



**Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)**

# **Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz**

Schlussbericht

November 2016

**Energie- und Ressourcen-Management GmbH**

Herausgeber	Bundesamt für Umwelt BAFU 3003 Bern
Kontaktperson	Dr. David Hiltbrunner
Bearbeitung	Energie- und Ressourcen-Management GmbH Wolleraustrasse 15g 8807 Freienbach Tel. +41 44 371 40 90 Fax +41 44 371 40 04 info@energie-ressourcen.ch www.energie-ressourcen.ch
Projektleitung	Dr. Stefan Rubli
Bearbeitung	Annina Brupbacher Dr. Stefan Rubli
Zeitraum	Juni – November 2016

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

---

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung</b>	<b>10</b>
1.1	<i>Ausgangslage</i>	10
1.2	<i>Projektbeschreibung und Ziele</i>	11
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Methoden</b>	<b>12</b>
2.1	<i>Grundlagen Dämmmaterialien</i>	12
2.2	<i>Methodisches Vorgehen zur Erfassung der Entsorgungssituation</i>	16
<b>3</b>	<b>Resultate</b>	<b>18</b>
3.1	<i>Rückbaufirmen, Muldenservices und Bausperrgutsortieranlagen</i>	19
3.2	<i>Kehrichtverbrennungsanlagen</i>	21
3.3	<i>Deponien</i>	23
3.4	<i>Produzenten von Dämmmaterialien</i>	25
3.5	<i>Verbände</i>	27
<b>4</b>	<b>Diskussion der gesamtschweizerischen Entsorgungssituation</b>	<b>28</b>
4.1	<i>Bestehendes Entsorgungssystem, Kapazitäten und mögliche Probleme</i>	28
4.2	<i>Verwertungspotentiale</i>	33
4.3	<i>Stakeholderinputs zur künftigen Entsorgung von Dämmmaterialien</i>	39
<b>5</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>45</b>
7.1	<i>Fragebogen</i>	45

---

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AHB	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich
ARV	Aushub-, Rückbau und Recyclingverband
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
EPS	Expandiertes Polystyrol
ERM	Energie- und Ressourcen Management GmbH
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen
GPM	Gebäudeparkmodell Schweiz
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
HBCD	Hexabromcyclododecan
HFCKW	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFKW	Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCT	Polychlorierte Terphenyle
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
POP	Persistent Organic Pollutant (organischer Schadstoff, der in der Natur nicht/sehr langsam abgebaut wird)
PUR	Polyurethan Hartschaum
PS	Polystyrol
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (EU-Chemikalienverordnung)
TCEP	Tris-2-chlorethyl-phosphat
TCCP	Tris-chlorpropyl-phosphat
VBSA	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen
VeVa	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen
XPS	Extrudiertes Polystyrol

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Projektion der Entwicklungen des durchschnittlichen Heizbedarfs und der durchschnittlichen Dämmmaterialdicke in der Schweiz seit 1970. [Quellen der Datenpunkte: (Jakob, 2008) und (Vogel, 2014). Die Trendlinien entsprechen dem gleitenden Durchschnitt der Datenpunkte] .....	10
Abbildung 2: Brennbare Baustoffe bei Baustoffsortierer mit erkennbaren mineralölbasierten Dämmmaterialanteilen. (Quelle: ARV) .....	20
Abbildung 3: Inertstofffraktion eines Baustoffsortierers mit erkennbaren mineralischen Dämmmaterialanteilen. (Quelle: ARV) ..	20
Abbildung 4: Rückbau des Hilton Hotels in Basel mit Mineralwolle verkleideter Fassade. (Quelle: baloisepark.ch) .....	20
Abbildung 5: Selektiver Rückbau einer Gebäudefassade im Kanton Zürich. (Quelle: ERM).....	20
Abbildung 6: Anonymisierte Übersicht Annahmepreise aller Schweizer KVAen 2014 - 2016. (Quelle: VBSA, Umfrage unter allen KVAen der Schweiz) .....	22
Abbildung 7: Anteil des brennbaren Anteils am Bauabfall der Schweiz nach Bauperiode. Ein Teil der Zunahme ist auf die Zunahme der Dämmmaterialabfälle aus dem Neubau, Sanierung und Rückbau zurückzuführen. (Quelle: (Wüest & Partner, 2015)). .....	22
Abbildung 8: Deponierte mineralische Dämmwolle auf einer kleineren .....	24
Abbildung 9: Auf einer Reaktordeponie werden noch verpackte Dämmmaterialien deponiert. (Quelle: ERM).....	24
Abbildung 10: Elektroschmelzöfen für Glas bei Hersteller 2. (Quelle ERM) .....	26
Abbildung 11: Erkaltes Glas: Der Schmelzofen läuft weiter, auch wenn die Produktion unterbrochen werden muss. Das Glas wird später wieder dem Schmelzofen zugegeben. (Quelle: ERM).....	26
Abbildung 12: Gepresste Glaswolle, welche von Hersteller 2 als minderwertiges Produkt weiterverkauft wird. (Quelle: ERM) ...	26
Abbildung 13: Rohstoff(ersatz?) für die Steinwolleherstellung. (Quelle: ERM) .....	26
Abbildung 14: Rezyklatstickerblatte aus EPS (Quelle: ERM) .....	26
Abbildung 15: Rücknahme von Steinwolle-dämmung bei einem Hersteller. (Quelle: ERM).....	26
Abbildung 16: Annahmen zu den Flächenanteilen der Dämmmaterialfraktionen für Neubau und Renovation, zum Zeitpunkt 1980 sowie 2015. (Quelle: (Jakob et al., 2016)) .....	28
Abbildung 17: EPS Presse. Das EPS wird der Maschine dabei händisch zugegeben. (Quelle: ERM) .....	35
Abbildung 18: Gepresster EPS aus der Sammlung mit Sammelsäcken beim Hersteller, v.a. Schnittabfälle von Baustellen. (Quelle: ERM).....	35
Abbildung 19: Rezyklatplatte aus zerkleinertem EPS. (Quelle: ERM) .....	35
Abbildung 20: Vorvermahlung von Produktionsabfällen bei einem Glaswollen Hersteller. (Quelle: ERM) .....	36
Abbildung 21: Werkstoffliche Wiederverwertung von Glaswolle: Zerfaserte Produktionsabfälle (gelb) in neuer Glaswolle (weiss). (Quelle: ERM) .....	36
Abbildung 22: Projizierte Entwicklung der zu entsorgenden Dämmmaterialien in der Schweiz abgeleitet aus den Angaben in Tabelle A. Summe der EPS-, XPS-, Stein- und Glaswolleabfallmengen bis zum Jahr 2050 unter der Annahme, dass der heutige Dämmmaterialinput im Jahr 2050 als Materialoutput anfallen wird und am Ende der Betrachtungsperiode ein Fließgleichgewicht vorliegt. ....	40

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle A: Jährliche Stoffflüsse der verschiedenen Dämmmaterialien in der Schweiz. (Quelle: (Jakob et al., 2016), erweitert) ..	13
Tabelle B: Problematische Dämmmaterialien und Inhaltsstoffe .....	14
Tabelle C: Aufteilung der Schweiz in Regionen für die Befragungen .....	16
Tabelle D: Kategorien Stakeholder für die Befragungen .....	16
Tabelle E: Resultate der Befragungen der Rückbaufirmen, Muldenservices und Bausperrgutsortieranlagen.....	19
Tabelle F: Resultate der Befragungen der Kehrichtverbrennungsanlagebetreiber .....	21
Tabelle G: Resultate der Befragungen der Deponiebetreiber .....	23
Tabelle H: Resultate der Befragungen der Dämmmaterialproduzenten .....	25
Tabelle I: Resultate der Befragungen der Verbände.....	27

## ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund der hohen Bautätigkeit und der verstärkten Gebäudewärmedämmung ist in den kommenden Jahrzehnten mit einem erhöhten Aufkommen an Dämmmaterialabfällen zu rechnen. Bis anhin gibt es jedoch weder Beurteilungsgrundlagen, noch zielgerichtete Entsorgungs- und Verwertungsstrategien zur Bewältigung dieser Bauabfallfraktion. Ziel der vorliegenden Studie ist daher, einen Überblick über die Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz zu geben und bestehende und künftige Probleme, sowie Verwertungspotenziale zu eruieren.

Zu diesem Zweck wurden rund 40 an der Entsorgung von Dämmmaterialien beteiligte Akteure aus verschiedenen Regionen der Schweiz befragt. Es handelt sich dabei um Rückbaufirmen, Muldenservices, Betreiber von Bausperrgutsortieranlagen, Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA), Deponien sowie Dämmmaterialhersteller und diverse Verbände. Der Fokus lag auf der Entsorgung von Dämmmaterialabfällen, welche am häufigsten anfallen: Mineralische (Glas- und Steinwolle) und mineralölbasierte (EPS, XPS, PUR) Dämmmaterialien.

Die Resultate zeigen, dass keine schweizweit einheitliche Rückbaupraxis herrscht. Diese variiert je nach Projektanforderungen, Auftraggeber, kantonalen Vorgaben und Platzverhältnissen auf den Baustellen. Teilweise werden die Gebäude klassisch abgebrochen, wobei die Bauabfälle danach auf der Baustelle sortiert werden müssen. Stand der Technik ist jedoch der selektive Rückbau, im Rahmen dessen beispielsweise die Dämmmaterialien von den Fassaden abgeschält werden. Es zeigt sich weiter, dass die verschiedenen Dämmmaterialien schweizweit über ähnliche Entsorgungswege entsorgt werden. Praktisch alle mineralölbasierten Dämmmaterialien gelangen in Kehrlichtverbrennungsanlagen, wo sie thermisch verwertet werden. Die Betreiber konnten bis anhin durch deren Mitverbrennung keine verfahrenstechnischen Probleme eruieren. Der grosse Teil der mineralischen Dämmmaterialien wird in der Schweiz deponiert (Deponie Typ B). Was jedoch erstaunt ist, dass ein nicht unwesentlicher Anteil mineralischer Dämmmaterialien in die Kehrlichtverbrennungsanlagen gelangt; meist indem diese unter die brennbaren Bauabfälle gemischt werden. Der gewählte Entsorgungsweg hängt hauptsächlich von den folgenden Kriterien ab:

- Annahmebedingungen und -preise der regionalen KVA- und Deponiebetreiber
- Behördliche Vorschriften und Durchführung von Kontrollen
- Preisberechnungsmodelle der Bausperrgutsortierer

Die Entwicklung geht gesamtschweizerisch dahin, dass brennbare Bauabfälle mit hohen Anteilen an mineralischen Dämmmaterialien immer öfters von den Kehrlichtverbrennungsanlagen abgelehnt und deponiert werden. Doch auch auf den Deponien sind die mineralischen Dämmmaterialien nicht gern gesehen; aufgrund der schwierigen Handhabung beim Einbau, sowie des begrenzten Deponievolumens haben diese ihre Annahmepreise für mineralische Dämmmaterialien in den letzten Jahren vermehrt deutlich erhöht. Sollten die Mengen bzw. Volumen der zu entsorgenden Dämmmaterialfraktionen in den kommenden Jahren stark zunehmen, ist daher davon auszugehen, dass die Entsorgung auf den Deponien zu einem dringlichen Problem wird. Bezüglich der Entsorgung von mineralölbasierten Dämmmaterialien in den Kehrlichtverbrennungsanlagen dürfte

die Kapazität über die gesamte Schweiz gesehen auch bei zunehmenden Mengen ausreichend sein. Sollten die Verbrennungskapazitäten jedoch abnehmen, sind insbesondere auf regionaler Ebene Engpässe möglich.

Grundsätzlich ist eine Verwertung der Dämmmaterialien der Deponierung und der thermischen Verwertung vorzuziehen. Der Rückfluss zu den Herstellern oder andern Verwertern ist bis anhin jedoch äusserst gering und beschränkt sich vorwiegend auf saubere Einbauabschnitte, welche in brancheneinheitlichen Sammelsäcken zurückgegeben werden können. Allgemein stehen für Dämmmaterialien die folgenden Verwertungsoptionen zur Diskussion:

- Verlängerung der Lebensdauer: Durch Aufdopplung wird die Lebensdauer der bestehenden Dämmung verlängert. Dies ist insbesondere bei den EPS/XPS-Kompaktfassaden eine Option, welche heute häufig praktiziert wird. Allerdings sind die alten Dämmplatten mit dem Flammschutzmittel HBCD (Hexabromcyclododecan) belastet, was bedeutet, dass diese bei einem späteren Rückbau getrennt entsorgt werden müssten.
- Wiederverwendung verbauter Dämmmaterialien: Darunter ist der Ausbau und spätere Einbau von Dämmplatten oder -matten am gleichen oder einem anderen Ort zu verstehen. Aufgrund des Zustands der zurückgebauten Dämmmaterialien ist dies momentan nicht praktikabel. Es ist jedoch prüfenswert, ob neue Dämmkonzepte auf die Rückbaubarkeit ausgerichtet werden könnten.
- Stoffliche Verwertung: Zur werkstofflichen Verwertung können Dämmmaterialabfälle wieder der Produktion zugegeben werden. Aufgrund der hohen Anforderungen an Zusammensetzung, HBCD-Freiheit und Sauberkeit wird dies bis anhin nur bei Produktionsabfällen praktiziert. Weiter werden sowohl mineralische, als auch mineralöl-basierte Dämmmaterialabfälle für die Produktion von minderwertigen Dämmungen verwertet. Bis anhin wird einzig EPS in nur sehr kleinem Massstab rohstofflich durch die Rückgewinnung von Polystyrol verwertet.

Eine beinahe komplette stoffliche Verwertung ist für beide Dämmmaterialarten theoretisch möglich und wird momentan von den inländischen Herstellern geprüft. Aus alten Mineralwollen kann durch Vermahlen und Wiedereinschmelzen ein Rohstoffersatz hergestellt werden. Dabei können jedoch flüchtige Verbindungen ins Abgas gelangen, welchen mit verbesserten Rauchgasreinigungssystemen begegnet werden müsste. Bezüglich Steinwolle existieren bereits Pilotprojekte. Aus den mineralölbasierten Dämmmaterialien kann mittels geeigneter Lösungsmittel unter Abtrennung von Schad- und Fremdstoffen Polystyrol zurückgewonnen werden. Dieses Verfahren wurde jedoch erst auf Labormassstab getestet. In beiden Fällen muss für eine erfolgreiche Umsetzung die stoffliche Zusammensetzung der Dämmmaterialien bekannt sein, sowie ein Sammelsystem und -logistik entwickelt werden.

Damit dieses Verwertungspotential voll ausgeschöpft werden kann, sind vermehrte Anstrengungen seitens der Entsorgungsbranche, der Hersteller und der Behörden nötig, sowie diverse material- und verfahrenstechnische Hindernisse zu überwinden. Folgende Punkte müssen für die Verbesserung der Wiederverwendbarkeit von Dämmmaterialien berücksichtigt werden:



- Um das Potenzial und die Wirtschaftlichkeit einer stofflichen Verwertung abschätzen zu können, müssen weitere Datengrundlagen zur künftigen Entwicklung der Dämmmaterialabfälle, differenziert nach Dämmstoffarten, geschaffen werden.
- Ökonomische Rahmenbedingungen müssen so gestaltet werden, dass sich die stoffliche Verwertung lohnt. Kehrichtverbrennungsanlagen und Deponien sollten weniger attraktiv gemacht werden.
- Unterstützung von Branchenlösungen durch die Behörden sind zu prüfen.
- Rückbau und Entsorgung müssen bereits bei der Produktkonzipierung bedacht werden.
- Keine Verwendung von schädlichen oder gefährlichen Zusatzstoffen wie HBCD.
- Klare visuelle Kennzeichnung der unterschiedlichen Materialien und Materialgenerationen.
- Etablierung eines Sammelsystems, welches die Transportwege minimiert und Dämmmaterialien verdichtet.

Es ist wichtig, dass die verschiedenen Stakeholder zusammenfinden und gemeinsam Lösungsansätze zur stofflichen Verwertung der Dämmmaterialien entwickeln. Es besteht zwar kein unmittelbarer Handlungsbedarf, da heute noch ausreichend Entsorgungsoptionen zur Verfügung stehen. Allerdings ist mit einer starken Zunahme dieser Abfallfraktionen zu rechnen. Im Sinne einer vorausschauenden Abfallpolitik sollte deshalb das noch brachliegende Verwertungspotential besser ausgeschöpft werden, umso mehr als auch die inländischen Hersteller bereits Lösungsansätze zur stofflichen Verwertung verfolgen und testen. Diese sollten nicht mit einer kurzfristigen Sichtweise unterbunden, sondern proaktiv unterstützt und gefördert werden.

