



LianeM/stock.adobe.com

# ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG VON RECYCLINGWEGEN AUSGEWÄHLTER DÄMMSTOFFE

Senatsverwaltung  
für Mobilität, Verkehr,  
Klimaschutz und Umwelt

**BERLIN**





INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

---

# Entwicklung und Erprobung von Recyclingwegen ausgewählter Dämmstoffe

Entwicklung und Erprobung von Recyclingwegen ausgewählter Dämmstoffe  
in Berlin und näherer Umgebung im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung  
für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU)

Joachim Reinhardt, Corvin Veith

Heidelberg, 2024

---





# Inhalt

---

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>1 Vorwort &amp; Zielsetzung</b>	<b>8</b>
<b>2 Grundlagen und Recherche</b>	<b>9</b>
2.1 Dämmstofftypen und Verbauweise	9
2.1.1 Dämmstofftypen	9
2.1.2 Verbauweise	10
2.2 Verwertungswege und deren Anforderungen	10
2.2.1 Steinwolle – Rückführung in die Produktion	11
2.2.2 EPS (HBCD-frei) – Verwertung als Sekundärrohstoff	12
2.2.3 EPS (HBCD-haltig) – Herstellung von Polystyrol-Regranulat (R-GPPS)	13
2.2.4 PU – Verwertung als Sekundärrohstoff in Klebpressplatten	13
<b>3 Aktuelle Entsorgungswege Berlin</b>	<b>15</b>
3.1 Müllverbrennungsanlage (MVA)	15
3.2 Zementwerk	16
3.3 Deponie	16
3.4 Statistik	17
3.5 Entsorger und Akteure	18
3.6 Fazit	19
<b>4 Praxisbeispiele</b>	<b>20</b>
4.1 Allgemeines Vorgehen und Kontaktaufbau	20
4.1.1 Baustellen	20
4.1.2 Logistik und Aufbereitung/Entsorgung	21
4.1.3 Recycler und Hersteller sowie Wiederverwendung	21
4.2 DEGEWO   EPS HBCD haltig   Dach bituminiert	21
4.2.1 Konzeption	21
4.2.2 Umsetzung	22
4.3 GESOBAU   EPS HBCD haltig   Dach lose verbaut	24
4.3.1 Konzeption	24
4.3.2 Umsetzung	24
4.4 BIM   EPS HBCD haltig   Dach bituminiert	25
4.4.1 Konzeption	25

# Inhalt

---

4.4.2	Umsetzung	26
4.5	Wriezener Karree   EPS HBCD-freie & Steinwolle gefährlich	26
4.5.1	Konzeption Steinwolle	26
4.5.2	Umsetzung Steinwolle	28
4.5.3	Konzeption EPS (flammschutzmittelfrei)	28
4.5.4	Umsetzung EPS (HBCD-frei)	29
4.5.5	Runder Tisch zur Umsetzung EPS (HBCD-frei)	31
4.6	Groß-Berliner Damm   Steinwolle ungefährlich	32
4.7	WDVS (Keine eigene Baustelle)	32
4.8	Großbaustelle Brandenburg	33
4.8.1	Konzeption EPS	34
4.8.2	Konzeption Steinwolle	35
4.9	PU (externes Projekt durch den IVPU)	35
4.10	Zusammenfassung Praxisbeispiele	37
4.10.1	EPS	37
4.10.2	Steinwolle	39
4.10.3	PU	39
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der Expertengespräche aus der Akteurskette</b>	<b>40</b>
5.1	Ausschreibung und Vertragsgestaltung	40
5.2	Wirtschaftliche Aspekte	41
5.3	Umsetzung / Rückbau	42
5.4	Sammlung & Logistik	42
5.5	Lagerung	43
5.6	Störstoffe	44
5.7	Markt	44
5.8	Kennzeichnung	45
5.9	Nachweis und Abfallrecht	45
5.10	Sonstige gesetzliche Rahmenbedingungen und öffentliche Hand	47
5.11	Wiederverwendung / Belassen im Gebäude	47
5.12	Rücknahmesysteme von Baustellenverschnitt in Berlin	48
5.13	Dämmstoffspezifische Aspekte	50
5.13.1	EPS und XPS	50
5.13.2	Mineralwolle	50
5.13.3	PU	51
5.14	Neue technische Entwicklungen	51

# Inhalt

---

<b>6 Zusammenfassung &amp; Fazit</b>	<b>52</b>
6.1 Randbedingungen Bauherr, Entsorger, Baustelle	53
6.2 Veränderungen auf der Baustelle	53
6.3 Recycler und Hersteller	54
6.4 Sammlung	55
6.5 Regelungen und Normen	55
6.6 Weiterverwendung	56
6.7 Rücknahme von Dämmstoffen: Vorgehen und Akteursliste für Baustellenakteure	56
<b>7 Merkblatt   stoffliche Verwertung von Post-Consumer Dämmstoffen</b>	<b>58</b>
7.1 Vorgehen beim Rückbau von Flachdächern bitumenverklebt	58
7.2 Vorgehen beim Rückbau von unverklebtem EPS (bspw. Steildach, Folien-Flachdach)	60
7.3 Vorgehen beim Rückbau von unverklebter Mineralwolle in bspw. Fassade und Dach	60
7.4 Vorgehen beim Rückbau von WDVS	60
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>63</b>
<b>Interne Dokumentation</b>	<b>64</b>
<b>8 Interne Ausführungen zur übergeordneten Konzeption</b>	<b>65</b>
8.1 Wissenschaftliche Begleitung, Bericht und Produkte	65
8.2 Interne Projektkostenabschätzung	65
8.2.1 Kostenplanung degewo-Baustelle	65
8.2.2 Kostenplanung Bernauer Baustelle	66
8.2.3 Kostenplanung Wriezener Karree - Steinwolle	66
8.2.4 Kostenplanung Wriezener Karree - EPS (HBCD-frei)	66
8.2.5 Kostenplanung Großbaustelle Brandenburg	67
8.2.6 Zusammenfassende Kostentabelle	67
8.3 Kontaktaufnahme	69
8.3.1 Baustellen	69
8.3.2 Aufbereitung	70
8.3.3 Logistik	71
8.3.4 Hersteller: Versuche stoffliche Verwertung	71
8.3.5 Wiederverwendung und Logistik	71
8.4 Gesprächsliste	71

# Inhalt

---

8.5	Listen Entsorger Berlin	72
8.5.1	EPS-Dämmmaterial	72
8.5.2	Mineralwolle-Dämmmaterial	73
<b>9</b>	<b>Interne Anhänge zur Ausführung</b>	<b>74</b>
9.1	Fragebögen: Rückbauaufwand für Baustellen mit stofflicher Verwertung von Dämmstoffen: Vergleich von Vorbereitung zur stofflichen Verwertung und Entsorgung wie bisher	74
9.1.1	Baustelle BIM (bituminiertes Flachdach mit EPS)	74
9.1.2	Baustelle degewo (bituminiertes Flachdach mit EPS)	76
9.2	Weitere Bilder von den Baustellen	78
9.2.1	Degewo-Baustelle	78
9.2.2	Wriezener Karree	79
9.2.3	PU-Rückbau (Quelle: IVPU)	80
9.3	Weitere Dokumentationen	81
9.3.1	Dokumentation der MUEG zur Begutachtung der rückgebauten Steinwolle auf der Baustelle Wriezener Karree	81
9.3.2	Dokumentation zur Aufbereitung des flammschutzfreien EPS aus dem Rückbau durch Bachl	88

# Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Quelle Bilder (von links): ©mhp - stock.adobe.com   ©artursfoto - stock.adobe.com   ©Stefan_Weis - stock.adobe.com	9
Abbildung 2: Qualitätsanforderungen an die Rückführung oder sonstige stoffliche Verwertung von Dämmstoffen	11
Abbildung 3: Aktuelle Entsorgungswege von Mineralwolle-, Holzfaser- und EPS-Dämmstoffen in Berlin	19
Abbildung 4: EPS-Platten vor dem Ausbau (links) und nach dem Ausbau (rechts) mit mehr oder weniger Bitumenresten durch die Heißverklebung auf der Unterseite	23
Abbildung 5: Zwischenlager EPS auf der Baustelle (links)   kompaktiertes EPS (recyclingfähig) (rechts)	25
Abbildung 6: Mineralwolle freigelegt aus Beton-Sandwichelement (links); Sandwichelement vor dem Rückbau (rechts)	27
Abbildung 7: Abgetrenntes flammschutzmittelfreies EPS aus Betonsandwichelementen und unter Estrich	30
Abbildung 8: Rückbau von verklebten PU-Dämmplatten (Quelle: IVPU)	37
Abbildung 9: Übersicht der Praxisbeispiele: Baustelle   Verbauter Dämmstoff   Art der Entsorgung	52

# Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 4-1: Übersicht der im Rahmen des Projektes begleiteten oder initiierten Baustellen mit stofflicher Verwertung der rückgebauten Dämmstoffe	20
---	----

# 1 Vorwort & Zielsetzung

---

Ein zentraler Fokus des Berliner Senats liegt auf dem Aufbau einer zeitgemäßen und nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Im Juni 2021 hat das Berliner Abgeordnetenhaus das ehrgeizige Abfallwirtschaftskonzept (AWK) für das Jahr 2030 unter dem Leitbild Zero Waste verabschiedet. Dieses Konzept setzt auf die konsequente Förderung von Wiederverwendung und Recycling von Materialströmen. Ziel ist es, ökologische Kreisläufe zu schließen und gleichzeitig die derzeitige hohe Verschwendung von Ressourcen signifikant zu verringern. Gemäß dem AWK sollen durch den Einsatz von qualitätsgesicherten Recyclingbaustoffen zusätzliche Ressourceneinsparungen von etwa 1.400.000 Tonnen pro Jahr erzielt werden.

Jährlich fallen in Deutschland etwa 200.000 Tonnen Dämmstoffe als Abfall an. Nach dem Abriss oder Rückbau der Dämmmaterialien werden diese derzeit meist auf Deponien abgelagert oder verbrannt. Hierbei handelt es sich nicht nur um einen bedeutenden Materialstrom in Bezug auf die Menge, sondern auch um einen sowohl ökonomisch als auch ökologisch relevanten Aspekt. Dämmstoffe bieten daher einen vielversprechenden Ansatzpunkt für Umweltschutzmaßnahmen und den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen. Dies gilt insbesondere für die mittelfristige Sicherung der Versorgung und die Preise von Rohstoffen auf den betroffenen Märkten.

Für die derzeit marktrelevantesten Dämmstoffe EPS und Mineralwolle etablieren sich derzeit erste stoffliche Verwertungsmöglichkeiten. Auch das Flammenschutzmittel HBCD, das bis 2016 in EPS-Dämmstoffen verarbeitet wurde und heute verboten ist, steht der stofflichen Verwertung nicht zwangsläufig im Wege. Und auch gefährliche Mineralwolle kann in ca. zwei Jahren voraussichtlich stofflich verwertet werden.

Ein grundlegendes Hemmnis, das diesen stofflichen Verwertungswegen entgegensteht, ist die Sauberkeit sowie Sortenreinheit, in der die jeweiligen Dämmstoffe nach dem Rückbau zur Verfügung stehen. Bauherren und Rückbauunternehmen schieben außerdem immer wieder das Argument vor, dass ein hochselektiver Rückbau mit zu hohen Kosten verbunden sei.

Ziel dieses Projektes ist zum einen, die Entsorgungsstrukturen von Dämmstoffen in Berlin zu identifizieren und zum anderen, anhand von Praxisbeispielen aufzuzeigen, die alternativen Entsorgungswege in Form einer stofflichen Verwertung möglich sind. Der tatsächliche Mehraufwand und weitere Hemmnisse und Herausforderungen sollen hierbei ermittelt und mögliche Lösungsansätze erarbeitet werden.

## 2 Grundlagen und Recherche

### 2.1 Dämmstofftypen und Verbauweise

Ob eine stoffliche Verwertung möglich ist, hängt sowohl von der Art des Dämmstoffes, als auch von dessen Verbauweise ab. Die grundlegend unterschiedlichen Basisstoffe, aus denen Dämmstoffe bestehen, sowie ihre Herstellungsweisen führen zu technisch unterschiedlichen Verwertungsmöglichkeiten. Eine Pauschalaussage darüber, wie sich Dämmstoffe stofflich verwerten lassen, kann somit nicht getroffen werden. In der Theorie ist für sämtliche gängige Dämmstoffe eine stoffliche Verwertung möglich wie eine jüngst vom ifeu veröffentlichte Studie zeigt (Reinhardt et al. 2022). Im Folgenden wird erläutert die Dämmstofftypen es gibt, wie diese verbaut werden und wie für ausgewählte Dämmstoffe eine mögliche stoffliche Verwertung aussehen kann. Die Verbauweise ist deshalb von Interesse, da je nach Verbauweise ein sortenreiner Rückbau leicht bis kompliziert möglich ist. Die Reinheit des Dämmstoffes nach dem Rückbau ist wiederum entscheidend bei der Fragestellung, ob eine stoffliche Verwertung möglich ist.

#### 2.1.1 Dämmstofftypen

Dämmstoffe lassen sich nach ihrer Rohstoffbasis in nachwachsende (organisch), mineralische (anorganisch) und synthetische (organische) Dämmstoffe einteilen. Die nachfolgende Grafik bietet eine Übersicht verschiedener Dämmstoffe nach diesem Schema. Hierbei handelt es sich um die gängigsten Dämmstoffe der jeweiligen Kategorie und nicht um die Gesamtheit der auf dem Markt verfügbaren.

Nachwachsend	Mineralisch	Synthetisch
 <p>Holz Zellulose Hanf Jute</p>	 <p>Steinwolle Glaswolle Mineralschaum Glasschaum</p>	 <p>Expandiertes Polystyrol Extrudiertes Polystyrol Polyurethan</p>

Abbildung 1: Quelle Bilder (von links): ©mhp - stock.adobe.com | ©artursfoto - stock.adobe.com | ©Stefan\_Weis - stock.adobe.com

Die Anzahl an Dämmstofftypen auf dem Markt beläuft sich auf ca. 50. Vor allem Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen können aus verschiedensten Basismaterialien bestehen.

Im Rahmen dieses Projektes liegt der Fokus für die Rückbauversuche auf den Dämmstofftypen Steinwolle (MW) sowie EPS. Dies begründet sich darin, dass in naher Zukunft aufgrund der Marktverteilung der vor ca. 50 Jahren verbauten Dämmstoffe v.a. mit einem Dämmstoffabfallaufkommen von Stein- und Glaswolle sowie EPS zu rechnen ist (Reinhardt et al. 2022). Zwar werden vermehrt auch Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen verbaut, diese vergleichsweise jungen Dämmstoffe fallen derzeit aber noch nicht in ausreichend großer Form zum Rückbau an.

Eine ökologische Bewertung des ifeu (Reinhardt et al. 2022) hinsichtlich der derzeit verfügbaren Entsorgungsmethoden verdeutlicht, dass die dargestellte stoffliche Verwertungsoption besonders bei synthetischen Dämmstoffen der aktuellen Entsorgung vorzuziehen ist. Die Wiederverwertung von Materialien wie EPS durch beispielsweise PS Loop bietet in allen betrachteten Wirkungskategorien und Indikatoren erhebliche ökologische Vorteile im Vergleich zur gegenwärtigen Methode der energetischen Verwertung.

### 2.1.2 Verbauweise

Dämmstoffe können auf unterschiedliche Art und Weise im bzw. am Gebäude befestigt werden:

- Lose (trocken)
- Mechanisch (trocken)
- Verklebt (nass)

Lose: Diese Verbauweise kommt hauptsächlich bei der Zwischensparrendämmung in Steil- und leichten Flachdächern zum Einsatz. Dazu gehören flexible Dämmplatten oder leicht kompaktierbare Dämmplatten, die zwischen die Sparren geklemmt werden können. Grundsätzlich können auch feste Dämmstoffplatten wie Mineralschaum- oder Schaumglasplatten lose verbaut werden, jedoch handelt es sich dabei laut Herstellerangaben um eine eher seltene Anwendung.

Mechanisch: Hierbei handelt es sich um eine rein mechanische Verbauweise, bei der ohne den Einsatz von Kleber oder Mörtel gearbeitet wird. Diese Befestigungsmethode ist nur für feste Dämmstoffplatten geeignet. Neben der Verschraubung ist insbesondere bei Holzfaserdämmplatten auch das Klammern mit Breitrückenklammern eine übliche Praxis.

Verklebt: Hierbei werden die festen Dämmstoffplatten an der Wand verklebt. Je nach Dämmstoff und Anwendungsfall kann auch eine zusätzliche mechanische Befestigung mittels spezieller Dübel erfolgen. Handelt es sich um eine Wärmedämmverbundsystem der Außenwand, wird als weitere Schicht noch ein Armierungsgewebe aufgebracht auf welches abschließend dann der Oberputz oder die Endbeschichtung aufgetragen wird.

Je nach Anwendungsort des Dämmstoffes werden unterschiedliche Verbauweisen bevorzugt. Bei der Dämmung des Steildaches beispielsweise ist eine Dämmung zwischen den Sparren die häufigste Methode, eine Zwischensparrendämmung erfolgt in der Regel trocken, also ohne Verklebungen. Bei der Außenwand von Gebäuden kommt es häufig zum Einsatz von WDVS, wobei zumeist mit Klebern gearbeitet wird.

## 2.2 Verwertungswege und deren Anforderungen

Im Folgenden werden für die Dämmstoffe Steinwolle, EPS und PU mögliche Verwertungswege genauer erläutert. In der Praxis werden bereits Verschnitte aus der Produktion wieder in selbige zurückgeführt, dies gilt für alle gängigen Dämmstoffe und nicht nur für die drei genannten. Verschnittreste aus der Produktion können sich aber sowohl in ihrer Reinheit als auch ihrer Rezeptur maßgeblich von den aus Gebäuden rückgebauten Dämmstoffe unterscheiden. Für die drei näher betrachteten Dämmstoffe ist eine stoffliche Verwertung technischen bereits am besten möglich, weshalb der Fokus auf diese gelegt wird.

Dämmstoff	Erforderliche Qualität für Rückführung in die Produktion	Erforderliche Qualitäten für sonstige stoffliche Verwertung*
Steinwolle	Sauber und sortenrein Leichte Verunreinigungen tolerabel Unkomprimiert oder komprimiert	Aktuell ist keine weitere stoffliche Verwertung etabliert
Glaswolle	Sauber und sortenrein Leichte Verunreinigungen tolerabel Unkomprimiert oder komprimiert	Glasritzenherstellung: Sauber und sortenrein   lose oder komprimiert Leichte Verunreinigungen tolerabel
Holzfaser	Sauber und sortenrein (keine Toleranzen) Unkomprimiert	Aktuell ist keine weitere stoffliche Verwertung etabliert
EPS	Sauber und sortenrein (keine Toleranzen) Unkomprimiert HBCD - frei	EPS Perlen (z.B. Leichtestrich): leichte Verunreinigungen, HBCD-frei Regranulierung durch Extrusion: sauber, komprimiert möglich, HBCD-frei PS-Loop: Sauber mit bis zu < 7 Gew.-%, komprimiert möglich
XPS	Sauber und sortenrein (keine Toleranzen) Unkomprimiert HBCD- / (H)FCKW - frei	Regranulierung durch Extrusion: sauber, komprimiert möglich, HBCD- / (H)FCKW - frei PS-Loop: Sauber mit bis zu < 7 Gew.-%, komprimiert möglich
PU	Keine direkte Rückführung in die Produktion möglich	Klebepressplatten: Verunreinigungen von ca. 5 – 15 M.-% möglich, komprimiert möglich (H) FCKW frei

■ In Anwendung für Dämmstoffe aus dem Rückbau (Post-Consumer)  
■ In Testphase für Dämmstoffe aus dem Rückbau (Post-Consumer)

\* Für alle Dämmstofftypen gilt: Eine Wiederverwendung ist dann möglich, wenn die Dämmstoffe unbeschädigt vorliegen und in ihrer Funktionalität den entsprechenden Anforderungen genügen.

©ifeu

Abbildung 2: Qualitätsanforderungen an die Rückführung oder sonstige stoffliche Verwertung von Dämmstoffen

### 2.2.1 Steinwolle – Rückführung in die Produktion

Bereits heute werden Verschnittreste und Fehlchargen aus der Dämmstoffherstellung wieder in die Produktion eingebracht und stofflich verwertet. Dies geschieht durch die Verwendung von Zementformsteinen, da lose Steinwolleabfälle im Kupolofen nicht einsetzbar sind. Die Zementformsteine ermöglichen durch ihre Form und Größe eine gute

Luftzirkulation im Ofen und sichern so die notwendige Sauerstoffzufuhr, für den Schmelzprozess (Reinhardt et al. 2022).

Neben Zement werden den Formsteinen bei ihrer Herstellung weitere Bestandteile der Steinwollerezeptur hinzugefügt, darunter auch fertige Steinwolle aus Verschnittresten der Produktion. Dieser Kreislauf wurde ursprünglich eingeführt, um eine nahezu abfallfreie Produktion zu gewährleisten und wirtschaftliche Lösungen für den Umgang mit Produktionsabfällen und Fehlchargen zu schaffen (Reinhardt et al. 2022).

Um die Steinwollereste in die Produktion zurückzuführen, werden sie zunächst zerrissen und anschließend durch einen FE-Abscheider von Metallen befreit. Danach werden sie zerkleinert und zu Steinwollemehl gemahlen. Dieses Steinwollemehl dient anschließend als Rohstoff in der Herstellung von Zementformsteinen und wird somit wieder in den Produktionskreislauf eingebracht. Durch die Rückführung können laut Hersteller ca. 30 M-% recycelter Rohstoff in dem Produkt eingesetzt werden (Reinhardt et al. 2022).

Anforderungen an das rückgeführte Material: Das Material sollte grundsätzlich sauber und sortenrein sein. Leichte organische oder mineralische Anhaftungen sind für den Prozess zwar weitgehend unproblematisch, aber aufgrund der Qualitätsanforderungen nur in sehr geringen Mengen akzeptabel. Metalle müssen zuverlässig entfernt werden, da sie die Mühle und andere Maschinen beschädigen und deren Verschleiß beschleunigen könnten. Aufgrund der ähnlichen Rezepturen der verschiedenen Steinwollehersteller ist auch eine Rückführung von fremder Steinwolle grundsätzlich möglich. Theoretisch könnte Glaswolle ebenfalls in kleinen Mengen rückgeführt werden, jedoch würde sie aufgrund ihres Boroxidgehalts die Rezeptur so stark beeinflussen, dass patent- und genehmigungsrechtliche Probleme entstehen könnten (Reinhardt et al. 2022).

