

Vertraulichkeit

Die Weitergabe oder Reproduktion dieser Studie als Ganzes oder auch nur auszugsweise ist nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der Autoren zulässig. Zuwiderhandlungen werden mit Schadensersatzforderungen geahndet.

Linz, 30.08.2016

Auftraggeber

BMLFUW



Amt der OÖ Lreg,
Abt. Umweltschutz



Sunpor GmbH



Ausführung:

Ingenieurbüro für Techn. Chemie,
DI Dr. Friedrich Eibensteiner
Tel.: +43 664 7686246
Mail: f.eibensteiner@prelonic.com

CTO, Johannes Kepler Universität linz
Institut für Organische Technologies
Univ. Prof. DI Dr. Christian Paulik
Tel.: +43 732 2468-9000
Mail: C.Paulik@jku.edu.at

FH Wels
FH-Prof. DI Dr. Wolfgang Stadlbauer
Tel.: +43 680 5013665
Mail: W.Stadlbauer@fh-wels.edu.at



STREC

EPS/XPS Recycling Baubereich Endbericht

Version	STREC 2.2
Datum	30.8.2016
Verfasser	Friedrich Eibensteiner

I	STREC: ZUSAMMENFASSUNG DEUTSCH	5
II	STREC: ZUSAMMENFASSUNG ENGLISCH	7
III	GLOSSAR	9
IV	FUSSNOTENVERZEICHNIS	10
V	STREC - STUDIE	
1	HINTERGRUND	11
2	RAHMENBEDINGUNGEN	12
2.1	VERFÜGBARE DATEN, STUDIEN	12
2.2	NATIONALE UND EU GESETZGEBUNG	13
3	ANALYSE - BASISDATEN	14
3.1	HERSTELLUNG VON EPS	14
3.2	HERSTELLUNG VON XPS	14
3.3	VERBAUUNG	15
3.3.1	VERBAUUNG VON EPS UND XPS IN FASSADEN	15
3.3.2	PERIMETERDÄMMUNG	15
3.3.3	DACHDÄMMUNG	15
3.4	EPS/XPS MENGEN	16
3.4.1	DATEN	16
3.4.2	EPS/XPS MENGEN IN ÖSTERREICH	17
3.4.3	VERGLEICH MIT DEUTSCHLAND	22
3.5	ERRECHNETE HBCD-MENGEN	26
4	RÜCKLAUF	28
4.1	NUTZUNGSDAUER	28
4.2	RÜCKLAUFMENGEN	37
4.2.1	UNSCHÄRFE	37
4.2.2	EPS-RÜCKFLUSS: ÖSTERREICH UND BUNDESLÄNDERVERGLEICH	38
4.2.3	XPS RÜCKFLUSS	41
4.2.4	ANDERE DATENQUELLEN	41

4.3	VERORTUNG DER MENGEN	42
4.4	DERZEITIGE ENTSORGUNGSPRAXIS	42
4.4.1	INFORMATIONSQLLEN	42
4.4.2	DERZEITIGE LOGISTIK	43
4.4.3	DERZEITIGE EPS- UND XPS-ABFÄLLE, WIEDERVERWENDUNG/VERWERTUNG/BESEITIGUNG	43
4.4.4	POTENZIALE DERZEITIGER VERWERTUNGSKANÄLE	44
4.4.5	ABNAHME DES EPS/XPS	45
4.4.6	VORREINIGUNG UND VERDICHUNG	46
4.4.7	RÜCKGEWINNUNG VON POLYSTYROL	47
4.4.8	VERBRENNUNG VON HBCD IN EPS UND XPS	48
5	RECHTLICHER RAHMEN	51
5.1	POP REGELUNG	51
5.2	KLASSIFIZIERUNG VON EPS/XPS ABFÄLLEN	52
5.2.1	HBCD	52
5.2.2	KOHLLENWASSERSTOFFE	53
5.2.3	ANDERE HALOGENIERTE STOFFE	53
5.2.4	ABFALLBEHANDLUNG	53
5.2.5	GRENZÜBERSCHREITENDE VERBRINGUNG	54
5.3	RECYCLING-BAUSTOFFVO	54
6	SAMMEL-, ENTSORGUNGS- UND RECYCLINGMODELLE	55
6.1	TECHNOLOGIEN UND PARAMETER	56
6.1.1	GEBÄUDE	56
6.1.2	ABNAHME	56
6.1.3	VORBEHANDLUNG/ZWISCHENBEHANDLUNG	57
6.1.4	TRANSPORT ZUM ERSTEN KNOTEN	57
6.1.5	TRANSPORT REGIONAL	57
6.1.6	AUFARBEITUNG/VERBRENNUNG	57
6.1.7	ABTRANSPORT DER RECYCLINGPRODUKTE	59
6.2	KOSTEN	59
6.2.1	ABNAHME	59
6.2.2	VORBEHANDLUNG/ZWISCHENBEHANDLUNG	59
6.2.3	TRANSPORT	60
6.2.4	CREASOLV	60
6.2.5	VERBRENNUNG"	60
6.3	ERTRÄGE	61
6.3.1	POLYSTYROL '	61
6.3.2	BROM	61
6.4	SZENARIEN	61
6.4.1	VERGLEICH CREASOLV REGIONAL VERSUS ZENTRAL FÜR KLEINE GEBÄUDE	61
6.4.2	VERGLEICH 5 CM DÄMMUNG ZU 15 CM DÄMMUNG FÜR GROÙE GEBÄUDE	63
6.4.3	VERGLEICH UNVERDICHET ZU KOMPAKTIERT FÜR GROÙE GEBÄUDE	64

6.4.4	VERGLEICH EPS VERBRENNUNG VERSUS CREASOLV	66
6.4.5	XPS VERBRENNUNG VERSUS CREASOLV	67
6.5	RESÜMEE AUS DEN MODELLRECHNUNGEN	69
6.6	GESCHÄFTSMODELLE	69
6.6.1	BASIEREND AUF BESTEHENDER „ENTSORGERSTRUKTUR“	69
6.6.2	ZUGELASSENE EPS/XPS-ENTSORGER	70
6.6.3	SPEZIALISIERTE EPS/XPS-ENTSORGER	70
6.6.4	STAATLICHER ENTSORGER	70
6.6.5	BEWERTUNG DER GESCHÄFTSMODELLE	70
7	<u>BEWERTUNG</u>	71
7.1	ABNAHME	71
7.1.1	RECHTLICH	71
7.1.2	WIRTSCHAFTLICH	71
7.1.3	ÖKOLOGISCH	71
7.2	TRANSPORT UND VERDICHUNG	71
7.2.1	RECHTLICH	71
7.2.2	WIRTSCHAFTLICH	71
7.2.3	ÖKOLOGISCH	72
7.3	VERBRENNUNG VERSUS RECYCLING NACH HBCD ABTRENUNG	72
7.3.1	RECHTLICH	72
7.3.2	WIRTSCHAFTLICH	72
7.3.3	ÖKOLOGISCH	73
7.4	RESÜMEE	73
8	<u>OFFENE PUNKTE, DISKUSSIONSPUNKTE, FORSCHUNGSBEDARF, EMPFEHLUNGEN</u>	74
8.1	AUFDOPPELN	74
8.2	PFR (POLYMERER FLAME-RETARDENT)	74
8.3	VERANTWORTUNG	74
8.4	UNTERSCHIEDUNG	75
8.5	HBCD IN ANDEREN KUNSTSTOFFEN	75
8.6	EPS IN ESTRICHEN/BLUMENERDE	76
8.7	AUSWIRKUNGEN DER RECYCLING-BAUSTOFFVO	76
9	<u>BETRACHTUNGEN FÜR DAS BUNDESLAND OBERÖSTERREICH</u>	77
9.1	VERBRAUCH	77
9.2	DEPOT	78
9.3	RÜCKLAUF	79

EPS/XPS Recycling im Baubereich

Zusammenfassung

Die jahrzehntelange Verwendung von HBCD (Hexabromcyclododecan) in den Dämmstoffen EPS (Expandiertes Polystyrol) und XPS (Extrudiertes Polystyrol) führte zu einem erheblichen HBCD-Depot in den Fassaden österreichischer Gebäude. Das Verbot des weiteren Einsatzes von HBCD durch die EU-POP-Verordnung im Jahr 2016 wirft die Frage nach möglichen Beseitigungs- und Behandlungsoptionen dieser Dämmstoffe auf.

Es wurden dazu sowohl internationale als auch nationale Studien, Herstellerangaben, Angaben von Verbänden als auch Interviews mit Experten ausgewertet. Anschließend erfolgte die Bewertung der Ergebnisse unter technischen, wirtschaftlichen, rechtlichen und ökologischen Gesichtspunkten.

In Österreich wird seit den 70-er Jahren in stark ansteigender Menge EPS eingesetzt (Maximum: 53.000 t im Jahr 2011). XPS fand mit bis zu 24.000 t (2013) als Dämmmaterial im Bausektor Verwendung. Derzeit befinden sich auf den Fassaden österreichischer Gebäude etwa 690.000 t EPS und 390.000 t XPS. Das daraus resultierende HBCD-Depot beträgt mehr als 12.000 t.

Aus einem Nutzungsdauermodell für Gebäudefassaden wurde der theoretische Rücklauf von EPS- und XPS-Dämmstoffen errechnet. Demnach sollten 2015 schon 3.500 t EPS und 2.000 t XPS zurückgeflossen sein. Der Rückfluss des gesamten verbauten EPS/XPS (mit HBCD) erstreckt sich bis zum Ende des Jahrhunderts mit einem Maximum im Jahr 2045 (max. EPS: 14.000 t; max. XPS: 7.500 t).

Der selektive Rücklauf der Dämmstoffe wurde bisher nicht erfasst. Meist werden EPS- und XPS-Abfälle entweder mit dem Bauschutt oder getrennt der Verbrennung zugeführt (in Abfallverbrennungsanlagen oder als Ersatzbrennstoff in Mitverbrennungsanlagen). Die Kapazität der Verbrennungsanlagen in Österreich ist ausreichend, um die Rücklaufmengen zu bewältigen, jedoch erfordern die erhöhten Brommengen, die eingetragen werden, eine Untersuchung des möglichen Schadstoffausstoßes der Anlagen (besonders in Bezug auf gemischthalogenierte Dioxine und Furane).

Eine Abtrennung des HBCD aus dem EPS/XPS mit nachträglicher Wiederverwendung des Polystyrols ist mittels eines kombinierten Löse- und Fällprozesses möglich (z.B. Creasolv, vom Fraunhofer Institut IVV entwickelt). Dabei kann das HBCD in einem wirtschaftlich und technisch durchführbaren Prozess ausreichend separiert werden. Danach wird das HBCD zerstört und das Brom wiederverwendet.

Aus rechtlicher Sicht steht das Gebot zur Sammlung und irreversiblen Zerstörung des HBCD im Vordergrund. Dies wird sowohl durch die Sammlung und Verbrennung als auch durch die Sammlung und ausreichende Abtrennung (mit anschließender Aufarbeitung) in entsprechendem Maß verwirklicht.

In einem Prozessmodell wurden die Kosten für Abnahme, Sammlung, Transport und Behandlung von EPS/XPS Dämmungen errechnet. Aus rechtlichen, aber auch aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen ist eine Abnahme und Separierung von EPS und

XPS schon auf der Baustelle erforderlich. Derzeit ist dafür nur ein manueller Prozess verfügbar. Maschinen stehen dafür noch nicht zur Verfügung. Die Abnahme stellt den größten Kostenblock in der Sammlung und Behandlung der EPS/XPS-Abfälle dar. Der Transport dagegen trägt relativ wenig zu den Gesamtkosten bei.

Die Verdichtung des EPS/XPS ist wirtschaftlich nicht eindeutig gerechtfertigt, vor allem bei regionaler Behandlung. Bei XPS ist die Verdichtung auch noch aus rechtlichen Gründen erschwert (mögliche FCKW Freisetzung). Aufgrund der niedrigen Tonnagen (z.B. EPS: 20 kg/m³ ergibt für ein Einfamilienhaus ca. 1 t bei 15 cm Dämmung) pro Objekt ist die Verbrennung sehr kostengünstig. Die Behandlung in einer Creasolv-Anlage rechnet sich aber durch die zurückgewonnenen Rohstoffe Polystyrol und Brom.

Unter derzeitiger Gesetzeslage ist sowohl die Verbrennung als auch die Abtrennung des HBCD mit anschließender Zerstörung möglich, dennoch bleiben verschiedene Punkte offen und bedürfen einer Klärung:

- XPS, das mit FCKW/HFCKW/HFKWs geschäumt wurde ist gefährlicher Abfall
- Schadstoffproblematik vor allem bei der Mitverbrennung
- Unterscheidung von belastetem und unbelastetem Dämmstoff
- Aufdoppeln von belastetem EPS mit unbelastetem Neumaterial bei der Sanierung
- Veränderte Fassadensysteme für leichteren Rückbau

EPS/XPS Recycling in the Construction Sector

Summary

The use of HBCD (Hexabromcyclododecan) for insulation material like EPS (expanded polystyrene) and XPS (extruded polystyrene) made the facades of Austrian buildings into a considerable dump for HBCD. The ban on the use of HBCD in the EU-POP-regulation in 2016 raises the question regarding potential disposal or recovery options for such insulation material.

International as well as national studies, producer data, information from branch unions and interviews with experts have been analyzed and consolidated, followed by an assessment considering technical, economic, legal and ecologic aspects.

Since the 70ies growing volumes of EPS (maximum: 53.000 t in 2011) have been utilized in Austria. XPS has been used for insulation in the construction sector with volumes up to 24.000 tons (in 2013). Austrian building facades carry appr. 690.000 t EPS and 390.000 t XPS containing HBCD acting as flame retardant. The HBCD dump in facades accounts to more than 12.000 t.

A model for the utilization cycle of facades was developed to estimate the theoretical return of EPS and XPS. According to that model, the return in 2015 should have been 3.500 t of EPS and 2.000 t of XPS. The total return of utilized EPS and XPS will continue during next decades with a maximum of 14.000 t EPS and 7.500 t of XPS in 2045 and fade out at the end of the century.

There is no documentation of EPS and XPS returns yet. EPS and XPS waste has been mainly incinerated - mixed with demolition waste or separated (in municipal waste incinerations or as fuel in co-incinerations). The capacity of the Austrian incineration plants is capable enough to master all the expected return of EPS and XPS. However, the higher Bromine loads brought into the process require some focus on the surveillance of hazardous substances in incineration gases (especially regarding mixed halogenated Dioxines and Furanes).

Separation of HBCD from EPS/XPS followed by the recycling of Polystyrene can be realized through a combination of dissolving and precipitation processes (e.g. Creasolv, developed by Fraunhofer IVV). The HBCD is separated sufficiently utilizing a technical and economical feasible process. After separation the HBCD is disintegrated and the Bromine is reused.

The legal focus is on the obligation to irreversibly disintegrate the HBCD. This goal is achieved adequately by both routes, the collection and incineration as well as by collection and separation (followed by disintegration of the HBCD).

A process model was developed to estimate costs for removal, collection, transport and treatment of EPS/XPS insulation. The on-site removal and separation of EPS/XPS material is required not only for legal, but also for economic and ecologic reasons. At the moment the only suitable process is the removal and separation by hand. There is no existing machinery fulfilling this purpose yet. The removal and separation adds the biggest cost block to the

total collection and treatment process costs. Transport remains a minor factor in this cost structure.

The requirement of volume reduction of the EPS/XPS waste by heat or pressure is not justified by economic data, especially in the case of local treatment that includes less transport. Additionally the XPS-compaction is hindered by law (danger of release of halogenated foaming agents). Based on the low mass of EPS/XPS waste per object (e.g. single occupancy house: appr. 1 t at 15 cm insulation thickness), costs of incineration are low. On the other hand treatment costs in a Creasolv plant are more than compensated by the revenues from the gained raw materials Polystyrene and Bromine.

Under present legal conditions incineration as well as separation of HBCD with subsequent disintegration seems to be feasible. However there are some open questions which require clarification:

- XPS, expanded with CFC/HCFC/HFC is classified as hazardous waste
- Polluted waste gas in co-incineration plants (additional Bromine load)
- Discrimination of HBCD contaminated and not contaminated insulation
- Adding new HBCD free EPS to old HBCD-contaminated insulation (retrofit)
- New dismantling-friendly facade technology

Glossar

Br	Brom
BGBI	Bundesgesetzblatt
Cl	Chlor
CLP	classification, labelling and packaging (CLP) of substances and mixtures
EDM	Elektronisches Datenmanagement (Abfallbereich)
EPS	Expandiertes Polystyrol
F	Fluor
FCKW	Fluor-Chlorkohlenwasserstoffe
FKW	Fluorkohlenwasserstoffe
GPH	Gütegemeinschaft Polystyrol Hartschaum
HBCD	Hexabromcyclododecan
HBr	Bromwasserstoff
HF	Fluorwasserstoff
HFCKW	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFKW	Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
KW	Kohlenwasserstoffe
ÖSTAT	Österreichisches Statistisches Zentralamt
pFR	Polymer Flame Retardent
POP	persistent organic pollutants (persistente organische Schadstoffe)
VO	Verordnung
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
XPS	Extrudiertes Polystyrol

Fußnotenverzeichnis

- 1 Verbaute Dämmungen EPS/XPS; Zusammenfassender Bericht; Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Bern; Zürich, 02. Februar 2015
- 2 Güteschutzgemeinschaft Polystyrol Hartschaum; 2522 Oberwaltersdorf, Brückenstraße 3
- 3 Interviews mit Hrn. Jandl von der Fa. Austrotherm; Übermittelte Daten
- 4 Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS; Fraunhofer 2014; IBP-Bericht BBHB 019/2014/281
- 5 Polystyrol Hartschaumstoff (EPS/XPS); Kunststoffe 10/2010
- 6 Hexabromcyclododecan (HBCD) Antworten auf häufig gestellte Fragen, Umweltvundesamt Februar 2015
- 7 Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus Wärmedämm-Verbundsystemen und Flachdachabdichtungsaufbauten mit Dämmplatten aus Polystyrol-Hartschaum (Styropor); Fraunhofer IRB Verlag 1998
- 8 <http://www.villach.at/inhalt/26708.asp>; Ganzheitliche Bewertung der Nutzung unterschiedlicher Dämmstoffvarianten zur energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern, Katrin Scharte, Ruhr-Universität Bochum 2013; Materialien und Dämmstärken, Energie- und Umweltagentur Niederösterreich (eNu), Grenzgasse 10, 3100 St.Pölten; http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauedaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bau teilen__2011-11-03.pdf; <http://www.bauder.at/at/steildach/steildach-produkte/waermedaemmung.html>; IBP Mitteilung 461 (2005);
- 9 Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen; IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH; DI Thomas Zelger, Mag. Hildegund Mötzl, DI FH Astrid Scharnhorst, Markus Wurm; Wien 2009
- 10 Post-Consumer EPS Waste Generation and Management in European Countries 2009; Consultic, EUMEPS <https://www.gph.at/images/gph/service/broschueren/WDVS-Folder.pdf>
- 11 ÖSTAT; http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/wohnen/wohnungs_und_gebaeudebestand/Gebaeude/index.html
- 12 Verbot des Einsatzes für HBCD-haltiges EPS aufgrund der Novelle der EU-POP-Verordnung
- 13 Interviews mit Hrn. Grüttner, technischer Betriebsleiter des MHKW Würzburg
- 14 Verwertung von Polystyrol-Schaumstoffabfällen mit HBCD; Plastics Europe 2014
- 15 Interviews mit EVN (Dürnrohr), Hr. Netoliczka
- 16 Interviews mit Energie AG, Hr. Habel
- 17 Interviews mit Würzburg, Hr. Grüttner
- 18 Interviews mit Wien Energie, Simmering, Hr. Leitner
- 19 Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich; Ressourcen Management Agentur 2007
- 20 Interviews mit Fa. Reitermayr & Schütz: Hr. Schütz
- 21 Interviews mit Fa. Felbermayr: Hr. Reisenbichler, Leitung Abteilung Abfallwirtschaft
- 22 Interviews mit Fa. Energie AG, Containerservice; Hr. Habel, Leitung Abfall- und Wertstoffmanagement
- 23 Interviews mit Fraunhofer/Creasolv: Hr. Schlummer, Geschäftsfeldmanager Recycling und Umwelt
- 24 Interviews mit Wien Energie, Simmering, Hr. Leitner
- 25 Interviews mit Energie AG: Hr. Habel, Leitung Abfall- und Wertstoffmanagement
- 26 Interviews mit Fa. Hasenöhr: Hr. Derntl, Abfallverwertung/Container/Entsorgung
- 27 Interviews mit Fa. Sunpor: Hr. Eberstaller, Geschäftsführer
- 28 Plastics Eng. <http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/september2015/resinmarketfocus.html>
- 29 <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/mcs-2015-bromi.pdf>
- 30 EU Ozonverordnung (EG) Nr. 1005/2009
- 31 "Rapid identification of PS foam wastes containing HBCDD or its alternative PolyFR by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF)"; Martin Schlummer, Jörg Vogelsang, Dominik Fiedler, Ludwig Grubea, Gerd Wolz; Fraunhofer Institute IVV, Recycling Plastics, 85354 Freising, Germany; BASF SE, 67056 Ludwigshafen, Germany
- 32 FLAME RETARDANT ALTERNATIVES FOR HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD); Final Report June 2014, US-EPA

1 Hintergrund

Die Änderung der gesetzlichen Lage in Bezug auf das in Expandiertes Polystyrol (EPS) und Extrudiertes Polystyrol (XPS) bisher verwendete Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD)), dessen Anwendung durch die Verordnung (EG) Nr. 850/2004 bis auf eine zeitlich begrenzte Ausnahme verboten wurde, erfordert eine Abschätzung des Problempotenzials und die Untersuchung von Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten.

Die Hauptpunkte die in dieser Studie erarbeitet werden sollen sind:

- Datenquellen
- Mengen und Verteilung
- Modelle für die Rezyklierung erarbeiten (Abbau, Logistik, Aufarbeitung, Verwertung)
- Bewertung der Modelle nach
 - o ökonomischen
 - o ökologischen
 - o rechtlichen

Gesichtspunkten

Die verschiedenen Interessen werden natürlich berücksichtigt, im Vordergrund steht aber auf jeden Fall der Versuch der objektiven Darstellung und Beurteilung der Faktenlage.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Verfügbare Daten, Studien

- EDM des BMLFUW: Abfragemöglichkeiten für Anlagen und Betreiber
- The potential of plastic insulation to realise energy savings and de-coupling in Europe; Final Report; GUA - Gesellschaft für umfassende Analysen, Wien 2006
- Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS; Fraunhofer IBP-Bericht BBHB 019/2014/281
- ADOSA Studie (Aufkommen von Dämmstoffen im Oö. Wohnbau und künftige Anforderungen aus Sicht der Abfallwirtschaft); RMA
- Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011
- Verwertung von Polystyrol-Schaumstoffabfällen mit HBCD, Plastics Europe, 2014
- ABFALLVERMEIDUNG UND -VERWERTUNG: BAURESTMASSEN, UBA 2006
- HOHWILLER, Frieder; Schäumbares Polystyrol (EPS);; KU Kunststoff 89(1999) 10
- HUNKLINGER; Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus Wärmedämm-Verbundsystemen und Flachdachabdichtungsaufbauten mit Dämmplatten aus Polystyrol-Hartschaum (Styropor); Fraunhofer IRB Verlag 1998
- Studie «Verbaute Dämmungen EPS/XPS» Zusammenfassender Bericht Zürich, 02. Februar 2015
- FLAME RETARDANT ALTERNATIVES FOR HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD); Final Report June 2014, US-EPA
- Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich; Ressourcen Management Agentur 2007
- Masterarbeit (Universität für Bodenkultur) Michael Huber: Entsorgung von Dämmstoffabfällen in Österreich; Wien, Mai 2013
- Ganzheitliche Bewertung der Nutzung unterschiedlicher Dämmstoffvarianten zur energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern, Katrin Scharte, Ruhr-Universität Bochum 2013
- Materialien und Dämmstärken, Energie- und Umweltagentur Niederösterreich (eNu), Grenzgasse 10, 3100 St.Pölten
- Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen; IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH; DI Thomas Zelger, Mag. Hildegund Mötzl, DI FH Astrid Scharnhorst, Markus Wurm; Wien 2009

2.2 Nationale und EU Gesetzgebung

- Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002) BGBl. I Nr. 102/2002
- Abfallverzeichnisverordnung BGBl. II Nr. 498/2008
- Recycling-Baustoffverordnung BGBl II 181/2015
- Reach VO (EG) Nr. 1907/2006
- Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe
- VO (EG) Nr. 850/2004 über persistente organische Schadstoffe
- EG Abfallrahmenrichtlinie Nr. 98/2008
- BVT-Merkblätter
- Abfallverbrennungsverordnung BGBl II Nr. 389/2002
- EG-Abfallverbringungsverordnung Nr. 1013/2006
- Industrieemissionsrichtlinie (EU) Nr. 75/2010
- Verordnung (EU) Nr. 1357/2014 zur Ersetzung von Anhang III der Richtlinie 2008/98 und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien
- Beschluss 2014/955/EU der EK zur Änderung der Entscheidung 2000/532 (EG) über ein Abfallverzeichnis gem. Richtlinie 98/2008
- EU-Ozonverordnung (EG) Nr. 1005/2009

3 Analyse - Basisdaten

3.1 Herstellung von EPS

Im ersten Schritt werden suspensionspolymerisierte Polystyrol-Kügelchen von etwa 1 mm Durchmesser hergestellt. Sie enthalten etwa 6 % Pentan. Diese Kügelchen werden zweimal expandiert. Zum ersten werden sie mit 100 bis 120 °C heißem Wasserdampf bis über die Glasübergangstemperatur aufgeheizt. Der Dampfdruck von Pentan steigt und expandiert die Kügelchen zu sogenannten „Perlen“, das sind Schaumpartikel von etwa 3 mm Durchmesser. Nach dem Abkühlen werden die Schaumpartikel einige Tage gelagert, damit Wasserdampf und Pentan heraus- und Luft einpermeieren können.

Danach werden die Schaumpartikel in eine feste Form geschüttet, deren Hohlraum das gewünschte Formteil darstellt. Durch feine Bohrungen in den Wänden der Form wird 100 bis 120 °C heißer Dampf eingeblasen, der die Luft zwischen den Schaumpartikeln verdrängt und durch weitere Bohrungen in den Formwänden entweicht. Nach Überschreiten der Glasübergangstemperatur dehnen sich die Schaumpartikel auf etwa das Doppelte ihres Volumens aus. Dabei verformen sie sich, füllen die ursprünglichen Leerräume zwischen den Kugeln aus und verschweißen zu einem Fertigteil.

Die Möglichkeit, vorgeschäumte Perlen mit Wasserdampf weiter aufzuschäumen, ergibt sich aus der hohen Permeabilität von Wasserdampf in heißem Polystyrol. Wasserdampf kann die über die Glastemperatur aufgeheizten Polystyrol-Wände also schnell durchdringen. Luft benötigt dafür sehr viel mehr Zeit. Dadurch wirkt heißes Polystyrol wie eine halbdurchlässige Membran, die nur für Wasserdampf gut durchlässig ist. Wie bei der Osmose sind die Partialdrücke innen und außen bestrebt, sich auszugleichen. Der Wasserdampf-Partialdruck im Innern der Schaumzellen steigt schnell an. Da die Luft in der kurzen Zeit nicht herausdiffundieren kann, baut sich in den Zellen ein Überdruck auf, der die Zellen expandieren lässt.

- Flammgeschütztes EPS, produziert in Österreich bis 2015, enthält etwa 0,7% HBCD
- 2015 begann die Umstellung auf polymere Flammschutzmittel, die ebenfalls bromiert sind

3.2 Herstellung von XPS

In einem Extruder wird Polystyrol aufgeschmolzen und mit einem Treibmittel versetzt. Nach dem Passieren einer Breitschlützdüse weitet sich der Strang auf die geplante Dicke auf. Nach einer Kühlstrecke werden die Platten geschnitten.

- Bis Anfang der 90er Jahre wurden FCKWs als Treibmittel zum Schäumen eingesetzt. Aufgrund unterschiedlicher Konzentrationen und Verweilzeiten können die aktuellen Gehalte variieren. FCKW Treibmittel wurden in Konzentrationen bis 11% eingesetzt.
- Ab Anfang der 90er Jahre wurden HFCKWs als Treibmittel eingesetzt
- Ab Mitte der 90er Jahre wurden HFCKWs und CO₂ als Treibmittel verwendet
- Die hauptsächlich verwendeten halogenierten Treibmittel waren: R12, R142b, R22, R134a, R152a
- In Österreich hat der einzige XPS Produzent seit 2004 nur mehr CO₂ mit Anteilen von Isobutan (5-10% des CO₂) eingesetzt

- Seit 2009 wird in Österreich (inklusive Importe) kein XPS eingesetzt, das mit halogenierten Schäummitteln hergestellt wurde
- Bei CO₂ werden 5-6% als Treibmittel eingesetzt
- Als Flammschutz wurde bis 2014 dem XPS etwa 2 % HBCD zugesetzt
- Die Dichte des XPS wird in den 1990igern mit 36 kg/m³ angegeben und sank bis jetzt auf 33 kg/m³

3.3 Verbauung

Neben den Fassaden wurde und wird EPS in Dächern, Deckendämmungen, Trittschalldämmungen und Treppen-, Fundament- und Bodenplattendämmungen verbaut. Die Fassaden und Dachdämmungen machen dabei den Großteil der Dämmungsmengen aus¹.

Daher wird die Fassadenverbauung auch intensiv behandelt.

3.3.1 Verbauung von EPS und XPS in Fassaden

- o Wand
 - o Kleber
 - o EPS mit Dübeln
 - o Kleber
 - o Bewehrungsgitter
 - o Kleber/Putz
- Die klassische Verbauung basiert auf mehreren Befestigungsmechanismen:
- o Dübel halten die Platten an der Wand (auch bis der Kleber ausgehärtet ist)
 - o Kleber fixiert die Platten
 - o Bewehrung + Kleber verbinden die Platten untereinander

3.3.2 Perimeterdämmung

Hier werden Platten aus XPS oder Automaten-EPS eingesetzt. Automaten-EPS fand erst in den letzten Jahren Verbreitung.

Die Perimeterdämmung erfolgt meist durch Aufsetzen von XPS Platten auf einen feuchtigkeitsdichten Anstrich. Auch hier werden Kleber und zum Teil Dübel verwendet. Über dem Bodenniveau wird ähnlich wie bei der Fassade mit Gitter und Putz abgedeckt. Unter Bodenniveau kommen meist dichte Kunststoffdrainagematten zum Einsatz.

3.3.3 Dachdämmung

In Dachdämmungen wird EPS oder XPS meist in Form loser Platten verlegt. Bei Flachdächern ist meist keine Befestigung der Platten nötig. Auch bei Steildächern wird meist keine kraftschlüssige Verbindung eingesetzt, sondern auch lose verlegt.

