einsatz kommen. Im End of Life hingegen erhält man durch die Gutschrift des deutschen Strommixes eine hohe Gutschrift im ODP, welches vor allem durch den Einsatz von Kernenergie beeinflusst wird.

Beim Versauerungspotential (AP) zeigt sich, dass während der Produktion Emissionen entstehen, die zur Versauerung beitragen. Diese stammen aus der gesamten Vorkette bis zum Werkstor. Im End of Life zeigt sich, dass die Emissionen, welche bei der thermischen Verwertung entstehen, von der Gutschrift wiederum überwogen werden. Das Eutrophierungspotential (EP) wird in der Produktion hauptsächlich durch die Bereitstellung der Hilfsstoffe bedingt. Im End of Life jedoch überwiegen nun die Emissionen des Verbrennungsprozesses die eingesparten Emissionen durch die Energiegutschrift.

Für das Photochemische Ozonbildungspotential (POCP) erhält man hohe Auswirkungen bereits bei der Herstellung aller Vorprodukte (v.a. Latex). Im End of Life zeigt sich wieder, dass die Emissionen bei der Verwertung geringer sind, wie die gutgeschriebenen Emissionen durch die Gutschrift von Strom und Thermischer Energie.

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich [Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2011a].

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - € 160,- bis 300,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und € 500,-/m² [daemmstoff.org, 2012]
- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion.
 - Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].
- *Beseitigung:*
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung

6.2.7 Hanf

EINSATZZEITRAUM:

- Keine Daten vorhanden

DICHTE:

- 20-40 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,042-0,045°W/mK

JÄHRLICH EINGESETZTE MENGE (OÖ):

- In [t]: 210 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]
- In [m³]: 1.676 [Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI), 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend:
- stabil: X
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-20: Zusammensetzung Hanf-Dämmstoff; [Bayerische Architektenkammer, 2012]

Hanf	80 bis 82 %
Polyesterfasern	15 %
Soda	3 bis 5 %

- enthaltene Schadstoffe

- Historisch:

- keine Aufzeichnungen vorhanden

- Aktuell:

- Verwendung von Borsalz oder Ammoniumpolyphosphat als Flamm-schutz
- Boroxid (Dibortrioxid) wirkt sowohl als Fungizid als auch als Insektizid. Es kann präventiv sowie kurativ für Hölzer und Bauhölzer eingesetzt werden [BAUA, 2012].
- Borsalze (Wirkung) - Borate können Chelate mit organischen Molekü-len wie Co-Enzymen bilden und greifen auf diese Weise in den Stoff-wechselkreislauf von Pilzen und Insekten ein [BAUA, 2012].
-
- *Schadstoffe bei der Verarbeitung am Bau und im eingebauten Zustand:* evtl. beim Einbau Belastung durch Feinstaub: MAK 6 mg/m³



Abbildung 6-11: Hanfdämmmatte; [Brandhorst, 2012]

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- Nachwachsend: X
- Nicht-nachwachsend:

ANMERKUNG: Nachwachsende Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar. Aufgrund von Konflikten mit anderen Nutzungen (v.a. Energiegewinnung, andere stoffliche Nutzung) und der nur begrenzt verfügbaren Flächen ist die Produktion von Dämmstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe abhängig von natürlichen und wirtschaftlichen Schranken (vgl. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe).

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- Lokal:
- Regional:
- National:
- International: X (derzeit vorwiegend aus Osteuropa) [Piringer & Fischer, 2003]

Tabelle 6-21: Einsatzgebiet und Montageart von Hanfdämmplatten

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten	
Dach und Decke					
Innen	X	gestopft geklammert	mittel bis hoch	v.a. für Zwischensparrendämmungen, hinterlüftete Fassade, Holzständerwände geeignet	
Außen	X	gestopft geklammert	mittel bis hoch		
Wand					
Innen	X	gestopft geklammert	mittel bis hoch		
Außen	X	gestopft geklammert	mittel bis hoch		
Perimeter					
Wand					
Bodenplatte					

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- *(Vorbereitung zur) Wiederverwendung:*
 - Bei zerstörungsfreiem Ausbau (bei lose verlegten Elementen) ist eine Wiederverwendung nicht verunreinigter Flachs- und Hanfdämmplatten möglich. Auch sortenrein abgesaugte Hanffasern können im Prinzip in gleicher Funktion wiederverwendet werden
 - Es fallen derzeit i.d.R. noch keine größeren Mengen an Hanfdämmstoffen aus Rückbaumaßnahmen an.
- *Stoffliche Verwertung:*
 - Flachs- und Hanfdämmstoffe sind prinzipiell auf gleichem Funktionsniveau wiederverwertbar.
 - Flachs- und Hanfdämmstoffe gehören als „biologisch abbaubare Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen sowie Abfälle aus deren Be- und Verarbeitung“

grundsätzlich zu den für eine Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen geeigneten Bioabfällen. Flachs- und Hanfdämmstoffe ohne Borsalzausrüstung und ohne synthetische Stützfasern können kompostiert werden (Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen). Voraussetzung ist bei alternativ eingesetztem Ammoniumpolyphosphat jedoch eine ausreichende Vermischung mit phosphatfreiem Kompost (sonst besteht Gefahr der Überdüngung).

- Voraussetzung für die Vergabe des natureplus-Qualitätszeichens ist die „Vorlage eines Rückbau-, Rücknahme- und Verwertungskonzepts“ durch die Hersteller. Als problematisch im Hinblick auf Kompostierung und Glaubwürdigkeit des Zeichens muss angesehen werden, dass das Qualitätszeichen „natureplus“ auch vergeben wird, wenn zugesetzte Borsalze vor der Kompostierung auswaschbar sind [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Sonstige Verwertung:*
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, sind Flachs- und Hanfdämmstoffe einer energetischen Verwertung zuzuführen.
 - Heizwert: Flachsdämmstoffe 12,3 MJ/kg Hanfdämmstoffe (incl. Polyester-Stützfasern) 16,9 MJ/kg
- *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von Flachs- und Hanfdämmstoffen ist seit dem 01.05.2005 ohne thermische / energetische Vorbehandlung nicht mehr möglich (europäische Gefahrstoffverordnung).

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung von einem Kilogramm Hanfdämmstoff. Die Ökobilanz wurde für das Produkt mit der entsprechenden Rohdichte (25 kg/m³) berechnet [Mötl & Zelger, 2000].

SYSTEMGRENZE

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Rohstoffgewinnung, den Rohstofftransport, die Herstellung des Dämmstoffes sowie die Verpackung. Die End-of-Life Phase ist nicht berücksichtigt [Mötl & Zelger, 2000].

Tabelle 6-22: Ökobilanz für 1kg Hanfdämmstoff ab Werk; [Mötl & Zelger, 2000]

Je kg Hanfdämmstoff	PEI _e [MJ]	PEI _{ne} [MJ]	GWP [kg CO ₂ equ.]	ODP [kg R-11 equ.]	POCP [g Ethy- len equ.]	AP [g SO ₂ equ.]	NP _g [PO ₄ ⁻ equ.]
Rohstoffgewinnung	18,75	9,63	-0,814	4,34E-07	0,54	4,63	0,59
Rohstofftransport	0,02	1,82	0,115	2,06E-07	0,20	0,99	0,14
Herstellung	0,16	2,48	0,118	5,77E-08	0,03	0,83	0,03
Verpackung	0,01	1,06	0,033	1,19E-07	0,09	0,27	0,01
Gesamt	18,94	14,99	-0,548	8,16E-07	0,87	6,72	0,77

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - € 130,- bis 180,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - Montage: je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und € 500,- pro m² [daemmstoff.org, 2012]
- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion
 - Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].
- *Deponierung:*
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung

6.2.8 Schafwolle

EINSATZZEITRAUM:

- als Dämmstoff seit Anfang der 1990er Jahre auf dem Markt
- 0,5 % Anteil am Gesamtmarkt für Dämmstoffe
- 4 % Anteil am Markt für ökologische Dämmstoffe



Abbildung 6-12: Schafwollvlies
[Brandhorst, 2012]

DICHTE:

- 30-138 kg/m³

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,040-0,042 W/mK

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: X
- stabil:
- sinkend:

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile

Tabelle 6-23: Zusammensetzung Schafwolle-Dämmstoff; [OEBAG, 2009]

Schafschurwolle	97-99 %
Mottenschutzmittel	1-2 %
Borsalz	0-1 %

- enthaltene Schadstoffe
 - historisch:
 - keine Aufzeichnungen vorhanden
 - aktuell:
 - vor allem durch Düngemittel und Biozidbehandlung der Wolle am lebenden Schaf
 - da Mottenbefall nicht ausgeschlossen werden kann wird Mottengift eingesetzt (z.B. Mitin (Chlorphenylid)) [Danner, 2010]
 - Boroxid (Dibortrioxid) wird präventiv sowie kurativ für die Behandlung von Hölzern und Dämmmaterialien eingesetzt. Wirkungsweise: Borate können Chelate mit organischen Molekülen wie Co-Enzymen bilden und greifen auf diese Weise in den Stoffwechselkreislauf von Pilzen und Insekten ein [BAUA, 2012].

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend: X
- nicht-nachwachsend:

ANMERKUNG: Nachwachsende Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar. Aufgrund von Konflikten mit anderen Nutzungen (v.a. Energiegewinnung, andere stoffliche Nutzung) und der nur begrenzt verfügbaren Flächen ist die Produktion von Dämmstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe abhängig von natürlichen und wirtschaftlichen Schranken (vgl. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe).

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal: X
- regional: X
- national: X
- international: X (bes. Deutschland, z.T. aus Australien, Neuseeland, GUS) [Piringer & Fischer, 2003]

Tabelle 6-24: Einsatzgebiet und Montageart von Schafwolldämmung

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten	
Dach und Decke					
Innen	X	eingeklemmt angeklammert gestopft	Hoch (gestopft) Gering (verklebt)	für Zwi- schenspar- rendämmun- gen, hinter- lüftete Fas- sade, Holz- ständerwän- de geeignet	
Außen	X	eingeklemmt angeklammert gestopft	Hoch (gestopft) Gering (verklebt)		
Wand					
Innen	X	eingeklemmt angeklammert gestopft	Hoch (gestopft) Gering (verklebt)		
Außen	X	eingeklemmt angeklammert gestopft	Hoch (gestopft) Gering (verklebt)		
Perimeter					
Wand					
Bodenplatte					

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- *(Vorbereitung zur) Wiederverwendung:*
 - Bei zerstörungsfreiem Ausbau (lose verlegt) ist eine Wiederverwendung nicht verschmutzter Schafwolle-Dämmstoffe möglich. Eventuell sollte der Mottenschutz erneuert werden [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Stoffliche Verwertung:*
 - Schafwolle-Dämmstoffe sind prinzipiell auf gleichem Funktionsniveau wiederverwertbar. Z.T. besteht eine Rücknahmegarantie durch die Hersteller zur Wiederaufbereitung.
 - Größere Mengen an Schafwolle-Dämmstoffen aus Sanierungsobjekten können auch wieder textilen Fertigungsverfahren zugeführt werden. In Reißereien werden textile Fasern, ähnlich wie Altkleider wieder zu verwertbaren Fasern, z.B. für die Automobilindustrie, aufbereitet.

- Schafwolle-Dämmstoffe ohne Borsalzaustrüstung und ohne synthetische Stützfasern können theoretisch kompostiert (Verwertung auf Flächen) werden [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Sonstige (energetische) Verwertung:*
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, müssen Schafwolle-Dämmstoffe der energetischen Verwertung zugeführt werden.
 - Heizwert: 20,43 MJ/kg [Bayerische Architektenkammer, 2012].
- *Beseitigung:*
 - Eine Deponierung von Schafwolle-Dämmstoffen ohne vorherige thermische Vorbehandlung ist nicht zulässig [Bayerische Architektenkammer, 2012].

ÖKOBILANZ

DEKLARIERTE EINHEIT

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung von einem Kilogramm Schafwolle-Dämmung. Die Ökobilanz wurde für das Produkt mit der entsprechenden Rohdichte (30 kg/m³) berechnet [Mötzl & Zelger, 2000].

SYSTEMGRENZE

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Rohstoffgewinnung, den Rohstofftransport, die Herstellung des Dämmstoffes sowie die Verpackung. Die End-of-Life Phase ist nicht berücksichtigt [Mötzl & Zelger, 2000].

Tabelle 6-25: Ökobilanz für 1 kg Schafwolle; [Mötzl & Zelger, 2000]

Je kg Schafwolle	PEI _e [MJ]	PEI _{ne} [MJ]	GWP [kg CO ₂ equ.]	ODP [kg R-11 equ.]	POCP [g Ethy- len equ.]	AP [g SO ₂ equ.]	NP _g [PO ₄ ⁻ equ.]
Rohstoffgewinnung	19,73	0,86	-0,479	4,14E-08	0,33	0,29	0,02
Rohstofftransport	0,01	0,58	0,035	6,36E-08	0,06	0,30	0,04
Herstellung	0,89	13,52	0,641	3,15E-07	0,14	4,51	0,15
Verpackung	0,01	1,47	0,046	1,66E-07	0,13	0,37	0,02
Gesamt	20,64	16,43	0,243	5,85E-07	0,66	5,48	0,23

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffes. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- *Dämmstoff:*
 - € 150,-bis 300,-/m³ [daemmstoff.org, 2012]
- *Montage:*
 - je nach Art der Dämmmaßnahme und Anwendungsbereich zwischen € 25,- und € 500,-/m² [daemmstoff.org, 2012]

- *Rückbau(aufwand):*
 - gering bei losem Einbau, hoch bei Verklebung [Kolb, 2012]
 - je nach Anwendungsbereich und Konstruktion
 - Bei einfach rückbaubaren Dämmstoffen fallen nur geringe Mehrkosten an. Für die getrennte Sammlung vor Ort ist pro Container mit einer Bereitstellungsgebühr von etwa € 80,- zu rechnen [RMA, 2007].

- *Deponierung:*
 - abhängig von unterschiedlichen Kriterien wie etwa Anlieferung, Abholung, Miete von Containern sowie der Beseitigungsgebühr
 - Abrechnung nach Gewicht des Abfalls oder Pauschalberechnung

6.2.9 Calcium-Silikat (Mineralschaum)

Die angeführten Daten beziehen sich auf die Umwelt-Deklaration nach ISO 14025 [PE International GmbH, 2011] eines deutschen Herstellers von Calciumsilikat-Platten (CSP).

EINSATZZEITRAUM: nicht bekannt

DICHTE: 200 – 390 kg/m³ [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011]

WÄRMELEITFÄHIGKEIT: 0,06 bis 0,09 W/(mK) [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: n.b.
- stabil: n.b.
- sinkend: n.b.

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile: Baustoffklasse A1 nach DIN 4102, Teil 1, nicht brennbar

Tabelle 6-26: Zusammensetzung Calcium-Silikat Dämmstoff [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011]

Kalkhydrat [Ca(OH) ₂]	36 – 60 %
Sand [SiO ₂]	16 – 40 %
Flugasche	12 – 30 %
Silikatische Zuschläge	0 – 10 %
Wasser/Zellstoff-Suspension	0,1 %

- enthaltene Schadstoffe
 - historisch: nicht bekannt
 - aktuell: nicht bekannt

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend:
- nicht-nachwachsend: X

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal: X
- regional: X
- national: X
- international: X



Abbildung 6-13: Calcium-Silikat Platte [www.naturmat.be]

Tabelle 6-27: Einsatzgebiet und Montageart von Calcium-Silikat Dämmstoff

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				
	<i>Innen</i>			
	<i>Außen</i>			
Wand				
<i>Innen</i>	X	Verklebt Verdübelt	Schwer Hoch	
	<i>Außen</i>			
Perimeter				
<i>Wand</i>				
Bodenplatte				

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- *(Vorbereitung zur) Wiederverwendung:*
 - Aufgrund der Dauerhaftigkeit können CSP-Platten bei entsprechend zerstörungsfreiem Rückbau wiederverwendet werden
- *Stoffliche Verwertung:*
 - Nach Zermahlen ist eine stoffliche Verwertung des sortenreinen Materials als Füllstoff (z.B. für Hochtemperaturschüttdichtungen oder -dämmungen möglich). Aufgrund des erhöhten pH-Wertes können CSP nach dem Zermahlen als Abfallkalk der landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden. Bei der Aufbringung ist im Besonderen auf die Vorgaben und Ziele der oberösterreichische Gesetzgebung im Bereich Bodenschutz hinzuweisen [LGBl. Nr. 50/2006] [LGBl. 63/1997].
- *Sonstige (energetische) Verwertung:*
 - Nicht möglich (vgl. Baustoffklasse A1 „nicht brennbar“)
- *Beseitigung:*
 - Ist eine stoffliche Verwertung nicht möglich, können CSP als Bauschutt deponiert werden.

ÖKOBILANZ**DEKLARIERTE EINHEIT**

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung und Beseitigung von einem Kubikmeter durchschnittlicher CSP der Rohdichte 259 kg/m³ [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011].

SYSTEMGRENZE

Die Lebenszyklusanalyse der betrachteten Calciumsilikat-Produkte umfasst die Lebenswegabschnitte „cradle to gate“, d.h die Herstellung von Roh- und Hilfsstoffen sind ebenso berücksichtigt wie die CSP-Produktion inkl. Verpackung und Beseitigung [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011].

ERGEBNISSE/INTERPRETATION

Der Ausstoß von Kohlendioxid verursacht mit 96 % den weitaus größten Anteil am GWP einer durchschnittlichen CSP. Kleinere Beiträge leistet Methan (organische Emissionen in Luft) mit 3,5 %. Bezüglich der Verteilung in den Lebensabschnitten stellt die eigentliche CSP-Produktion mit 67 % den primären Verursacher dar, gefolgt von der Rohstoffherstellung mit 31 %. Das GWP der Rohstoffherstellung resultiert beinahe vollständig aus der Kalkhydraterzeugung, bei der große Mengen Kohlendioxid (147 kg/m^3) freigesetzt werden. (Poly-)Chlorierte organische Verbindungen machen mit 72 % den größten Teil der ozonzerstörenden Verbindungen (ODP) aus. Der restliche Anteil wird durch Halon hervorgerufen. Größter Emittent von ozonabbauenden Stoffen ist mit 71 % die Herstellung, innerhalb derer die Stromerzeugung nahezu vollständig die ozonabbauenden Emissionen verursacht. An der Versauerung (AP) sind vor allem Stickoxide und Schwefeldioxide beteiligt. Die Produktlebensphasen „Herstellung“ und „Rohstoffherstellung“ stellen auch hier mit Anteilen von 65 bzw. 30 % die primären Verursacher dar. Am Eutrophierungspotenzial (EP) sind mit 74 % zum überwiegenden Teil Stickoxide, die in die Luft emittiert werden, beteiligt. Die Herstellung stellt über die Hälfte des Eutrophierungspotenzials, vor allem bedingt durch den hohen Energiebedarf in Form von Erdgas und Strom, dar. Die Rohstoffherstellung trägt mit 41 % zur Eutrophierung bei. Dieser Anteil resultiert überwiegend aus der Zellstoff- und Kalkhydratherstellung. Wie bei den anderen Wirkkategorien leistet auch beim POCP die Herstellungsphase mit der Emission von NMVOC und NO_x den größten Beitrag. Dabei sind vor allem die Emissionen bei der Stromerzeugung und der Erdgasverbrennung als Verursacher zu nennen [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011].