Ebenso kann gefährliche Steinwolle rückgeführt werden, hierbei bestehen die Herausforderungen aber in dem Arbeits- und Umweltschutz, da eine Zerkleinerung nur in luftdicht geschützten Bereichen erfolgen darf. Auch bei der Logistik müssen entsprechende Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, um ein Austritt der Fasern in die Umwelt zu verhindern.

### 2.2.2 EPS (HBCD-frei) – Verwertung als Sekundärrohstoff

EPS-Dämmstoffe, die kein Flammschutzmittel HBCD enthalten, können als Sekundärrohstoff zur Herstellung von Produkten genutzt werden. Dabei wird zwischen kompaktierten und nicht kompaktierten EPS unterschieden, also den EPS-Kügelchen, die ihre expandierte Struktur beibehalten haben.

Eine beispielhafte Verwertung der nicht kompaktierten EPS-Kügelchen (Mahlgut) findet neben der Rückführung in die EPS-Produktion in der Baustoffindustrie statt. Hier werden die Kügelchen als Leichtzuschlag in Putzen, Estrichen oder als Porosierungsmittel in Ziegeln verwendet. Laut Herstellern ist die Verwendung von Dämmstoffschüttung in Leichtestrichen ein hochwertiges Produkt. Dabei werden Zement und Sand im Estrich eingespart. Die Anforderungen an den Reinheitsgrad sind hierbei nicht so hoch wie bei der Rückführung in die Dämmstoffproduktion (Reinhardt et al. 2022). EPS wird auch als Füllmaterial, beispielsweise für Sitzsäcke, verwendet (Reinhardt et al. 2022). Für diese Arten der Verwertung darf das EPS nicht kompaktiert sein, weshalb eine Kompaktierung vor dem Transport nicht zulässig ist. Eine herstellereigenspezifische Sortenreinheit ist nicht notwendig, jedoch sollten Anhaftungen von Putz oder Mörtel vermieden werden.

Kompaktiertes EPS kann mit einem Extruder granuliert werden, wobei der Extrusionsprozess das PS einschmilzt und in Regranulat (R-GPPS) umwandelt (Reinhardt et al. 2022). Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis für Regranulat ist gegenüber Mahlgut nachteilig, da bei Mahlgut der energieintensive Extrusionsschritt entfällt. Die oben genannten Qualitätsanforderungen gelten auch hier, während Flammschutzmittel (außer HBCD) je nach Anwendung in der Regel kein Problem darstellen. Die Qualitätsansprüche sind in den verschiedenen Anwendungsbereichen relativ ähnlich (Reinhardt et al. 2022).

Regranulat aus weißem EPS kann für die Produktion von XPS-Dämmstoffen verwendet werden. Weitere Einsatzmöglichkeiten umfassen beispielsweise Eisenbahnschwellen oder Eimer. Regranuliertes graues EPS kann in begrenztem Umfang für andere Kunststoffanwendungen genutzt werden, wobei bisher keine große Nachfrage besteht. Da graues EPS einen geringeren Marktwert hat und langsamer extrudiert werden muss, um Abrasion am Extruder zu vermeiden, ist eine getrennte Regranulierung von weißem und grauem EPS anzustreben (Reinhardt et al. 2022).

Aktuell wird vorrangig grafithaltiges graues EPS für Fassaden verwendet, was im Verpackungsbereich nicht sinnvoll einsetzbar ist. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, kompaktiertes EPS zu neuen EPS-Kügelchen zu extrudieren. Derzeit wird die Extrusion zur Herstellung von Granulaten verwendet, aus denen wiederum graues EPS produziert wird. Hierbei werden primäres GPPS und Grafit zusammen mit weiteren Zusatzstoffen wie Treib- und Flammschutzmitteln extrudiert, um das Ausgangsgranulat für die EPS-Herstellung zu erhalten (Reinhardt et al. 2022).

### **2.2.3 EPS (HBCD-haltig) – Herstellung von Polystyrol-Regranulat (R-GPPS)**

Ein lösemittelbasiertes Verfahren ist das CreaSolv<sup>®</sup>-Verfahren, das seit Juli 2021 in einer Testanlage in den Niederlanden erprobt wird. Bei diesem Verfahren wird der EPS-Kunststoff durch ein spezielles Lösungsmittel selektiv aufgelöst und anschließend wieder ausgefällt. Nach der Extrusion kann er als Polystyrol-Regranulat (R-GPPS) weiterverwendet werden. Unlösliche Verunreinigungen und solche, die im Lösungsmittel gelöst sind, können abgetrennt werden. Zudem wird das Flammschutzmittel HBCD so weit aus dem Produkt entfernt, dass es unterhalb des Grenzwertes liegt. Die HBCD-Behandlung ermöglicht somit auch eine stoffliche Verwertung von vor 2016 hergestellten EPS-Dämmplatten (Reinhardt et al. 2022). Da das Polystyrol in seiner ursprünglichen Form zurückgewonnen wird, gilt das CreaSolv<sup>®</sup>-Verfahren in der Branche als physikalisches und nicht als chemisches Recycling, wodurch es dem werkstofflichen Recycling zugeordnet wird (Reinhardt et al. 2022). Dies ermöglicht einen höheren Reinheitsgrad im R-GPPS.

Anforderungen an das rückgeführte Material: Gemäß den veröffentlichten Zugangskriterien darf die Gesamtmenge an Verunreinigungen in den Dämmstoffen maximal 7 Massenprozent betragen (Reinhardt et al. 2022). Es ist wichtig zu beachten, dass EPS-Material sehr leicht ist und diese Grenze bei mineralischen Anhaftungen schnell überschritten werden kann. Der HBCD-Gehalt darf außerdem nicht mehr als 1,5 Massenprozent betragen (Reinhardt et al. 2022). Verunreinigungen können sowohl Putze als auch Bitumenanhaftungen sein.

### **2.2.4 PU – Verwertung als Sekundärrohstoff in Klebpressplatten**

Klebpressplatten aus PU werden als Funktionswerkstoff mit dämmenden Eigenschaften in lastabtragenden Übergangsbereichen eingesetzt, um Wärmebrücken zu vermeiden,

beispielsweise bei der Attika im Flachdachbau, wo sie zwischen Dach und Wand verbaut werden (Reinhardt et al. 2022). Die Herstellung dieser Platten erfolgt in zwei Schritten: Zunächst werden PU-Verschnittreste zerkleinert und homogenisiert, gefolgt von der Verklebung und Pressung (Reinhardt et al. 2022). Der Anteil an Sekundärrohstoffen in diesen Platten kann bis zu 90 Massenprozent betragen, davon können bis zu 10 Massenprozent aus rückgeführten Pressplatten bestehen (Reinhardt et al. 2022).

Erforderliche Materialeigenschaften für die Rückführung: Nur PU-Dämmstoffplatten, die gemäß der europäischen Norm DIN EN 13165 hergestellt wurden und daher kein (H)FCKW-haltiges Treibmittel enthalten, können verarbeitet werden. Diese Norm ist seit dem 01.01.2004 in Kraft. Bei genormten PU-Dämmstoffen sind die wesentlichen Inhaltsstoffe bekannt. Tests von Herstellern haben gezeigt, dass die Verarbeitung von Dämmstoffen verschiedener Hersteller zu Pressplatten qualitativ zulässig ist (Reinhardt et al. 2022). Verunreinigungen durch Fasern sind bis zu 15 Massenprozent erlaubt, da sie die Produkteigenschaften verbessern können, wenn dies vom Kunden gewünscht ist. Im Allgemeinen geben die Hersteller jedoch eine zulässige Verunreinigung von etwa 5 Massenprozent an. Mineralische Anhaftungen und Metalle sind nicht zulässig (Reinhardt et al. 2022).

## 3 Aktuelle Entsorgungswege Berlin

---

Die Entsorgung von Dämmstoffen unterscheidet sich grundsätzlich nicht von der in anderen Städten Deutschlands. Brennbare Dämmstoffe werden energetisch verwertet und inerte Dämmstoffe wie Mineralwolle oder Schaumglas werden deponiert. Die Verbrennung von Dämmstoffen in Müllverbrennungsanlagen kann als Monofraktion oder als Ersatzbrennstoff (EBS) erfolgen. EBS wird hauptsächlich aus nicht-recyclingfähigen Kunststoffen, Textilien, Papier und Kartonagen hergestellt. Die Abfälle werden zerkleinert, getrocknet und gegebenenfalls mit anderen Materialien gemischt, um die Brennstoffqualität zu verbessern. Der Heizwert und die physikalischen Eigenschaften werden optimiert, um eine effiziente Verbrennung zu gewährleisten. Im Folgenden werden die finalen Entsorgungswege kurz erläutert.

### 3.1 Müllverbrennungsanlage (MVA)

In einer Müllverbrennungsanlage werden die Dämmstoffe im Bunker mit den anderen Abfällen vermischt und anschließend üblicherweise in einer Rostfeuerung verbrannt. Je nach Energieinhalt der Dämmstoffe (Heizwert) entsteht dabei Wärme, die meist über eine Turbine in elektrische Energie umgewandelt wird. Überschüssige Wärme wird ausgekoppelt und kann als Fernwärme genutzt oder vermarktet werden.

Die Dämmstoffe gelangen entweder als Monofraktion oder als Ersatzbrennstoff (EBS) in die Müllverbrennungsanlage (MVA). Bei der EBS-Herstellung werden die Dämmstoffe zunächst aus gemischten Bau- und Abbruchabfällen (AVV 17 09 04) von der mineralischen Fraktion getrennt und anschließend in einer Ersatzbrennstoffaufbereitungsanlage zusammen mit anderen brennbaren Abfällen zu EBS verarbeitet. Sowohl saubere als auch verschmutzte Dämmstoffe können in einer MVA entsorgt werden, ohne dass vorherige Reinigungsprozesse erforderlich sind. Restfraktionen, die durch die Demontage oder nachträgliche Reinigung von verklebten Dämmstoffplatten entstehen, werden ebenfalls auf diese Weise beseitigt. Dies gilt für Dämmstoffplatten aus nachwachsenden sowie synthetischen Rohstoffen (AVV 17 06 04).

Seit dem 1. August 2017 regelt die "Verordnung über die Getrenntsammlung und Überwachung von nicht gefährlichen Abfällen mit persistenten organischen Schadstoffen (POP-Abfall-Überwachungsverordnung - POP-Abfall-ÜberwV)" die Entsorgung von nicht als gefährlich eingestuften POP-haltigen Abfällen, wie etwa HBCD-haltigen Dämmstoffabfällen. Diese Vorschrift betrifft insbesondere Polystyrol-Dämmstoffe (EPS, XPS), die mit dem Flammschutzmittel HBCD versehen sind (ebenso AVV 17 06 04).

Gemäß der POP-Abfall-ÜberwV besteht für HBCD ein Vermischungsverbot sowie eine Nachweispflicht. HBCD-haltige Abfälle können in Müllverbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle, Zementwerken, EBS-Heizkraftwerken und Sondermüllverbrennungsanlagen entsorgt werden. Sortier- und Aufbereitungsanlagen, die die Genehmigung dafür haben, dürfen die als Monochargen bei ihnen angelieferten HBCD-

haltigen Abfälle zur Konfektionierung vermischen, um sie dann an die verschiedenen Verbrennungsanlagen abzugeben. Die Anlieferung als Monocharge hat dabei auch den Vorteil, dass die Aufbereitungsanlagen daraus besser definierte Produkte herstellen können.

## 3.2 Zementwerk

Neben der Verbrennung von Dämmstoffen in Müllverbrennungsanlagen können synthetische Dämmstoffe wie EPS auch in Zementwerken als Ersatzbrennstoff entsorgt werden. Dies gilt auch für HBCD haltige Dämmstoffe.

Zementwerke betreiben ihre Öfen bei sehr hohen Temperaturen, oft über 1.450 Grad Celsius. Diese hohen Temperaturen sind ausreichend, um HBCD vollständig zu zerstören und schädliche Emissionen zu minimieren.

Die Verbrennung in Zementwerken setzt keinen hohen Reinheitsgrad der Dämmstoffe voraus, denn die mineralischen Bestandteile der Dämmstoffe können als Rohstoffersatz in die Zementklinkerproduktion eingehen.

In Berlin erfolgt eine solche Entsorgung beispielsweise im Zementwerk Rüdersdorf.

## 3.3 Deponie

Die Beseitigung von Dämmstoffen auf einer Deponie erfolgt ausschließlich für mineralische Dämmstoffe wie Mineralwolle aus künstlichen Mineralfasern (KMF). Wurden diese vor 2000 produziert, müssen sie gemäß der Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (AVV) als gefährlicher Abfall klassifiziert werden. Dies entspricht dem Abfallschlüssel 17 06 03\*, der für anderes Dämmmaterial gilt, das gefährliche Stoffe enthält oder aus solchen besteht.

Da es in der Vergangenheit nur mit teuren Analyseverfahren möglich war, zwischen schädlichen ('alten') und unschädlichen ('neuen') Mineralfasern zu unterscheiden, wird aus Sicherheitsgründen bei der Anlieferung von Mineralfaserabfällen auf der Deponie der ungünstigste Fall angenommen. Das bedeutet, dass alle angelieferten Mineralfaserabfälle grundsätzlich als Dämmmaterial betrachtet werden, das gefährliche Stoffe enthält (Abfallschlüssel 17 06 03\*), auch wenn es sich eigentlich um ungefährliche Mineralwolle handelt.

Gefährliche Mineralwolle, wie sie durch die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) klassifiziert wird, können auf Deponien der Deponieklasse 1 und 2 (DK I, DK II) entsorgt werden. Die Deponien müssen strenge Sicherheits- und Umweltauflagen erfüllen. Dies umfasst beispielsweise spezielle Abdichtungen, regelmäßige Überwachung und Kontrollmaßnahmen, um zu verhindern, dass schädliche Stoffe in den Boden oder das Grundwasser gelangen.

Eine Deponierung kann kompaktiert oder lose erfolgen. Lose vorliegende KMF-Abfälle dürfen auf Deponien nur in staubdichten Verpackungen wie BigBags angenommen werden. Beim herkömmlichen Einbau ist nicht völlig auszuschließen, dass unzureichend verpackte BigBags und Säcke durch den Einsatz von Maschinen beschädigt werden und dadurch lokal

Fasern freigesetzt werden könnten. Zudem wird eine beträchtliche Menge an Abdeckmaterial benötigt, um sowohl die Anforderungen der DepV für eine schnelle Abdeckung als auch den erforderlichen Verdichtungsgrad zu erfüllen. Die Beschaffung und Lagerung dieses Abdeckmaterials erfordert erheblichen Managementaufwand, viel Lagerplatz und ist kostenintensiv (Verhältnis von Abfall zu Abdeckmaterial bis zu 1:10).

Vermeehrt werden KMF-Abfälle vor ihrer Einlagerung auf der Deponie kompaktiert. Dies geschieht entweder mit mobilen KMF-Ballenpressen vor Ort oder mit stationären KMF-Pressen. Einige Entsorgungs- und Bauunternehmen besitzen mobile Ballenpressen, die es ermöglichen, KMF-Abfälle direkt an der Entstehungsstelle oder in Zwischenlagern zu verpressen. Eine integrierte Absaugung verhindert die Freisetzung von Fasern. Nach dem Pressen und mehrfachen Umwickeln mit Folie werden die Ballen in BigBags oder Kunststoffsäcken verpackt, um Beschädigungen beim Transport zur Deponie zu vermeiden.

Da in Berlin selber keine Deponien in Betrieb sind, werden mineralische Dämmstoffe, die in Berlin anfallen, auf Deponien in Brandenburg zur Beseitigung gefahren. Zu den größten öffentlich betriebenen Deponien gehören: Deponie Deetz im Landkreis Potsdam-Mittelmark, Deponie Schöneiche im Landkreis Teltow-Fläming und die Deponie Vorketzin im Landkreis Havelland.

### 3.4 Statistik

Dämmstoffe finden sich unter folgenden Abfallschlüsselnummern:

- (170601\*: Dämmmaterial, das Asbest enthält)
- 170603\*: anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält → v.a. gefährliche Mineralwolle (Glas- oder Steinwolle), daneben (H)FCKW-haltiges XPS
- 170604: Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt → v.a. EPS (HBCD-haltig bis 2016) und neue Mineralwolle (ab 2002)

Weiterhin werden Dämmstoffe auch zusammen mit gemischten Bau- und Abbruchabfällen unter der Nummer 170904 (gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen) entsorgt. Diese Gruppe wird hier aber nicht betrachtet, weil aufgrund der Mischung keine Aussagen dazu möglich sind, wie groß der Dämmstoffanteil daran ist und wie dieser behandelt wird.

Eine Abfrage der Regionalstatistik des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg zeigt folgende Ergebnisse:

Ein geringer Anteil des Dämmmaterials 170604 nur aus/in Brandenburg wird über Bau- und Abbruchabfälle bei entsprechenden Behandlungsanlagen mit entsorgt. Sowohl für die Abfälle aus/in Berlin als auch Brandenburg gilt weiterhin, dass nur geringe Mengen direkt zu einer Abfallverbrennungsanlage verbracht werden. Das Gros der Dämmstoffabfälle 170604 geht zu sonstigen Behandlungsanlagen (nur Brandenburg), Sortieranlagen und Schredderanlagen. Für die Abfälle aus/in Brandenburg erfolgt auch zu einem nicht unerheblichen Anteil eine direkte Deponierung, was darauf schließen lässt, dass auch neue Mineralwolle angefallen ist. Der Verbleib des in den Behandlungsanlagen in Brandenburg eingebrachten Dämmabfalls 170604 ist unklar, weil der angegebene Output aus diesen Anlagen gering ausfällt. Auch in Berlin ist der Output aus diesen Anlagen kleiner als der Input, aber es zeigt sich, dass die in die Sortieranlagen eingebrachten Abfälle 170604

entweder deponiert oder thermisch behandelt werden. Ersteres lässt wieder auf neue Mineralwolle schließen.

Der Großteil des Dämmmaterials 170603\* aus/in Berlin wird Sortieranlagen übergeben und dann deponiert, wohingegen diese Abfälle aus Brandenburg größtenteils direkt deponiert werden.

Für EPS-Abfälle kann daher davon ausgegangen werden, dass Behandlungsanlagen zwischengeschaltet sind, die über neue stoffliche Verwertungswege informiert werden können. Für Mineralwolle aus/in Berlin gilt dasselbe, wohingegen für Mineralwolle aus/in Brandenburg keine Anlagen vor der Beseitigung zwischengeschaltet sind, die über neue stoffliche Verwertungswege informiert werden könnten.

Eine weitere Abfrage bei der Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin (SBB) zum Verbleib der durch diese erfassten gefährlichen (alte Mineralwolle) und überwachungsbedürftigen nachweispflichtigen Dämmstoffe (HBCD-haltiges EPS) bestätigt dies bzw. erbrachte folgende ergänzende Ergebnisse:

- Ca. 30 % der gefährlichen Mineralwollen gelangte 2022 und 2023 über Zwischenlager zur Deponierung.
- Das HBCD-haltige EPS wurde 2022 und 2023 zu 95 % über Zwischenlager der thermischen Nutzung zugeführt, wobei knapp 40 % über Zementwerke und weitere gut 15 % in EBS-Kraftwerken genutzt wurden.

Ein kleiner Anteil des EPS wurde nicht unter den zugehörigen Abfallschlüsselnummern erfasst, sondern als gemischte Bau- und Abbruchabfälle. Die gefährlichen Mineralwolleabfälle wurden dagegen fast vollständig unter der zugehörigen Abfallschlüsselnummer erfasst.

### 3.5 Entsorger und Akteure

In Berlin stehen für die Entsorgung von HBCD-haltigen EPS-Dämmstoffabfällen mehrere Unternehmen zur Verfügung, die diese Materialien in der Regel zwischenlagern. Die im internen Anhang 8.5.1 aufgeführte Liste stellt einen exemplarischen Auszug dar. Diese Unternehmen könnten kontaktiert werden, um zukünftige stoffliche Verwertungswege weiterzuentwickeln. Für HBCD-freie EPS-Dämmstoffabfälle, die seit 2016 produziert wurden, bietet sich insbesondere eine Kooperation mit lokalen EPS-Dämmstoffherstellern an.

Hinsichtlich HBCD-haltiger Dämmstoffabfälle besteht derzeit die einzige Verwertungsmöglichkeit darin, über den Entsorgungsweg von FZ-Recycling das vor Ort kompaktierte EPS in die PS-Loop-Anlage in den Niederlanden zu überführen: <https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>. Ob vergleichbare Anlagen künftig auch in Deutschland etabliert werden, bleibt abzuwarten.

Für mineralische Dämmstoffe steht die im internen Anhang 8.5.2 aufgeführte exemplarische, nicht abschließende Liste von Entsorgungsunternehmen zur Verfügung. Eine mögliche Aufbereitung rückgebauter Mineralwolle zur stofflichen Verwertung – zumindest von als ungefährlich eingestuft Mineralwollen – wird bisher nur von sehr wenigen Unternehmen in Kooperation mit Mineralwolleherstellern angeboten.

### 3.6 Fazit

Eine stoffliche Verwertung von Dämmstoffen aus dem Rückbau findet in Berlin aktuell nicht statt. Brennbare Dämmstoffe werden verbrannt und mineralische Dämmstoffe werden auf der Deponie beseitigt. Diese Entsorgungsstruktur findet sich vorrangig so in ganz Deutschland wieder. Dies ist wenig überraschend, denn Dämmstoffe aus dem Rückbau fallen noch vergleichsweise wenig an. Da aber zukünftig mit erheblich größeren Mengen zu rechnen ist (Reinhardt et al. 2022) beginnen erste Hersteller und Verbände Recyclinglösungen zu entwickeln, die in einzelnen Pilotvorhaben umgesetzt werden. Folgende Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der aktuellen Entsorgungswege in Berlin für die gängigen Dämmstoffe. (H)FCKW-haltige XPS-Dämmstoffe müssen als gefährlicher Abfall über eine Sondermüllverbrennungsanlage entsorgt werden.