¹ Verbaute Dämmungen EPS/XPS; Zusammenfassender Bericht; Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Bern; Zürich, 02. Februar 2015

3.4 EPS/XPS Mengen

3.4.1 Daten

Die verwendeten Daten stammen einerseits aus Studien, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden und von Verbänden erfassten Daten, andererseits aus Schätzungen und Berechnung aus Daten von Deutschland. Dementsprechend unterschiedlich ist die Datenqualität zu sehen.

Schätzungen sind naturgemäß mit einer größeren Ungenauigkeit verbunden. Aber auch bei Daten aus älteren Studien ist die Datenquelle oft nicht feststellbar, und daher die Datenqualität nicht beurteilbar. Am ehesten zuverlässig sind Daten von den Verbänden.

Vorsicht ist bei der Bewertung der Daten notwendig: in der hier vorliegenden Studie wurde der Schwerpunkt auf HBCD-belastetes EPS und XPS im Baubereich gelegt. Volums- oder Gewichtsangaben sind oft auf EPS bezogen, das für WDVS verwendet wird. Flächenangaben sind, soweit sie Fassaden betreffen mit den jeweiligen Fassadendämmstärken zu bewerten. Die Angaben der Verbände über die Flächen, die Abgesetzt wurden, beziehen sich auf die durchschnittlichen Plattenstärken.

Für EPS lassen sich einige Datenquellen identifizieren, wogegen jedoch für XPS die Datenlage noch spärlicher ist. Die HBCD Konzentration in XPS ist aber 2-3 mal so hoch, wie in EPS, wodurch auch die wesentlich geringere XPS Menge relevant wird.

Die GPH² verfügt über Daten der letzten Jahre. Dabei handelt es sich um die Flächen- und Gewichtsdaten der in Österreich von ihren Mitgliedern vertriebenen EPS Mengen. XPS wird davon nicht erfasst. Die Daten der GPH wurden mit einem ebenfalls von der GPH geschätzten Importanteil und den Mengen der Nicht-Mitglieder ergänzt. Ebenfalls ergänzt wurde mit einem Zuschlag für Automatenware (spezielle Formteile und Platten, für die keine Mengendaten von den Herstellern offengelegt wurden).

Aus verschiedenen Studien wurden Daten für den EPS-Einsatz in Österreich abgeleitet.

² Güteschutzgemeinschaft Polystyrol Hartschaum; 2522 Oberwaltersdorf, Brückenstraße 3

3.4.2 EPS/XPS Mengen in Österreich

Im folgenden Diagramm sind die Daten der verschiedenen Quellen dargestellt.

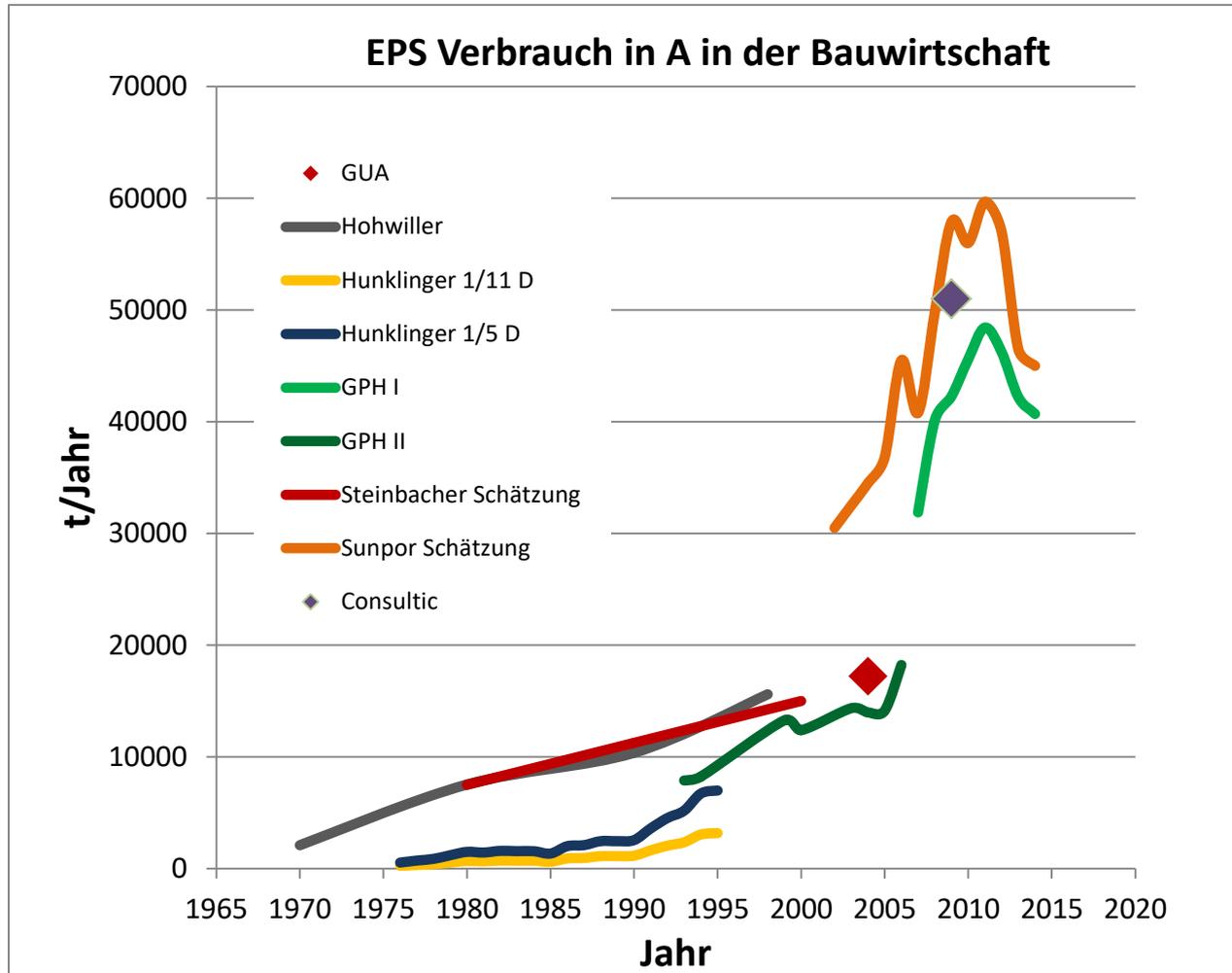


Diagramm 1: EPS Verbrauch der Bauwirtschaft in Österreich

Die Datenreihen sind vom Verlauf her sehr ähnlich, jedoch unterscheiden sie sich wesentlich in den absoluten Höhen. Vor allem in den Jahren 1970 bis 2000 sind die Schätzungen oder Analysen sehr unterschiedlich.

Aus diesem Grund werden Maximum und Minimumlinien und ein Mittelwert der Daten eingeführt.

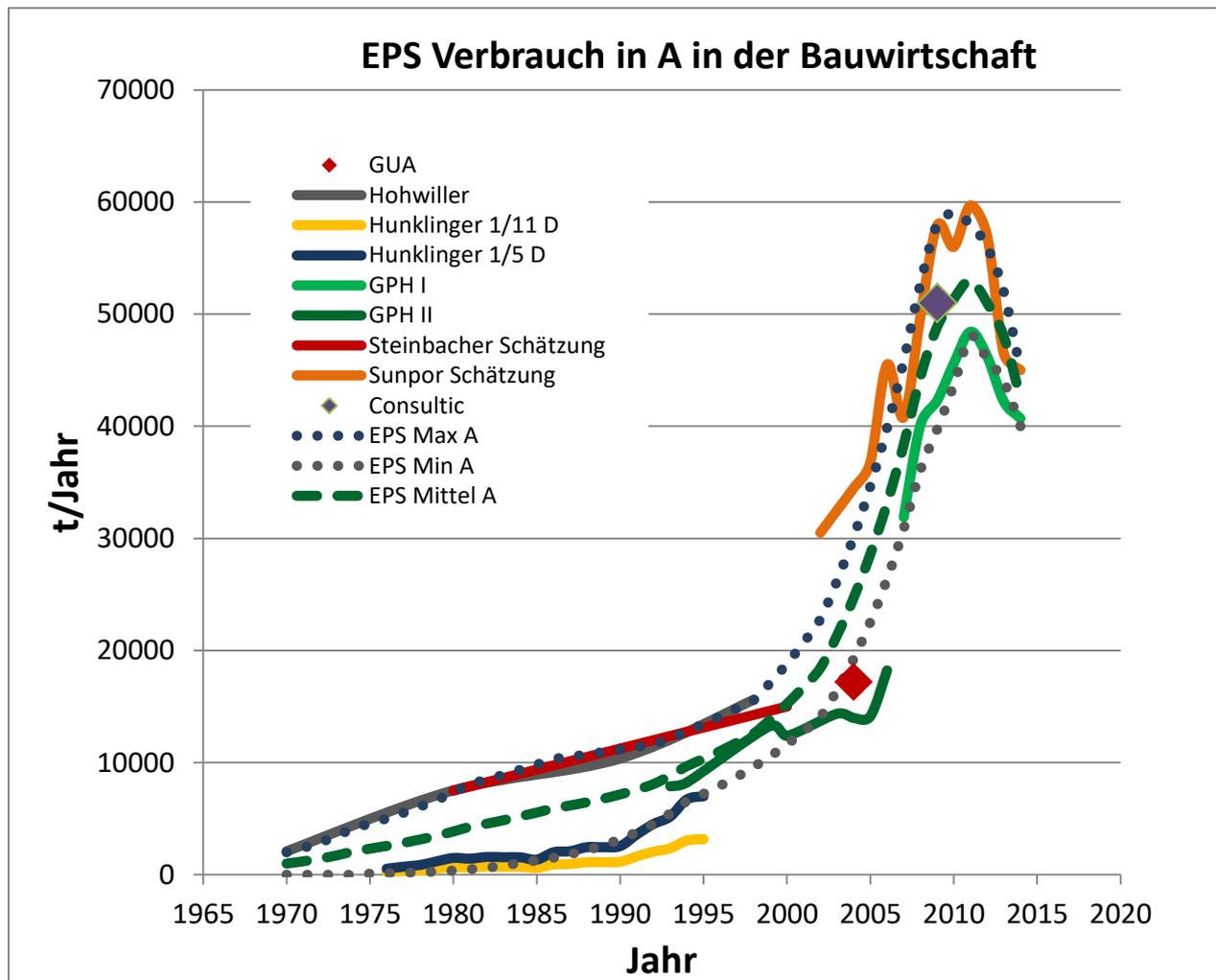


Diagramm 2: EPS Verbrauch der Bauwirtschaft in Österreich und Max/Min Abgrenzung

Insgesamt wurden in Österreich in der Bauwirtschaft bis zu 53.000 t EPS pro Jahr eingesetzt. Seit 2011 nimmt die Einsatzmenge ab. Derzeit befinden sich nach diesen Berechnungen 690.000 t EPS auf den Gebäudefassaden Österreichs.

Für die Dämmstoffdicke konnten Werte für die durchschnittliche Dicke von EPS Platten ermittelt werden. Weiters wurden Erfahrungswerte aus der Dämmpraxis berücksichtigt. Diese beziehen sich auf die Stärke der Fassadendämmung.

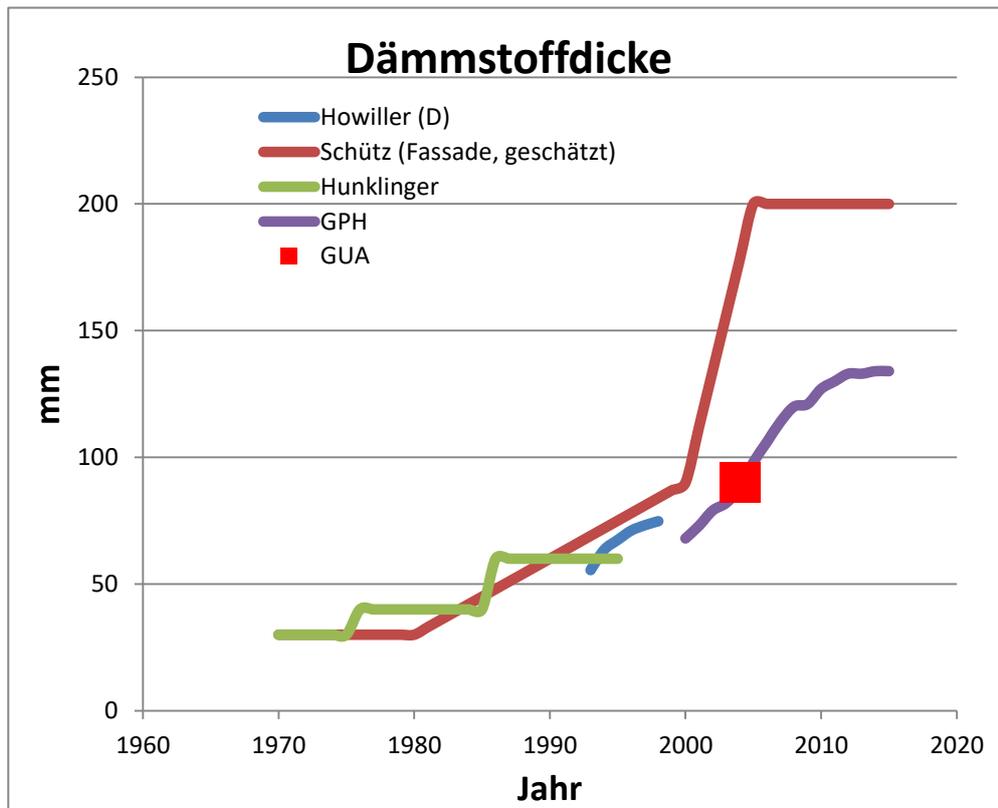


Diagramm 3: Die Entwicklung der Dämmstoffdicken in Österreich

In Diagramm 3 stammt die Datenreihe „Schütz“ aus den Erfahrungswerten der EPS-Fassadendämmstärke. Die GPH Daten hingegen sind Mittelwerte aus allen eingesetzten EPS Platten.

Eine Unterscheidung der verwendeten EPS-Qualitäten konnte nicht vorgenommen werden. Die Verwendung von XPS ist noch schlechter dokumentiert. Hier konnten wenige historische Werte gefunden werden. Vom einzigen Österreichischen XPS Hersteller (Austrotherm/Hr. Jandl³) sind Schätzungen vorhanden. Aus einer RMA Studie konnten ebenfalls Daten entnommen werden.

³ Interviews mit Hrn. Jandl von der Fa. Austrotherm; Übermittelte Daten

Aus den bisherigen Daten kann nur eine Extrapolation vom EPS Verbrauch auf den XPS Verbrauch durchgeführt werden. XPS wird hauptsächlich für die Perimeterdämmung verwendet. Aus dem Aufbau und der Geometrie von Gebäuden ist von einer wesentlich kleineren Dämmfläche als für EPS auszugehen. Auch ist die Dämmstoffdicke in der Perimeterdämmung meist sehr viel geringer. Nimmt man einen Flächenanteil von 25 % an und eine Dicke von bis zur Stärke der Fassadendämmungen, dann erhält man mit der höheren Dichte des XPS einen Faktor von etwa 0,5 t XPS pro t EPS.

In einer GUA Studie wird ein Wert für 2004 angegeben, der etwas weniger als ein Drittel der angegebenen EPS Menge für dieses Jahr als XPS Menge ausgab. Dieser Wert liegt etwas unter den ermittelten Werten.

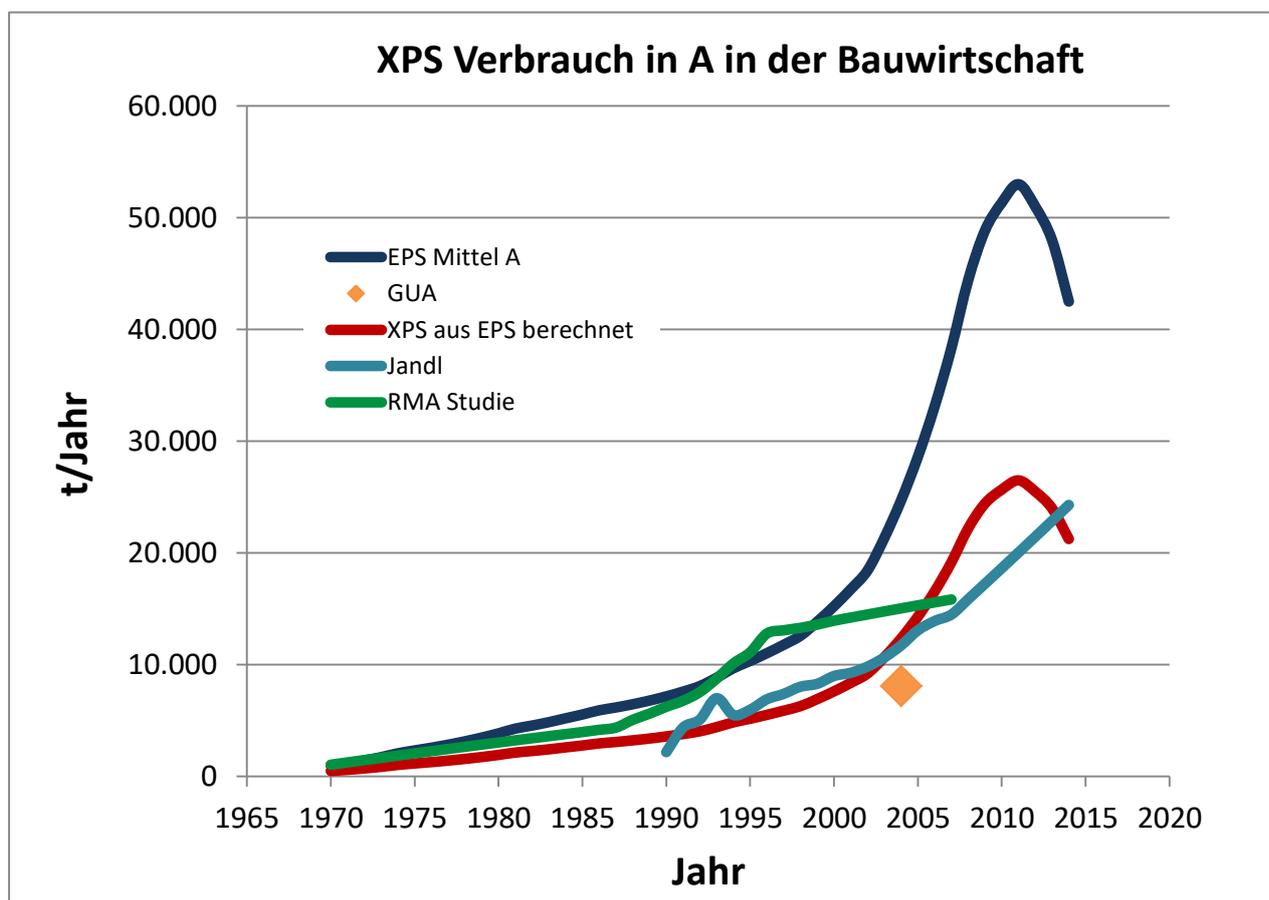


Diagramm 4: XPS Verbrauch in A in der Bauwirtschaft aus verschiedenen Datenquellen; EPS Mengen sind als Vergleich ebenfalls dargestellt

In Diagramm 4 sind die ermittelten Daten für den XPS Einsatz in Österreich gegenübergestellt.

Aus diesen Datenreihen wurde eine Annahme erstellt. Diese liegt zwischen den ermittelten Daten, berücksichtigt jedoch den Einzelwert der GUA-Studie nicht. In den weiteren Berechnungen werden die Werte der Annahme verwendet.

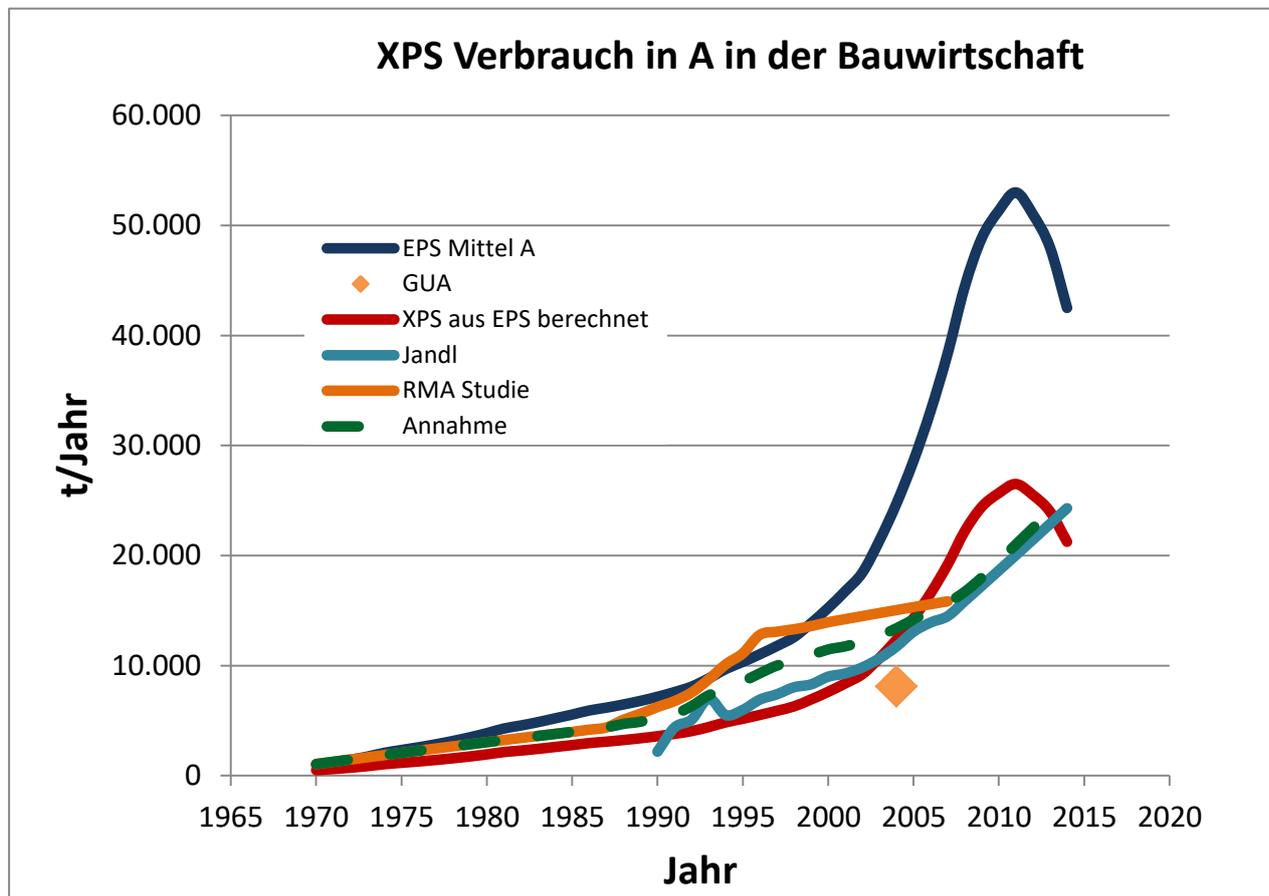


Diagramm 5: XPS-Verbrauch in A, Daten und Annahme

XPS wurde in Österreich in Mengen bis zu 24.000 t (2013) als Dämmmaterial eingesetzt. Kumuliert man diese Mengen über die letzten Jahrzehnte, dann ergeben sich etwa 390.000 t XPS auf den Gebäudefassaden Österreichs.

Die Annahme (grüne Striche) wurde auch für die Berechnung des im XPS enthaltene HBCD Lager zugrunde gelegt.

3.4.3 Vergleich mit Deutschland

Die Plausibilität der Daten soll auch in einem Vergleich mit Deutschland und der gesamten EU geprüft werden. Dazu wurden die gesammelten Daten den Daten aus Österreich gegenüber gestellt.

Vergleicht man mit den Daten aus Deutschland⁴, so fällt der sehr unterschiedliche Verlauf des Verbrauches der letzten Jahrzehnte auf und auch der vergleichsweise sehr hohe Verbrauch in Österreich. Sowohl von Experten als auch in anderen Studien wird der sehr viel höhere Verbrauch in Österreich bestätigt. Zum einen sind die Daten aus Deutschland rein auf die Fassade bezogen. Zum anderen ist im WDVS nach Angaben der GPH das Verhältnis der gedämmten Fläche zwischen Deutschland und Österreich etwa 4:1. Die Dämmstoffdicken waren auch in Österreich immer etwas höher. In Österreich lag in den letzten Jahren der Anteil der Fassade am gesamten EPS Verbrauch für den Bau bei etwa 50 Prozent.

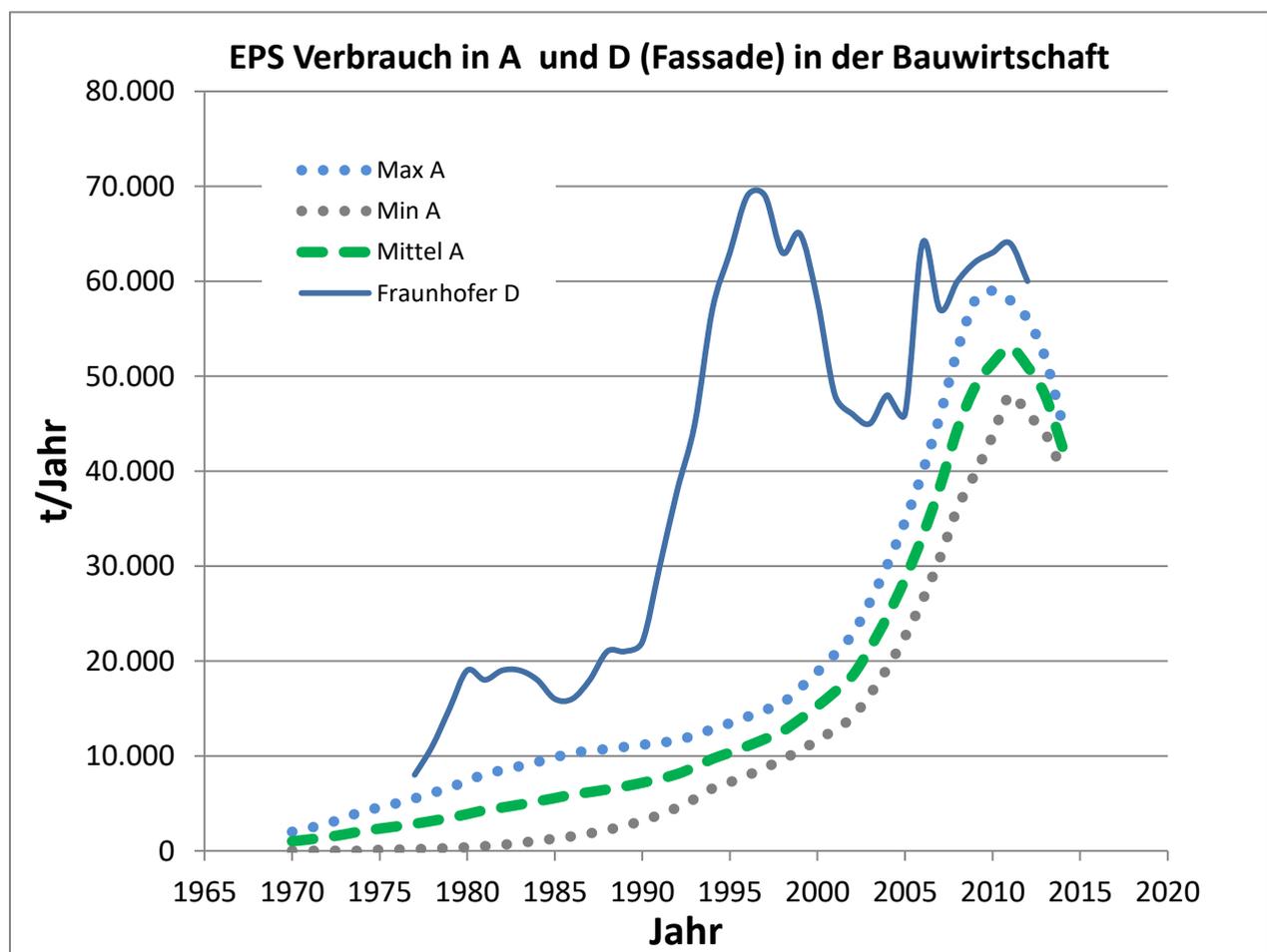


Diagramm 6: Abgeschätzter Verbrauch von EPS im Bausektor in Österreich und Vergleich mit Deutschland („Fraunhofer Studie“)

⁴ Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS; Fraunhofer 2014; IBP-Bericht BBHB 019/2014/281

Berücksichtigt man diese Faktoren (Dämmstoffdicke: Faktor 1,2; Anteil der Fassade an gesamt-EPS: Faktor 2), dann sieht der Vergleich wesentlich plausibler aus.

Der Peak des EPS-Verbrauchs in Deutschland ab 1990 wurde von Experten mit der Deutschen Wiedervereinigung (1989/1990) erklärt. Sie löste eine wahre „Dämm-Euphorie“ aus, die zu einem schlagartigen Absatzanstieg führte. Dieser flaute nach 10 Jahren wieder ab und der Verbrauch scheint dann wieder in den international beobachtbaren Verlauf einzuschwenken.