Tabelle 6-28: Ergebnisse der Wirkungsabschätzung je m^3 CS-Platte [Institut Bauen und Umwelt e.V., 2011]

Auswertegröße	Einheit pro m^3	Rohstoffgewinnung	Herstellung CS-Platte	Verpackung	Gesamt
Treibhauspotenzial	[kg CO_2 -Äqv.]	160,4	325,5	18,2	504,1
Ozonabbaupotenzial	[kg CO_2 -Äqv.]	$7,6 * 10^{-6}$	$19,9 * 10^{-6}$	$1,1 * 10^{-6}$	$28,6 * 10^{-6}$
Versauerungspotenzial	[kg SO_2 -Äqv.]	0,21	0,44	0,04	0,69
Eutrophierungspotenzial	[kg PO_4 -Äqv.]	0,038	0,053	0,003	0,094
Sommersmogpotenzial	[kg Ethen-Äqv.]	0,031	0,05	0,006	0,087

Allgemein: Die Gesamtenergiebilanz bei Sanierungen im Altbaubereich ist in Abhängigkeit von der Energiekennzahl des Objektes vor der Sanierung und der eingesetzten Dämmstoffstärke in der Regel bereits ab dem 1. Jahr positiv, d.h. die eingesparte Heizenergie übersteigt die Energieaufwendungen für die Produktion des Dämmstoffs. Im Neubaubereich sind durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nur mehr geringere Einsparungen möglich.

KOSTEN

- *Dämmstoff:* nicht bekannt

- *Montage*: nicht bekannt
- *Rückbau(aufwand)*: nicht bekannt
- *Deponierung*: nicht bekannt

6.2.10 Rohrkolbenschilf-Dämmplatten

EINSATZZEITRAUM:

Dämmstoffe auf Basis von Schilf existieren seit der Frühgeschichte (vgl. Reetdächer). Ebenfalls kam Schilf als Dämmstoff für Wände (als Putzträger und Isolation) seit Jahrhunderten zum Einsatz. Als vorgefertigte normierte Dämmplatten sind Rohrkolbenschilf-Dämmstoffe eine neuartige Entwicklung.



Abbildung 6-14: Rohrkolbenschilfmatte; [Naporo Klima Dämmstoff GmbH, 2012]

DICHTE:

- 45 kg/m³ [Naporo Klima Dämmstoff GmbH, 2012]

WÄRMELEITFÄHIGKEIT:

- 0,040 W/mK [Naporo Klima Dämmstoff GmbH, 2012]

ZUKUNFTSTREND (AUFKOMMEN)

- steigend: n.b.
- stabil: n.b.
- sinkend: n.b.

ZUSAMMENSETZUNG (CHEMISCH)

- Hauptbestandteile (exakte Mengenangaben nicht verfügbar) [Naporo Klima Dämmstoff GmbH, 2012]
 - Rohrkolbenschilf
 - Polymilchsäure (PLA) als Bindemittel
 - Ammoniumsalz als Brandschutzmittel (< 1%)
- enthaltene Schadstoffe
 - historisch: nicht bekannt
 - aktuell: siehe Brandschutzmittel

VERFÜGBARKEIT DER EINGESETZTEN ROHSTOFFE:

- nachwachsend: X
- nicht-nachwachsend:

ANMERKUNG: Um nachwachsende Rohstoffe entstehen naturgemäß ständig Konflikte die durch Ansprüche unterschiedlicher Nutzungen entstehen (v.a. stoffliche Nutzung und Energiegewinnung). Aufgrund begrenzt verfügbarer Flächen ist die Produktion von Dämmstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe abhängig von natürlichen und wirtschaftlichen Schranken (vgl. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe). Durch die begrenzt verfügbaren Flächen für den Schilfanbau (v.a. Nutzungskonflikte mit Naturschutz und Erholungsgebieten) stellen Dämmstoffe aus Schilf kleinregional betrachtet eine ökologische sinnvolle Alternative dar. Eine Bereitstellung für den gesamten oberösterreichischen Markt ist ohne Importe nicht realistisch.

REGIONALITÄT/TRANSPORTWEGE:

- lokal: X
- regional: X
- national: X
- international: X

Tabelle 6-29: Einsatzgebiet und Montageart von Schafwolldämmung

	Einsatzgebiet	Montageart	Rückbaufähigkeit Sortenreinheit	Zu beachten
Dach und Decke				
Innen	X	In Hohlräume gestopft	hoch	
Außen				
Wand				
Innen	X	In Hohlräume gestopft	hoch	
Außen				
Perimeter				
Wand				
Bodenplatte				

VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

- *(Vorbereitung zur) Wiederverwendung:* bei zerstörungsfreiem Rückbau von Schilfmatten ist eine Wiederverwendung möglich
- *Stoffliche Verwertung:* Sortenrein rückgebaute Schilfmatten (ohne Verunreinigungen durch Kleber, Mörtel oder Putz) können stoffliche verwertet werden (z.B. Kompostierung)
- *Sonstige (energetische) Verwertung:* Schilfmatten bestehen aus organischem Material und können einer thermischen Verwertung zugeführt werden.
- *Beseitigung:* rückgebaute Schilfmatten dürfen aufgrund des hohen biogenen Anteils nicht ohne Vorbehandlung (z.B. biologisch-mechanische Behandlung) einer Beseitigung zugeführt werden.

ÖKOBILANZ

Eine Ökobilanzierung von Dämmstoffen aus Schilf ist derzeit nicht verfügbar.

KOSTEN

- *Dämmstoff:* nicht bekannt
- *Montage:* nicht bekannt
- *Rückbau(aufwand):* nicht bekannt
- *Deponierung:* nicht bekannt

6.3 Dämmstoffe und Wandaufbauten

Neben der stofflichen Zusammensetzung von Dämmstoffen, ist die Art und Weise der Montage von großer Bedeutung für den Rückbau nach dem Ende der Nutzungsdauer, da der eingesetzte Dämmstoff i.d.R. keine statische Funktion übernimmt, d.h. der Dämmstoff hat ausschließlich die Funktion die Energieeffizienz des Bauwerks zu optimieren. Dem gegenüber stehen Wandkonstruktionen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit statische und energetisch optimierte Eigenschaften verschränken (vgl. monolithisches Bauen). Je nach Anwendungsgebiet sind unterschiedliche Montagearten von Dämmstoffen notwendig bzw. möglich.

Generelle Überlegungen

In der Regel wird durch den Einsatz von Materialverbänden, die Recyclingfähigkeit des Bauteils „Dämmstoff“ erschwert bzw. herabgesetzt. Je nach Einsatzgebiet können schwer trennbare Materialverbände vermieden werden. Aus Sicht der Abfallwirtschaft ist homogen aufgebauten Dämmstoffen, die leicht trennbar sind, der Vorzug zu geben. Der Rückbau nach dem Ende der Nutzungsdauer wird erleichtert und die für ein stoffliches Recycling äußerst wichtige Sortenreinheit erzielt. Trotz dieser Anforderungen für ein hochqualitatives Recycling ist bei manchen Anwendungen von Dämmstoffen aus konstruktionstechnischen oder funktionellen Voraussetzungen ein schwer trennbarer Materialverbund nicht zu vermeiden.

6.3.1 Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

Im Bereich der Außendämmung kommen seit Jahren vorrangig Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zum Einsatz. Diese sind seit etwa 1965 verbreitet auf dem Markt und sind in der Regel aus drei Schichten aufgebaut:

1. Tragkonstruktion meist aus Beton oder Mauerwerk
2. Wärmedämmung aus Hartschaumplatten (meist Polystyrol) oder Mineralfaserplatten
3. Putz, meist zweilagig als Dünn- oder Dickputzsystem, jeweils mit Glasfasergewebe

Zu den Dünnputzsystemen gehören Kunstharzsysteme mit Gesamtdicken von ca. 4 - 6 mm und Kunststoffdispersions-modifizierte mineralische Systeme mit Gesamtdicken von ca. 5 - 10 mm.

Derzeit wird eine Vielzahl von Systemvarianten angeboten. Diese werden unterschieden nach:

- Verankerung an der tragenden Konstruktion
- Gewählter Dämmstoff
- Art der Befestigung

Es gibt vier Arten der Befestigung – verklebt und verdübelt mit Schienenbefestigung. Dämmmaterial und Beschichtung sind abhängig von der Verankerung. Bei einer Verklebung wird meist Polystyrol mit Kunstharzputz, mineralischem Dünn- oder Dickputz; Mineralfaserlamellen mit mineralischem Dickputz verwendet. Bei einer Verklebung und zusätzlich einer Verdübelung kommen Polystyrol mit Kunstharzputz, mineralischem Dünn- oder Dickputz sowie keramische Bekleidungen zum Einsatz [Baunetz Wissen, 2012].

Aufbau

Polystyrol findet im Bauwesen v.a. als Dämmstoff in Form von EPS- oder XPS-Dämmplatten Anwendung. Der bedeutendste Anwendungsbereich der EPS-Dämmplatten ist als Dämmung im Wärmedämmverbundsystem (WDVS). EPS-Dämmplatten werden durch Wärmebehandlung eines expandierbarem Polystyrolgranulats hergestellt wird. Dabei werden die EPS-Perlen, die ein Treibmittel (Pentan) enthalten, in Vorschäumgeräten mit Wasserdampf bei ca. 100 °C auf das 20 – 50 fache expandiert und kontinuierlich zu Platten geschäumt. Die Platten werden mit Flammenschutzmittel (Hexabromcyclododecan HBCD mit Dicumylperoxid als Synergist, ca. 1 M.-%) ausgerüstet [IBO, 2009].

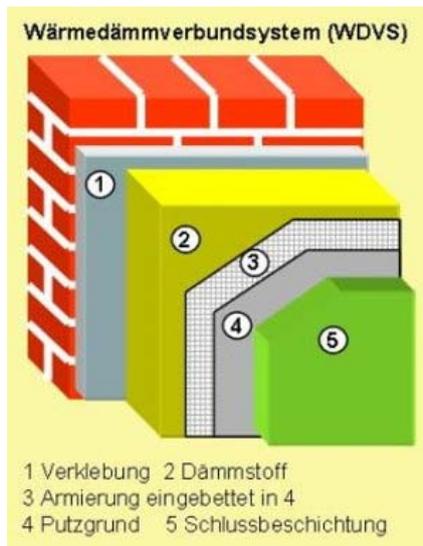


Abbildung 6-15: Aufbau Wärmedämmverbundsystem (WDVS); [Junge, 2012]

Rückbaufähigkeit

Die stoffliche Verwertung von Polystyrol durch Einschmelzen/Umschmelzen ist technisch möglich. Polystyrol-Produkte sind dafür grundsätzlich geeignet, da sich die Eigenschaften des Materials auch nach mehrmaliger Verarbeitung wenig verändern. Im Labormaßstab wurde vom Fraunhofer Instituts Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Zusammenarbeit mit der CreaCycle GmbH (Grevenbroichein) Verfahren zur werkstofflichen Wiederaufbereitung von verschmutzten EPS-Abfällen erprobt (www.ivv.fraunhofer.de). Dabei wird EPS-Abfall in einem Lösungsmittel (Glykolether) bzw. einem Gemisch mit weiteren Stoffen (Ethylencarbonat, Propylencarbonat und/oder Rapsölmethylestern) aufgelöst. Das gelöste Polystyrol kann mit einem Treibmittel gefällt werden und liegt nach der Trocknung in wiederaufschäumbarer Form vor. Eine praxistaugliche Umsetzung des Systems liegt derzeit noch nicht vor [IBO, 2009].

Sonstige Verwertung (z.B. thermische Verwertung)

Polystyrol verfügt über einen hohen Heizwert in der Größenordnung von Heizöl (Heizwert EPS: 39,9 MJ/kg, XPS: 47 MJ/kg) und ist daher für eine thermische Verwertung geeignet. Neben der Nutzung zur Energieerzeugung wird rezykliertes EPS auch als Porosierungsmittel in der Ziegelherstellung eingesetzt [IBO, 2009].

Deponierung

Aufgrund des hohen Kohlenstoffanteils ist eine Ablagerung von kunststoffbasierten Dämmstoffen auf Deponien ohne vorher gegangene thermische Behandlung nicht zulässig. Als Verunreinigung in mineralischen Baurestmassen können kunststoffbasierte Dämmstoffe auf

Deponien abgelagert werden. Gesicherte Kenntnisse über den Langzeitabbau von Polystyrol unter Deponiebedingungen existieren nicht.

6.3.2 Monolithisches Bauen

Das Ausgangsmaterial für porosierte Ziegel sind Ton und Sägemehl. Daraus werden Hohlziegel geformt und beim Brennen des Ziegels verbrennt das Sägemehl. Die dabei entstehenden Hohlräume sind für die guten Wärmedämmeigenschaften verantwortlich. Außerdem hat der Ziegel ein hohes Vermögen der Wasseraufnahme und -abgabe, ist nicht brennbar und diffusionsoffen.

Heute sind porosierte Ziegel mit einer Mächtigkeit von 50 cm der Stand der Technik. In monolithischer Bauweise lässt sich mit dem Ziegel ein U-Wertspektrum von 0,15 bis 0,20 W/m^2K erreichen [Österreichs objektive Plattform zum Thema Bauen & Wohnen, 2012].

Der Vorteil der monolithischen Bauweise liegt aus Sicht der Abfallwirtschaft in der Homogenität der eingesetzten Materialien, d.h. beim Abbruch fallen in der Regel nur mineralische Baurestmassen an, da zusätzliche Dämmmaterialien nicht benötigt werden, um die erwünschte Dämmleistung zu erreichen.

7 Ökologie und Lebenszyklus von Dämmstoffen

7.1 Grenzen der Vergleichbarkeit von Ökobilanzen

Die in Kapitel 6.2 untersuchten Ökobilanzen oder Umweltdeklarationen (Environmental Product Declaration - EPD) stehen abgeschlossen für sich und sind für einen Vergleich mit anderen Bewertungen nicht geeignet. Aus diesem Grund lassen sich auf Basis der untersuchten Ökobilanzen keine Präferenzen für den Einsatz einer gewissen Dämmstoffart ableiten. Ein nach wissenschaftlichen Maßstäben durchgeführter Vergleich der Ökobilanzen von Dämmstoffen kann nur über eine vergleichende Ökobilanz erfolgen, die Dämmstoffe nach gleichen Parametern untersucht und bewertet. Der Vergleich von unabhängig voneinander entstandenen Ökobilanzen verzerrt Ergebnisse und Aussagekraft.

Tabelle 7-1: Systemgrenzen und Wirkungskategorien der untersuchten Ökobilanzen von Dämmstoffen im Vergleich

Ökobilanz	Systemgrenze bzw. Methodik	Untersuchte Wirkungskategorien	Anmerkung
EPS	Cradle-to-grave	6 (ADP, GWP, ODP, AP, EP, POCP)	Einbau, Nutzungsphase und Rückbau unberücksichtigt
XPS	Cradle-to-grave	7 (ADP _{total} , ADP _{Elemente} , GWP, ODP, AP, EP, POCP)	Einbau, Nutzungsphase und Rückbau unberücksichtigt
PU	Input-Output Analyse	-	Nur der Produktionsprozess wird untersucht
Mineralwolle	Cradle-to-grave	6 (ADP, GWP, ODP, AP, EP, POCP)	Nur der Produktionsprozess wird untersucht
Zellulose	Cradle-to-gate	7 (PEI _e , PEI _{ne} , GWP, ODP, POCP, AP, NP)	End-of-life nicht berücksichtigt
Holzfaser	Cradle-to-gate	7 (ADP _{elem} , ADP _{fossil} , GWP, ODP, AP, EP, POCP)	Nur thermische Verwertung im Bioheizkraftwerk berücksichtigt
Hanf	Cradle-to-gate	7 (PEI _e , PEI _{ne} , GWP, ODP, POCP, AP, NP)	End-of-life nicht berücksichtigt
Schafwolle	Cradle-to-gate	7 (PEI _e , PEI _{ne} , GWP, ODP, POCP, AP, NP)	End-of-life nicht berücksichtigt
Calcium-Silikat	Cradle-to-gate	5 (GWP, ODP, AP, EP, POCP)	k.A.
Schilfrohr	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	-

Verantwortlich dafür sind die unterschiedlich gewählten Systemgrenzen (z.B. „cradle-to-cradle“, „cradle-to-gate“) und eine unterschiedliche Gewichtung und Interpretation der einzelnen Wirkungskategorien (vgl. Tabelle 7-1). Die Auswahl der Bewertungskriterien und die

Interpretation und Gewichtung der Ergebnisse obliegt dem Experten. Dadurch ergibt sich im Rahmen der Methodik einer Ökobilanz ein Ermessensspielraum.

7.2 Vergleich der Energiebilanzen von Dämmstoffen

Für eine Gegenüberstellung des Energieaufwandes für die Produktion von Dämmstoffen werden folgende Parameter berücksichtigt:

Untersuchung des gesamten Produktlebenszyklus inkl. Vorketten

- Berücksichtigung der Vorketten
- Einsatz von erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieträgern
- Transport der Ressourcen zum Produktionsstandort
- Verwertung/Beseitigung des Dämmstoffs nach Ende der Nutzungsdauer

In einer Studie aus Deutschland [Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz, 2005] konnte auf Grund der schlechten Datenlage nur der Lebenszyklus bis zum Werkstor berücksichtigt werden. Informationen über den Transport und die Phase nach Ende der Nutzungsdauer existieren in der Industrie nach Angabe der Studie nicht. Die Berücksichtigung der Vorketten in den Berechnungen des Energieaufwands für die Produktion von Dämmstoffen ist nicht bekannt. Dies kann bedeuten, dass relevante Verbräuche von Energie, die für die Bereitstellung der Rohstoffe benötigt werden, nicht Berücksichtigung findet.

Exkurs: Qualität und Vergleichbarkeit von Ökobilanzen

Laut Aussage des Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE) wird für die Berechnungen des Energieeinsatzes der Primärenergieinhalt; nicht erneuerbar (PEI_{ne}) herangezogen. Informationen über die Aufwendungen von Primärenergie; erneuerbar (PEI_e) existieren nicht. Der VDI verweist in diesem Zusammenhang auf die Tatsache, dass die Daten von Ökobilanzen nur bedingt vergleichbar sind, da Systemgrenzen unterschiedlich interpretiert werden bzw. Vorketten Berücksichtigung finden [Becker, 2012].

Ebenfalls nicht einberechnet wird der Brennwert der Dämmstoffe, falls diese nach dem Ende der Nutzungsdauer einer thermischen Verwertung zugeführt werden sollten.

Um den Energieaufwand für die Produktion von Dämmstoffen vergleichbar zu machen, wird der Energieverbrauch für die Produktion mit einem U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ berechnet. Dadurch ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Lambda-Werte verschiedene Dämmstoffstärken pro m^2 .