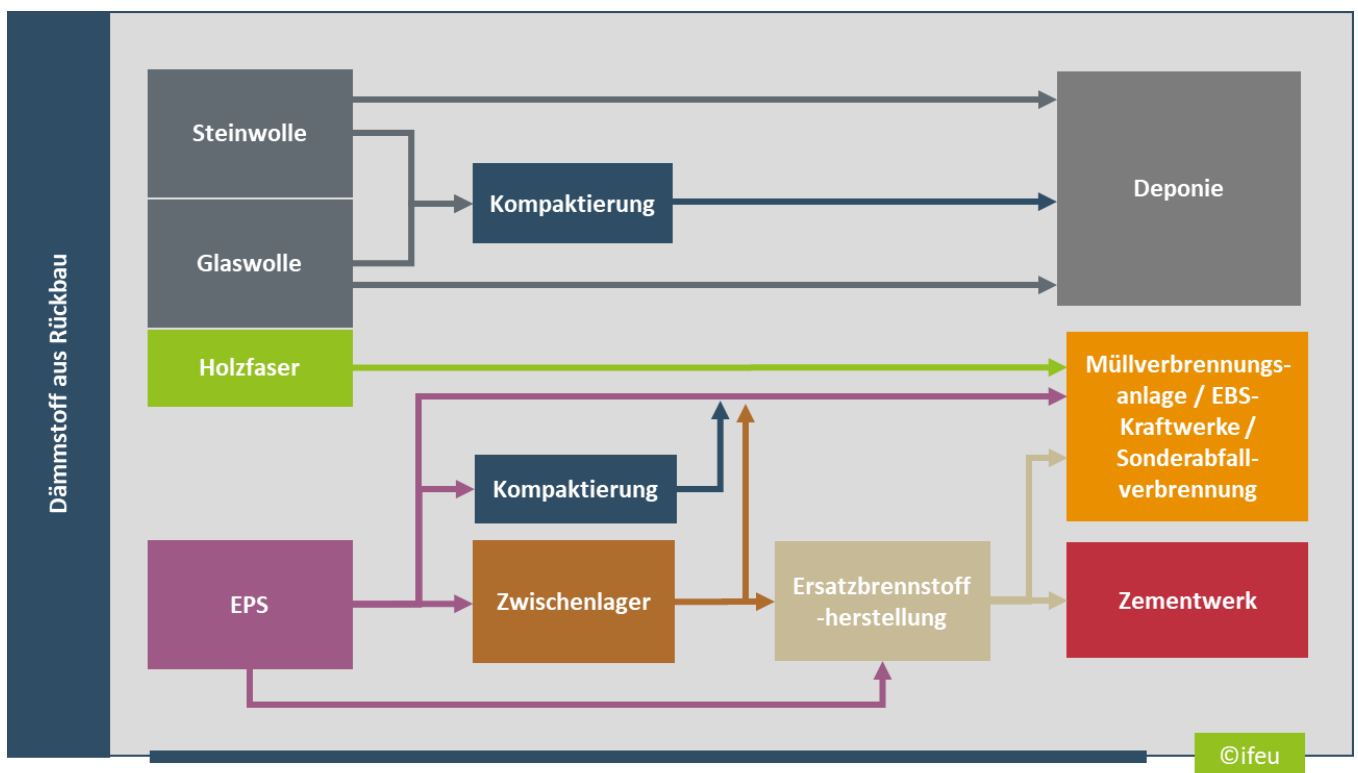


Abbildung 3: Aktuelle Entsorgungswege von Mineralwolle-, Holzfaser- und EPS-Dämmstoffen in Berlin

## 4 Praxisbeispiele

Der Fokus in diesem Projekt liegt auf der praktischen Umsetzung von Rückbaumaßnahmen, die in einer stofflichen Verwertung der vorliegenden Dämmstoffe resultiert. In diesem Kapitel erfolgt eine Dokumentation der verschiedenen Praxisvorhaben, die im Projektzeitraum stattfanden und als erfolgversprechend identifiziert wurden. Folgende Tabelle 41 zeigt eine Übersicht der Vorhaben inkl.. Angaben der rückgebauten Dämmstoffe und deren finalen Entsorgungsweg.

Tabelle 4-1: Übersicht der im Rahmen des Projektes begleiteten oder initiierten Baustellen mit stofflicher Verwertung der rückgebauten Dämmstoffe

Baustelle	Dämmstoffart & Verbauweise	Angestrebter Entsorgungsweg
<b>DEGEWO</b>	EPS (HBCD-haltig), Dach bituminiert	Stofflich CreaSolv®
<b>GESOBAU</b>	EPS (HBCD-haltig), Dach, lose verlegt	Thermisch
<b>BIM</b>	EPS (HBCD-haltig), Dach bituminiert	Stofflich CreaSolv®
<b>Wriezener Karree</b>	Steinwolle gefährlich aus Betonsandwichelementen EPS (HBCD-frei)	Deponie (zukünftig Stofflich Rückführung in Produktion möglich) Stoffliche Verwertung, R-GPPS
<b>Großbaustelle Brandenburg</b>	EPS WDVS (HBCD-haltig) Steinwolle WDVS	Stofflich CreaSolv®
<b>Groß-Berliner Damm</b>	Steinwolle ungefährlich, Wand + Dach, lose verlegt	Stofflich Rückführung in Produktion
<b>PU (betreut durch IVPU)</b>	PU (FCKW-frei), Balkon, verklebt	Stofflich Klebepressplatten

Die in Tabelle 4-1 aufgeführten Baustellen werden im Folgenden genauer erläutert. Es erfolgt eine Darstellung der Konzeption bis zur Umsetzung mit einer anschließenden kurzen Erfolgsanalyse.

### 4.1 Allgemeines Vorgehen und Kontaktaufbau

#### 4.1.1 Baustellen

Baustellenakteure umfassen die ausführende Seite, die Bauherrenseite und die Anbieter von Dämmstoffen. Über diese lassen sich Baustellen identifizieren. Die ausführende Seite lässt sich direkt über bauausführende Firmen oder Verbände (Abbruch, Handwerker)

adressieren. Als gewichtige Bauherren in Berlin sind die dortigen Wohnungsunternehmen zu nennen. Die Systemanbieter, die auch in Verbänden organisiert sind, kennen ebenfalls Baustellen, die durch sie beliefert werden.

In diesem Projekt wurde auf alle Quellen zurückgegriffen, um aktive Baustellen für das Projekt zu finden. Besser ist es aber, die stoffliche Verwertung von Dämmstoffen schon in der Planungsphase von Rückbau- und Sanierungstätigkeiten zu verankern, um diesen Aspekt von Beginn an auf der Baustelle berücksichtigen zu können. Durch den Einstieg in der aktiven Baustellenphase war der Spielraum begrenzt, weil die Ausschreibung des Bauherrn und die Beauftragung der bauausführenden Firmen nicht mehr beeinflusst werden konnten. Eine Baustellenbegleitung wurde trotzdem durch die Mitarbeit von Bauherren und bauausführenden Firmen ermöglicht.

#### **4.1.2 Logistik und Aufbereitung/Entsorgung**

Die Logistik wird durch Entsorgungs- und Containerdienste gewährleistet, die im Rahmen des Projekts kontaktiert und teilweise für Gespräche ausgewählt wurden. Darüber hinaus existieren Herstellerrücknahmesysteme speziell für Baustellenverschnitte. Ergänzend stehen mittlerweile auch Online-Services zur Verfügung, die entsprechende Dienstleistungen anbieten. In Berlin gibt es zahlreiche lokale Entsorger, die Dämmstoffe annehmen. Eine Aufbereitung von Dämmstoffen aus dem Rückbau zur stofflichen Verwertung findet bislang aber nur durch einzelne Akteure statt, die zur Übernahme von Dämmstoffen von den Projektbaustellen kontaktiert wurden. Teilweise findet dazu auch eine direkte Zusammenarbeit dieser Akteure mit Dämmstoffherstellern statt. Die Entsorgungsstruktur der gefährlichen und nachweispflichtigen Dämmstoffe in Berlin wurde im Rahmen des Projekts ergänzend über die Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin (SBB) abgefragt.

#### **4.1.3 Recycler und Hersteller sowie Wiederverwendung**

Die Dämmstoffhersteller übernehmen Baustellenverschnittreste, um sie in die Produktion rückzuführen. Auch Recycler und die PS-Loop-Anlage verarbeiten PS-Dämmstoffverschnitte zu Produkten und Sekundärrohstoffen. Grundsätzlich ist dies auch für neue rückgebaute Dämmstoffe möglich. Dafür benötigen sie eine bestimmte Qualität, die im Zusammenspiel mit den Baustellen erreicht werden muss. Daher wurde der Kontakt mit Herstellern, Systemanbietern, Recyclern und zugehörigen Verbänden auch zur Übernahme und Qualitätsbeurteilung von auf den Projektbaustellen rückgebauten Dämmstoffen gesucht.

Auch eine Wiederverwendung ist grundsätzlich möglich. Deren Machbarkeit im Projekt und darüber hinaus wurde mit Herstellern, Systemanbietern und Trägern von Bauteilbörsen sowie -katastern besprochen.

## **4.2 DEGEWO | EPS HBCD haltig | Dach bituminiert**

### **4.2.1 Konzeption**

Für die anfallenden bitumenverklebten EPS-Dämmstoffe muss zunächst der Schadstoffgehalt über die Bestimmung des HBCD-Gehaltes erfolgen. Für die Baustelle hat

sich über analytische Untersuchungen ergeben, dass es sich um nachweispflichtige, aber nicht gefährliche HBCD-haltige EPS-Dämmstoffe handelt.

Ziel ist es, die Dämmstoffe so rückzubauen und aufzubereiten, dass die Firma FZ Recycling diese nach Kompaktierung in einer mobilen Anlage auf der Baustelle zur stofflichen Verwertung über das PS-Loop-Verfahren bringen kann.

Der Bauherr degewo hat dem Projekt zugestimmt und ebenso die bauausführende Firma Prinzke&Partner.

Randbedingungen:

- Keine Störung / Behinderung des Bauablaufes
- Keine Kostensteigerungen
- Wenn, dann gesamte Übernahme des vorhandenen Dämmstoffes = ca. 250 m<sup>3</sup>
- Die Entsorgung/Übernahme ist nachweislich zu dokumentieren

Begünstigt durch die hohen Beseitigungskosten von EPS im Großraum Berlin ist tatsächlich nicht von einer Kostensteigerung auszugehen und dies trotz der Logistikkosten für eine Verbringung des EPS bis in die Niederlande. Mit der Errichtung dezentraler PS-Loop-Anlagen ist zukünftig von sinkenden Logistikkosten auszugehen. Der händische Mehraufwand rechnet sich. Die hohen Kosten für die derzeitige Beseitigung in der MVA im Raum Berlin stellen grundsätzlich eine günstige Voraussetzung für die stoffliche Verwertung dar.

Die bauausführende Firma Prinzke&Partner führt den Rückbau und die Aufbereitung der Dämmstoffe vor Ort den Kriterien der Firma FZ-Recycling entsprechend durch. FZ-Recycling bestückt die Baustelle mit einem mobilen Kompaktierer, der von den Mitarbeiter\*innen von Prinzke&Partner bedient wird. Die Logistik bis inklusive der Andienung an der PS-Loop-Anlage in den Niederlanden wird ebenso durch FZ-Recycling bereitgestellt. Dazu gehört auch das Nachweisverfahren für nachweispflichtige Abfälle.

Bei der PS-Loop-Anlage muss festgestellt werden, ob die Qualität der rückgebauten Dämmstoffe ausreicht. Die Qualitätskontrolle erfolgt aber auch schon zuvor durch FZ-Recycling.

Mit der Behandlung des rückgebauten Dämmstoffes in der PS-Loop-Anlage ist das Projektziel der stofflichen Verwertung erreicht. Das entstehende PS-Regranulat kann an Rohstoffhersteller geliefert werden, die ohne Einschränkung daraus analog zu primären Rohstoffen wieder PS-Produkte wie u.a. EPS herstellen können (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Eine Wiederverwendung ist bei dem HBCD-haltigen Material und zusätzlich aufgrund der Verklebung mit Bitumen nicht möglich. Eine Aufdoppelung kommt nicht in Betracht, weil das Dach saniert werden muss.

#### 4.2.2 Umsetzung

Hier wurde ein mobiler Anhänger mit Kompaktierungsanlage von FZ-Recycling auf das äußerst beengte Grundstück gestellt. Aufgrund des Platzmangels hätte sonst nur ein kleiner Container dort gestellt werden können, der entsprechend häufig hätte abgefahren werden müssen. Durch die Kompaktierung ließ sich das Material bündeln, in Strängen auf Paletten stapeln und dann am Schluss per LKW in PS-Loop-Anlage in die Niederlande fahren.

Durch die mobile Kompaktierung kann das Material im Verhältnis von bis zu 50:1 verdichtet werden, beim Dach liegt das Verhältnis bei 20:1. Wasser, das über eine Schadstelle in das EPS eingedrungen und von dort in die Poren diffundiert ist, wird dabei teilweise ausgepresst. Über einen Kran kann der Container auch auf Dächer gebracht werden, so dass das Material nur einmal angefasst werden muss (Logistik und Aufbereitung o.J.). Hier war das nicht möglich und nötig. In die PS-Loop-Anlage darf Bitumen aus dem Flachdach nur in sehr eingeschränkter Form gelangen. Auf Flachdächern wie auch auf dieser Baustelle wurde das Bitumen früher heiß verklebt, sodass das EPS unten bitumengetränkt ist (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Die alten EPS-Platten wurden per Aufzug nach unten gebracht und dort dann auf die Kompaktierungsanlage aufgegeben. Sie sind auf der Unterseite erwartungsgemäß bitumengetränkt, auf der Oberseite können Reste der Dachhaut-Bitumenbahnen verbleiben, die kreuzweise verlegt sind. Trotzdem waren die Dämmstoffplatten im nahezu unebrochenen Zustand ausbaubar ([Abbildungsreferenz prüfen]). In die Anlage von FZ-Recycling und auch in die PS-Loop-Anlage darf kaum Bitumen. Daher würde sich eine weitere Trennung der rückgebauten Dämmstoffe nach Qualitäten anbieten, was aber die Logistik erschwert. Der mit diesem Vorgehen verbundene Zusatzaufwand wurde durch die Rückbaufirma Prinzke&Partner (Dachdecker) festgehalten. Weitere Bilder zum Rückbau sind im internen Anhang 9.2.1 verfügbar.



Abbildung 4: EPS-Platten vor dem Ausbau (links) und nach dem Ausbau (rechts) mit mehr oder weniger Bitumenresten durch die Heißverklebung auf der Unterseite

Es hat sich kaum ein Mehraufwand für das Handling auf der Baustelle durch den für die stoffliche Verwertung nötigen selektiven Rückbau inkl. evtl. händischer Reinigung ergeben. Der konventionelle Arbeitsfluss ist durch die beengten Verhältnisse beeinträchtigt, weil kein großer Container gestellt werden kann. Durch die Kompaktierung wird der verfügbare Platz besser ausgenutzt. Die Dachhaut wird i. d. R. sowieso vom EPS abgetrennt, um die Entsorgungskosten zu reduzieren. Nach Einschneidung mit Dach- oder Bitumenschneidern kann eine Abstrippung und getrennte Entsorgung erfolgen. Die Verunreinigungen durch die Heißverklebung dagegen würden sich nur unter großem Aufwand mit einem Heißdrahtschneider entfernen lassen, was hier nicht gemacht wurde, sodass dafür auch kein Arbeitsaufwand anfiel.

Die thermischen Entsorgungspreise von HBCD-haltigem EPS im Berliner Raum sind mit ca. 100 €/m<sup>3</sup> recht hoch. Weiterhin können in der Stadt oftmals keine großen 40 m<sup>3</sup> Container gestellt werden. Überdies kann das Containervolumen aufgrund der Schüttdichte auch nicht vollständig genutzt werden, sodass viele Transporte mit den zugehörigen Kosten anfallen. Durch das Kompaktieren des EPS auf der Baustelle können Transportkosten eingespart

werden. Die Kosten für die stoffliche Verwertung in der PS-Loop-Anlage sind derzeit noch nicht richtig ermittelbar, aber es kann erstmal davon ausgegangen werden, dass die Annahme kostenlos erfolgt, weil die Finanzierung des Betriebs durch den Verkauf des zurückgewonnenen Rohstoffs PS erfolgt.

In Summe konnte die stoffliche Verwertung inklusive Logistik daher trotz des weiten Transports des kompaktierten EPS von Berlin zur PS-Loop-Anlage in den Niederlanden kostenneutral mit ca. 100 €/m<sup>3</sup> angeboten werden. Die konventionelle Entsorgung im Berliner Raum liegt selbst ohne Betrachtung der Logistikkosten zur thermischen Entsorgung um 10-20 % darüber. Insbesondere bei dieser beengten Baustelle würden die Logistikkosten zum Abtransport der unkompaktierten Dämmstoffe im kleinen Container zur thermischen Entsorgung aufgrund der vielen dafür benötigten Fahrten zusätzlich deutlich zu Buche schlagen.

Die Qualität der kompaktierten EPS-Dämmplatten war auch trotz der Verunreinigungen durch die Heißverklebung gerade noch ausreichend für eine Nutzung in der PS-Loop-Anlage, wenngleich die Verunreinigung mit Bitumen kontraproduktiv ist und auch schnell dazu führen kann, dass nur noch eine thermische Behandlung möglich ist. Es muss noch ausgelotet werden, wie viel Bitumenverunreinigung in der PS-Loop-Anlage zugelassen werden kann, ohne den Prozess zu gefährden oder zu stark zu verteuern. Zunächst wurde 5 % Verunreinigung zugelassen, seitdem aber gar kein Bitumen mehr, um jetzt Versuche zu fahren. Auf alle Fälle beachtet werden muss aber, dass selbst 5 % zulässige Verunreinigung aufgrund der im Vergleich zum EPS hohen Dichte von Bitumen ein sehr geringer Anteil ist.

## 4.3 GESOBAU | EPS HBCD haltig | Dach lose verbaut

### 4.3.1 Konzeption

Die Rückbaumaßnahmen auf der Baustelle der landeseigenen Wohnungsbaugesellschaft GESOBAU wurden bereits vorab ausgeschrieben und an eine spezialisierte Rückbaufirma vergeben. Zum Zeitpunkt des Rückbaubeginns wurde der Bauherr auf die Möglichkeit aufmerksam, das anfallende Material zu kompaktieren und einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Daraufhin wurde die Rückbaufirma über diese Option informiert und in den Prozess eingebunden. Besonders die Platzersparnis durch die Kompaktierung stieß bei der ausführenden Firma auf großes Interesse.

Im Rahmen des Rückbaus fielen insgesamt 450 m<sup>3</sup> HBCD-haltiges EPS-Material zur Entsorgung an. Da eine Kompaktierungsanlage schnell verfügbar war und dadurch Verzögerungen im Bauablauf vermieden werden konnten, wurde die Entscheidung getroffen, die Kompaktierung des EPS durchzuführen. Allerdings wurde von einer Verwertung in der PS-Loop-Anlage in den Niederlanden abgesehen. Die Rückbaufirma argumentierte, dass der Transport über diese Distanz mit hohen Kosten verbunden sei und somit als unwirtschaftlich eingeschätzt werde.

### 4.3.2 Umsetzung

Im Rahmen des Rückbaus wurden etwa 10 % der anfallenden EPS-Dämmstoffe mithilfe einer Kompaktierungsanlage verarbeitet. Aufgrund eines Bedienfehlers kam es jedoch zu einem Stillstand der Anlage. Da eine Ersatzanlage verfügbar war, wurde diese zur Fortsetzung der

Arbeiten eingesetzt. Die ursprüngliche Anlage musste ausgetauscht werden, was zu einer Verzögerung führte.

Die Firma FZ-Recycling, die sowohl die Kompaktierungsanlagen als auch die Verwertung in der niederländischen PS-Loop-Anlage anbietet, hat ihren Sitz in der Nähe von Bonn und verfügt derzeit über keine weiteren Servicestandorte in Deutschland. Dadurch war es nicht möglich, kurzfristig einen Techniker für die Reparatur der festgefahrenen Anlage vor Ort bereitzustellen. Die Ersatzanlage musste zunächst über eine Distanz von mehr als 600 Kilometern zur Baustelle transportiert werden, was zu einer Bauverzögerung von mindestens einem Tag führte.

Während des Betriebs der zweiten Anlage traten erneut Probleme auf. Da diese während des laufenden Betriebs unsachgemäß befüllt wurde, kam es zu einer Überhitzung, die das EPS schmelzen ließ und die Anlage erneut blockierte. Nach diesem Vorfall stand keine weitere Ersatzanlage zur Verfügung, sodass die Verdichtung abgebrochen werden musste. Das verbleibende EPS wurde konventionell einer thermischen Verwertung (Verbrennung) zugeführt.

Dieser Vorfall verdeutlicht die zentrale Bedeutung von klarer Kommunikation und diszipliniertem Vorgehen auf der Baustelle. Die Analyse des ersten Anlagenausfalls ergab außerdem, dass nicht nur EPS, sondern auch ungeeignete Materialien wie Folien und andere Abfälle in die Anlage eingebracht worden waren. Solche Fehlbefüllungen beeinträchtigen den ordnungsgemäßen Betrieb erheblich und gefährden den Erfolg des gesamten Rückbau- bzw. Verwertungsprozesses.



Abbildung 5: Zwischenlager EPS auf der Baustelle (links) | kompaktiertes EPS (recyclingfähig) (rechts)

## 4.4 BIM | EPS HBCD haltig | Dach bituminiert

### 4.4.1 Konzeption

Auf der Baustelle der Berliner Immobilienmanagement GmbH (BIM) sollte eine Schule einschließlich eines Nebengebäudes rückgebaut werden. Die Rückbauarbeiten waren bereits ausgeschrieben und das beauftragte Rückbauunternehmen stand fest. Die zu verwertenden Dämmstoffe bestanden aus EPS und waren Teil eines bituminierten

Flachdaches. Die Konzeption und Umsetzung der Maßnahmen verliefen analog zu den Ansätzen auf der Baustelle der DEGEWO (siehe Kapitel 4.2).

Es zeigte sich, dass bei der Ausschreibung und der Angebotsprüfung besonders auf die Einheit der angegebenen Dämmstoffmenge geachtet werden muss. Der Austausch von Volumen- und Massenangaben kann bei Dämmstoffen aufgrund ihrer geringen Dichte zu erheblichen Abweichungen bei den Entsorgungskosten führen. Bei der initialen Berechnung ergab sich, dass der Einsatz einer Kompaktieranlage mit nachfolgender Verwertung wirtschaftlich nicht attraktiv war, da der Preis für die Entsorgung pro Tonne angegeben wurde, jedoch die Höhe eines auf Volumen ( $m^3$ ) basierenden Preises hatte. Nach einer Abstimmung mit dem Rückbauunternehmen konnte der Versuch einer Kompaktierung mit anschließender Verwertung dennoch realisiert werden.

#### 4.4.2 Umsetzung

Beim Rückbau zeigte sich, dass die verwinkelte Dachstruktur ein einfaches Abziehen der Bitumenschicht erschwerte. Zudem waren die Dämmplatten insbesondere an den Ecken stark in Bitumen eingebettet, um Undichtigkeiten unter allen Umständen zu vermeiden. Zwar konnten alle Dämmstoffe erfolgreich kompaktiert werden, jedoch war die Bitumenkonzentration anschließend zu hoch, um eine stoffliche Verwertung in den Niederlanden zu ermöglichen.