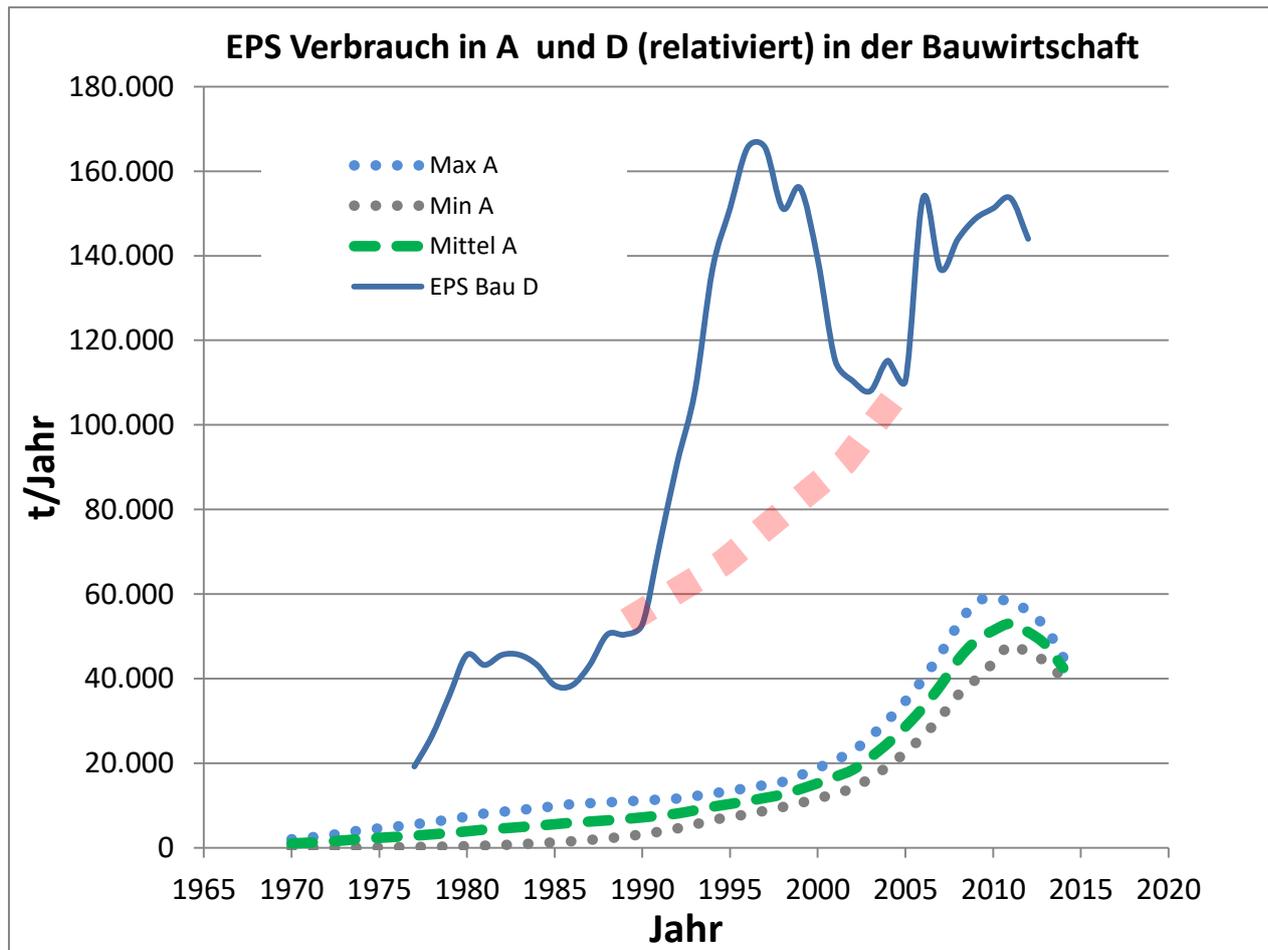


Diagramm 7: Vergleich der EPS Mengen für die Dämmung in A und D

Die auf Europäischer Ebene gefundenen Daten sind in Diagramm 8 dargestellt. Sie zeigen einen etwa kontinuierlichen Anstieg des Verbrauchs. Die GUA Daten von 2004 liegen etwas unter dem Verlauf der anderen Werte.

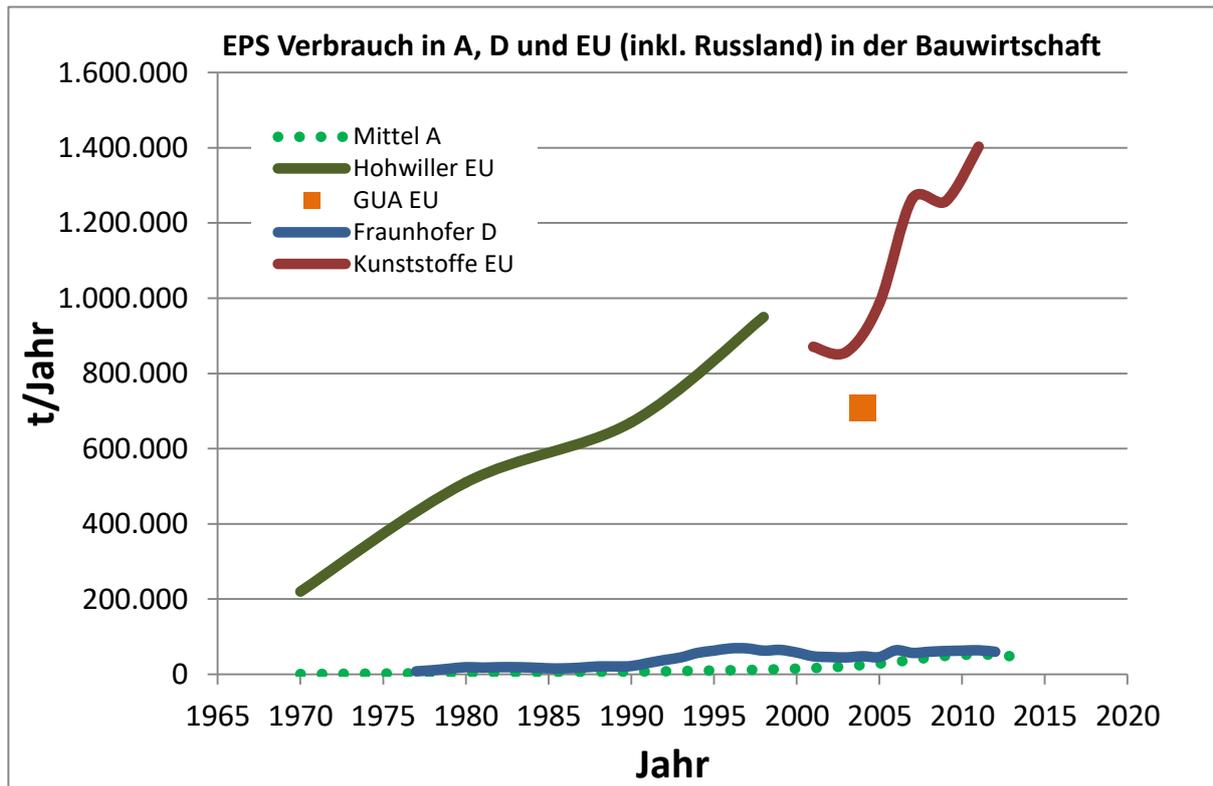


Diagramm 8: Verbrauch von EPS in der Bauwirtschaft, verglichen mit EU

Die Relation zum gesamten EPS Verbrauch weltweit und die Aufteilung auf verschiedene Anwendungsgebiete ist in Diagramm 9 dargestellt.

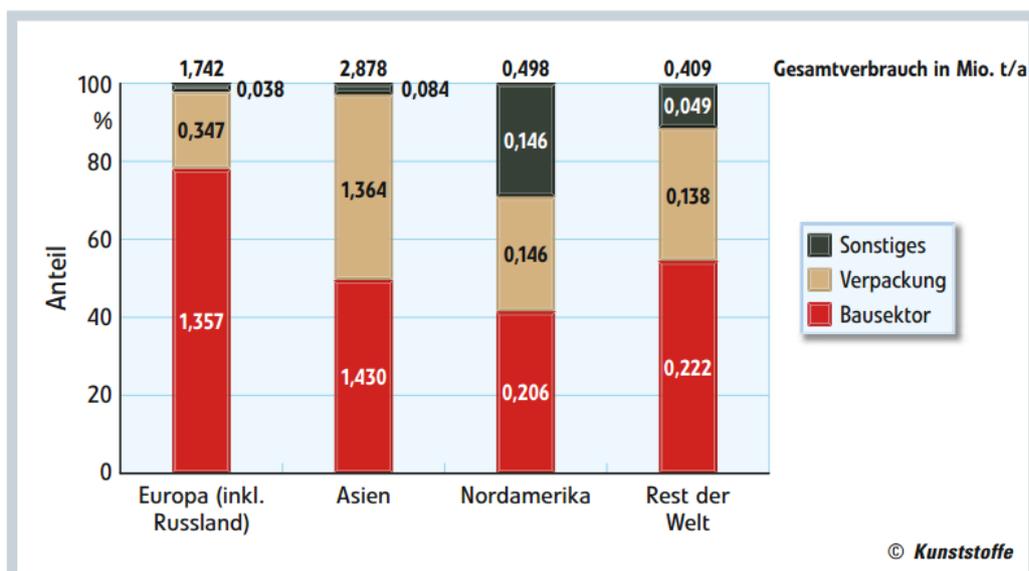


Diagramm 9: Weltweiter EPS Verbrauch im Jahr 2010⁵

In Europa gehen demnach 78 % des eingesetzten EPS in den Bausektor und 20 % werden im Verpackungsbereich eingesetzt.

⁵ Polystyrol Hartschaumstoff (EPS/XPS); Kunststoffe 10/2010

Zu beachten sind dabei die Zahlen im Diagramm 9 . In Europa und Asien wird mengenbezogen etwa gleich viel EPS im Baubereich verwendet. Zusammen verbrauchen Europa und Asien etwa 85 % des Bau EPS. Zwei Drittel des EPS für Verpackung wird in Asien eingesetzt.

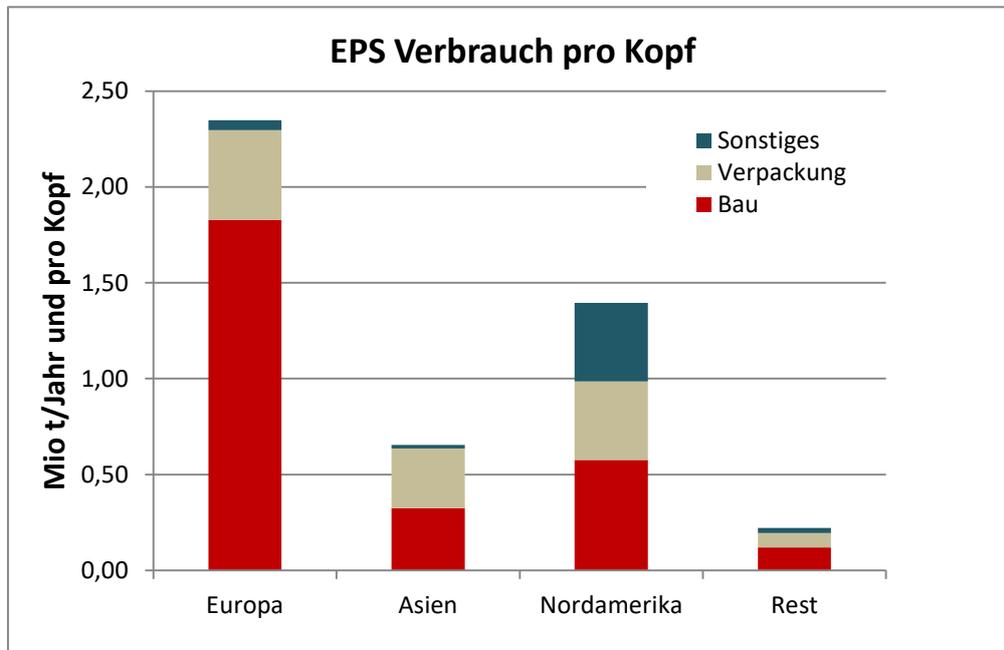


Diagramm 10: EPS Verbrauch weltweit pro Kopf

Normiert man den weltweiten Verbrauch an EPS auf die Bevölkerungszahl, dann wird deutlich, dass Europa und Nordamerika ähnliche pro Kopf Verbrauchszahlen für Verpackung haben. Asien weist einen etwas niedrigeren Pro-Kopf-Verbrauch für EPS-Verpackungen auf, der Rest der Welt nur einen Bruchteil davon. Die Pro-Kopf Mengen für die Dämmung sind in Europa am höchsten. Gründe dafür liegen in den klimatischen Bedingungen, den hohen Energiekosten, den Baustandards und den Förderungen.

3.5 Errechnete HBCD-Mengen

Aus den EPS und XPS Mengen lassen sich HBCD Mengen errechnen. Die Gesamtmenge der jährlich in Dämmungen verbauten HBCD Menge ist im nächsten Diagramm dargestellt. In den letzten Jahren wurden jährlich mehr als 500 t HBCD in Österreichs Dämmungen verbaut.

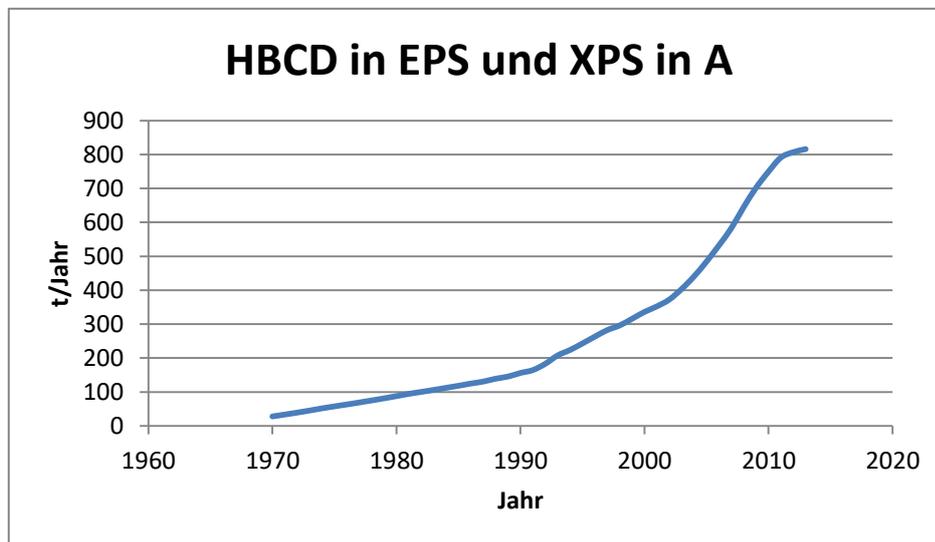


Diagramm 11: Einsatz von HBCD in EPS und XPS in Österreich

Die Daten wurden nur bis zum Jahr 2013 abgeschätzt, da in Österreich schon 2014 der pFR Einsatz begonnen wurde.

Kumuliert man die jährlichen Daten, lässt sich das HBCD-Depot in den Dämmungen Österreich ermitteln. Es zeigt sich, dass sich in Österreich bis zum Ende des erlaubten HBCD-Einsatzes etwas mehr als 12.000 t HBCD in Dämmungen angesammelt haben. Die bisherigen Rücklaufmengen (Abriss, Sanierung mit Entfernung) sind dabei nicht berücksichtigt.

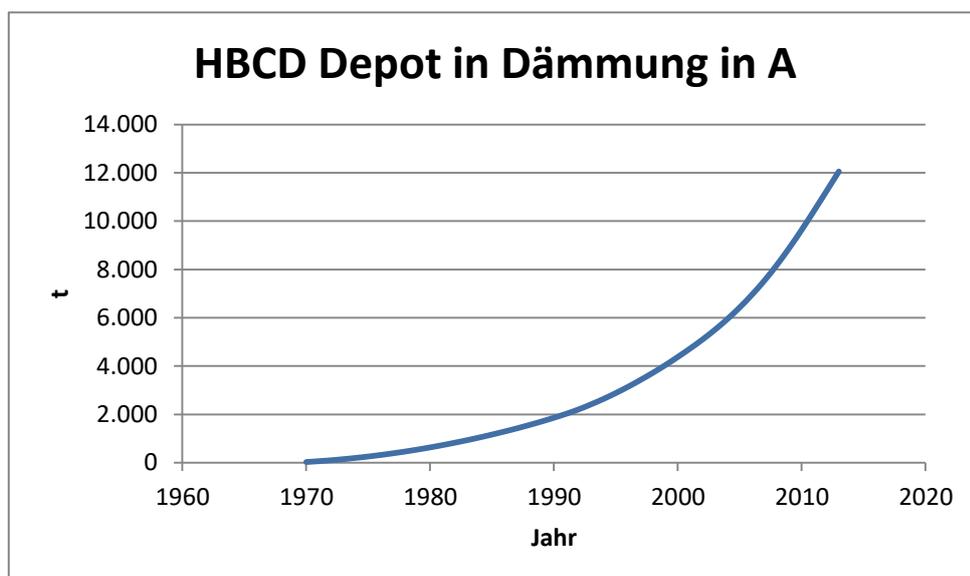


Diagramm 12: HBCD Depot in Dämmungen in Österreich

Auf die EU bezogen ergeben sich aus den vorliegenden EPS Daten mit Einrechnung der abgeleiteten XPS-Mengen (Annahme: gleiches XPS/EPS Verhältnis wie in Österreich) folgende Mengenverläufe für HBCD:

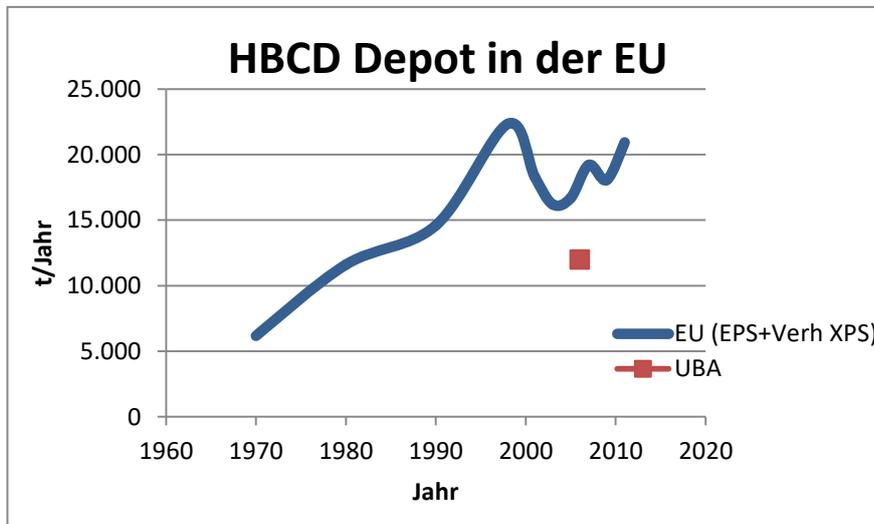


Diagramm 13: Aus den vorliegenden EPS Daten und den abgeschätzten XPS-Mengen für die EU abgeschätzter jährlicher HBCD Einsatz in Dämmstoffen

In einer Publikation des deutschen Umweltbundesamtes von 2012 wird eine Menge von 12.000 t HBCD für Europa im Jahr 2006 genannt⁶. Diese Menge stimmt gut mit den Werten, die aus dem EPS Einsatz errechnet wurden, überein. Rechnet man jedoch das HBCD aus dem XPS ein, dann wäre dieser Wert im Vergleich zu den in dieser Studie errechneten HBCD Mengen zu niedrig. Die 12.000 t enthalten auch jenes HBCD, das „in geringerem Umfang auch in Rücken-beschichtungen von Vorhängen und Möbelbezugsstoffen oder in Gehäusekunststoffen“ verwendet wurde.

Kumuliert man die eingesetzten Jahresmengen, so ergibt sich der Verlauf des HBCD Depots aus EPS und XPS in Europa mit etwa 600.000 bis 650.000 t bis zum Jahr 2013:

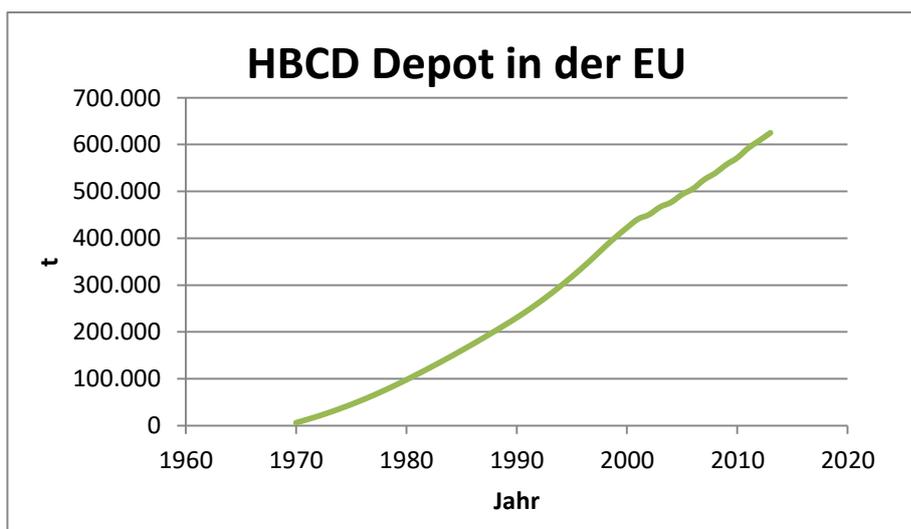


Diagramm 14: HBCD Depot in Europa (aus EPS)

⁶ Hexabromcyclododecan (HBCD) Antworten auf häufig gestellte Fragen, Umweltbundesamt Februar 2015

4 Rücklauf

4.1 Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer der Dämmung hat sehr großen Einfluss auf den Rücklauf des Dämmmaterials.

In älteren Studien wird von einer Gebäudelebensdauer von wesentlich über 100 Jahren ausgegangen⁷. Dafür wurden Gebäudestatistiken in Deutschland ausgewertet.

Am Ende der Gebäudelebensdauer fällt die Dämmung des Gebäudes auf jeden Fall als Abfall an. Zusätzlich bestehen für die Fassaden- und Perimeterdämmung sowie für die Dachdämmung andere Gründe für ein Nutzungsende.

Die Nutzungsdauer von EPS Dämmungen wird durch folgende Faktoren beschränkt:

- Gebäudeabriss
 - o Ende der Gebäudelebensdauer
 - o Andere Nutzung des Gebäudes
 - o Andere Nutzung der Baufläche
 - o Andere Gründe (z.B. Absiedelung, etc.)

- Fassadenlebensdauer

EPS Fassaden wird von den Herstellern eine Lebensdauer von 40-60 Jahren zugeschrieben, wobei das EPS selbst, wenn es keiner UV-Strahlung ausgesetzt ist, seine Stabilität und Funktion auch länger behält.
- Sanierung

Bis zu 1/3 der Dachdämmungen und Fassadendämmungen müssen vor dem Ende der möglichen Nutzungsdauer wegen Verarbeitungsfehlern saniert werden. Im Zuge der Sanierung kommt es meist zur Entnahme der Dämmung oder auch zur Aufdoppelung.
- Reduktion der Nutzungsdauer aufgrund anderer Einflüsse
 - o Wechseln der Fenster wird meist in Kombination mit einer Fassadensanierung durchgeführt. Für Fenster wird derzeit eine Nutzungsdauer von etwa 20-40 Jahren angenommen
 - o Schäden am Gebäude

⁷ Untersuchung des Recyclings von Stoffsystemen aus Wärmedämm-Verbundsystemen und Flachdachabdichtungsaufbauten mit Dämmplatten aus Polystyrol-Hartschaum (Styropor); Fraunhofer IRB Verlag 1998

Die Angaben über die Nutzungsdauer von EPS Fassaden reichen von 25 bis 60 Jahren. In Tabelle 1 sind nur einige Beispiele angegeben⁸:

Tabelle 1: Beispiele für angenommene Nutzungsdauern

Beispiel	Bemerkung	Nutzungsdauer
Stadt Villach, Ratgeber Wärmedämmung		40 Jahre
Ruhr-Universität Bochum		40 Jahre
Energie- und Umweltagentur NÖ		30-40 Jahre
VDI 2067		25-35 Jahre
Nachhaltigbauen.de	XPS-Perimeterdämmung	40 Jahre
Nachhaltigbauen.de	EPS Fassade	40 Jahre
Bauder		30-40 Jahre
IBP Mitteilung		>35 Jahre
Fraunhofer	aus anderen Quellen	50-60 Jahre

Das Wiener IBO Institut sammelte ebenfalls Angaben über die Nutzungsdauer von WDVS und Perimeterdämmungen in Nutzungsdauerkatalogen.

In Diagramm 15 sind die Ergebnisse für WDVS dargestellt.

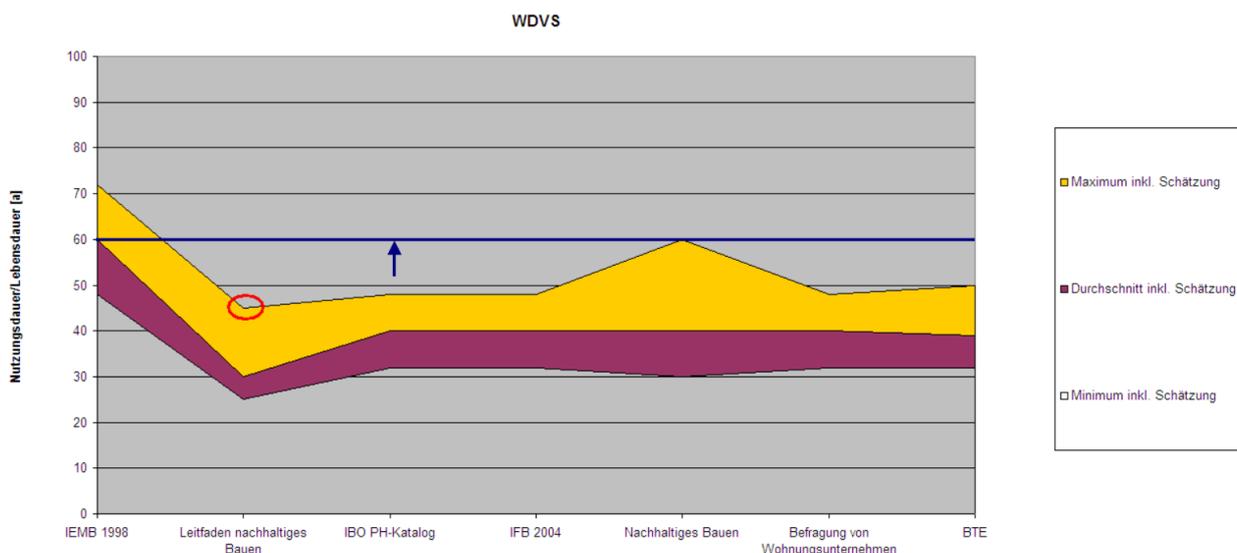


Diagramm 15: Nutzungsdauer von WDVS Fassaden aus verschiedenen Nutzungsdauerkatalogen⁹

Die Mehrheit der Angaben in den Nutzungsdauerkatalogen sieht eine Nutzungsdauer von 30-50 Jahren.

⁸ <http://www.villach.at/inhalt/26708.asp>; Ganzheitliche Bewertung der Nutzung unterschiedlicher Dämmstoffvarianten zur energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern, Katrin Scharte, Ruhr-Universität Bochum 2013; Materialien und Dämmstärken, Energie- und Umweltagentur Niederösterreich (eNu), Grenzgasse 10, 3100 St.Pölten; http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauededaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2011-11-03.pdf; <http://www.bauder.at/at/steildach/steildach-produkte/waermedaemmung.html>; IBP Mitteilung 461 (2005);

⁹ Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen; IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH; DI Thomas Zelger, Mag. Hildegund Mötzl, DI FH Astrid Scharnhorst, Markus Wurm; Wien 2009

Aufgrund der Unempfindlichkeit gegenüber Nässe und Pilzbefall sowie der Eigenstabilität sind EPS WDVS eher länger beständig als andere WDVS-Systeme, die z.B. auf Steinwolle oder Zellulose basieren.

Die Nutzungsdauern von Fenstern üben auch einen wesentlichen Einfluss auf die Nutzungsdauer von Fassaden aus.

Nachhaltigbauen.de gibt die Nutzungsdauer für Fenster (versch. Teile) mit 25-40 Jahren an.

Auch Angaben von Fensterherstellern bestätigen diese Annahmen, gehen jedoch zum Teil von der unteren Schwelle aus.

Bei Fensterwechseln wird oft auch die Fassade überarbeitet und neu gedämmt. Beim Aufdoppeln von EPS WDVS wird fast ausschließlich mit EPS aufgedoppelt. Sofern alternatives Dämmmaterial gewünscht wird, wird die EPS Dämmung entfernt.

In Bezug auf die Perimeterdämmung fand das IBO ebenfalls verschiedene Angaben.

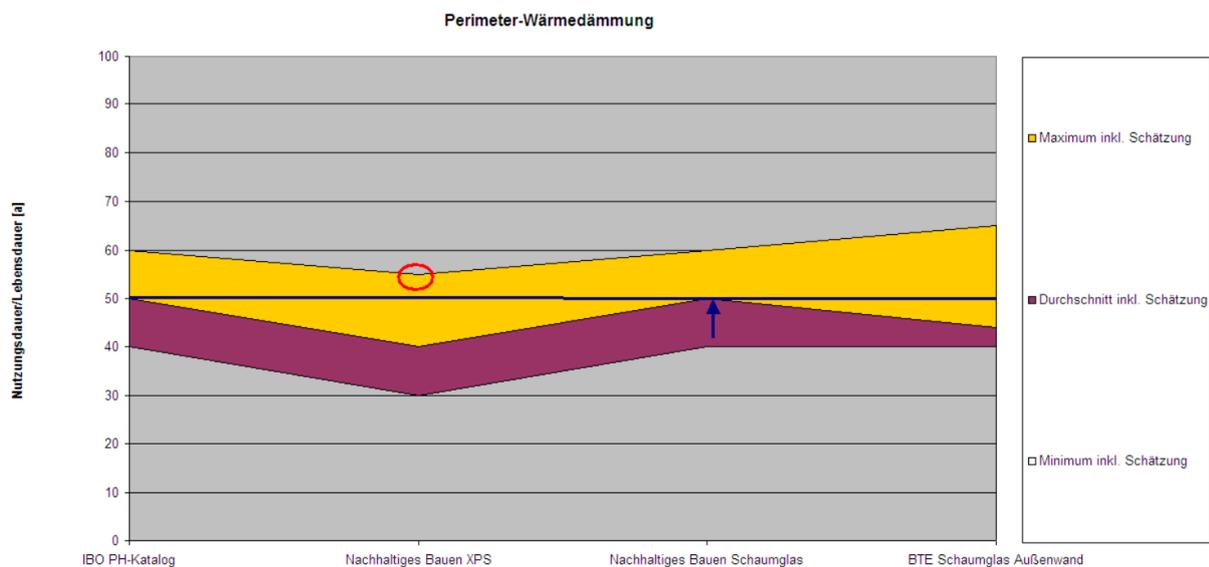


Diagramm 16: Nutzungsdauer von Perimeterdämmungen aus Nutzungsdauerkatalogen

In der vom Fraunhofer IBP 2014 durchgeführten Studie wird die Nutzungsdauer von WDVS Fassaden mit 50 bis 60 Jahren angegeben.

Die Lebensdauern und auch Nutzungsdauern weisen aber keinen einheitlichen Zeitpunkt auf, an dem alle Gebäude oder WDVS ihr Ende erreichen. Nimmt man einheitliche Nutzungszeiträume an, dann wird die Kurve des WDVS Einsatzes nur um diese Zeit in die Zukunft verschoben. Dies würde z.B. zu einem Rücklauf bis zum Jahr 2014+Nutzungsdauer führen, an dem der Rücklauf schlagartig abbricht. Dieses Modell ist nicht realistisch, in der Praxis wird der Rücklauf einer rechtsschiefen Verteilung folgen.

Eine Studie über EPS Abfälle der Firma Consultic¹⁰ stellt die Gebäudelebensdauern als Verteilung dar und unterscheidet auch zwischen der Nutzungsart der Gebäude.