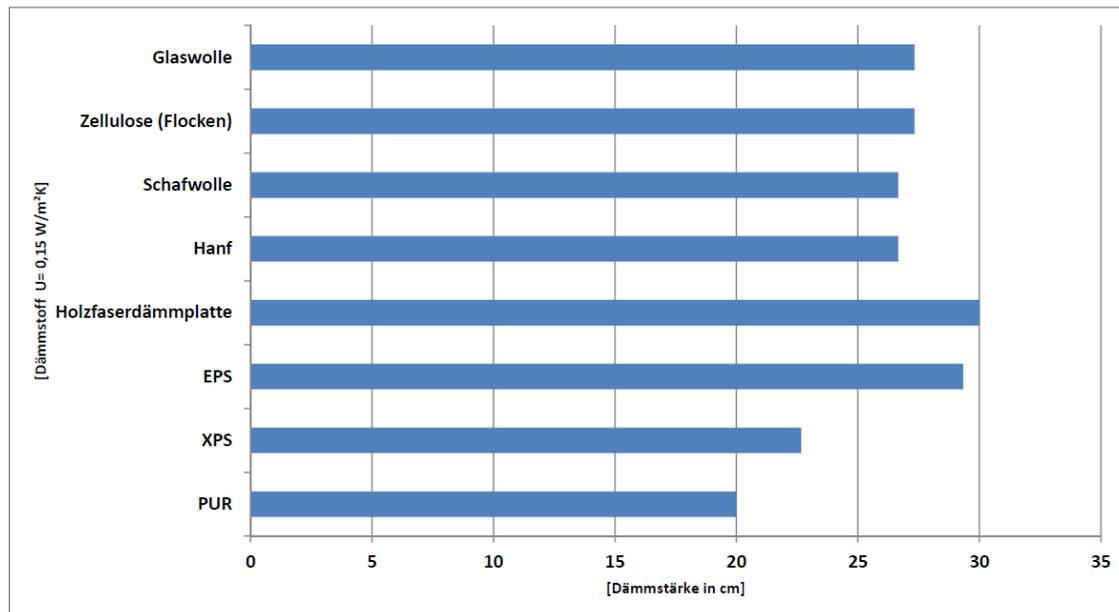


Abbildung 7-1: Für einen U-Wert = 0,15 W/m²K benötigte Dämmstoffstärken; [Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz, 2005]

Die Dämmstoffstärken, um einen U-Wert von 0,15 W/m²K zu erreichen, variieren zwischen 20 cm (PUR) und 30 cm für eine Holzfaserdämmplatte. Daraus abgeleitet ergeben sich unterschiedliche Volumina bzw. Massen von Dämmstoffen, die für eine vergleichbare Dämmleistung (U= 0,15 W/m²K) benötigt werden.

Betrachtet man ausschließlich den Energieeinsatz für die Produktion von Dämmstoffen ergibt sich folgendes Bild. Den höchsten Einsatz von Energie in der Produktion hat der Dämmstoff aus extrudiertem Polystyrol (XPS) mit 217 kWh/m². Einen ähnlich hohen Energieeinsatz weisen PUR (192 kWh/m²) und die Holzfaserdämmplatte (190 kWh/m²) auf. Der geringe Energieaufwand für die Produktion von Dämmstoff aus Zellulose ist auffällig. Es ist zu vermuten, dass in der Berechnung nur die Aufbereitung des Altpapiers eingeht, jedoch nicht die Vorkette der Produktion und der Verarbeitung zu Primärzellstoff. Eine Rückfrage bei den Verfassern der Studie ergab hier keine Klarheit [Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz, 2005].

Berücksichtigt man bei der Betrachtung der Energiebilanzen von Dämmstoffe neben dem tatsächlichen Aufwand für die Produktion noch den Brennwert ergibt sich ein differenziertes Bild. Der Brennwert der Holzfaserdämmplatte übersteigt die für die Produktion aufzuwendende Energie um fast ein Drittel. Ähnlich verhält es sich bei Schafwolle und Zellulose, die einen hohen Brennwert bei gleichzeitiger relativ geringer Produktionsenergie aufweisen. Wie bereits erwähnt konnte die Frage der Vorketten bei Produktion der Dämmstoffe nicht abschließend geklärt werden.

Bei Dämmstoffen, die aus Erdöl gewonnen werden beträgt der Brennwert im Vergleich zu Produktionsenergie in der Regel etwa die Hälfte der bei der Produktion eingesetzten Energie, d.h. bei einer thermischen Verwertung des Dämmstoffs können 47 bis 68 % der eingesetzten Energie durch den Brennwert des Dämmstoffs wieder zurück gewonnen werden.

Der Brennwert von anorganischen Dämmstoffen (v.a. Glaswolle, Steinwolle, Schaumglas, Blähperlite) ist vernachlässigbar gering bzw. nicht vorhanden. Diese Materialien gelten in der

Regel als nicht brennbar bzw. frei von Wasser/Feuchte. Anorganische Dämmstoffe (v.a. Glas- und Steinwolle) eignet sich daher für ein stoffliches Recycling. Für das Aufschmelzen der Glas- bzw. Mineralwolle muss ein hoher Energieaufwand berücksichtigt werden.

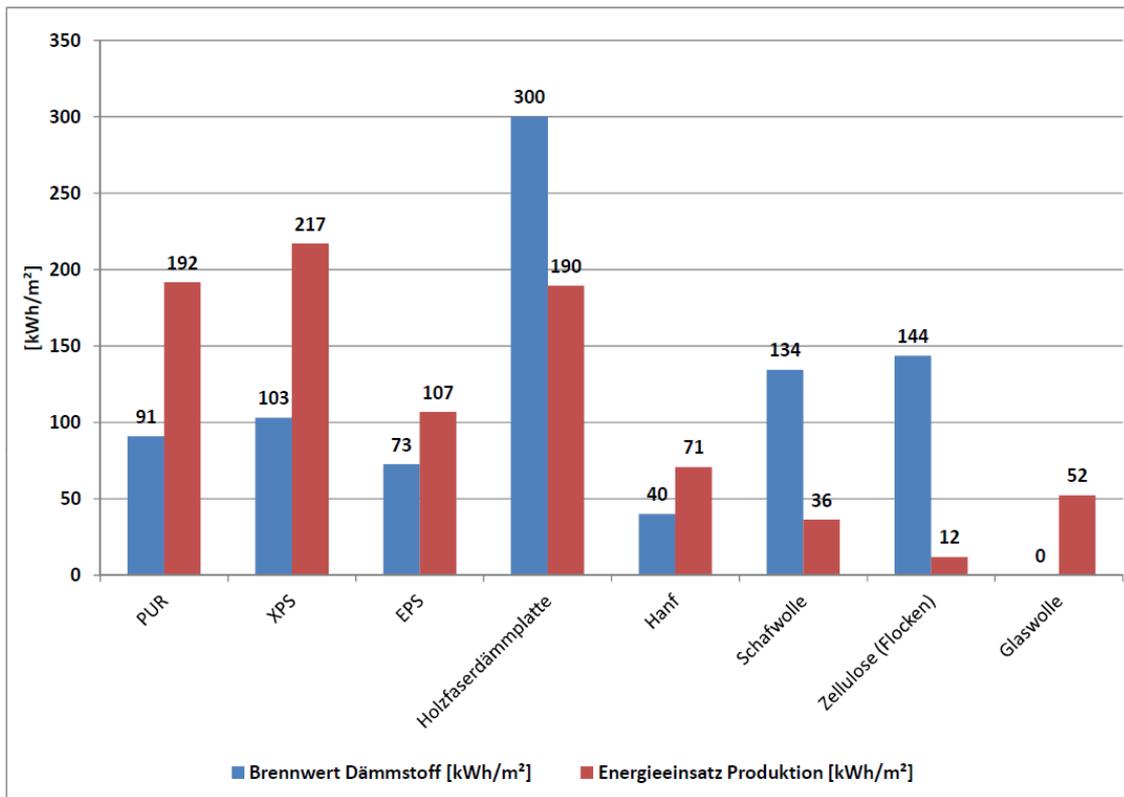


Abbildung 7-2: Vergleich des Energieeinsatzes für die Produktion mit dem Brennwert pro Dämmstoff (bei $U= 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$); [Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz, 2005]; eigene Berechnung

Für alle Dämmstoffe gilt, dass sich das Dämmen der Gebäudehülle auszahlt. In der Regel ist die Energiebilanz nach einem Jahr positiv, d.h. durch die Steigerung der Energieeffizienz durch das Anbringen einer Dämmung übersteigt nach einem Jahr die Energieeinsparung die Herstellungsenergie des Dämmstoffs.

Nicht berücksichtigt werden in dieser Betrachtung die Recycling- bzw. Verwertungsmöglichkeiten von Dämmstoffen. Je nach Montageart und Produktform können diese sehr unterschiedlich ausfallen. Daher ist auf die Recyclingfähigkeit von Dämmstoffen in Zukunft aus Sicht der Abfallwirtschaft mehr Bedacht zu legen.

7.3 Materielle Zusammensetzung von Dämmstoffen

Eine Diskussion der Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen ist in vielen Fällen eine Diskussion der in den Dämmstoffen enthaltenen Additive. Diese Additive erfüllen unterschiedliche Funktionen im Dämmstoff und sind teilweise toxikologisch relevant.

- Produktion: Betriebs- und Hilfsstoffe (Schäumungsmittel); Bindemittel
- Montage: Einsatz von Bindemitteln; Fließmittel
- Brandschutz: Einsatz von Boraten, Ammoniumphosphat oder Aluminiumsulfaten

- Schutz vor Ungeziefer/Schimmel
- Beständigkeit: Erhalt der Form und Dämmleistung des Materials (z.B. Einsatz von Phenolen in Glaswolle aus Gründen der Formbeständigkeit).

Auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen kommen in der Regel nicht ohne Additive aus. So müssen viele Dämmstoffe, die auf nachwachsenden Rohstoffen bestehen, mit Flammschutzmittel und weiteren Additiven behandelt werden, um die Beständigkeit und Leistungsfähigkeit des Materials zu garantieren.

Es ist von Vorteil, Schadstoffe aus Dämmstoffen zu entfernen (z.B. Flammschutzmittel, Bindemittel), da diese in der Wiederverwendung und -verwertung ausdiffundieren können. Im Wegebau beispielsweise können Schadstoffe aus RC-Dämmstoffen in den Boden und ins Grundwasser gelangen. Eventuelle Umweltbelastungen im Laufe des Lebenszyklus der Dämmstoffe hängen auch stark von den Zusatzstoffen und Bindemitteln in den Produkten ab. Auch führen diese oft zu einer geringen bis unmöglichen Rückbaufähigkeit der Dämmstoffe. Die Schadstoffentfrachtung würde zum Schutz des Menschen und der Umwelt beitragen, welches ein Ziel der europäischen Abfallpolitik ist.

Betrachtet man den gesamten Lebenszyklus von Dämmstoffen sind aufgrund der Ressourcenverknappung Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen eine mögliche Alternative zu erdölbasierten Dämmstoffen. Demgegenüber steht der Flächenbedarf von Dämmstoffen auf nachwachsender Basis, welcher sich in Konkurrenz zu anderen Nutzungen (v.a. Ernährung, Energie, stoffliche Verwertung) befindet (vgl. Kapitel □ Generell ist die Frage der Umweltverträglichkeit von Additiven in der Dämmstoffindustrie zu diskutieren). Durch Forschung und Entwicklung können in Zukunft eventuell umweltrelevante Additive substituiert oder auf ein Minimum reduziert werden. Erklärtes Ziel im Baubereich ist es, Dämmstoffe zu designen, die möglichst schadstofffrei, aus energetischer Sicht leistungsstark, wiederverwendbar oder wiederverwertbar sind.

Die Dämmstoffindustrie agiert in der Regel international bzw. global. Aus diesem Grund sind Marktregulierungen, die die Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen betreffen, auf internationaler bzw. globaler Ebene zu treffen. Freiwillige Selbstverpflichtungen über den gesetzlichen Rahmen hinaus können selbstverständlich von Produzenten von Dämmstoffen eigenständig umgesetzt werden.

7.4 Energie- und Ressourceneinsatz

Die Europäische Ebene

Die Implementierung des Produktlebenszyklusgedankens wird auf Europäischer Ebene durch verschiedene Strategien, Verordnungen und Richtlinien voran getrieben. Einerseits durch die Europäische Abfallrahmenrichtlinie, die von den Herstellern ein höheres Maß an Verantwortung für die erzeugten Produkte einfordert. Im Rahmen dieser erweiterten Herstellerverantwortung wird ein effizienter Ressourceneinsatz über den gesamten Lebenszyklus hinweg berücksichtigt und gefördert [Europäische Kommission, 2010]. Von Produktseite her wird durch die neue Europäische BauprodukteVO die Baubranche in Richtung Nachhaltigkeit gerückt. Bauprodukte müssen ab Mitte 2013 nicht nur technische, statische, brandschutztechnische und gesundheitliche Kriterien erfüllen, sondern es muss Bedacht auf die Recyc-

lingfähigkeit und den nachhaltigen Einsatz von Ressourcen genommen werden [Europäische Kommission, 2011a].

Die nationale österreichische Ebene

Die EU-Abfallrahmenrichtlinie wurde mit der Novelle des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes im Jahr 2011 in österreichisches Gesetz überführt.

Die regionale oberösterreichische Ebene

Direkte Eingriffe in den Produktlebenszyklus auf Basis von erlassenen Gesetzen oder Verordnungen ist in Oberösterreich nicht möglich.

Allgemeine Überlegungen zur Minimierung des Einsatzes von Energie und Ressourcen im Bereich der Produktion, Nutzung und Verwertung von Dämmstoffen.

Dem Produktlebenszyklus wird in der EU-Abfallrahmenrichtlinie Platz eingeräumt. Die Hersteller sind dazu verpflichtet, negative Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus von Produkten zu minimieren. Dabei sind vor allem folgende Prozesse relevant:

- **Extraktion von Rohstoffen** (regionale Rohstoffe verwenden, um Transportwege kurz zu halten; Flächenverbrauch und sonstige negative Umweltauswirkungen beim Abbau von Rohstoffen vermeiden).
- **Produktion** (Homogene Materialien einsetzen; Vermeidung von toxischen Substanzen; Nutzung von regenerativen Energiequellen bei der Produktion; Design for Recycling-Ansätze berücksichtigen, d.h. Verwertung des Produktes nach dem Ende der Nutzungsdauer bereits beim Produktdesign berücksichtigen; Primärrohstoffe möglichst durch Sekundärrohstoffe substituieren).
- **Transport** (Transportwege von Rohstoffe bzw. dem Produkt minimieren; Vorteil von regionalen Rohstoffen gegenüber überregionalen Rohstoffen); Auch möglichst kurze Transportwege sind ein wichtiges Kriterium zur Unterstützung regionaler Wirtschaftskreisläufe. Die meisten Rohstoffe zur Herstellung von Naturfaserdämmstoffen werden in Mitteleuropa geerntet und verarbeitet. Die Regionalität von Dämmstoffen fördert eine positive Ökobilanz des Produktes. Neben kurzen Wegen stellt die Transportdichte einen wesentlichen Faktor für umweltgerechte Transportleistungen dar. Durch das geringe spezifische Gewicht von Dämmstoffen sind der Transport zum Einbau (Neubau oder Sanierung) und der Abtransport nach dem Ende der Nutzungsdauer (Abbruch) von großer Bedeutung (Kosten- und Umweltrelevanz).
- **Einbau** (beim Einbau von Dämmstoffen bereits deren Demontage in Jahrzehnten denken; d.h. Zugänglichkeit und Trennfähigkeit beim Einbau von Dämmstoffen berücksichtigen; Auch in Hinblick auf Wartungs- und Sanierungsarbeiten); Fehlerhafte Montage setzt die Dämmleistung von Dämmstoffen stark herab, Bauschäden können die Folge sein.
- **Nutzungsphase** (Vermeidung von Schadstoffen, die während der Nutzungsphase die Bewohner des Gebäudes gefährden können → Kontaminierung der Innenraumluft durch ausgasende Substanzen; Beständigkeit des Dämmstoffs in puncto Dämmleistung, Formbeständigkeit und Widerstandskraft gegen negative Umwelteinflüsse, Feuchte, Ungeziefer).

- **Rückbau** (Berücksichtigung der Zugänglichkeit der Bauteile, Montageart und Rückbau-fähigkeit von Dämmstoffen; Verklebte Dämmstoffe, wenn möglich, vermeiden; Auf Trenn-fähigkeit zwischen Trägermaterial und Dämmstoff achten.
- **Verwertung/Beseitigung** (gemäß den Vorgaben des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG)) sind Dämmstoffe, unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte, mög-lichst einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Ist ein Recycling nicht möglich sollen Ab-fälle von Dämmstoffen thermisch verwertet werden.
- Neue gesetzliche Rahmenbedingungen – in Ausarbeitung befindliche Verordnungen (v.a. Abfallende für Baurestmassen) werden den Abbruch von Bauwerken im Allgemeinen und von Dämmstoffen im Speziellen auf eine neue Qualitätsstufe heben. Neben der Verord-nung ist die ÖNORM B 3151 „verwertungsorientierter Rückbau“ in Ausarbeitung, die den Stand der Technik beim Abbruch von Bauwerken definieren wird. Flächenbedarf für die Produktion nachwachsender Dämmstoffe

7.5 Flächennutzung in Oberösterreich

Bei einer Gesamtfläche Oberösterreichs von 1.198.500 ha stehen etwa 550.000 ha (46 % der Landesfläche) für Ackerbau und Grünlandwirtschaft zur Verfügung. Wald bedeckt ca. 490.000 ha (ca. 40 %) der Landesfläche. Auf siedlungsbezogene Nutzungsflächen (Wohn-siedlungen, Verkehrsflächen, Sondernutzungsflächen, Rohstoffgewinnungsflächen) entfallen knapp 104.000 ha (9 % der Landesfläche) [Amt der oberösterreichischen Landesregierung, 2010].

Verwertungsoptionen nachwachsender Rohstoffe

Dämmstoffprodukte auf Basis von regenerativen Rohstoffen werden derzeit verstärkt nach-gefragt bzw. gefördert. Für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen bzw. Nahrungsmit-tel stehen jedoch nur begrenzte Flächen zur Verfügung, d.h. es gibt einen steigenden Nut-zungsdruck bzw. Konkurrenzkampf zwischen unterschiedlichen Produktgruppen um be-grenzte Flächen. Um landwirtschaftliche Produkte konkurrieren zwei Hauptnutzungen [Krumphuber, 2012]:

1. Landwirtschaftliche Produkte als Nahrungsmittel für Mensch und Tier
2. Landwirtschaftliche Produkte als nachwachsender Rohstoffe für Industrie und Ener-giewirtschaft

Bei forstwirtschaftlichen Produkten entfällt der Anspruch als menschliches Nahrungsmittel. In der Industrie und in der Energiewirtschaft bestehen jedoch an forstwirtschaftlichen Produkten unterschiedliche Nutzungsansprüche (z.B.: Möbelholz, Bauholz, Zellulose für Papierproduk-tion, Brennstoff) [Krumphuber, 2012].

Die Verwertungsoptionen für nachwachsende Rohstoffe für die Industrie und Energiewirt-schaft sind in Abbildung 7-3 schematisch dargestellt. Für die industrielle Nutzung nachwach-sende Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft stehen zwei Verwertungswege offen. Einerseits die Nutzung der Ressourcen zur Energiegewinnung. Andererseits für eine stoffli-che Verwertung (v.a. Stärke, Holz/Zellulose), unter die auch die Produktion von Dämmstof-fen fällt [Schleger et al., 2005].