Trotz der ausgebliebenen stofflichen Verwertung stellte der Rückbau im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren eine Verbesserung dar, da durch die Kompaktierung der Dämmstoffe das Transportvolumen und somit die beförderte Luftmenge erheblich reduziert werden konnten. Eine detaillierte Dokumentation einschließlich einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durch die BIM steht noch aus und ist für Anfang 2025 vorgesehen.

## 4.5 Wriezener Karree | EPS HBCD-freie & Steinwolle gefährlich

### 4.5.1 Konzeption Steinwolle

Bei der auf dieser Baustelle vorliegenden Steinwolle handelt es sich um lose befestigte Steinwolle zwischen Betonelementen, die nach dem Rückbau mit Betonstücken verunreinigt ist. Die Steinwolle ist als gefährlich eingestuft mit lungengängigen Fasern.



Abbildung 6: Mineralwolle freigelegt aus Beton-Sandwichelement (links); Sandwichelement vor dem Rückbau (rechts)

Die Konzeption erfolgt mit der bauausführende Firma Gertner & Fettback; der Bauherr ist nicht involviert, da das Interesse in diesem Fall von der bauausführenden Firma ausgeht.

Es fallen mehrere 1.000 m<sup>2</sup> Dämmstofffläche an, was bei einer Dämmstoffdicke von 10 cm mehreren 10 m<sup>3</sup> Dämmstoffvolumen entspricht. Bei einer Dämmstoffdichte von 99 kg/m<sup>3</sup> entspricht das mehreren Tonnen. Es handelt sich um eine entsprechend große Baustelle, bei der ein mehrgeschossiges Wohnhaus in Plattenbauweise rückgebaut wurde.

Ziel ist, die Dämmstoffe stofflich über Rückführung in die Produktion zu verwerten.

Angedacht war, nach dem Rückbau durch die bauausführenden Firmen einen Transport der Dämmstoffe zum Aufbereiter MUEG (Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung) vorzunehmen, die die Dämmstoffe hinsichtlich ihrer Qualität bewerten und für die stoffliche Verwertung aufbereiten. Von dort sollten die Dämmstoffe zum Hersteller Rockwool transportiert werden, wo anschließend deren stoffliche Verwertung erfolgt. Die Logistik sollte über ein Unternehmen durchgeführt, das noch in Absprache mit MUEG, Rockwool und der Baustelle gefunden werden muss. Beachtet werden muss hier auch das Nachweisverfahren für gefährliche Abfälle. Die Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin (SBB) als zentrale Stelle für die Entsorgung gefährlicher Abfälle aus und in Berlin/Brandenburg muss entsprechend einbezogen werden. Ggf. ist für Forschungszwecke und kleine Mengen auch eine andere Einzelfallentscheidung bzw. ein vereinfachtes Vorgehen möglich.

Eine Wiederverwendung ist aufgrund der Gefährlichkeit der Abfälle nicht möglich. Eine Aufdoppelung ist ebenfalls nicht möglich, weil die Gebäude rückgebaut werden.

Schlussendlich hat sich herausgestellt, dass die stoffliche Verwertung gefährlicher Steinwolle aufgrund der dafür noch nicht vorhandenen Infrastruktur bei Aufbereitern und Herstellern erst ab ca. einem Jahr, aber noch nicht in diesem Projekt stattfinden kann. Die Aufbereitungsprozesse unterscheiden sich nicht zwischen gefährlicher und ungefährlicher Steinwolle (Logistik und Aufbereitung o.J.). Die Sortierung der Störstoffe gefährlicher Steinwolle ist die Herausforderung. Die Anlagen und Übergabestellen müssen entsprechend ausgerüstet sein, um einen Austritt gefährlicher Fasern zu verhindern. Dies wird bald der Fall sein.

Daher wird die MUEG auf der Baustelle die Dämmstoffe nur sichten, um abzuschätzen, ob deren Qualität für die zukünftige Aufbereitung und stoffliche Verwertung ausreichend ist.

Damit lässt sich sagen, ob der bislang erfolgende Rückbau ausreichend ist oder ob ein Mehraufwand entsteht. Daraus lassen sich Konsequenzen für Baustelle und Rückbau aufzuzeigen, die mit einer Bereitstellung der Dämmstoffe in einer solchen Form einhergehen, dass eine stoffliche Verwertung möglich ist.

#### 4.5.2 Umsetzung Steinwolle

Bei einem Vor-Ort-Termin wurde die Qualität der in Big Bags gesammelten Steinwolle durch die MUEG vorgenommen. Die MUEG hat dazu eine bebilderte Aktennotiz erstellt (interner Anhang).

Die Steinwolle wurde auch ohne Vorgaben zur stofflichen Verwertung recht akribisch wahrscheinlich mit Spachteln von den umgebenden Betonplatten getrennt. Einerseits ist die Deponierung von Steinwolle teuer, sodass schwerer anheftender Beton die Entsorgungspreise in die Höhe treibt, andererseits können kleine Mengen Steinwolle große Mengen Altbetonbruch verunreinigen. Größere Steine >5 cm und größere Holzreste, die Probleme bei der Aufbereitung bereiten könnten, waren nicht enthalten. Ebenso waren keine für die Aufbereitung kritischen massiven Bestandteile wie Blechplatten und Metalle, die auch schon in geringen Stärken die Anlage mechanisch stark belasten, sowie keine massiven Putze aus WDVS enthalten. Kleberanhaftungen würden bei der Aufbereitung zur stofflichen Verwertung i. d. R.. keine Probleme machen. Auch Kaschierungen könnten verarbeitet werden. Bei der eigentlichen stofflichen Verwertung im Kupolofen würden Fremdstoffe wie Mineralik, Farbe und auch alte Kleber mit Dichtmassen und Asbest sowie organischen Verbindungen aber evtl. zu Rezepturproblemen führen.

Einer zu großen Feuchtigkeit des Materials, die für die stoffliche Verwertung kontraproduktiv ist und wie sie hier gegeben war, könnte durch den Einsatz von Deckelcontainern begegnet werden. Gertner & Fettback ist als Entsorgungsfachbetrieb da vorbildlich unterwegs. Mehr Probleme gibt es wahrscheinlich bei kleineren Betrieben, die entsprechend geschult werden müssten.

Bei einem wie auf dieser Baustelle praktizierten Vorgehen ist die stoffliche Verwertung ohne Zusatzaufwand beim Rückbau möglich. Die stoffliche Verwertung über Aufbereiter und Hersteller inkl. Analyse ist derzeit teurer als die Deponierung. Hinzu kommen höhere Transportkosten für die stoffliche Verwertung, weil es weniger Aufbereiter- und Hersteller als Deponiestandorte gibt. Durch die stoffliche Verwertung können beim Hersteller Kosten für die sonst genutzten mineralischen Rohstoffe eingespart werden, die aber die Kosten für die stoffliche Verwertung momentan nicht decken.

#### 4.5.3 Konzeption EPS (flammschutzmittelfrei)

Bei der Baustelle ist auch Nicht-HBCD-haltiges EPS angefallen. Dessen Qualität kann nicht mehr gesteuert werden, weil der Rückbau schon erfolgt ist. Aber es besteht die Möglichkeit, das EPS einem Recycler oder Hersteller zu geben, um daraus Sekundärrohstoffe herzustellen, falls die Qualität ausreicht. Die Kosten für das Projekt ergeben sich aus der Differenz der Entsorgung wie im Staus-Quo und den Annahmepreisen beim Hersteller. Für Versuche beim Hersteller dazu fallen ggf. weitere Kosten an. Die Menge belaufen sich auf acht bis zehn Säcke mit einem Volumen von je 1,5 m<sup>3</sup> und einen 36 m<sup>3</sup> fassenden Container.

Gespräche mit Dämmstoffherstellern haben gezeigt, dass eine Rückführung in die Produktion nicht möglich ist, weil im EPS dann gar kein Flammschutzmittel enthalten ist. In der Produktion ist aber Flammschutz nötig, der sonst sehr dünn dosiert werden müsste. Aber eine Rückführung ist über Umwege durch mechanisches Recycling unter Einbezug von Rohstoffherstellern oder evtl. Extrusion zu XPS-Platten bei XPS-Dämmstoffherstellern möglich. Das EPS muss aus Platzgründen wie die Steinwolle schnell in Containern von der Baustelle abtransportiert werden; das EPS wird aber bei Gertner & Fettback zwischengelagert, sodass danach dann ggf. darauf zugegriffen werden kann.

Schlussendlich hat sich dann die Firma Bachl mit ihrem Werk in Ronneburg bei Gera bereit erklärt, das unkomprimierte flammschutzmittelfreie EPS zu prüfen. Dort wird das Material auf seine Eignung zur Weiterverarbeitung zu Dämmschüttung geprüft und ggf. entsprechend verarbeitet. Ein anderer Weg ist die Brikettierung bei Bachl als Vorstufe zur Regranulierung zu R-GPPS. Die Regranulierung kann bei einem Rohstoffhersteller wie der bspw. der BASF oder evtl. XPS-Dämmstoffherstellern erfolgen, um damit unter Zumischung von Flammschutzmitteln einen Rohstoff für die XPS-Produktion bzw. unter zusätzlicher Addition von Pentan als Treibmittel durch einen Rohstoffhersteller auch für die EPS-Produktion bereitzustellen. Außerdem wäre aufgrund fehlenden Flammschutzmittels eine Abgabe an Kunststoffrecycler möglich, die daraus Sekundärrohstoffe für PS-Spritzgussprodukte extrudieren können. Eine direkte Rückführung in die EPS-Produktion oder XPS-Produktion über Granulieren und Vorbrechen wäre der beste Weg, welcher aber aus baurechtlichen Gründen aufgrund des fehlenden Flammschutzmittels nicht möglich ist.

Bachl wird die Qualität des angelieferten EPS auch auf seine Eignung für diesen Verwertungsweg prüfen. Im Rahmen der Sortierung auf einem Sortierband lässt sich die Qualität gut abschätzen. Falls die angelieferte Menge dafür ausreicht, findet auch eine Verarbeitung in Richtung Regranulierung bei einem Rohstoffhersteller statt. Qualität und Kosten der verschiedenen Aufbereitungswege werden dokumentiert.

#### **4.5.4 Umsetzung EPS (HBCD-frei)**

Das EPS, das an den Betonplatten angebracht war (Abbildung 7), kann recht gut sauber und sortenrein bereitgestellt werden, aber ein Teil des EPS war auch unter Estrich verbaut, sodass beim Aufstemmen des Estrichs ein Teil des Zements mit am EPS verbleibt und nicht mehr von diesem separierbar ist.



Abbildung 7: Abgetrenntes flammeschutzmittelfreies EPS aus Betonsandwichelementen und unter Estrich

Der Transport zum Werk in Ronneburg war weit und die damit verbundenen Transportkosten überstiegen die damit eingesparten Entsorgungskosten. Problematisch in diesem Zusammenhang ist, dass bspw. die Karl Bachl Recycling GmbH & Co. KG aufgelöst wurde, weil es keinen Markt für Rezyklate gibt. Ähnlich ergeht es vielen anderen Kunststoffrecyclern, solange der Einsatz von Rezyklaten nicht gefördert wird, insbesondere auch durch die öffentliche Hand (Dämmstoffakteure o.J.). Umso weniger Recyclingwerke es gibt, desto weiter sind die Transportstrecken von den Anfallorten zur Aufbereitung und umso weniger lohnt sich das Recycling. Die Rahmenbedingungen für den Transport lassen sich über eine vorangehende Kompaktierung verbessern, aber dann kann nur noch eine Produktion von Regranulaten zur Abgabe an Rohstoffhersteller erfolgen, aber keine Dämmschüttung mehr, weil die Porenstruktur durch die Kompaktierung zerstört wird.

Für die routinemäßige Annahme von rückgebauten Dämmstoffen am Werk muss formal eine abfallrechtliche Genehmigung zur Annahme von EPS-Abfällen vorliegen.

Die Menge von ca. 50 m<sup>3</sup> geht in Ronneburg nahezu unter. Die Firma Bachl hat eine Dokumentation zur Verarbeitung des angelieferten Materials erstellt (interner Anhang). Hierin zeigt sich, dass wie erwartet die Qualität des angelieferten Materials für die Produktion von Briketts zur Regranulierung nicht ausreichte: Die Säcke waren aufgrund von Stillstandzeiten auf der Baustelle lange Wind und Wetter ausgesetzt, beschädigt, durchnässt und durch nachträgliches Nachklauben mit Sand vermischt. Für die Produktion von Dämmschüttung sind die Qualitätsanforderungen dagegen geringer, was der bislang nicht ausreichenden Sammelgüte (Dämmstoffakteure o.J.) und insbesondere dem hier betrachteten Material entgegenkommt. Vom angelieferten Material konnten ca. 2/3 in diese Richtung verarbeitet werden, der Rest musste entsorgt werden. Mit Putzbehaftung wäre nur eine Verbrennung möglich (Dämmstoffakteure o.J.).

Die Arbeitsschritte umfassen das Öffnen der Säcke, Ausleeren auf ein Sortierband, Aussortierung und Aufmahlung, Zwischenlagerung in Silos, Abfüllen in Säcke, Vernähen und Palettieren. Es zeigte sich, dass die Anlieferung mittels Kippfahrzeug dazu führt, dass die Säcke zusätzlich beschädigt werden.

Die Arbeitsschritte für die Brikettherstellung hätten ebenso zunächst das Öffnen der Säcke, Ausleeren auf ein Sortierband, Aussortierung und Aufmahlung sowie Zwischenlagerung in Silos umfasst. Diese Schüttung wäre dann über eine Staupresse brikettiert worden, die palettiert und verpackt einem Recyclingbetrieb zur Produktion von Regranulat übergeben worden wäre.

Die Kosten für die stoffliche Verwertung müssen sich an den Produkterlösen orientieren. Aktuell wird ein 200 Liter Sack mit 13,20 € je Sack (Gewicht ca. 2,8 kg/Sack) angeboten, entsprechend gut 4,70 €/kg. Die Briketts erzielen um die 0,5 €/kg.

Falls die Produkterlöse die Kosten für die stoffliche Verwertung nicht decken, müssen die Recycler Annahmepreise verlangen, die wiederum dazu führen können, dass für die Baustellenakteure kein ökonomischer Anreiz für die Anlieferung zur stofflichen Verwertung gegeben ist. Für die Baustellenakteure fallen dadurch zwar die Kosten für die bisherige Standardentsorgung weg, aber es entstehen auch zusätzliche Transportkosten für die längeren Transportwege zu den Recyclern.

#### 4.5.5 Runder Tisch zur Umsetzung EPS (HBCD-frei)

Im Nachgang wurde ein gemeinsames Gespräch mit der Firma Bachl und Gertner & Fettback geführt, um zu eruieren, was die Hauptverschmutzungsprobleme sind. Darauf aufbauend kann dann ggf. die Frage beantwortet werden, wie viel größer der Aufwand im Rückbau sein muss, damit die Spezifikationen der Dämmstoffindustrie an rückgebaute Dämmstoffe als Sekundärrohstoffquelle getroffen werden können und was sich einfach anpassen lässt und was nur unter großem Aufwand.

Dabei stellte sich heraus, dass normalerweise im Rückbau relativ sauber gearbeitet werden kann, weil die Schadstoffsanierung und die Entkernung vor dem Rückbau erfolgt und daher das Gebäude i. d. R. noch begehbar ist. Dreh- und Angelpunkt ist, dass die Säcke bei der Lagerung nicht beschädigt sind.

Bitumen im Flachdach ist problematisch, der Verunreinigungsgrad dadurch beträgt zumeist mehr als 1 % und damit mehr, als für die Produktion von Dämmschüttungen noch tolerabel wäre. Ein Abbürsten der obersten Schicht hat nicht zum gewünschten Ergebnis geführt. Bislang gibt es keine richtige Lösung. Bitumen müsste im eingebauten Zustand abgeschnitten werden. Ein Abschneiden mit dem Messer müsste beim Recycler erfolgen. Die Dachhaut wird oft gut entfernt, weil die Entsorgung des EPS durch die schwere Dachhaut teurer wird.

Eine Aufdopplung ist zwar sehr sinnvoll, kann aber beim späteren Rückbau dazu führen, dass aufgrund der Materialvermischung keine stoffliche Verwertung mehr möglich ist. Ein ähnliches Problem ergibt sich bei Sandwichkonstruktionen.

Eine Auftrennung nach verschiedenen Qualitäten insbesondere auf kleineren Baustellen kann daran scheitern, dass dann halbleere Container gefahren werden müssen. In diesem Falle ist es sinnvoller, auch verschiedene Qualitäten zusammenzusammeln und einer Sortieranlage anzudienen.

Die Hersteller erforschen, wie noch verbleibende Verschmutzungen in rückgebauten Dämmstoffen und WDVS in der Aufbereitung abgetrennt werden können und wie viel Verschmutzungsanteile für die Maschinen in der Dämmstoffproduktion tolerabel sind. Hauptproblem ist die Zusetzung der Anlage durch die Stäube. Vorteilhaft wäre, wenn die Herkunft der rückgebauten Dämmstoffe jeweils bekannt ist, damit die Art der zu erwartenden Verunreinigungen für die Aufbereitung abgeschätzt werden kann. Die Qualitätssicherung verbleibt beim Hersteller, die Baustelle kann nur möglichst schonend zurückbauen, aber Verschmutzung nicht komplett vermeiden.

Problematisch für die stoffliche Verwertung ist auch die gegenwärtige Praxis zur Bestimmung des HBCD-Gehaltes von Dämmstoffen: Beim Rückbau werden Mischproben auf einen Grenzwert von 1.000 ppm getestet, unterhalb dessen die Dämmstoffabfälle nach dem Abfallrecht nicht überwachungsbedürftig sind. Die Hersteller dürfen entsprechend der REACH-Verordnung weder vermischen noch Dämmstoffe mit einem HBCD-Gehalt von >100 ppm annehmen. Der Grenzwert von 100 ppm lässt sich aber mit der derzeitigen Analytik nicht einfach feststellen.

## 4.6 Groß-Berliner Damm | Steinwolle ungefährlich

Dieses Praxisbeispiel betraf den Rückbau einer Halle, bei dem ein zerstörungsfreies Vorgehen angestrebt wurde, um die Halle anschließend in identischer Form in Rumänien wiederaufzubauen. Im Rahmen des Rückbaus war vorgesehen, einen Großteil der in den Wänden und dem Dach verbauten Steinwolle erneut zu verwenden. Etwa 10 % der Steinwolle, entsprechend einem Volumen von ca. 210 m<sup>3</sup>, hätten jedoch entsorgt werden müssen. Der gesamte Prozess sollte videodokumentiert werden.

Die Steinwolle wurde händisch demontiert und lag in losem Zustand vor, wodurch die von Aufbereitern und Dämmstoffherstellern geforderten Qualitätsstandards ohne weitere Schwierigkeiten erreicht werden konnten. Da die Steinwolle als ungefährlich eingestuft ist, wäre eine unmittelbare Aufbereitung möglich gewesen, um sie im Anschluss einer stofflichen Verwertung durch einen Dämmstoffhersteller zuzuführen. Sowohl Aufbereiter als auch Hersteller erklärten sich bereit, die alte Steinwolle ab Werkstor des Aufbereiters kostenfrei anzunehmen. Dies galt trotz der anfallenden Kosten für die stoffliche Verwertung einschließlich notwendiger Analysen, die durch die Einsparung von Rohstoffen allein nicht kompensiert werden konnten.

Zusätzlich zu den Verwertungskosten entstanden weitere Ausgaben durch den längeren Transportweg zum Verwerter im Vergleich zu einer kürzeren Entsorgung auf einer Deponie. Die Einsparungen durch vermiedene Deponiekosten waren mit ca. 230 €/t vergleichsweise gering.

Das Projekt konnte letztlich nicht umgesetzt werden, da die Steinwolle während einer Abwesenheitszeit des Bauleiters durch starken Regen vollständig durchnässt wurde. In diesem Zustand war sie nicht mehr für eine Verwertung geeignet.

## 4.7 WDVS (Keine eigene Baustelle)

Im Projektzeitraum konnte keine Baustelle begleitet werden, bei der ein Rückbau von WDVS in Berlin oder Brandenburg erfolgte. Nichtsdestotrotz kann auf diesbezügliche Erfahrungen der Akteure aus dem Projekt zurückgegriffen werden. Die hier aufgeführten Informationen stammen sowohl aus dem gemeinsamen Gespräch mit der Firma Bachl und Gertner & Fettback (s. auch Kapitel 4.5.5) als auch aus Erfahrungen von FZ Recycling aus mehreren Projekten, u.a. mit der Firma Brillux.

Beim WDVS obliegt den Systemherstellern und nicht direkt den Dämmstoffherstellern der Kontakt zu den Handwerkern. Um beim WDVS-Neuerbau saubere Baustellenverschnittreste für die stoffliche Verwertung bereitzustellen, empfiehlt es sich, erst nach dem Zuschneiden zu verputzen.

Beim Rückbau ist es wichtig die verschiedenen Systemkomponenten während des Rückbaus oder danach voneinander zu trennen. Grundsätzlich ergeben Zusatzschritte arbeitstechnisch nur dann Sinn, wenn das Material dafür nicht nochmals extra angefasst werden muss. Abgetrennt werden müssen Putz und Gewebe von der Oberseite und die Verklebung zur Wand auf der Unterseite.

Ein gutes Vorgehen auf der Baustelle ist es, mit einem Löffel- oder Sortiergreifer oder händisch Putz und Gewebe vom EPS abzuschaben und dann bspw. mit der Hand abzustößen. Das Abziehen von Putz und Gewebe ist nach den Praxiserfahrungen gut machbar. Weitere Verfahren wie Fräsen oder thermische Entschichtung (Albrecht und Schwitalla 2015) werden eher nicht angewendet (Heller, Niklas 2022). Theoretisch möglich ist auch, das WDVS gesamt von der Wand abzustößen und dann am Boden Putz/Gewebe und EPS zu trennen. Dies wird in der aktuellen Praxis aber nicht so gemacht. Eine Trennung ist nicht sinnvoll, wenn die Dämmstärke – wie in früheren Anwendungen üblich – sehr gering ausfällt. Nach Bauteilversuchen durch (Graubner und Clanget-Hulin 2013) beträgt die Zeit für das Abtrennen des Putzes 1 min/m<sup>2</sup> und für das Reinigen des Dämmstoffs je nach Dämmstoffart 0,9 bis 1,6 min/m<sup>2</sup>. Das Entfernen des Dämmstoffs schlägt nach der gleichen Quelle mit 1,9 bis 5,4 min/m<sup>2</sup> zu Buche.