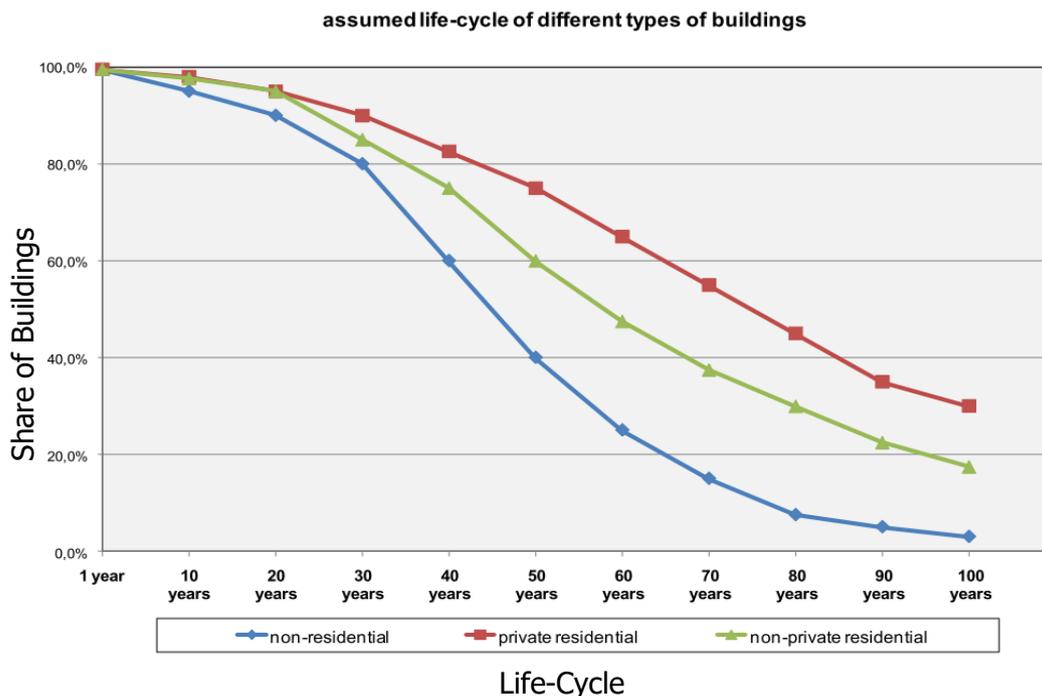


Diagramm 17: Lebensdauer von Gebäuden (Consultic)

Die Unterscheidung nach der Art des Baues (privater Wohnbau, genossenschaftlicher/anderer nicht privater Wohnbau, andere Nutzungen) scheint sinnvoll, da eine gemeinsame Betrachtung keine Rücksicht auf Unterschiede in der Bauqualität und im Nutzungsverhalten nimmt. Ein Hinweis darauf ist, dass z.B. im genossenschaftlichen Wohnbau oder bei gewerblichen Bauträgern EPS aufgrund der niedrigen Kosten häufig zum Einsatz kommt (Quelle: Interviews).

Bei privaten Bauten wird im Gegensatz dazu aufgrund der höheren Ansprüche an Wohnqualität und Dauerhaftigkeit höhere Qualität angestrebt, was die Lebensdauer privater gebauter Wohnhäuser steigert.

In der Consultic Studie wird von einem nicht sammelbaren Anteil von 5 % des EPS ausgegangen und es werden auch 3 % Installationsabfall abgezogen. Diese Werte werden auch hier als Basis herangezogen.

¹⁰ Post-Consumer EPS Waste Generation and Management in European Countries 2009; Consultic, EUMEPS

In dieser Studie wird ein ähnliches Modell verwendet um die Nutzungsdauer des WDVS festzulegen.

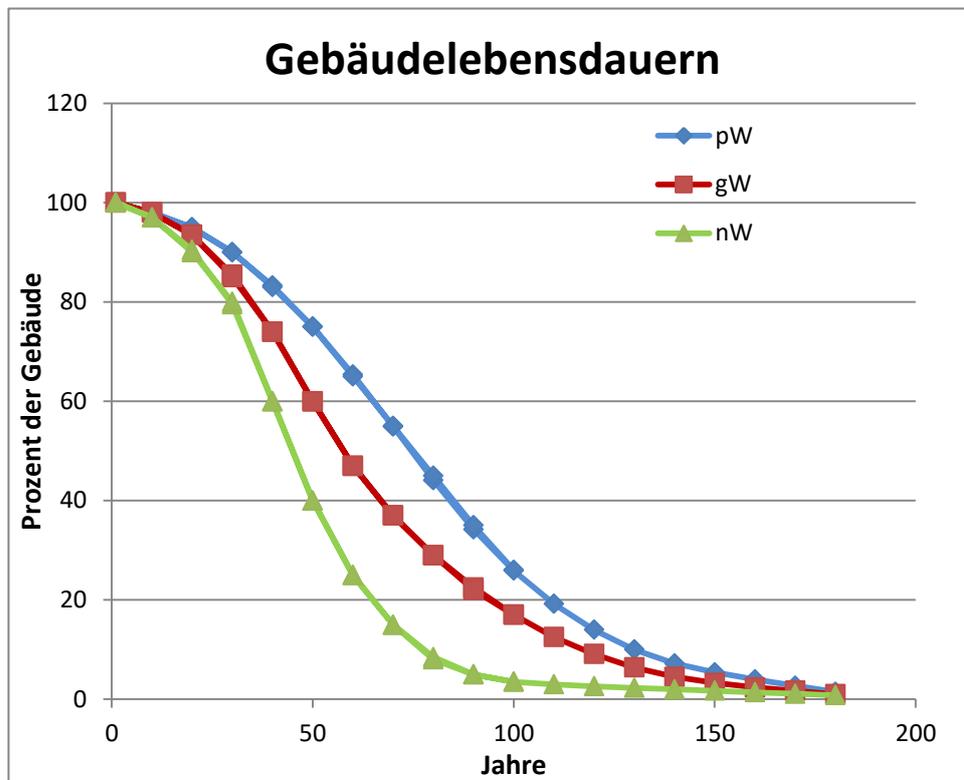


Diagramm 18: Daten aus der Consultic Studie ergänzt auf 100 %

Die angegebenen Lebensdauerkurven wurden im Bereich der längeren Lebensdauern ergänzt, um annähernd 100 % der Gebäude zu erfassen. Dazu wurden die Kurven extrapoliert. Es ergaben sich dann durchschnittliche Lebensdauern von

- Nicht-Wohnbauten 47,5 Jahre
- Genossenschaftliche und gewerbliche Wohnbauten 63,5 Jahre
- Private Wohnbauten 75 Jahre

Berücksichtigt man die Gebäudestrukturen in Österreich (2011) mit folgender Anzahl

- Privater Wohnbau (Geb. mit einer oder zwei Wohnungen) 1.727.000
- Gen./gew. Wohnbau (drei oder mehr Wohnungen) 247.000
- Andere 217.000

und gewichtet die durchschnittliche Lebensdauer damit, dann erhält man 71 Jahre.

Eine weitere Einschränkung resultiert aus der Altersverteilung der Gebäude.

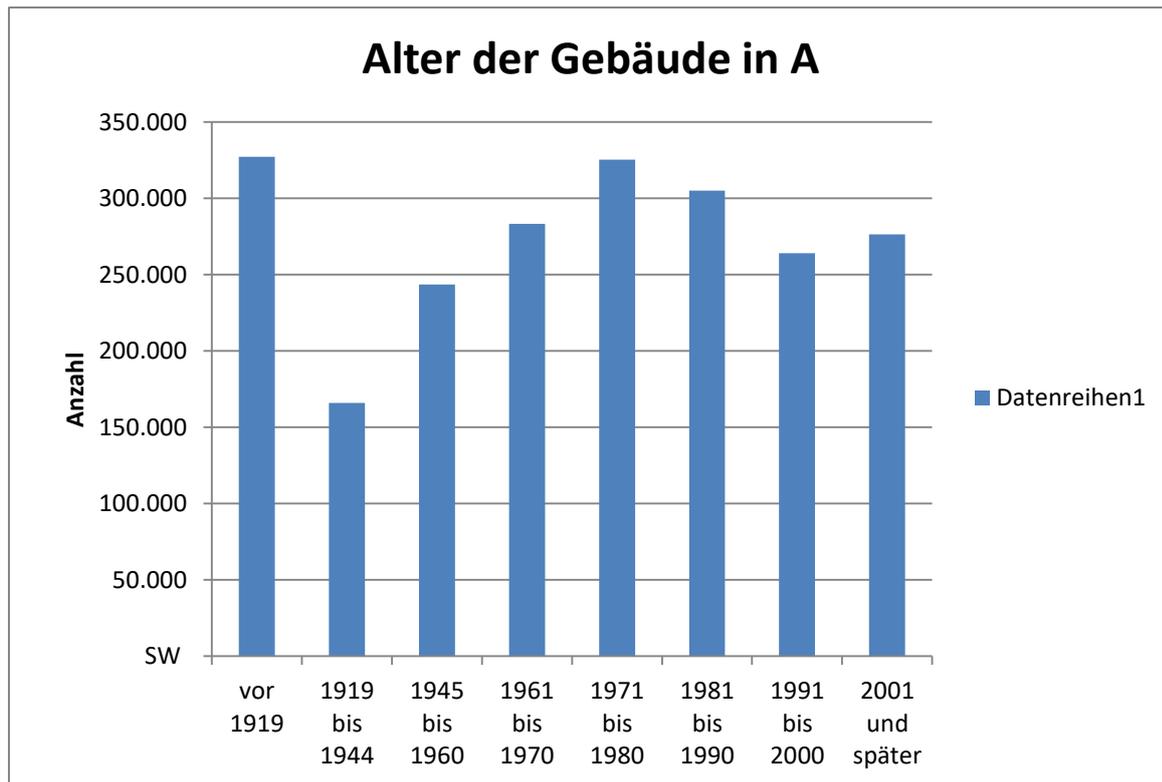


Diagramm 19: Altersstruktur der österreichischen Gebäude (Gebäudestatistik 2011)

In den letzten Jahrzehnten wurden nicht nur neu erbaute Gebäude gedämmt, die dann der Lebensdauererwartung entsprechend wieder abgerissen werden, sondern es wurden auch schon ältere Gebäude nachträglich gedämmt. Diese Gebäude sind im Lebensalter aber schon fortgeschritten und erreichen das Gebäudelebensende unter Umständen vor dem Ende der möglichen Dämmungslebensdauer.

Die Gebäudelebensdauer ist aber nur ein Parameter, der die Dämmung terminal zeitlich befristet.

Andere Effekte, wie Sanierung wegen Schäden, Flachdachsanierungen, andere Gebäudenutzungen, andere Flächennutzungen haben aber wesentlichen Einfluss auf die Nutzungsdauer der Dämmung. Weiters ist beim privaten Wohnbau von etwa einem Totalumbau in 50 - 60 Jahren auszugehen (jede zweite Generation). Fensterwechsel alle 25-40 Jahre verkürzen zusätzlich die durchschnittliche Nutzungsdauer.

Zusätzlich sind Dachdämmungen, vor allem Flachdächer, eher fehleranfällig, wodurch sich die Sanierungshäufigkeit erhöht. Diese sind bei den Mengen ebenfalls eingerechnet.

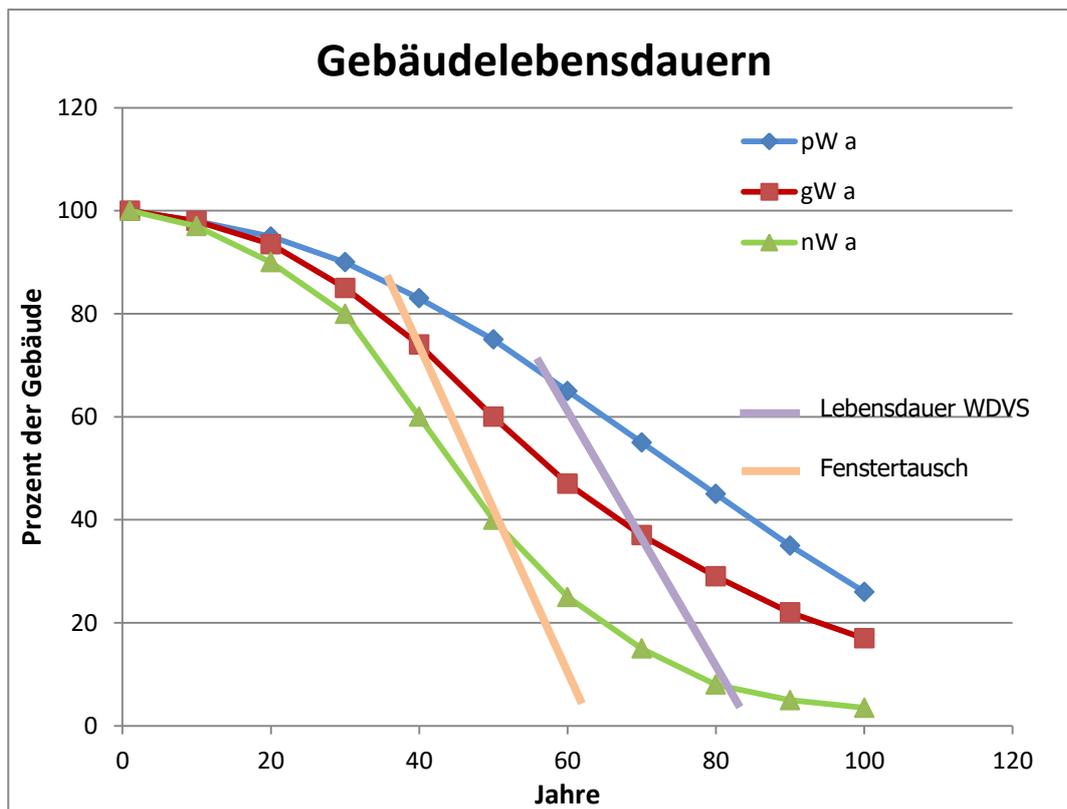


Diagramm 20: Gebäudelebensdauern (Consultic Studie); pW a = privater Wohnbau, gW a = gewerblicher und genossenschaftlicher Wohnbau, nW a = nicht Wohnbau

Aus diesen Gründen sind für den Ansatz der Nutzungsdauer der Dämmung von der Gebäudelebensdauer Abschläge zu machen.

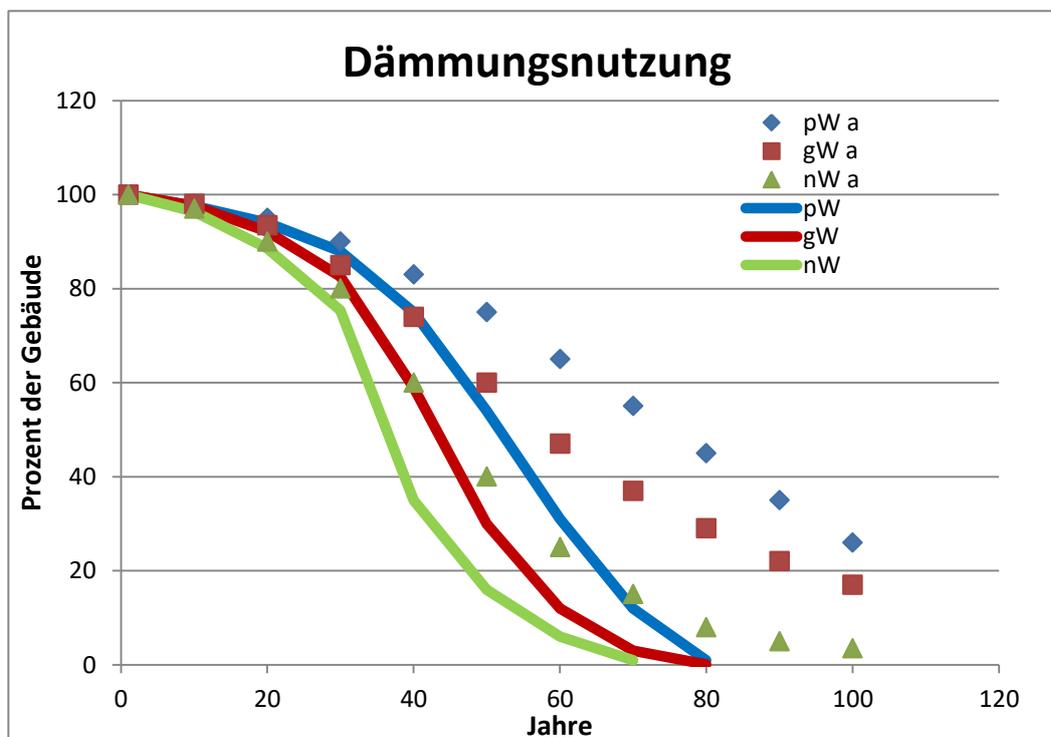


Diagramm 21: Gebäudelebensdauern (Consultic; nur Symbole) im Vergleich mit der angenommenen Dämmungsnutzung (wird in dieser Studie verwendet)

Ausgehend von der aus der Consultic Studie übernommenen Gebäudelebensdauern wurden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Abriss wegen Neunutzung des Gebäudes oder Grundstückes, Sanierungsschäden, Erweiterungs- und Umbauten, Gebäudeschäden, Sanierung von älteren Gebäuden, die vor Ende der Dämmungslebensdauer das Nutzungsende erreichen, etc.
Für diese Fälle wurden die Fassadenabbrüche um 20 % erhöht.
- Erreichen der Lebensdauer des WDVS: hier wurde eine Verringerung der Nutzungsdauer zwischen 50 und 80 Jahren berücksichtigt
- Fensterwechsel und Aufdoppelung: für diese Fälle wurde eine Verringerung der Nutzungsdauer im Bereich von 30 – 50 Jahren eingerechnet.

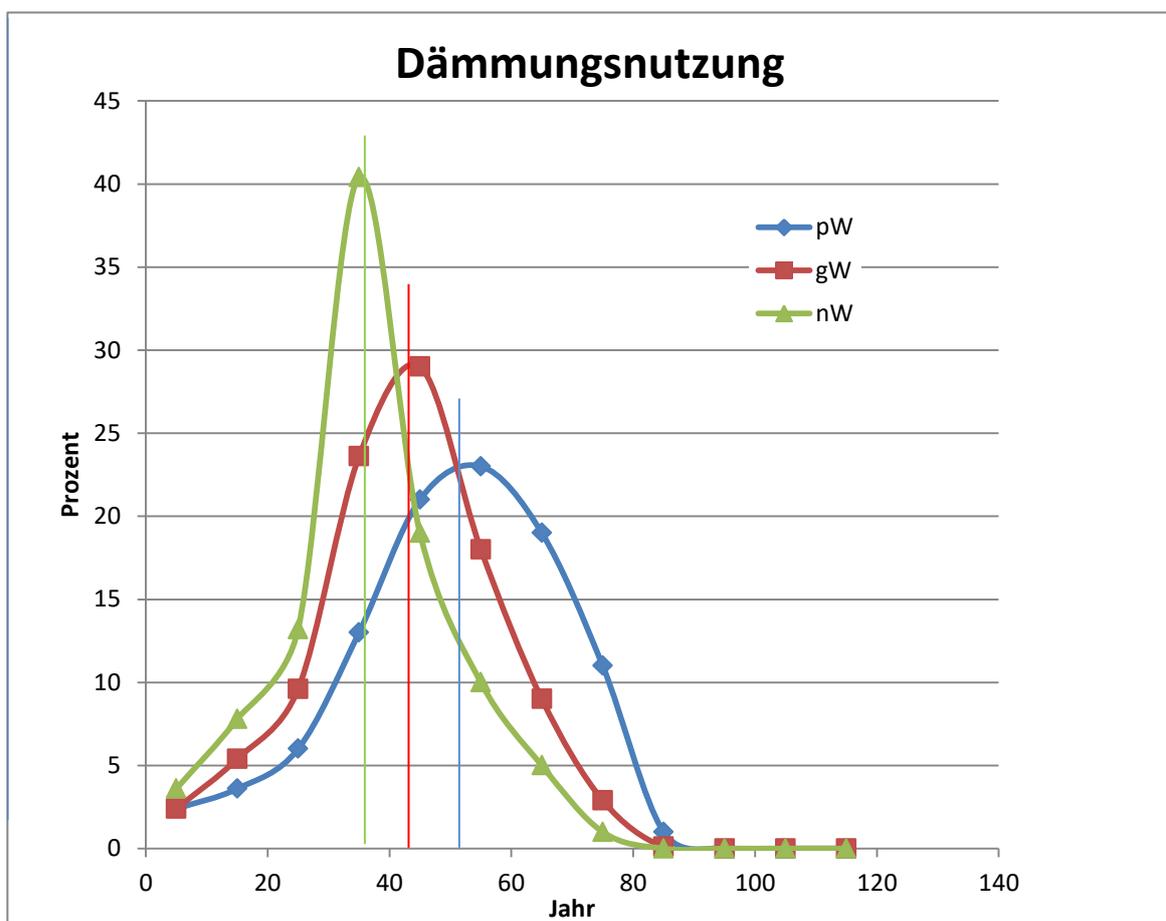


Diagramm 22: Verteilung der Nutzungsdauern von WDVS verschiedener Gebäudetypen

Folgende durchschnittliche Nutzungsdauern ergeben sich daraus:

- | | | |
|--|-----------------|----------|
| - Nicht-Wohnbauten | Dämmungsnutzung | 37 Jahre |
| - Genossenschaftliche und gewerbliche Wohnbauten | Dämmungsnutzung | 43 Jahre |
| - Private Wohnbauten | Dämmungsnutzung | 51 Jahre |

Legt man die GPH Angaben von etwa 12 Millionen m² Dämmfläche jährlich¹¹ in den letzten Jahren zugrunde, so sind seit 1970 etwa 270 Millionen m² Dämmung angebracht worden. Das entspricht etwa einem Viertel der Gebäudeflächen Österreichs.

Es wird angenommen, dass österreichweit alle Gebäudetypen zahlenmäßig gleich häufig gedämmt wurden. Aufgrund der Annahme lässt sich ableiten, dass ca. 50 % des Dämmmaterials auf private Wohnbauten, 33 % auf genossenschaftliche und gewerbliche Wohnbauten und etwa 17 % auf die anderen Bauten entfallen.

Da die verschiedenen Bundesländer zum Teil sehr unterschiedliche Verteilungen der Gebäudetypen aufweisen, wurde die Zuordnung der Dämmstoffmenge anhand der Gebäudetypen durchgeführt.

Die eingesetzte Technologie beim Bau von Wohn- und Betriebsgebäuden wird zunehmend komplexer und die Lebensdauer der neu gebauten Gebäude wird wahrscheinlich sinken.

¹¹ <https://www.gph.at/images/gph/service/broschueren/WDVS-Folder.pdf>

4.2 Rücklaufmengen

4.2.1 Unschärfe

Die errechneten Daten in dieser Studie weisen einige Unschärfen auf:

- Input-Daten
 - Unschärfe aus falscher Datenbezeichnung (z.B. Zuordnung nach verkauftem m³ Dämmstoff oder m³ Dämmung auf Fassade; oder inkl. bzw. exkl. Importe)
 - Schätzungen
 - Die Herkunft der Daten in den Quellen ist nicht genau definiert – die Berechnungsunschärfe der Quelle wird übernommen
 - Absichtliche Verfälschung (es kann nicht ausgeschlossen werden, dass je nach Verwendungszweck der Daten aus strategischen Gründen von Herstellern, Verbänden, Anspruchsgruppen oder Studierenerstellern Datenmanipulationen durchgeführt wurden)
- Modellunschärfe
 - Durch das Modell selbst
 - Durch angenommene Modellparameter

Bemerkenswerte Unschärfen ergeben sich im Besonderen aus:

- Daten über den EPS Einsatz, besonders in den Anfängen der WDVS Verwendung
- Daten über die XPS Verwendung
- Nutzungsdauer-Verteilungen
- Einteilung und Zuordnung der Gebäudetypen
- Unterschiedliche Gebäudestruktur innerhalb eines Gebäudetyps (vor allem in Wien, mit vielen teilweise sehr alten Gebäuden)

Die Darstellung der Daten in dieser Studie erfolgte mit möglichst großer Objektivität und dem Ansatz der bestmöglichen Schätzung unter dem Gesichtspunkt des beschränkten Aufwandes.

4.2.2 EPS-Rückfluss: Österreich und Bundesländervergleich

Zur Errechnung der auf Bundesländer heruntergebrochenen Einsatzmengen an EPS wurden den verschiedenen Gebäudetypen durchschnittliche mögliche Dämmflächen zugeordnet. Die eingesetzten EPS Mengen wurden auf die Gebäudetypen aufgeteilt und über die Gebäudestatistik¹² den Bundesländern zugeordnet. In der Berechnung wurden jene EPS Zeitreihen verwendet, die in der Abschätzung der Einsatzmengen als

Min	Untergrenze der Abschätzung
Max	Obergrenze der Abschätzung
Mittel	Mittelwert von Min und Max

bezeichnet wurden.

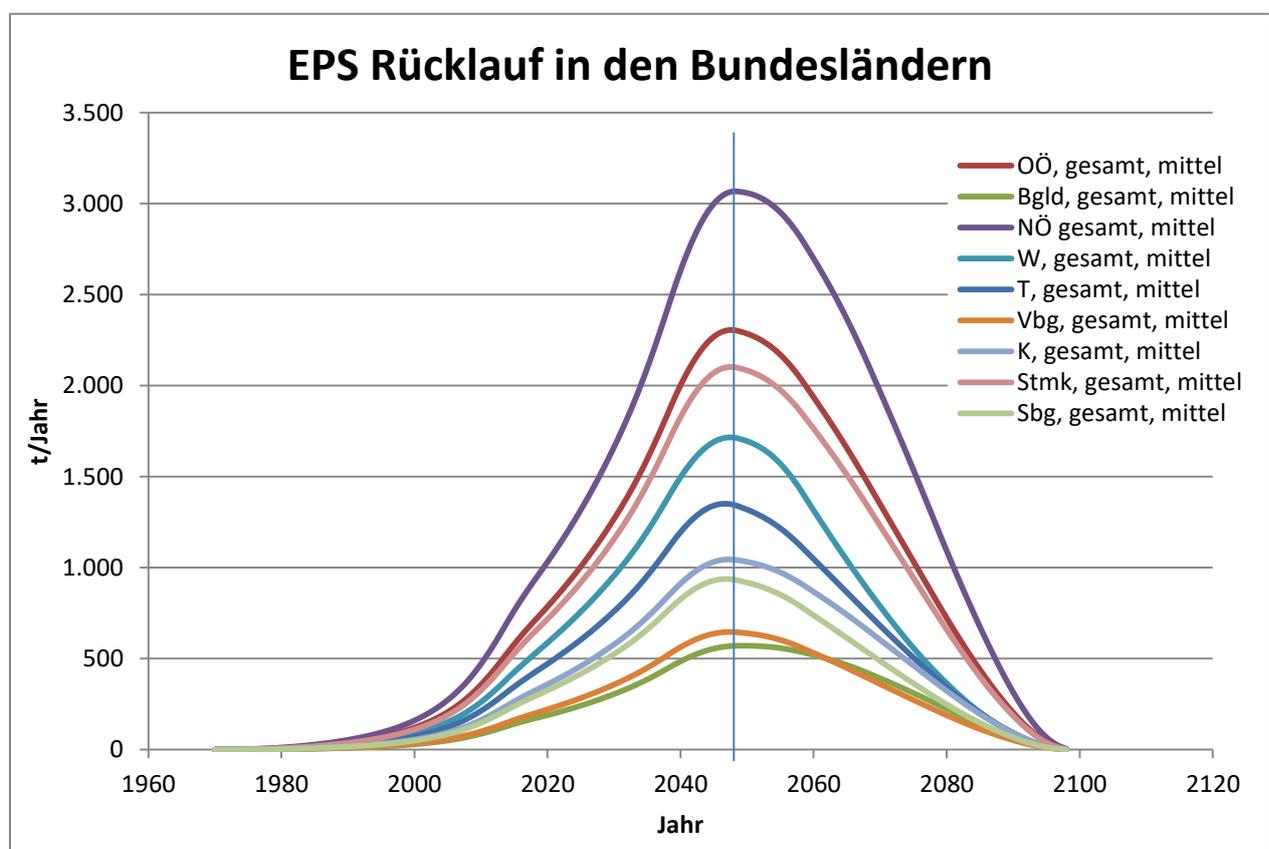


Diagramm 23: Rücklauf von EPS in den einzelnen Bundesländern

Ein signifikantes Auftreten von EPS Abfällen sollte spätestens ab 2000 erfolgt sein. Das Maximum des Rücklaufs wird etwa 2045 erreicht. Das Ende des Rücklaufs ist nach dieser Berechnung einige Jahre vor dem Jahr 2100, also in etwa 80 Jahren, zu erwarten.

¹² ÖSTAT; http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/wohnen/wohnungs_und_gebaeudebestand/Gebaeude/index.html

Österreichweit ergibt die Summe der Rückläufe folgende in Diagramm 24 dargestellte Werte:

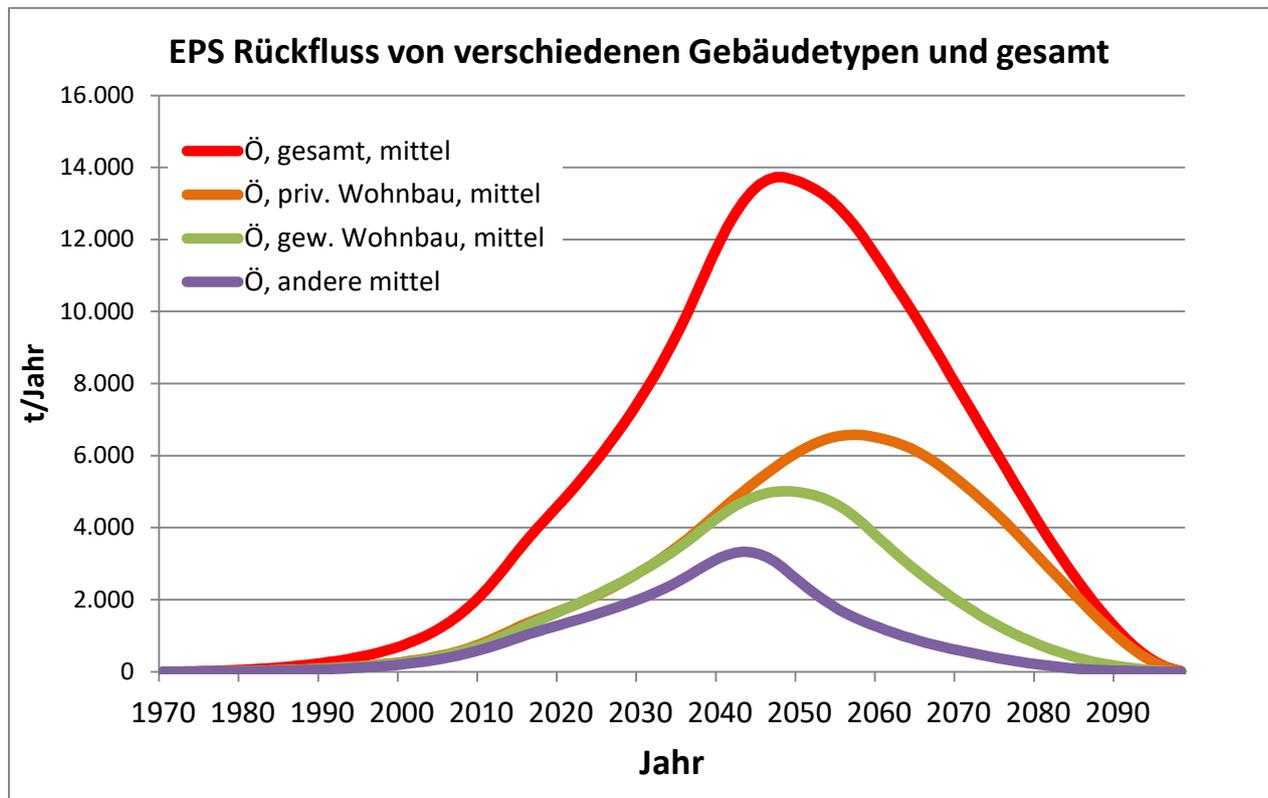


Diagramm 24: Gesamtösterreichischer EPS Rückfluss

Diagramm 24 zeigt, dass die lange Rückflusszeit vor allem auf dem privaten Wohnbau und dessen längerer Nutzungsdauer basiert. Die Kategorie „andere“ erreicht das Rückflussmaximum mehr als 15 Jahre früher.