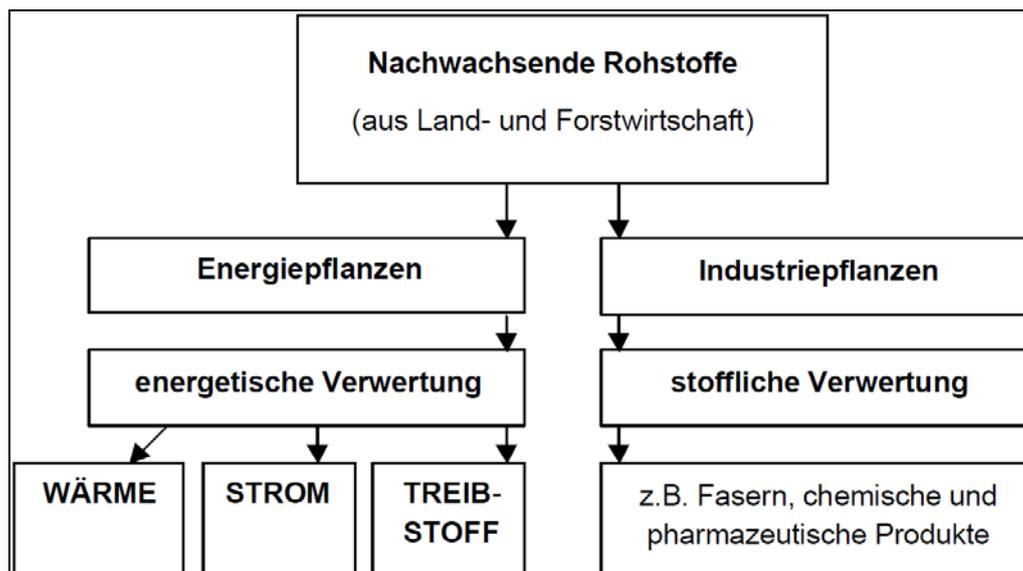


Abbildung 7-3: Verwertungsoptionen nachwachsender Rohstoffe; [Schleger et al., 2005]

Laut Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Oberösterreich sind die Flächenpotentiale in Oberösterreich mit den bestehenden Aktivitäten ausgelastet. Dies bedeutet, dass neue Nutzungen von land- und forstwirtschaftlichen Flächen (z.B. Dämmstoffherstellung) zu Lasten anderer Nutzungen (v.a. Nahrungsmittelanbau, Holzwirtschaft) gehen, da land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen nicht beliebig erweitert werden können. Eine Hierarchie der Nutzungsabwägung von land- und forstwirtschaftlichen Produkten ist ein wesentlicher Punkt der von der Oberösterreichischen Landwirtschaftskammer propagiert wird. Demnach soll die Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Produkten entlang folgender Nutzungshierarchie ausgerichtet werden [Krumphuber, 2012].

1. Teller
2. Trog
3. Tank

[Krumphuber, 2012]

Ein weiterer Punkt ist die Fragestellung, ob Flächenreserven im Bereich der Land- und Forstwirtschaft bestehen, um mögliche Nutzungskonflikte um nachwachsende Rohstoffe zu vermeiden bzw. abzufedern [Krumphuber, 2012; Schleger et al., 2005].

8 Rechtliche Rahmenbedingungen

8.1 Europäische Abfallrahmenrichtlinie

Die Neue Europäische Abfallrahmenrichtlinie [RL 98/2008/EG] gibt den Rahmen der neuen Europäischen Abfallwirtschaft vor. Zahlreiche Maßnahmen wie eine neue Abfallbehandlungshierarchie, zwingende Recycling-Quoten, Abfallvermeidungsprogramme, Einführung von Lebenszyklen, Herstellerverantwortung, verbesserte Definitionen (Abfall, Abgrenzung zu Produkt und Nebenprodukt usw.) sollen die Grundlage für eine verbesserte Abfallwirtschaft und eine Entwicklung zur Recycling-Gesellschaft bewirken. Das Abfallaufkommen soll vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Gegenüber der bisher geltenden Abfallrahmenrichtlinie enthält die neue Abfallrahmenrichtlinie folgende relevante Änderungen [Europäische Kommission, 2010]:

Die **Ziele der Richtlinie** sind:

- Schaffung einer Recycling-Gesellschaft
 - Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Abfallaufkommen
 - Reduzierung der Abfallmengen und Erhöhung der Recycling- und Wiederverwertungsquoten
 - Schaffung einer modernen Abfallbewirtschaftung
 - Klarheit und Vereinfachung in der Rechtssetzung.
- [Europäische Kommission, 2010]

Neue fünfstufige Abfallhierarchie

Wesentlich wird zukünftig die neu eingeführte fünfstufige Abfallhierarchie (bisher dreistufig) für die Behandlung von Abfällen sein. Einzelnen Mitgliedstaaten wird die Möglichkeit zugestanden, die neue Abfallhierarchie flexibel für bestimmte Abfallströme zu gestalten sofern der neue Lebenszyklusgedanke Berücksichtigung findet.

Die fünfstufige Abfallhierarchie lautet:

1. Vermeidung
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung
3. Recycling
4. Sonstige Verwertung, zB energetische Verwertung
5. Beseitigung.

[Europäische Kommission, 2010]

Herstellerverantwortung wird stärker verankert

Hersteller/Importeure von Produkten werden für die umweltgerechte Beseitigung ihrer Produkte verantwortlich sein. Mitgliedstaaten sind berechtigt, für bestimmte Produkte Rücknahmepflichten einzuführen und Abgaben einzuhoben. Sie sind auch zur Veröffentlichung von Informationen über die Wiederverwendbarkeit bzw. Recyclingfähigkeit usw. verpflichtet, soweit diese Maßnahmen das Funktionieren des Binnenmarktes nicht gefährden [Europäische Kommission, 2010].

Verwertungs- und Recyclingziele für Haushaltsabfälle, Bau- und Abbruchabfälle

Bis 2015 soll in der EU generell eine getrennte Sammlung von zumindest Papier, Metall, Kunststoffen und Glas eingeführt werden. Als weiteres Etappenziel sollen bis 2020 jeweils 50 Gewichtsprozent von Papier, Metal, Kunststoff und Glas aus Haushalten und ähnlichen Abfallströmen wieder verwendet oder recycled werden. Dadurch wird die bei Kunststoffen bisher häufig angewandte energetische Nutzung in (Mit-)Verbrennungsanlagen zurückgedrängt. Die Wiederverwendung oder das Recyceln von nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfällen ist in den Mitgliedsstaaten bis 2020 auf 70 Gewichtsprozent zu steigern [Wirtschaftskammer Österreich, 2008]. Gemäß dem BAWP 2011 werden in Österreich gegenwärtig ca. 80 % der Abfälle aus dem Bauwesen einer Verwertung zugeführt. Diese im Europäischen Durchschnitt äußerst hohe Recyclingquote für Abfälle aus dem Bauwesen kommt vor allem durch die sehr hohe Verwertungsquote im Tiefbau (> 90 %) zustande. Für den Bereich der Hochbaurestmassen existieren keine gesicherten Daten über Recyclingquoten. Schätzungen gehen im Hochbau von einer Verwertungsquote von ca. 40 bis 60 % aus.

Im Anhang IV der Abfallrahmenrichtlinie werden Beispiele für Abfallvermeidungsmaßnahmen angeführt. Ein für den Bereich der Dämmstoffe relevanter Punkt ist die Förderung von Öko-design. D.h. systematische Einbeziehung von Umweltaspekten in das Produktdesign mit dem Ziel, die Umweltbilanz des Produkts über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu verbessern.

8.2 Österreichisches Abfallwirtschaftsgesetz 2002

Die Novelle 2010 des AWG beinhaltet insgesamt 4 Schwerpunkte. Zum Einen betrifft dies die Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie. Neu ist die 5-stufige statt der 3-stufigen Abfallhierarchie, die Verpflichtung zur Erstellung eines Abfallvermeidungsprogramms, die Erweiterung der Verantwortung von Abfallerzeuger und Abfallbesitzer, die Sorgfaltspflichten bei der Übergabe von Abfällen sowie die Harmonisierung der Erlaubnispflicht für die Sammlung und Behandlung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen. Zum Anderen bestehen Änderungen im Rahmen der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen. Konkret wird die Vorabzustimmung bei bestimmten Verwertungsanlagen ermöglicht, veränderte Bestimmungen zum elektronischen Datenmanagement werden geschaffen und grenzüberschreitende Abfalltransporte ab einer gewissen Transportstrecke sollen über die Schiene erfolgen. Der dritte Schwerpunkt liegt in den notwendigen Datenschutzbestimmungen im Rahmen des Elektronischen Datenmanagements. Der letzte Schwerpunkt in der Novelle 2010 des AWG soll eine Erleichterung für EMAS-Betriebe bringen. Einerseits sollen die Änderungen zu einer Erleichterung beim Abfallwirtschaftskonzept sowie zu einer Möglichkeit der Vorabzustimmung bei Importen führen [BGBl. 35/2012, 2012].

1. Abschnitt / Allgemeine Bestimmungen / Ziele und Grundsätze

§ 1

(1) Die Abfallwirtschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass

- 1. schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden,*
- 2. die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden,*

3. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden,
 4. bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und
 5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt
- [BGBl. 35/2012, 2012].

(2) Diesem Bundesgesetz liegt folgende Hierarchie zugrunde:

1. Abfallvermeidung;
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung;
3. Recycling;
4. Sonstige Verwertung, zB energetische Verwertung;
5. Beseitigung.

[BGBl. 35/2012, 2012]

(2a) Bei Anwendung der Hierarchie gemäß Abs. 2 gilt Folgendes:

1. Es sind die ökologische Zweckmäßigkeit und technische Möglichkeit zu berücksichtigen sowie, dass die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann.
2. Eine Abweichung von dieser Hierarchie ist zulässig, wenn eine gesamthafte Betrachtung hinsichtlich der gesamten Auswirkungen bei der Erzeugung und Verwendung eines Produktes sowie der Sammlung und Behandlung der nachfolgend anfallenden Abfälle bei bestimmten Abfallströmen unter Berücksichtigung von Z 1 ergibt, dass eine andere Option das beste Ergebnis unter dem Aspekt des Umweltschutzes erbringt.
3. Nicht verwertbare Abfälle sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische, chemische oder physikalische Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände sind reaktionsarm ordnungsgemäß abzulagern.
4. Die Ausrichtung der Abfallwirtschaft hat in der Weise zu erfolgen, dass unionsrechtliche Zielvorgaben, insbesondere im Hinblick auf das Recycling, erreicht werden.

[BGBl. 35/2012, 2012]

(3) Im öffentlichen Interesse ist die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich, wenn andernfalls

1. die Gesundheit der Menschen gefährdet oder unzumutbare Belästigungen bewirkt werden können,
2. Gefahren für die natürlichen Lebensbedingungen von Tieren oder Pflanzen oder für den Boden verursacht werden können,
3. die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,
4. die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,
5. Brand- oder Explosionsgefahren herbeigeführt werden können,
6. Geräusche oder Lärm im übermäßigen Ausmaß verursacht werden können,
7. das Auftreten oder die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden können,
8. die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder
9. Orts- und Landschaftsbild erheblich beeinträchtigt werden können.

[BGBl. 35/2012, 2012]

2. Abschnitt: Abfallvermeidung und -verwertung

Ziele der nachhaltigen Abfallvermeidung

§ 9. Durch die Verwendung von geeigneten Herstellungs-, Bearbeitungs-, Verarbeitungs- und Vertriebsformen, durch die Entwicklung geeigneter Arten und Formen von Produkten und durch ein abfallvermeidungsbewusstes Verhalten der Letztverbraucher sollen die Mengen und die Schadstoffgehalte der Abfälle verringert und zur Nachhaltigkeit beigetragen werden. Im Rahmen des technisch und wirtschaftlich Möglichen sind daher insbesondere

1. Produkte so herzustellen, zu bearbeiten, zu verarbeiten oder sonst zu gestalten, dass die Produkte langlebig und reparaturfähig sind und die nach ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung verbleibenden Abfälle erforderlichenfalls zerlegt oder bestimmte Bestandteile

- getrennt werden können und dass die Abfälle, die Bestandteile oder die aus den Abfällen gewonnenen Stoffe weitgehend verwertet (einschließlich wiederverwendet) werden können,
2. Vertriebsformen durch Rücknahme- oder Sammel- und Verwertungssysteme, gegebenenfalls mit Pfandhebung, so zu gestalten, dass der Anfall von zu beseitigenden Abfällen beim Letztverbraucher so gering wie möglich gehalten wird,
 3. Produkte so zu gestalten, dass bei ihrer Herstellung, ihrem Ge- und Verbrauch und nach ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung unter Berücksichtigung der relevanten Umweltaspekte keine Beeinträchtigungen der öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3) bewirkt werden, insbesondere möglichst wenige und möglichst schadstoffarme Abfälle zurückbleiben, und
 4. Produkte so zu gebrauchen, dass die Umweltbelastungen, insbesondere der Anfall von Abfällen, so gering wie möglich gehalten werden [BGBl. 35/2012, 2012].

§ 15. Abs 2. Vermischungs- und Vermengungsverbot

Das Vermischen oder Vermengen eines Abfalls mit anderen Abfällen oder Sachen ist unzulässig, wenn

1. abfallrechtlich erforderliche Untersuchungen oder Behandlungen erschwert oder behindert werden,
2. nur durch den Mischvorgang
 - a. abfallspezifische Grenzwerte oder Qualitätsanforderungen oder
 - b. anlagenspezifische Grenzwerte in Bezug auf die eingesetzten Abfälle eingehalten werden oder
3. dieser Abfall im Widerspruch zu § 1 Abs. 3 behandelt oder verwendet wird [BGBl. 35/2012, 2012].

Die gemeinsame Behandlung von verschiedenen Abfällen oder von Abfällen und Sachen in einer Anlage gilt jedenfalls dann nicht als Vermischen oder Vermengen im Sinne dieser Bestimmung, wenn diese Behandlung für jeden einzelnen Abfall zulässig ist. Das gemeinsame Sammeln von verschiedenen Abfallarten oder von Abfällen derselben Art mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten ist dann zulässig, wenn keine chemische Reaktion zwischen den Abfällen auftritt und die gemeinsame Verwendung oder Behandlung entsprechend den genannten Kriterien zulässig ist.

8.3 Durchführungsverordnungen zum AWG 2002

8.3.1 Abfallnachweisverordnung 2003

Mit 1. Jänner 2004 ist die Abfallnachweisverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 618/2003 vom 30.12.2003) in Kraft getreten, welche die bisherige Abfallnachweisverordnung aus dem Jahre 1991 ersetzt [BGBl. II Nr. 618/2003, 2003].

Regelungsinhalte der Abfallnachweisverordnung 2003 [BGBl. II Nr. 618/2003, 2003]

- Allgemeine Aufzeichnungspflicht (§ 2)
- Vereinfachte Aufzeichnungen (§ 3)
- Meldepflicht für Abfallerzeuger betreffend gefährliche Abfälle (§ 4)
- Begleitscheinsystem (§ 5)
- Handhabung der Begleitscheine (§ 6)
- Meldepflicht des Übernehmers (§ 7)
- Meldepflicht für die innerbetriebliche Behandlung (§ 8)
- Transporte zwischen verschiedenen Standorten eines Abfallbesitzers (§ 9)
- Projekte zum elektronischen Datenmanagement (§ 10)
- Übergangsbestimmung für Begleitscheinformulare (§ 11, siehe auch § 5 Abs. 2)
- Anhang 1: Verwertungs- und Beseitigungsverfahren
- Anhang 2: Begleitscheinformular

Die Abfallnachweisverordnung verpflichtet den Abfallbesitzer Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von Abfällen Aufzeichnungen zu führen. Die Abfallart wird durch Angabe des Abfallcodes (vgl. Abfallverzeichnisverordnung) durchgeführt [BGBl. II Nr. 618/2003, 2003].

8.3.2 Abfallverzeichnisverordnung

Die Abfallverzeichnisverordnung (BGBl. II Nr. 570/2003, geändert durch BGBl. II Nr. 89/2005 und BGBl. II Nr. 498/2008) ist mit 1. Jänner 2004 in Kraft getreten. Mit der Abfallverzeichnisverordnung wird ein einheitliches Verzeichnis für gefährliche und nicht gefährliche Abfälle normiert [Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), 2011].

Mit 31. Dezember 2008 ist die Novelle der Abfallverzeichnisverordnung, BGBl. II Nr. 498/2008, in Kraft getreten. Hauptinhalt der Novelle ist der Entfall des Umstiegs auf das Europäische Abfallverzeichnis. Das Abfallverzeichnis umfasst die Abfallarten, die in Punkt 5 Tabelle 1 der ÖNORM S 2100 "Abfallverzeichnis", ausgegeben am 1. Oktober 2005, aufgelistet sind, mit den in der Anlage 5 der Verordnung angeführten Änderungen [Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), 2011]

Dämmstoffe fallen unter folgende Kategorie:

17 *BAU- UND ABBRUCHABFÄLLE (EINSCHLIESSLICH AUSHUB VON VERUNREINIGTEN STANDORTEN)*

17 06 *Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe*

17 06 01 *Dämmmaterial, das Asbest enthält (gefährlicher Abfall)*

17 06 03 *anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält (gefährlicher Abfall)*

17 06 04 *Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt*

[Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), 2011]

Durch die Abfallverzeichnisverordnung werden Dämmstoffe nach deren Funktion zu einer Kategorie zusammengefasst, ohne Berücksichtigung der materiellen Zusammensetzung. Unterschieden werden Dämmstoffe mit oder ohne gefährliche Inhaltsstoffe. Hierin unterscheidet sich die Baurestmassentrennverordnung, die die Trennung von Baurestmassen nach Materialklassen (inkl. Mengenschwellen) vorsieht.

Das Amt der Oö. Landesregierung bezieht die Aufzeichnungspflichten für Baurestmassen (vgl. Kapitel 8.7) auf die Baurestmassentrennverordnung. Dadurch können Angaben über Aufkommen und Verbleib von Baurestmassen statistisch nur ungenügend erhoben werden.

8.3.3 Baurestmassentrennverordnung

Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien [BGBl. Nr. 259/1991]. Auf Grund der §§ 11 Abs. 3 und 17 des Abfallwirtschaftsgesetzes, BGBl. Nr. 325/1990, wird hinsichtlich des § 11 Abs. 3 dieses Bundesgesetzes im Einvernehmen mit dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten verordnet:

§ 1. (1) Wer die Ausführung einer Bau- oder Abbruchtätigkeit im Rahmen eines Bauvorhabens veranlasst, hat aus den dabei anfallenden Materialien folgende Stoffgruppen zu trennen, sofern die nachstehend angeführten Mengenschwellen je Stoffgruppe überschritten werden:

Stoffgruppen Mengenschwelle

Bodenaushub	20 t
Betonabbruch	20 t
Asphaltaufruch	5 t
Holzabfälle	5 t
Metallabfälle	2 t
Kunststoffabfälle	2 t
Baustellenabfälle	10 t
mineralischer Bauschutt	40 t

(2) Eine Trennung dieser Stoffgruppen (Abs. 1) hat entweder am Anfallort oder in Behandlungsanlagen zu erfolgen. Die Trennung ist so vorzunehmen, dass eine Verwertung der einzelnen Stoffgruppen möglich ist.

§ 2. Als Nachweis des Abfallanfalles gemäß § 1 gelten insbesondere die im § 3 Abs. 2 der Abfallnachweisverordnung, BGBl. Nr. 65/1991, genannten Aufzeichnungen.

§ 3. Wenn die in § 1 Abs. 1 erfassten Materialien keiner Verwertung zugeführt werden können oder nachweislich eine Verwertung insbesondere durch lange Transportwege mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist, ist eine Behandlung gemäß § 1 Abs. 2 Z 3 des Abfallwirtschaftsgesetzes vorzunehmen.

§ 4. Gefährliche Abfälle und Altöle sind bei der Ausführung von Bau- oder Abbruchtätigkeiten jedenfalls von den nicht gefährlichen Abfällen gemäß § 1 Abs. 1 zu trennen und so zu lagern und zu behandeln sind, dass Beeinträchtigungen im Sinne des § 1 Abs. 3 des Abfallwirtschaftsgesetzes vermieden werden.

§ 5. Diese Verordnung tritt mit 1. Jänner 1993 in Kraft.