## 1 Ausgangslage und Zielsetzung

### 1.1 Ausgangslage

Die Menge beziehungsweise das Volumen an verbauten Dämmmaterialien in der Schweiz ist in den letzten 40 Jahren stark angestiegen. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass Neubauten in der Schweiz seit den 1970er Jahren aufgrund der steigenden energetischen Anforderungen immer besser wärmegeklämt wurden. Dies verdeutlicht die Abbildung 1, in der die Entwicklung der Dämmstärke von Fassadendämmungen bei Neubauten sowie des Heizwärmebedarfs von typischen Gebäuden dargestellt sind. Die Dämmstärke hat sich in den letzten 40 Jahren in etwa verachtfacht. Andererseits auch darauf, dass die Bautätigkeit in diesem Zeitraum ausgeprägt war; zwischen 1979/85 und 2004/09 nahm die bebaute Fläche der Schweiz beispielsweise um rund 23% zu (Bundesamt für Statistik (BFS), n.d.) und bis heute bewegt sich die Bautätigkeit auf hohem Niveau. Aufgrund der langen Lebensdauer dieser Materialien im Bestand fielen bis anhin relativ geringe Mengen an Dämmmaterialabfällen an. Angesichts dieser Entwicklungen und unter Annahme einer Verweilzeit von Dämmmaterialien in Gebäuden von 40 bis 60 Jahren ist jedoch davon auszugehen, dass die Dämmmaterialflüsse aus Rückbau und Sanierung von Gebäuden in Zukunft stark zunehmen werden. Im Sinne einer vorausschauenden Energie- und Ressourcenpolitik stellt sich daher zunehmend die Frage nach einem adäquaten Umgang bei der Entsorgung von Dämmmaterialien aus dem Neubau, Rückbau und aus der Sanierung.

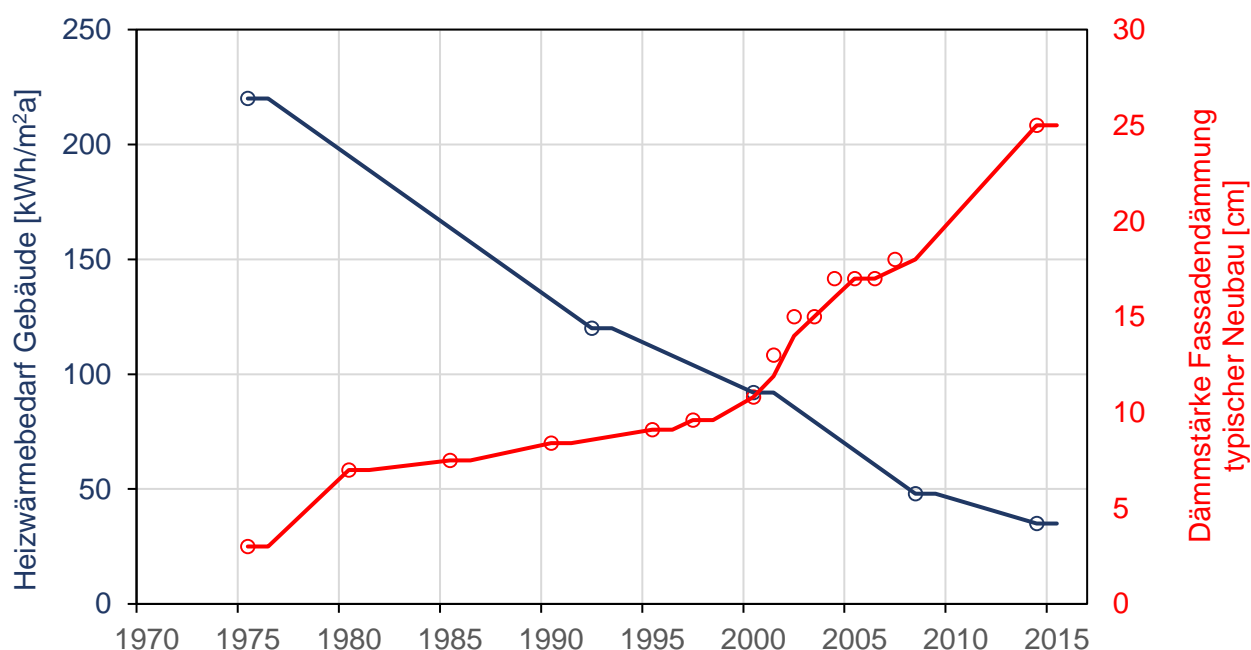


Abbildung 1: Projektion der Entwicklungen des durchschnittlichen Heizbedarfs und der durchschnittlichen Dämmmaterialdicke in der Schweiz seit 1970. [Quellen der Datenpunkte: (Jakob, 2008) und (Vogel, 2014). Die Trendlinien entsprechen dem gleitenden Durchschnitt der Datenpunkte]

Unklar ist noch, welche Auswirkungen diese Entwicklung auf die Entsorgungssituation dieser Abfälle in Zukunft haben wird. So könnte mit einem vermehrten Aufkommen dieser Abfallfraktionen eine stoffliche Verwertung wirtschaftlich interessant werden oder die heutigen Entsorgungswege könnten grössere Mengen dieser Abfälle nicht mehr aufnehmen. Eine entscheidende Rolle fällt dabei der Politik zu; welche zu entscheiden hat, welche Entsorgungswege in Zukunft gefördert, erlaubt und verboten werden. Um solche Richtlinien zu erlassen ist es zentral, die zukünftige Entwicklung der Entsorgung von Dämmmaterialien besser abschätzen zu können. Dazu muss wiederum in einem ersten Schritt die heutige Situation bezüglich dem Materiallager im Bestand, sowie der Entsorgung von Dämmmaterialien ermittelt werden.

Das Amt für Hochbau der Stadt Zürich (AHB) hat bereits eine erste Studie erarbeiten lassen, im Rahmen derer die verbauten Dämmmaterialien im Gebäudepark Schweiz und in der Stadt Zürich, sowie die Entsorgungspraxis von mineralischen und erdölbasierten Dämmmaterialien aus dem Rückbau und Sanierung im Raum Zürich genauer untersucht wurden (Jakob, Rubli, & Sunjaro, 2016). Dabei stellte sich heraus, dass diese Abfälle grösstenteils in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) entsorgt werden, unabhängig von ihrem Brennwert. Der Kanton Zürich mit seiner gut ausgebauten Entsorgungsinfrastruktur ist jedoch nicht repräsentativ für die Schweiz, die Ergebnisse der Studie lassen sich daher nur bedingt verallgemeinern. Für eine gut abgestützte Beurteilungsgrundlage, ist demnach eine gesamtschweizerische Studie notwendig.

## **1.2 Projektbeschreibung und Ziele**

Das Ziel des vorliegenden Berichts ergibt sich aus der vorgängig erläuterten Fragestellung: Es soll die gesamtschweizerische Entsorgungssituation von Dämmmaterialabfällen aus der Bauwirtschaft untersucht werden. Der Fokus liegt dabei auf der Beschreibung der heutigen Entsorgungswege der Dämmmaterialabfälle, der ökonomischen Rahmenbedingungen und der heute anfallenden und künftig zu erwartenden Volumen und Mengen (Verhältnis stoffliche Verwertung, Verbrennung, Ablagerung). Weiter sollen die gängigen Rückbaupraktiken von Dämmmaterialien untersucht und beschrieben werden. Die Resultate sollen in Form einer qualitativen Übersicht der heutigen Entsorgungspraxis in der Schweiz vorliegen. Weiter sollen bestehende und künftige Probleme und Engpässe eruiert und möglich Verwertungspotenziale aufgezeigt werden.

## 2 Grundlagen und Methoden

Das folgende Kapitel enthält die wichtigsten Informationen zu den technischen Grundlagen der Entsorgung von Dämmmaterialien und zur angewandten Untersuchungsmethodik. Im ersten Teil des Kapitels wird auf die in der Schweiz hauptsächlich eingesetzten Dämmmaterialien, sowie ihre Verkommen und Mengen eingegangen. Zudem werden die problematischen Zusatz- und Inhaltsstoffe beschrieben. Dies bildet die Grundlage für die Bewertung der verschiedenen Verwertungsoptionen und Entsorgungswege, welche im Kapitel 4 diskutiert werden. Im zweiten Teil des Kapitels wird das methodische Vorgehen zur Erfassung der Entsorgungssituation erläutert.

### 2.1 Grundlagen Dämmmaterialien

#### 2.1.1 Definition und Einordnung<sup>1</sup>

Dämmmaterialien bezeichnen Stoffe die der Reduktion von Wärmeflüssen oder Schall in oder an Gebäuden dienen. Da sie den grössten Teil der in der Schweiz verbauten Dämmmaterialien ausmachen, fokussiert sich dieser Bericht auf Wärmedämmmaterialien. Aus demselben Grund liegt der Schwerpunkt auf Gebäudehüllen und nicht auf den mengenmässig weniger wichtigen technischen Isolierungen. Dämmmaterialien bestehen aus unterschiedlichen Stoffen. Ebenfalls aufgrund ihrer Häufigkeit fokussiert dieser Bericht auf zwei stofflich unterschiedliche Arten von Wärmedämmmaterialien, siehe dazu auch Kapitel 2.1.2:

*Künstliche organische Dämmmaterialien:* Dabei handelt es sich um Dämmstoffe, welche aus Mineralöl produziert werden. Mit Abstand am häufigsten verwendet werden expandiertes Polystyrol (EPS), extrudiertes Polystyrol (XPS) und Polyurethan Hartschaum (PUR).

*Künstliche mineralische Dämmmaterialien:* Diese Dämmmaterialien bestehen aus anorganischen Fasern, welche auch Mineralwollen genannt werden. Gemäss EU-Richtlinie 97/69/EG definieren sich diese als «künstliche Mineralfasern, die aus ungerichteten glasigen (Silikat-) Fasern mit einem Massengehalt von über 18% an Oxiden von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Barium bestehen.». Für Dämmung im Bauwesen sind vor allem die glasartigen Fasern Glaswolle und Steinwolle von Bedeutung (Mineralfaserdämmstoffe, 2011).

Daneben gibt es noch eine Reihe weiterer Dämmmaterialien, auf welche im Folgenden jedoch nur am Rande eingegangen wird:

*Natürliche organische Dämmstoffe:* Hierunter fallen unter anderem Holz-, Kork-, Zellulose,

*Natürliche mineralische Dämmstoffe:* Unter anderem Kalziumsilikat und Blähperlite

*Kapillaraktive Dämmstoffe:* Unter anderem Porenbeton und Blähton.

*Aerogele in Spezialdämmstoffen:* Hochporöse, auf Silikat-, Kunststoff- oder Kohlenstoffbasis hergestellte Dämmstoffe für Spezialanwendungen. So werden heute beispielsweise Verputze mit zugesetztem Aerogelgranulaten angeboten.

---

<sup>1</sup> Die Einteilung der Dämmstoffe lehnt sich an (Rexroth et al., 2014) an, wird jedoch in solcher oder ähnlicher Form in allen Standardwerken verwendet.

### 2.1.2 Dämmmaterialien in der Schweiz: Mengen und Arten

Der Bestand an verbauten Dämmmaterialien in der Schweiz ist schwierig zu quantifizieren, genaue Statistiken existieren nicht. Daher kann der momentane Bestand nur über Modellierungen abgeschätzt werden. Eine Studie von Jakob, Rubli und Sanjero aus dem Jahr 2016 erfasst in einer Relevanzanalyse die Ist-Situation der Dämmmaterialien im Schweizer Gebäudepark (Jakob et al., 2016). Im Bestand von Bedeutung sind demnach zum einen die mineralischen Dämmmaterialien (Glasfaser und Steinwolle) und zum anderen die mineralölbasierten Dämmmaterialien (EPS, PUR und XPS). Die genauen Mengen und Volumina finden sich in Tabelle A. Für die folgenden Betrachtungen ist zudem interessant, dass im Bestand noch grössere Mengen von Korkdämmungen enthalten sind, welche vorwiegend in den 1980er eingesetzt wurden. Betrachtet man die Inputflüsse, erkennt man, dass heute vor allem Glasfaser, Steinwolle, EPS, XPS und PUR verbaut werden. Zudem ist ersichtlich, dass verschiedene Dämmmaterialien erst in den letzten Jahren verbaut wurden und noch praktisch keinen Output aufweisen. Dabei handelt es sich vor allem um Schaumglas, Misapor, Multipor, sowie gewisse Schütt- und Holzfaserdämmungen.

Tabelle A: Jährliche Stoffflüsse der verschiedenen Dämmmaterialien in der Schweiz. (Quelle: (Jakob et al., 2016), erweitert)

Dämmmaterial	Input [1000t/a]	Lager [1000t]	Output [1000t/a]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Input [1000m <sup>3</sup> /a]	Lager [1000m <sup>3</sup> /a]	Output [1000m <sup>3</sup> /a]
Schaumglas	8.4	42	0.2	135	60	3'000	1.5
Glasfaser	41.7	508	1.9	50	830	10'200	38.0
Steinwolle	77.6	1'015	3.7	90	860	11'300	41.1
EPS	27.2	241	0.6	20	1'360	12'100	30.0
XPS	10.8	148	0.5	35	310	4'200	14.3
Misapor	0.5	7	0.0	225	0	0	0.0
PUR	18.0	85	0.3	35	510	2'400	8.6
Holzfaser	35.4	341	1.0	200	180	1'700	5.0
Schüttdämmungen	1.8	16	0.1	200	30	300	5.0
Kork	0.0	806	2.6	150	0	5'400	17.3
Mineral. Dämm. (z.B. Multipor)	5.5	53	0.1	110	50	500	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>227</b>	<b>3'262</b>	<b>11</b>		<b>4'190</b>	<b>51'100</b>	<b>161.7</b>

### 2.1.3 Problematische Dämmmaterialien und Zusatzstoffe

Verschiedene Dämmmaterialien bestehen aus problematischen Inhaltstoffen oder werden/wurden mit problematischen Stoffen versetzt. Diese können die Wiederverwertung und Entsorgung der Materialien erschweren oder verunmöglichen. In Tabelle B findet sich eine Auflistung all jener Stoffe, welche in der Schweiz in grösseren Mengen in Dämmmaterialien vorhanden sind und in der Beurteilung von Entsorgungswegen berücksichtigt werden müssen.

Tabelle B: Problematische Dämmmaterialien und Inhaltsstoffe

Dämmmaterial	Problematische Stoffe	Problematik	Einbausituation	Entsorgung
Mineralwollen	Fasern der älteren Generation Glaswollen (vor 1995).	Diese können krebserzeugende Fasern freisetzen (Rexroth, May, & Zink, 2014), welche bioresistent sind, also im Körper, speziell in der Lunge, nicht abbaubar sind.	Vor 1995 produzierte Altwollen (Mineralfaserdämmstoffe, 2011). Die neuen Mineralwollen werden von dem «European Certification Board for Mineral Wool Products» (EUCEB) zertifiziert, dass sie die Bestimmungen der europäischen Richtlinie 97/69/EG und der Verordnung (EG) 1272/2008 entsprechen (Mineralfaserdämmstoffe, 2011). Deutschland hat weiter eine eigene RAL Zertifizierung für Mineralwollen.	Entsorgung auf einer Deponie. Diese stellt, abgesehen von einer möglichen Exposition beim Einbau keine Gefahr dar.  Die Materialien enthalten einen organischen Anteil (Bindemittel) von ca. 5%.
EPS	Hexabromcyclo-dodecan (HBCD oder HBCDD)	HBCD gilt als persistent, bioakkumulierbar und toxisch. Zudem wurde HBCD langlebiger organischer Schadstoff (POP) deklariert (Albrecht & Schwitalla, 2015; Jakob et al., 2016).	Das Flammschutzmittel fand in EPS/XPS Verwendung. Es ist seit 2013 Teil des Stockholmer Übereinkommens und seit 2016 in der Schweiz im Einbau verboten. Die REACH Verordnung der EU deklariert den Stoff seit August 2015 als zulassungspflichtig, was die Verwendung in Dämmstoffen praktisch verunmöglicht (Bundesamt für Gesundheit (BAG), 2015).	Das HBCD sollte aus dem Materialkreislauf ausgeschleust werden. Heute ist die Verbrennung in der KVA die gängigste Methode. Künftig könnte das HBCD mittels Lösungsmittelverfahren ausgeschieden und das Polystyrol zurückgewonnen werden.
	Polybromierte Diphenylether (PBDE)	Der Stoff ist stark persistent und bioakkumulierbar. Es gibt keine abschliessende Bewertung seiner Toxizität.	Materialien die «polybromierte Diphenylether (PBDE) Materialien, die PBDE enthalten, [dürfen] nicht hergestellt, in Verkehr gebracht und verwendet werden, wenn ihr Gehalt an PBDE jeweils 0.001 % übersteigt» (Bundesamt für Umwelt (BAFU), n.d.)	Organische Flammschutzmittel können thermisch vernichtet oder teilweise mit Lösungsmitteln herausgelöst werden.
XPS	Hexabromcyclo-dodecan (HBCD oder HBCDD)	Siehe oben.	Siehe oben.	Siehe oben.
	Polybromierte Diphenylether (PBDE)	Siehe oben.	Siehe oben.	Siehe oben.
	HFCKW und HFKW	Beide verfügen über sehr hohes Treibhauspotential (Rexroth et al., 2014).	Früher als Treibmittel für XPS und PUR verwendet. HFCKW wird fast nicht mehr verwendet. (Rudolph, 2009)	

Dämmmaterial	Problematische Stoffe	Problematik	Einbausituation	Entsorgung
PUR	FCKW	FCKW in der Atmosphäre ist massgeblich für den Ozonabbau in der Stratosphäre verantwortlich. Weiter verfügt FCKW über ein starkes Treibhauspotential.	Wurde in älteren PUR Dämmungen oft als Treibmittel verwendet und ist seit 1995 verboten. (Rexroth et al., 2014)	FCKW diffundiert in der Regel aus den eingebauten Dämmmaterialien. Restbestände können thermisch vernichtet werden.
	Phosphorverbindungen (TCEP bzw. TCPP)	TCEP gilt als reproduktionstoxisch und eventuell krebserregend. (Rexroth et al., 2014) Über TCPP liegen noch keine zuverlässigen Ergebnisse vor. Im Rahmen der REACH Verordnung werden die Auswirkungen 2016 von Dänemark geprüft.	TCEP wurde in älteren PU-Schäumen als Flammschutzmittel verwendet. Die Verwendung ist heute nach Anhang XIV verboten (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2015a). TCPP ist nicht verboten, wird noch heute in der Produktion von PUR verwendet.	Keine Vorgaben.
	HFCKW und HFKW	Siehe oben.	Siehe oben.	Siehe oben.
Kork	Teer und Bitumen	Diese Stoffe verfügen über einen hohen Anteil von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), welche erwiesenermassen zu Krebs führen können (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2012).	Wurde, insbesondere in den 1980er Jahren, oft als Kleber in Korkisolationen verwendet.	Muss thermisch verwertet werden.
Cellulose und andere Naturfasern	Borate	Die REACH Verordnung bewertet die Salze der Borsäure als reproduktionstoxisch (Rexroth et al., 2014).	Borate werden sowohl aufgrund ihrer Wirkung als Biozid und Flammschutzmittel noch heute verwendet.	Es bestehen keine besonderen Vorgaben. Der Stoff ist nicht kompostierfähig und muss deponiert werden.
Fassadenputz	Biozide	Unterschiedliche je nach Biozid, es besteht jedoch die Annahme, dass die giftigen Inhaltsstoffe ausgewaschen werden und im Einbau für den Arbeiter gefährlich sind (Burkhardt & Vonbank, 2011; Krueger, Schwerd, & Hofbauer, 2015).	Fassadenputze enthalten oft Biozide um den Schimmel- und Pilzbefall der Dämmmaterialien darunter vorzubeugen. Diese werden heute noch verwendet, genaue Zahlen sind nicht bekannt.	Keine speziellen Entsorgungshinweise bekannt.