Der Kleber sollte theoretisch eher mit Rest-EPS an der Wand als am abgestoßenen EPS verbleiben. In der Praxis ist es aber so, dass auch aufgrund mangelhafter Aktivierung der Wand beim damaligen Einbau der Kleber doch auf dem Dämmstoff verbleibt und dann nur schwer abtrennbar ist. Ein Abschneiden von Kleberresten auf der Baustelle mit dem Messer wäre aufgrund des Zeitdrucks nicht darstellbar. Daher wäre es theoretisch sinnvoll, die rückgebauten Dämmstoffe entsprechend der Menge anhaftenden Klebstoffs zu sortieren, was aber dann ggf. dazu, dass halbleere Container gefahren werden müssen (vgl. Kapitel 4.5.5). Die Reinigung des Dämmstoff bedingt nach (Graubner und Clanget-Hulin 2013) weitere 0,9 bis 1,7 min/m<sup>2</sup>.

Insgesamt ist das Abtrennen von Putz und Gewebe auch aus Aufwandssicht kein großes Problem, das Abtrennen von Kleber dagegen schon. Eine stoffliche Verwertung von WDVS ist entsprechend teilweise bereits jetzt ohne großen Zusatzaufwand möglich. Durch die sortenreine Trennung könnte sich die Arbeitszeit aber auch verdoppeln, wenn die Zahlen der zusätzlichen Schritte Putzabtrennung und Dämmstoffreinigung der Bauteilversuche von (Graubner und Clanget-Hulin 2013) herangezogen werden, wobei das EPS aber trotzdem noch stark mineralisch verunreinigt war. In nicht allzu ferner Zukunft könnten maschinelle Aufbereitungsverfahren die Aufbereitung von Putz- und gewebebefreitem WDVS oder sogar WDVS im Ganzen ermöglichen (s. auch Kapitel 4.5.5 und Kapitel 5.14). Entsprechende Forschungsvorhaben laufen oder sind angedacht.

Maschinen zur Trennung von WDVS sind technisch machbar, müssen aber umgesetzt werden. Mit diesen Maschinen werden sich Zeit und Aufwand für den WDVS-Rückbau zur stofflichen Verwertung der enthaltenen Dämmstoffe zukünftig anders darstellen (EPS) (Dämmstofffaktore o.J.).

Es stellt sich die Fragen, was mit dem Restabfall gemacht wird (Logistik und Aufbereitung o.J.). Die Putzbahnen können ggf. im Zementwerk mineralische Rohstoffe substituieren (Dämmstofffaktore o.J.).

## 4.8 Großbaustelle Brandenburg

Hierbei handelt es sich um eine Baustelle, in welcher 40 Gebäude in Brandenburg rückgebaut werden. Hierüber ist auch als WDVS verbauter Dämmstoff für das Projekt zugänglich. Ebenso wird Steinwolle (und EPS) in verschiedenen Einbauweisen vorliegen. Für das Projekt von Interesse ist verklebt verbaute Steinwolle sowie ungefährliche Steinwolle in jeder Einbauform. HBCD-freies EPS in jeglicher Einbauform konnte schon auf der Baustelle Wriezener Karree abgegriffen werden. EPS aus DDR-Zeiten ist häufig nicht so sehr HBCD-belastet, dafür fehlt aber der Flammenschutz gänzlich. Interessant wäre noch HBCD-freies EPS, das mit einem alternativen Flammenschutzmittel versehen ist, weil dieses direkt in die Dämmstoffproduktion rückgeführt werden kann. Dieses wurde aber erst seit 2016 verbaut, weshalb nicht davon auszugehen ist, dass davon etwas auf der Baustelle anfallen wird.

Die für das Projekt interessanten Dämmstoffe können auch im Rahmen von Probebegehungen und -öffnungen ermittelt werden. Eine Begehung kann erfolgen. Sofern keine Analysen zum HBCD-Gehalt und der Gefährlichkeit der Dämmstoffe vorliegen, müssen diese im Rahmen des Projekts erfolgen. Dies müsste dann über das Projekt bezahlt werden, wovon aber erstmal nicht ausgegangen wird, weil die rückbauende Firma dazu voraussichtlich selbst diesbezügliche Untersuchungen anstellt.

#### **4.8.1 Konzeption EPS**

Im Projekt behandelt wird hier EPS aus WDVS sowie ggf. HBCD-freies EPS mit alternativem Flammenschutzmittel, das auch nicht im WDVS verbaut ist.

##### HBCD-haltiges EPS (WDVS)

HBCD-haltiges EPS im WDVS wird von Mitarbeiter:innen der Firma Gertner&Fettback rückgebaut und auf die mobile Anlage von FZ-Recycling gegeben, die auf die Baustelle gestellt wird. Dazu muss das Material sauber und sortenrein vorliegen. FZ-Recycling weist die Mitarbeiter:innen dazu ein. Besonders bei WDVS wird Handarbeit nötig sein. Die Mitarbeiter:innen dokumentieren den Zusatzaufwand und die Veränderungen zum konventionellen Rückbau, die sich dadurch ergeben.

Die Kosten für die stoffliche Verwertung werden wahrscheinlich geringer sein als für die thermische Entsorgung (die verbleibenden Anteile des WDVS-Systems müssen wie gehabt entsorgt werden bzw. können evtl. auch über ein Zementwerk verwertet werden). Alle Beteiligten dokumentieren gemeinsam den Unterschied in Aufwand/Kosten für Transport und Entsorgung vs. Verwertung.

##### HBCD-freies EPS mit alternativem Flammenschutzmittel (WDVS oder Nicht-WDVS)

Der Rückbau und die Aufbereitung erfolgt so, dass die gleiche Qualität wie oben für HBCD-haltiges EPS resultiert (die verbleibenden Anteile des WDVS-Systems müssen wie gehabt entsorgt werden bzw. können evtl. auch über ein Zementwerk verwertet werden). Dann transportiert Gertner&Fettback oder ein Transporteur/Entsorger das EPS unkompaktiert zu einem Dämmstoffhersteller, bspw. WKI. Alternativ kann das EPS zentral bei einem Entsorger oder auf der Baustelle durch FZ-Recycling komapktiert und zu einem Rohstoffhersteller oder XPS-Plattenhersteller gebracht werden. Evtl. schauen Mitarbeiter von FZ-Recycling oder vom Dämmstoffhersteller bzw. Rohstoffhersteller, ob die Qualität des rückgebauten Dämmstoffs ausreichend für die stoffliche Verwertung ist. Alle Beteiligten dokumentieren gemeinsam den Unterschied in Aufwand/Kosten für Transport und Entsorgung vs. Verwertung.

Ein Anfall von HBCD-freiem EPS mit alternativem Flammschutzmittel ist aber sehr unwahrscheinlich, weil dieses erst seit 2016 verbaut wird.

(Neues) WDVS würde die Firma Sto auf Wiederverwendbarkeit prüfen.

#### 4.8.2 Konzeption Steinwolle

##### Gefährliche Steinwolle (WDVS oder verklebt)

Die gefährliche Steinwolle im WDVS oder verklebt wird von Mitarbeiter:innen der Firma Gertner&Fettback rückgebaut. Dann kommen Mitarbeiter:innen des Aufbereiters MUEG auf die Baustelle und schauen sich an, ob die Dämmstoffe in der rückgebauten Form qualitativ für eine stoffliche Verwertung geeignet wären. Besonders bei WDVS wird Handarbeit nötig sein. Auf Basis der Rückmeldung kann der Rückbau live dahingehend angepasst und optimiert werden, bis die Qualität ausreicht. Die Mitarbeiter:innen von Gertner&Fettback dokumentieren den Zusatzaufwand und die Veränderungen zum konventionellen Rückbau, die sich dadurch ergeben.

Für die eigentliche Entsorgung ergeben sich keine Veränderungen, das Material wird wie gehabt von Gertner&Fettback oder einem beauftragten Transporteur/Entsorger zur Entsorgung gefahren, weil eine stoffliche Verwertung gefährlicher Steinwolle, die jetzt technisch schon möglich ist, aufgrund fehlender Schutzinfrastruktur erst ab ca. einem Jahr möglich sein wird. Gertner&Fettback dokumentieren den mit dem Transport und der Entsorgung verbundenen Aufwand und alle Beteiligten inklusive der Firma Rockwool schätzen gemeinsam ab, was die stoffliche Verwertung daran verändern würde.

##### Ungefährliche Steinwolle

Sollten ungefährliche Steinwollen in irgendeiner Einbauform vorliegen (sehr unwahrscheinlich), können diese von der MUEG stofflich verwertet werden, sofern sie ausreichend sauber rückgebaut werden. Das Material muss dann über eine größere Distanz zur MUEG gefahren, dort behandelt, weiter zu Rockwool gefahren und dort intern analysiert und stofflich verwertet werden.

## 4.9 PU (externes Projekt durch den IVPU)

Der IVPU hat ein Projekt zum Rückbau von neuem PU, das zu Formpressteilen verwertet wird, durchgeführt. Dazu fand eine Sammlung an den Baustellen in Kleinlastwagen zu einem Werk am Rande Berlins statt. Dort wurde das Material gebündelt und dann brikettiert, um es mit besserer LKW-Auslastung zum Formteilwerk zu bringen.

Das neue PU (nach 2000, ohne FCKW) wurde selektiv mit dem Ziel der stofflichen Verwertung rückgebaut (Abbildung 8). Dazu fand eine Sammlung an den Baustellen in Kleinlastwagen statt. Die Säcke mit den PU-Resten wurden zu einem Werk am Rande Berlins gebracht. Dort wurden das Material gebündelt, die Reste geschreddert, brikettiert und dann zur PU-Funktionsplattenherstellung nach Süddeutschland gebracht. Die LKW-Auslastung konnte durch diese Vorgehensweise vergrößert werden. Auf den Plattenresten befinden sich Anhaftungen von PU-Kleber (grün). Diese stellen aber kein Problem für das Recycling dar (Dämmstoffakteure o.J.). Bilder dazu sind im internen Anhang 9.2.3 verfügbar.

Nach Einschätzung des IVPU dürfte der zeitliche Aufwand eines Rückbaus mit dem Ziel der stofflichen Verwertung durchaus vergleichbar mit einem zur anschließenden Beseitigung sein, wenn berücksichtigt wird, dass zukünftig auch dafür sauberer und in mehr Fraktionen getrennt werden muss als dies in der Vergangenheit üblich war. Voraussetzung für die stoffliche Verwertung ist aber, dass ein Rückbau ohne wesentliche Verunreinigungen (Bitumen, mineralische Anhaftungen, metallfrei,...) möglich ist und auch geeignete Sammelbehälter an der Baustelle zur Verfügung stehen (Dämmstoffakteure o.J.).

Die hauptsächlichen Kosten entstehen für den Kleinmengentransport von der Baustelle zur Müllverbrennungsanlage oder zum Sammelgelände am Rande Berlins. Die durchschnittlichen Transportwege des Abfalls zur Müllverbrennungsanlage oder der PU-Materialreste zum Sammelpunkt sind in etwa gleich lang. Der Transport von Säcken in Kleinlastwagen ist jedoch deutlich kostengünstiger als der Transport mit Containerfahrzeugen, somit ist die Rücknahmelösung tendenziell wirtschaftlicher. Die Annahmepreise in der Müllverbrennungsanlage liegen etwas über den Annahmepreisen für die Funktionsplattenherstellung trotz Inklusion der Kosten für den weiten Antransport vom Sammelort zur stofflichen Verwertung in Süddeutschland: Es gibt in Deutschland sehr viel weniger Werke, die aus Reststoffen PU-Funktionswerkstoffe herstellen, als Müllverbrennungsanlagen. Der Transport der Materialreste vom Sammelplatz zum Werk in Süddeutschland lohnt sich nur für verdichtete Reststoffe (in Form von Briketts) (Dämmstoffakteure o.J.).

Die Entsorgung mit Ziel Beseitigung über Ecoservice24 in Berlin kostet je nach Menge und Sortenreinheit von 70,50 bis 165 €/m<sup>3</sup> (mit sinkender Menge und zunehmender Sortenreinheit ansteigend). Über das Rücknahme- und Verwertungssystem liegen die Kosten bei 59 €/t (Dämmstoffakteure o.J.).

Allerdings dürfen aufgrund der abfallrechtlichen Bestimmungen nur PU-Materialreste durch Funktionsplattenhersteller transportiert, zwischengelagert und wiederverwertet werden, keine Abfälle aus dem Rückbau (Dämmstoffakteure o.J.). Daher scheidet dieser Weg aus abfallrechtlichen Gründen großmaßstäblich noch aus, bis entweder die Formteil-Produktionswerke die Genehmigung zur Behandlung von Abfällen erhalten haben oder Veränderungen im Abfallrecht vorgenommen werden.



Abbildung 8: Rückbau von verklebten PU-Dämmplatten (Quelle: IVPU)

## 4.10 Zusammenfassung Praxisbeispiele

Eine Übernahme von flammschutzfreiem EPS aus DDR-Zeiten zum mechanischen Recycling war möglich. HBCD-haltige Dämmstoffe konnten in der PS-Loop-Anlage, die Sekundärrohstoffe für die Hersteller erzeugt, verarbeitet werden. Ungefährliche Steinwolle hätte über Aufbereiter in die Produktion rückgeführt werden können. Für gefährliche Steinwolle aus den Projektbaustellen konnte noch keine Übernahme, aber eine Begutachtung der Rückbauqualität erfolgen. Eine Übernahme wird in naher Zukunft möglich sein. Die Übernahme von rückgebautem neuem PU mit Einbaudatum nach 2000 zur Formteilverwertung war auf Projektebene möglich, ist aber aufgrund abfallrechtlicher Vorgaben großmaßstäblich noch nicht möglich, weil der annehmende Produktionsbetrieb dafür über eine abfallrechtliche Genehmigung verfügen müsste (s. Kapitel 5.9).

### 4.10.1 EPS

Die stoffliche Verwertung von HBCD-haltigem (Nachweisverfahren), kompaktiertem EPS aus bituminierten Flachdächern erfolgte im Rahmen von Untersuchungen auf drei Baustellen initiiert über die Bauherren. Auf den Baustellen kam jeweils eine mobile Kompaktierungsanlage zum Einsatz, wodurch im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren nur ein minimaler Mehraufwand anfiel. Die bitumenhaltige Dachhaut auf der Oberseite ließ sich – wie in konventionellen Verfahren üblich – entfernen. Bitumenanhaftungen auf der Unterseite blieben jedoch bestehen, da ihre Entfernung mittels Heißdrahtschneider einen erheblichen Zusatzaufwand bedeutet. Die so erzielte Materialqualität erwies sich als grenzwertig und nahm mit zunehmender Komplexität der Dachstruktur ab. Daher gelangte letztlich nur das EPS von einer Baustelle in die PS-Loop-Anlage.

Eine gezielte Separierung der Dämmstoffe nach dem Grad der Bitumenanhaftung könnte die Materialqualität steigern, führt jedoch zu einer deutlich aufwändigeren Logistik. Zudem schränkten Bedienfehler den Einsatz der mobilen Kompaktierungsanlage auf einer Baustelle ein, sodass dort nur ein Teil des Materials verarbeitet werden konnte. Für eine erfolgreiche

Verwertung ist ein diszipliniertes Vorgehen der rückbauenden Unternehmen und Schulung essenziell.

Finanziell lohnt sich das Vorgehen insbesondere bei beengten Baustellen, weil die mobile Kompaktierung die Schüttdichte deutlich erhöht, so dass weniger Platz zur Lagerung benötigt und die Anzahl der LKW-Fahrten, die außerdem besser ausgelastet sind, reduziert werden kann. Die thermische Entsorgung von HBCD-haltigen Dämmstoffen ist relativ teuer, so dass alternative Wege attraktiv sind; trotzdem gibt es Sonderangebote, die Konkurrenz machen. Im ungünstigen Fall umfasst der alternative Weg nur eine Verbringung des kompaktierten EPS in eine weiter entfernte thermische Anlage, die günstiger anbietet. Bei der Ausschreibung und Angebotsabgabe kommt es häufig zu Missverständnissen, weil der Kostenbezug für die thermische Entsorgung das Volumen ist und von den Akteuren versehentlich mit der Masse gleichgesetzt wird, was aufgrund der geringen Dichte von EPS-Dämmstoffen viel niedrigeren absoluten Kosten als den realen Kosten entspricht.

Für EPS von **nicht-bituminierten Flachdächern** und **lose verbautem** EPS entfällt die Verunreinigungsproblematik durch Bitumen.

Bei einer Baustelle fiel **flammschutzmittelfreies EPS aus Sandwichelementen (Fassade) und unter Estrich verbaut** an, für das initiiert durch die rückbauende Firma eine stoffliche Verwertung zu Dämmschüttung und über Rohstoffhersteller untersucht wurde. Die Rückbau- und Sammelqualität des für die thermische Entsorgung gedachten EPS konnte nicht mehr angepasst werden. Die Big Bags lagerten lange im Freien, waren beschädigt und durchnässt. Die Verbindung mit Estrich und Nachklauben auf der Baustelle bedingte sandartige mineralische Verunreinigungen. Die Qualität war entsprechend mangelhaft und nur teilweise noch zur Produktion von Dämmschüttung geeignet und gänzlich ungeeignet für die briketierte Abgabe an Rohstoffhersteller. Mit einem anderen Vorgehen auf der Baustelle wäre es aber ohne großen Zusatzaufwand bspw. durch Lagerung der Big Bags im Gebäude möglich gewesen, die Qualität deutlich zu verbessern.

Finanziell ist der Spielraum bei flammschutzmittelfreiem EPS gering, weil aufgrund der geringen Recyclerdichte weite Transporte anfallen und die produzierten Sekundärrohstoffe mit günstigen Primärrohstoffen konkurrieren. Bei Rückführung von HBCD-freiem EPS mit alternativem Flammschutzmittel in die Produktion könnte der Spielraum größer sein, weil dadurch die Kosten weiterer Prozessschritte wie des Vorschäumens eingespart werden.

Ein Rückbau von EPS aus WDVS konnte nicht aktiv begleitet, aber durch die Akteure beschrieben werden. Die Abtrennung von Putz und Gewebe auf der Oberseite ist an der Wand relativ unaufwändig vollständig möglich. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die stoffliche Verwertung. Die Abtrennung vom Kleber ist dagegen aufwändig, verschlechtert aber die stoffliche Verwertbarkeit, weshalb eine Separierung der Dämmstoffe nach Kleberanhaftung Qualitätsverbesserungen bringen könnten. Dies macht allerdings die Logistik komplexer. Bei geringen Dämmstärken lohnt sich das Vorgehen ggf. nicht. Das abgetrennte HBCD-haltige EPS kann anschließend unter den oben geschilderten günstigen finanziellen Rahmenbedingungen auf eine mobile Kompaktierungsanlage auf der Baustelle aufgegeben und dann über die PS-Loop-Anlage stofflich verwertet werden. HBCD-freies EPS kann bspw. bei Dämmstoffherstellern in die Produktion rückgeführt werden. Zukünftig werden maschinelle Aufbereitungsverfahren verfügbar sein, so dass die Kleberreste nicht mehr so problematisch sind. Bislang ist eine Rücknahme von Dämmstoffen aus dem Rückbau durch die Hersteller aber oft nicht möglich, weil dazu eine abfallrechtliche Genehmigung benötigt wird.

#### 4.10.2 Steinwolle

Die potenzielle stoffliche Verwertung von **Steinwolle in Betonsandwichelementen an der Fassade** aus zwei Baustellen wurde ebenfalls auf Initiative der rückbauenden Firma untersucht. Der Rückbau erfolgte standardmäßig, wobei der Beton nahezu vollständig von der Steinwolle getrennt wurde. Alle massiven Bestandteile, die ein Problem in der Aufbereitung darstellen würden, wurden dabei entfernt. Die Qualität war ausreichend, so dass von keinem Arbeitsmehraufwand auf der Baustelle durch das Ziel stoffliche Verwertung auszugehen ist. Die Big Bags mit den Dämmstoffen müssen aber besser vor Nässe geschützt werden, was bspw. durch Lagern im Gebäude oder in Deckelcontainern möglich ist.

Finanziell lohnt sich die stoffliche Verwertung bislang tendenziell nicht, weil die Deponierung noch günstiger ist als die Aufbereitung, Analyse und Rückführung der Dämmstoffe in die Produktion abzüglich der dadurch eingesparten relativ geringen Primärrohstoffkosten. Der längere Transport zu den wenigen Aufbereitungs- und Produktionsstellen verschlechtert die ökonomischen Randbedingungen noch weiter.

Ein Rückbau von Steinwolle in WDVS konnte nicht aktiv begleitet werden. Die Abtrennung von Putz und Gewebe auf der Oberseite ist an der Wand relativ unaufwändig vollständig möglich. Bei geringen Dämmstärken lohnt sich das Vorgehen ggf. nicht. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Aufbereitung zur stofflichen Verwertung. Die Kleberreste auf der Rückseite stören in der Aufbereitung dagegen nicht so sehr wie beim EPS, so dass der Arbeits- oder Aufbereitungsaufwand für eine Abreinigung bzw. eine Sortierung nach Menge an Kleberesten wahrscheinlich entfallen kann. Ob sich nachteilige Effekte durch die Kleberreste in der Rezeptur beim Steinwollehersteller ergeben, lässt sich aus dieser Studie heraus nicht abschätzen, ist aber aufgrund der Verbrennung im Kupolofen nicht wahrscheinlich. Die abgetrennte Steinwolle kann unter den oben geschilderte ungünstigen finanziellen Rahmenbedingungen zum Aufbereiter und von dort dann weiter zur Rückführung in die Produktion gebracht werden.

#### 4.10.3 PU

Ein Rückbauversuch von **PU-Dämmstoffen** (FCKW-frei, Baujahr nach 2000), die auf einem **Balkon verklebt** waren, wurde unter Betreuung des IVPU durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass der Arbeitsaufwand für den Rückbau mit dem Ziel der stofflichen Verwertung nicht zwangsläufig höher ist. Die Klebereste stellen kein Problem für die stoffliche Verwertung in Formpressteilen dar. Andere Verunreinigungen wie Bitumen, Mineralik oder Metalle aber schon, so dass dann entweder der Rückbauaufwand steigen oder die stoffliche Verwertbarkeit sinken würde.

Finanziell lohnt sich das Vorgehen, weil die thermische Entsorgung etwas teurer als die stoffliche Verwertung ist, obwohl der Transport zur Produktion der Formpressteile aufgrund der wenigen Hersteller wesentlich weiter als zur Verbrennungsanlage ist. Vorausgehendes Schreddern und Briketterien senkt die Transportkosten. Bislang ist dieses Vorgehen nicht möglich, weil dazu eine abfallrechtliche Genehmigung benötigt wird.