[BGBl. Nr. 259/1991, 1991]

8.3.4 Abfallende-Verordnung für Baurestmassen

Gemäß § 5 AWG 2002 kann das Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser für Abfälle unter bestimmten Voraussetzung das Abfallende definieren [BGBl. 35/2012, 2012]:

Soweit eine Verordnung gemäß Abs. 2 nicht anders bestimmt, gelten Altstoffe so lange als Abfälle, bis sie oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden. Im Falle einer Vorbereitung zur Wiederverwendung im Sinne von § 2 Abs. 5 Z 6 ist das Ende der Abfalleigenschaft mit dem Abschluss dieses Verwertungsverfahrens erreicht.

[BGBl. 35/2012, 2012]

Zur Erlangung des Abfallendes für Altstoffe sind folgende Kriterien zu erfüllen:

1. Die Sache üblicherweise für diesen bestimmten Verwendungszweck eingesetzt wird

2. *Ein Markt dafür existiert,*
3. *Qualitätskriterien, welche die abfallspezifischen Schadstoffe berücksichtigen, insbesondere in Form von technischen und rechtlichen Normen oder anerkannten Qualitätsrichtlinien, vorliegen und*
4. *Keine höhere Umweltbelastung und kein höheres Umweltrisiko von dieser Sache ausgeht als bei einem vergleichbaren Primärrohstoff oder einem vergleichbaren Produkt aus Primärrohstoff.*

Eine Verordnung gemäß Abs. 2 hat entsprechend den Erfordernissen des Umweltschutzes insbesondere folgende Punkte zu enthalten:

1. *die Konkretisierung (Beschreibung) der Sache;*
2. *die Festlegung der Verwendungszwecke für den Anwendungsbereich der Verordnung;*
3. *die Festlegung von Qualitätskriterien entsprechend einem Produkt oder einem Rohstoff oder die Einhaltung von Anforderungen für einen Herstellungsprozess;*
4. *die Begrenzung abfallspezifischer Schadstoffe;*
5. *die Art des Nachweises und der Nachweisführung in Abhängigkeit der Qualitätskriterien und*
6. *unter Berücksichtigung der Abfallart und der Verwendungszwecke Art, Form und Umfang der Aufzeichnungen gemäß Abs. 5 und Art, Form, Umfang und Übermittlung der Meldungen gemäß Abs. 4 und 5.*

[BGBl. 35/2012, 2012]

Für (mineralische) Baurestmassen ist derzeit eine Abfallende-Verordnung in Ausarbeitung. Mit dem Abschluss der Arbeiten wird für das Jahr 2012 gerechnet. Es ist zu erwarten, dass für die Qualitätsklassen A+ und A (nach BRV-Richtlinien) das Abfallende für Baurestmassen festgesetzt wird.

8.4 AbfallbehandlungspflichtenVO für Baurestmassen

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser kann Mindeststandards für die Sammlung, Lagerung und Behandlung von einzelnen Abfallfraktionen definieren. Derzeit existieren Abfallbehandlungspflichtenverordnungen für:

- Elektro- und Elektronik-Altgeräte
- Batterien und Akkumulatoren
- Lösemittel, lösemittelhaltige Abfälle, Farb- und Lackabfälle
- Verletzungsgefährdende, medizinische Abfälle
- Amalgamreste
- PCB-haltige elektrische Betriebsmittel und sonstige PCB-haltige Abfälle

Für 2012 ist in Anlehnung an die Abfallende-Verordnung ebenfalls eine Abfallbehandlungspflichten-Verordnung für Baurestmassen in Ausarbeitung. Diese Verordnung legt in Zukunft fest, welche Mindeststandards bei der Aufbereitung von Baurestmassen anzuwenden sind.

Ist der Abfallbesitzer zu einer entsprechenden Behandlung nicht berechtigt oder imstande, hat er gemäß § 15 Abs. 5 AWG 2002 die Abfälle einem zur Sammlung oder Behandlung Berechtigten so zu übergeben, dass Beeinträchtigungen der öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3 AWG 2002) vermieden werden.

8.5 Deponieverordnung 2008

In der Deponieverordnung 2004 werden Anforderungen an das Deponieren von Baurestmassen auf Basis der EU-Deponierichtlinie vorgeschrieben. Darin befinden sich Regelungen zur Eingangskontrolle und die Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen. Baurestmassen werden auf dem Deponietyp „Baurestmassendeponie“ abgelagert, welche Anforderungen bezüglich Standsicherheit, Deponiebasisdichtung, Basisentwässerung mit freier Sickerwasservorflut und Oberflächenabdeckung unterliegt [BGBl. II Nr. 49/2004, 2004].

In der Deponieverordnung 2008 werden die Deponietypen an die europäischen Deponieklassen angepasst. Der Deponietyp „Inertstoffdeponie“ wird in Österreich neu eingeführt. Mit der Deponieverordnung 2008 gelten auch Baurestmassendeponien als Deponien für nicht gefährliche Abfälle. Der TOC-Grenzwert verbleibt bei 5 %, es werden jedoch zusätzliche Ausnahmen dazu angeführt [BGBl. 35/2012, 2012].

8.6 Bundesabfallwirtschaftsplan 2011

Der größte Teil der Abfälle aus dem Bauwesen stammt aus dem Abbruch, dem Umbau und der Sanierung von Bauwerken (ca. 90 %). Nur etwa 10 % stammen direkt aus dem Neubau. Dämmstoffe fallen unter die Kategorie Baustellenabfälle (kein Bauschutt), unter die auch Gipskarton, Steine, Kunststoffrohre, Verschnitte verschiedener Baustoffe sowie Verbundmaterialien zugeordnet werden. Diese machen etwa 300.000 t (davon 96.000 t stofflich bzw. thermisch verwertet) von insgesamt 6.870.000 t aus. Um die Aufbereitung der Abfälle gewährleisten zu können, ist die getrennte Sammlung unerlässlich. Laut Abfall-Rahmenrichtlinie müssen bis 2020 nicht gefährliche Bau- und Abbruchabfälle im Ausmaß von 70 % wiederverwendet bzw. recycelt werden. Daher schreibt die „Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien“ in Abhängigkeit von bestimmten Mengenschwellen eine Trennung der anfallenden Stoffströme vor. Diese Mengenschwelle (z.B. Kunststoffe 2 t) wird in Bezug auf Dämmstoffe isoliert betrachtet beim Abbruch von Einfamilienhäusern kaum überschritten. Die anfallenden Mengen von Dämmstoffen sind zu gering bzw. Dämmstoffe im Gegensatz zu mineralischem Material ein geringes Gewicht aufweisen. Im Jahr 2011 wurden rund 510.000 Tonnen nicht rezyklierbare Abfälle aus dem Bauwesen auf Grund der Inhomogenität der Abfallströme deponiert. Maßnahmen zur Förderung der Verwertung von Baurestmassen sind z.B. die Erstellung eines Abfallkonzeptes, die Durchführung einer Schadstofferkundung oder auch ein verwertungsorientierter Rückbau [BMLFUW, 2011].

8.7 OÖ Abfallwirtschaftsgesetz 2009 - Oö. AWG 2009

Seit der Novelle zum Oö. Abfallwirtschaftsgesetz ist in Oberösterreich eine Meldepflicht für beim Abbruch von Gebäuden anfallenden Baurestmassen obligatorisch. Dadurch können Aufkommen und Verbleib von Baurestmassen statistisch erfasst werden. Für Dämmstoffe im Speziellen gilt, soweit kein gefährlicher Abfall vorliegt, keine Pflicht für eine getrennte Sammlung. Dämmstoffe werden aufgrund des vorliegenden Materials den jeweiligen Materialkategorien zugeordnet und möglichst einer Verwertung zugeführt. Ein stoffliches Recycling ist durch die Inhomogenität innerhalb der Materialklassen (z.B. Kunststoffabfälle) schwer umsetzbar [LGBl. Nr. 71/2009].

VI. ABSCHNITT

BAURESTMASSEN

§14

Aufgaben der Bezirksabfallverbände

(7) Personen, die ein Abbruchvorhaben veranlassen sind unverzüglich nach der Meldung der Gemeinde über die Möglichkeiten der ordnungsgemäßen Behandlung der angefallenen Baurestmassen zu informieren.

§ 21

Meldeverpflichtungen

(1) Die Gemeinden haben die nach baurechtlichen Bestimmungen anzeige- oder bewilligungspflichtigen sowie die von Amts wegen angeordneten Abbruchvorhaben

1. nach Rechtskraft eines baubehördlichen Abbruchbescheids oder

2. im Fall der Nichtuntersagung der Ausführung des Bauvorhabens im baubehördlichen Anzeigeverfahren dem Bezirksabfallverband unverzüglich zu melden.

(2) Personen, die die Ausführung eines nach baurechtlichen Bestimmungen anzeige- oder bewilligungspflichtigen Abbruchvorhabens veranlassen, haben die Mengen des angefallenen Abbruchmaterials und deren Verbleib dem Bezirksabfallverband unverzüglich nach Beendigung des Abbruchvorhabens zu melden [LGBI. Nr. 71/2009].

8.8 Oberösterreichischer Landesabfallwirtschaftsplan 2011

In OÖ wurden im Jahr 2009 rund 3,51 Mio. t Abfälle aus dem Bauwesen gemeldet. Die mineralischen Bauabfälle machten davon 1,05 Mio. t aus, Bodenaushub rund 2,4 Mio. t. Von den weiteren Bauabfällen z.B. Baustellenabfälle und Abbruchholz fielen rund 0,10 Mio. t an, wovon 34 % sortiert, 29 % deponiert und 37 % thermisch behandelt wurden. Die registrierte Gesamtmenge bei den Bauabfällen ist zwischen 1999 - 2009 um 69 % angestiegen (aufgrund der besseren Aufzeichnungen im Laufe der Zeit). Der größte Teil der Bauabfälle aus dem Hochbau (ohne Bodenaushub) stammt aus Abbrüchen, der geringere Teil aus Neu- und Umbauten. Bei der Registrierung der anfallenden Massen und Beseitigungswege in der oö. Abfallwirtschaft gibt es noch große Lücken. Im Sinne der Umsetzung der Bundesverordnung über die Trennung von Bauabfällen von 1991 wurden in den letzten Jahren Meldungen über Mengen und Behandlungswege von den Abbruchwerbern eingefordert. Diese betreffen größere bewilligungs- und anzeigepflichtige Abbruchvorhaben nach der Oö. Bauordnung 1994. In OÖ wurden 2008 insgesamt 301 Abbrüche gemeldet. Insbesondere Betreiber von stationären Behandlungsanlagen klagen über eine mangelnde Auslastung ihrer Kapazitäten. Das Angebot für die Übernahme von Kleinmengen von Bauabfällen in den Altstoffsammelzentren wurde in den letzten Jahren wesentlich verbessert. Der Einsatz qualitätsgesicherter Recycling-Baustoffe (Gütesiegel) insbesondere im Hochbau, hat sich erst im geringen Umfang etabliert [Amt der Oö Landesregierung, 2011].

Maßnahmen, die die Oö. Landesverwaltung durchführen möchte, sind die Verbesserung der Datenlage über den Anfall, die Erfassung und Behandlung von Bauabfällen über Abbruchmeldungen auf Bezirks- und Landesebene sowie die aktuelle Recyclingquote für Baurestmassen bis 2015 zu erheben und im Hinblick auf die Vorgaben der EU-Abfallrahmenrichtlinie

zu evaluieren. Des Weiteren soll auf Bezirksebene geprüft werden, ob ausreichende Kapazitäten für die Sammlung und Behandlung von Baurestmassen zur Verfügung stehen. Auch soll die Übernahme von Bauabfall-Kleinmengen in den kommunalen Sammeleinrichtungen gewährleistet bzw. ausgebaut werden, wodurch illegale Ablagerungen vermindert werden sollen. Zusätzlich soll durch Öffentlichkeitsarbeit und Vorbildwirkung der öffentlichen Hand die Verwendung von aufbereiteten, qualitätsgesicherten Baurestmassen gefördert werden. Schließlich soll in Ausschreibungen von öffentlichen Bauleistungen Recyclingbaustoffe als Alternative zu den herkömmlichen Primärbaustoffen verstärkt berücksichtigt werden [Amt der Oö Landesregierung, 2011].

8.9 Oö. Baurecht

In Österreich ist die Bauordnung auf Bundesländerebene geregelt. Demnach existieren neun unterschiedliche Regelungen in Österreich, die zwar dasselbe Themengebiet umfassen, aber aufgrund von regionalen Unterschieden und unterschiedlich gewachsenen Strukturen verschiedene Ausprägungen im gesetzlichen Rahmen zulassen.

Allen österreichischen Bauordnungen ist jedoch gemein, dass beim Abbruch eines Bauwerks eine Bewilligungs- oder Anzeigepflicht vorliegt, wobei Inhalt und Umfang der Information an die Behörde nach Bundesland unterschiedlich sind.

Bei einem Abbruch eines Bauwerks steht an erster Stelle die Entledigungsabsicht des Eigentümers. Diese Absicht muss der Besitzer mittels eines Antrags bei der zuständigen Verwaltungsbehörde mit dem Ersuchen um Bewilligung deklarieren. Hier ist die Schnittstelle zwischen Baurecht und Abfallrecht zu erkennen. Der Abbruchbescheid wird von der Baurechtsbehörde ausgestellt. Die Ausprägungen/Anforderungen des Baurechts haben demnach Einfluss auf die in der Abfallwirtschaft anfallenden Baurestmassen.

Das Baurecht fällt nach Artikel 15 Abs. 1 Bundes-Verfassungsgesetz (B-VG) in den selbständigen Wirkungsbereich der Länder. Die Vollziehung des Baurechts fällt überwiegend in den eigenen Wirkungsbereich der Gemeinden („örtliche Baupolizei“) und damit in die Zuständigkeit des Bürgermeisters. Grundsätzlich gilt, dass die Verletzung baurechtlicher Vorschriften verwaltungsbehördlich strafbar ist. Anwendbare Verfahrensvorschrift ist das AVG (mit Modifikationen) und das VStG [Rechtsfreund, 2010].

Im Folgenden werden die entsprechenden Auszüge aus der Landesbauordnung taxativ angeführt

Oberösterreichische Bauordnung 1994

§ 24 Bewilligungspflichtige Bauvorhaben

Folgende Bauvorhaben bedürfen einer Bewilligung der Baubehörde (Baubewilligung), soweit die §§ 25 und 26 nichts anderes bestimmen:

[..]

der Abbruch von Gebäuden (Gebäudeteilen) oder sonstigen Bauten gemäß Z. 2 oder Teilen hiervon, wenn sie an der Nachbargrundgrenze mit anderen Gebäuden zusammengebaut sind;

[LGBL. Nr. 66/1994, 1994]

§ 25 Anzeigepflichtige Bauvorhaben

(1) *Folgende Bauvorhaben sind der Baubehörde vor Beginn der Bauausführung anzuzeigen (Bauanzeige), soweit § 26 nichts anderes bestimmt:*

[...]

12. *der Abbruch von Gebäuden, soweit er nicht nach § 24 Abs. 1 Z. 4 einer Bewilligung bedarf*

[...]

[LGBL. Nr. 66/1994, 1994]

§ 26 Bewilligungs- und anzeigefreie Bauvorhaben

Weder einer Baubewilligung noch einer Bauanzeige bedürfen die in den §§ 24 und 25 nicht angeführten Bauvorhaben; dies gilt insbesondere für 1.den Einbau von Sanitärräumen und den sonstigen Innenausbau von bestehenden Gebäuden, soweit er nicht unter § 24 Abs. 1 Z. 1 oder unter § 25 Abs. 1 Z. 3 fällt; 2.Baustelleneinrichtungen, wie Bauhütten, für die Dauer der Bauausführung (§ 38 Abs. 2 bis 4, § 39 Abs. 1); 3.Bauvorhaben, die in Entsprechung eines baubehördlichen Auftrages ausgeführt werden; 4.Stützmauern und freistehende Mauern bis zu einer Höhe von 1,50 Meter über dem jeweils tiefer gelegenen Gelände; Einfriedungen, soweit sie nicht unter § 25 Abs. 1 Z. 14 fallen; Wild- und Weidezäune; 5.Pergolen;

6.Spielhäuschen und ähnliche Einrichtungen auf Kinder- und Jugendspielplätzen, soweit diese überhaupt als bauliche Anlagen gelten und nicht schon gemäß § 1 Abs. 3 Z. 14 ausgenommen sind;

7.Schwimm-und sonstige Wasserbecken mit einer Tiefe bis zu 1,50 Meter und einer Wasserfläche bis zu 35 m²; 8.bauliche Anlagen der im § 25 Abs. 1 Z. 7 genannten Art, soweit sie die dort angegebenen Abmessungen (Fläche, Höhe) nicht erreichen; 9.Fahrsilos mit Umfassungswänden bis zu 1,50 Meter Höhe; 10.Folientunnels ohne Feuerungsanlagen.

[LGBL. Nr. 66/1994, 1994]

§ 28

Baubewilligungsantrag

[..]

(2) *Dem Antrag auf Baubewilligung sind anzuschließen:*

[..]

2. beim Neu-, Zu- und Umbau sowie beim Abbruch von Gebäuden die Zustimmung des Grundeigentümers oder der Miteigentümer, wenn der Bauwerber nicht Alleineigentümer ist; die Zustimmung der Miteigentümer ist dann nicht erforderlich, wenn es sich um Zu- oder Umbauten innerhalb einer selbständigen Wohnung, einer sonstigen selbständigen Räumlichkeit oder auf einem damit verbundenen Teil der Liegenschaft im Sinn des § 1 des Wohnungseigentumsgesetzes oder des § 2 Wohnungseigentumsgesetz 2002 handelt.

[LGBL. Nr. 66/1994, 1994]

8.10 Europäische BauprodukteVO

Mit 1. Juli 2013 tritt die neue Europäische Bauprodukte-Verordnung [Nr. 305/2011] in Kraft, welche die bestehende Verordnung aus dem Jahr 1989 [89/106/EWG] ersetzt. Gegenüber der sehr allgemein und offen formulierten Verordnung aus dem Jahr 1989 enthält die neue Bauprodukte-Verordnung auch Kriterien aus Sicht der Abfallwirtschaft bzw. der Ressourcenschonung [Europäische Kommission, 2011b].

Gemäß Anhang 1 werden folgende Anforderungen an ein Bauwerk gestellt [Europäische Kommission, 2011b]:

Bauwerke müssen als Ganzes und in ihren Teilen für deren Verwendungszweck tauglich sein, wobei insbesondere der Gesundheit und der Sicherheit der während des gesamten Lebenszyklus der Bauwerke involvierten Personen Rechnung zu tragen ist. Bauwerke müssen diese Grundanforderungen an Bauwerke bei normaler Instandhaltung über einen wirtschaftlich angemessenen Zeitraum erfüllen.

1. *Mechanische Festigkeit und Standsicherheit*
2. *Brandschutz*
3. *Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz*

Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass es während seines gesamten Lebenszyklus weder die Hygiene noch die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, Bewohnern oder Anwohnern gefährdet und sich über seine gesamte Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung noch bei Nutzung oder Abriss insbesondere durch folgende Einflüsse übermäßig stark auf die Umweltqualität oder das Klima auswirkt

4. *Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung*
5. *Schallschutz*
6. *Energieeinsparung und Wärmeschutz*
7. *Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen*

Das Bauwerk muss derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden und insbesondere Folgendes gewährleistet ist:

- a. *das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile müssen nach dem Abriss wiederverwertet oder recycelt werden können;*
- b. *das Bauwerk muss dauerhaft sein;*
- c. *für das Bauwerk müssen umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden.*

[Europäische Kommission, 2011b]

Für Bauprodukte ist gemäß BauprodukteVO (Anhang IV) eine technische Leistungserklärung für im Bauwesen eingesetzte Produkte zu erstellen. Die Leistungsbeschreibung deklariert die wesentlichen Merkmale eines Bauproduktes (Auswahl):

1. *Verweis auf den Produkttyp*
2. *System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (gem. Anhang V)*
3. *Hinweis auf harmonisierte verwendete Normen*
4. *Hinweis auf spezifische technische Normen*
5. *Verwendungszweck des Bauproduktes*
6. *Liste der wesentlichen Merkmale des Bauprodukts*
7. *Leistung von zumindest einem wesentlichen Merkmal des Bauprodukts*
8. *Leistung des Bauprodukts nach Stufen oder Klassen*

[Europäische Kommission, 2011b]

(§ 15)

Bei der Bewertung der Leistung eines Bauprodukts sollten auch die Gesundheits- und Sicherheitsaspekte im Zusammenhang mit seiner Verwendung während seines gesamten Lebenszyklus berücksichtigt werden [Europäische Kommission, 2011b].