Wesentlich ist aber auch die Betrachtung der Spreizung durch die unterschiedlichen Einschätzungen aufgrund der verschiedenen Einsatzdaten für EPS. Dadurch kommt es zu sehr unterschiedlichen Maximalmengen. Vor allem der große Unterschied zwischen Min und Max in den sehr frühen Jahren des EPS Einsatzes wirkt sich derzeit in Form größerer Unschärfe aus.

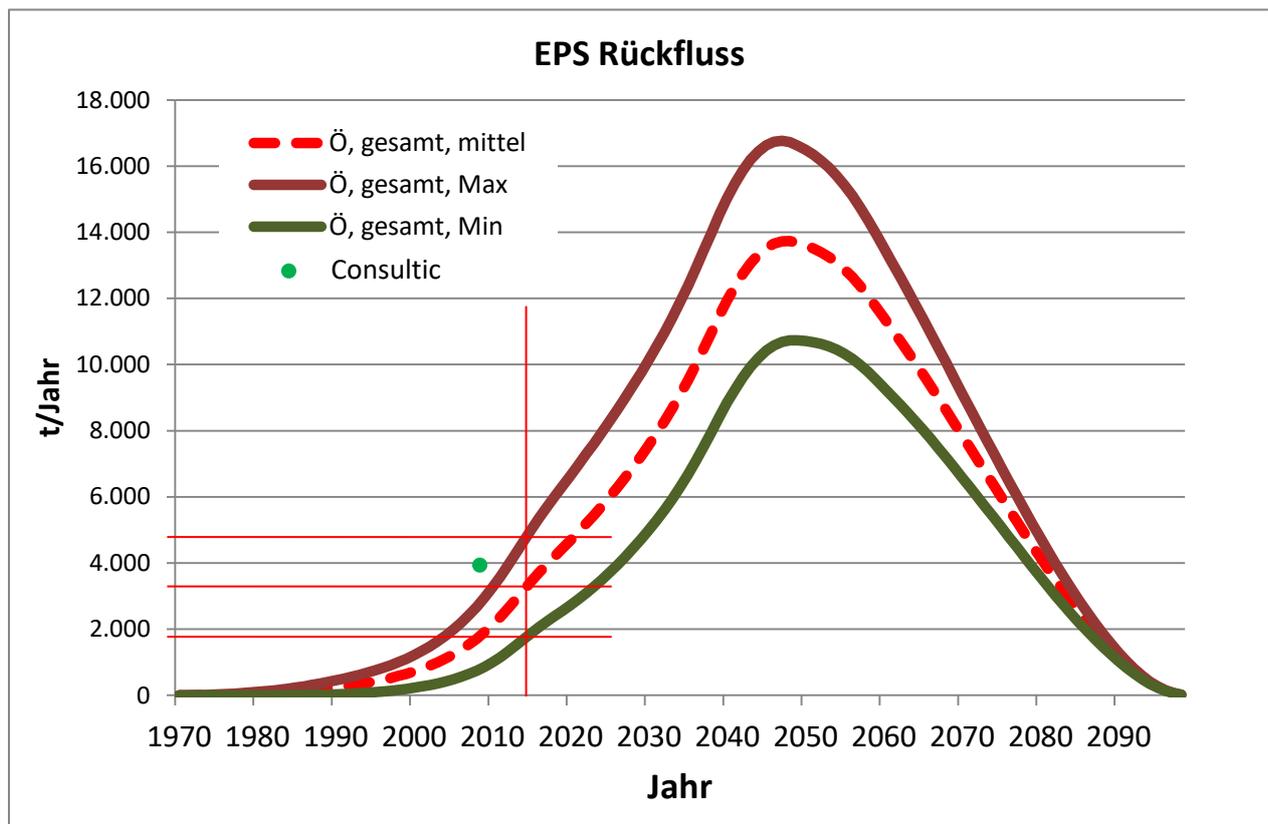


Diagramm 25: Min, Max und Mittel-Werte des Rückflusses

Die Daten für den EPS Rücklauf für 2015 sind (davon wurde ein Anteil von 5% für nicht sammelbare Reste abgezogen) folgende:

Min	1.884 t
Mittel	3.452 t
Max	5.020 t

Es sollten also mindestens 1.800 t, aber maximal 5.000 t EPS in Österreich von Gebäudedämmungen im Jahr 2015 angefallen sein. Ein starker Anstieg, der bis 2045 anhält, steigert die Mengen auf 11.000 bis 17.000 t pro Jahr.

Die Consultic Studie geht von einer Menge von 4.000 t (EPS aus dem Baubereich ohne Installationsabfall) für das Jahr 2009 in Österreich aus. Dieser Wert liegt knapp über dem Maximalszenario dieser Studie.

4.2.3 XPS Rückfluss

Das Szenario, das aus den verschiedenen Datenquellen abgeleitet wurde, führt zu den in Diagramm 26 dargestellten XPS Rückflüssen. Es ist ersichtlich, dass in Österreich 2015 schon mehr als 2.000 t XPS zurückgeflossen sein sollten.

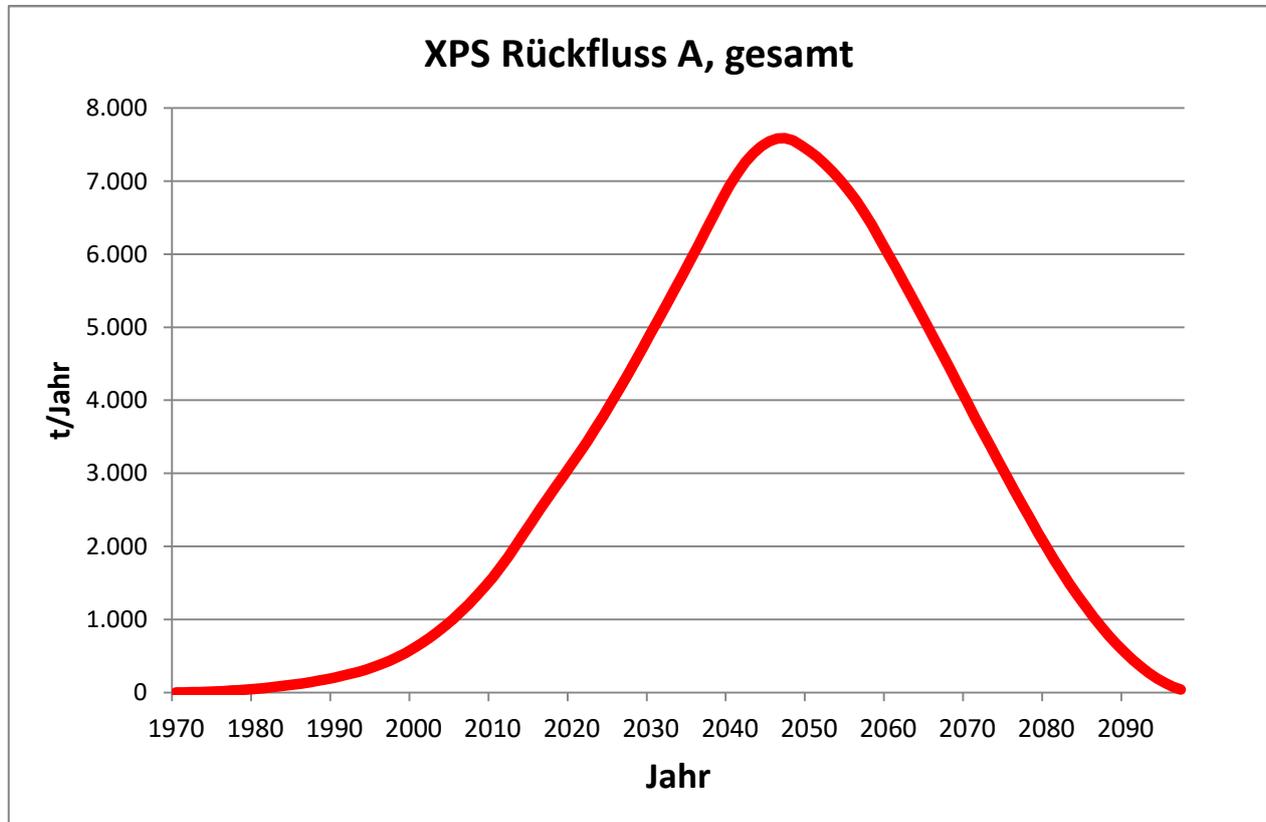


Diagramm 26: XPS Rückfluss

4.2.4 Andere Datenquellen

- In der Consultic Studie von 2009 wird der EPS Abfall aus dem Baubereich mit 4.000 t angegeben.
- Bundesabfallwirtschaftsplan (2011; Daten teilweise älter)
Dämmstoffe (alle) werden im Unterpunkt „Abfälle aus dem Bauwesen“ unter „Baustellenabfälle (kein Bauschutt)“ eingeordnet. Darunter befinden sich natürlich auch alle anderen Baustellenabfälle. Es fallen etwa 5 % (in Summe 300.000 t in 2009) des gesamten Abfälle aus dem Bauwesen in diese Kategorie. Das ergibt etwa 15.000 t Dämmstoffe aus dem Bauwesen. Mit einem Anteil von etwa einem Drittel EPS resultieren 5.000 t. Die Dichte von EPS ist der von Mineralwolle ähnlich. Andere Dämmstoffe, z.B. Mineralschaum, weisen eine wesentlich höhere Dichte auf. Daher sind die 5.000 t eher zu hoch gegriffen.

- EDM:

Abfallverzeichnis: entsprechend der Abfallverzeichnisverordnung in der Fassung der Verordnung BGBl. II Nr. 498/2008 sind zwei Abfallnummern relevant.

AA 57108			Polystyrol, Polystyrolschaum	
	9008390022429			
AA 57108	77	g	Polystyrol, Polystyrolschaum	gefährlich kontaminiert
	9008390022436			

Die Auswertung der Meldungen gem. AbfallbilanzVO weist für die beiden Schlüsselnummern für 2014 ein Aufkommen von ca. 3.650 t aus. Weiters werden rund 3.300 t exportiert und ca. 6.300 t importiert. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei der nicht gefährlichen SN nicht unterschieden wird, ob es sich um „Bau“ EPS/XPS oder andere Verwendungsarten handelt.

4.3 Verortung der Mengen

Daten über die unterschiedliche Verwendung von EPS in den einzelnen Bundesländern sind nicht vorhanden.

Eine erste Verortung wurde durch die Aufteilung auf die Bundesländer entsprechend der Gebäudestatistik durchgeführt. Ein weiterer Schritt kann über die Betrachtung der unterschiedlichen Verteilung in den Bundesländern anhand der Gebäudezahlen auf Bezirksebene erfolgen. Dies wird in den Modellen berücksichtigt.

4.4 Derzeitige Entsorgungspraxis

4.4.1 Informationsquellen

Zur Erhebung des Status quo der derzeitigen Entsorgungspraxis wurden mit Mitarbeitern folgender Unternehmen Interviews geführt (Auswahl nach Zugang und Auskunftsbereitschaft):

- HASENÖHRL GMBH, A-4303 St. Pantaleon
- Energie AG Oberösterreich Umwelt Service GmbH, 4063 Hörsching
- Felbermayr Bau GmbH & Co KG; 4060 Wels
- Reststofftechnik Gesellschaft m.b.H., 5302 Henndorf am Wallersee
- Abfallverbrennungsanlagen:
 - o Wien Energie, Simmering
 - o EVN, Dürnrrohr
 - o MHKW Würzburg
 - o Energie AG, Wels

4.4.2 Derzeitige Logistik

- Ein Großteil der EPS/XPS Menge wird über den Containerverleih gesammelt
- Das relativ hohe Volumen in Bezug auf das Gewicht ist für das Geschäft der Verleiher nicht nachteilig, da Gebühren für den Transport und Verleih selbst verlangt werden und die Beseitigung oder Verwertung des Inhaltes separat verrechnet wird. Auch ein zurückkommender leerer Container ist ein Gewinn.
- Ein Entsorger bringt die Fraktion mit hohem Heizwert (meist Leichtstoffe) von OÖ nach Zistersdorf in die Verbrennungsanlage, da dort die Entsorgungskosten niedriger sind. In diesem Fall wird die Leichtfraktion mit LKW (Sattelzüge) gesammelt transportiert.
- Das Containergeschäft ist in den Bundesländern zum Teil sehr unterschiedlich gestaltet, sodass eine generelle Aussage darüber nicht möglich ist.

4.4.3 Derzeitige EPS- und XPS-Abfälle, Wiederverwendung/Verwertung/Beseitigung

- Geschätzte 5 % der Abbrüche enthalten EPS/XPS-Abfälle.
- Derzeit findet keine gesonderte Erfassung von EPS-/XPS-Materialien aus dem Baubereich statt. Fast der gesamte EPS/XPS Rücklauf wird vermischt mit Baustellenabfällen oder vermischt mit Bauschutt erfasst.
- Der Bauschutt geht zum Teil in den Brecher, wobei das EPS/XPS über Windsichter abgetrennt wird.
- Meist wird EPS/XPS in Fraktionen mit hohem Heizwert gesammelt.
- Verglichen mit den Tonnagen, die in Entsorgungs- und Recyclingbranche bewegt werden, ist das Interesse an EPS/XPS begrenzt.
- Nur sauberes EPS Material (z.B. aus Dachdämmungen oder Verschnitte), das nicht verschmutzt ist durch Kleber, Putz oder Mörtel, geht in die Verwertung.
- Die Verwertung erfolgt meist als Zuschlagsstoff in Estrichen (z.B. Fa. Thermotec, Wels)¹³.
- Zu einem großen Teil wird diese Fraktion als Ersatzbrennstoff (EBS) in Mitverbrennungsanlagen thermisch verwertet (Anmerkung: XPS mit FCKW/HFCKW/HFWK ist als gefährlicher Abfall einzustufen und die Übergabe darf nur an hierzu Befugte erfolgen).
- Für Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung (z.B. in Wels) ist die Fraktion mit hohem Heizwert nachteilig, weil die Einnahmen aus den Gebühren für die thermische Behandlung höher sind als die Einnahmen aus der zusätzlich gewonnenen Energie. Deshalb wird auf hohen Tonnendurchsatz mit niedrigerem Heizwert geachtet. Ein hoher Heizwert bedingt einen niedrigeren Tonnendurchsatz.
- Die Abfall-Rahmenrichtlinie (2008/98/EG) sieht vor, dass bis 2020 von den nicht gefährlichen Abfällen aus dem Baubereich mindestens 70 % verwertet werden müssen. Eine teure EPS-Aufarbeitung wird erwartungsgemäß nicht mit berücksichtigt worden sein.

¹³ Verbot des Einsatzes für HBCD-haltiges EPS aufgrund der Novelle der EU-POP-Verordnung

4.4.4 Potenziale derzeitiger Verwertungskanäle

Die hauptsächliche Verwertung rücklaufender EPS/XPS Mengen erfolgt in Verbrennungsanlagen.

Anlagen zur thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen im Jahr 2014.

Thermische Abfallbehandlung	Feuerung/Abfalleinsatz	Kapazitäten in t/a
Müllverbrennungsanlage Spittelau, Wien	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	250.000
Müllverbrennungsanlage Flötzersteig, Wien	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	200.000
Müllverbrennungsanlage Pfaffenau, Wien	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	250.000
Müllverbrennungsanlage WAV, Wels	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	300.000
Müllverbrennungsanlage Dürnrrohr, Zwentendorf	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	525.000
Kärntner Restmüllverbrennung, Arnoldstein	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	96.000
Müllverbrennungsanlage Zistersdorf	Rost (Gemischter Siedlungsabfall)	130.000
Wirbelschichtofen 4 - Simmeringer Haide, Wien	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion. Klärschlamm)	110.000
Reststoffverwertung Lenzing	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion. Klärschlamm)	300.000
RHKW Linz	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion. Klärschlamm)	255.000
Thermische Reststoffverwertung, Niklasdorf (ENAGES)	Wirbelschicht (Heizwertreiche Fraktion. Klärschlamm)	100.000
Summe gerundet		2,5 Mio.

Tabelle 2: Anlagen zur thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen im Jahr 2014

Zusätzlich stehen 55 Mitverbrennungsanlagen in Österreich zur Verfügung. Von diesen Verbrennungsanlagen in denen EPS/XPS bisher hauptsächlich beseitigt oder thermisch verwertet wird, ist Brom bisher bei keiner Anlage im Fokus. Die Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle weisen eine Gesamtkapazität von 2,5 Millionen t pro Jahr auf. Die Kapazitäten der Mitverbrennungsanlagen wurden nicht eruiert. Gesamt kann aber angenommen werden, dass die Verbrennungskapazitäten so hoch sind, dass auch einige zehntausend Tonnen pro Jahr an EPS/XPS keine Rolle spielen.

Verglichen mit der Studie zur Verbrennung von EPS mit HBCD in einer dem Stand der Technik entsprechenden Anlagen in Würzburg (2 % EPS Beimengung), würde ein Rücklauf von 20.000 t/Jahr (EPS und XPS im Jahr 2045) in den Anlagen für Siedlungsabfälle weniger als 1 % der Jahreskapazität ausmachen. Das bedeutet, dass zumindest für die nicht gefährlichen EPS-Mengen und XPS ohne FCKW/HFCKW/HFKW-haltige Schäumung diese Anlagen alleine ausreichend wären – die Gültigkeit der Erkenntnisse in Würzburg vorausgesetzt.

Gemäß Anhang V der POP Verordnung sind nur bestimmte Behandlungsoperationen für POP-haltige Kunststoffabfälle zulässig. Abfälle, die aus in Anhang IV aufgelisteten Stoffen bestehen, sie enthalten oder durch sie verunreinigt sind, sind ohne unnötige Verzögerung und in Übereinstimmung mit Anhang V Teil I der POP Verordnung so zu beseitigen oder verwerten, dass die darin enthaltenen persistenten organischen Schadstoffe zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht die Eigenschaften persistenter organischer Schadstoffe aufweisen.

Folgende Beseitigungs- und Verwertungsverfahren sind für POP-haltige Kunststoffe zugelassen, wenn sie so angewendet werden, dass der Gehalt an persistenten organischen Schadstoffen zerstört oder unumkehrbar umgewandelt wird:

- D9 chemisch/physikalische Behandlung
- D10 Verbrennung an Land
- R1 Hauptverwendung als Brennstoff oder andere Mittel der Energieerzeugung, mit Ausnahme PCB-haltiger Abfälle.

Auch in einem möglichen neuen Recyclingpfad sind diese Bestimmungen einzuhalten und prozesstechnisch zu berücksichtigen. Eine Deponierung von POP-haltigen Kunststoffen ist gemäß EU POP-VO sowie aufgrund der TOC-Limitierung gemäß DeponieVO nicht zulässig.

Ein Einsatz von Alt-EPS/XPS als Auflockerungsmittel in Blumenerde, Estrichen, Schüttungen etc. ist daher aufgrund der Vorgaben der EU-POP-VO nicht mehr erlaubt.

Eine Verwendung des alten EPS/XPS als Ausgangsstoff für neue Dämmungen scheitert zuerst am Verschmutzungsgrad.

Hindernisse bestehen auch aufgrund der Verordnung über ozonzerstörende Stoffe im Falle der Verwendung von FCKW/HFKW/HFCKW/FKW als Treibmittel in XPS.

Zusätzlich ist im EPS/XPS Dicumylperoxid zur Verstärkung der flammhemmenden Wirkung des HBCD enthalten. Dieses soll das EPS im Brandfall schneller verflüssigen, indem es die Molekülketten aufspaltet. Derselbe Effekt verhindert aber ein Wiederextrudieren von EPS, das Dicumylperoxid enthält. Vor einer Verwertung des PS muss dieses ebenso wie HBCD abgetrennt werden.

4.4.5 Abnahme des EPS/XPS

Man unterscheidet verschieden Techniken, um EPS/XPS aus einer Gebäudemasse zu extrahieren

- Demolierung, Brechen, Trennungsanlage (Windsichten)
 - o Entspricht nicht den Anforderungen an den Rückbau
 - o Trennt die Kunststofffraktion gut ab
 - o Abbruchaufwand ist gering
 - o Gesamtmenge muss in die Trennungsanlage
 - o EPS/XPS Feianteile werden verfrachtet (FCWK/HFCK/HFKW Emissionsgefahr bei XPS-Feinteilen)
- Zersägen der Wandteile, Brechen, Windsichten
 - o Aufwändig
 - o Gesamte Wandteile in Trennungsanlage
 - o Wenig Feianteile

- Manuelle Abnahme
 - o Gerüst ist notwendig
 - o Kosten: 15 bis 20 €/m² (Vergleich: neue EPS Fassade kostet etwa 100 €/m²)
 - o Feianteile werden verfrachtet
 - o Tests (auch durch Amt der OÖ Landesregierung) zeigen die Eignung des Verfahrens
 - o Die Frage der Abnahmen von XPS ist nicht geklärt (erst Ausgrabung?)
 - o Erlaubt die effektivste Abtrennung von EPS/XPS
- Abfräsen
 - o Ohne Kapselung viel Feianteil
 - o Bei glatten Fassaden vorteilhaft
 - o Laibungen, Faschen, Erker, Ecken machen Problem
- Mit Bagger abschälen
 - o Viel Feianteil
 - o Kein Gerüst nötig
 - o Bei glatten Fassaden vorteilhaft
 - o Laibungen, Faschen, Erker, Ecken machen Problem

Eine wichtige Rolle kommt dem Aufbau des WDVS zu. Die herkömmliche Aufbringung mit Kleber, Dübeln, Verspachtelung, Netz und Deckputz macht ein kraftloses Ablösen der Dämmung unmöglich.

Eine Befestigungstechnik, die ein einfaches und kraftloses Ablösen ermöglichen, würde einen einfacheren Rückbau – vor allem wichtig bei aufgedoppelten EPS-Dämmungen sicherstellen.

Die Abnahmen von Perimeterdämmungen ist erst nach Grabungsarbeiten möglich.

4.4.6 Vorreinigung und Verdichtung

Je nach Verbauung und Abnahmeverfahren ist die Verschmutzung des EPS/XPS unterschiedlich. Verschiedene mobile oder stationäre Verfahren können für die Vorreinigung eingesetzt werden.

- Manuelles Sichten
 - o Aufwändig
 - o Verfrachtung von Feianteil
- Windsichtung
 - o Zerkleinern, Sichten
 - o Auf mobilen Brechanlagen möglich
 - o Gute Abtrennung

- Wäscher, Nasstrennung
 - o Teuer (hohe Verschmutzung der Flüssigphase) und mobil schwierig
 - o Gute Zerkleinerung vorher nötig
- Pressen
 - o Mechanisches Pressen verringert das Volumen wesentlich.
 - o Die Verschmutzung des EPS/XPS Materials mit mineralischen Bestandteilen (Beton, Mörtel, Glasfasern etc.) führt zu abrasierenden Eigenschaften. Die möglichen Presskräfte sind dadurch limitiert.
- Pressen + Hitze
 - o Der niedrige Schmelzpunkt ermöglicht eine effizientere Verdichtung unter Temperatureinfluss
 - o Vorsicht ist in Bezug auf Dicumylperoxid geboten: wird die Temperatur zu hoch (Beginn ab 100 °C), werden die Makromoleküle abgebaut.
 - o Presskräfte können wesentlich niedriger sein.
 - o Anlagen sind am Markt vorhanden (normalerweise werden diese für hochreine Produktionsabfälle verwendet).

4.4.7 Rückgewinnung von Polystyrol

Mehrstufiger Creasolv Prozess

Der Prozess wurde vom Fraunhofer Institut IVV zusammen mit der Fa. Creacycle entwickelt. Er sieht ein Auflösen des EPS/XPS und durch mehrstufige Filtrier-, Fällungs- und Destillationsschritte eine Trennung der Bestandteile, insbesondere auch des HBCD vor.

Ziel des Creasolv-Verfahrens ist die chemisch-physikalische Behandlung (Abtrennung durch Extraktion) von HBCD, damit es anschließend selektiv zerstört oder irreversibel umgewandelt werden kann (z.B. Verbrennung). Die Herstellung eines verwertbaren Kunststoffrecyclats (nach Abtrennung von HBCD somit kein POP Abfall mehr) für die Neuproduktion von EPS/XPS wird angestrebt. Um jedoch den strengen chemikalienrechtlichen Grenzwert gemäß Anhang I der Novelle der POP-Verordnung zu erreichen (in der Fassung der Kommissionsverordnung (EU) 2016/293: 0,01 Gewichtsprozent; vorbehaltlich einer 2019 vorgesehenen Überprüfung mit dem Ziel der weiteren Senkung), sind mehrere Durchläufe durch den Creasolv Prozess nötig, sodass derzeit die ökonomische Machbarkeit des Verfahrens zu hinterfragen ist.

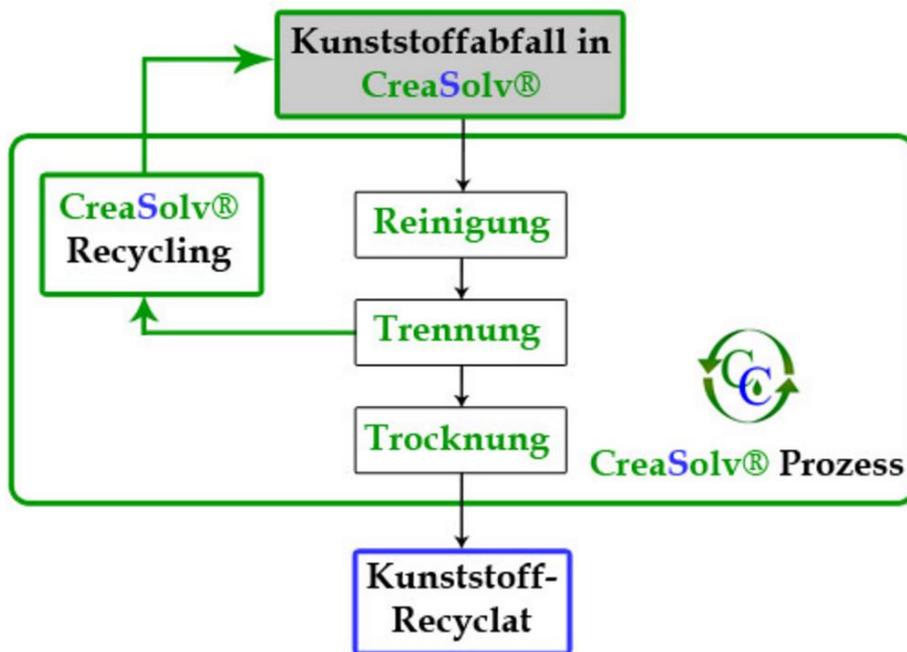


Tabelle 3: Creacycle

Der Abscheidegrad für HBCD hängt dabei von verschiedenen Prozessparametern ab, aber besonders von der Anzahl der theoretischen Abtrennstufen. Die Anzahl der Abtrennstufen ist aber auch der wesentliche Kostenfaktor.

In diesem Verfahren werden auch alle Feststoffe abgetrennt.

In einem Projekt in den Niederlanden soll in den nächsten Jahren eine Pilotanlage für die Abtrennung von HBCD gebaut werden. Das Projekt sieht vor, das erhaltene HBCD durch thermische Behandlung in Bromid zu überführen und dieses in einer Anlage zu verwerten, die andere halogenierte Stoffe herstellt (z.B. pFR). Dieses Projekt wird sowohl die technische Feasibility als auch die wirtschaftlichen Grenzen aufzeigen.

Sonstige Verfahren

Andere Verfahren zur Abtrennung des HBCD oder Dicumylperoxid sind derzeit nicht bekannt. Destillations- oder Absorptionsverfahren benötigen ein vorheriges Auflösen des EPS. Diese Route ist am ausführlichsten im Creasolv Prozess beschrieben.

An der Johannes Kepler Universität Linz, CTO werden derzeit Versuche zur Selektion von Green Solvents für die Abtrennung von HBCD und Dicumylperoxid durchgeführt.

4.4.8 Verbrennung von HBCD in EPS und XPS

Derzeit gelangt gesammeltes EPS und XPS aus dem Baubereich in die Verbrennung.

Eine umweltverträgliche Verbrennung benötigt zum einen die Bestimmung der Gefährlichkeit der entstehenden Verbrennungsprodukte und dann die Kontrolle der Emissionen und Festlegung von Grenzwerten und Frachten.

Weiters muss zwischen gefährlichen XPS Abfällen (bei Schäumung mit FCKW/HFCKW/HFKW) und nicht gefährlichen Abfällen unterschieden werden (vgl. Bedingungen der Verbrennung von gefährlichen Abfällen mit mehr als 1 % Halogenen in der AbfallverbrennungsVO).

Plastics Europe hat 2014 Versuche zur Verbrennung von EPS und XPS in Müllverbrennungsanlagen durchführen lassen. In Versuchen im MHKW Würzburg im Jahr 2014 wurden dem Restmüll 1 % bzw 2 % EPS und XPS zugemischt und in der Anlage verbrannt. Im Rohgas wurden HBr, Furane, Dioxine und HBCD bestimmt¹⁴. Diesem Versuch zufolge dürfte das HBCD in einer dem Stand der Technik entsprechenden Verbrennungsanlage weitgehend zerstört werden, das Brom landet hauptsächlich als Bromid im Filterkuchen der Abscheider. Im Bericht von Plastics Europe wird festgehalten, dass keine nennenswert erhöhten Werte für HF und Bromide im Reingas festgestellt¹⁵ wurden.

Aussagen von Betreibern von Verbrennungsanlagen bestätigen den Verleib des Broms als Bromid im Filterkuchen der Abgasreinigung^{16, 17, 18, 19}.

In Österreich ist in Bezug auf Halogene lediglich Chlor mittels Jahresfrachten geregelt. In der Abfallverbrennungsanlage Wels I ist zusätzlich noch die HF Fracht beschränkt. Daneben wurden Emissionsgrenzwerte für HCl und HF für Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen in der AbfallverbrennungsVO festgelegt.