# 5 Zusammenfassung der Expertengespräche aus der Akteurskette

---

Um geeignete Baustellen im Berliner Raum für das Projekt zu identifizieren, erfolgte für die Konzeption zunächst eine Vielzahl von Gesprächen entlang der gesamten Akteurskette. Folgende Akteure beeinflussen den Rückbau maßgeblich:

- Bauherren
- Rückbauunternehmen
- Planungsbüros

Über jeden dieser Akteure lässt sich die stoffliche Verwertung von Dämmstoffen initiieren.

Weiterhin kommt Herstellern und Aufbereitern eine Schlüsselfunktion bei der stofflichen Verwertung von Dämmstoffen zu, weil sie von hinten in der Verwertungskette kommend die benötigten Qualitätsparameter vorgeben.

Im Folgenden werden die Kernaussagen der Akteure thematisch sortiert zusammengefasst. Ein herzlicher Dank gilt allen Akteuren, die über Videokonferenzen zum Inhalt beigetragen haben. Eine genaue Liste findet sich im internen Anhang 8.4:

- Baustellenakteure und zugehörige Verbände: Wohnungsbaugesellschaften, bauausführende Firmen, rückbauende Firmen, Handwerkerverbände, Abbruchverbände.
- Logistik und Aufbereitung: Containerdienste, Entsorger und Aufbereiter/Recycler, Behörden zur Überwachung der (nachweispflichtigen) Dämmstoffflüsse, Bauteilbörsen, Bauteilkataster
- Dämmstoffakteure: Dämmstoffhersteller, Systemhersteller, zugehörige Verbände

## 5.1 Ausschreibung und Vertragsgestaltung

Auch wenn das Abfallrecht ohnehin eine Trennung der beim Rückbau entstehenden Abfälle vorsieht, erfolgt diese bei den Dämmstoffen in den meisten Fällen nicht ausreichend gut, um eine stoffliche Verwertung zu ermöglichen. Hinzu kommt, dass es für die einzelnen Dämmstofftypen keine separaten Abfallschlüssel gibt. Es ist somit erforderlich, bereits bei der Ausschreibung einen hoch selektiven Rückbau der Dämmstoffe zu fordern.

Fast alle Akteure verfügen derzeit noch über keine Ausschreibungstexte bzw. Erfahrungen, um einen solch hoch selektiven Rückbau sicher zu stellen. Ein Bauherr aus dem Projekt fordert aber explizit ein Demontage- und Entsorgungskonzept von den Abbruchfirmen. Über diese Konzepte kann entsprechend gesteuert werden. Hier besteht auch die Möglichkeit zu kommunizieren, dass die entsprechenden Konzepte, die eine stoffliche Verwertung beinhalten, bevorzugt werden. Ein anderer Akteur schreibt den Rückbau pauschal aus, und

lässt der rückbauenden Firma somit freien Spielraum (im Rahmen des gesetzlich erlaubten). Eine detailliertere Ausschreibung oder die Aufforderung zur Vorstellung eines Rückbaukonzeptes findet nicht statt, da der damit verbundene bürokratische Aufwand als zu hoch eingeschätzt wird und zu hohe Kosten verursachen könnte. Diese Einschätzung wird im Rückbauleitfaden widerlegt, worauf an dieser Stelle verwiesen sei (Failing, Matthias et al. 2024):

[https://www.berlin.de/nachhaltige-beschaffung/assets/beschaffungshinweise/leitfaden\\_rueckbau.pdf?ts=1720698858](https://www.berlin.de/nachhaltige-beschaffung/assets/beschaffungshinweise/leitfaden_rueckbau.pdf?ts=1720698858).

Die in diesem Projekt begleiteten Projekte wurden durchgeführt, obwohl die entsprechenden Leistungen bereits ausgeschrieben waren, was nur dann möglich ist, wenn der Abbruchunternehmer einer alternativen Entsorgung zustimmt. Da in dem Angebot nur die Entsorgungskosten, nicht aber die Art der Entsorgung vertraglich geregelt wurden, waren keine weiteren bürokratischen Schritte erforderlich.

In der Praxis obliegt es derzeit den Rückbauunternehmen, die Entsorgungskosten zu tragen, obwohl gemäß DIN 18459 das Material nicht in deren Eigentum übergeht. Grundsätzlich liegt die Verantwortung für die Entsorgung beim Bauherrn, wobei Abweichungen von dieser Regelung vertraglich festgehalten werden sollten. Derzeit setzen sich Bauherren nur selten mit Recycling- und Wiederverwendungsstrategien auseinander. Dies wird sich jedoch im Kontext der Anforderungen der EU-Taxonomie ändern, da Bauherren zukünftig Nachweise über die Einhaltung entsprechender Quoten erbringen müssen (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

Die derzeitige Praxis ermöglicht es den Rückbauunternehmen, eigene Konzepte und Entsorgungswege zu entwickeln. In bisherigen Ausschreibungen ist die Entsorgung teilweise pauschal dem Auftragnehmer zugeordnet, teilweise wird sie über Wiegescheine durch die Bauherren vergütet. Alternativ könnte jedoch der Bauherr über das Leistungsverzeichnis einen festen Preis sowie einen spezifischen Verwertungsweg vorgeben (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

## 5.2 Wirtschaftliche Aspekte

Aus Angst vor Mehrkosten meiden Bauherren noch Ausschreibungen mit vermeintlich komplizierten Rückbauanforderungen, die die Reinheit der rückgebauten Dämmstoffe für eine stoffliche Verwertung garantieren können.

Experten gehen aber davon aus, dass, wenn ein Produkt und ein dafür entsprechender Markt vorhanden sind, der zusätzliche Aufwand für die Materialgewinnung durch den erzielten Erlös kompensiert wird. Dieser Erlös kommt entweder dem Bauherren direkt zugute oder wird indirekt durch günstigere Preise der Rückbaufirma weitergegeben (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

Wenn alte Dämmstoffe zu einem sauberen Produkt ohne Abfallklassifizierung werden, für das ein Markt existiert, eröffnen sich finanzielle Spielräume für den Rückbau. In diesem Fall wird der Bauherr ebenfalls an der Wertschöpfung interessiert sein, ähnlich wie es bei Schrottmaterialien der Fall ist. Der Bauherr muss daher auch das Potenzial für eine Nachnutzung berücksichtigen (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

Weiterhin ist eine Abhängigkeit von den Entsorgungskosten gegeben (Dämmstoffakteure o.J.). Die thermische Entsorgung von HBCD-freiem EPS ist günstiger als die von HBCD-

haltigem EPS. Auch die Entsorgung von Baumischabfall ist deutlich günstiger. Die thermischen Entsorgungskosten für HBCD-haltiges EPS liegen im Raum Berlin aktuell bei ca. 95 bis 100 €/m<sup>3</sup>, bundesweit bei 40 bis 109 €/m<sup>3</sup> (Logistik und Aufbereitung o.J.). Die entsprechend hohen Kosten im Raum Berlin stellen eine gute Rahmenbedingung für die stoffliche Verwertung von HBCD-haltigem EPS dar. Anders könnte es bei HBCD-freiem EPS aussehen. Für EPS-Monochargen fallen häufig höhere Kosten als für als Bau- und Abbruchabfälle deklarierte Abfälle an, weil erstere aufgrund des zu hohen Heizwerts vor der Verbrennung vermischt werden müssen, wofür Lagerplatz etc. benötigt wird (Heller, Niklas 2022).

Angesichts der aktuellen Marktlage schließen angeblich gerade viele Kunststoffrecycler, da aufgrund der Rezession im Baubereich die Rohstoffpreise gesunken sind und somit Neuware zu billig ist, um Rezyklate noch günstiger anbieten und gleichzeitig die Recyclingkosten bei gestiegenen Energiepreisen decken zu können (Dämmstoffakteure o.J.).

Die stoffliche Verwertung von **Steinwolle** kostet über den gesamten Weg deutlich mehr als durch die dadurch substituierten Rohstoffe eingespart werden kann (Dämmstoffakteure o.J.). Hinzu kommen noch erhöhte Transportkosten, weil Aufbereitungsanlagen und Hersteller im Gegensatz zu Deponien nur punktuell angesiedelt sind. Lohnend wird es aus ökonomischer Sicht dann, wenn die Deponierungskosten größer sind als die Differenz aus Verwertungskosten und eingesparten Rohstoffkosten zuzüglich der gegenüber der Deponierung erhöhten Transportkosten.

### 5.3 Umsetzung / Rückbau

Die Ausschreibung allein ist nicht ausreichend für einen erfolgreichen Rückbau, der die Qualitätsanforderungen der Recycler erfüllt. Akteure berichten von häufig auftretenden Kommunikationsproblemen und sprachlichen Barrieren. Es bedarf einer klaren Kommunikation und Überwachung vor Ort, um sicherzustellen, dass die Vorgaben tatsächlich umgesetzt werden. Angesichts der langjährig etablierten Praxis im Status quo ist es entscheidend, die beteiligten Akteure für die neuen Vorgehensweisen zu sensibilisieren und ihre Motivation für die Umsetzung zu wecken (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

### 5.4 Sammlung & Logistik

Die Rücknahme und Verwertung von Dämmstoffen nach einem Rückbau stellt eine komplexe Herausforderung dar. Die heterogene Zusammensetzung der Dämmstoffe, ihre dezentralen Anfallsstellen und fehlende einheitliche Standards erschweren die Sammlung und Logistik laut Akteure erheblich.

Um eine effiziente und nachhaltige Lösung zu finden, bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung. Zentrale Aspekte sind:

- **Standardisierung:** Eine einheitliche Kennzeichnung und Klassifizierung der Dämmstoffe ist essenziell, um die Sortierung zu vereinfachen und die Verwertung zu optimieren.

- Kooperation: Eine enge Zusammenarbeit zwischen Herstellern, Entsorgern, Bauunternehmen, Kommunen und Politik ist unerlässlich, um gemeinsame Lösungen zu finden.
- Digitale Lösungen: Der Einsatz digitaler Plattformen kann Prozesse transparenter machen und die Koordinierung der verschiedenen Akteure erleichtern.
- Finanzierung: Es müssen nachhaltige Finanzierungsmodelle entwickelt werden, um die Kosten für die Rücknahme und Verwertung zu decken.
- Infrastruktur: Die Schaffung einer geeigneten Infrastruktur, einschließlich Sammelstellen und Verwertungsanlagen, ist notwendig.
- Rechtliche Rahmenbedingungen: Die gesetzlichen Rahmenbedingungen müssen an die Anforderungen einer Kreislaufwirtschaft angepasst werden.

Konkret bedeutet dies, dass branchenweite Standards für die Kennzeichnung von Dämmstoffen entwickelt werden sollten. Digitale Plattformen können die Vernetzung der Akteure und die Transparenz der Prozesse verbessern; ggf. ist eine zentrale Bündelung für Sammeltransporte notwendig. Pilotprojekte können dazu beitragen, neue Ansätze zu testen und zu optimieren. Kommunen sollten in die Planung und Umsetzung von Sammelsystemen einbezogen werden.

Die rückgebauten Dämmstoffe von größeren Baustellen können ggf. die Hersteller bspw. bei Lieferung von Neuware sammeln. Für kleinere Baustellen könnten sich neben Herstellerrücknahmesystemen Rückgabemöglichkeiten über Dienstleister, Verkaufszenter, Sammelhöfe, kommunale Werstoffhöfe oder den Handel anbieten.

Die Transportkosten hängen stark davon ab, wie gut die LKWs ausgelastet werden können. Über Bündelung zu Sammeltransporten lässt sich das Ladevolumen gut ausnutzen. Da Dämmstoffe aber eine sehr geringe Dichte haben, ist die resultierende Zuladung gemessen an der möglichen Zuladung und damit die Auslastung trotzdem klein. Durch eine Kompaktierung der Dämmstoffe vor dem Sammeltransport lässt sich die Auslastung deutlich erhöhen.

Vereinfachend kann von Transportkosten von 2 €/km ausgegangen werden. Bei einer EPS-Dichte von 20 kg/m<sup>3</sup> resultiert bei einem Ladevolumen von 90 m<sup>3</sup> eine Zuladung von 1,8 t, wobei die maximal mögliche Zuladung 24,5 t beträgt. Durch eine Kompaktierung um den Faktor 20 können die 24,5 t rechnerisch mehr als voll ausgeschöpft werden, in Realität beträgt die Zuladung aber trotzdem nur 12 bis 16 t. Unter der Annahme, dass die Transportkosten volumenabhängig gleichbleiben, sinken die Kosten von 1,11 €/tkm (2/1,8) auf 0,14 €/tkm (2/14) ab. Das entspricht einer Kosteneinsparung von knapp 87 %. Dadurch wird weniger „Luft“ durch die Lande gefahren.

Durch Wassereinlagerung in Dämmstoffen kann die Ausgangsdichte der rückgebauten Dämmstoffe auch höher liegen. Eine Kompaktierung kann auch dazu beitragen, den Wassergehalt zu senken, so dass mehr des Zielmaterials und weniger Wasser transportiert wird.

## 5.5 Lagerung

Die Lagerung von Materialien unterliegt im Abfallrecht, insbesondere in Berlin, komplexen Regelungen, die eine Genehmigungserteilung erschweren. Anlagen zur Aufbereitung von Materialien erfordern eine Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), die für Dämmstoffe neu beantragt werden müsste. Angesichts der damit

verbundenen Auflagen und strengen Kontrollen ist der damit verbundene Aufwand laut Aufbereiter oft nicht wirtschaftlich vertretbar (Logistik und Aufbereitung o.J.).

## 5.6 Störstoffe

Der Hersteller definiert die erforderliche Qualitätsanforderung für eine erfolgreiche stoffliche Verwertung. Anschließend muss ermittelt werden, mit welchem Aufwand die rückzubauenden Dämmstoffe entsprechend dieser Qualitätsanforderungen verfügbar gemacht werden können (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.). Je nach Dämmstoff und Verwertungsweg unterscheiden sich die zulässigen Störstoffe, weshalb eine pauschale Aussage hier nicht möglich ist.

Sämtliche Hersteller und Recycler verwiesen auf die oftmals schlechte Trennung der Materialien auf der Baustelle. Die Sortenreinheit ist stark vom jeweiligen Rückbauunternehmen abhängig. Erfahrungen zeigen, dass selbst Verschnittreste, die auf Baustellen bei einem Neubau gesammelt werden, nicht sauber und sortenrein in den dafür angebotenen Gebinden bereitgestellt werden (Dämmstoffakteure o.J.). Auch Hersteller, die mit Verunreinigungen wie z.B. Putz in ihrem Verwertungsprozess klarkommen, berichten über Fremdstoffe wie z.B. Akkus oder Eisenteile, die eine Gefährdung der Aufbereitungsanlagen darstellen. Hier könnten deutlich höhere Preise für verunreinigte Chargen einen Anreiz geben, bereits auf der Baustelle zielführend zu trennen und zu sammeln.

Dem gegenüber steht die Erfahrung von Rückbauunternehmen, dass bereits geringste Anteile an Störstoffen dazu führen, dass das Material nicht mehr abgenommen wird. Die Annahmekriterien seien so streng, dass sie im Rückbau häufig nicht erfüllt werden können. Aufgrund der Verklebung scheidet die Materialaufbereitung bislang regelmäßig an der erforderlichen Reinheit. Insbesondere die Trennung von Polystyrol und Dachpappe auf dem Dach gestaltet sich schwierig, weshalb gewisse Anhaftungen akzeptiert werden müssten (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

Asbest darf für die stoffliche Verwertung nicht dabei sein (Logistik und Aufbereitung o.J.).

## 5.7 Markt

Derzeit existieren keine etablierten Verwertungsstrategien für die aufbereiteten Fraktionen, die bei der Trennung von Wärmedämmverbundsystemen entstehen, ähnlich wie es in der Vergangenheit bei PET der Fall war. Aufgrund der geringen Volumina ist die Investition in spezialisierte Anlagen zur Aufbereitung von ausschließlich Dämmstoffen wirtschaftlich noch nicht rentabel. Entsorgungsunternehmen berichten, dass derzeit kein explizites Interesse an EPS besteht. Würden jedoch geeignete Verwertungswege etabliert, könnte dieses Interesse geweckt werden.

Um die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen und Recyclingprodukten zu steigern, wäre es notwendig, dass öffentliche Auftraggeber verstärkt Bauvorhaben ausschreiben, bei denen der Einsatz solcher Materialien vorgeschrieben ist. Gleiches gilt für die Ausschreibung einer Stofflichen Verwertung rückgebauter Dämmstoffe. Werden Firmen bei Ausschreibungen bevorzugt, deren Demontage- und Entsorgungskonzept eine stoffliche Verwertung der

Dämmstoffe beinhaltet, erkundigen sich diese nach entsprechenden Möglichkeiten in der Region, was wiederum die Nachfrageseite stärkt.

Es muss schlussendlich einen Markt für alte Dämmstoffe zur Verwertung geben, so wie er durch die Praxisversuche im Projekt künstlich geschaffen wird. Damit einhergehende günstigere Entsorgungskosten und Nachhaltigkeitsverpflichtungen der Bauherren bedingen dann, dass der Rückbau auch so stattfindet, dass dieser Markt bedient werden kann.

## 5.8 Kennzeichnung

Aufgrund der unterschiedlichen Inhaltsstoffe der jeweiligen Dämmstoffe ist es wichtig, diese beim Rückbau zu kennen. Die Dämmstoffhersteller kennen die Rezepturen ihrer Dämmstoffe. Um diese Rezepturen abrufen zu können, um dann wiederum die Verwertungsmöglichkeiten zu evaluieren, werden die Informationen des Herstellungsjahres und des Herstellers benötigt. Dämmstoffhersteller sowie Recycler fordern daher, dass bei einem Neubau diese Informationen festgehalten werden, und zwar auf eine Art und Weise, dass sie auch beim zukünftig anfallenden Rückbau leicht und zuverlässig abgerufen werden können (Dämmstoffakteure o.J.).

## 5.9 Nachweis und Abfallrecht

Für die Entsorgung gefährlicher Abfälle, insbesondere alter Mineralwolle, ist ein bundesrechtlicher Entsorgungsnachweis erforderlich, der durch die zuständige Behörde am Entsorgungsort ausgestellt wird. Dies gilt mit Ausnahme von zertifizierten Entsorgungsfachbetrieben. In den Bundesländern Berlin und Brandenburg ergänzt die Sonderabfallgesellschaft Berlin/Brandenburg (SBB) diesen Nachweis durch einen landesrechtlichen Bescheid, der als landesrechtlicher Entsorgungsnachweis fungiert. Die Entsorgung gefährlicher Abfälle muss lückenlos dokumentiert werden, einschließlich des Nachweises über den Abfallerzeuger, den Entstehungsort und die Abfallmenge, sowie der Abfalldeklaration hinsichtlich der Zusammensetzung, basierend auf Formblättern und Analysen.

Der Abfallbesitzer ist verpflichtet, einen Entsorger zu beauftragen, der zusätzlich zum Entsorgungsnachweis eine Annahmeerklärung abgibt. Diese Erklärung muss dokumentieren, wohin der Abfall transportiert wird, in die Entsorgungsanlage er gelangt und wer der Betreiber der Anlage ist. Erst nach Erfüllung dieser Voraussetzungen darf der gefährliche Abfall durch einen LKW zur entsprechenden Entsorgungsanlage transportiert werden (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Die SBB überprüft im Rahmen des landesrechtlichen Andienungsverfahrens für gefährliche Abfälle die entsprechenden Nachweise und gibt gegebenenfalls Vorgaben zur Zuweisung dieser Abfälle an die nächstgelegenen, genehmigungsrechtlich geeigneten Anlagen zur Beseitigung. Im Gegensatz dazu dürfen Abfälle, die einer Verwertung zugeführt werden, ohne solche Einschränkungen weiter transportiert werden (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Expandiertes Polystyrol (EPS) mit Hexabromcyclododecan (HBCD)-Gehalten zwischen 500 und 30.000 mg/kg stellt einen überwachungsbedürftigen Abfall dar, der jedoch nicht der Andienungspflicht unterliegt. Für diesen Abfall ist daher kein landesrechtlicher Entsorgungsnachweis (Landes-Entsorgungsbescheid) erforderlich, jedoch besteht die

Notwendigkeit eines bundesrechtlichen Entsorgungsnachweises (Entsorgungsbescheid). Für zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe reicht unter Umständen eine Annahmeerklärung als Nachweis aus. Ungeachtet dessen sammelt die Sonderabfallgesellschaft Berlin/Brandenburg (SBB) bei diesen Abfällen stets Informationen über deren Herkunfts- und Bestimmungsort und validiert die Plausibilität der vorgesehenen Entsorgungswege. (Logistik und Aufbereitung o.J.). Für die Sammlung ist eine Genehmigung für das jeweilige Bundesland nötig. Der Abfallwirtschaftsbetrieb, der diese Genehmigung hat, kann einen Sammelentsorgungsnachweis ausstellen. Nur für Mengen von >20 t pro Baustelle ist in Berlin ein Einzelentsorgungsnachweis nötig (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Die SBB führt stets aktualisierte Datenbanken zu genehmigten Behandlungsanlagen und deren Technik, so dass sie auch Abfallerzeuger zur Verbringung beraten kann. Die SBB ist gegenüber neuen Wegen und Anlagen unvoreingenommen und genehmigt nach Begutachtung und Unterlagenbereitstellung (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Für sonstige Dämmstoffabfälle, die weder gefährlich noch überwachungsbedürftig sind, muss die annehmende Stelle zur Verwertung der Dämmstoffe über eine abfallrechtliche Genehmigung für die Abfallschlüsselnummer 170604 verfügen oder ein Entsorgungsfachbetrieb sein (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.). Dies gilt auch für Hersteller des jeweiligen Dämmstofftyps, außer der Hersteller verfügt selbst über einen entsprechenden Recyclingbetrieb, in welchem er eine Genehmigung zur Annahme des Dämmstoffabfalls hat. Die Sammlung muss nicht genehmigt werden und ein Übernahmeschein des annahmehelfähigen Containerdienstes/Entsorger reicht aus, um dem Abfallerzeuger die sachgerechte Entsorgung zu bestätigen.