## 2.2 Methodisches Vorgehen zur Erfassung der Entsorgungssituation

Um die Ist-Situation der Dämmmaterialentsorgung in der Schweiz qualitativ zu erfassen, wurden verschiedene Akteure aus der Entsorgungsbranche (Stakeholder) interviewt. Die Befragungen erfolgten entweder mittels persönlicher Besuche oder per Telefon und dauerten zwischen 15 Minuten und einem halben Tag. Um eine möglichst grosse Diversifizierung zu erreichen, wurden Akteure aus verschiedenen Branchen und in verschiedenen Regionen befragt. Die Interviews sollen so ausgewertet werden, dass einen Überblick über die Entsorgungssituation in den verschiedenen Regionen der Schweiz auf ausreichend repräsentative Weise ermöglicht wird.

### 2.2.1 Geografische Einteilung

Die regionale Differenzierung erfolgte gemäss den vier Regionen in der Tabelle C. Bei der Auswahl der Kantone wurden städtische und ländliche Kantone berücksichtigt. Es wurden keine Befragungen in der italienischsprachigen Schweiz durchgeführt.

Tabelle C: Aufteilung der Schweiz in Regionen für die Befragungen

Region	Beschreibung
NORD	Dies umfasst die Kantone Basel-Stadt, Baselland, Solothurn, Jura, Aargau
OST	Dies umfasst die Kantone St. Gallen, Thurgau, Appenzell Innerrhoden, Appenzell Ausserrhoden, Glarus, Schaffhausen, Graubünden. Änderungen und neue Erkenntnisse seit der letzten Studie des Kantons Zürichs, werden ebenfalls hierunter vermerkt.
INNERSCHWEIZ	Dies umfasst die Kantone Luzern, Uri, Schwyz, Ob- und Nidwalden und Zug.
WEST	Dies umfasst die Kantone Genf, Waadt, Neuchâtel, Wallis, Freiburg und Bern.

### 2.2.2 Stakeholder

Ziel der Befragungen ist es, die vorhandenen oder möglichen Verwertungs- und Entsorgungswege, sowie deren Kapazitäten in Erfahrung zu bringen. Zu diesem Zweck wurden alle grossen Stakeholder der Entsorgungskette von Dämmmaterialien in die in Tabelle D ersichtlichen Kategorien eingeteilt. Es soll in jeder Region ein bis zwei Stakeholder der Kategorien 1 bis 4 zu befragt werden.

Tabelle D: Kategorien Stakeholder für die Befragungen

Kategorien	Beschreibung
1	Rückbaufirmen, Muldenservices und Bausperrgutsortieranlagen. Diese Kategorie fasst diese drei Unternehmensarten zusammen, da viele Unternehmen in der Branche mehr als eine der obenstehenden Dienstleistungen anbieten.
2	Kehrichtverbrennungsanlagen
3	Deponien
4	Produzenten von Dämmmaterialien
5	Verbände



### **2.2.3 Fragebogen**

Für die Akteure der Kategorien 1 bis 4 in Tabelle D wurde ein spezifischer Fragebogen erstellt. Die Stakeholder in Kategorie 5 sind sehr unterschiedlich, weshalb jedes Interview individuell vorbereitet wurde. Die kompletten Fragebogen finden sich im Anhang in Kapitel 7.1.

### 3 Resultate

Die Resultate dieses Kapitels stammen aus den Befragungen von schweizweit rund 40 Betrieben, Anlagen und Behörden. Die Befragungen wurden gemäss der in Kapitel 2.2 erarbeiteten Methodik durchgeführt. Die in den Folgekapiteln präsentierte Auswertung gliedert sich daher nach Stakeholdergruppen und Region, siehe dazu Tabelle C und Tabelle D. Dazu wurden die Antworten in Tabelle E bis Tabelle I thematisch zusammengefasst, gekürzt und anonymisiert. Am Ende jedes Unterkapitels ergänzen Fotografien und Infografiken die präsentierten Resultate.

Die Bereitschaft an den Befragungen teilzunehmen, war regional sehr unterschiedlich. Insbesondere in der Region NORD waren nur wenige Bausperrgutsortierer und Muldenunternehmungen bereit ein Interview über die Entsorgung von Dämmmaterialien zu führen. Das Ziel in jeder Region mindestens einen Stakeholder jeder Kategorie zu interviewen konnte erreicht werden. Insgesamt haben 38 Befragungen stattgefunden. Davon acht in der Region Innerschweiz, sieben in der Region Ost, sieben in der Region Nord und elf in der Region West. Dazu anzumerken ist, dass gewisse Interviewpartner Wissen über mehrere Standorte oder Betriebe beisteuern konnten, wie beispielsweise die Deponieverantwortlichen eines ganzen Kantons. Die Befragungen fanden bei Besuchen oder via Telefon oder Email statt.

Die Qualität der Resultate ist grundsätzlich als gut zu bezeichnen. Dennoch sind einige ergänzende Bemerkungen bezüglich der Qualität zu machen. So wurden aus gewissen Subregionen nur wenige Stakeholder befragt (insbesondere aus den Kantonen Graubünden, Solothurn, Bern, Tessin). Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass dort Interviews für die Studie vermehrt abgelehnt wurden. Dass die Interviews auf der Bereitschaft der Stakeholder beruhen, könnte weiter dazu geführt haben, dass vor allem Stakeholder mit Interesse an der Thematik an der Befragung teilgenommen haben. All dies beeinflusst die Validität der Resultate. Zudem zeigte sich, dass die regionalen Verallgemeinerungen der Interviewresultate schwierig sind. Auch innerhalb derselben Region existieren teilweise stark unterschiedliche Entsorgungspraxen. Dies hat wiederum einen Einfluss auf die Reliabilität der Resultate. Dazu ist noch festzuhalten, dass die methodische Aufteilung der Regionen nicht auf der Entsorgungspraxis beruht, sondern der gewählten Methodik zur übersichtlichen Aufarbeitung der Resultate entspricht.

Um die Übersichtlichkeit in diesem Kapitel zu gewährleisten wurden in den Tabellen die folgenden, zusätzlichen Abkürzungen verwendet:

BS	Bausperrgut
BSS	Bausperrgutsortierer
DM	Dämmmaterialien
MW	Mineralwolle(n)
MÖD	Mineralölbasierte Dämmmaterialien
GW	Glaswolle(n)
RB	Rückbaufirma
SW	Steinwolle(n)

### 3.1 Rückbaufirmen, Muldenservices und Bausperrgutsortieranlagen

**Zusammenfassung:** Es sind keine regional typischen Rückbaukonzepte feststellbar. Oft sind sie auch innerhalb einer Firma unterschiedlich; teilweise selektiver Rückbau, teilweise klassischer Abbruch. Wenn die Sortierung schon auf der Baustelle erfolgt, werden die Mulden teilweise direkt in die KVA (mineralölbasierte Dämmmaterialien) oder auf die Deponie (mineralische) gebracht, ansonsten gelangen sie zuerst meist als Mischmulden in die Bausperrgutsortierung.

Tabelle E: Resultate der Befragungen der Rückbaufirmen, Muldenservices und Bausperrgutsortieranlagen

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
Mengen, Trends	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwierig abzuschätzen.</li> <li>- RB: Anstieg DM Mengen in letzten Jahren, gleichviel MW und MÖD.</li> <li>- BSS mit dichteabhängigem Preissystem bemerkte eine abnehmende Tendenz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwierig abzuschätzen.</li> <li>- BSS praktisch nur Mischmulden und können dies daher nicht quantifizieren.</li> <li>- Rückbau von alten Industriearalen fallen vermehrt Korkdämmungen (Kühlhäuser) an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwierig abzuschätzen.</li> <li>- ländliche Regionen: stärkere Zunahme von MW als MÖD (EFH 1960er)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwierig abzuschätzen.</li> <li>- BSS: Verpackungs-EPS hat stark zugenommen.</li> <li>- BSS ZH: Klare Zunahme der DM Mengen beobachten (bis zu 40%).</li> </ul>
Rückbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilweise selektiver Rückbau, teilweise klassischer Abbruch und Sortierung vor Ort oder in externer Anlage.</li> <li>- Abhängig von Projekt, Platz, kantonalen Vorgaben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein RB war bereit über die Rückbaupraxis Auskunft zu geben. Es wird auf die Vorschriften der Umweltämter verwiesen.</li> <li>- Kontakt mit den Kantonen ergab eine Umsetzung gemäss der neuen VVEA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilweise selektiver Rückbau, teilweise klassischer Abbruch und Sortierung vor Ort oder in externen Anlagen. Ausschlaggebend sind Projektgrösse, Auftraggeber, kantonale Vorschriften und Platzverhältnisse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilweise selektiver Rückbau, teilweise klassischer Abbruch und Sortierung am Boden oder in Anlage.</li> <li>- ZH: V.a. selektiver Rückbau.</li> </ul>
Preise	Unterschiedliche Annahmepreise und Berechnungsmodelle (BSS): gemischter Bauabfall 64 CHF/m <sup>3</sup> - 375 CHF/t	Die kontaktierten BSS waren nicht bereit ihre Annahmepreise zu kommunizieren.	Teilw. höhere Preise für die Leichtfraktionen (~360 CH/t), Mischmulden (220 – 290 CHF/t)	BS um 190 - 250 CHF/t bei BSS.
Sortierung und Entsorgungsweg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regional unterschiedlich. Abhängig von Annahmepreisen/Transport wegen. Teilw. werden alle DM in den KVAen entsorgt.</li> <li>- MW (öfters) auf Deponien entsorgt.</li> <li>- Keiner der kontaktierten RB, BSS, MS brachte DM zum Hersteller zurück. Teilweise, weil frühere Rückgaben zurückgewiesen (Verschmutzungsgrad).</li> <li>- Kork und Asbest in der KVA ohne Einschränkungen (Mengen etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW, sowie Kork und Asbest gelangen in die KVA.</li> <li>- Gewisse BSS entsorgen auch MW in den KVAen.</li> <li>- Verpackungsstyropor wird von verschiedenen BSS und Recyclinghöfen separat gesammelt, zu Briketts gepresst und im In- oder Ausland stofflich verwertet (Produktion von Blumentöpfen, Granulat).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die meisten kontaktierten RB entsorgen MW auf der Inertstoffdeponie und MÖD in der KVA.</li> <li>- Regionale Unterschiede, in Einzugsgebieten von KVAen, welche weniger strikte Kriterien bezüglich der Annahme praktizieren, entsorgen BSS alle DM in der KVA. Auch KVAen, welche in den letzten Jahren ihre Annahmepreise stark senkten, begünstigen diese Praxis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meist werden MÖD und gemischtes in der KVA entsorgt und MW auf Inertstoffdeponien. RB bringen alle DM wenn möglich in KVA (Preise in t), statt zu BSS (Preise in m<sup>3</sup>).</li> <li>- Ein RB bringt saubere MW zur Flumroc (unklar wofür).</li> <li>- Die meisten BSS erhalten vor allem Mischmulden mit DM, praktisch keine Monochargen.</li> </ul>
Bestehende Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die sich ändernden Annahmekriterien der KVAen sind für die RB problematisch, da sich nicht parallel alternative Entsorgungswege ergaben.</li> <li>- Längere Transportwege sind insbesondere für kleinere Unternehmen schwierig zu bewerkstelligen.</li> </ul>	- Keine.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein BSS hatte in den letzten Jahren vermehrt mit Metallplatten beschichtete Dämmung aus der Industrie erhalten. Diese sind mühsam zu trennen.</li> <li>- Der Transport ist aufgrund der geringen Dichte teuer. Die DM müssen mit anderen Fraktionen gemischt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verklebte Aussenisolationen erschweren Betonrecycling.</li> <li>- Gewisse KVAen scheinen weniger GW zu akzeptieren (Öfen verkleben).</li> <li>- Die Staubbildung von MW ist mühsam und bei der alten Generation gefährlich für die Arbeiter.</li> </ul>

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
Zukünftige Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solange die bestehenden Entsorgungswege bleiben, keine Probleme.</li> <li>- Ansonsten würde man versuchen, durch längere Anfahrtswege gleich zu entsorgen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die BSS, welche ihre DM alle in der KVA entsorgen, befürchten, dass diese in Zukunft strengere Richtlinien erarbeiten und dieser Weg für MW nicht mehr offen ist.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestehenden Entsorgungswege überlastet (Deponievolumina).</li> <li>- Heute verbaute Verbund-DM haben kein Entsorgungskonzept. Sie können allenfalls in die KVA gehen.</li> <li>- Ein Rücknahmesystem für DM braucht viel Platz, es braucht Sammelstellen.</li> <li>- Die Akzeptanz auf dem Markt von Recyclingprodukten muss gefördert werden. Oft werden diese noch als minderwertig angesehen.</li> </ul>
Weiteres		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle RB und viele BSS in der Region NORD waren nicht bereit Auskunft zu geben.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DM, welche aus Sanierungsprojekten entsorgt werden, sind oft in sehr sauberem Zustand.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterschiede zwischen dem Kanton Zürich und den ländlicheren Kantonen, wobei der ZH striktere Vorschriften hat und strenger kontrolliert.</li> <li>- MÖD als Ersatzbrennstoff lohnen sich nicht, da sich der Preis nicht von der KVA unterscheidet.</li> </ul>



Abbildung 2: Brennbare Baustoffe bei Baustoffsortierer mit erkennbaren mineralölbasierten Dämmmaterialanteilen. (Quelle: ARV)



Abbildung 3: Inertstofffraktion eines Baustoffsortierers mit erkennbaren mineralischen Dämmmaterialanteilen. (Quelle: ARV)

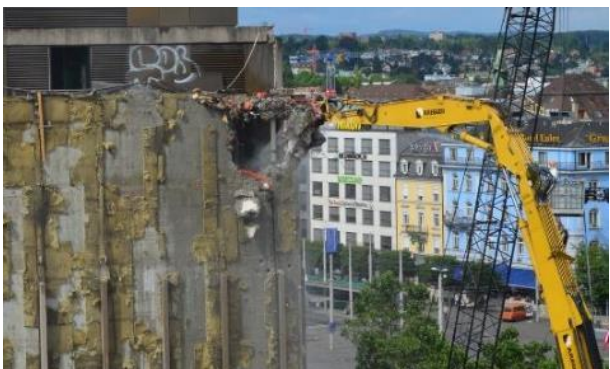


Abbildung 4: Rückbau des Hilton Hotels in Basel mit Mineralwolle verkleideter Fassade. (Quelle: baloisepark.ch)



Abbildung 5: Selektiver Rückbau einer Gebäudefassade im Kanton Zürich. (Quelle: ERM)

### 3.2 Kehrichtverbrennungsanlagen

Zusammenfassung: Alle KVAs der Schweiz nehmen mineralölbasierte Dämmmaterialien ohne Einschränkungen an. Die Annahmekriterien bezüglich mineralischen Dämmmaterialien sind regional stark unterschiedlich. Tendenziell werden diese immer weniger angenommen. Bezüglich der Mitverbrennung von Dämmmaterialien gab es bis anhin keine nennenswerten Probleme.