8.11 ChemOzonschichtVO

Die Verordnung sieht Verbote und Begrenzungen von der Herstellung und dem Inverkehrbringen von ozonschädigenden Substanzen („geregelter Stoffe“) vor. Weiters unterliegt die Rückgewinnung und die Behandlung von solchen Stoffen dieser Verordnung. Artikel 22 regelt die Rückgewinnung und Zerstörung bereits verwendeter geregelter Stoffe und von Produkten die diese Stoffe enthalten [ChemOzonSchichtV, 2006]:

(2) *Geregelte Stoffe und Produkte, die diese Stoffe enthalten, werden **nur mit Hilfe der in Anhang VII aufgeführten zugelassenen Technologien zerstört**, oder im Falle von nicht in diesem Anhang genannten geregelten Stoffen mit Hilfe der umweltverträglichsten Zerstörungstechnologien, die keine übermäßigen Kosten verursachen, sofern der Einsatz dieser Technologien mit den gemeinschaftlichen und einzelstaatlichen Rechtsvorschriften über Abfälle vereinbar ist und die zusätzlichen Anforderungen dieser Rechtsvorschriften eingehalten werden. [...]*

(4) *Geregelte Stoffe, die in anderen als den in Absatz 1 genannten Produkten und Einrichtungen enthalten sind, werden mit Hilfe der in Absatz 2 genannten Technologien zwecks Zerstörung, Recycling oder Aufarbeitung zurückgewonnen, soweit dies technisch und wirtschaftlich machbar ist, oder werden mit Hilfe der in Absatz 2 genannten Technologien ohne vorherige Rückgewinnung zerstört.*

*Die Kommission erstellt einen Anhang zu dieser Verordnung, in dem die **Produkte und Einrichtungen aufgelistet** sind, für die die Rückgewinnung von geregelten Stoffen oder die Zerstörung von Produkten und Einrichtungen ohne vorherige Rückgewinnung von geregelten Stoffen **als technisch und wirtschaftlich machbar** gilt, wobei sie, soweit angemessen, die anzuwendenden Techniken angibt. Zur Unterstützung jedes Entwurfs einer Maßnahme zur Erstellung dieses Anhangs wird eine vollständige wirtschaftliche Bewertung von Kosten und Nutzen beigefügt, die den jeweiligen Gegebenheiten der Mitgliedstaaten Rechnung trägt.“*

[ChemOzonSchichtV, 2006]

Gemäß Anhang VII werden für „Verdünnte Quellen“ die Technologien „Verbrennung von festem Siedlungsabfall“ sowie „Verbrennung im Drehrohrofen“ genehmigt. „Verdünnte Quellen“ werden dort wie folgt definiert:

„Als verdünnte Quellen gelten in der Grundmasse eines Feststoffes (z.B. Schäumen) enthaltene ozonabbauende Stoffe“

[ChemOzonSchichtV, 2006]

Damit werden also explizit Technologien für die Zerstörung (H)FCKW haltiger Dämmstoffe **genannt**, welche als technisch und wirtschaftlich machbar gelten [ChemOzonSchichtV, 2006].

8.12 Zusammenfassung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Der Einsatz von Dämmstoffen im Neubau und bei Sanierungen ist über Landesgesetze geregelt. Für den Einbau von Dämmstoffen kommt das öö. Baurecht zur Anwendung. Für die Verwertung oder Beseitigung von Dämmstoffen wird neben dem Bundesabfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) das Öö. Abfallwirtschaftsgesetz angewendet. Beide Gesetzesmaterien behandeln zwar das gleiche Produkt, jedoch in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen und haben darum unterschiedliche Aufgaben und Ziele definiert. Für das Baurecht sind der ordnungsgemäße Einbau und die Funktionalität des Bauteils (in diesem Fall die Energieeffizienz) von Vorrang. Die Abfallwirtschaft ist dafür verantwortlich die (Bau)produkte nach dem Ende der Nutzungsdauer bestmöglich zu verwerten oder zu entsorgen. Belange der Abfallwirtschaft, die zu einer verbesserten Verwertung von Bauprodukten führen, werden vom Baurecht nicht berücksichtigt, da dies nicht im ursächlichen Aufgabengebiet des Baurechts liegt. Hier muss die Politik steuernd eingreifen, um eine inhaltliche Verschränkung bzw. ge-

genseitige Berücksichtigung der beiden Rechtsmaterien umzusetzen. Dadurch können Dämmstoffe über den gesamten Lebenszyklus gesehen optimiert angewendet und verwertet/entsorgt werden.

9 Anforderungen an Dämmstoffe aus Sicht der Abfallwirtschaft

9.1 Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft

Europäische Ebene

Ein relevantes Ziel der EU-Abfallrahmenrichtlinie ist, nachteilige Auswirkungen der Abfallerzeugung und –bewirtschaftung auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu minimieren. Daneben stehen die Steigerung der Ressourceneffizienz sowie die Umsetzung der neuen 5-stufigen Abfallhierarchie im Vordergrund. Das Verursacherprinzip, die erweiterte Herstellerverantwortung sowie der Ausbau von Rückhol- und Sammelsystemen sollen zudem Instrumente darstellen, um Erzeugnisse/Produkte zu fördern, die während ihres gesamten Lebenszyklus, einschließlich Reparatur, Wiederverwendung und Demontage sowie Recycling eine effiziente Ressourcennutzung berücksichtigen. Durch die Rücknahme von Erzeugnissen und Abfällen, die anschließende Bewirtschaftung und die finanzielle Verantwortung der Hersteller wird das Ziel der „Recyclinggesellschaft“ schon bei der Produktion von Erzeugnissen wie bspw. Dämmstoffen gefördert. Eine zusätzliche Maßnahme der erweiterten Herstellerverantwortung kann die verpflichtende Informationsbereitstellung sein, inwieweit das Produkt (z.B. Dämmstoff) wiederverwendbar und rezyklierbar ist. Des Weiteren schlägt die EU-Abfallrahmen-RL vor, Maßnahmen zu setzen, die mehrfach verwendbare, technisch langlebige und verwertbare Güter fördert. Auch die 70 % Recyclingquote von Bau- und Abbruchabfällen bis zum Jahr 2020 (gem. EU-Abfallrahmen-RL) ist für die Forcierung von rezyklierfähigen, rückbaufähigen Dämmstoffen relevant. Welche nationalen zulässigen Maßnahmen gesetzt werden, um die Ziele der Rahmenrichtlinie zu erreichen, kann jedes EU-Mitgliedsland in seinem Hoheitsgebiet selbst regeln.

Nationale österreichische Ebene

Durch die Novelle des Bundes-Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) werden die Vorgaben der EU-Abfallrahmenrichtlinie in österreichisches Gesetz überführt. Darüber hinaus sind weitere Gesetze und Verordnungen in Ausarbeitung, die die verbesserte Aufbereitung und Nutzung von Baurestmassen zum Ziel haben. Die AbfallbehandlungspflichtenVO für Baurestmassen und die AbfallendeVO zielen darauf ab, die Rückbaufähigkeit, Trennung und Recyclingfähigkeit zu fördern.

Regionale oberösterreichische Regelung

Die Gesetzgebung der Europäischen Union und auf österreichischer Bundesebene bilden den gesetzlichen Rahmen für die Nutzung von Baurestmassen (und Dämmstoffen als ein Teil davon). Regionalspezifische Maßnahmen zu einer verstärkten Ressourcenschonung im Bauwesen aus Sicht der Abfallwirtschaft sind im Oö Abfallwirtschaftsplan 2011 zusammengefasst, u.a. sind dies

Ziele:

- Verringerung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen.
- Minimierung der Umweltbelastung durch Transporte.
- Verbesserung der Information über die Möglichkeit des Einsatzes von qualitätsgesicherten, aufbereiteten Baurestmassen.

- Steigerung des Einsatzes qualitätsgeprüfter Recycling-Baustoffe bei öffentlichen Bauvorhaben.
[Amt der Oö Landesregierung, 2011]

Maßnahmen:

- Verbesserung der Datenlage über den Anfall, die Erfassung und Behandlung von Bauabfällen über Abbruchmeldungen gemäß § 21 Oö. AWG auf Bezirks- und Landesebene.
- Die aktuelle Recyclingquote für Baurestmassen ist bis 2015 zu erheben und im Hinblick auf die Vorgaben der EU-Abfallrahmenrichtlinie zu evaluieren.
- Umsetzung eines Vorbildprojektes nach Abschluss der Studie "EnBa -Entwicklung einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen" bis 2015.
- Auf Bezirksebene ist zu prüfen, ob ausreichende Kapazitäten für die Sammlung und Behandlung von Baurestmassen zur Verfügung stehen.
- Gewährleistung bzw. Ausbau der Übernahme von Bauabfall-Kleinmengen in den kommunalen Sammeleinrichtungen, wodurch illegale Ablagerungen vermindert werden sollen.
- Förderung der Verwendung von aufbereiteten, qualitätsgesicherten Baurestmassen durch Öffentlichkeitsarbeit und Vorbildwirkung der öffentlichen Hand.
- In den Ausschreibungen von öffentlichen Bauleistungen sollen Recyclingbaustoffe als Alternative zu den herkömmlichen Primärbaustoffen verstärkt berücksichtigt werden.
[Amt der Oö Landesregierung, 2011]

9.2 Umweltauswirkungen entlang des Produktlebenszyklus

Zur Minimierung der Umweltauswirkungen von Dämmstoffen sind alle Lebenszyklusphasen des Produktes zu optimieren. Bereits bei der Konzeption eines Produktes soll neben einer optimierten Nutzungsphase auch bereits die Verwertung („design for recycling“) bzw. die Beseitigung („design for disposal“) mit eingeplant werden. Der Hersteller des Produktes übernimmt dadurch Verantwortung für sein Produkt und überträgt die Beseitigungskosten (externe Kosten) nicht (gänzlich) auf den Endkunden bzw. die Gesellschaft. Ähnlich anderen Abfallfraktionen sind Sammel- und Rückholssysteme für Produkte (hier: Dämmstoffe) nach dem Ende der Nutzungsdauer denkbar (vgl. Elektroaltgeräte; Verpackungen). Im Fall der Elektroaltgeräte verpflichtet sich die Industrie/Wirtschaft ihre Produkte nach dem Ende der Nutzungsdauer wieder zurück zu nehmen. Materialkreisläufe können so geschlossen werden.

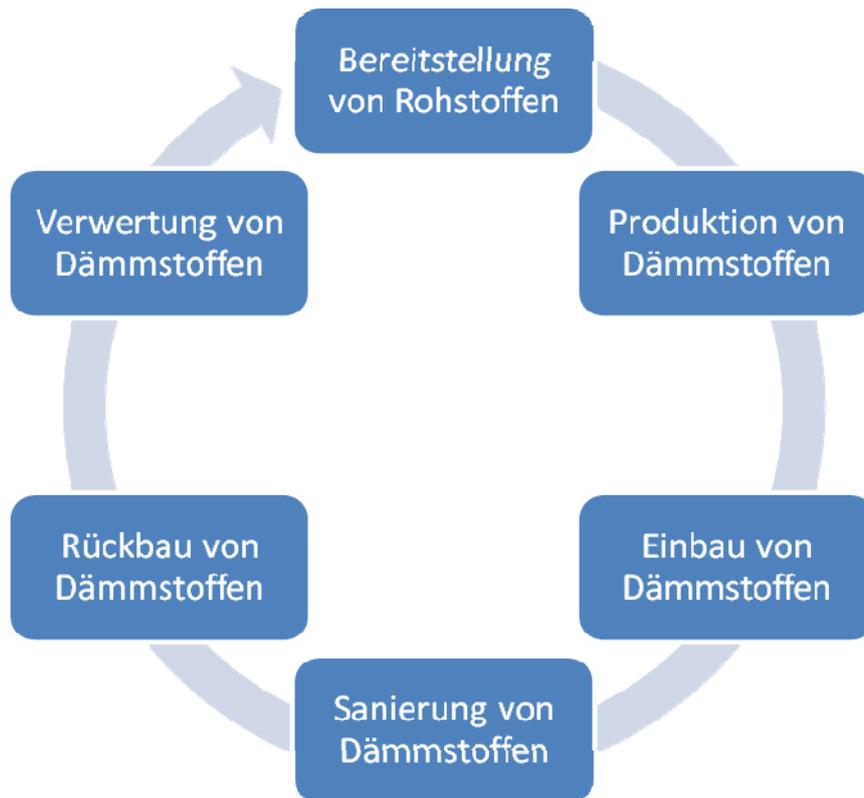


Abbildung 9-1: Produktlebenszyklus von Dämmstoffen

Bereitstellen von Rohstoffen

Der Dämmstoff der Zukunft soll im Sinne einer Kreislaufwirtschaft in allen Lebenszyklusphasen möglichst umweltverträglich sein. Aus heutiger Sicht ist eine vollkommene Substituierung der Dämmstoffe auf Kunststoffbasis nicht wahrscheinlich. Grund dafür sind die geringen Kosten für erdölbasierte Dämmstoffe. Im Gegenzug wird der Anteil an regenerativen Dämmstoffen in den nächsten Jahren stetig steigen, aber vermutlich Nischenprodukte bleiben. Ein Grund dafür sind Nutzungskonflikte mit anderen Branchen (v.a. Nahrungsmittelindustrie, Energiewirtschaft).

Bei der Verwertung von mineralischen und erdölbasierten ist darauf zu achten, dass sich über Produktkreisläufe hin keine Schadstoffe im Produkt anreichern. Das Rezyklieren von mineralischen Rohstoffen schont Abbaufächen, spart Deponievolumen und trägt daher auch zu einer Ökologisierung der Dämmstoffe bei.

Produktion von Dämmstoffen

Bei der Produktion von Dämmstoffen ist darauf zu achten, dass es zu einem minimalen Schadstoffeintrag kommt. Die Grundbestandteile von Dämmstoffen sind meist frei von Schadstoffen. Aus Gründen des Brandschutzes und der Feuchtebeständigkeit werden jedoch Additive beigesetzt, die negative Umweltauswirkungen haben (z.B. bromierte Brandschutzmittel, FCKW).

Neben der Vermeidung von Schadstoffen sind schwer lösliche Materialverbände zu vermeiden, da dadurch die Recyclingfähigkeit herab gesetzt werden kann. Durch die neue Europäische BauprodukteVO wird bei der Inverkehrsetzung von neuen Bauprodukten mehr auf die Nachhaltigkeit von Produkten für die Bauwirtschaft Wert gelegt. Neben Kriterien, wie der Standhaftigkeit von Bauwerken, wird in der neuen BauprodukteVO auch auf die gesteigerte

ökologische Wertigkeit von Baustoffen verwiesen. Im Speziellen soll verstärkt auf die Recyclingfähigkeit und Nachhaltigkeit geachtet werden. Umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe sollen zum Einsatz kommen [vgl. Kap 8.10]. Nachdem Inkrafttreten ist zu evaluieren, welche Konsequenzen (z.B. Steigerung der Umweltverträglichkeit von Bauwerken und Bauprodukten) durch die Europäische BauprodukteVO sich eingestellt haben. Der Begriff der „Umweltverträglichkeit“ ist in der Verordnung jedoch nicht exakt definiert und ermöglicht dadurch einen Ermessensspielraum bei der der Auslegung für die Baustoffindustrie.

Planung von Bauwerken - Einbau von Dämmstoffen

Beim Einbau von Dämmstoffen ist auf die Trennfähigkeit bzw. die Sortenreinheit zu achten. Dem losen Verlegen ist der Vorzug vor anderen Montagemöglichkeiten zu geben. Verklebte Dämmstoffe bzw. unlösbare Materialverbände sind nach dem Ende der Nutzungsdauer schwerer zu separieren, die Verwertbarkeit wird dadurch eingeschränkt.



Abbildung 9-2: Lose verlegte XPS-Platten auf Umkehrdach; [www.xps-daemmung.de]

Abfälle aus Verschnitten sollen sortenrein gesammelt und wenn verfahrenstechnisch möglich, wieder in den Produktionsprozess zurück geführt werden. Eine Beseitigung von Verschnitten über die Fraktion „Baustellenabfälle“ ist zu vermeiden. Beim Zuschnitt von Dämmstoffen ist darauf zu achten, dass möglichst wenige Abfälle (z.B. EPS-Reste) unkontrolliert auf der Baustelle verfrachtet werden.

Alternativen: Verwendung von reversiblen vorgehängten Dämmfassadenplatten



Abbildung 9-3: Vorgehängte Porenlüftungsfassade aus natürlichen Materialien; [Böhm et al., 2010]



Abbildung 9-4: "Aktive Gebäudehülle" [Schankula Architekten, 2012]

Zur besseren Information über eingesetzte Materialien und Verarbeitungsmethoden werden Gebäudematerialinformationssystemen konzipiert bzw. entwickelt. Diese Gebäudeinformationssysteme (trivial: „Gebäudepass“) begleiten ein Bauwerk über die gesamte Nutzungsdauer, d.h. bei der Planung werden die relevanten Materialeigenschaften der eingesetzten Baustoffe gespeichert, bei Sanierungen ergänzt und stehen nach dem Ende der Nutzungsdauer dem Abbruchunternehmen bzw. der Abfallwirtschaft zur Verfügung. Durch die verbesserte Informationslage werden die Schadstofferkundung und der verwertungsorientierte Rückbau erleichtert. Die Erstellung eines Abfallkonzeptes nach dem Ende der Nutzungsdauer wird gleichfalls erleichtert. Die Erstellung eines Gebäudepasses ist Teil des Maßnahmenbündels „Vermeidung von Baurestmassen“ im Zuge des Abfallvermeidungsprogrammes im Bundes-

abfallwirtschaftsplan 2011. Neben dem Gebäudepass sind abfallarmes Bauen und die Nutzungsverlängerung von Gebäuden bzw. der selektive Rückbau/Urban mining/Re-Use von Bauteilen Inhalt des Abfallvermeidungsprogrammes im Bauwesen.