Rückgebaute Dämmstoffe sind wie Verschnittreste automatisch Abfälle, weil der Besitzer sich ihnen entledigen will (Logistik und Aufbereitung o.J.). Zuständig für die Genehmigung ist die dem Anlagenstandort zugeordnete (untere, für gefährliche obere (Logistik und Aufbereitung o.J.)) Abfallbehörde. Auch die Abfallbehörde am Anfallort kann auf Wunsch hinzugezogen werden, um eine Einstufung und Prüfung des Entsorgungsweges zu erwirken (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.). Für den Transport von Abfall wird ein A-Schild und eine Meldung benötigt, über die der Entsorger normalerweise verfügt (Dämmstoffakteure o.J.). Eine diesbezügliche Ausnahmegenehmigung gibt es im Abfallrecht für Verschnittreste des herstellereigenen Materials auf der Baustelle, welches auch ohne abfallrechtliche Genehmigung nach Anzeige (Anzeigespflicht) durch ebendiesen Hersteller zurückgenommen und ohne A-Schild zurückgefahren werden darf. Diese Verschnittreste werden über Sacksysteme bei Anlieferung des neuen Dämmstoffs mit zurückgefahren (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Die Verbringung von HBCD-haltigem EPS in die Niederlande zur PS-Loop-Anlage stellt eine grenzüberschreitende Verbringung dar, so dass ein Notifizierungsverfahren statt dem Nachweiseverfahren nötig ist (Logistik und Aufbereitung o.J.). Sowohl die Anzahl der Transporte und die transportierten Mengen sowie der Bestimmungsort müssen bei der SBB beantragt und angemeldet werden. Die SBB schickt das an die zentrale Behörde der Niederlande, die wiederum die untergeordneten Umweltaufsichtsbehörden mit der Besichtigung und Zulassung der Anlage betraut. Die Genehmigung wird dann an die SBB geschickt. Es muss eine Anmeldung der Einzeltransporte drei Tage vor dem geplanten Termin erfolgen, die Papiere müssen mitgeführt und von der PS-Loop-Anlage unterzeichnet innerhalb von drei Tagen an die SBB geschickt werden. Innerhalb von 12 Monaten muss bei der SBB eine weitere Bescheinigung eingereicht werden, dass das Material in der Anlage auch verarbeitet wurde (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Die Verbringung über die Grenze muss von einem Standort aus erfolgen. Im Rahmen der

Notifizierung und der darin beantragten Gesamttonnage die grenzüberschreitend transportiert werden soll, legt die Genehmigungsbehörde eine zu hinterlegen der Bürgschaft fest.

## 5.10 Sonstige gesetzliche Rahmenbedingungen und öffentliche Hand

Die Aussagen der Akteure unterstreichen die Notwendigkeit einer stärkeren gesetzlichen Regulierung, um die Kreislaufwirtschaft im Bereich der Dämmstoffe voranzutreiben. Insbesondere die Forderung nach einer praktischen Umsetzung der Kreislauffähigkeit könnte einen Paradigmenwechsel in der Branche initiieren. Anstatt sich auf theoretische Überlegungen und Dokumentationen zu konzentrieren, wären Unternehmen gezwungen, in konkrete technische Lösungen zur Aufbereitung und Sammlung von Dämmstoffen zu investieren.

Die Einführung einer erweiterten Produzentenverantwortung würde die Hersteller in die Pflicht nehmen, effiziente Rücknahmesysteme einzurichten. Dadurch würde die Verfügbarkeit von und Nachfrage nach Recyclingmaterial deutlich gesteigert. Ergänzend dazu könnte ein Verbot der Beseitigung von Dämmstoffen und die Förderung des Baus mit Sekundärrohstoffen durch die öffentliche Hand den Markt für recycelte Dämmstoffe beleben und den Einstieg größerer Unternehmen in diesen Bereich erleichtern.

Die Festlegung von Rezyklatquoten stellt ein weiteres wirksames Instrument zur Förderung der Kreislaufwirtschaft dar. Allerdings sind bei Dämmstoffen aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit geeigneter Recyclingmaterialien noch Anpassungen erforderlich. Um die Kreislauffähigkeit von Produkten zu maximieren, ist eine ganzheitliche Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus hinweg erforderlich. Derzeit wird das Potenzial von Recyclingmaterialien oft aufgrund von Unsicherheiten hinsichtlich der Produktqualität nicht ausgeschöpft.

## 5.11 Wiederverwendung / Belassen im Gebäude

Die Wiederverwendung von Dämmstoffen birgt ein großes Potenzial für eine nachhaltige Bauwirtschaft. Sie ermöglicht eine Ressourcenschonung, reduziert den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und trägt zur Kreislaufwirtschaft bei. Allerdings sind laut der Akteurskette zahlreiche Herausforderungen zu bewältigen, bevor die Wiederverwendung von Dämmstoffen zum Standard werden kann.

Ein zentrales Problem ist die mangelnde bauaufsichtliche Zulassung für wiederverwendete Dämmstoffe. Da Dämmstoffe oft mit anderen Bauteilen verbunden oder verklebt sind, ist ihre Entfernung ohne Beschädigung oft schwierig. Zudem unterliegen Dämmstoffe während ihrer Nutzungsdauer verschiedenen Belastungen wie Feuchtigkeit, Druck und Temperaturwechsel, die ihre Eigenschaften verändern können. Dies führt zu Unsicherheiten hinsichtlich der Qualität und der Eignung für eine Wiederverwendung.

Auch am Markt bestehen zahlreiche Hürden. Bauherren und Architekten bevorzugen oft neue Materialien, da sie über eine klare Leistungsbeschreibung und eine entsprechende Garantie verfügen. Die fehlende Verfügbarkeit von wiederverwendeten Dämmstoffen in ausreichender Menge und Qualität sowie die hohen Kosten für die Aufbereitung und

Zertifizierung hemmen die Nachfrage. Hinzu kommen bürokratische Hürden und ein Mangel an Wissen über die Vorteile der Wiederverwendung.

Um die Wiederverwendung von Dämmstoffen voranzutreiben, sind verschiedene Maßnahmen erforderlich. Zum einen müssen die gesetzlichen Rahmenbedingungen angepasst werden. Eine erweiterte Produzentenverantwortung, die Förderung der Kreislaufwirtschaft durch gesetzliche Vorgaben und eine Vereinfachung der bauaufsichtlichen Zulassung für wiederverwendete Materialien sind wichtige Schritte.

Zum anderen bedarf es einer stärkeren Zusammenarbeit aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette. Hersteller, Bauherren, Architekten, Planer und Behörden müssen gemeinsam an Lösungen arbeiten. Die Entwicklung von Standards und Zertifizierungsverfahren für wiederverwendete Dämmstoffe ist dabei von zentraler Bedeutung. Zudem müssen effiziente Systeme zur Rücknahme, Aufbereitung und Verteilung von wiederverwendeten Dämmstoffen aufgebaut werden.

Darüber hinaus ist eine intensive Sensibilisierung aller Beteiligten für die Vorteile der Wiederverwendung erforderlich. Es gilt, Vorurteile abzubauen und das Bewusstsein für die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile der Kreislaufwirtschaft zu schärfen.

Fazit: Die Wiederverwendung von Dämmstoffen ist ein komplexes Thema, das zahlreiche Herausforderungen birgt. Durch eine Kombination aus gesetzlichen Rahmenbedingungen, marktlichen Anreizen und einer engen Zusammenarbeit aller Akteure könnten diese Herausforderungen überwunden werden. Die Wiederverwendung von Dämmstoffen kann einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Gestaltung des Bauwesens leisten.

## 5.12 Rücknahmesysteme von Baustellenverschnitt in Berlin

Die Implementierung von Rücknahmesystemen für Dämmstoffreste durch Hersteller ist ein vielversprechender Ansatz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Allerdings sind die Erfahrungen in der Praxis gemischt und von verschiedenen Faktoren abhängig.

Für EPS-Dämmstoffe werden schon seit 30 Jahren Verträge zwischen Herstellern und Kunden zur Rücknahme von Baustellenverschnittresten geschlossen. Die Hersteller finanzieren das zusammen mit den Kunden. Die Marke „EPS Cycle“ (<https://epscycle.org/>; <https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>) definiert die Randbedingungen und gibt Handlungsempfehlungen. Die Logistik wird von den Herstellern mit eigenen LKWs oder in Zusammenarbeit mit Logistikunternehmen durchgeführt.

Die Kunden melden sich, wenn genügend Säcke mit Verschnittresten zur Abholung bereitstehen. Der Hersteller löst dann einen Auftrag aus und stellt Aufkleber für die rückgenommenen Säcke mit Verschnittresten bereit, die eine genaue Zuordnung zur Baustelle erlauben. Im Falle von verschmutzten Säcken können die dann anfallenden Entsorgungskosten der Baustelle in Rechnung gestellt werden. Über derartige Systeme lassen sich die täglich beim Hersteller angelieferten Säcke EDV-gestützt erfassen und dokumentieren. Es werden bereits gut 65 % der EPS-Baustellenverschnitte recycelt (Dämmstoffakteure o.J.).

Direkte Verträge zwischen Herstellern und Kunden erfolgen eher bei großen Baustellen. Kleinere Baustellen beziehen die Dämmstoffe teilweise über den Handel. Für kleinere

Mengen anfallender Verschnittreste gibt es daher neuerdings die Möglichkeit, auf das bundesweite Online-Angebot zur Abholung der Baustellenverschnittreste von ecoservice24 (InterZero) zurückzugreifen (<https://www.ivh.de/ivh-kooperation-mit-ecoservice24-oeffnet-eps-recyclingweg-auch-fuer-kleinere-daemmstoffmengen/>), was von der jeweiligen Dämmbranche unterstützt wird. Alle Dämmstoffverbände zahlen in ecoservice24 ein (Dämmstoffakteure o.J.). Durch die unkompaktierte Sammlung erfolgt eine Vermischung von Dämmstoffen verschiedener Hersteller. Jeder Hersteller kann diese Mischung ohne rechtliche Hürden wie sein eigenes Material zurücknehmen. Es hat sich ein Markt aufgebaut, weil Hersteller die Reste stark nachfragen. Je nach Marktsituation werden die über ecoservice24 gesammelten Verschnittreste an die Hersteller zurückgeliefert oder durch Interzero stofflich verwertet.

Weiterhin gibt es Bestrebungen, den Baustoffhandel einzubinden und die Baustellen mit entsprechenden Infos zu versehen. Je aktiver solche Systeme beim Baustoffhandel nachgefragt werden, desto mehr Bewegung wird in die Sache kommen. Ähnlich wie bei Gips könnten auch mehrere Sammelstellen eingerichtet werden. Auch zahlreiche Entsorger bieten Rücknahmelösungen an. Diese sollten durch die Baustellenakteure nachgefragt oder, falls noch nicht vorhanden, eingefordert werden.

Mit Dämmstoffen aus dem Rückbau könnte ähnlich wie für Baustellenverschnittreste verfahren werden. In Abhängigkeit von Verschmutzungsgraden und HBCD-Gehalten könnten die Dämmstoffe sortiert und dann entsprechend Richtung PS-Loop oder andere Wege gelenkt werden. Für HBCD-haltige Dämmstoffe gibt es die hier stets aktuell gelisteten Sammelstellen: <https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>.

Für XPS-Dämmstoffe gibt es jetzt im Rahmen von XPS-Cycle auch die Möglichkeit, Baustellenverschnitte der Hersteller Austrotherm, Bachi, Ediltec, Ravago und Ursa bundesweit über ecoservice24 in separaten Säcken abholen und zu Regranulaten verwerten zu lassen (<https://xps-spezialdaemmstoff.de/xps-circular/>).

Für PU-Dämmstoffe steht jetzt über ecoservice24 ebenso eine bundesweite Rücknahmemöglichkeit für PU-Dämmstoffverschnittreste offen. Allerdings ist damit oftmals bislang keine stoffliche Verwertung verbunden. Speziell für Berlin und Brandenburg besteht aber seit 2023 schon das Angebot, über die PDR Recycling GmbH & Co KG Systemsäcke zu einem Preis von 49,90 € zu bestellen, die dann ab einer Mindestmenge von fünf Säcken vor Ort durch die PDR abgeholt und nach Verdichtung zu Briketts zur stofflichen Verwertung in Funktionswerkstoffen transportiert werden. Gestützt wird diese Verwertung über die Initiative Kreislaufwirtschaft Dachdeckerhandwerk Berlin 2025, die Dachdecker-Innungsbetriebe anspricht (<https://www.dachdecker-technik.de/kreislaufwirtschaft>). Bei Bekenntnis im Rahmen einer Selbstverpflichtung zur aktiven Teilnahme am Rücknahmeprojekt, die sortenreine Sammlung, Bereitstellung, Bewusstseinsförderung bei anderen Akteuren und kontinuierliche Information zum Thema PU-Wiederverwertung umfasst, darf das zugehörige Logo zu Werbezwecken geführt werden.

Auch für Mineralwolle steht jetzt über ecoservice24 eine bundesweite Rücknahmemöglichkeit für Mineralwolleabfälle offen. Allerdings ist damit oftmals bislang keine stoffliche Verwertung verbunden. Die Hersteller bieten aber eigene Rücknahmesysteme an:

- Beispiel Rücknahmesystem 1: Für gewerbliche Kunden gibt es einen Rücknahme-Service. Big Bags für diesen Zweck können bspw. zusammen mit dem Dämmstoff gekauft werden und sind auch über Baustoffhändler verfügbar. Die Abholung wird

- über einen Rückgabeschein organisiert. Über dieses System können gebührenpflichtig auch alte Dämmstoffe unabhängig vom Alter abgegeben werden.
- Beispiel Rücknahmesystem 2: Funktioniert prinzipiell ähnlich. Hier können die Big Bags über ein Portal gekauft und die Abholung durch Ausfüllen eines Formulars organisiert werden. Hier können darüber auch Kleinmengen unter Leistung eines Mindermengenzuschlags verwertet werden. Aber erst ab 2023 gekaufte Produkte werden nach dem Rückbau wieder zurückgenommen.

## 5.13 Dämmstoffspezifische Aspekte

### 5.13.1 EPS und XPS

Die Perlenstruktur der rezyklierten EPS-Perlen limitieren den technisch möglichen Rezyklatanteil auf 20 bis 30 %. Der stofflichen Verwertung durch direkte Rückführung in die Produktion sind somit Grenzen gesetzt, die dann zum Tragen kommt, wenn die Dämmstoffabfallmenge zukünftig die Neuproduktion übersteigen sollte.

Manche Entsorger sparen sich bislang die Analytik und ordnen die EPS-Abfälle dann HBCD-haltigem EPS zu (Logistik und Aufbereitung o.J.).

Für XPS wurde bis zur Jahrtausendwende ein FCKW-haltiges Treibmittel eingesetzt, so dass wie bereits beschrieben derzeit nur eine thermische Entsorgung der Dämmstoffe aus dem 20. Jahrhundert möglich ist. Es wird zukünftig aber technische Absauglösungen geben. Auch bei PS-Loop wird eine Behandlung zukünftig möglich sein (Logistik und Aufbereitung o.J.) (Dämmstoffakteure o.J.).

### 5.13.2 Mineralwolle

Glaswolle und Steinwolle müssen getrennt bereitgestellt werden, um eine sachgemäße Entsorgung und Weiterverarbeitung zu ermöglichen (Logistik und Aufbereitung o.J.). Aktuell wird gefährliche Mineralwolle überwiegend auf Deponien entsorgt, da alternative Verwertungs-möglichkeiten bisher nur begrenzt zur Verfügung stehen. Im Status quo erfolgt die Sammlung von Mineralwolle häufig bereits sortenrein, wobei sie in speziellen Big Bags verpackt wird, die sich für den sicheren Transport und die Lagerung eignen [Hagedorn].

Zur Optimierung der Handhabung kann Mineralwolle in Verdichteranlagen kompaktiert werden, wodurch der Platzbedarf verringert und die Transporteffizienz erhöht wird. Der Einsatz solcher Anlagen ist jedoch mit hohen Kosten verbunden und unterliegt strengen regulatorischen Anforderungen. Insbesondere bei der Verarbeitung von gefährlicher Mineralwolle auf Baustellen ist eine Genehmigung nach der kleinen Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) erforderlich, was den Betrieb solcher Anlagen aufwendiger gestaltet (Baustellenakteure und zugehörige Verbände o.J.).

Alternativ gibt es laut Angaben eines Aufbereiters mobile Anlagen zur Zerkleinerung von Mineralwolle, die direkt auf Baustellen eingesetzt werden können. Für diese Anlagen ist die Erteilung einer Genehmigung vor Ort vergleichsweise unkompliziert, wodurch sie eine potenziell praktikable Lösung darstellen könnten (Logistik und Aufbereitung o.J.). Diese Entwicklungen bieten Perspektiven für effizientere und nachhaltigere Verfahren im Umgang mit Mineralwolle.

### 5.13.3 PU

Alte PU-Dämmstoffe lassen sich nur dann stoffliche verwerten, wenn sie nach 1996 verbaut wurden. Abfälle, die älter als 25 Jahre sind (nicht-europäische Norm, vor 1996), können aufgrund von FCKW-haltigem Treibmittel nicht zu Funktionswerkstoffen verarbeitet werden. Es wäre dadurch nicht möglich, den erforderlichen Schwellenwert von <0,1 % FCKW im Funktionswerkstoff zu erreichen, weil trotz Brikettierung unzerstörte alte Schaumzellen mit FCKW verbleiben würden (Dämmstoffakteure o.J.).

Als einzige Möglichkeit zur stofflichen Verwertung älterer PU-Dämmstoffe käme das chemische Recycling in Betracht, wozu bei Rohstoffherstellern zusammen mit Dämmstoffherstellern viel geforscht wird, aber bislang aufgrund von höchster Geheimhaltung keine Resultate bekannt sind.

## 5.14 Neue technische Entwicklungen

Derzeit sind einige Projekte zur Verwertung von WDVS- und Dämmstoffabfällen im Gange.

Im Projekt EPSolutely (<https://epsolutely.at/>) wird einerseits der Aufwand für manuelles Trennen von WDVS-Systemen bestimmt und andererseits derjenige ohne Vorab-Trennung mit gemeinsamer Zerkleinerung aller Systemkomponenten mit anschließender maschineller Auftrennung. Die resultierenden Qualitätsunterschiede werden ermittelt.

Es gibt mehrere entwickelte Maschinentypen, die potenziell geeignet sind, WDVS automatisiert in seine Bestandteile zu zerlegen. Bislang ist eine Umsetzung in Projekten an Geldern und Zeit gescheitert. Es ist aber davon auszugehen, dass sich hier zukünftig viel tun wird.

In einem weiteren Projekt wird ein Pyrolyse-Verfahren zur Rückgewinnung des Styrols aus EPS-Dämmstoffen erprobt, das neben PS-Loop betrieben werden könnte. Allerdings wird hier entsprechend ein Schritt weiter nach vorne gegangen, so dass mit den resultierenden Produkten in der Rohstoffherstellung weniger eingespart werden kann, weil die Polymerisierung erneut stattfinden muss.

## 6 Zusammenfassung & Fazit

Das vorliegende Projekt konzentrierte sich auf die Untersuchung von Praxisbeispielen, um zu evaluieren, ob und unter welchen Bedingungen ein selektiver Rückbau zur stofflichen Verwertung von Dämmstoffen beitragen kann. Die zentrale Erkenntnis aus den analysierten Praxisfällen lautet, dass das **Recycling von Post-Consumer-Dämmstoffen** grundsätzlich **möglich** ist. Dabei wurde deutlich, dass die Initiierung sowohl vom Bauherr, Planer als auch dem bauausführenden Unternehmen erfolgen kann, unabhängig voneinander.

Aufgrund der begrenzten Vorlaufzeiten im Projektverlauf war es notwendig, in bereits ausgeschriebene und häufig schon vergebene Rückbaumaßnahmen einzugreifen. Die beteiligten Akteure zeigten jedoch eine hohe Flexibilität und Bereitschaft, eine stoffliche Verwertung der Dämmstoffe anzustreben. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Rahmenbedingungen nicht immer günstig sind. Besonders bei Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) ist eine stoffliche Verwertung nur mit einem erheblich höheren Zeitaufwand realisierbar.

	DEGEWO	GESOBAU	BIM	Wriezener Karree	Groß-Berliner Damm
Baustelle					
Verbauter Dämmstoff	EPS (HBCD) 16 cm Flachdach bituminiert 250 m <sup>3</sup>	EPS (HBCD) 4 cm Flachdach lose verlegt zwischen Mineralwolle 450 m <sup>3</sup>	EPS (HBCD) 15 cm Flachdach bituminiert 100 m <sup>3</sup>	EPS (Flammenschutz- mittelfrei) Fassade Sandwichelement  Steinwolle (gefährlich) Fassade Sandwichelement	Steinwolle ungefährlich  Wand und Dach Lose verbaut
Art der Entsorgung	Sortenrein rückgebaut Kompaktiert In PS-Loop verwertet	Sortenrein rückgebaut 10% Kompaktiert Müllverbrennungsanlage da Fahrt in die Niederlande zu unwirtschaftlich	Sortenrein rückgebaut Kompaktiert Müllverbrennungsanlage da zu hohe Bitumenanhaftungen	EPS: unkompaktiert Verwertung in Dämmschüttung  Steinwolle: Deponiert (zukünftig stofflich verwertbar)	Sortenrein rückgebaut Unter freiem Himmel gelagert Nass geworden und folglich deponiert

© ifeu

Abbildung 9: Übersicht der Praxisbeispiele: Baustelle | Verbauter Dämmstoff | Art der Entsorgung

Im Projektzeitraum konnte kein konkretes Rückbauvorhaben für WDVS begleitet werden, sodass zu diesem spezifischen Bereich keine detaillierten Informationen vorliegen. Dennoch zeigt das Projekt, dass bei geeigneten Bedingungen und der Unterstützung aller relevanten Akteure ein selektiver Rückbau die Grundlage für eine effektive stoffliche Verwertung von Dämmstoffen bilden kann.

Über die Konzeption und die damit einhergegangenen vielen Gespräche entlang der Akteurskette und die Baustellenbegleitungen sind außerdem viele grundsätzliche Informationen zu dem Thema aufgenommen worden und im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

## 6.1 Randbedingungen Bauherr, Entsorger, Baustelle

**Hochselektiver Rückbau und Ausschreibungen:** Ein hochselektiver Rückbau sollte zusammen mit klaren Demontage- und Entsorgungskonzepten in Ausschreibungen gefordert und durch Standards geregelt werden. Es besteht jedoch die unbegründete Befürchtung, dass dies Kostensteigerungen verursacht.

**Verantwortung der Bauherren:** Bauherren delegieren die Entsorgung häufig an Rückbauunternehmen. Sie könnten jedoch gezielt die stoffliche Verwertung von Dämmstoffen vorgeben, insbesondere die öffentliche Hand, die durch Forderung von Sekundärrohstoffen einen Markt für recycelte Dämmstoffe schaffen könnte.

**Negative Randbedingungen:** Zeit-, Kosten- und Logistikkfaktoren (z. B. zusätzliche Container) wirken sich oft hinderlich auf eine stoffliche Verwertung aus.