Tabelle F: Resultate der Befragungen der Kehrichtverbrennungsanlagebetreiber

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
Mengen, Trends	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwierig Mengen oder Trends festzustellen, da DM oft mit gemischtem brennbaren Bauabfällen angeliefert werden.</li> <li>- Einschätzung: konstant.</li> <li>- Alle MÖD werden in KVAs entsorgt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genaue Mengenangaben nicht möglich.</li> <li>- Einschätzung: Monomulden konstant, starke Zunahme der Mischmulden, DM-Anteil unklar.</li> <li>- Annahme Betreiber: Zunahme MÖD in den nächsten Jahren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genaue Mengenangaben sind nicht möglich ca. 90% in gemischten Mulden. Der Rest in Monomulden.</li> <li>- Anlieferungen sind etwa gleichbleibend.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genaue Mengenangaben sind nicht möglich.</li> <li>- Immer häufiger werden Monomulden angenommen, da immer mehr Baustellen das Mehrmuldensystem praktizieren.</li> </ul>
Annahmekriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KVAs nehmen möglichst wenig unbrennbaren Bauabfall an; grundsätzlich keine mineralischen Dämmmaterialien. Sehr unterschiedlich strikt umgesetzt.</li> <li>- In peripheren Regionen haben einige KVAs erst kürzlich eine striktere Praxis eingeführt.</li> <li>- Eine KVA nimmt keine bitumenhaltigen DM an (schmelzen auf Rost und verkleben).</li> <li>- Alle nehmen sowohl Monochargen mit DM, als auch gemischtes, brennbares BS an.</li> <li>- Anlieferungen visuell kontrolliert.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nur geringe Mengen MW an.</li> <li>- Gemäss Betriebsverordnung der KVA werden keine grösseren Mengen FCKW-haltige DM angenommen.</li> <li>- Stark FCKW haltige Abfälle werden im Inland in einer Spezialanlage entsorgt.</li> <li>- Alle nicht privaten Anlieferer brauchen Zulassung des kantonalen Umweltamtes (Eignungsprüfung der Abfälle).</li> <li>- Anlieferungen werden zusätzlich gewogen und visuell kontrolliert.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW werden abgelehnt.</li> <li>- Ansonsten keine spezielle DM Kriterien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW werden nur in kleinen Mengen und in gemischten BS Mulden akzeptiert.</li> <li>- Bei der Annahme findet eine visuelle Kontrolle statt. Proben im Zweifelsfalle.</li> </ul>
Preise	Regional unterschiedlich, zwischen 174 und 280 CHF/t. Eine KVA verlangt seit 2015 für EPS/XPS: 374 – 400 CHF/t.	Zwischen 132 und 480 CHF/t je nach Schadstoffbelastung. (DM sind in der Regel wenig belastet, Ausnahme: Bitumen.)	Zwischen 120 und 135 CHF/t.	Zwischen 150 und 250 CHF/t.
Bestehende Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brennwert pro Volumen tief; muss gut mit anderem Abfall gemischt werden.</li> <li>- Arbeitsschritte bis die Abfälle im Ofen sind, sind viel aufwändiger.</li> <li>- Runde Gegenstände rollen den geneigten Rost zu schnell hinunter, wodurch nicht komplett verbrennen (z.B. Rohrisolationen).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oft sind mineralische DM im BS untergemischt und nicht mehr zu erkennen. Auch die Feinfraktion von BSS ist schwierig zu bestimmen.</li> <li>- Grosse Korkanlieferungen werden gemäss Betriebsverordnung der KVA nicht angenommen. Überprüfung bei Verdacht.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Probleme</li> <li>- Dämmmaterialien werden immer gut unter die anderen Abfälle gemischt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bis anhin keine Probleme.</li> </ul>
Zukünftige Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evtl. Probleme bei der Rauchgas- und Wasserreinigung (Glas wird bei hohen Temperaturen elektrisch leitfähig). (Ähnliche Probleme, bei der Mitverbrennung von RESH bekannt.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann sich nicht vorstellen, dass Probleme entstehen würden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dass die Luftgrenzwerte aufgrund der Flammschutzmittel in nicht mehr eingehalten werden.</li> <li>- Wenn man die Chargen dosiert, sind auch bedeutend grössere Mengen kein Problem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evtl. Überschläge in der Rauchgasreinigung (GW Fasern). (Ähnliches Problem gab es bei der Verbrennung von Carbonfasern).</li> <li>- Die Grenzwerte sollten weiter eingehalten werden können.</li> <li>- Erhöhter Chlorgehalt der Brandschutzmittel könnte zu Korrosion im Stahlkesselführen. Es gab in den letzten Jahren jedoch bereits eine Zunahme der Chlorkonzentrationen in den gewöhnlichen Abfällen.</li> </ul>

## Entsorgung von Dämmmaterialien in der Schweiz 2016

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
Weiteres		- Anteil Schnittreste verschwindend klein. - Manche Recyclinghöfe nehmen Verpackungsstyropor zurück.		- Sauberer Verpackungsstyropor kann in einer KVA gratis abgegeben werden. Er wird verbrannt.  - Die KVA erhält auch Schnittreste von neuwertigem Material von Baustellen (eher weniger).

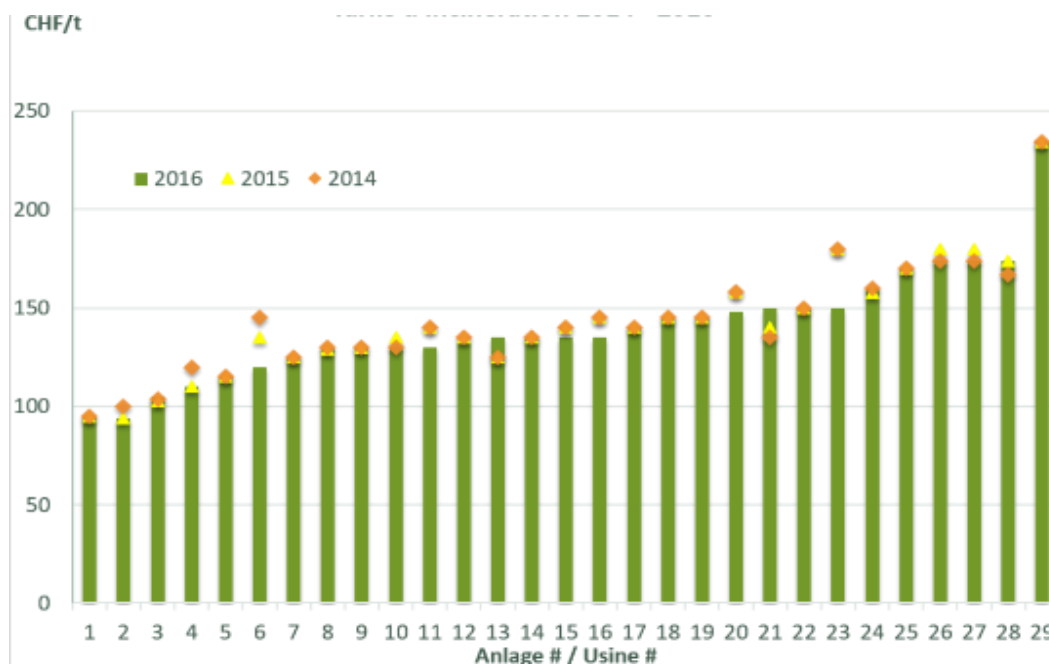


Abbildung 6: Anonymisierte Übersicht zu den Siedlungsabfallannahmepreisen in allen Schweizer KVAen 2014 - 2016. Alle Angaben in CHF pro Tonne, ohne Mehrwertsteuer, ohne Transportbeitrag und ohne kantonale Abgabe. (Quelle: VBSA, Jährliche Umfrage unter allen KVAen der Schweiz)

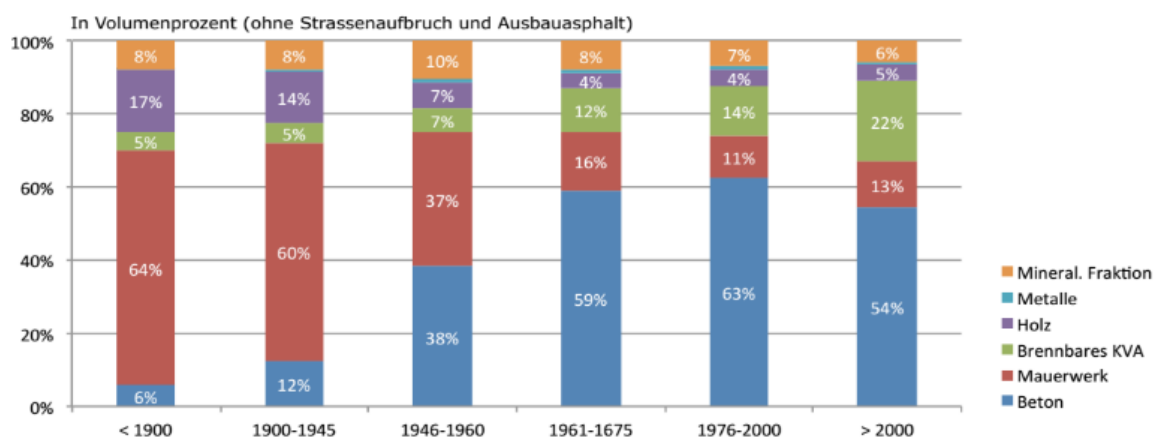


Abbildung 7: Anteil des brennbaren Anteils am Bauabfall der Schweiz nach Bauperiode. Ein Teil der Zunahme ist auf die Zunahme der Dämmmaterialabfälle aus dem Neubau, Sanierung und Rückbau zurückzuführen. (Quelle: (Wüest & Partner, 2015)).

### 3.3 Deponien

Zusammenfassung: Mineralische Dämmmaterialien werden auf den meisten Deponien (Typ B) akzeptiert. Probleme verursachen sie auf den Deponien noch keine. Oft werden sie zum gleichen Preis wie die übrigen Inertstoffe verrechnet. Es lässt sich aber ein Trend zur dichteabhängigen Preisgestaltung beobachten.

Tabelle G: Resultate der Befragungen der Deponiebetreiber

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
Mengen, Trends	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Angelieferten Mengen MW mengenmässig irrelevant.</li> <li>- Genaue Angaben zu den Mengen und Trends nicht möglich,</li> <li>- Einschätzung: leichte Zunahme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nicht alle Inertstoffdeponien nehmen DM an, kantonal geregelt.</li> <li>- Tendenziell weniger DM in den letzten 2 Jahren (weniger Grossprojekte).</li> <li>- Anlieferungen meist in Monomulden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es werden SW, GW und Glasschaum angenommen. Verbundmaterialien praktisch nie.</li> <li>- Angelieferten Mengen haben stark abgenommen. (Sinkenden Preise der KVAen in der Region).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Annahme Deponietyp B GW und SW, Deponietyp E Dachpappe/Kork, belastetes DM, gemischte Bauabfälle.</li> <li>- Wenig Verbundmaterialien.</li> <li>- Deponien mit dichtebezogenen Preissystem spüren eine Abnahme.</li> </ul>
Annahmekriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf den befragten Deponien werden sowohl Monochargen, als auch mit anderen Inertfraktionen vermischte MW angenommen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Anlieferungen müssen beim kantonalen Umweltamt deklariert werden, bevor sie die Deponie erreichen.</li> <li>- Visuelle Kontrolle auf Deponie.</li> <li>- Es gibt keine spezifischen Kriterien für DM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlieferung ausschliesslich in Monomulden (unterschiedliche Preise).</li> <li>- Es wird eine erste visuelle Kontrolle auf der Waage und eine zweite beim Abladen auf der Deponie durchgeführt.</li> <li>- Holzfaserzementplatten werden regelmässig abgelehnt und auf die Reaktordeponie geschickt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine spezifischen für DM.</li> <li>- Bei dichtebezogenem Preissystem müssen die DM in Monomulden angeliefert werden.</li> <li>- Leichte Verunreinigungen werden akzeptiert (Papier, Plastik).</li> <li>- Kontrolle erfolgt visuell bei der Ankunft.</li> </ul>
Preise	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wird preislich nicht zwischen DM und anderem Inertmaterial unterschieden: 40 – 50 CHF/t</li> <li>- Ansonsten: Inertmaterial (45 - 55 CHF/t) und DM (380 - 450 CHF/t)</li> </ul>	125 CHF/t ohne Abstufungen.	55 CHF/t für Inertmaterial, 300 CHF/t für MW. Im Zweifelsfalle werden 300 CHF/t berechnet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Typ B: 45 CHF/t</li> <li>- Typ E: 95 CHF/t gemischte Bauabfälle, 180 CHF/t Dachpappe/Kork, 730 CHF/t belastete DM</li> <li>- Dichtebezogenes Preissystem: Inertmaterial 43 -78 CHF/t, MW 205 CHF/t. Preis ergibt sich aus dem teuersten Anteil einer Mulde.</li> </ul>
Best. Probl.	- Keine	- Keine, da die DM gut durchmischt werden und mit viel Aushubmaterial überdeckt werden. So können sie genügend komprimiert werden.	- Keine, auch da immer weniger angeliefert wird.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW führen zu unangenehmen Staubemissionen für die Arbeiter</li> <li>- Der Einbau auf der Deponie ist mühsam.</li> </ul>
Zukünft. Probleme	- Sollten die Mengen stark zunehmen (20 – 30% (Gew.)) könnte sich der Einbau des sehr leichten Materials problematisch gestalten (Stabilität).	- Sollten die Mengen stark zunehmen könnte sich der Einbau des sehr leichten Materials problematisch gestalten (Stabilität).	- Sollten die Mengen sehr stark zunehmen, könnte sich ein Problem mit der Stabilität ergeben. Grob wären Probleme ab 10% (Vol.) zu erwarten.	- Der Einbau könnte bei grösseren Mengen erschwert werden.

	WEST	NORD	INNERSCHWEIZ	OST
<b>Weiteres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immer mehr Kantone verlangen das Mehrmuldensystem auf den Baustellen.</li> <li>- Befragten Deponien empfanden den Verschmutzungsgrad der DM als eher gering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Praktisch keine Schnittreste angeliefert.</li> <li>- Gewisse Pharmabetriebe im Kanton Basel haben negative Erfahrungen mit der Sanierung von Deponien gemacht. Um solche zu vermeiden, lassen sie die Deponien, welche sie beliefern, alle drei Jahre von einem unabhängigen Inspekteur begutachten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die angelieferten DM stammen vor allem von kleinen Unternehmern.</li> <li>- Grössere Unternehmer sind nicht bereit die Preise zu bezahlen und entsorgen die DM anderweitig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Deponiebetreiber äusserten die Annahme, dass in der gängigen Praxis der grösste Teil der DM, auch der MW, in der KVA entsorgt wird.</li> <li>- Wenn Schnittreste angeliefert werden, dann vor allem von Muldenservices, welche Gesamtentsorgungskonzepte für Baustellen anbieten. Der Verschmutzungsgrad der Monomulden ist oft gering.</li> </ul>



Abbildung 8: Deponierte mineralische Dämmwolle auf einer kleineren Deponie. (Quelle: ERM).



Abbildung 9: Auf einer Reaktordeponie werden teilweise noch verpackte Dämmmaterialien deponiert. (Quelle: ERM).