Sanierung von Dämmstoffen

Bei der Sanierung von Dämmstoffen ist darauf zu achten, dass vor Jahren oder Jahrzehnten eingesetzte Dämmstoffe besondere Herausforderungen für das Abbruchunternehmen und die Abfallwirtschaft bereitstellen können. In früheren Jahrzehnten eingesetzte Baustoffe, aber auch Dämmstoffe können Materialien oder Stoffe enthalten, die nach heutigen Standards als gesundheits- und/oder umweltgefährdend eingestuft werden. Ein Beispiel für solche Baustoffe ist Asbest, welches in schwachgebundener Form (z.B. Spritzasbest) und in stark gebundener Form (z.B. Asbestzementplatten) bis Anfang der 1990er Jahre im Bauwesen verbreitet eingesetzt wurde. Im Bereich der Dämmstoffe sind vor allem kunststoffbasierte Dämmstoffe zu nennen (v.a. XPS-Platten und PU-Sandwichelemente), die mit Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) geschäumt wurden. FCKW ist ein klimaschädliches Gas, welches über die Jahre aus dem Dämmstoff diffundiert, aber auch in Teilen bis zum Abbruch im Material verbleibt und deswegen mit spezieller Vorsicht rückgebaut werden muss. Durch eine mechanische Beanspruchung beim Abbruch oder Sanierung können Schadstoffe (FCKW) aus dem Dämmstoff entweichen und ihre klimaschädliche Wirkung entfalten, d.h. bei einer Schadstofferkundung vor Abbruch- oder Sanierungstätigkeiten muss geklärt werden, ob Verdachtsfälle bestehen, die auf FCKW-geschäumte Dämmstoffe rückschließen lassen. Werden solche Dämmstoffe identifiziert müssen diese fachgerecht, d.h. zerstörungsfrei rückgebaut werden, um das noch vorhandene klimaschädliche Gas nicht entweichen zu lassen.

Die gegenwärtig oft praktizierte Aufdoppelung von neuen auf bestehende Dämmstoffe (v.a. bei Fassadendämmungen) ist kritisch zu hinterfragen, denn die Beseitigungsproblematik wird nur verzögert (durchschnittliche Nutzungsdauer von Dämmstoffen ca. 25 bis 50 Jahre). Darüber hinaus entstehen Materialverbände, die schwer trennbar und daher kaum recyclingfähig sind.

Exkurs: Minimierung von negativen Auswirkungen von Dämmstoffen während der Nutzungsphase

Die Funktionsweise von Fassadendämmung bringt es mit sich, dass aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit weniger Energie für die Trocknung der Fassadenoberfläche zur Verfügung steht. Dies führt zu Verfärbungen, die das Erscheinungsbild von Fassaden stören. Durch den Einsatz von auswaschbaren Bioziden im Putz bzw. Anstrichfarben wird dieser ungewollten Entwicklung entgegen gewirkt. Die Wirkung der eingesetzten Biozide lässt mit den Jahren nach. Eine Erneuerung des Fassadenschutzes muss daher in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Die ausgewaschenen Biozide gelangen über das Regenwasser in die Gewässer mit damit verbundenen möglichen ökotoxikologischen Folgen [Burkhardt, 2006].



Abbildung 9-5: Von Algen und Pilzen befallene sanierungsbedürftige Wärmedämmfassade; [Burkhardt, 2006]

Rückbau von Dämmstoffen

Aus Sicht der Abfallwirtschaft ist die Rückbau- und Trennfähigkeit von Dämmstoffen ein relevantes Kriterium, um die Nachhaltigkeit von Dämmstoffen bewerten zu können. Durch die eine sortenreine Trennung ist es erst möglich, nicht nur Verschnitte zu verwerten, sondern auch Dämmstoff-Abfälle aus der Sanierung und/oder Abbruchtätigkeiten. Aus diesem Grund ist es notwendig, schon beim Einbau darauf zu achten Dämmstoffe so zu montieren, dass die Dämmwirkung und Rückbaufähigkeit optimal aufeinander abgestimmt sind. Im Sinne der Rückbaufähigkeit von Dämmstoffen ist folgende Hierarchie zu beachten:

1. lose Verlegung von Dämmstoffen
2. Verdübeln/verschrauben von Dämmstoffen
3. Verkleben von Dämmstoffen

Rückbau und Wiederaufbereitung lose eingebauter Dämmstoffe sind im Regelfall ohne größeren Aufwand möglich (z.B. lose eingeblasene Zellulose, Hanf, Holzfasern, Mineralwolle etc.). Auch eine thermische Verwertung wegen des hohen Heizwertes biogener Dämmstoffe ist möglich und sinnvoll. Die Trennung und Wiederaufbereitung sämtlicher großflächig verklebter und gedübelter Wärmedämmverbundsysteme erfordert einen höheren Aufwand und findet in der Praxis deshalb kaum statt. Um einen Recycling-Markt für Dämmstoffe etablieren zu können, ist neben der Wirtschaftlichkeit der Produktion ein geringer Schadstoffgehalt sowie eine möglichst hohe Sortenreinheit notwendig.



Abbildung 9-6: Gemischt anfallende Dämmstoffe bei Abbrucharbeiten [Quelle: RMA]



Abbildung 9-7: Sortenreine Sammlung Glaswolle [Quelle: RMA]

Daher sind Dämmstoffe getrennt von mineralischem Bauschutt zu sammeln, um die Qualität der mineralischen Baurestmassen nicht zu beeinträchtigen. Das Separieren von lose verlegten Dämmmaterialien (z.B. Dämmplatten auf Umkehrdach) stellt keine Herausforderung an den Rückbau dar, z.B. verklebte Wärmedämmverbundsysteme sind schwer rezyklierbar, da unterschiedliche Materialien (z.B. Dämmstoff, Kleber, Armierungsnetz, Putz) Verwendung finden. Darüber hinaus sind Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) mit Dübeln verankert. Der Rückbau wird dadurch teilweise erschwert bzw. verteuert. Für den Rückbau von WDVS sind neue Technologien zu entwickeln bzw. bestehende zu adaptieren (z.B. das Abtragen des WDVS mittels Putzfräse und Absaugung).



Abbildung 9-8: Putzfräse Biber; [Die Putzfräse GmbH, 2012]

Ein großes Hindernis für eine wirtschaftliche Verwertung von Dämmstoffen ist die geringe Transportdichte von Dämmstoffen. Für EPS-Dämmstoffe wurde in Deutschland ein System entwickelt, um Abfälle auf der Baustelle direkt zu verflüssigen. Eine Volumensreduktion um den Faktor 50 ist dadurch möglich [Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, 2005].

Exkurs: ÖNORM B 3151: „Verwertungsorientierter Rückbau“

Derzeit existiert keine genormte Regelung zur Durchführung eines verwertungsorientierten Rückbaus („Stand der Technik“). Der Abbruch von Gebäuden wird derzeit vor allem über den ArbeitnehmerInnenschutz (Baukoordinierungsgesetz und BauarbeiterInnenschutzverordnung) geregelt. In diesen Gesetzen ist festgelegt, welche Maßnahmen zum Schutz von ArbeitnehmerInnen und Anrainer getroffen werden müssen. Angaben zum Schutz der Umwelt bzw. zur Steigerung des verwertungsorientierten Rückbaus sind derzeit nicht zwingend vorgesehen, d.h. der Abbruch von Gebäuden, ob verwertungsorientiert durchgeführt oder im Stile einer Demolierung ausgeführt, obliegt dem Bauherren als Auftraggeber bzw. dem Wissen und technischen Verständnis des ausführenden Betriebes. Unter dem hohen Kostendruck und der Komplexität der Thematik ist davon auszugehen, dass in Österreich der verwertungsorientierte Rückbau derzeit nicht nach dem Stand der Technik durchgeführt wird. Aus Sicht der Abfallwirtschaft ist die gegenwärtige Ausarbeitung einer technischen Norm zum verwertungsorientierten Rückbau zu begrüßen. Die Norm wird eine verpflichtende Schadstofferkundung vor Abbrucharbeiten und das Erstellen eines Abfallkonzeptes ab definierten Schwellen (z.B. Bruttorauminhalt des Gebäudes) vorgeben. Die Norm wird nach Auskunft des zuständigen Ministeriums durch eine ebenfalls in Ausarbeitung befindliche Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft für verbindlich erklärt werden und wird dadurch einen relevanten Beitrag zur Erreichung der Ziele der EU-Abfallrahmenrichtlinie im Bereich der Abfälle aus dem Bauwesen leisten.

Verwerten von Dämmstoffen (heute und morgen)

Gemäß den Zielen und Grundsätzen des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG 2002 idF 9/2011) ist die Abfallwirtschaft im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit auszurichten. Schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf die Umwelt durch umweltrelevante Emissionen sollen vermieden werden. Des Weiteren soll dem schonenden Umgang mit Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) Rechnung getragen werden. Nach dem Ende der Nutzungsdauer sollen Produkte, wenn sie zum Abfall geworden sind, bestmöglich verwertet oder beseitigt werden, damit für nachfolgende Generationen kein Gefährdungspotential geschaffen wird.

Diese Ausrichtung gilt in dieser Konsequenz naturgemäß auch für Dämmstoffe, die das Ende der Nutzungsdauer erreicht haben und zum Abfall geworden sind. Um aus Sicht der Abfallwirtschaft den Umgang mit Dämmstoffen nachhaltig auszurichten, sind unterschiedliche Ansätze möglich und denkbar. Die Abfallhierarchie, welche im Abfallwirtschaftsgesetz verankert ist, gibt hier eine Reihenfolge der Maßnahmen vor:

- **Abfallvermeidung;**
 - Maßnahmen zur Vermeidung von Abfällen aus Dämmstoffen greifen bei neu in Verkehr gesetzten Dämmstoffen.
 - Im Sinne einer Abfallvermeidung sollen in Zukunft Dämmstoffe entwickelt und produziert werden, die in Bezug auf die Umweltverträglichkeit über den gesamten Lebenszyklus hinweg optimiert sind.
 - Einsatz von konstruktiven Wand- und Deckenelementen, die ohne zusätzliches Dämmmaterial auskommen (z.B. Einsatz von Hochleistungsziegeln), ohne die Vorgaben der Energieeffizienz zu missachten.
 - Entwicklung von zerstörungsfrei rückbaubaren Dämmelementen, die für eine Wiederverwendung geeignet sind

- **Vorbereitung zur Wiederverwendung;**
 - Entwicklung von zerstörungsfrei rückbaubaren Dämmelementen, die für eine Wiederverwendung geeignet sind

- **Recycling;**
 - Entwicklung von rezyklierbaren Dämmstoffen, durch Vermeidung von schwer löslichen Materialverbänden (Design for Recycling)
 - Bei derzeit anfallenden Abfällen von Dämmstoffen ist auf eine Aufbereitung nach dem Stand der Technik zu achten, damit verwertbare Materialien möglichst in den Produktionsprozess zurück geführt werden können.
 - Etablierung von Sammel- und Logistikkonzepten, um Dämmmaterialien bestmöglich in den Produktionsprozess rückführen zu können.

- **Sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung;**
 - Optimierte Nutzung der in Dämmstoffen gespeicherten Energie (z.B. Dämmstoffe sollen möglichst frei von Schadstoffen und/oder Störstoffen sein, um eine thermische Verwertung nicht zu gefährden.

• **Beseitigung**

- Dämmstoffe sollen so konzipiert sein, dass eine Beseitigung möglichst geringe negative Umweltauswirkungen hat.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine nachhaltige Nutzung von Dämmmaterialien vor allem durch eine ganzheitliche Betrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg erfolgen muss. Neben der Frage der Energieeffizienz soll die ökologische Bewertung von Dämmstoffen um das Kriterium der Ressourceneffizienz (Materialinput bzw. Flächennutzung) ergänzt werden.

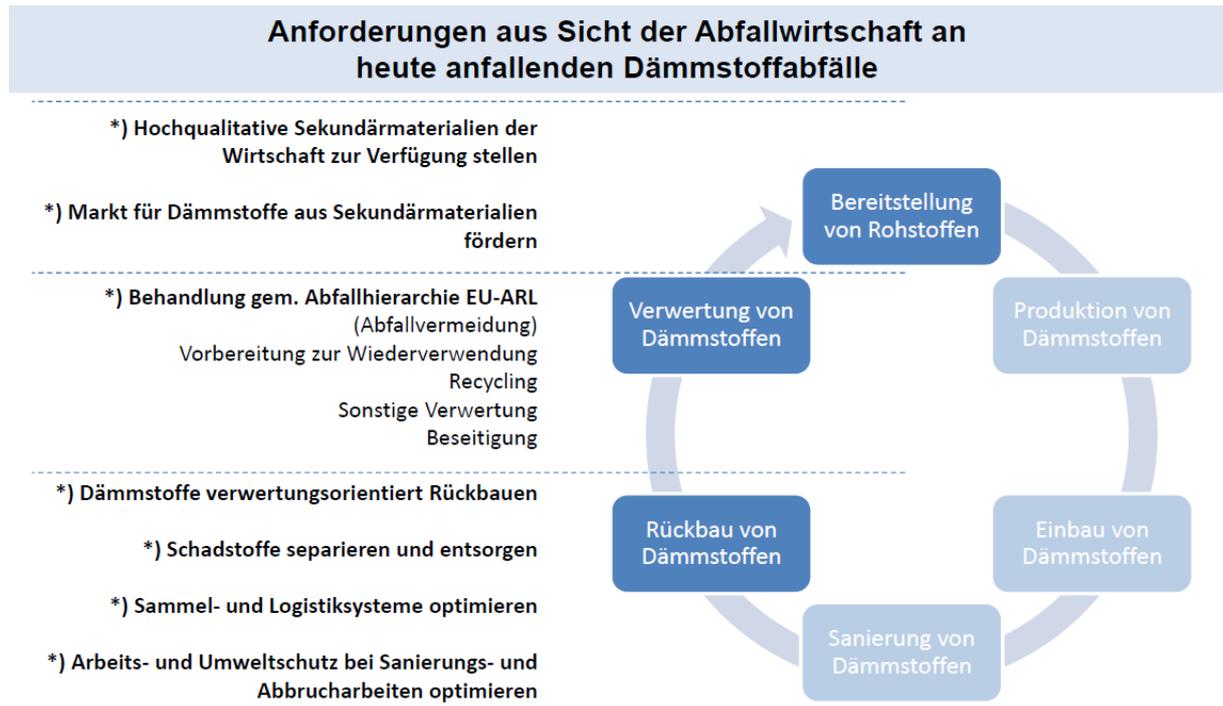


Abbildung 9-9: Anforderungen an die Abfallwirtschaft an Dämmstoffabfälle

Anforderungen aus Sicht der Abfallwirtschaft an Dämmstoffe der Zukunft

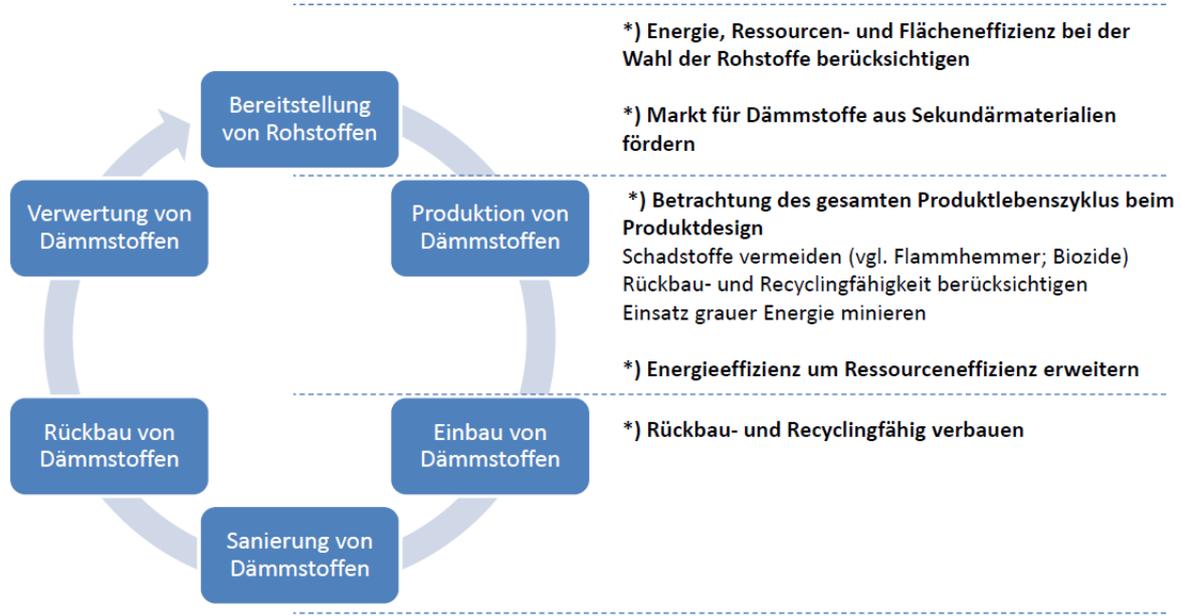


Abbildung 9-10: Anforderungen an die Dämmstoffe der Zukunft aus Sicht der Abfallwirtschaft

10 Schlussfolgerungen

- **Der Verbleib der derzeit für Oberösterreich geschätzten 12.000 bis 24.000 Tonnen Dämmstoffabfälle pro Jahr wird durch die Abfallstatistik nicht nachvollziehbar erfasst.**

Ein geringer Anteil der anfallenden Dämmstoffe (Verschnitte bei Neubau- und Sanierungstätigkeiten) wird stofflich verwertet. Der Großteil der Dämmstoffe wird über die Fraktionen „Sperrmüll“, „Baustellenabfälle“ oder „Bauschutt“ entsorgt.

- **Der Großteil der derzeit in Oberösterreich eingesetzten Dämmstoffe entspricht nicht dem Produktlebenszyklusgedanken gemäß den gültigen abfallrechtlichen Rahmenbedingungen. Eine Wiederverwendung bzw. ein stoffliches Recycling von Dämmstoffen stellt gegenwärtig die Ausnahme dar.**

In Oberösterreich existieren derzeit keine Rücknahme- und Recyclingsysteme für Dämmstoffe. Davon sind erdölbasierte wie Dämmstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe gleichermaßen betroffen.

- **In Dämmstoffen eingesetzte Additive (Flammschutzmittel, Biozide, etc.) machen im Durchschnitt nur 1-5 Massenprozent des Produktes aus, sie verringern allerdings maßgeblich die Umweltverträglichkeit des Dämmstoffs.**

Die Grundrohstoffe von Dämmstoffen (erdölbasiert, mineralisch, nachwachsend) sind in der Regel einfach einer Verwertung oder einer Beseitigung zuzuführen. Um die geforderten Eigenschaften des Dämmstoffs zu erhalten (Brandschutz, Schutz vor Tierbefall) müssen Additive eingesetzt werden. Diese Flammschutzmittel, Biozide etc. sind in der Regel für eine herabgesetzte Möglichkeit der Verwertung von Dämmstoffen verantwortlich. Einige Biozide (z.B. Diuron, Isoproturon) stellen darüber hinaus in der Nutzungsphase ein Gefährdungspotential dar und sind daher durch umweltgerechte Substitute zu ersetzen.

- **Aus Sicht der Abfallwirtschaft sind Dämmstoffe rückbau- und recyclingfähig zu konzipieren. Dadurch wird die Grundlage geschaffen Materialkreisläufe im Bereich des Bauwesens nachhaltig schließen zu können.**

Derzeit hauptsächlich eingesetzte Wärmedämmverbundsysteme hemmen das Recycling durch die herabgesetzte Trennfähigkeit der eingesetzten Materialien. Die Montageart und Zugänglichkeit eines Dämmstoffs entscheidet aus (abfall)wirtschaftlicher Sicht, ob dieses Bauteil nach dem Ende der Nutzungsdauer leicht rückgebaut und verwertet werden kann.

- **Aufgrund von unterschiedlichen Bewertungssystemen und Systemgrenzen sind die vorliegenden Ökobilanzen von Dämmstoffen aus wissenschaftlicher Sicht nicht vergleichbar und es kann keine Präferenz für einen Dämmstoff aus ökologischer Sicht getroffen werden.**

Die fehlende Vergleichbarkeit der Ökobilanzen basiert auf unterschiedlich gewählten Systemgrenzen (z.B. „cradle-to-cradle“, „cradle-to-gate“) und einer individuellen Gewichtung der Wirkungskategorien. Abhilfe kann hier die Durchführung einer vergleichend Ökobilanz schaffen, die Dämmstoffe nach einer gleichbleibenden Methodik bewertet.