Generell bestehen derzeit in Österreich und der EU weder Emissionsgrenzwerte für HBr noch diesbezügliche Jahresfrachten. Es wird eine effiziente Abscheidung (wie für HCl) angenommen. Auch wurden weder national noch international Grenzwerte für bromierte und gemischt halogenierte Dibenzodioxine und –furane festgelegt, Toxizitätsäquivalenzfaktoren fehlen. Es wird derzeit angenommen, dass bei Unterschreitung des Grenzwertes für polychlorierte Dibenzodioxine/furane nach dem Stand der Technik (0,1 ng/Nm³) auch gemischthalogenierte bzw. bromierte Dioxine effizient abgeschieden werden. Es besteht aber die Gefahr, dass bei höheren Bromgehalten die polychlorierten Dibenzodioxine und – furane weniger werden und anstatt dieser mehr gemischt halogenierte Dibenzodioxine und – furane gebildet werden. Da die gemischt halogenierten analytisch nicht erfasst werden und, die polychlorierten Dibenzodioxine/Furane zurückgedrängt werden, kann dies insgesamt zu einer Unterschätzung der Dioxin- und Furanmengen führen.

Auch die Emission von elementarem Brom in bestimmten Anlagen unter oxidierenden Bedingungen kann nicht völlig ausgeschlossen werden.

Zur vollständigen Abklärung sollten weitere Versuche und Emissionsmessungen bei der Verbrennung von HBCD-haltigen Abfällen durchgeführt werden. Besonders im Bereich der Mitverbrennungsanlagen mit teilweise völlig anderen Anlagenparametern ist diese Art der Behandlung zu untersuchen. Mitverbrennungsanlagen nutzen Leichtfraktionen als Ersatzbrennstoff (EBS). Es ist gängige Praxis, dass Leichtfraktionen aus dem Gewerbemüll an

¹⁴ Interviews mit Hrn. Grüttner, technischer Betriebsleiter des MHKW Würzburg

¹⁵ Verwertung von Polystyrol-Schaumstoffabfällen mit HBCD; Plastics Europe 2014

¹⁶ Interviews mit EVN (Dürrrohr), Hr. Netoliczka

¹⁷ Interviews mit Energie AG, Hr. Habel

¹⁸ Interviews mit Würzburg, Hr. Grüttner

¹⁹ Interviews mit Wien Energie, Simmering, Hr. Leitner

Mitverbrennungsanlagen verkauft und damit Erlöse erzielt werden. Gerade für Verbrennungsanlagen, deren Erlöse hauptsächlich aus der Behandlung von Abfall und nicht aus der Energiegewinnung stammen (z.B. Wels), ist die Leichtstofffraktion eher nachteilig. Sie bringt einen höheren Heizwert und damit einen geringeren Durchsatz der Behandlungsanlage und damit verringerte Erträge. Von Bedeutung ist auch, dass bei Ersatzbrennstoffherstellern zumeist ein bestimmter Heizwert durch Konditionierung eingestellt wird.

In den Mitverbrennungsanlagen dienen Ersatzbrennstoffe als Substitute für Gas, Kohle oder Öl. Die verfahrenstechnischen und chemischen Bedingungen in solchen Anlagen können sehr vielfältig sein. Die Zerstörung der halogenierten Verbindungen wird in den meisten Anlagen auch vollständig erfolgen. Die chemische Komplexität der möglichen Verbrennungsprodukte ist jedoch schwer abschätzbar.

Neben dem Schadstoffthema sind noch andere Punkte relevant für die Verbrennung von steigenden Mengen an EPS und XPS.

- Heizwert: EPS und XPS haben hohe Heizwerte (etwa 40 MJ/kg) und für die Ausmauerung von Verbrennungsanlagen ist es wichtig, die Temperatur konstant zu halten. Mit Heizwertspitzen gelingt das schlecht und die Lebensdauer der Ausmauerung sinkt.
- Korrosion: Erhöhte Bromzugaben führen laut Angaben der Betreiber zu erhöhter Korrosion (weit stärker als Chlorionenkorrosion) und zu verkürzter Anlagenlebensdauer.

5 Rechtlicher Rahmen

Verschiedene rechtliche Rahmenbedingungen sind entscheidend für die Möglichkeiten EPS und XPS Materialien zu recyklieren oder zu beseitigen.

5.1 POP Regelung

CHEMIKALIENRECHT: In der EU-Verordnung 2016/293 und der darin enthaltenen Novellierung von Anhang I der POP-Verordnung wurde ein generelles Anwendungsverbot für HBCD festgelegt. Ansonsten besteht nur eine explizite Ausnahme vom HBCD-Verbot für die Herstellung von Artikeln aus expandiertem Polystyrol für die Gebäudedämmung für eine Übergangsfrist von maximal zwei Jahren. Alle anderen Anwendungen z.B. in Verpackungsmaterial, aber auch zur Estricherstellung oder Verwendung für Blumenbehältnisse, Bodenlockerungsmittel etc. sind verboten. Eine Kennzeichnung der HBCD-haltigen Platten ist in der POP-VO vorgesehen. Es gilt ein Grenzwert für unbeabsichtigte Spurenverunreinigungen („unintentional trace contamination“) von max. 100 mg/kg an HBCD.

Die Beurteilung, ob bei einem Recycling wie mit dem Creasolv-Verfahren die verbleibende Restkonzentration an HBCD „unintentional“ und damit die Produkte zulässig sind, ist aus der Verordnung nicht direkt ableitbar.

In der EU-POP-VO 2016/293 wird in Punkt 10 eine Prüfung des Schwellwertes vorgesehen, um dem technischen Fortschritt Rechnung zu tragen.

Für POP-Abfälle gilt der Grundsatz, dass die Zerstörung oder irreversible Umwandlung der enthaltenen POPs sicherzustellen ist. Im Annex IV der Novelle der EU-POP-VO 2016/460 wurde als Grenzwert für die Zerstörung oder irreversible Transformation von POP-Abfällen 1000 mg HBCD /kg festgelegt („Low POP content“), wobei auch eine Review-Klausel für drei Jahre vorgesehen wurde.

Im Falle der aufgrund des fluorierten Treibmittels in Österreich als gefährlich einzustufenden XPS-Platten ist ein Recycling durch „Verdünnung“ mit unbelastetem Neumaterial und Verpackungstyropor verboten (Vermischungsverbot gefährlicher Abfälle zwecks Unterschreitung von Grenzwerten), auch wäre eine Verdünnung von PS Platten, die 1000 mg/kg an HBCD überschreiten mit Verpackungstyropor oder unbelasteten Platten verboten (vgl. POP-Grenzwert für Zerstörung). Auch Polystyrol, das z.B. nach Abreicherung von HBCD mehr als 100 mg/kg HBCD aufweist, darf nicht mit unbelastetem Polystyrol verdünnt werden (vgl. unintentional traces - bei bewusster Verdünnung wären es intentional traces), damit es in Verkehr gesetzt werden könnte.

5.2 Klassifizierung von EPS/XPS Abfällen

Verschiedene Betrachtungsweisen sind nötig, um die Einstufung von EPS/XPS Abfällen als „gefährliche Abfälle“ zu beurteilen. Dies ist deshalb relevant, weil „gefährliche Abfälle“ gesetzlich bedingt eine andere Behandlung erfahren müssen als Abfälle, die nicht als „gefährlich“ klassifiziert sind. Das hat Auswirkungen sowohl auf die Transportkosten als auch auf die Beseitigungskosten selbst. Z.B. dürfen nur Verbrennungsanlagen mit einer anlagenrechtlichen Bewilligung gemäß AWG (und Umweltverträglichkeitsprüfung) und §24a AWG-Behandlungserlaubnis für gefährliche Abfälle diese auch verbrennen.

Die Vorgaben in der AbfallverbrennungsVO (bzw EU Industrieemissionsrichtlinie) sehen vor: Wenn gefährliche Abfälle mit einem Gehalt von mehr als einem Gewichtsprozent an halogenierten organischen Stoffen, berechnet als Chloride, verbrannt werden, muss die Temperatur für mindestens zwei Sekunden auf 1100 °C erhöht werden.

Aus diesem Grund muss neben der Auswirkung des HBCD-Gehaltes auf die Einstufung auch die Auswirkung von anderen möglicherweise enthaltenen Inhaltsstoffen, wie FCKW/HFCKW/HFKW, betrachtet werden.

5.2.1 HBCD

HBCD ist ein neu gelistetes POP, daher gilt der POP Grenzwert von 1000 mg/kg nicht automatisch als Grenzwert für die Einstufung als gefährlicher Abfall (siehe neues EU Abfallverzeichnis: Beschluss der Kommission 2014/955/EU). Es obliegt den Mitgliedstaaten auf nationaler Ebene einen Grenzwert festzulegen. HBCD ist als reproduktionstoxisch der Kat 2 (H361 kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen; H362 – Schädigung über Muttermilch wird im Abfallrecht nicht beurteilt; H410 sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung) eingestuft, der Grenzwert für die Einstufung als gefährlicher Abfall liegt gemäß derzeitiger österreichischer Rechtslage somit bei 3% HBCD.

Dieser Grenzwert wird weder für EPS (0,7 %) noch für XPS (2 %) in der Herstellung überschritten. HBCD ist ein Feststoff und sein Dampfdruck ist sehr niedrig, weshalb es fast vollständig im EPS und XPS verbleibt und mit diesen Konzentrationen auch im Abfall zu rechnen ist.

Derzeit ist eine Einstufung als „Gefährlicher Abfall“ für HBCD-belastete Materialien (mit Gehalten kleiner 3%) in Österreich nicht gegeben.

Das Kriterium HP14 ökotoxisch ist international derzeit nicht näher definiert. In Österreich wird derzeit nur auf die Liste wassergefährdender Stoffe des alten ADR-Gefahrgutrechts aus 2001 Bezug genommen, in welchem HBCD noch nicht genannt war. In einigen anderen Ländern wird bereits ein Bezug zur CLP-Verordnung hergestellt bzw. werden Ökotoxizitätstests durchgeführt, sodass eine Einstufung von HBCD-Dämmplatten als gefährlicher Abfall aufgrund der Definition Ökotoxizität möglich wäre. Eine Harmonisierung betreffend Aquatoxizität soll auf EU Ebene auf Basis einer Studie erfolgen. Die vorliegenden Ergebnisse einer von der EU-Kommission beauftragten Studie müssen erst evaluiert werden. Dies kann zukünftig auch in Österreich zur Einstufung von mit HBCD belastetem EPS/XPS als gefährlicher Abfall führen.

5.2.2 Kohlenwasserstoffe

Zum Schäumen von EPS wird dem Ausgangsmaterial 6 % Pentan zugefügt. Zwei Drittel des Pentans entweichen schon im Herstellungsprozess, die restlichen 2 % in den ersten Wochen der Lagerung.

5.2.3 Andere halogenierte Stoffe²⁰

In Österreich wurde für Ozon zerstörende Stoffe ein Grenzwert von 0,2% in Summe für FCKW/HFCKW/HFKW/FKW festgelegt. Alte XPS und EPS Platten wurden in der Vergangenheit mit FCKW/HFCKW/HFKW/FKW geschäumt und stellen gefährliche Abfälle dar, falls der Wert 0,2% überschritten wird. In der EU ist auf Basis einer aktuellen Studie zum Kriterium HP14 ökotoxisch ein Grenzwert von 0,1 Masseprozent in Diskussion.

Für XPS ist diese Regelung von Relevanz, wenn noch mehr als 0,2 % der F und Cl halogenierten Kohlenwasserstoffe enthalten sind. Die Anfangskonzentrationen nach der Herstellung bewegten sich bei 6 bis 11 Masseprozent.

Das Ausdampfverhalten entscheidet in der Folge über die Restgehalte an diesen Inhaltsstoffen.

FCKW geschäumte XPS Platten sind mindestens 25 Jahre alt. In diesen Jahren ist ein Teil des Treibmittels bereits ausgedampft.

Die Treibmittel entweichen abhängig von der Art des Treibmittels in unterschiedlicher Geschwindigkeit. Es ist davon auszugehen, dass manche Treibmittel noch immer fast vollständig im verbauten XPS enthalten sind. Die Diffusionszeit wird von einem XPS Hersteller auf 10-30 Jahre geschätzt. In einer RMA Studie werden jedoch die Lagerzeiten von 50 bis 200 Jahren angegeben. Das würde einen fast vollständigen Verbleib der voll- und teilhalogenierten Treibmittel im Dämmstoff bedeuten. Die geringste Halbwertszeit (Zeit in der sich der Treibmittelgehalt auf die Hälfte reduziert) wurde mit 20 Jahren angegeben. Bei den dazugehörigen 11 % HFCKW würde also seit 1991 der Gehalt bis 2011 bei 5,5% und jetzt etwa bei etwas unter 4,8 % liegen.

Ist der Gehalt an FCKW, HFCKW und HFKW höher als 0,2%, müssen diese XPS Platten bereits auf der Baustelle von den anderen getrennt gehalten und einer adäquaten Behandlung zugeführt werden. Aufgrund der RMA Studie ist davon auszugehen, dass dies bei fast allen XPS Platten, die vor 2003 produziert wurden, der Fall ist.

- Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass XPS Platten, die derzeit rückgebaut werden, gefährlichen Abfall darstellen
- Mit Messungen sollte diese Aussage abgesichert werden

5.2.4 Abfallbehandlung

Gemäß Anhang V der POP Verordnung sind nur bestimmte Behandlungsoperationen für POP-haltige Kunststoffabfälle zulässig. Abfälle, die aus in Anhang IV aufgelisteten Stoffen bestehen, sie enthalten oder durch sie verunreinigt sind, sind ohne unnötige Verzögerung

²⁰ Nachhaltige FCKW Bewirtschaftung Österreich; Ressourcen Management Agentur 2007

und in Übereinstimmung mit Anhang V Teil I der POP Verordnung so zu beseitigen oder verwerten, dass die darin enthaltenen persistenten organischen Schadstoffe zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht die Eigenschaften persistenter organischer Schadstoffe aufweisen.

Einer Aufarbeitung der Abfälle mit dem Ziel, das HBCD selektiv abzutrennen (D9-Operation) und irreversibel umzuwandeln oder zu zerstören, sollte daher den Intentionen der EU-POP Verordnung entsprechen.

5.2.5 Grenzüberschreitende Verbringung

Kunststoffabfälle u.a. Abfälle, deren POP-Gehalte die Grenzwerte des Anhangs IV der POP-VO (für HBCD: 1000 mg/kg) überschreiten, unterliegen unabhängig vom vorgesehenen Behandlungsverfahren der Notifizierung- und Bewilligungspflicht des BMLFUW bei der grenzüberschreitenden Verbringung. Auf Art. 28 der EG-AbfallverbringungsVO (Vorrang der strengeren Klassifikation) wird hingewiesen. XPS-Abfälle stellen zusätzlich noch gefährliche Abfälle dar (Exportverbot in Nicht-OECD-Staaten).

5.3 Recycling-BaustoffVO

Die Verordnung über die Pflichten bei Bau- und Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung), BGBl II Nr. 181/2015, legt Anforderungen fest, die beim Bau oder Abbruch von Bauwerken zu erfüllen sind, wie die Durchführung einer Schad- und Störstofferkundung und ein verwertungsorientierter Rückbau von Bauwerken.

6 Sammel-, Entsorgungs- und Recyclingmodelle

Neben den verbauten Mengen und den Rückflüssen stellen die wirtschaftlichen Modellrechnungen für das Recycling oder für die Entsorgung einen Kernpunkt der Studie dar.

Für diese Modellrechnungen wurden zum einen verschiedene Technologien in Betracht gezogen und zum anderen deren Kosten in verschiedenen Szenarien abgebildet.

Ähnlich wie bei einem morphologischen Kasten wurden in jedem Prozessschritt verschiedene Möglichkeiten definiert, die dann zu einem Prozess zusammengesetzt werden können.

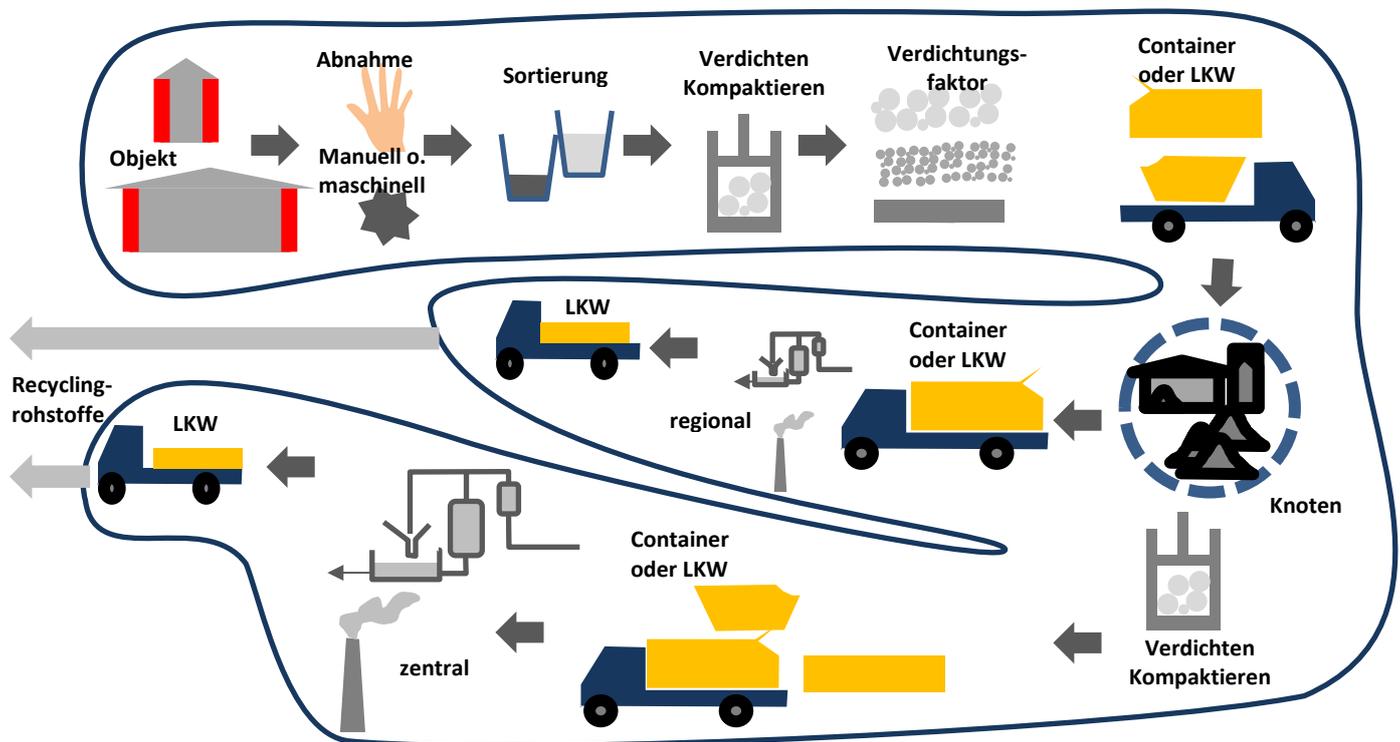


Tabelle 4: Alle Prozessmöglichkeiten

Ausgehend von einem der Objekte, die dick oder dünn gedämmt sein können, wird eine Abnahmeform gewählt. Die weiteren Schritte erfolgen je nach Szenario in der zentralen oder regionalen Behandlung.

6.1 Technologien und Parameter

6.1.1 Gebäude

Für die Szenarien wurden zwei prinzipielle Gebäude zugrunde gelegt:

- Einfamilienhaus mit 350 m² Fassadenfläche
- Großes Gebäude mit 2500 m² Fassadenfläche

Zwei Dämmstärken wurden betrachtet:

- 5 cm EPS Dämmung (stellt ein älteres Haus dar, das z.B. in den 80er Jahren errichtet oder saniert wurde)
- 15 cm EPS Dämmung

Aus diesen vier Kombinationen ergeben sich unterschiedliche Dämmstoffvolumina/-mengen und damit unterschiedliche Logistikabläufe.

6.1.2 Abnahme

Bei der Abnahme wurden zwei verschiedene Technologien in Betracht gezogen:

- Manuelle Abnahme: Gerüst oder Hebebühne ist notwendig (ist bei Sanierung vorhanden), Aufschneiden des Putzes, manuelles Ablösen am oberen Fassadenende, Abziehen des Putzes inklusive Armierung, Abschneiden der Dübelköpfe, Ablösen der Platte mit Schälseisen. Eine manuelle Vorsortierung ist notwendig.
- Abfräsen und Einsaugen der Dämmung auf der Fassade: mit einem kombinierten Fräs- und Saugkopf auf einem Hydraulikarm wird die Fassade abgefräst und die weggefrästen Teile werden eingesaugt. Ein angeschlossener Windsichter trennt zum einen die mineralischen Teile vom EPS und scheidet dann das EPS (mit wahrscheinlich vielen Fremdanteilen) in einen Sammelbehälter ab. Eine mechanische Vorbehandlung ist angeschlossen. Dazu hat eine deutsche Firma (GPS - Groh, Prischmann & Schulz GmbH & Co. KG) vor ca. 20 Jahren ein System mit Fräs- und Saugkopf entwickelt, das auf 50 cm Breite und in Höhen von bis zu 60 m Putze abfräsen konnte (System Biber). Für das Abfräsen von dickeren EPS oder XPS Schichten würde eine Weiterentwicklung dieses Systems notwendig sein. Das System Biber ist vom Markt verschwunden. Eine Schwierigkeit beim Abfräsen ist der hohe Anteil an Fremdstoffen, der nach dem Abfräsen in feiner Verteilung abgetrennt werden müsste. Ein zusätzliches Problem stellt bei älteren XPS-Platten das unzulässige Entweichen von FCKW/HFCKW/HFKW dar (Absaugung und Erfassung wäre nötig).

Die Abnahme mittels Baggerschaufel (herunterschälen der Dämmung mit einem Bagger) wurde nicht in das Modell aufgenommen, da aufgrund des entstehenden hohen Feinanteiles, der durch Wind verfrachtet wird und z.T. nicht mehr eingesammelt werden kann, die Belastung der Umgebung zu hoch wird.

6.1.3 Vorbehandlung/Zwischenbehandlung

Eine Vorbehandlung mittels einer Presse, eines Zerkleinerers oder einer Auflöseeinheit verringert das Volumen des EPS um ein Vielfaches. Die Vorbehandlungseinheit kann dabei direkt mit der Fräs-/Absaugeinheit verbunden sein.

XPS das vor mehr als 10 Jahren verbaut wurde, kann noch beträchtliche Mengen an voll- oder teilhalogenierten Treibmitteln enthalten. Um ein Entweichen dieser Treibmittel zu verhindern, sollte ein Zerkleinern oder Auflösen des XPS ohne geeignete Absaugung und Sammlung/Vernichtung der Treibmittel vermieden werden.

6.1.4 Transport zum ersten Knoten

Der Transport von der Baustelle zum ersten Knoten wird von folgenden Parametern dominiert:

- Sammeldauer der Dämmstoffe
- Volumen der Dämmstoffe

Die Dämmung wird über mehrere Stunden oder Tage vom Gebäude entfernt. Deshalb eignet sich zum Sammeln der Dämmstoffe ein Container, da dieser für längere Stehzeiten konzipiert ist. Ein LKW würde aufgrund der Wartezeiten zu teuer sein.

Der Container kann mit unverdichtetem, mit mechanisch vorverdichtetem (durch Pressen) oder mit kompaktem (durch Auflösen oder Pressen unter Hitze) EPS gefüllt werden. Für unverdichtetes oder vorverdichtetes EPS wurden 24 m³ Container zugrunde gelegt. Für kompaktes EPS wird von einem 7 m³ Container ausgegangen, der für die meisten Gebäude reicht.

Für unverdichtetes EPS wurde eine Volumensvergrößerung für lose Schüttung mit 30 % angenommen, der Verdichtungsfaktor mit 1:10 und der Kompaktierungsfaktor mit mit 1:50.

Als Transportstrecke werden 20 km angenommen.

Das Abnehmen von XPS wurde nur manuell in Erwägung gezogen. Im Unterschied zur freiliegenden Fassade muss bei den im Erdreich liegenden Perimeterdämmungen meist kein Putz abgenommen werden. Dafür muss vorher ausgebagert werden.

6.1.5 Transport regional

Entsprechend den in 6.1.6 berechneten Distanzen wurde der Transport mit Containern auf LKWs oder direkt mit einem LKW angenommen. Dabei kann nach entsprechender Vorbehandlung das EPS verdichtet oder kompaktiert sein.

6.1.6 Aufarbeitung/Verbrennung

Es wurde noch zwischen folgenden Behandlungsschritten unterschieden:

- Verbrennung (thermische Verwertung)
- Creasolv (HBCD Abtrennung, danach stoffliche Verwertung)

Daraus ergeben sich einerseits andere Kosten in der Verwertung, aber auch Erträge durch die gewonnenen Rohstoffe.

Bei der Verbrennung wurde berücksichtigt, dass auch Verbrennungsanlagen in den Bundesländern vorhanden sind – sofern es sich um nicht gefährliche Abfälle (z.B. EPS ohne halogenierte Treibmittel) handelt. Für XPS wurde der Transport zu einer zentralen Anlage gerechnet.

Das Creasolv Verfahren wurde in zwei Größenstufen berücksichtigt:

- Eine österreichweite Anlage
- vier regionale Anlagen

Dazu wurde eine Entfernungsoptimierung mit Gewichtung der Gebäudeanzahlen in den Bundesländern durchgeführt, um die optimalen Standorte zu ermitteln. Da sich der Rücklauf von EPS und XPS über die Zeit ändert, sind diese Anlagen auf jeden Fall sukzessive auszubauen. Derzeit sollten aber schon mehrere tausend Tonnen pro Jahr anfallen, weshalb von vier regionalen Anlagen mit 2 kt/Jahr oder alternativ von einer 5 kt/Jahr Anlagen für ganz Österreich ausgegangen wurde.

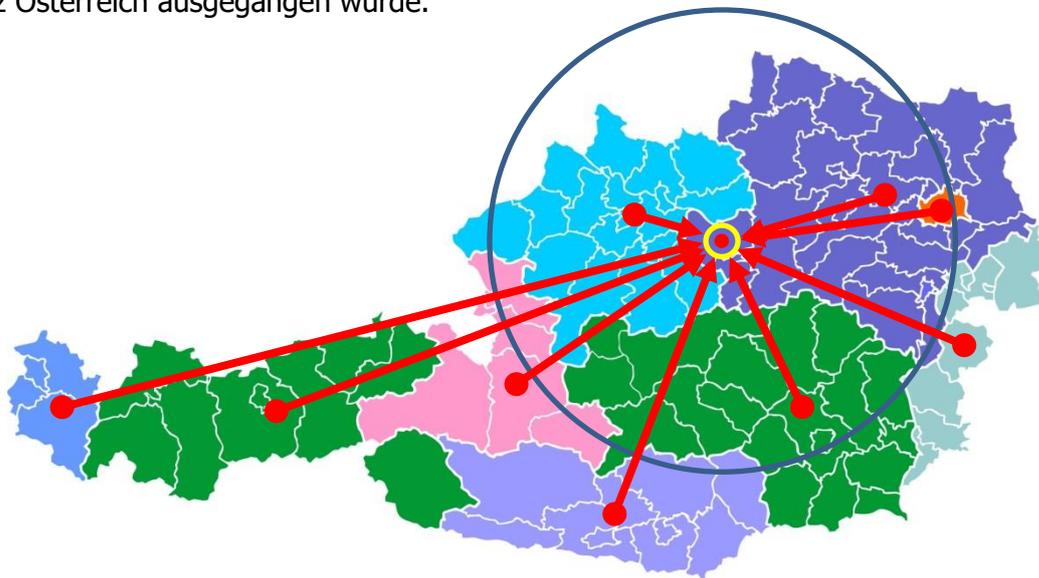


Diagramm 27: optimierter Standort für eine österreichweite Creasolvanlage

Durchschnittliche Entfernung Luftlinie: 130 km

Durchschnittliche Entfernung Straße: 195 km

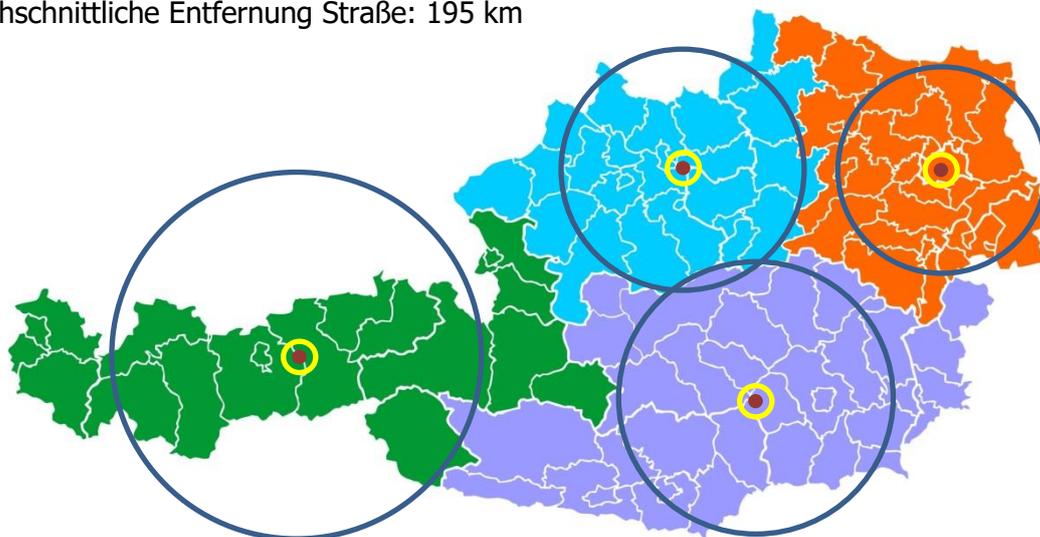


Diagramm 28: Standorte für regionale Creasolvanlagen

Die ungefähren durchschnittlichen Entfernungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	Luftlinie	Straße
OÖ:	68	102
Stmk	77	115
Tirol	103	154
Wien	58	87

- Österreichweit werden bei vier Anlagen durchschnittlich etwa 110 km Fahrt auf der Straße kalkuliert.

6.1.7 Abtransport der Recyclingprodukte

Nach der Aufarbeitung im Creasolv Verfahren muss das rezyklierte Polystyrol aber auch der Rückstand der Extraktion (bromhaltig) abtransportiert werden. Das geschieht vorzugsweise mit LKWs die das Polystyrol oder den Rückstand nach Vorliegen entsprechender Mengen zur Befüllung der Transportfahrzeuge weitertransportieren.