### 3.4 Produzenten von Dämmmaterialien

Tabelle H: Resultate der Befragungen der Dämmmaterialproduzenten

	Hersteller 1	Hersteller 2	Hersteller 3	Hersteller 4
<b>Produkte</b>	Herstellung von MW-dämmung (GW). Als Rohstoff mehrheitlich Altglas aus dem Ausland.	Produktion von EPS- und MW-dämmung (GW). Die Rohstoffe (Glas und aufschäumbarer PS) werden im Ausland bezogen.	Produktion von EPS und XPS Dämmung.	Produktion von MW-dämmung (SW).
<b>Markt</b>	Produktion in der Schweiz. Markt: Schweiz, Italien, Frankreich, Benelux, Österreich.	Produktion in der Schweiz. Markt: vor allem Schweiz und Deutschland.	Produktion in der Schweiz. Markt: vor allem Schweiz.	Produktion in der Schweiz. Markt: vor allem Schweiz.
<b>Praktizierte Wiederverwertung im Werk</b>	<p>Jährlich werden rund 60t GW im Werk zurückgenommen, vor allem in den branchenweit benutzten Sammelsäcken (250/500l). Es ist keine Zunahme feststellbar. Die bestehenden Strukturen können max. 100-300t pro Jahr aufnehmen.</p> <p><u>Werkstoffliche Wiederverwertung:</u> Die Zugabe von sauberer GW der gleichen Qualität (Produktionsabfälle und 30% der Rücknahmen) dem Herstellungsprozess ist möglich (Max. 3-5%)</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung als Rohstoff Zementindustrie:</u> Verschmutzte, ältere GW wird gemahlen und als Bindemittel für die Verbrennung von alternativen Brennstoffen in der Zementindustrie verwendet. Der Hersteller bezahlt dafür die Zementindustrie (~3x Deponiepreis).</p>	<p>Es ist möglich bei Hersteller saubere GW und saubere EPS zurückzugeben, letzteres vor allem in den branchenweit benutzten Sammelsäcken (250/500l).</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung EPS:</u> Das zurückgebrachte PS wird beim Hersteller zu Briketts gepresst und einer stofflichen Verwertung im Ausland zugeführt (Produktion von Fensterbänken u.ä.). Eine stoffliche Wiederverwertung im Werk ist aufgrund der Verschmutzung (HBCD) und wegen Beschädigungen schwierig; ein kleiner Teil kann für die Produktion von Sickerplatten verwendet werden.</p> <p><u>Werkstoffliche Wiederverwertung GW:</u> Produktionsabfälle und Abschnitte von GW können der Produktion von GW der gleichen Qualität verwendet werden. Wobei dies den <math>\lambda</math>-Wert verschlechtern kann</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung von GW:</u> Die zurückgegebene GW wird gepresst und als minderwertiges Produkt weiterverkauft, z.B. als Füllmaterial für Leitungsschächte.</p>	<p>Saubere EPS-, XPS- und PUR-Abfälle werden in den branchenweit benutzten Sammelsäcken (250/500l) zurückgenommen. Gebühr: 13 Franken zzgl. MwSt. pro 500l-Sack.</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung EPS/XPS:</u> Produktionsabfälle werden in Prozess zurückgeführt.</p> <p><u>Werkstoffliche Wiederverwertung EPS/XPS:</u> Die zurückgenommenen EPS/XPS-Verschnitte aus Neubau und Sanierung werden zerkleinert und teilweise der Rezyklatproduktion zugeführt. Das Einsatzgebiet der Rezyklatplatten beschränkt sich auf wenige Anwendungen, wie Dämmung von Industriedächern, welche in Holzbauweise erstellt wurden oder als Sickerplatten. Der Einsatz als Wanddämmung ist momentan aufgrund der Qualitätseinbussen nicht möglich. Bei dieser Verwertungsoption kann das HBCD nicht ausgeschleust werden.</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung von GW:</u> Die zurückgegebene GW wird gepresst und als minderwertiges Produkt weiterverkauft.</p>	<p>Jährlich werden rund 200t SW im Werk zurückgenommen Anlieferung in Sammelsäcken. Bei grossen Baustellen wird Rücknahme in Verträgen geregelt. Es ist eine Zunahme feststellbar, die hauptsächlich auf die Neubau- und Sanierungstätigkeit zurückzuführen ist.</p> <p><u>Werkstoffliche Wiederverwertung:</u> Produktionsabfälle werden in den Herstellungsprozess zurückgeführt. Die Beimischung der aus dem Rückbau anfallenden Mineralfasern im Produktionsprozess nach der Zerkleinerung ist aus material- und verfahrenstechnischen Gründen kaum möglich.</p> <p><u>Stoffliche Wiederverwertung als Rohstoff Zementindustrie:</u> Die Aufbereitung der Mineralwollen nach der Annahme erfolgt zunächst händisch. Es werden Aluminiumfolien und Putze entfernt. Danach wird die Mineralwolle in einen Schnecken-zerkleinerer und anschliessend über eine Stabrohmühle geführt. In einem Versuchsprojekt wurden aus den Mineralfasern Mehlbriketts hergestellt.</p>
<b>Weiteres</b>	- Der Hersteller hat sich selbst auferlegt, selbst keine Abfälle zu deponieren.	- Neuere Produkte verschiedener Hersteller lassen die Grenze zwischen GW und SW verschwinden (Rohstoff: Schwarzglas)	- Mögliche Verfahren in dem das Polystyrol mit Lösungsmitteln unter Ausscheidung von HBCD zurückgewonnen werden können, werden passiv verfolgt.	- Zurzeit werden die Mineralfasern mit den restlichen Rohstoffen (Gestein, Zusatzstoffe) zusammen zu einem Brikett verarbeitet. (Bindemittel: Zement)



Abbildung 10: Elektroschmelzofen in der Glaswolleproduktion bei Hersteller 2 (Quelle: ERM)



Abbildung 11: Erkaltes Glas: Der Schmelzofen läuft weiter, auch wenn die Produktion unterbrochen werden muss. Das Glas wird später wieder dem Schmelzofen zugegeben. (Quelle: ERM)



Abbildung 12: Gepresste Glaswolle, welche von Hersteller 2 als minderwertiges Produkt weiterverkauft wird. (Quelle: ERM)



Abbildung 13: Mischabbruch als Rohstoffersatz für die Steinwolleproduktion. (Quelle: ERM)



Abbildung 14: Sickerplatte aus recykliertem EPS (Quelle: ERM)



Abbildung 15: Rücknahme von Steinwolle-dämmung bei einem Hersteller. (Quelle: ERM)

### 3.5 Verbände

Tabelle I: Resultate der Befragungen der Verbände

	<b>Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz (ARV)</b>	<b>Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VSBA)</b>	<b>Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen</b>
<b>Verbands- zweck, Mitglieder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertritt die Interessen der Bauabfallrecyclingbranche</li> <li>- Informationsaustausch-portal, kontrolliert aber auch Bauabfall-Aufbereitungsanlagen im Namen der Kantone, organisiert Aus-/Weiterbildungen.</li> <li>- 176 Mitglieder (Aushub, Rückbau, Recycling)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertritt hauptsächlich die Interessen den Schweizer KVA- und Deponiebetreiber.</li> <li>- 160 Mitglieder, Betreiber und Kadermitglieder verschiedenster Abfallverwertungsanlagen. (30% die KVAen, 23% die Deponien).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schulungszentrum und Interessensvertretung der Gebäudehüllenunternehmungen.</li> <li>- Vertritt rund 600 Unternehmungen.</li> </ul>
<b>Mengen Trends</b>	Der ARV kennt keine Zahlen. Der ARV führt im Auftrag der Kantone Kontrollen bei verschiedenen BSS durch. Diese Kontrollen vermitteln subjektiv eine Abnahme der DM Mengen und eine Zunahme von Verbundmaterialien.	Keine Kenntnis über eine Veränderung der in den KVAen angelieferten Mengen. Dämmmaterialien waren bis anhin kein Thema im VSBA.	Keine Kenntnis über eine Veränderung der rückgebauten Mengen. Eine Zunahme in den nächsten Jahren scheint aber sehr plausibel.
<b>Konzept DM Abfall</b>	Der ARV hat diesbezüglich kein Konzept/keine Empfehlungen.	MÖD in der KVA. MW auf der Deponie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehrmuldenkonzept wird in den Kursen der GH gelernt (MÖD in brennbare Fraktion, MW auf Inertstoffdeponie.</li> <li>- Rücknahme von Schnittresten (Hersteller) ist Thema.</li> </ul>
<b>Besteh. Probleme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehrere BSS empfinden EPS/XPS als mühsam, insbesondere BS-Aufbereitungsanlagen, welche mit Wasserkreisläufen arbeiten.</li> <li>- Um Transport zu vereinfachen pressen gewisse BSS ihre leichten Fraktionen vor dem Transport.</li> </ul>	- Dem VSBA sind keine Probleme durch Dämmmaterialien bekannt. Seiner Kenntnis gab es durch deren Mitverbrennung in der KVA keine Veränderungen.	- Keine Kenntnis.
<b>Probleme bei zunehmenden Mengen</b>	- Keine Kenntnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbundstoffe, welche über grössere mineralische Anteile verfügen könnten in grösseren Mengen zu Problemen führen.</li> <li>- Die tiefen Preise der KVAen könnten Anlieferer dazu verleiten, grössere Mengen mineralische DM anzuliefern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schaumglas wird mit Heissbitumen eingeschwemmt oder mit einem Spezialkleber verklebt. Dies rückzubauen ist sehr aufwendig. Dennoch wird diese Praxis für deren Einbau nach wie vor verwendet.</li> <li>- PU der älteren Generation ist FCWK haltig, was Entsorgung erschwert.</li> <li>- Cellulosehaltige Dämmmaterialien: Diese enthalten als Flammenschutzmittel und gegen Insektenbefall Borsalz. Das Material muss nach dem Rückbau deponiert werden.</li> <li>- Vakuumdämmungen könnten ein Problem werden, dies ist aber noch unklar, da noch keine Erfahrungen vorliegen. Allenfalls problematisch ist deren Aluschalung.</li> </ul>
<b>Vision Schweiz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DM, ihr Herstellungsjahr und ihre Zusammensetzung müssten einfacher und klarer erkennbar sein (z.B. durch Farbcodes).</li> <li>- Entsorgung von MW auf Deponien ist unnötig und verbraucht wertvollen Deponieplatz.</li> <li>- Technologien zur alternativen Entsorgung. und ein nationales bzw. europäisches Recyclingsystem müssten gefördert werden</li> </ul>	- Dämmmaterialien als Sonderabfall wären für die KVA Betreiber ein Verlust.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Produkte müssen so designt sein, dass möglichst wenige Schnittabfälle anfallen.</li> <li>- Weiter sollten sie so konzipiert sein, dass der Rückbau reiner Fraktionen möglich ist. Daher sollte das Konzept hinterlüfteter Fassaden gefördert werden. Dort werden die DM im Gegensatz zu Kompaktfassaden nicht verklebt.</li> <li>- Für das Funktionieren eines Recyclingsystems sind kurze Anfahrtswege zentral.</li> <li>- Da Wärmedämmung so viel Energie beim Heizen spart, ist es wichtig, dass Initiativen zum Dämmen nicht durch strikte Bestimmungen vernichtet werden.</li> </ul>

## 4 Diskussion der gesamtschweizerischen Entsorgungssituation

### 4.1 Bestehendes Entsorgungssystem, Kapazitäten und mögliche Probleme

Die im vorherigen Kapitel erarbeiteten Resultate geben einen Überblick zur Entsorgungspraxis von Dämmmaterialien in der Schweiz. Sie zeigen einerseits, dass regionale Unterschiede in der Entsorgungspraxis bestehen, andererseits ist ersichtlich, dass viele Stakeholder schweizweit auf dieselben Probleme stossen. Nachfolgend soll mit der Synthese der Resultate einen Überblick über die gesamtschweizerische Entsorgungssituation geboten werden.

#### 4.1.1 Dämmmaterialarten und -mengen

Die durch die Befragungen ermittelten Erfahrungen der Entsorgungsbetriebe bestätigen die in Kapitel 2.1.1 getätigte Annahme bezüglich der Lager im Gebäudepark; in der Schweiz werden vor allem Mineralwolle- und EPS/XPS-Dämmungen rückgebaut, woraus sich schliessen lässt, dass diese mengenmässig auch am meisten verbaut sind. Zuverlässige Zahlen über die rückgebauten Mengen oder Trends konnten jedoch nicht eruiert werden. Die Einschätzungen der einzelnen Stakeholder deuten allenfalls auf eine leichte Zunahme in den letzten Jahren hin. Es zeichnet sich jedoch ab, dass durch den Rückbau einer grösseren Anzahl Gebäude aus einer bestimmten Bauperiode, bestimmte Dämmmaterialien kurzzeitig in grossen Mengen anfallen können. So wurden beispielsweise in der Region NORD in den letzten Jahren diverse Industrieanlagen zurückgebaut. Dabei fielen recht grosse Mengen an Korkisolation aus Kühlhäusern an, welche aufgrund des hohen PAK Gehaltes in der zuständigen KVA nur chargenweise verbrannt werden konnten. Ein weiteres Beispiel ist die Zunahme von Mineralwolleabfällen in der Region INNERSCHWEIZ durch den Rückbau von Einfamilienhäusern aus den 1960er Jahren



Abbildung 16: Annahmen zu den Flächenanteilen der Dämmmaterialfraktionen für Neubau und Renovation, zum Zeitpunkt 1980 sowie 2015. (Quelle: Jakob et al., 2016)

Abbildung 16 zeigt, dass sich die Zusammensetzung der Flächenanteile der Dämmmaterialfraktionen für Neubau und Sanierung in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verändert hat. Der heutige Anteil an neu eingebauten EPS-Dämmungen im Fassadenbereich liegt deutlich höher als im Jahr 1980. Diese Entwicklung ging vor allem auf Kosten der Korkdämmungen, welche heute nicht mehr verwendet werden. Die Veränderung der Materialzusammensetzung im Bestand hat einen Einfluss auf die künftige Entsorgung der Dämmmaterialabfälle; die EPS-Abfälle werden künftig stark ansteigen, was bei den Abfallplanungen des Bundes und Kantone zu berücksichtigen ist. Insbesondere deshalb, weil diese HBCD-belastet sind und die entsprechenden Behandlungskapazitäten in den KVA zur Verfügung stehen müssen.

#### **4.1.2 Rückbau und Sortierung**

In den Befragungen hielten sich Rückbaufirmen mit Informationen bezüglich ihrer Rückbaupraxis oftmals zurück. Grundsätzlich wird auf die kantonalen und nationalen Vorgaben bezüglich der Entsorgung von Bauabfällen verwiesen, welche eingehalten würden. Es ergab sich aber, dass Gebäude teilweise selektiv zurückgebaut, teilweise aber noch immer als Ganzes, das heisst ohne vorherige Entkernung, abgerissen werden. Das Rückbaumaterial wird dabei erst danach vor Ort mit dem Bagger und händisch sortiert. Dies führt zwar zu einem geringeren Arbeitsaufwand auf der Baustelle, allerdings muss bei diesem Vorgehen deutlich mehr Material deponiert werden (Setzler, 2015). In Kantonen mit strikten Vorgaben bezüglich der Bauabfallentsorgung und Gesamtentsorgungskonzepten werden Gebäude vor dem Rückbau vermehrt komplett entkernt und Dämmmaterialien von den Fassaden abgeschält. Mit Inkrafttreten der VVEA dürfte künftig eine wesentliche Verschiebung zu letzterer Methode erfolgen. Bei Grossbauprojekten und bei umweltbewussten Bauprojekten (z.B. Minergie-Eco) oder bei öffentlichen Projekten ist der selektive Rückbau verbunden mit einem nachvollziehbaren Entsorgungskonzept bereits heute die allgemeine Praxis. Allerdings wird die Umsetzung der Entsorgungskonzepte auf den Baustellen von den zuständigen Bauleitungen oder Behörden noch kaum kontrolliert; was vermehrt in den Ausschreibungsunterlagen definiert und aufgeführt werden müsste

Gemäss der VVEA ist bei Baustellen mit einer Abfallmenge ab 200m<sup>3</sup> ein Entsorgungskonzept zu erstellen. In diesem ist aufzuzeigen, wie die Trennung, Sortierung und Entsorgung von sauberem Aushubmaterial, mineralischen Bauabfällen, brennbaren Bauabfällen und weiteren Bauabfallfraktionen während des Bauprojekts erfolgt. Ein Entsorgungsweg für Dämmmaterialien wird dabei jedoch nicht vorgegeben. Es ist vorgesehen, dass das BAFU eine Vollzugshilfe zum Umgang mit Dämmmaterialien herausgeben wird. Eventuell wird darin auch auf die möglichen Entsorgungswege eingegangen. In der Praxis erfolgt heute die Sortierung entweder direkt auf der Baustelle oder bei einem Bausperrgutsortierer. Bezüglich der Sortierung und Entsorgung von Dämmmaterialabfällen bestehen regionale Unterschiede. In der Regel werden mineralische Dämmmaterialien auf der Deponie und mineralölbasierte in der KVA entsorgt. Im Einzugsgebiet von KVAen mit tiefen Annahmepreisen und weniger strikten Annahmekriterien vermischen die Bausperrgutsortierer die Dämmmaterialien mit den brennbaren Bauabfällen und führen diese Mischfraktion in die KVA. Nur eine sehr geringe Menge an sauberen Dämmmaterialien gelangt schweizweit zurück zu den Produzenten. Bei der Sortierung der mineralischen Dämmstoffe

bestehen folgende materialbezogene Problematiken: Staubbelastung durch die Bearbeitung älterer Mineralwollen und damit verbundene Gesundheitsgefährdung des Personals, verklebte Verbundmaterialien, welche eine sortenreine Sortierung erschweren, aufwendiger Transport des leichten Materials, sowie zu hohe Anforderungen an Sauberkeit für die Wiederverwertung. Sammelsackrücknahmestellen wiesen darauf hin, dass ihre Kapazitäten oft limitiert sind.

#### Wichtigste Erkenntnisse

- Es gibt keine einheitliche Rückbau- und Entsorgungspraxis von Dämmmaterialien.
- Die Dämmmaterialien (mineralische und mineralölbasierte) aus dem Rückbau und Sanierung werden praktisch ausschliesslich in den KVAen und auf Deponien entsorgt.
- In Regionen mit tiefen KVA-Annahmepreisen werden die Dämmmaterialien (auch mineralische) hauptsächlich in den KVAen entsorgt, da diese in Tonnen abrechnen.
- Die Umsetzung der Vorgaben, Richtlinien und Empfehlung wird von den Behörden und den Projektverantwortlichen während eines Bauprojekts kaum überprüft.

#### **4.1.3 Entsorgung von mineralischen Dämmmaterialien**

Die Einordnung von mineralischen Dämmmaterialien in die Bauabfallkategorien ist in der Praxis nicht immer ganz klar und wird unterschiedlich gehandhabt. Gemäss Zusammensetzung gehören sie zu den mineralischen Bauabfällen und sind daher direkt zu deponieren (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2015b). Allerdings sind diese teilweise mit Papier oder anderen Stoffen ummantelt, was dazu führt, dass diese mit den brennbaren Bauabfallfraktionen entsorgt werden. Aufgrund des hohen mineralischen Anteils sind mineralischen Dämmmaterialien in den KVAen aber grundsätzlich nicht erwünscht. Diese haben daher in den letzten Jahren vermehrt striktere Richtlinien bezüglich der Annahme von mineralischen Dämmmaterialien erlassen und lehnen sie öfters ab oder beschränken diese Anlieferungen. Daher ergeben sich Unterschiede in der schweizweiten Entsorgungspraxis, abhängig von Annahmepreis und Preisen der lokalen Deponien und KVAen, Diese können stark schwanken, siehe dazu auch Abbildung 6. Nach wie vor praktisch ausschliesslich in der KVA entsorgt werden aber die Fein- und (brennbaren) Mischfraktionen den Bausperrgutsortierer, welche einen wesentlichen Anteil mineralischer Dämmmaterialien enthalten. Probleme könnten sich in den KVAen durch Glaswollefasern ergeben, welche zu Störungen in der Rauchgasreinigung führen können und den Rost verkleben (Mötzl, Pladerer, & Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie Österreich, 2010).