**Ökonomische Rahmenbedingungen in Berlin:** Hohe Kosten der thermischen Entsorgung von HBCD-haltigen synthetischen Dämmstoffen in Berlin fördern die stoffliche Verwertung. Höhere Transportkosten schmälern diesen Vorteil jedoch, lassen sich durch Kompaktierung aber reduzieren. Durch Kompaktierung auf der Baustelle werden auch Logistikkosten ab und zur Baustelle reduziert. Sonderangebote für thermische Entsorgung und günstige Mischabfallentsorgung wirken der Getrennthaltung entgegen.

**Mineralische Dämmstoffe:** Die Deponierung mineralischer Dämmstoffe ist vergleichsweise günstig, insbesondere wenn die zusätzlichen Transportkosten für stoffliche Verwertung berücksichtigt werden.

**Probleme durch Ausschreibungen:** Fehler bei der Berechnung von Entsorgungskosten (Volumen vs. Masse) führen zu Unsicherheiten, da Dämmstoffe ein geringes Gewicht bei hohem Volumen haben.

**Belassen alter Dämmstoffe:** Das Verbleiben alter Dämmstoffe am Gebäude mit zusätzlicher Dämmung reduziert die Notwendigkeit einer Neuproduktion, erschwert jedoch eine spätere stoffliche Verwertung durch Materialmischung.

## 6.2 Veränderungen auf der Baustelle

**Rückführung von Baustellenverschnitt:** Verschnittreste sollten über Sammelsysteme der Hersteller oder in Abstimmung mit Herstellern, Handel und Entsorgern zurückgeführt werden.

**Analytik zur Verwertung:** EPS- und XPS-Dämmstoffe müssen auf HBCD-Gehalt untersucht werden, um HBCD-freie Materialien direkt zu recyceln. Bei mineralischen Dämmstoffen ist eine Prüfung auf Gefährlichkeit erforderlich, um die Verwertung zu erleichtern.

### Zusatzaufwand für sortenreinen Rückbau:

- **EPS (HBCD-haltig):** Mobile Kompaktierungsanlagen ermöglichen platzsparende Logistik auf der Baustelle bei nur etwas veränderter Arbeitsabfolge. Für die Abtrennung von Bitumen gibt es noch keine gute Lösung, aber zumindest die Dachhaut wird oft sowieso entfernt, um Entsorgungskosten zu sparen. Insbesondere auf beengten Baustellen, wo keine großen Container gestellt werden können, ist der Arbeitsfluss sowieso beeinträchtigt. Es bieten sich Vorteile durch verminderte Transporte zur Baustelle.
- **Steinwolle:** Entfernung massiver Anhaftungen ist üblich, Kleber muss nicht entfernt werden.
- **PU:** Sortenreine Trennung ohne Verunreinigungen erfordert keinen zusätzlichen Aufwand.
- **WDVS:** Entfernung von Putzgewebe erfolgt maschinell oder manuell, Aufwand wird nur bei Nachbearbeitung kritisch.

**Schutz und Lagerung:** Rückgebaute Dämmstoffe müssen am besten unter Gebäudeschutz in unbeschädigten, nässegeschützten Säcken und/oder Deckelcontainern gelagert werden.

**Getrennte Bereitstellung:** Glaswolle und Steinwolle sollten getrennt gesammelt werden; weitere Trennung nach Qualität kann organisatorische Herausforderungen mit sich bringen (z. B. teilgefüllte Container), um mehr stoffliche Verwertung ermöglichen.

**Sensibilisierung und Schulung:** Aufklärung und Überwachung kleinerer Betriebe sind notwendig, um Fremdstoffe in den Sammelsäcken und Qualitätsmängel zu vermeiden.

**Systemintegration:** Das Rückbausystem muss sich an die Abläufe auf der Baustelle anpassen, um praktikabel zu bleiben.

## 6.3 Recycler und Hersteller

**Qualitätsanforderungen beim Rückbau:** Selbst bei sorgfältigem Rückbau erfüllen rückgebaute Dämmstoffe oft nicht die geforderten Qualitätsstandards. Insbesondere Kleberreste bei EPS können auf der Baustelle nicht entfernt werden, weshalb Hersteller an Verfahren arbeiten, um mit solchen Verschmutzungen umzugehen.

**PU und Mineralwolle:** Kleber stellt bei deren stofflicher Verwertung kein Hindernis dar.

**Wirtschaftlichkeit der Verwertung:** Eine stoffliche Verwertung ist wirtschaftlich sinnvoll, wenn die Kosten unter den Produkterlösen oder den Einsparungen bei Primärrohstoffen liegen. Schließungen von Recyclingbetrieben erhöhen jedoch Transportstrecken und -kosten.

**Entwicklung des Marktes:** Der Markt für recycelte Dämmstoffe ist noch in Entwicklung; Unsicherheiten bezüglich der Produktqualität müssen beseitigt werden.

**Kennzeichnung für zukünftigen Rückbau:** Hersteller und Herstellungsjahr sollten auch in ferner Zukunft beim Rückbau identifizierbar sein.

## 6.4 Sammlung

**Attraktive Rücknahmesysteme:** Hersteller müssen finanziell attraktive Rücknahmesysteme etablieren, wofür eine geeignete Infrastruktur notwendig ist.

**Dezentrale Rückgabemöglichkeiten:** Rückgabemöglichkeiten sollten über Baustoffhandel, Entsorger, Sammelhöfe und Dienstleister dezentral angeboten werden. Eine Zusammenarbeit mit Kommunen kann hierbei hilfreich sein.

**Digitale Lösungen und Finanzierung:** Digitale Plattformen und geeignete Finanzierungsmodelle können Rücknahme und Verwertung unterstützen.

**Optimierung für Baustellenverschnitt:** Bereits bestehende Systeme für Baustellenverschnittreste sollten für kleinere Baustellen ausgebaut und Handel sowie Entsorger stärker eingebunden werden.

**Kompaktierung und Sortierung:** Eine Kompaktierung der Dämmstoffe, idealerweise bereits auf der Baustelle, reduziert Transportkosten. Der Aufbau von Sortieranlagen ermöglicht eine Trennung nach Qualitäten.

## 6.5 Regelungen und Normen

**Genehmigungsverfahren für gefährliche Mineralwollen und EPS:**

- Für gefährliche alte Mineralwollen ist neben einem bundesrechtlichen Entsorgungsnachweis ein landesrechtlicher Bescheid der Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin (SBB) nötig, die auch neue Verwertungswege unterstützt.
- Für HBCD-haltiges EPS (>1.000 ppm) genügt ein bundesrechtlicher Nachweis, für die Sammlung zusätzlich eine landesrechtliche Genehmigung. Transporte ins Ausland, z. B. in die Niederlande, erfordern ein komplexes Notifizierungsverfahren, das über Dienstleister abgedeckt wird.

**Anforderungen an Entsorgungsstellen:** Entsorgungsstellen müssen Fachbetriebe sein oder eine abfallrechtliche Genehmigung haben. Eine Ausnahme gilt für Baustellenverschnittreste, die nur angezeigt werden müssen.

**Hemmnisse für Recycling durch Hersteller:** Aktuell verarbeiten Dämmstoffhersteller kaum Materialien aus dem Rückbau, da rechtliche (u.a. abfallrechtliche Genehmigung) und organisatorische Hürden bestehen.

**Förderung der Kreislaufwirtschaft:** Wichtige Maßnahmen umfassen gesetzliche Vorgaben zur Kreislauffähigkeit, erweiterte Produzentenverantwortung, Sanktionen bei Nichteinhaltung, ein Deponierungs- oder Verbrennungsverbot sowie die Einführung von Rezyklatquoten.

**Genehmigungsvereinfachung:** Lager- und Aufbereitungsanlagen sollten einfacher genehmigt werden, um die stoffliche Verwertung zu erleichtern.

**Harmonisierung von HBCD-Grenzwerten:** Grenzwerte im Abfallrecht und der REACH-Verordnung sollten angeglichen werden, um zusätzliche Analysen (<100 ppm) zu vermeiden. Geeignete Analyseverfahren sind zu entwickeln.

## 6.6 Weiterverwendung

**Qualitätsprobleme:** Rückgebaute Dämmstoffe sind oft beschädigt oder unsicher bezüglich Qualität, weshalb neue Materialien mit Garantie bevorzugt werden.

**Fehlender Markt und hohe Kosten:** Ein Markt für wiederverwendete Dämmstoffe fehlt, und die hohen Aufbereitungskosten hemmen die Nutzung.

**Bauaufsichtliche Zulassung:** Wiederverwendete Dämmstoffe haben keine bauaufsichtliche Zulassung. Zertifizierungsverfahren sind teuer, weshalb vereinfachte Zulassungen und Standards notwendig sind.

**Sensibilisierung und Zusammenarbeit:** Eine stärkere Aufklärung und Kooperation aller Akteure ist erforderlich, um die Wiederverwendung zu fördern.

**Marktanreize und Systeme:** Marktliche Anreize sowie effiziente Rücknahme-, Aufbereitungs- und Vertriebssysteme sind essenziell für die Etablierung von Recycling und Wiederverwendung.

## 6.7 Rücknahme von Dämmstoffen: Vorgehen und Akteursliste für Baustellenakteure

**EPS und XPS** mit HBCD-Gehalten <1.000 ppm (ab Baujahr 2016), **Mineralwolle**, Dämmstoffe aus **erneuerbaren** Rohstoffen sowie Baustellenverschnittreste und **PU**-Baustellenverschnittreste:

Nachfrage bei Hersteller/Recycler oder Systemanbieter, bei dem der Dämmstoff gekauft wurde.

- Für EPS gibt es das branchenweite System EPS-Cycle (<https://epscycle.org/>). Unter <https://www.ivh.de/umwelt/recycling/> gibt es auch weitere Infos, u.a. einen Leitfaden
- Für XPS das System XPS-Cycle (<https://xps-spezialdaemmstoff.de/xps-circular/>)
- Für PU gibt es in Berlin jetzt einen branchenweiten Rücknahmeservice zur stofflichen Verwertung: [https://mitgliedbereich.daemmt-besser.de/documents/IVPU\\_23-0171b\\_IVPU%20Faktenpapier%2023-01%20-%20Ruecknahmeservice\\_PU-Materialreste\\_Pilotprojekt\\_Berlin\\_210x297\\_ONLINE.pdf](https://mitgliedbereich.daemmt-besser.de/documents/IVPU_23-0171b_IVPU%20Faktenpapier%2023-01%20-%20Ruecknahmeservice_PU-Materialreste_Pilotprojekt_Berlin_210x297_ONLINE.pdf)  
Zur Teilnahme an der Selbstverpflichtung: <https://www.dachdecker-technik.de/kreislaufwirtschaft>
- Für Mineralwolle: Herstellerrücknahmesysteme über Hersteller und Systemanbieter, die teilweise nur neue Mineralwolle ab 2023 zurücknehmen, teilweise aber auch alte gefährliche (Baujahr vor 2000)

- Falls Kauf über Handel: Nachfragen im Handel und/oder beim Entsorger (zahlreiche Entsorger bieten die Organisation einer Abholung von zumindest Baustellenverschnittresten an); Nutzung weiterer Dienstleister wie den Online-Service ecoservice24 für EPS und XPS (bislang nur HBCD-frei);  
bei Mineralwolle greifen auch für Kleinmengen manche Herstellerrücknahmesysteme;  
für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wahrscheinlich noch keine Dienstleistung für Kleinmengen verfügbar

**EPS mit HBCD-Gehalten >1.000 ppm** (Baujahr vor 2016), **XPS mit HBCD-Gehalten >1.000 ppm UND (H)FCKW-frei** (Baujahr 2002 bis 2016): Nachfrage bei Lieferanten von PS-Loop: <https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>

# 7 Merkblatt | stoffliche Verwertung von Post-Consumer Dämmstoffen

---

## 7.1 Vorgehen beim Rückbau von Flachdächern bitumenverklebt

1. Bestimmung des Dämmstofftyps und ob ein Belassen des alten Dämmstoffs möglich ist; ein Belassen ist dem Rückbau vorzuziehen

### 2. EPS-Platten zu entfernen

---

2.1 Test auf HBCD, falls Einbau vor 2016 erfolgte

EPS ist HBCD-belastet

Kontaktaufnahme mit einem auf der Seite des IVH gelisteten Lieferanten von PS-Loop:  
<https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>

Stellung einer mobilen Kompaktierungsanlage durch den Lieferanten von PS-Loop; Stellung von Paletten und Wickelfolie

Möglichst saubere Abtrennung der bitumenhaltigen Dachhaut (reduziert immer auch die Entsorgungskosten)

Möglichst Trennung der Platten nach mehr oder weniger Bitumen und getrennte Aufgabe auf eine mobile Kompaktierungsanlage vor Ort auf der Baustelle

Möglichst qualitätsgetrennte Verpackung des kompaktierten Dämmstoffs auf Paletten und Beauftragung der Abholung durch den Lieferanten von PS-Loop

Abholung erfolgt durch Lieferanten von PS-Loop

EPS ist HBCD-frei, hat aber ein alternatives Flammschutzmittel

Kontaktaufnahme mit einem ortsnahen Dämmstoffhersteller, bspw. WKI oder einen Entsorger bitten, dies zu tun



Stellung von Deckelcontainern und Big Bags über Beauftragung eines Containerdienstes oder Entsorgers



Möglichst saubere Abtrennung der bitumenhaltigen Dachhaut (reduziert immer auch die Entsorgungskosten)



Möglichst Trennung der Platten nach mehr oder weniger Bitumen und separate Befüllen der Big Bags und der jeweiligen Container damit



Containerabholung beauftragen, um das Material unkomprimiert zum Dämmstoffhersteller zu bringen

EPS ist flammenschutzmittelfrei (nur teilweise ehemalige DDR-Dämmstoffe)

Kontaktaufnahme mit einem ortsnahen Kunststoffrecycler oder einen Entsorger bitten, dies zu tun

Weiteres Vorgehen wie oben mit Ziel Recycler

### 3. XPS-Platten zu entfernen

#### 3.1 Test auf HBCD und H(FCKW), falls Einbau vor 2016 bzw. vor 2002 erfolgte

Falls (H)FCKW-haltig: Standardentsorgung über Entsorger wie bisher (nur Verbrennung in Sondermüllverbrennungsanlage möglich)

Für alle weiteren Fälle: s. EPS, aber ohne mobile Kompaktierung, sondern immer Sammlung in Big Bags und Deckelcontainern

#### 4. Neue Dämmstoffe anbringen

Unbedingt den Baustellenverschnitt zur Rückführung in die Dämmstoffproduktion vorsehen:

4.1 Falls Kauf über Hersteller und Systemanbieter: Diesbezüglich Nachfrage beim Hersteller oder Systemanbieter. Die Hersteller organisieren Rücknahmesysteme. Für PU gibt es ein branchenweites Rücknahmesystem.

4.2 Falls Kauf über Handel: Nachfragen im Handel und/oder beim Entsorger (zahlreiche Entsorger bieten die Organisation einer Abholung an) sowie bei Mineralwolle auch beim

Hersteller; Nutzung weiterer Dienstleister wie den Online-Service ecoservice24 für EPS und XPS

Baustellenverschnittreste sortenrein in Big Bags nässegeschützt sammeln.

## **7.2 Vorgehen beim Rückbau von unverklebtem EPS (bspw. Steildach, Folien-Flachdach)**

Analog Flachdach, Bitumenabtrennung und Trennung der Platten nach Bitumengehalt entfällt

## **7.3 Vorgehen beim Rückbau von unverklebter Mineralwolle in bspw. Fassade und Dach**

1. Unterscheidung Steinwolle oder Glaswolle; Bestimmung, ob ein Belassen des alten Dämmstoffs möglich ist; ein Belassen ist dem Rückbau vorzuziehen
2. Test auf Gefährlichkeit, falls Einbau vor 2000 erfolgte
3. Kontaktaufnahme mit den Herstellern, um zuständige Aufbereiter zu erfragen (mit Stand Jahresende 2024 gibt es nur zwei) oder einen Entsorger bitten, dies zu tun
4. Stellung von Deckelcontainern und Big Bags über Beauftragung eines Containerdienstes oder Entsorgers
5. Möglichst saubere Abtrennung von groben mineralischen Anhaftungen (reduziert auch die Entsorgungskosten) und nässegeschützte Lagerung möglichst im Gebäudeschutz
6. Containerabholung beauftragen, um das Material zum Aufbereiter zu bringen

Für Baustellenverschnitte analog wie Flachdach

## **7.4 Vorgehen beim Rückbau von WDVS**

1. Bestimmung des Dämmstofftyps und ob ein Belassen des alten Dämmstoffs möglich ist; ein Belassen ist dem Rückbau vorzuziehen

### **2. EPS-Platten zu entfernen**

---

- 2.1 Test auf HBCD, falls Einbau vor 2016 erfolgte

EPS ist HBCD-belastet

Kontaktaufnahme mit einem auf der Seite des IVH gelisteten Lieferanten von PS-Loop:  
<https://www.ivh.de/umwelt/recycling/>

Stellung einer mobilen Kompaktierungsanlage durch den Lieferanten von PS-Loop; Stellung von Paletten und Wickelfolie

Maschinelles oder manuelles Abziehen der Putz-Gewebesicht (möglichst vollständig)

Möglichst Trennung der Platten nach mehr oder weniger Putz- und Kleberesten und getrennte Aufgabe auf eine mobile Kompaktierungsanlage vor Ort auf der Baustelle

Möglichst qualitätsgetrennte Verpackung des kompaktierten Dämmstoffs auf Paletten und Beauftragung der Abholung durch den Lieferanten von PS-Loop

Abholung erfolgt durch Lieferanten von PS-Loop

EPS ist HBCD-frei, hat aber ein alternatives Flammschutzmittel

Kontaktaufnahme mit einem ortsnahen Dämmstoffhersteller, bspw. WKI oder einen Entsorger bitten, dies zu tun

Stellung von Deckelcontainern und Big Bags über Beauftragung eines Containerdienstes oder Entsorgers

Maschinelles oder manuelles Abziehen der Putz-Gewebesicht (möglichst vollständig)

Möglichst Trennung der Platten nach mehr oder weniger Putz- und Kleberesten und separate Befüllen der Big Bags und der jeweiligen Container damit

Containerabholung beauftragen, um das Material unkompaktiert zum Dämmstoffhersteller zu bringen

EPS ist flammgeschutzmittelfrei (ehemalige DDR-Dämmstoffe, unwahrscheinlich bei WDVS)

Kontaktaufnahme mit einem ortsnahen Kunststoffrecycler oder einen Entsorger bitten, dies zu tun

Weiteres Vorgehen wie oben mit Ziel Recycler

### 3. Mineralwolleplatten zu entfernen:

---

3.1 Unterscheidung Steinwolle oder Glaswolle; Bestimmung, ob ein Belassen des alten Dämmstoffs möglich ist; ein Belassen ist dem Rückbau vorzuziehen

3.2 Test auf Gefährlichkeit, falls Einbau vor 2000 erfolgte

3.3 Kontaktaufnahme mit den Herstellern, um zuständige Aufbereiter zu erfragen (mit Stand Jahresende 2024 gibt es nur zwei) oder einen Entsorger bitten, dies zu tun

3.4 Stellung von Deckelcontainern und Big Bags über Beauftragung eines Containerdienstes oder Entsorgers

3.5 Maschinelles oder manuelles Abziehen der Putz-Gewebesicht

3.6. Containerabholung beauftragen, um das Material zum Aufbereiter zu bringen

### 4. Neues WDVS anbringen

Verputzen erst nach Zuschnitt.

Unbedingt den Baustellenverschnitt zur Rückführung in die Dämmstoffproduktion vorsehen:

4.1 Falls Kauf über Systemanbieter: Diesbezüglich Nachfrage beim Systemanbieter. Die Systemanbieter organisieren in Zusammenarbeit mit den Herstellern Rücknahmesysteme. Für PU gibt es ein branchenweites Rücknahmesystem.

4.2 Falls Kauf über Handel: Nachfragen im Handel und/oder beim Entsorger (zahlreiche Entsorger bieten die Organisation einer Abholung an) sowie bei Mineralwolle auch beim Hersteller; Nutzung weiterer Dienstleister wie den Online-Service ecoservice24 für EPS und XPS

Baustellenverschnittreste sortenrein in Big Bags nässegeschützt sammeln.

# Literaturverzeichnis

---

- 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 energetischen Verwertung. Forschungsinitiative ZukunftBau F Fraunhofer-IRB-Verl, Stuttgart.
- Baustellenakteure und zugehörige Verbände (o.J.): Interviews und Gespräche mit Wohnungsbaugesellschaften, bauausführende Firmen, rückbauende Firmen, Handwerkerverbänden und Abbruchverbänden.
- Dämmstoffakteure (o.J.): Interviews mit Dämmstoffherstellern, Systemherstellern und zugehörigen Verbänden.
- Failing, Matthias; Bandholtz, Petra; Schrang, Oliver; Franßen, Gregor; Nusser, Jens; Zumloh, Friederike; Schmidt, Kristine; Röhrich, Julia; Echterhoff, Isabel; Salewski, Saskia; Heidrich, Yannick (2024): Leitfaden zur Erstellung eines Rückbau- und Entsorgungskonzeptes. GSU Gesellschaft für Sicherheit und Umwelttechnik; KWS Geotechnik; Franßen & Nusser Rechtsanwälte. Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Berlin. S. 19.
- Graubner, C.-A.; Clanget-Hulin, M. (2013): Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen: Erstellung einer praxisnahen Datenbank für die Nachhaltigkeitsbeurteilung. Forschungsinitiative Zukunft Bau Fraunhofer-IRB-Verl, Stuttgart.
- Heller, Niklas (2022): Entwicklung und Bewertung von Entsorgungsstrategien für Wärmedämmverbundsysteme mit expandiertem Polystyrol. Schriftenreihe zur Aufbereitung und Veredelung Shaker Verlag, Düren.
- Logistik und Aufbereitung (o.J.): Interviews und Gespräche mit Containerdiensten, Entsorgern und Aufbereitern/Recyclern, Behörden zur Überwachung der (nachweispflichtigen) Dämmstoffflüsse, Bauteilbörsen und Bauteilkatastern.
- Reinhardt, J.; Veith, C.; Knappe, F.; Mellwig, P. (2022): Der Gebäudebestand steht vor einer Sanierungswelle - Dämmstoffe müssen sich den Materialkreislauf erschließen. Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Umweltministerium Baden-Württemberg, Heidelberg. S. 115.  
[https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2022\\_02\\_02\\_D%C3%A4mmstoffe\\_II\\_CV\\_FK.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2022_02_02_D%C3%A4mmstoffe_II_CV_FK.pdf) (18.03.2022).