6.2 Kosten

6.2.1 Abnahme

- Manuelle Abnahme²¹:
 - o Gerüst: 5 €/m²
 - o Abschneiden der Dübelköpfe, Abschälen:
 - Etwa die Hälfte der Befragten konnte mangels Erfahrung mit dem Thema keine Angaben machen
 - Die Angaben reichen hier von 5 €/m² bis 15 €/m²
 - Die Angaben für die niedrigen Werte wurden aber nur für optimale Bedingungen (wenig Klebefläche, Reste bleiben an Fassade) geschätzt
 - Im Modell wurde daher mit 8 – 10 €/m² gerechnet
- Abfräsen und Absaugen²²: zwei Aggregate zu 250 €/h, Fräse mit einer Leistung von 200 m²/h; bei 15 cm 30 Prozent weniger Fräsleistung; Anfahrt durchschn. 60 km mit 60 km/h bei 80 €/h
- Manuelle Sortierung: 2 €/m²

6.2.2 Vorbehandlung/Zwischenbehandlung

Eine Presse oder eine Auflöseeinheit (Verwendung eines Lösemittels mit Flammpunkt > 60 °C) auf einem Klein-LKW liegt kosten- und auslastungsseitig ähnlich wie eine Saugereinheit. Auch hier wurden 250 €/h und 100 m²/h angesetzt. Die Anfahrt wurde gleich mit durchschn. 60 km mit 60 km/h bei 80 €/h berechnet. Für die Zwischenbehandlung in einem Knoten wurden die Kosten aufgrund der Größeneffekte und der einfacheren Anlage halbiert.

²¹ Interviews mit Fa. Reitermayr & Schütz: Hr. Schütz

²² Interviews mit Fa. Felbermayr: Hr. Reisenbichler, Leitung Abteilung Abfallwirtschaft

6.2.3 Transport²³

- 7 m³ Container: 65 €/Regiestunde + 1 €/Tag; 2 Stunden für Fahrt, Auf- und Abladen
- 24 m³ Container: 75 €/Regiestunde + 2 €/Tag;
 - o 20 km: 2 Stunden für Fahrt, Auf- und Abladen
 - o 100 km: 60 km/h + 0,5 für Auf- und Abladen
- LKW 45 m³: 75 €/Regiestunde, 60 km/h + 1 Stunde für Auf- und Abladen
- LKW 30 m³: 75 €/Regiestunde, 60 km/h + 0,5 Stunde für Auf- und Abladen (für verdichtetes EPS)
- Der Transport von kompakten Materialien von einem Knoten oder von einer Aufarbeitungsanlage wird mit vollen LKWs gerechnet, da dort gesammelt werden kann

6.2.4 Creasolv²⁴

- 2 kt/y: Konversionskosten 600 €/t
- 5 kt/y: Konversionskosten 490 €/t
- Für EPS Mengen aus abgefrästen Fassaden ist mit höheren Konversionskosten zu rechnen, da sehr viel mineralische Bestandteile abgetrennt werden müssen. Es wurde ein Aufschlag von 30 % eingerechnet. Weiters wurde ein viermaliger Durchlauf durch den Creasolv-Prozess kalkuliert, um den HBCD-Grenzwert gem. EU-POP-VO von 100 mg/kg zu unterschreiten.

6.2.5 Verbrennung^{25,26,27}

- Kosten der Behandlung in einer Abfallverbrennungsanlage: 140 €/t (eventuell Handlings-Zuschlag bei konzentrierter Anlieferung)
- Wird die Fassade abgefräst, muss mit erhöhten Kosten für die Verbrennung gerechnet werden, weil sehr viel mineralischer Anteil mit wesentlich höherer Dichte mitverbrannt werden muss. Eine Verdoppelung des Gewichtes ist anzusetzen.
- Als gefährlicher Abfall (z.B. XPS): 350 €/t

²³ Interviews mit Fa. Energie AG, Containerservice; Hr. Habel, Leitung Abfall- und Wertstoffmanagement

²⁴ Interviews mit Fraunhofer/Creasolv: Hr. Schlummer, Geschäftsfeldmanager Recycling und Umwelt

²⁵ Interviews mit Wien Energie, Simmering, Hr. Leitner

²⁶ Interviews mit Energie AG: Hr. Habel, Leitung Abfall- und Wertstoffmanagement

²⁷ Interviews mit Fa. Hasenöhl: Hr. Derntl, Abfallverwertung/Container/Entsorgung

6.3 Erträge

6.3.1 Polystyrol^{28,29}

- EPS 1.200 bis 1.900 €/t in 2015
- PS: zwischen 1.400 und 2.000 € in 2015
- Annahme im Modell: 1.000 €/t

6.3.2 Brom³⁰

- Brompreis 3.500 bis 3.900 USD/t in 2015, steigend
- Annahme im Modell: 2.000 €/t

6.4 Szenarien

6.4.1 Vergleich Creasolv regional versus zentral für kleine Gebäude

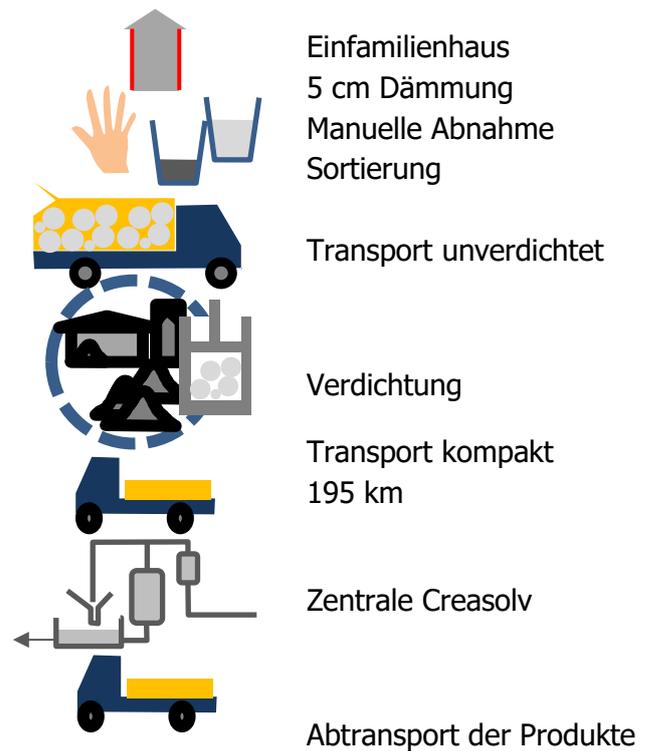
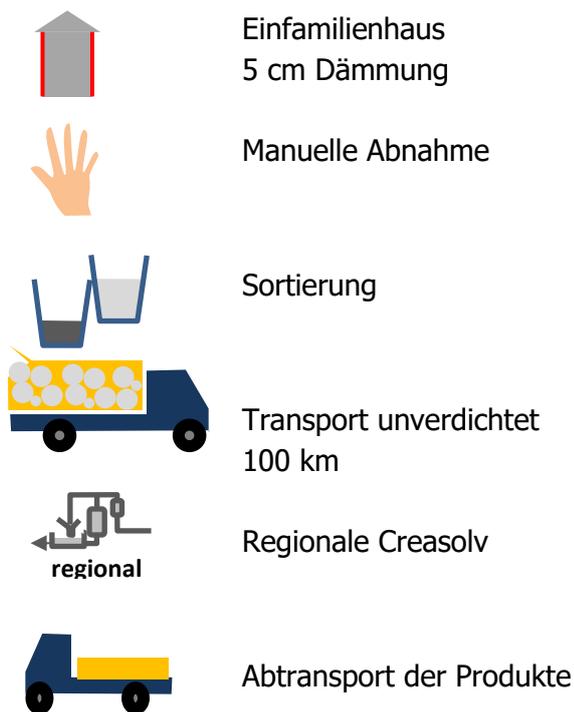
Ein durchschnittliches Einfamilienhaus, das in den 80iger Jahren gebaut wurde und mit 5 cm EPS gedämmt ist, wird für die nächste Betrachtungen herangezogen. Die Dämmung wird manuell entfernt, unverdichtet im Container transportiert und in einer regionalen Creasolvanlage aufgearbeitet. Alternativ dazu wird ein Vergleich der Aufarbeitung in einer zentralen österreichweit agierenden Anlage mit niedrigeren Konversionskosten und Transportkosten aber zusätzlichen Kompaktierungskosten hergestellt.

²⁸ Interviews mit Fa. Sunpor: Hr. Eberstaller, Geschäftsführer

²⁹ Plastics Eng. <http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/september2015/resinmarketfocus.html>

³⁰ <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/mcs-2015-bromi.pdf>

Folgende Prozesse wurden dafür angenommen:



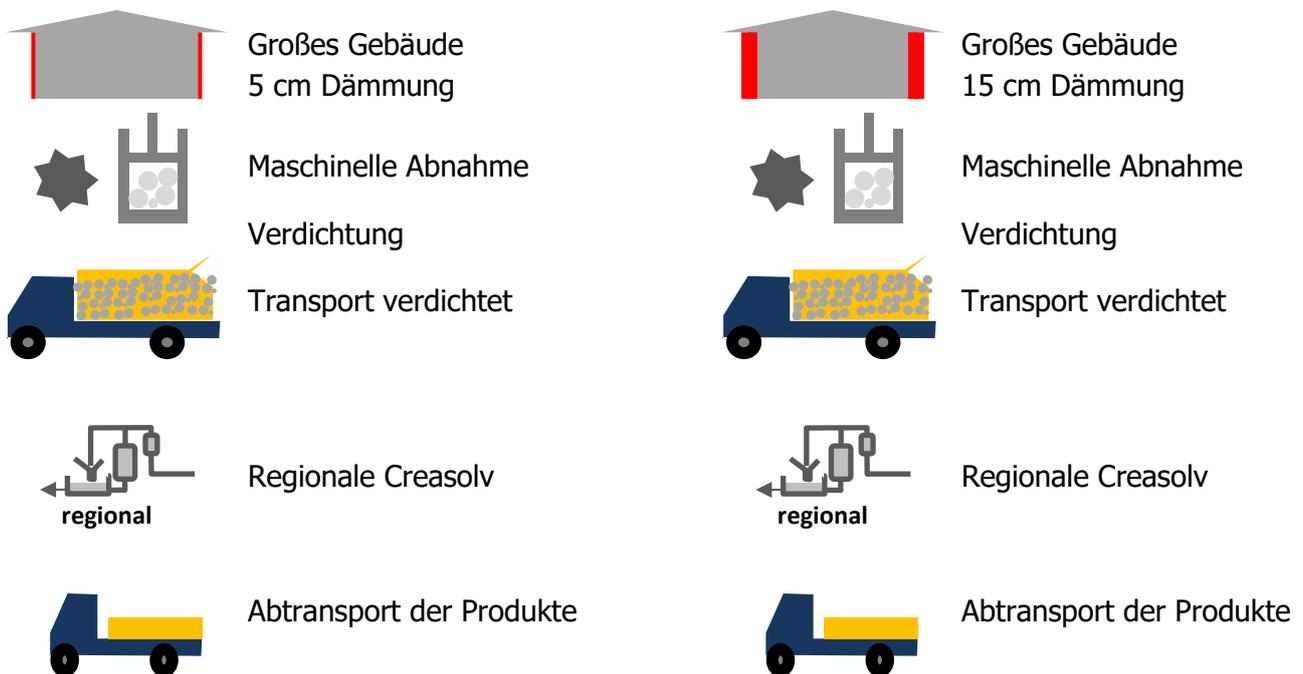
In regionaler Creasolvanlage	€/t EPS	€
Einfamilienhaus		
Fassadenfläche 350 m²		
Dämmstärke 5 cm		
Putz, Dübelköpfe, abnehmen, einsammeln	-14.000	-4.900
manuelles Aussortieren von Fremdstoffen	-2.000	-700
Container 100 km unverdichtet	-821	-288
Summe	-16.821	-5.888
Creasolv regional 2 kt/y	-600	-210
LKW Transport 200 km	-18	-6
Ertrag Polystyrol	1.000	350
Ertrag Brom EPS	14	5
Verwertungsertrag	414	145

In österreichweiter Creasolvanlage	€/t EPS	€
Einfamilienhaus		
Fassadenfläche 350 m²		
Dämmstärke 5 cm		
Putz, Dübelköpfe, abnehmen, einsammeln	-14.000	-4.900
manuelles Aussortieren von Fremdstoffen	-2.000	-700
Container 20 km unverdichtet	-429	-150
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-854	-299
LKW Transport 195 km kompakt	-18	-6
Summe	-17.300	-6.055
Creasolv österreichweit 5 kt/y	-490	-172
LKW Transport 200 km	-18	-6
Ertrag Polystyrol	1.000	350
Ertrag Brom EPS	14	5
Verwertungsertrag	524	183

- Die Kostenstruktur ist durch die Abnahmekosten geprägt. Die Kosten von 14 €/m² scheinen verglichen mit den Neu-Herstellungskosten (125 €/m²) nicht hoch zu sein, machen aber aufgrund der niedrigen übrigen Kosten den Hauptanteil der Rückbau- und Entsorgungskosten aus.
- Der Verwertungsertrag (Rohstoffträge – Aufarbeitungskosten oder Verbrennungskosten) ist auf das Objekt bezogen mit 145 € gering. Der Rückbau und der Transport werden vom Eigentümer zu tragen sein. Ob das EPS dann in eine Verbrennung oder in die Aufarbeitung gelangt, zentral oder dezentral, ist für den Eigentümer des Objektes nicht von hohem Interesse, da es die Kosten kaum verändert.
- Die Erträge aus den gewonnenen Rohstoffen sind aufgrund der geringen EPS Menge von 0,35 t niedrig.

6.4.2 Vergleich 5 cm Dämmung zu 15 cm Dämmung für große Gebäude

Ein großes Gebäude wird abgefräst und das EPS wird kompaktiert. Danach wird es in einer regionalen Creasolvanlage aufgearbeitet.



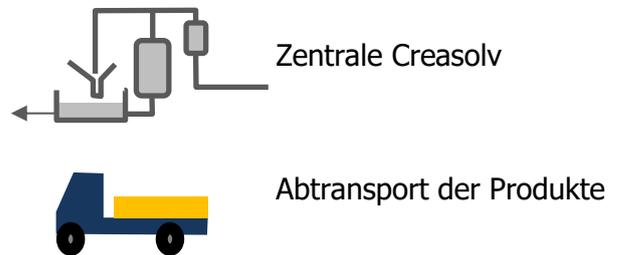
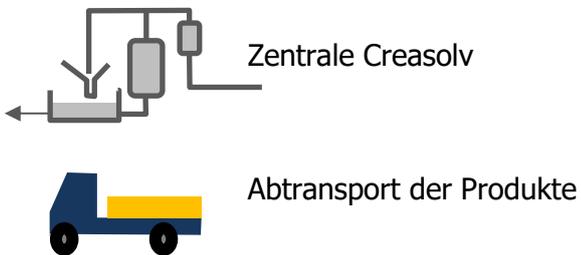
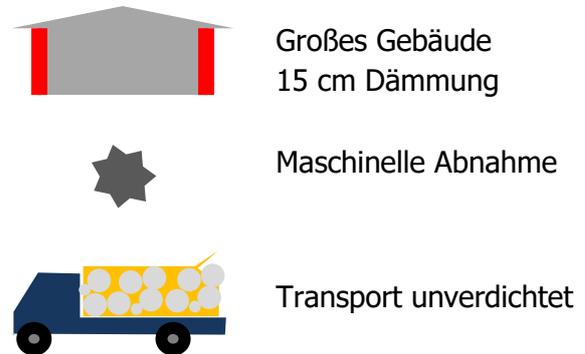
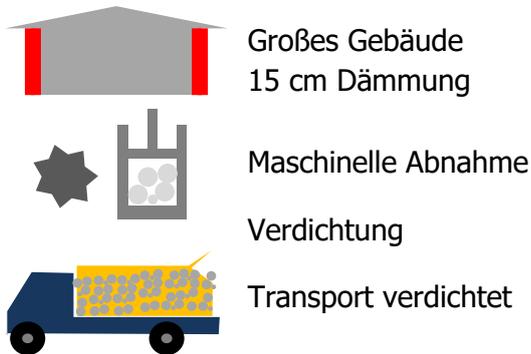
5 cm Dämmung	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m2		
Dämmstärke 5 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-2.628	-6.570
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-1.314	-3.285
LKW Transport 100 km kompakt	-115	-288
Summe	-4.057	-10.143
Creasolv regional 2 kt/y	-780	-1.950
LKW Transport 200 km	-18	-44
Ertrag Polystyrol	1.000	2.500
Ertrag Brom EPS	14	35
Verwertungsertrag	234	585

15 cm Dämmung	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m2		
Dämmstärke 15 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-1.233	-9.249
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-617	-4.624
LKW Transport 100 km kompakt	-38	-288
Summe	-1.888	-14.160
Creasolv regional 2 kt/y	-780	-5.850
LKW Transport 200 km	-18	-131
Ertrag Polystyrol	1.000	7.500
Ertrag Brom EPS	14	105
Verwertungsertrag	234	1.755

- Die Abfräsung und Kompaktierung stellen den Großteil der Kosten dar
- Die Materialmenge ist aber bei 15 cm EPS Stärke wesentlich größer, weshalb die Kosten pro Tonne zwar sinken, aber durch die niedrigere Fräsgeschwindigkeit die Gesamtkosten steigen

6.4.3 Vergleich unverdichtet zu kompaktiert für große Gebäude

Das Abfräsmaterial kann natürlich auch unverdichtet in Containern gesammelt werden. Es wird ein großes Gebäude mit dicker Dämmung gewählt, um den Unterschied möglichst prägnant darzustellen.



kompaktiert	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m ²		
Dämmstärke 15 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-1.233	-9.249
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-617	-4.624
LKW Transport 195 km verdichtet	-75	-563
Summe	-1.925	-14.435
Creasolv österreichweit 5 kt/y	-637	-4.778
LKW Transport 200 km	-18	-131
Ertrag Polystyrol	1.000	7.500
Ertrag Brom EPS	14	105
Verwertungsertrag	377	2.828

unverdichtet	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m ²		
Dämmstärke 15 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-1.233	-9.249
LKW Transport 195 km unverdichtet	-675	-5.063
Summe	-1.908	-14.311
Creasolv österreichweit 5 kt/y	-637	-4.778
LKW Transport 200 km	-18	-131
Ertrag Polystyrol	1.000	7.500
Ertrag Brom EPS	14	105
Verwertungsertrag	377	2.828

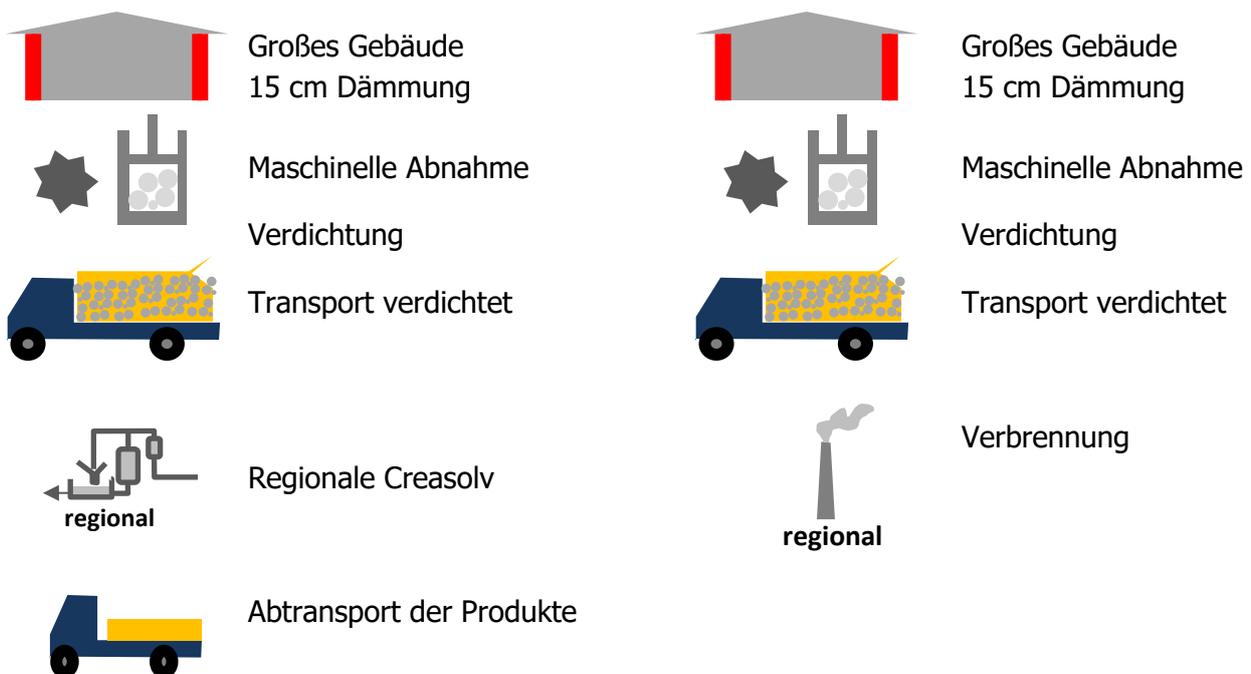
- Überraschenderweise ist der Unterschied gering. Die hohen Transportkosten werden durch die Verdichtungskosten kompensiert. Es ist aber zu beachten, dass diese Kosten nicht sehr gut bestimmbar sind, da es ein solches mobiles Verdichtungsaggregat am Markt noch nicht gibt. Zieht man jedoch die Kosten für einen LKW in Betracht (75 € pro Regiestunde) und ein nicht kommerziell erhältliches Aggregat, das auf diesem LKW das EPS verdichtet, scheinen ähnliche Kosten wie für den Saugwagen (250 €/Stunde) gerechtfertigt.
- Ein Verdichten ist eventuell aufgrund der niedrigen Transportkosten wirtschaftlich nicht interessant.

6.4.4 Vergleich EPS Verbrennung versus Creasolv

Wie auch bei den anderen Vergleichen ist die Wirtschaftlichkeit der Abnahme und des Transportes relativ unabhängig von der nachfolgenden Behandlung zu sehen. EPS muss auf jeden Fall abgenommen, gesammelt und transportiert werden.

Bei den verglichenen Behandlungswegen kommt es zu einer Gegenrechnung von Verbrennungskosten zu den höheren Creasolv-Kosten und den Gutschriften für die gewonnenen Rohstoffe. Zur quantitativen HBCD-Abtrennung wurde ein viermaliger Prozessdurchlauf kalkuliert.

Im folgenden Beispiel soll anhand eines großen Gebäudes mit dicker Dämmung der Einfluss verdeutlicht werden.



Creasolv	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m ²		
Dämmstärke 15 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-1.233	-9.249
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-617	-4.624
LKW Transport 100 km verdichtet	-43	-325
Summe	-1.893	-14.198
Creasolv regional 2 kt/y	-780	-5.850
LKW Transport 200 km	18	131
Ertrag Polystyrol	1.000	7.500
Ertrag Brom EPS	14	105
Verwertungsertrag	234	1.755

Verbrennung	€/t EPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 2.500 m ²		
Dämmstärke 15 cm		
Abfräsen, einsaugen, sichten	-1.233	-9.249
Zerkleinern, Pressen, Erhitzen, Auflösen	-617	-4.624
LKW Transport 100 km verdichtet	-43	-325
Summe	-1.893	-14.198
Müllverbrennung	-280	-2.100
Verwertungsertrag	-280	-2.100

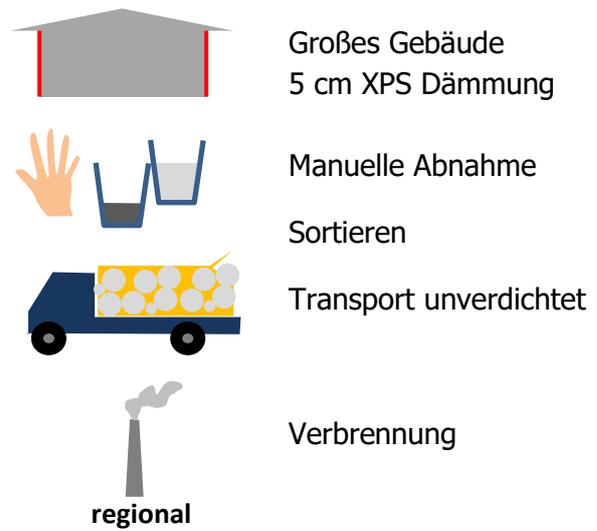
- Die Verbrennung kostet bei diesem Beispiel 2.100 €, wogegen die Aufarbeitungskosten des Creasolv Prozesses bei 5.850 Euro liegen. Der Ertrag für das Polystyrol wiegt diese Kostendifferenz aber bei weitem auf.

6.4.5 XPS Verbrennung versus Creasolv

Ein großes Gebäude mit 5 cm FCKW-XPS Perimeterdämmung wurde als Basis genommen. Die dünne Dämmung wurde deshalb gewählt, weil FCKW geschäumte XPS Platten zu Zeiten verwendet wurden, in denen noch dünner gedämmt wurde.

FCKW geschäumte Dämmplatten enthalten mit sehr großer Wahrscheinlichkeit noch wesentliche Konzentrationen des Treibmittels, wodurch sie als „gefährlicher Abfall“ einzustufen sind. Diese Einstufung hat zu einem Auswirkung auf das Abnehmen der Dämmung zum anderen auf die Transport- und Verbrennungskosten.

Die Dämmung kann nur mit erhöhtem Aufwand abgefräst werden, da die freiwerdenden FCKW abgesaugt werden müssen. Ein Konzept für die Abtrennung oder Vernichtung der FCKW (beim Absaugen entsteht ein Luftstrom mit sehr verdünnten FCKW) besteht noch nicht. Das bedeutet, dass mit heutigem Entwicklungsstand manuell abgenommen werden muss.



Creasolv	€/t XPS	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 1.200 m2		
Dämmstärke 5 cm		
Putz, Dübelköpfe, abnehmen, einsammeln	-8.485	-16.800
manuelles Aussortieren von Fremdstoffen	-1.212	-2.400
LKW Transport 195 km unverdichtet	-568	-1.125
Abnahme und Transport	-10.265	-20.325
Creasolv regional 2 kt/y	-600	-1.188
LKW Transport 200 km	18	35
Ertrag Polystyrol	1.000	1.980
Ertrag Brom XPS	40	79
Verwertungsertrag	400	792

Verbrennung	Kosten €/t	Kosten €
großes Gebäude		
Fassadenfläche 1.200 m2		
Dämmstärke 5 cm		
Putz, Dübelköpfe, abnehmen, einsammeln	-8.485	-16.800
manuelles Aussortieren von Fremdstoffen	-1.212	-2.400
LKW Transport 195 km unverdichtet	-568	-1.125
Abnahme und Transport	-10.265	-20.325
Verbrennung "Gefährlicher Abfall"	-350	-693
Verwertungsertrag	-350	-693

- Die Abnahme stellt wiederum den größten Anteil der Kosten dar.
- Der Ertrag aus dem im Creasolv Prozess erhaltenen Brom ist höher als bei EPS aber immer noch relativ gering.
- Aus wirtschaftlicher Sicht erscheint die stoffliche Aufbereitung von XPS nach erfolgter HBCD-Abtrennung sinnvoll.

6.5 Resümee aus den Modellrechnungen

- Die wesentlichen Kosten liegen in der Abnahme der EPS/XPS Dämmung.
- Die Kosten für die Entsorgung trägt der Objekteigentümer – sie können durch Erträge aus dem Recycling nur unwesentlich verringert werden.
- Die Wirtschaftlichkeit der Kompaktierung bewegt sich in engen Grenzen und ist nicht überzeugend darstellbar (Die Transportkosten sind relativ niedrig. Eine Kompaktierung vor Ort ist mit hohen Kosten belastet, weil die Aggregate mobil sein müssen und während der ganzen Abnahmezeit vor-Ort sein sollten. Die zentrale Kompaktierung wurde mit halben Kosten angenommen und weist leichte Kostenvorteile gegenüber dem unverdichteten Transport auf).
- Die Verbrennungskosten sind gegenüber den Aufarbeitungskosten vergleichsweise niedrig. Die Aufarbeitung muss sich durch die gewonnenen Rohstoffe rechnen.
- Eine Aufarbeitung scheint unter den angenommenen Parametern wirtschaftlich sinnvoll. Die Aufarbeitungskosten pro Tonne sind auch bei kleinen Anlagen niedriger als der Erlös für das gewonnene Polystyrol.
- Die Unterschiede der Konversionskosten zwischen zentraler und dezentraler Aufarbeitung (600 €/t zu 490 €/t) stellen die zentrale Aufarbeitung wirtschaftlich wesentlich besser. Die höheren Transportkosten werden aufgewogen (ausgenommen bei kleinen Objekten).
- Es gibt wesentliche Unterschiede in der Kostenstruktur der Logistik bei kleinen und großen Objekten. Bei kleinen Objekten mit geringen EPS-Tonnagen erscheint im Gegensatz zu großen Objekten eine Kompaktierung trotz anschließendem günstigeren Transport nicht vorteilhaft.

6.6 Geschäftsmodelle

6.6.1 Basierend auf bestehender „Entsorgerstruktur“

Im bestehenden System beauftragt ein Gebäudeeigentümer oder Verfügungsberechtigter ein Abbruchunternehmen oder eine Fassadenfirma, die das EPS/XPS abnimmt, sammelt und abtransportiert. Es liegt in der freien Entscheidung des Abbruchunternehmens oder des von ihm beauftragten Entsorgers, ob die Dämmstoffe verbrannt oder aufgearbeitet werden. Ob verdichtet oder kompaktiert wird, obliegt ebenfalls seiner wirtschaftlichen Entscheidung.

Daneben existieren Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen, Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle bzw. Aufarbeitungsfirmen, die z.B. eine Creasolvanlage betreiben. Die Entsorger dürfen die Dämmstoffe nur an zulässige Entsorgungs- oder Aufarbeitungsanlagen liefern.

6.6.2 Zugelassene EPS/XPS-Entsorger

Die Abnahme, der Transport und die Entscheidung über die Art der Behandlung sind nur zugelassenen Unternehmen gestattet. Abbruchfirmen, Fassadenfirmen oder andere können sich zertifizieren lassen (müssen dafür die nötige Sachkenntnis, die Dokumentationsinstrumente und Anlagen nachweisen).

Daneben stehen die schon bestehenden Verbrennungsanlagen oder Aufarbeitungsfirmen, die z.B. eine Creasolvanlage betreiben, zur Verfügung. Die Entsorger dürfen die Dämmstoffe nur an diese zulässigen Entsorgungs- oder Aufarbeitungsanlagen liefern.

6.6.3 Spezialisierte EPS/XPS-Entsorger

Unternehmen, deren Geschäftszweck einzig und allein in der Abnahme, im Transport und der Behandlung liegt, übernehmen die EPS/XPS Entsorgung, die einerseits eine Verbrennung oder Aufarbeitung nach Abtrennung des HBCD sein kann.

6.6.4 Staatlicher Entsorger

Ein staatlicher Entsorger übernimmt alle diese Aufgaben.