Die Entsorgung auf Deponien ist der momentan von vielen Behörden empfohlene Entsorgungsweg, wobei dort unterschiedlicher Umgang mit Dämmmaterialien gepflegt wird. Gewisse konstatierten bis anhin keine Probleme mit Dämmmaterialien und akzeptieren sie als gewöhnliches Inertmaterial zu einem günstigen Preis. Der Trend geht jedoch in allen Regionen dahin, dass Deponien vermehrt ein dichteabhängiges Preissystem einführen und für Dämmmaterialien aufgrund des grösseres Deponievolumens, welches sie beanspruchen und des erhöhten Arbeitsaufwands beim Einbau (Komprimierung) einen höheren Preis berechnen. Zudem ist zu erwähnen, dass die Mineralwollen einen organischen Bindemittelanteil von bis zu 5%

Trockensubstanz (TS) aufweisen können. Hier ist zu prüfen, ob eine Ablagerung in einer Deponie Typ B überhaupt VVEA-konform ist (Glühverlust <5%, TOC <2%). Weitere Probleme auf der Deponie sind gefährliche und unangenehme Staubemissionen, sowie Verbundmaterialien, welche oft nicht vollständig den Anforderungen eines Deponietyps entsprechen. Die Schweiz weist zudem für alle Deponietypen nur beschränkte Kapazitäten auf (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2014), was dazu führen wird, dass die Annahmepreise in den Deponien künftig ansteigen werden.

Abschnitte, welche beim Einbau anfallen oder sauberes Material aus dem Rückbau können in kostenpflichtigen Sammelsäcken den Herstellern zurückgegeben werden. Dort werden sie zur Herstellung von minderwertigen Produkten verwendet oder in anderen Industrien stofflich verwertet. Auf diese Weise werden nur sehr geringe Mengen verwertet.

#### Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Wenn die Annahmepreise und -bedingungen in den KVA es zulassen, werden mineralische Dämmmaterialien dort entsorgt. Der grösste Teil wird jedoch auf Deponien entsorgt. Die mineralischen Feinfraktionen aus Bausperrgutsortieranlagen, welche erheblich Anteile mineralischer Dämmmaterialien enthalten können, gelangen oftmals ebenfalls in die KVA.
- Die Akzeptanz von mineralischen Dämmmaterialien auf Deponien ist unterschiedlich und wird teilweise über Preise gesteuert (erschwerter Einbau, limitiertes Deponievolumen).
- Die Mineralwollen weisen einen organischen Bindemittelanteil von bis zu 5% TS auf. Es ist zu prüfen, ob eine Ablagerung in einer Deponie Typ B überhaupt VVEA-konform ist (Glühverlust <5% und TOC <2%).
- KVAen haben ihre Annahmekriterien verschärft, da sie nicht brennbares Material ungern annehmen.
- Stoffliche Wiederverwertung von mineralischen Dämmmaterialien aus Sanierung und Rückbau findet nur im geringen Umfang statt.

#### **4.1.4 Entsorgung der mineralölbasierten Dämmmaterialien**

In der Klassifizierung der Bauabfälle gehören mineralölbasierten Dämmmaterialien zum gemischten bzw. brennbaren Bauabfällen. Wenn diese stofflich nicht mehr verwertbar sind, müssen sie gemäss VVEA, sofern möglich, auf der Baustelle getrennt und einer thermischen Verwertung zugeführt werden (BAFU, 2015). Der gängige Entsorgungsweg von mineralölbasierten Dämmmaterialien aus dem Rückbau ist daher heute schweizweit die KVA. Die allermeisten KVAen nehmen diese Dämmmaterialien gerne an, da diese zwar eine geringen Dichte, aber einen hohen Brennwert haben. Es existieren daher keine Annahmebeschränkungen bezüglich des Verschmutzungsgrades und gefährlicher Inhaltsstoffe. Probleme im momentanen Anlagenbetrieb konnten keine ermittelt werden. Die Resultate in Kapitel 0 zeigen, dass die Betreiber der KVAen für eine gute Durchmischung der Dämmmaterialien mit dem übrigen Abfall sorgen, damit leichte Fraktionen nicht aufliegen und schadstoffhaltige besser verteilt sind. Die Kapazität ihrer Anlagen wird von den Betreibern auch bei einer starken Zunahme der Mengen als ausreichend

eingeschätzt. Im Rahmen eines Grossversuches im Müllheizkraftwerk Würzburg zur Mitverbrennung von EPS- und XPS-Schaumstoffen konnten 2 Gew.-% als Anteilobergrenze dieser Fraktion für einen störungsfreien Anlagenbetrieb ermittelt werden (Dresch et al., 2015). In der Schweiz werden jährlich rund 3.8 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle verbrannt. Demnach könnten jährlich rund 80'000 Tonnen EPS/XPS/PUR-Abfälle in der Schweiz verbrannt werden, was fast 73 Mal mehr ist als die für 2015 modellierten EPS/XPS/PUR- Abfallmengen (1'400 t/a, siehe Tabelle A). Sollte die heute eingebauten Mengen künftig als Abfälle anfallen, dann ergäbe sich jedoch ein Outputfluss von 56'000 Tonnen pro Jahr (EPS+XPS+PUR). Damit könnte es zumindest auf regionaler Basis zu Kapazitätsengpässen kommen, insbesondere dann, wenn künftig die Verbrennungskapazitäten abnehmen würden.

Die beim Einbau der Dämmmaterialien anfallenden Schnittreste können heute oft den Herstellern zurückgegeben werden. Das Angebot besteht schweizweit. Allerdings dürften diese Mengen im Vergleich jenen der zurückgebauten Dämmmaterialien eher klein sein.

#### Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Mineralölbasierte Dämmmaterialien aus dem Rückbau und Sanierung werden grösstenteils in den KVA entsorgt. Regionale Unterschiede sind nicht festzustellen.
- Zuvor findet oft eine Vermischung mit den brennbaren Bauabfällen in Bausperrgutsortieranlagen statt.
- KVA-Betreiber sehen keine Probleme hinsichtlich des Materialhandlings, sowie des Einflusses auf den Verbrennungsprozess.
- Heute stehen genügend Verbrennungskapazitäten zur Verfügung.
- Erst wenn die heute einbauten Mengen an EPS/XPS/PUR künftig als Abfälle anfallen, sind auf regionaler Ebene Entsorgungsengpässe in den KVA möglich.
- Saubere Schnittreste, welche beim Einbau der Dämmmaterialien anfallen, werden oft gesammelt und den Produzenten zugeführt. Die Kosten sind oft bereits im Einkaufspreis enthalten.
- Stoffliche EPS-Wiederverwertung von unverschmutztem, nicht HDCB belastetem EPS-Verpackungsmaterial wird in vielen Regionen der Schweiz praktiziert.

#### **4.1.5 Entsorgung weiterer Dämmmaterialien**

Teer- und bitumenhaltige Dämmverbundstoffe werden in der Regel in der KVA entsorgt, wobei diese teilweise grössere Lieferungen von solchen Materialien ablehnen (in Betriebsordnung definiert) oder es über mehrere Tage verteilt verbrennen. In der Region NORD werden solche Dämmmaterialien daher teilweise im nahen Ausland entsorgt, wo und wie genau ist nicht bekannt. Auch Verbundmaterialien gelangen aufgrund mangelnder Alternativen oft in die KVA. Zur Entsorgung von Naturfaserdämmstoffen, müssen die darin enthaltenen Borate oft zuerst abgetrennt und danach deponiert werden. Der Rest wird ebenfalls in der KVA entsorgt.



## 4.2 Verwertungspotentiale

Die im vorangegangenen Kapitel erarbeiteten Resultate zur Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz zeigen, dass erhebliche Verwertungspotentiale vorliegen. Es braucht hier jedoch weitere Anstrengungen seitens der Hersteller, Entsorger und Behörden, damit die Dämmung von Gebäuden als Stoffkreislauf funktionieren kann und gefährliche Stoffe dauerhaft und fachgerecht ausgeschleust werden. In den Folgekapiteln wird auf die Verwertungspotentiale der beiden häufigsten Dämmmaterialarten der Schweiz eingegangen. Jeder Entsorgungsweg wird kurz beschrieben, darauf folgend wird die gegenwärtige Praxis erläutert und das Potential künftiger Entsorgungsoptionen evaluiert.

### 4.2.1 Weiterverwendung

Aufgrund der steigenden energetischen Anforderungen im Gebäudebereich müssen künftig auch bereits gedämmte Gebäude im Rahmen von energetischen Sanierungen stärker gedämmt werden. Dies kann durch das Aufbringen einer weiteren Dämmschicht, der sogenannten Aufdoppelung, erfolgen. Dadurch wird die Lebensdauer der bestehenden Dämmung verlängert. Voraussetzung dafür ist, dass die alte Dämmung noch weitgehend intakt ist (Gebäudehülle Schweiz; Technische Kommission Fassade, 2016). Die Weiterverwendung durch Aufdopplung wird in der Regel bei Kompaktfassaden durchgeführt, welche häufig aus EPS- und XPS-Schaumstoffplatten bestehen. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die alten Dämmstoffplatten HBCD enthalten. Der Rückbau der aufgedoppelten Fassade müsste deshalb in Schichten erfolgen. Eine farbliche Kennzeichnung der HBCD-haltigen Dämmplatten vor dem Einbau der neuen Platten, wäre dafür sehr hilfreich. Mineralwollen werden häufig in hinterlüfteten Fassaden verwendet, wo ein Aufdoppeln schwierig zu realisieren ist (Jakob et al., 2016).

#### Gegenwärtige Praxis

Genaue Zahlen zur Aufdopplung in der Schweiz sind nicht vorhanden. Es ist jedoch bekannt, dass jährlich ca. 1-2% der Gebäude saniert werden (Vonmont, 2016; Stand 2011). Darunter fällt auch die Aufdopplung. Dieser Ansatz ist folglich weit verbreitet.

#### Potential

Die Weiterverwendung durch Aufdopplung bringt erhebliche energetische Einsparungen, denn dadurch kann die Nutzungsdauer auf 40 – 120 Jahre erhöht werden (Albrecht & Schwitalla, 2015). Es ist jedoch wichtig auch hier den Ansatz «from cradle to grave» zu verfolgen: Damit die unterschiedlichen Dämmmaterialgenerationen später wieder separat rückgebaut werden können, müssen sie trennbar und klar gekennzeichnet sein. Es ist anzunehmen, dass diese energetischen Sanierungen in den nächsten Jahren noch zunehmen werden. Damit die Schweiz ihre energiepolitischen Ziele erreichen kann, müsste sich der Anteil der Sanierungen verdoppeln (Vonmont, 2016).

#### 4.2.2 Wiederverwendung

Eine direkte Wiederverwendung ist nur dann möglich, wenn die eingebauten Dämmmaterialien unbeschädigt und ohne Qualitätsverlust ausgebaut werden können. Theoretisch einfach möglich ist dies bei Dämmmaterialien, welche aus losen Stoffen bestehen; diese können abgesaugt und danach wiederverwertet werden (Rexroth et al., 2014). Grundsätzlich kann gesagt werden, dass nicht geklebte, hitze-, feuchtigkeits- und UV-beständige Dämmungen sich besser für eine Wiederverwendung eignen. Insbesondere Verbundprodukte und geklebte Fassaden sind jedoch problematisch (Rexroth et al., 2014). Ein weiteres Hindernis ist die mindere Qualität der zurückgebauten Dämmmaterialien, welche auch bei schadlosem Ausbau nicht den heutigen Anforderungen entsprechen. Zusätzlich können ältere Dämmmaterialgenerationen aus problematischen Materialien bestehen oder mit solchen versetzt sein, siehe dazu Kapitel 2.1.3.

##### Gegenwärtige Praxis

Verschmutzung, Schadstoffbelastung, Beschädigung und mindere Dämmeigenschaften, sowie der aufwändige und teure Aus- und Wiedereinbau sind der Grund, wieso heute eine Wiederverwertung in den allermeisten Fällen ausgeschlossen ist.

##### Potential

Die direkte Wiederverwertung hat aus den oben erwähnten Gründen zurzeit wenig Potential. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich die U-Werte der heutigen Dämmungen nicht mehr wesentlich verbessern werden (Vogel, 2014). Es besteht daher grösseres Potential für eine Wiederverwendung der heutigen Dämmmaterialien, wenn sie dereinst zurückgebaut werden. Voraussetzung dazu ist eine gute Rückbaufähigkeit der Dämmstoffe.

#### 4.2.3 Stoffliche Wiederverwertung

Grundsätzlich muss unterscheiden werden zwischen stofflicher Wiederverwertung als Dämmmaterial und sonstiger stofflicher Wiederverwertung, sowie zwischen werkstofflicher und rohstofflicher Verwertung. Ersteres ist in der Regel weniger energieaufwändig, da die Polymerketten der einmal hergestellten Dämmmaterialien erhalten bleiben

##### Mineralölbasierte Dämmmaterialien

Polystyrol, der Grundstoff für EPS- und XPS-Dämmmaterialien, ist ein Thermoplast und kann daher ohne Qualitätsverlust beliebig oft wieder aufgetrennt werden. Er eignet sich daher für eine *rohstoffliche Verwertung*. Dafür in Frage kommt bisher ausschliesslich das Verfahren der selektiven Extraktion, wobei mit geeigneten Lösungsmitteln Kunststoffe praktisch rein zurückgewonnen werden können. Mit dem CreaSolv® Prozess wurde dies im Labor bereits erfolgreich für EPS und XPS durchgeführt. Dabei konnte auch HBCD ausgeschleust werden (Creacycle GmbH, 2016; Jakob et al., 2016). Aus diesem zurückgewonnen Rohstoff können sowohl neue Dämmmaterialien, als auch sonstige PS-haltige Produkte hergestellt werden. Problematisch für diese Art der Wiederverwendung sind starke Verschmutzungen, sowie Zuschlagsstoffe. Inwiefern sich diese störend auf den Extraktionsprozess auswirken, muss noch untersucht werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die *werkstoffliche Wiederverwertung*, wobei aus zurückgenommenen, zerkleinerten, sauberen und HBCD-freien Verschnitten von EPS und XPS Dämmmaterialien Rezyklat- und Sickerplatten von minderer Qualität hergestellt werden (Jakob et al., 2016), siehe dazu auch Abbildung 18 und Abbildung 19. Auch eine *Wiederverwendung für andere Produkte* ist möglich, beispielsweise als Leichtzuschlag in der Herstellung von Beton (Mäurer & Schlummer, 2014). Dadurch wird jedoch die Recyclingfähigkeit des Betons stark vermindert, was dazu führt, dass das Entsorgungsproblem einzig verlagert und nicht gelöst wird.



Abbildung 17: EPS Presse. Das EPS wird der Maschine dabei händisch zugegeben. (Quelle: ERM)



Abbildung 18: Gepresster EPS aus der Sammlung mit Sammelsäcken beim Hersteller, v.a. Schnittabfälle von Baustellen. (Quelle: ERM)



Abbildung 19: Rezyklatplatte aus zerkleinertem EPS. (Quelle: ERM)

### Gegenwärtige Praxis

Werkstoffliche Wiederverwertung findet nur in kleinem Ausmass statt; so werden bei gewissen Herstellern Rezyklatplatten oder Sickerplatten aus HBCD-freien EPS Abschnitten hergestellt. Stoffliche Wiederverwertung von sauberem, HBCD-haltigem PS, welches durch die Hersteller gesammelt wird, findet ebenfalls in sehr kleinem Ausmass im Ausland statt. Dabei wird PS für die Produktion von anderen Produkten, wie Fenstersimsen, hergestellt. Verpackungs-EPS, welches HBCD-frei ist, wird schweizweit gesammelt und einer stofflichen Verwertung zugeführt.

### Potential

Stoffliche Wiederverwertung von mineralölbasierten Dämmmaterialien ist nur sinnvoll, wenn die darin enthaltenen Gefahrenstoffe ausgeschleust werden können. Gemäss dem heutigen Stand ist dies für EPS-/XPS-Dämmmaterialien nur möglich, indem man sie mit geeigneten Lösungsmitteln auflöst. Durch selektive Extraktion kann HBCD ausgeschleust und Polystyrol als Rohstoff für die Herstellung von Produkten aus PS-Granulat gewonnen werden. Das sogenannte CreaSolv®-Verfahren wurde bis anhin jedoch erst im Labormassstab erfolgreich getestet (Siebert, Schlummer, & Mäurer, 2013). Momentan ist ein Projektteam mehrerer europäischer EPS-Hersteller mit der Errichtung einer CreaSolv®-Pilotanlage betraut (Creacycle GmbH, 2016). Solche Anlagen werden grosse Mengen an EPS/XPS-Abfällen benötigen, um rentabel zu arbeiten. Dabei wird der Transport des leichten Materials ein Hindernis darstellen. Ein lösen der Abfälle mit Lösungsmitteln in den Sammelstationen würde die Logistik optimieren. Alternativ könnten die Dämmmaterialien vor dem Transport auch gepresst werden.