11 Zusammenfassung

Ziel und Hintergrund

Zielsetzung des Projektes ADOSA ist die Bestimmung der Mengen, Zusammensetzung und des Verbleibs der in der Vergangenheit in Oberösterreich verbauten Dämmstoffe. Durch die Quantifizierung des gegenwärtig verbrauchten Lagers an Dämmstoffen lassen sich die in der Abfallwirtschaft (AWS) zu erwartenden Mengen an anfallenden Dämmstoffen heute und in Zukunft abschätzen. Ein weiteres Ziel ist es zu klären, welche ökologischen Kriterien heute verbaute Dämmstoffe erfüllen müssen, um negative Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus minimieren zu können.

Methodik

Die Erhebung der für den Projekterfolg relevanten Daten erfolgt hauptsächlich über Literaturrecherche und Erhebung sekundärstatistischer Daten. Datenlücken werden möglichst mit Expertenschätzungen und/oder eigenen qualifizierten Annahmen geschlossen.

Marktverbrauch von Dämmstoffen in Oberösterreich

In Oberösterreich werden derzeit (2011) pro Jahr ca. 1 Mio. m³ Dämmstoffe eingesetzt (entspricht ca. 50.000 Tonnen). Die relevantesten Dämmstoffe (nach Volumen) stammen aus der Gruppe der Mineralwollen (Glas- und Steinwolle; Marktanteil: 56 %). Rang zwei am Marktanteil nehmen expandierte Polystyrole (EPS; 35 %) ein. Marktrelevantester Dämmstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist Zellulose (Marktanteil ca. 1 %).

Gegenwärtiger Lagerbestand von Dämmstoffen in Oberösterreich

Insgesamt wurden in Oberösterreich Dämmstoffe mit einem Gesamtvolumen von 12 Mio. m³ verbaut (entspricht ca. 600.000 t).

Gegenwärtiges Abfallaufkommen von Dämmstoffen in der Oö. Abfallwirtschaft

Statistische Aufzeichnungen über das Aufkommen von Dämmstoffen existieren in Oberösterreich nicht. Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 25 bis 50 Jahren wird das jährliche Aufkommen auf 12.000 bis 24.000 Tonnen Dämmstoffabfällen in der oberösterreichischen Abfallwirtschaft geschätzt. Sortenreine Verschnitte aus Bau- und Sanierungstätigkeiten werden einer stofflichen Verwertung zugeführt. Abfälle von historischen Dämmstoffen aus Sanierungs- und Abbruchstätigkeiten werden in der Regel über die Fraktionen „Baustellenabfälle“, „Sperrmüll“ oder als Störstoff im mineralischen Bauschutt verwertet bzw. entsorgt.

Marktverbrauch, Lagerbestand und Abfallaufkommen von Dämmstoffen im Jahr 2031

Unter der Annahme einer fortgeschriebenen Marktentwicklung (8 % Wachstum p.a.) wird der Verbrauch von Dämmstoffen von derzeit 1 Mio. m³ bis im Jahr 2031 auf knapp 5 Mio. m³ Dämmstoffe pro Jahr ansteigen. Gegenwärtig sind in Oberösterreich knapp 12 Mio. m³ oder 600.000 Tonnen an Dämmstoffen im Gebäudebestand gelagert. Bis in das Jahr 2031 wächst das Lager auf 62 Mio. m³. Das Aufkommen von Dämmstoffabfällen wird bis 2031 auf das bis zu 10-fache des heutigen Wertes (Jahr 2011) ansteigen, das entspricht ca. 37.000 bis 124.000 Tonnen. Die starke Zunahme des Abfallaufkommens erklärt sich dadurch, dass gegenwärtig Gebäude zum Abbruch gelangen, die gar nicht oder nur in geringem Ausmaß thermisch optimiert (= gedämmt) sind. In den nächsten Jahren kommen sukzessiv Gebäude

zum Abbruch, die mit steigenden Dämmstärken ausgestattet wurden. Diese steigende thermische Optimierung von Gebäuden stellt die Abfallwirtschaft in Zukunft vor neue Herausforderungen.

Dämmstoffe im Abfallrecht

Der derzeitige abfallrechtliche Rahmen in Oberösterreich bzw. in Österreich sieht keine gesetzlich geregelte Trennung von Dämmstoffen auf der Baustelle vor. Die in Ausarbeitung befindlichen Verordnungen des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Abfallende und Behandlungspflichten sehen in Zukunft vor, dass Dämmstoffe vor Abbrucharbeiten aus dem Gebäude separiert werden müssen. Ein klarer rechtlicher Rahmen ist relevant um Materialkreisläufe nachhaltig schließen zu können.

Vergleich von Ökobilanzen unterschiedlicher Dämmstoffe

In dieser Studie wurden vorliegende Daten und Ökobilanzen von 10 Dämmstoffen dargestellt (EPS, XPS, Polyurethan, Zellulose, Holzfaser, Hanf, Schafwolle, Rohrkolben, Mineralwolle und Calcium-Silikat). Aufgrund von unterschiedlichen Bewertungssystemen und Systemgrenzen sind die vorliegenden Ökobilanzen von Dämmstoffen aus wissenschaftlicher Sicht nicht vergleichbar und es kann keine Präferenz für einen Dämmstoff aus ökologischer Sicht getroffen werden.. Abhilfe kann die Durchführung einer vergleichenden Ökobilanz schaffen, die die ökologischen Auswirkungen von Dämmstoffen über den gesamten Produktlebenszyklus nach gleichen Kriterien untersucht und so vergleichbar macht.

Negative Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus minimieren

Durch die Implementierung des Produktlebenszyklusgedankens (gem. EU-Abfallrahmenrichtlinie) sind zukünftig Dämmstoffe im Sinne der Energie- und Ressourceneffizienz zu konzipieren und zu produzieren. Beim Produktdesign neu entwickelter Dämmstoffe ist auf die Umweltauswirkungen und die Rezyklierbarkeit der eingesetzten Materialien und Stoffe Bedacht zu nehmen. Additive in Dämmstoffen (z.B. Flammschutzmittel, Biozide) sind hauptverantwortlich für negative Umweltauswirkungen entlang des Produktlebenszyklus und müssen vermieden oder substituiert werden. Aus Sicht der Abfallwirtschaft ist die Durchführung eines verwertungsorientierten Rückbaus ein wesentliches Instrumentarium um die Verwertung von Dämmstoffen zu optimieren. Gegenwärtig befindet sich die Norm B 3151 „verwertungsorientierter Rückbau“ in Ausarbeitung, die den Stand der Technik bei Abbrucharbeiten definieren wird und zu einer Qualitätssteigerung im Sinne der Abfallwirtschaft führt.

1. **Materielle Zusammensetzung von Dämmstoffen optimieren** - Umweltrelevante Additive (z.B. Flammschutzmittel, Biozide) sollen substituiert oder durch konstruktive Lösungen des Bauteils vermieden werden; unlösliche oder schwer lösliche Materialverbände sind möglichst zu vermeiden.
2. **Rückbaufähigkeit & Recyclingfähigkeit sicherstellen** - Die Recyclingfähigkeit von Dämmstoffen ist von der Zugänglichkeit im Abbruchgebäude und Trennfähigkeit in der Aufbereitung abhängig; leicht lösbare Kraftschlüsse sind beim Einbau zu bevorzugen, um einen sortenreinen Rückbau nach dem Ende der Nutzungsdauer zu ermöglichen
3. **Einsatz grauer Energie entlang des Produktlebenszyklus minimieren** - Produktion, Transport und Verwertung/Beseitigung von Dämmstoffen sollen durch den Einsatz regenerativer Energiequellen ökologisiert werden.

12 Literaturverzeichnis

Aachener Stiftung Kathy Beys (2012) Lexikon der Nachhaltigkeit.
<http://www.nachhaltigkeit.info/>. 12.03.2012.

Amann, W.; Komendantova, N. (2007) Sanierungsoffensive gegen den Klimawandel. Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH. Wien.

Amt der oberösterreichischen Landesregierung (2010) Die Entwicklung der Bodenflächennutzung und Flächenwidmung in Oberösterreich. Abteilung Raumordnung. Öö. Bodenbilanz 2010. Linz.

Amt der Oö Landesregierung (2011) Oberösterreichischer Abfallwirtschaftsplan 2011.

BAUA (2012) Boroxid. <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Wirkstoff/Boroxid.html>.

Baunetz Wissen (2012) BauNetz Media GmbH. <http://www.baunetzwissen.de/index.html>. 07.09.2012.

Bayerische Architektenkammer (2012) WECOBIS - Ökologisches Baustoffinformationssystem - Dämmstoffe. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin, München.

Becker, N. (2012) Rahmenbedingungen bzw. Berechnung von Energieeinsatz und Ökobilanzen von Dämmstoffen. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE). Berlin.

BGBI. 35/2012 (2012) Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002 (idF 07.09.2012).

BGBI. II Nr. 49/2004 (2004) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Deponieverordnung geändert wird. 23.01.2004.

BGBI. II Nr. 618/2003 (2003) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht für Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2003).

BGBI. Nr. 259/1991 (1991) Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien. (Baurestmassentrennverordnung). 01.01.1993.

BGBI. Nr. 429/2011 Grenzwertverordnung 2011 - GKV 20011.

BMLFUW (2010) Verordnung des Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008).

BMLFUW (2011) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011. Hrsg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.

Böhm, E.; Schroeder, W.; Eitner, J.; Kopp, T.; Hauck-Bauer, E. (2010) KOVERSION - Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt. B&O Wohnungswirtschaft. Das B&O-Parkgelände Bad Aibling auf dem Weg in die Zukunft. München.

- Boisits, R. (1991) Das FCKW-Lager im Bauwesen. TU Wien - Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
- Brandhorst, J., Spritzendorfer, J., Gildhorn, K., Hemp, M. (2012) Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2011) Abfallverzeichnisverordnung. Wien.
- Burkhardt, M. (2006) Einsatz von Bioziden in Fassaden. EAWAG. http://www.smgv.com/pdf/06-applica_06/2006_12_06_F_Einsatz_von.pdf.
- Buschmann, R. (2003) Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein. Köln.
- Capatect, F. (2012) Telefongespräch über Prozess Neubau (Verschnitt von neu verbauten Dämmstoffen). Wien.
- ChemOzonSchichtV (2006) Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen. Chemikalien-Ozonschichtverordnung. 1.12.2006.
- daemmstoff.org (2012) Dämmung Preise/Dämmstoffe Preise. Waldbröl.
- Danner, H. (2010) Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich 2.0. Bauzentrum München. München.
- Daxbeck, H.; Buschmann, H.; Clement, D.; Flath, J.; Hammer, K.; Neumayer, S.; Skutan, S.; Brunner, P. H. (2009) Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa). Action 1: Bestimmung von Herkunft, Menge, Zusammensetzung und des Verbleibs von Baurestmassen. Hrsg. v. European Commission. Life+. Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004. Wien.
- Die Putzfräse GmbH (2012) Putzfräse - Entfernung von Putz und Beschichtung. <http://www.putzfraese.de/putzfraesen.pdf>.
- Europäische Kommission (2005) Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung: Eine Thematische Strategie für Abfallvermeidung und-recycling. Brüssel.
- Europäische Kommission (2010) Abfallrahmenrichtlinie. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/ev0010_de.htm.
- Europäische Kommission (2011a) Verordnung (EU) Nr. 305/2011 - Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten (BauprodukteVO).
- Europäische Kommission (2011b) Verordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.
- Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff (FPX) (2012) XPS-Historie - XPS in Europa. Rossdorf bei Darmstadt.
- FEMA (2012) WDV-System PUR, Höchste Dämmleistung bei geringer Dämmstoffdicke. FEMA.

- Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV (2005) Recycling von EPS-Abfall zu re-expandierbarem Polystyrol (EPS-Loop). <http://www.ivv.fraunhofer.de/>.
- Gemeinschaft Dämmstoffindustrie (GDI) (2012) Dämmstoffe.
- Hörmanseder, H. (2012) E-Mail Kontakt mit den Bezirksabfallverbänden OÖ über Verwertung und Entsorgung von Dämmstoffen. Wien.
- Hunklinger, R. (1997) Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus Wärmedämm-Verbundsystemen und Flachdachabdichtungsaufbauten mit Dämmplatten aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum (Styropor). Schlußbericht TH Darmstadt, Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung. Darmstadt.
- IBO (2000) Ökologie der Dämmstoffe - Grundlagen der Wärmedämmung, Lebenszyklusanalyse von Wärmedämmstoffen, Optimale Dämmstandards. Donau-Universität Krems - Zentrum für Bauen und Umwelt. Hrsg. v. Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. Wien, New York.
- IBO (2009) Assessment of Buildings and Constructions (ABC) - Disposal. Institut für Baubiologie und -ökologie. Hrsg. v. Mötzl, H. Wien.
- Industrieverband Hartschaum e.V., I. (2009) Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025. Industrieverband Hartschaum e.V., IVH. Heidelberg.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2011) Mikroporöse Calciumsilikat-Wärmedämmstoffe. Umwelt-Produktdeklaration. Bad Lippspringe.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) (2010) Umweltproduktdeklaration nach ISO 14025, XPS - Extrudierter Polystyrolschaum. FPX, Die Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff. Rossdorf bei Darmstadt.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) (2011a) Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025. Knauf Insulation GmbH. Fürnitz.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) (2011b) Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 Mineralwolle mit ECOSE Technology, Fassadendämmung,. Institut Bauen und Umwelt e.V. - IBU. Simbach am Inn.
- IVPU (2012) Wärmedämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum, Herstellung - Anwendung - Eigenschaften. Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. Stuttgart.
- Jakob, M. (2008) Grundlagen zur Wirksamkeitsabschätzung der Energiepolitik der Kantone im Gebäudebereich. Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich. Zürich.
- Junge, U. (2012) Dämmung der Außenwand. Ingenieurbüro Junge (Energieberatung und Energieausweise).
- Keszthazak (2009) Die natürlichste Wärmeisolierung ist die Zellulosedämmung. anico-fertighaus.eu. Budapest.
- Kingspan (2012) Polyurethan-Dämmkern. Kingspan GmbH. Wien.
- Kolb, B. (2012) Baustoffe - Kategorie Wärmedämmstoffe. Forum Nachhaltiges Bauen. Nachhaltiges Bauen in der Praxis.
- Kronhofer, A. (2012) Dämmstoffverbrauch und Dämmstoffarten in Österreich. Wien, Kärnten.

- Krumphuber, C. (2012) Bioenergiepotentiale in Oberösterreich. Linz. Fachbeirat Bodenschutz - Landwirtschaftskammer Oberösterreich.
- Land Oberösterreich (2011) Oberösterreich. Zahlen & Fakten 2010. Land Oberösterreich, Direktion Präsidium, Abteilung Statistik. Linz.
- LGBI. 63/1997 Oö. Bodenschutzgesetz 1991.
- LGBI. Nr. 50/2006 Oö. Bodengrenzwerte-Verordnung 2006.
- LGBL. Nr. 66/1994 (1994) Oö. Bauordnung 1994 - Oö. BauO 1994. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. Linz.
- LGBI. Nr. 71/2009 Oö. Abfallwirtschaftsgesetz 2009 - Oö. AWG 2009.
- Mötzl, H., Schneider, U. et al. (2011) bauen mit recycros, Bauen mit Recyclingmaterialien - Subprojekt 2 zum Leitprojekt "gugler! build & print tiple zero". Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- Mötzl, H.; Zelger, T. (2000) Ökologie der Dämmstoffe. Grundlagen der Wärmedämmung. Lebenszyklusanalyse von Wärmedämmstoffen. Optimale Dämmstandards. Hrsg. v. Springer-Verlag. Trübstrü.
- Naporo Klima Dämmstoff GmbH (2012) Naporo Nature Force Products. <http://www.naporo.com/index.php>.
- Nierobis, L. (2003) Wärmedämmstoffe. <http://www.waermedaemmstoffe.com/>. 10.07.2012.
- Obernosterer, R.; Smutny, R.; Jäger, E. (2007) Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich. Grundlagen für die Umsetzung von Rückbaumaßnahmen für die noch in Verwendung befindlichen Stoffe mit Ozonerstörungspotenzial des Bauwesens. Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Villach.
- OEBAG (2009) Nachhaltig bauen mit "wohngesunden" Bauprodukten. Josef Spritzenhofer. <http://www.oebag.de/index.php?id=1>.
- ÖkoKauf Wien (2012) HFKW Vermeidung und Klimaschutz.
- Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB) (2007) Energieeinsparung und Wärmeschutz (OIB-Richtlinie 6). Wien.
- Österreichs objektive Plattform zum Thema Bauen & Wohnen (2012) Monolithisches Ziegelmauerwerk. Zeit für Mich Zeitschriftenverlags GmbH. <http://www.buw.at/bw/buw.nsf/Menue/21.2.1.1?OpenDocument>.
- PE International GmbH (2011) Mikroporöse Calciumsilikat-Wärmedämmstoffe. Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025. Bad Lippspringe.
- Piringer, M.; Fischer, T. (2003) Kreislaufwirtschaft mit Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen. Voraussetzungen und Strategien. GLOBAL 2000 Umweltforschungsinstitut. Wien.
- Rechtsfreund (2010) Baurecht -Verfassungsrechtliche Grundlagen. Wien.

- Riethues, M.; Klement, E. (2005) Expandierbares Polystyrol (EPS). Trendbericht Standardkunststoffe. München.
- RMA (2007) Rückbau INFO zu Dämmstoffen mit halogenierten Treibmitteln (FCKW). Ressourcen Management Agentur (RMA). Wien, Villach.
- Schankula Architekten (2012) Aktive Gebäudehülle. <http://www.aktive-huelle.de/>.
- Schleger, S.; Kraemer, A.; Schaffrin, D. (2005) Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe. Ecologic - Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik. Berlin.
- Schuster, A. (2011) Glaswolle entsorgen - so macht mans richtig. helpster.de.
- Stark, W.; Vogel-Lahner, T.; Frühwirth, W. (2003) Bauwerk Österreich. Management von Baurestmassen nach den Gesichtspunkten der optimalen Ressourcennutzung und des langfristigen Umweltschutzes anhand der Güter- und Stoffbilanz des "Bauwerks Österreich". Endbericht. Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH (GUA). Wien.
- Statistik Austria (2010) Fertiggestellte sowie ohne Bauvorhabensmeldung neu erfasste Wohnungen. Statistik Austria. Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (Stand: 23.03.2010). Wien.
- Statistik Austria (2011) Gebäude- und Wohnungszählung 2001. Wien.
- Statistik Austria (2012) Bevölkerungsprognosen - Bevölkerung zum Jahresdurchschnitt 1952 bis 2032.
- Umweltbundesamt (2012) Umweltprobenbank des Bundes. <http://www.umweltprobenbank.de/de>.
- Windisch, P. (2005) Prognosen für Österreich. Teil II: Haushalte und Wohnungsbautätigkeit regionale Trends bis 2031. Erste Bank der österreichischen Sparkassen AG-OE/362 Volkswirtschaft. Wien.
- Wirtschaftskammer Österreich (2008) Neue Abfallrahmenrichtlinie verlautbart - In Zukunft heißt es Recyceln statt Wegwerfen. http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=446515&DstID=0.
- Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz (2005) Energieverbrauch & CO2-Emissionen von Dämmstoffen. VDI. <http://www.vdi-zre.de/branchen/bauen/effizienz-in-der-daemmung/energieverbrauch-co2-emission/>.