6.6.5 Bewertung der Geschäftsmodelle

Kosten: Die Nutzung der bestehenden logistischen und anlagentechnischen Systeme, die schon über Jahrzehnte kostenoptimiert sind, würde sicherlich die günstigste Lösung darstellen. Je mehr in den beschriebenen Varianten die EPS/XPS Entsorger spezialisiert sind, desto mehr Kosten entstehen. Auf Seite der Aufarbeitung (Creasolv Prozess, HBCD-Abtrennung) kann es auch mit zunehmender Spezialisierung aufgrund der größeren Mengen zu einer Kostensenkung kommen. Gesamt ist aber eine Kostensteigerung zu erwarten:

- Bestehende Entsorger haben meist eigene Containerpools
- Bestehende LKW-Flotten und Sortieranlagen werden genutzt
- Arbeiten in bestehenden Logistiksystemen und Netzwerken mit belastbaren Geschäftsbeziehungen z.B. zu Verbrennungsanlagenbetreibern

Sicherheit der Compliance: Eine latente Gefahr bei Unternehmen, die ein „Gesamtservice“ bieten, ist die Vermischung von Stoffströmen. Je mehr diese getrennt werden (z.B. weil das Unternehmen auf EPS/XPS spezialisiert ist und sonst keine Abfälle bewegt), desto größer ist die Sicherheit, dass das abgenommene EPS/XPS entsprechend den rechtlichen Vorgaben behandelt wird (Getrennthaltung gefährlicher Abfälle wie XPS).

Die Überwachbarkeit steigt ebenfalls mit der Spezialisierung und sinkender Anzahl der Unternehmen, die EPS/XPS entsorgen.

Realisierungszeit: Die derzeitige Praxis ist die Variante 6.6.1 Basierend auf bestehender „Entsorgerstruktur“, welche auch die am schnellsten realisierbare Option darstellt. Alle anderen Varianten brauchen entsprechend Zeit, um sie aufzubauen.

7 Bewertung

7.1 Abnahme

7.1.1 Rechtlich

In der Recycling-Baustoffverordnung BGBl. II Nr. 181/2015 ist die Verpflichtung zum selektiven Rückbau vorgeschrieben. Eine Demolierung ist somit bei WDVS Fassaden nicht zulässig. Ein manuelles Abnehmen oder ein maschinelles Entfernen des EPS ist also erforderlich. Bei altem XPS muss berücksichtigt werden, dass beim Freisetzen von FCKW/HFCKW/HFKW-haltigen Treibmitteln diese abgesaugt und gesammelt/vernichtet werden müssen und dass eine Separierung der XPS-Dämmstoffe (gefährlicher Abfall) bereits auf der Baustelle zu erfolgen hat.

7.1.2 Wirtschaftlich

Bei den abgeschätzten Kosten ist die maschinelle Entfernung des EPS wesentlich günstiger als die manuelle. Sie rechnet sich aber hauptsächlich bei großen Flächen. Je gründlicher man aber die Dämmung entfernt, desto mehr mineralische Anteile werden im aufzuarbeitenden Recyclat zu finden sein. Das verteuert die Aufarbeitung oder Verbrennung.

7.1.3 Ökologisch

Auch bei sorgfältiger Absaugung werden Feinanteile entstehen, die verfrachtet werden können. Beim manuellen Abnehmen entstehen diese nur in begrenztem Maße.

7.2 Transport und Verdichtung

7.2.1 Rechtlich

Rechtlich sind sowohl das unverdichtete Transportieren, als auch das Kompaktieren und der damit effizientere Transport ohne Einschränkung möglich. Lediglich beim älteren XPS würde ein Kompaktieren das noch enthaltene Treibmittel (FCKW, HFCKW, HFKW) freisetzen, was nicht zulässig ist (EU Ozonverordnung, Artikel 22³¹).

Entweder wird (etwa im Zuge der Vorerkundung nach Recyclingbaustoffverordnung) festgestellt, dass die zu entsorgenden XPS Platten keine ozonschichtschädigenden Treibmittel enthalten, oder XPS muss möglichst unzerkleinert in einer geeigneten Verbrennungsanlage (gefährlicher Abfall) verbrannt oder unter quantitativer Erfassung des Treibmittels in der Folge aufgearbeitet werden (HBCD Abtrennung).

7.2.2 Wirtschaftlich

Mit den gewählten Modellparametern lässt sich diese Entscheidung nicht eindeutig treffen. Im Bereich von größeren Gebäuden mit großen Dämmstoffmengen scheint eine Kompaktierung leichte Kostenvorteile zu haben. Bei kleineren Objekten (z.B. Einfamilienhaus mit 5 cm Dämmung: 18 m³ Dämmstoff = 0,35 t) wirkt sich aus, dass ein LKW mit 0,35 t die spezifischen Transportkosten stark erhöht. Ein Transport unverdichteter EPS/XPS-Abfälle zum

³¹ EU Ozonverordnung (EG) Nr. 1005/2009

nächsten Knoten mit einer zentralen Kompaktierungsanlage benötigt zusätzliche Manipulationen und erhöht damit den Aufwand.

Im Einzelfall kommt es auf die individuelle Entfernung des Objektes von einem regionalen Knoten oder von einer Verbrennungsanlage/Aufarbeitungsanlage an.

Aufgrund der niedrigen Transportkosten, die den Kosten für die Kompaktierung gegenüberstehen, müssen die Verdichtungsverfahren sehr einfach und effizient sein. Da diese Kompaktierungsanlagen zwar im Bereich des Verpackungs-EPS zur Verfügung stehen, diese aber aufgrund der mineralischen Anteile schwer für Abbruchmaterial verwendet werden können, ist die Kostenbetrachtung etwas unsicher.

7.2.3 Ökologisch

Der ökologische Vorteil der Kompaktierung hängt ebenfalls von der individuellen Entfernung des Anfallortes zu Knoten oder Entsorgungspunkten abhängig. Generell ist aber eine Kompaktierung als vorteilhafter anzusehen, auch wenn sie wirtschaftlich nicht attraktiv ist. Bei der Kompaktierung überwiegen die Anschaffungskosten der Anlage (vor allem bei stationären zentralen Anlagen) und die Betriebskosten stellen einen sekundären Faktor dar. Beim Transport machen die Betriebskosten einen wesentlichen Teil aus. Alleine die Treibstoffkosten betragen etwa 20-30% der Transportkosten. Die Treibstoffpreise spiegeln nur zum Teil die wirklichen Kosten wider.

7.3 Verbrennung versus Recycling nach HBCD Abtrennung

7.3.1 Rechtlich

- Aufgrund der erlaubten Behandlungsmethoden und der Deutung des Begriffes „unintentional“ scheint ein Abtrennen des HBCDs, z.B. mit dem Creasolv Verfahren, möglich.
- Diese Auslegung ist nicht explizit ausgewiesen. Ob sie auf Dauer aufrechterhaltbar ist, ist nicht gesichert
- Die Verbrennung ist rechtlich (unter Berücksichtigung der Grenzwerte für die Einstufung als gefährliche Abfälle) möglich.

7.3.2 Wirtschaftlich

- Die Abnahme und Sammlung des EPS oder XPS und auch der Transport sind nahezu unabhängig von der Art der anschließenden Behandlung, stellen aber die größten Kostenfaktoren dar.
- Die Verbrennung ist die billigste Form der rechtlich möglichen Behandlungen.
- Im Falle der Abtrennung von HBCD (Creasolv) liefert das zurückgewonnene Brom nur einen kleinen Beitrag, aber die Gewinnung von Polystyrol als Rohstoff kann die Kosten der Aufarbeitung tragen.

7.3.3 Ökologisch

- Werden alle Abläufe gemäß den gesetzlichen Bestimmungen durchgeführt, bleiben maximal 100 ppm als „unintentional trace contamination“ im Kreislauf, wodurch etwa 99% des HBCDs aus dem Kreislauf entnommen werden.
- Die Verbrennung in dem Stand der Technik entsprechenden Anlagen beseitigt nahezu 100 % des HBCDs.
- Wesentliche ökologische Bedeutung kommt der Rücklaufquote des HBCD-belasteten Dämmstoffes zu: Sinkt diese aufgrund der hohen Kosten nur um 1 %, so entspricht die dadurch unwiederbringlich in die Umwelt entlassene HBCD Menge schon jener Menge an HBCD, die nach einer HBCD Abtrennung mit 100 ppm Restgehalt im Kreislauf bleibt.
- Der wirtschaftliche Anreiz würde die Rücklaufquote der Sammlung erhöhen, wodurch die Aufarbeitung des PS nach Abtrennung von HBCD aus ökologischer Sicht sehr wahrscheinlich positiv ausfällt.

7.4 Resümee

- Geeignete Maschinen zur Abnahme der EPS Dämmung und geeignete Maßnahmen zur XPS-Entfernung (FCKW/HFCKW/HFKW Absaugung und Erfassung) müssen entwickelt werden.
- Insgesamt scheint der Aufbau eines Aufarbeitungssystems nach Abtrennung von HBCD (Creasolv) bei größeren Mengen auch wirtschaftlich sinnvoll.
- Als Alternative dazu muss die Verbrennung bestehen, vor allem im Bereich der Mitverbrennungsanlagen sollte diese abgesichert werden (Emissionsüberwachung).
- Die rechtliche und umweltseitige Compliance muss im Auge behalten werden.
- Der Lerneffekt aus dem HBCD Thema (früher harmlos – heute ein Problem) sollte für die jetzt verwendeten Inhaltsstoffe und Verbauungstechnologie genutzt werden.
- Das Thema „Aufdoppeln“ sollte verfolgt werden (siehe Kapitel 9.1).
- Unterscheidungsmöglichkeiten für HBCD-haltige Platten werden benötigt.
- Die Schadstofferkundung des Gebäudes durch Herstellung von Bohrkernen aus XPS und Analytik auf FCKW/HFCKW/HFKW ist entsprechend der Vorgaben der Recycling-BaustoffVO vorzunehmen.
- Verbrennungskosten für gefährliche Abfälle (XPS mit FCKW/HFCKW/HFKW > 0,2 %) sind wesentlich höher als die für HBCD belastetes EPS.

8 Offene Punkte, Diskussionspunkte, Forschungsbedarf, Empfehlungen

8.1 Aufdoppeln

Das Aufdoppeln von bestehenden EPS/XPS-Isolierungen mit zusätzlichen EPS/XPS Platten wirft neuerlich Probleme auf. Durch dieses Verfahren werden zu den alten mit HBCD versetzten EPS/XPS Platten neue hinzugefügt, die ab 2015 ein polymeres Flammenschutzmittel (pFR) verwenden. Bei einem späteren Rückbau sind die verschiedenen flammgeschützten EPS/XPS Abfälle vermischt oder sie müssen bei einer möglichen Trennung auch getrennt entsorgt werden. Andernfalls würde die Menge des aufzuarbeitenden oder zu entsorgenden EPS/XPS vervielfacht werden, da meist wesentlich mehr aufgedoppelt wird als schon auf der Fassade vorhanden ist. Ein Rückbau durch maschinelles Abschälen würde dabei zu einer Vermischung der EPS/XPS-Arten führen. Auch bei manueller Abnahme ist wesentlich höherer Aufwand nötig, um die Schichten getrennt zu erhalten. Nach der Abfallverzeichnisverordnung BGBl. II Nr. 498/2008 würde das untrennbare Vermischen die Gesamtmenge zu gefährlichem Abfall (im Fall von XPS) machen. Alternative Verbauungssysteme könnten zur Problemlösung führen.

Es gibt bereits Ansätze von WVDS Herstellern wie z.B. STO, der ein System zur Befestigung von Dämmung mittels Klettverschluss entwickelt hat.

Aus der Projektgruppe heraus wird ebenfalls versucht, ein Projekt zur Entwicklung eines neuen Systems zu starten.

8.2 pFR (polymerer Flame-Retardent)

Die Erfahrung mit dem HBCD zeigt, dass eine Vorhersage der Gefährlichkeit oder Problematik von chemischen Substanzen über mehrere Jahrzehnte schwierig ist. Nachdem die neuen EPS/XPS-Platten wiederum mehrere Jahrzehnte auf den Fassaden bleiben sollen, kann eine veränderte Sichtweise auf den derzeit sicher erscheinenden pFR nicht ausgeschlossen werden.

Ein anderer Umgang mit dem Thema Rückbau, würde die Voraussetzung für spätere Lösungen schaffen. Neue Verbauungssysteme sind nötig, um den Rückbau zu erleichtern.

8.3 Verantwortung

Laut Europäischer Chemikalienverordnung sind Hersteller, Importeure und Anwender für die sichere Verwendung der eingesetzten Chemikalien selbst verantwortlich. Das erfolgreiche Zulassungsverfahren entbindet sie nicht von der Verantwortung.

Aus dieser Sicht ist die Dämmstoffindustrie, als der „In-Verkehr-Bringer“ des HBCD auch für dessen Sammlung und Entsorgung verantwortlich.

Eine Überprüfung der Verantwortung für das HBCD aus rechtlicher Sicht ist notwendig, um neben den Akteuren, die sich „moralisch“ oder auch aus Marketingsicht verantwortlich fühlen, auch diejenigen zu involvieren, die rechtlich verantwortlich sind.

8.4 Unterscheidung

Das in Verkehr gebrachte EPS/XPS ist nicht in Bezug auf das eingesetzte Flammschutzmittel gekennzeichnet. Das bedeutet, dass bei der Sanierung oder beim Abriss eines Gebäudes in Zukunft die Unterscheidung zum Großteil aufgrund des Jahres des Aufbringens der Dämmung erfolgen muss. Im Übergangsbereich ist jedoch diese Unterscheidung schwierig. In Österreich ist etwas vorzeitig auf pFR umgestellt worden. Die Lager bei den Herstellern und Verarbeitern sind zwar klein, aber berücksichtigt man auch Importe, dann kann es zu einer Unschärfe von 1 bis 2 Jahren kommen. Vor allem deshalb, weil in vielen Jahren auch die Unterlagen über die verwendeten Dämmstoffe nur mehr zum Teil zur Verfügung stehen werden. Eine einfache analytische Methode zur Unterscheidung von HBCD und pFR wäre hilfreich, um später das HBCD-haltige EPS/XPS aus der Zeit vor der Umstellung von neuem EPS/XPS unterscheiden zu können. Eine Differenzierung ist nötig, da die Rechtsvorschriften für die Behandlung von POP-Abfällen einzuhalten sind.

Für den Nachweis von HBCD in Kunststoffen stehen Analysemethoden (allerdings nur Bestimmung von Gesamtbrom) mittels RFA zur Verfügung. Das Fraunhofer Institut IVV hat eine entsprechende Methode entwickelt³². Dabei muss vor der Brombestimmung eine Extraktion mit Aceton durchgeführt werden. HBCD-haltige EPS- oder XPS-Proben werden dabei von pFR-haltigen oder Brom-freien Proben unterschieden. Die Analyse beruht auf der guten Löslichkeit der relativ kleinen HBCD Moleküle in Aceton, wogegen die Makromoleküle des pFR fast unlöslich in Aceton sind. Die Handheld-Methode wurde auch mit Desktopgeräten und Laboranalysen verglichen und liefert ausreichend genaue Ergebnisse. Damit ergibt sich eine zuverlässige Unterscheidung der Dämmmaterialien. Der Einsatz von solchen Geräten und die Überprüfung sollten für Dämmungen, die in den Jahren 2014 und 2015 aufgebracht wurden, geregelt werden.

Vor allem bei XPS ist eine weitere Problematik gegeben: durch den Einsatz von FCKW, HFCKW und HFKW, welche eine Einstufung als gefährlichen Abfall bedingen können, ist der Umstieg auf rein mit CO₂ geschäumte Dämmstoffen von Bedeutung. In einigen Jahren wird die Unsicherheit über die verwendeten Treibmittel zum Tragen kommen.

Es ist aber mit relativ großer Sicherheit anzunehmen, dass ab 2000 keine FCKW-haltigen XPS Platten verbaut wurden. Dies sollte auch für die zweite Hälfte der 90er Jahre gelten, es ist aber nicht vollständig auszuschließen, dass Restbestände noch verarbeitet wurden.

Eine analytische Abklärung durch repräsentative Beprobung bei der Schadstofferkundung ist erforderlich. Die Maximalvariante wäre dabei, dass alle XPS Abfälle a priori als gefährlicher Abfall klassifiziert werden.

8.5 HBCD in anderen Kunststoffen

In zahlreichen anderen Kunststoffanwendungen wird HBCD eingesetzt. Mengenrelevant sind aber hauptsächlich EPS und XPS. 2006 sollen ca. 96 % des HBCD in EPS und XPS

³² "Rapid identification of PS foam wastes containing HBCDD or its alternative PolyFR by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF)"; Martin Schlummer, Jörg Vogelsang, Dominik Fiedler, Ludwig Grubea, Gerd Wolz; Fraunhofer Institute IVV, Recycling Plastics, 85354 Freising, Germany; BASF SE, 67056 Ludwigshafen, Germany

Verwendung gefunden haben (zu etwa gleichen Teilen)³³. Eine untergeordnete Rolle spielte der HBCD-Einsatz in der Elektronikbranche.

8.6 EPS in Estrichen/Blumenerde

Die bisher praktizierte Verwendung von EPS in Estrichen und Blumenerde oder anderen Anwendungsgebieten ist bedenklich und rechtlich auch nicht mehr erlaubt, sofern es sich um HBCD-haltige Abfälle handelt (siehe EU-POP-VO).

Deshalb sollten diese Verwertungen detailliert überprüft werden.

8.7 Auswirkungen der Recycling-BaustoffVO

Die Auswirkungen der Recycling-BaustoffVO auf die Praxis der EPS/XPS Behandlung wurden hier nicht explizit untersucht. Eine Abnahme und Trennung der Dämmstoffe von den mineralischen Abfällen direkt auf der Baustelle scheint aber auch aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll.

³³ FLAME RETARDANT ALTERNATIVES FOR HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD); Final Report June 2014, US-EPA

9 Betrachtungen für das Bundesland Oberösterreich

Für Oberösterreich konnten keine spezifischen Daten aus den in Kapitel 3 genannten Quellen ermittelt werden. Aus den bundesweiten Daten lassen sich jedoch, unter Einbeziehung der Gebäudezahlen, Mengen für Verbrauch, Depot und Rücklauf errechnen.

9.1 Verbrauch

Der EPS-Verbrauch in OÖ wurde aus den bundesweiten Zahlen, unter Berücksichtigung der in Tabelle 5 angegebenen Flächenanteile in OÖ, für die verschiedenen Gebäudetypen errechnet. Der XPS-Verbrauch wurde mit Hilfe des österreichweiten XPS/EPS Verhältnisses errechnet.

Tabelle 5: Gebäudeflächenanteile der oberösterreichischen Gebäude

Anteil Gebäudefassade OÖ	Gebäudefassade insgesamt	Errichtungsjahr							
		vor 1919	1919 bis 1944	1945 bis 1960	1961 bis 1970	1971 bis 1980	1981 bis 1990	1991 bis 2000	2001 und später
Privater Wohnbau	17,8%	17,2%	12,7%	18,2%	17,5%	18,3%	18,7%	18,5%	19,4%
nicht privater Wohnbau	15,3%	10,9%	17,9%	16,8%	14,6%	17,2%	17,2%	18,3%	14,2%
Andere Gebäude	17,2%	16,7%	14,4%	18,0%	17,8%	18,4%	18,0%	16,1%	17,0%
Gesamtfläche OÖ		14,5%	15,0%	17,7%	16,6%	18,0%	18,2%	18,1%	17,3%

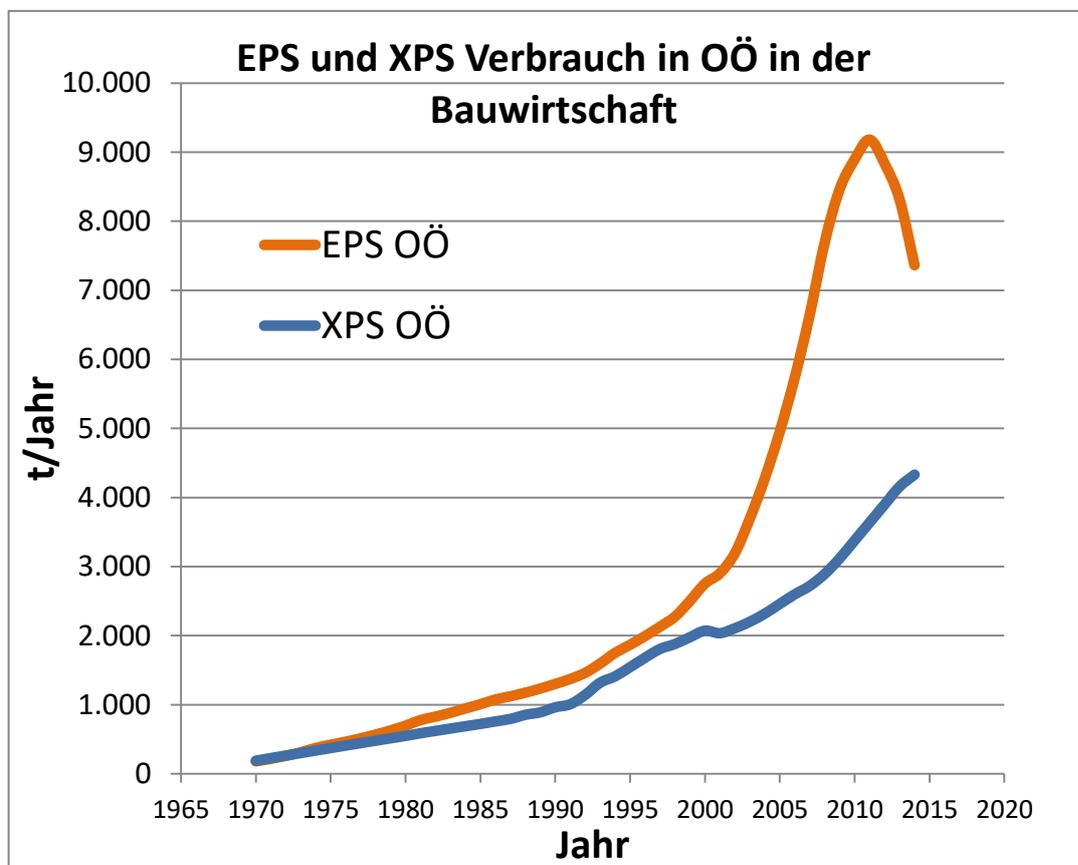


Diagramm 29: EPS- und XPS-Verbrauch in Österreich

Legt man die durchschnittlichen HBCD-Gehalte (EPS: 0,7 %; XPS: 2,0 %) zugrunde, dann errechnet sich folgender HBCD-Einsatz in der oberösterreichischen Bauindustrie.

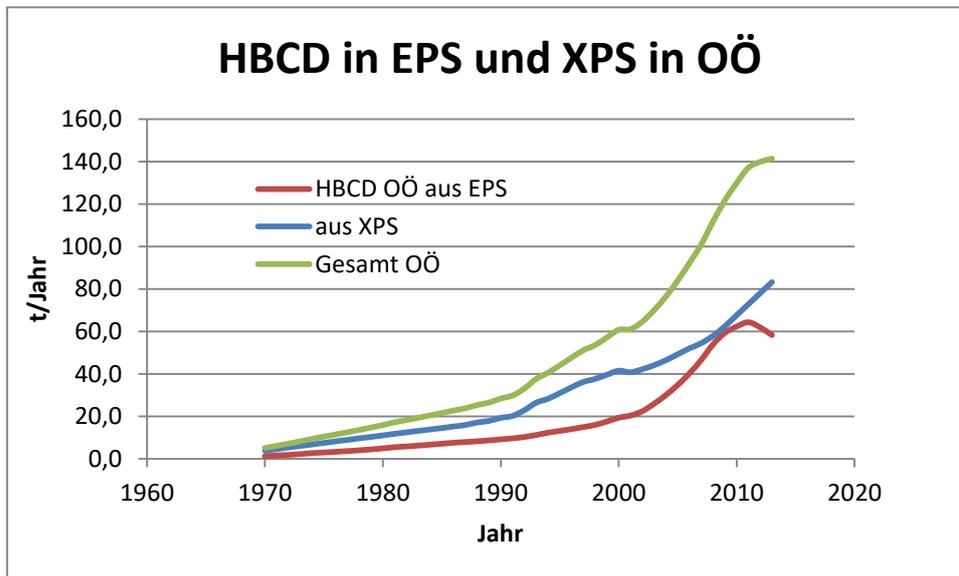


Diagramm 30: Einsatz von HBCD in OÖ in EPS und XPS Dämmstoffen

9.2 Depot

Das Depot in oberösterreichischen Fassaden ergibt sich wie folgt.

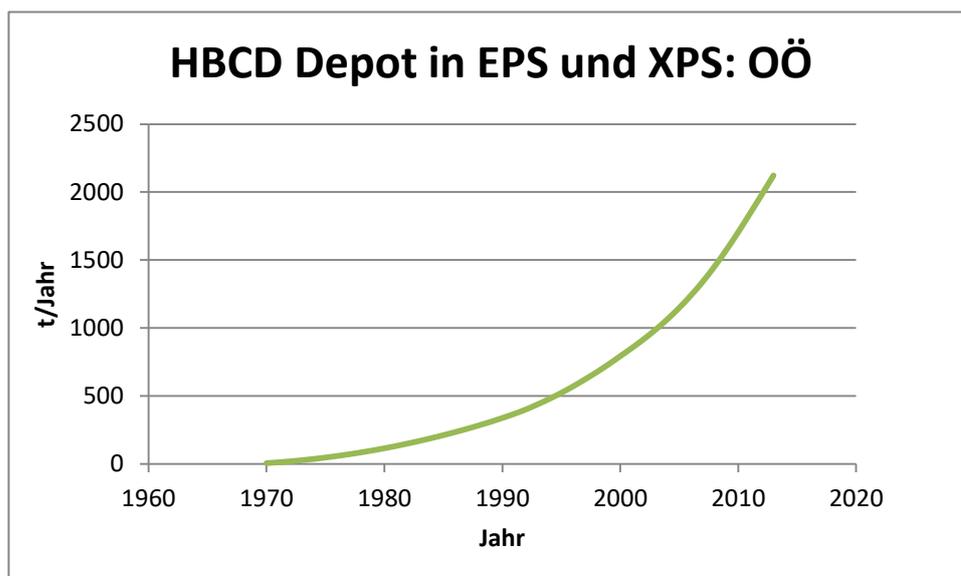


Diagramm 31: kumulierter HBCD Einsatz: Depot in OÖ

Das HBCD Depot in OÖ bis 2013 beträgt etwas mehr als 2.100 Tonnen.

9.3 Rücklauf

Für Oberösterreich ergeben sich entsprechend der Gebäudezahlen die in Diagramm 32 dargestellten EPS-Rückflüsse.

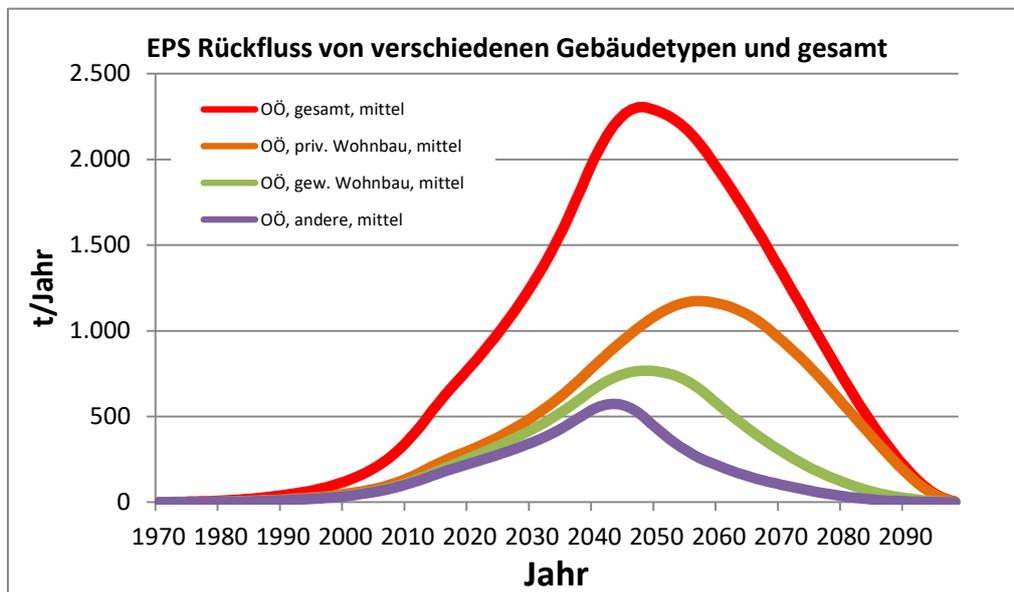


Diagramm 32: EPS Rückfluss in Oberösterreich

In Diagramm 33 sind die Minimum- und Maximummengen des EPS Flusses dargestellt. Derzeit sollten pro Jahr zwischen 300 und 800 t EPS Abfälle aus dem Baubereich anfallen.

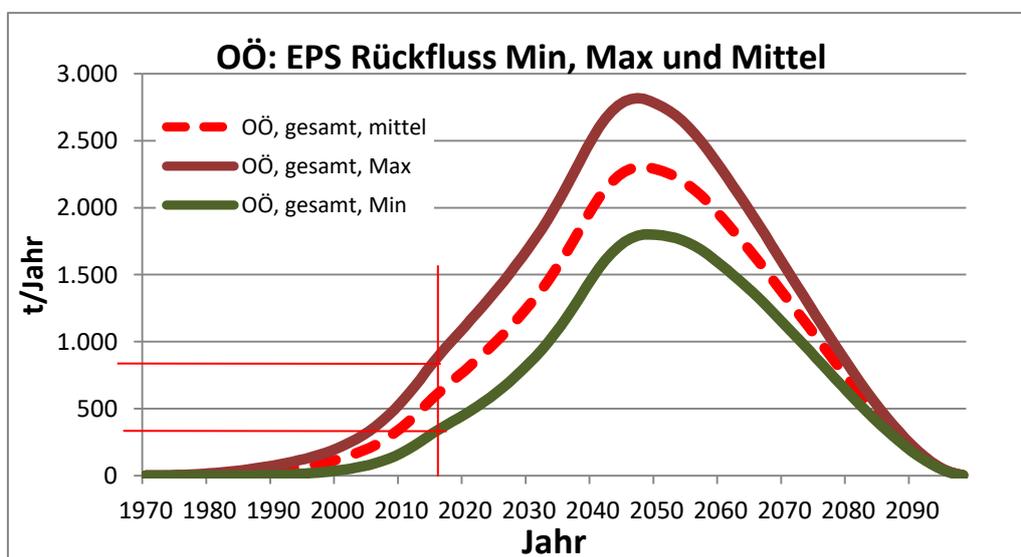


Diagramm 33: Rückfluss von EPS in OÖ

Aus obigem Diagramm ist ersichtlich, dass eine regionale Aufarbeitungsanlage (2.000 t/Jahr) für Oberösterreich alleine etwa ab dem Jahr 2025 (Mittelszenario, mit Aufschlag für XPS) ausgelastet werden kann.