### Mineralische Dämmmaterialien

Die *werkstoffliche Verwertung* von zerfaserten Glas- oder Steinwollen erfolgt über die Zugabe dieser Fasern zur zerfaserten Mineralwolle aus Primärrohstoffen vor der Verhärtung im Werk. Um die Qualität des Produktes zu erhalten, ist der Anteil an wiederverwerteten Fasern jedoch limitiert. Die Fasern müssen dazu komplett frei von Verunreinigungen und Zuschlagstoffen sein und ihre stoffliche Zusammensetzung muss derjenigen der neuen Fasern entsprechen. Dies ist eigentlich nur bei Produktionsabfällen gegeben. Erschwerend kommt hinzu, dass eine Wiederverwertung der alten Generation Mineralwolle aufgrund der gefährliche Fasern nicht erwünscht ist.

Da die Herstellung von Mineralwollen einen hochthermischen Prozess beinhaltet, ist die Wiedereinschmelzung als *stoffliche Verwertung* grundsätzlich möglich. Auch hier müssen die wiederzuverwertenden Stoffe grundsätzlich sauber sein, wobei bezüglich organischer Verunreinigungen eine grössere Toleranz herrscht, da diese in den Hoch-/Schmelzöfen thermisch zersetzt werden. Allerdings können zu hohe organische Anteile zu störenden Blasenbildungen beim Schmelzprozess führen. Zudem enthalten die alten Mineralwollen rund 2 – 5% Phenol-Formaldehydharze, welche während des Schmelzprozesses zumindest teilweise ins Abgas gelangen können. Die Abgasreinigungssysteme in den bestehenden Produktionsanlagen sind dafür nicht ausreichend. Weiter ist wichtig, dass die wiederzuverwertenden Mineralwollen streng nach stofflicher Zusammensetzung getrennt (Glas- und Steinwolle etc.) sind. Eine weitere Herausforderung sind die leichten Fasern, welche in den Brennern aufsteigen könnten und dort die nachfolgenden Wärmetauscher verstopfen (Mötzl et al., 2010). Die durch die Wiedereinschmelzung gewonnen Rohstoffe könnten in Form von Granulat auch (insbesondere Glasgranulat) *in anderen Produkten wiederverwertet* werden. Mineralwollen können auch anderweitig stofflich verwertet werden. So wird ein Teil der Glaswolleabfälle vermahlen und in Zementwerken als „Bindemittel“ zur Verbrennung von Ersatzbrennstoffen eingesetzt. Es handelt sich hierbei um Downcycling, was aber dennoch besser ist, als die Deponierung.

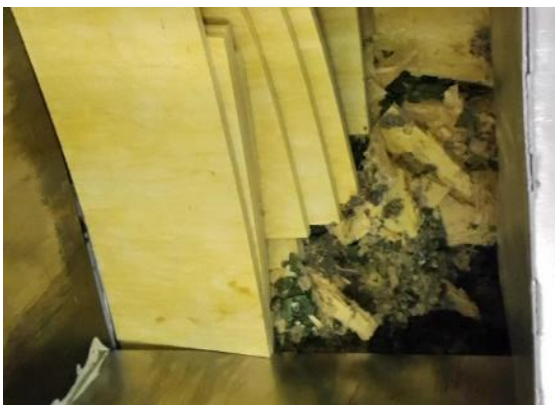


Abbildung 20: Vorvermahlung von Produktionsabfällen bei einem Glaswollen Hersteller. (Quelle: ERM)



Abbildung 21: Werkstoffliche Wiederverwertung von Glaswolle: Zerfaserte Produktionsabfälle (gelb) in neuer Glaswolle (weiss). (Quelle: ERM)

**Gängige Praxis:**

Werkstoffliche Wiederverwertung von Produktionsabfällen wird bei allen Schweizer Herstellern praktiziert, wobei der Anteil an wiederverwertetem Material limitiert ist. Aus sauberen Abschnitten werden zudem teilweise minderwertige Dämmungen und Füllungen produziert. Eine Wiederverwertung, bei welcher die Qualität erhalten bleibt, wird nicht praktiziert.

**Potential:**

Ein Steinwolle Hersteller der Schweiz arbeitet an einem Projekt zur Herstellung von Mehlbriketts aus zurückgebauter, sauberer Steinwolle. Diese Briketts können als Rohstoffersatz wieder in der Steinwolleproduktion verwendet werden, wodurch der Primärenergieaufwand, die SO<sub>2</sub>-Emissionen und der Rohstoffbedarf sinken. Das Projekt befindet sich in der Entwicklungsphase.

Eine stoffliche Verwertung durch Wiedereinschmelzung in hochthermischen Prozessen birgt den Vorteil, dass die Anforderungen an die Qualität des Materials geringer sind. Aber auch diese Art der Wiederverwertung steht vor mehreren Hindernissen. Durch das Verbrennen von Bindemitteln und Verunreinigungen können giftige Dämpfe entstehen (Mötzl et al., 2010). Die bestehenden Rauchgasreinigungsanlagen sind auf die heutigen Verhältnisse ausgelegt und müssten möglicherweise mittels kostenintensiven Massnahmen ergänzt werden. Weiter ist die stoffliche Zusammensetzung der wiederverwerteten Mineralwollen oft nicht hinreichend deklariert und Stein- und Glaswolle werden beim Rückbau nicht immer sauber getrennt. Es wäre daher ein Sammelsystem notwendig, welches die Materialien sauber trennt und den Transport, beispielsweise durch Komprimierung, vereinfacht.

Auf die stoffliche Wiederverwertung anderer, in der Schweiz weniger häufiger Dämmmaterialien wird hier nicht eingegangen.

**4.2.4 Energetische Verwertung**

Die Möglichkeit der energetischen Verwertung besteht für alle brennbaren Dämmmaterialien. Bezüglich der in Kapitel 2.1.1 aufgezählten Dämmmaterialien ist dies besonders für künstliche und natürliche organische Dämmmaterialien interessant und bietet die folgenden Vorteile:

- Geringe Anforderungen an Sauberkeit und Fremdstoffanteil.
- In der Regel kurze Transportdistanzen von den Baustellen bis zur nächsten KVA in der Region.
- Rückgewinnung von Energie.
- Ausschleusung von HBCD u.a. organischen Brandschutzmitteln aus Materialkreislauf. (Jakob et al., 2016)

**Gegenwärtige Praxis**

Momentan werden praktisch alle mineralölbasierten Dämmmaterialien, sowie ein Teil der mineralischen in KVAen verbrannt. Letztere Fraktion ist jedoch unbeliebt und wird bei steigenden Mengen immer weniger toleriert.

Potential

Es ist davon auszugehen, dass die KVAen auch in Zukunft grössere Mengen mineralölbasierter Dämmmaterialien verbrennen können. Die Emissionsgrenzwerte für Dioxine, Furane dürften im Grundsatz kaum überschritten werden. Auch mit anlagetechnischen Problemen ist im Durchschnitt nicht zu rechnen. Aufgrund lokaler, intensiver Bautätigkeiten ist jedoch längerfristig mit regionalen Kapazitätsengpässen zu rechnen. Da durch die thermische Entsorgung die Rohstoffe dauerhaft vernichtet werden, stellt dieser Entsorgungsweg längerfristig nicht die beste Lösung dar. Zudem müssen Anlieferungen in Einstoffmulden vor der Verbrennung gut mit anderen Abfällen vermischt werden.

**4.2.5 Deponierung**

Die Deponierung ist die letzte Stufe in der Entsorgungshierarchie und soll nur praktiziert werden, wenn die anderen Möglichkeiten ausgeschöpft sind. In der Schweiz dürfen nur Abfälle abgelagert werden, welche die Anforderungen von Anhang 5 der VVEA erfüllen. Von den in Kapitel 2.1.1 erwähnten Dämmmaterialien tun dies aufgrund des TOC-Anteils von 2% auf Typ B Deponien nur die künstlichen und natürlichen Mineralfasern. Die organischen Dämmmaterialien müssen thermisch oder stofflich verwertet werden (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2015b).

Gegenwärtige Praxis

Der Grossteil der zurückgebauten Mineralwollen wird heute deponiert. Da das Deponievolumen in der Schweiz stark begrenzt ist (Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2014) und der Einbau von Mineralwollen Probleme bereitet, entscheiden sich immer mehr Deponiebetreiber für ein dichteabhängiges Preissystem. Solange es jedoch keine alternativen Entsorgungswege gibt, optimieren grössere Anlieferer die Preise durch längere Transporte. Da die Deponiebetreiber nicht einheitlich agieren, ist es schwierig die deponierten Mengen zu steuern. In der Branche noch kaum bekannt ist, dass die alten Mineralwollen organische Bindemittel (oft Phenol-Formaldehydharze) im Umfang von 2 - 5 Gew.% enthalten. Eine Ablagerung in einer Deponie Typ B ist deshalb aufgrund der Vorgaben zum Glühverlust und TOC-Gehalt kritisch. Mineralölbasierte Dämmmaterialien werden sehr selten deponiert.

Potential

Das Potential der Deponierung ist aus Platzgründen limitiert. Weitere Probleme können mit zunehmenden Mengen beim Einbau auf der Deponie entstehen. Rohstoffe werden durch Deponierung dem Stoffkreislauf entzogen und können nicht wiederverwertet werden, weshalb andere Entsorgungswege vorzuziehen sind.

### 4.3 Stakeholderinputs zur künftigen Entsorgung von Dämmmaterialien

Mit den Stakeholdern wurden verschiedene Visionen zu künftigen Entsorgungsstrategien für Dämmmaterialien diskutiert. Dabei wurde von allen Akteuren ausser jenen der KVAen die stoffliche Verwertung am höchsten gewertet. Die KVAen empfanden die Entsorgung von mineralölbasierten Dämmmaterialien in ihren Anlagen als beste Lösung und die stoffliche Verwertung als nicht finanzierbar. Nachfolgend sind die genannten Visionen, Wünsche und Vorbehalte zusammenfassend aufgeführt:

- Ein schweizweites Entsorgungssystem für Dämmmaterialien, in welches Importeure eingebunden werden, wäre grundsätzlich wünschenswert.
- Das Problem des Transports der leichten Materialien kann mit Hilfe regionaler Sammelstellen gelöst werden. Dort soll das Material verdichtet oder aufgelöst werden.
- Visuelle (farbliche) Kennzeichnungen der verschiedenen Dämmmaterialgenerationen ist für den zukünftigen Rückbau und die Wiederverwertung zentral.
- Die relativ tiefen Annahmepreise der KVAen und Deponien machen die stoffliche Wiederverwertung von Dämmmaterialien weniger interessant. Eine vermehrte Rückgabe bei den Herstellern könnte über die Erhöhung dieser Preise gefördert werden.
- Bei der Entwicklung von neuen Dämmmaterialien und Einbauarten, sollte deren Rückbaubarkeit bereits berücksichtigt werden. Dabei sollten die Dämmungen wieder sortenrein und sauber getrennt werden können. Daher wären hinterlüftete Fassaden, modulare Dämmungen, rückstandsfreie Klebstoffe etc. zu fördern.
- Eine Reduktion der Abfallmenge könnte über passende Dämmprodukte, welche weniger Schnittabfälle verursachen oder über die spezifische Zuschneidung im Werk erfolgen.
- Die Entsorgungsstrategie der Schweiz sollte mit den internationalen Bestrebungen in diesem Bereich koordiniert werden.
- Eine vorgezogene Recyclinggebühr wird von vielen Stakeholdern befürwortet, da diese innovativen Lösungsansätze fördern würde.

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte eine gute Übersicht über die heutige Entsorgungssituation in der Schweiz im Bereich der Dämmmaterialabfälle gewonnen werden. Die befragten Akteure haben den direkten Kontakt und die Möglichkeit ihre Sicht darzulegen grundsätzlich geschätzt. Neben der Übersicht zur gegenwärtigen Entsorgungssituation, konnten auch die Herausforderungen, Chancen und Potenziale, welche sich im Zusammenhang mit den künftig stark ansteigenden Abfallmengen ergeben, thematisiert werden. Hier gibt es Ansatzpunkte, welche von den Behörden in Zusammenarbeit mit den Stakeholdern weiterverfolgt werden sollten. Im nachfolgenden Kapitel wird auf die wichtigsten Aspekte eingegangen, welche für die Entwicklung einer nachhaltigen Entsorgungsstrategie für Dämmmaterialien zu berücksichtigen sind.

## 5 Fazit und Ausblick

Aufgrund der langen Verweilzeiten im Gebäudebestand fallen heute erst relativ geringe Mengen an Dämmmaterialabfällen aus Rückbauten und Sanierungen an. Aus diesem Grund sind in der Schweiz kurz- bis mittelfristig keine Entsorgungseingpässe zu erwarten. Auf längere Sicht ist jedoch mit stark ansteigenden Mengen zu rechnen. In der Abbildung 22 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die projizierte Entwicklung des Anfalls von Dämmmaterialabfällen in der Schweiz bis zum Jahr 2050 dargestellt. Diese basiert auf der Annahme, dass die heute eingebauten Dämmmaterialien im Jahr 2050 als Abfälle anfallen werden, was einer durchschnittlichen Verweilzeit im Bestand von rund 35 Jahren entspricht. Ein Anstieg der Volumina um beinahe den Faktor 30 ist durchaus möglich. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, bereits heute zu überlegen, wie künftig mit diesen Abfallfraktionen umzugehen ist. Die heutige Entsorgungspraxis, in der die Dämmmaterialabfälle vorwiegend in die KVAen und Deponien geführt werden, ist zwar gesetzeskonform und insbesondere bei den mineralölbasierten, mit HBCD belasteten Dämmmaterialien durchaus sinnvoll. Sollte wir diese Praxis jedoch beibehalten, verspielen wir längerfristig ein noch brachliegendes Verwertungspotenzial.

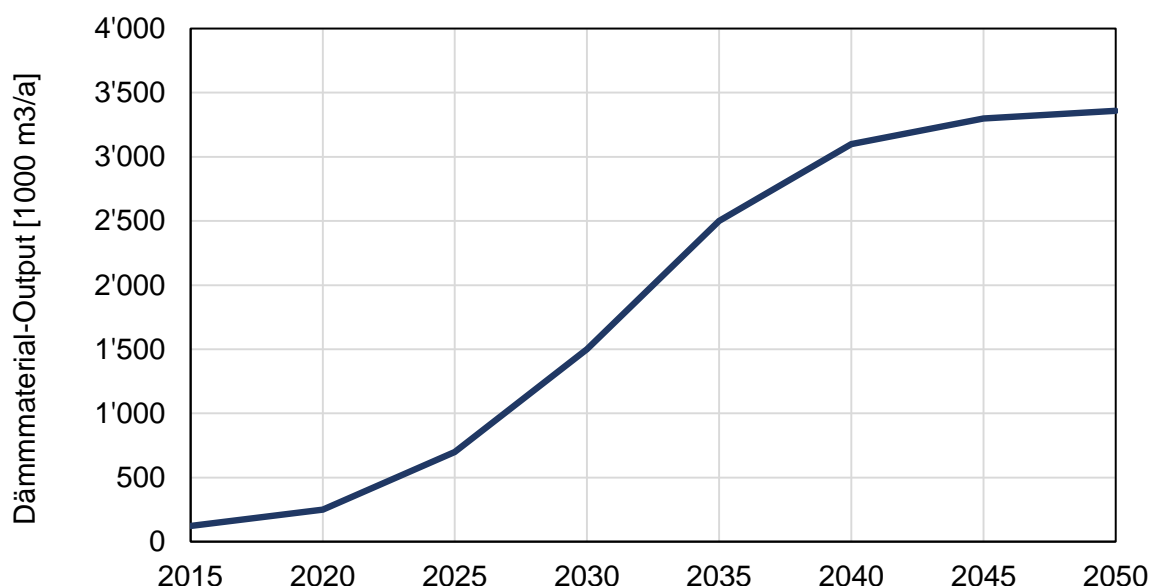


Abbildung 22: Projizierte Entwicklung der zu entsorgenden Dämmmaterialien in der Schweiz abgeleitet aus den Angaben in Tabelle A. Summe der EPS-, XPS-, Stein- und Glaswolleabfallmengen bis zum Jahr 2050 unter der Annahme, dass der heutige Dämmmaterialinput im Jahr 2050 als Materialoutput anfallen wird und am Ende der Betrachtungsperiode ein Fließgleichgewicht vorliegt.

Der künftige Anstieg der Materialflüsse aus dem Bestand wird auch von Dämmstoffproduzenten erwartet. Diese sind sich bewusst, dass mittel- bis langfristig Handlungsbedarf besteht und Verwertungsoptionen zur Verfügung gestellt werden müssen. Deshalb sind sowohl die Mineralwolle Produzenten als auch die Hersteller von mineralölbasierten Dämmstoffen daran, verschiedene Verwertungsoptionen zu prüfen, auch vor dem Hintergrund konkurrenzfähig zu bleiben und einen möglichst ressourcenschonenden Baustoff auf dem Markt anzubieten.



Die Abklärungen bei den inländischen Produzenten ergaben, dass diese die folgenden Verwertungsoptionen vertieft prüfen:

Mineralwolleproduktion:

*Verwertungsoption:* Mahlen der mineralischen Steinwollefasern, Herstellung von Briketts mittels organischer Bindemittel und Rückführung in den Schmelzprozess. Wiedereinschmelzen von zerkleinerten Glaswollefasern, Herstellung von Granulat und Rückführung in den Schmelzprozess.

*Vorteil:* Grosse Mengen der anfallenden Abfälle könnten auf diese Weise stofflich verwertet werden. Die Produzenten können damit werben, nachhaltig mit ihren Rohstoffen umzugehen. Zudem wird Deponiefläche gespart.

*Herausforderung:* Stoffliche Zusammensetzung der angelieferten Abfälle muss den Produktionsanforderungen entsprechen. Organische Anteile dürfen nicht zu hoch sein. Eventuell müssen Abgasreinigungsanlagen nachgerüstet werden. Es muss eine effiziente Transport- und Sammellogistik organisiert werden.

Erdölbasierte Dämmmaterialproduktion:

*Verwertungsoption:* Auflösen in Lösungsmittel unter Abtrennung von Schad- und Fremdstoffen. Rückführung des gelösten Grundstoffes in die Produktion von neuen Dämmmaterialien und anderer Kunststoffe, welche auf Basis dieser Grundstoffe hergestellt werden

*Vorteil:* Grosse Mengen der anfallenden Abfälle könnten auf diese Weise stofflich verwertet werden. Neben dem nachhaltigen Umgang mit den Rohstoffen ist das Einsparpotenzial bei der Primärenergie bzw. der grauen Energie hoch, da beispielsweise der Grundstoff Polystyrol nicht mehr hergestellt werden muss.

*Herausforderung:* Es gibt noch kein funktionierendes Verfahren. Zurzeit wird eine Pilotanlage erstellt, mit der die Effizienz des Verfahrens untersucht wird. Es muss eine effiziente Sammellogistik aufgebaut werden. Zudem müssen die Abfälle verdichtet oder mittels Lösungsmittelverfahren behandelt werden. Die gelösten Grundstoffe können dann in weitere Verarbeitungsprozesse geführt werden.

Die Bestrebungen zeigen, dass auf der Herstellerseite bereits heute diverse Verwertungsoptionen geprüft werden. Es ist davon auszugehen, dass die Produzenten bei Vorliegen von entsprechenden Rahmenbedingungen im Zeitraum von 5 – 10 Jahren durchaus in der Lage sein werden, deutlich grössere Mengen an Dämmmaterialabfällen anzunehmen und diese der stofflichen Verwertung zuzuführen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Branche von den Behörden unterstützt wird und gemeinsam Grundlagen geschaffen werden, um der stofflichen Verwertung von Dämmmaterialien zum Durchbruch zu verhelfen. Die nachfolgend aufgeführten Massnahmen und Instrumente stellen erste Ansatzpunkte dar, welche zur Entwicklung einer gesamtschweizerischen Verwertungsstrategie für Dämmmaterialabfälle dienen könnten:

1. Es ist zu empfehlen, weitere Grundlagen zum künftigen Anfall von Dämmmaterialabfällen, differenziert nach Dämmmaterialart, zu schaffen. Dies könnte mittels Materialflussmodellen erfolgen. Die Modelle wären grundsätzlich auch in der Lage, die Entwicklung der Schadstoffströme (wie HBCD) abzubilden.
2. Auf Basis dieser Daten sollte mit den Produzenten die Ziele, das Vorgehen, die Rahmenbedingungen und zeitlichen Perspektiven ihrer Verwertungsstrategien definiert werden. Die stoffliche Verwertung von mineralischen Dämmmaterialien dürfte dabei wohl einfacher und zeitnaher zu realisieren sein, als jene der mineralölbasierten Dämmmaterialien, welche künftig wohl eher im Ausland verwertet werden.
3. Die Entsorgungsbranche sollte in die Strategien mit einbezogen werden, weil diese die für die Verwertung notwendige Qualität der angelieferten Dämmmaterialabfälle gewährleisten und eine effiziente Sammellogistik aufbauen muss.
4. Dazu sollte zunächst auf freiwillige, von der Branche zu entwickelnde Lösungsansätze gesetzt werden, wobei das BAFU allenfalls unterstützend mitwirken kann.
5. Die ökonomischen Rahmenbedingungen sollten so gestaltet werden, dass sich die stoffliche Verwertung lohnt.
6. Ein Ansatzpunkt ist die Verteuerung der Deponiegebühren. Dies erfolgt teilweise schon heute. Allerdings besteht hierbei die Gefahr, dass die Abfälle dann einfach in den KVAen entsorgt werden, weshalb besonders wichtig ist, dass auch die Annahmebedingungen in den KVA entsprechend angepasst werden.
7. Die alten mineralischen Dämmmaterialien enthalten formaldehydhaltiges Bindemittel mit einem Gehalt von 2 – 5 Gew. %. Es sollte daher überprüft werden, ob eine Deponierung der mineralischen Dämmmaterialien im Deponietyp B überhaupt zulässig ist. Auch dies hat einen Einfluss auf die Entsorgungskosten und ist damit ein Element zur Steuerung der Materialflüsse.
8. Im Sinne einer vorausschauenden Abfallpolitik und um bereits erkannte Fehler nicht zu wiederholen, sollte weiter die Rückbau- und Wiederverwertungsfähigkeit der heute und zukünftig verbauten Dämmmaterialien verbessert werden. Speziell bei Verbundmaterialien sollte dabei Wert auf die gute Rückbaubarkeit gelegt werden.

Bei den oben aufgeführten Punkten handelt es sich nicht um eine abschliessende Liste von Massnahmen und Empfehlungen. Vielmehr sollen diese als Ankerpunkte für eine vertiefte Diskussion zur Entwicklung von Verwertungsstrategien dienen. Es ist zu hoffen, dass die verschiedenen Stakeholder zusammenfinden und gemeinsam Lösungsansätze entwickeln. Die Zeit dazu drängt für einmal nicht, denn heute besteht noch kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Im Sinne einer vorausschauenden Abfallpolitik sollte das doch grosse Potential jedoch genutzt werden - umso mehr als dass die inländischen Hersteller bereits Lösungsansätze entwickeln. Diese sollten nicht mit einer kurzfristigen Sichtweise unterbunden, sondern proaktiv gefördert werden.

## 6 Literatur

- Albrecht, W., & Schwitalla, C. (2015). Rückbau , Recycling und Verwertung von WDVS  
Möglichkeiten der Wiederverwertung von Bestandteilen des WDVS nach dessen Rückbau  
durch Zuführung in den Produktionskreislauf der Dämmstoffe bzw . Downcycling in die  
Produktion minderwertiger Güter bis hin zur e, 1–93.
- BAFU. (2015). Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA).
- Bauschadstoffe.ch. (n.d.). Teergebundene Korkdämmung. Retrieved September 30, 2016, from  
[http://bauschadstoffe.ch/Teergebundene\\_Korkdämmung.html](http://bauschadstoffe.ch/Teergebundene_Korkdämmung.html)
- Bundesamt für Gesundheit (BAG). (2015). REACH und die Schweiz. Retrieved September 30,  
2016, from <http://www.bag.admin.ch/anmeldestelle/13604/13766/13855/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Statistik (BFS). (n.d.). MONET: Kapitalerhaltung - Bebaute Fläche.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (n.d.). Flammenschutzmittel. Retrieved October 15, 2016, from  
<http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01415/01422/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2012). Factsheet: Polyzyklische aromatische  
Kohlenwasserstoffe ( PAK ).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2014). *Erläuterung zur Totalrevision der Technischen  
Verordnung über Abfälle TVA - 35623.pdf*.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2015a). Schweizer Chemikalienrecht, Chemikalien-  
Risikoreduktions-Verordnung, Verwendungsbeschränkungen.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2015b). Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung  
von Abfällen (VVEA), 2015, 1–46.
- Burkhardt, M., & Vonbank, R. (2011). *Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden*.
- Creacycle GmbH. (2016). Der CreaSolv® Prozess. Retrieved September 30, 2016, from  
<http://www.creacycle.de>
- Dresch, H., Dima, B., Horn, J., Grütter, W., Mark, F. E., & Vehlow, J. (2015). *Verwertung von  
Polystyrol- Schaumstoffabfällen mit HBCD, Technischer Bericht*. Brüssel.
- Gebäudehülle Schweiz; Technische Kommission Fassade. (2016). *Merkblatt Sanierung einer  
VAWD mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF)*.
- Jakob, M. (2008). *Grundlagen zur Wirkungsabschätzung der Energiepolitik der Kantone im  
Gebäudebereich*. Bundesamt für Energie (BFE).
- Jakob, M., Rubli, S., & Sunjaro, B. (2016). *Urban Mining Potenzial: Dämmmaterialien im  
Gebäudepark der Schweiz, Eine Bestandesaufnahme*. Zürich.
- Krueger, N., Schwerd, R., & Hofbauer, W. (2015). *Verbesserung der Umwelteigenschaften von  
Wärmedämmverbund- systemen (WDVS) – Evaluierung der Einsatzmöglichkeiten  
biozidfreier Komponenten und Beschichtungen*. Valley.
- Luftreinhalte-Verordnung (LRV), 814.318.142.1. (1985).

- Mäurer, A., & Schlummer, M. (2014). Recyclingfähigkeit von Wärmedämmverbundsystemen mit Styropor. In K. J. Thomé-Kozmiensky (Ed.), *Mineralische Nebenprodukte und Abfälle - Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen* (p. 573). TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky.
- Mineralfaserdämmstoffe, K. (2011). *Künstliche Mineralfaserdämmstoffe*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn. <https://doi.org/978-3-87994-606-8>
- Mötzl, H., Pladerer, C., & Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie Österreich. (2010). Assessment of Buildings and Constructions (ABC) – Disposal, Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung. *Berichte Aus Energie- Und Umweltforschung*, (28), 1–68.
- Rexroth, S., May, F., & Zink, U. (Hrsg. . (2014). *Wärmedämmung von Gebäuden, zeitgemäss und wandlungsfähig*. Berlin, Offenbach: VDE VERLAG GMBH.
- Rudolph, G. (2009). Nachhaltig dämmen mit XPS. *Deutsches IngenieurBlatt*, (6), 6–9.
- Setzler, W. (2015). Verwertung von Wärmedämm-Verbundsystemen, Ergebnisse aus der Forschung. In K. J. (Hrsg. . Thomé-Kozmiensky (Ed.), *Mineralische Nebenprodukte und Abfälle* (pp. 707–718). Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky.
- Siebert, T., Schlummer, M., & Mäurer, A. (2013). Bioverpackungen wiederverwerten. *Kunststoffe*, 7(Iv), 79–83.
- Vogel, B. (2014). *Wärmedämmung und Gebäudetechnik : Wie viel und in welchem Fall*. Bern: Bundesamt für Energie (BFE).
- Vonmont, A. (2016). *Sanieren mit dem Blick fürs Ganze*. Bern: Bundesamt für Energie (BFE).
- Wüest & Partner. (2015). Bauabfälle in der Schweiz - Hochbau Studie 2015, (September). Retrieved from [http://www.bafu.admin.ch/abfall/01517/01519/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCHent6hGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/abfall/01517/01519/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCHent6hGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)

## 7 Anhang

### 7.1 Fragebogen

#### Fragenkatalog KVA

1. Welche Mengen an Dämmmaterialien werden jährlich angenommen? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
2. Wie sieht die Entwicklung dieser Mengen aus (steigend, abnehmend, gleichbleibend)? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
3. Von wo stammen die Dämmmaterialien? Neubau (Schnittreste), Umbau und Sanierung (Schnittreste bzw. zurückgebauten alte Dämmmaterialien), Rückbau. Wie schätzen Sie die Anteile aus diesen Prozessen ein? In welcher Form liegen die Anteile aus Umbau und Sanierung vor?
4. Wie funktioniert das Rücknahmesystem?
5. Wie hoch sind die Annahmepreise?
6. Wie werden die Dämmmaterialien angenommen? (Monomulden, gemischt mit brennbarer Fraktion...)
7. Welche Annahmekriterien bestehen für die Rückgabe der Dämmmaterialien?
8. Bemerken Sie Veränderungen durch die Mitverbrennung von Dämmmaterialien?
9. Ab welchen Anteilen an Dämmmaterialien sehen Sie Probleme im Betrieb der KVA? Haben Sie Massnahmen für den Fall, dass die Mengen ansteigen?
10. In welchen Bereichen sind Probleme zu erwarten? Bunker, Handhabung, verfahrenstechnische Aspekte?
11. Wissen Sie von alternativen Aufbereitungstechnologien, welche heute in Betrieb sind? Werden die Materialien so wieder in den Kreislauf zurückgeführt? Um welche Betriebe handelt es sich dabei?

#### Fragenkatalog Deponie

1. Welche Mengen an Dämmmaterialien werden jährlich angenommen? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
2. Wie sieht die Entwicklung dieser Mengen aus (steigend, abnehmend, gleichbleibend)? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
3. Von wo stammen die Dämmmaterialien? Neubau (Schnittreste), Umbau und Sanierung (Schnittreste bzw. zurückgebauten alte Dämmmaterialien), Rückbau. Wie schätzen Sie die Anteile aus diesen Prozessen ein? In welcher Form liegen die Anteile aus Umbau und Sanierung vor?
4. Wie funktioniert das Rücknahmesystem?
5. Wie werden die Dämmmaterialien angenommen? (Monomulden, gemischt mit brennbarer Fraktion...)
6. Wie hoch sind die Annahmepreise?
7. Welche Annahmekriterien bestehen für die Rückgabe der Dämmmaterialien?
8. Gibt es bereits heute Problem im Umgang mit Dämmmaterialien? Entsorgungspreis, Einbau, Vermischung mit anderen Materialien usw.
9. Ab welchen Anteilen an Dämmmaterialien sehen Sie Probleme im Betrieb der Deponie? Haben Sie Massnahmen für den Fall, dass die Mengen ansteigen?
10. In welchen Bereichen sind Probleme zu erwarten?
11. Wissen Sie von alternativen Aufbereitungstechnologien, welche heute in Betrieb sind? Werden die Materialien so wieder in den Kreislauf zurückgeführt? Um welche Betriebe handelt es sich dabei?

### Fragenkatalog Bausperrgutsortier- und aufbereitungsanlagen

1. Welche Mengen an Dämmmaterialien werden jährlich angenommen? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
2. Wie sieht die Entwicklung dieser Mengen aus (steigend, abnehmend, gleichbleibend)? (Mineralische Dämmstoffe, EPS/XPS/PUR, Evtl. Verbundstoffe, weitere...)
3. Von wo stammen die Dämmmaterialien? Neubau (Schnittreste), Umbau und Sanierung (Schnittreste bzw. zurückgebauten alte Dämmmaterialien), Rückbau. Wie schätzen Sie die Anteile aus diesen Prozessen ein? In welcher Form liegen die Anteile aus Umbau und Sanierung vor (Grad der Verunreinigung)?
4. Wie funktioniert das Rücknahmesystem?
5. Wie werden die Dämmmaterialien angenommen? (Monomulden, gemischt mit brennbarer Fraktion...)
6. Wie hoch sind die Annahmepreise?
7. Welche Annahmekriterien bestehen für die Rückgabe der Dämmmaterialien?
8. Was wird mit den Dämmmaterialabfällen während des Bausperrgutsortierprozesses gemacht? (Vermischung mit Inertmaterial, Vermischung mit brennbarer Fraktion, Sammeln in Monomulden?)
9. Wohin gelangen die Dämmmaterialien? KVA, Deponie, Verwertung in Produktion?
10. Gibt es bereits heute Problem im Umgang mit Dämmmaterialien? Schwierigkeiten bei der Entsorgung, qualitative Anforderungen bei der Verwertung, Entsorgungspreis, Vermischung mit anderen Materialien usw.
11. Ab welchen Anteilen an Dämmmaterialien sehen Sie Probleme im Betrieb der Deponie? Haben Sie Massnahmen für den Fall, dass die Mengen ansteigen?
12. In welchen Bereichen sind Probleme zu erwarten?
13. Wissen Sie von alternativen Aufbereitungstechnologien, welche heute in Betrieb sind? Werden die Materialien so wieder in den Kreislauf zurückgeführt? Um welche Betriebe handelt es sich dabei?

### Fragenkatalog Rückbauer

1. Welche Mengen an Dämmmaterialien bauen Sie jährlich in der Schweiz zurück?
2. Wie sieht die Entwicklung dieser Mengen aus (steigend, abnehmend, gleichbleibend)?
3. Zu welchen Anteilen stammen die Dämmmaterialabfälle aus Umbau und Sanierung (Schnittreste bzw. zurückgebauten alte Dämmmaterialien) oder Rückbau? In welcher Form sie vor (Grad der Verunreinigung)?
4. Wie funktioniert der Rückbau? (Mehrmuldensystem)
5. Wie werden die Dämmmaterialien entsorgt? (Monomulden, gemischt mit brennbarer Fraktion...) Zu welchen Unternehmen bringen Sie die Abfälle? (Hersteller, Sortierer, KVA, Deponie...)
6. Werden Schnittabfälle bei Sanierungen dem Hersteller zurückgegeben?
7. Welche Annahmekriterien bestehen für die Rückgabe der Dämmmaterialien?
8. Gibt es bereits heute Problem im Umgang mit Dämmmaterialien? Schwierigkeiten bei der Entsorgung, qualitative Anforderungen bei der Verwertung, Entsorgungspreis, Vermischung mit anderen Materialien usw.
9. Ab welchen Anteilen an Dämmmaterialien sehen Sie Probleme? Haben Sie Massnahmen für den Fall, dass die Mengen ansteigen?
10. In welchen Bereichen sind Probleme zu erwarten?
11. Wissen Sie von weiteren alternativen Aufbereitungstechnologien, welche heute in Betrieb sind? Werden die Materialien so wieder in den Kreislauf zurückgeführt? Um welche Betriebe handelt es sich dabei?

