

## Leitfaden für die Sammlung und Vorbehandlung von Polystyrol-Schäumen von Abbruch-Baustellen für PolyStyreneLoop

Der Leitfaden für die Sammlung und Vorbehandlung von Polystyrol-Schäumen für PolyStyreneLoop wird im Rahmen des EU LIFE Programms 16 ENV/NL/000271 gefördert.



Project financed with help of the European Commission, on the Environmental and Governance Program LIFE 16 ENV/NL/000271

#### Original:

- Guideline on the Collection and Pre-treatment of polystyrene foams for PolyStyreneLoop, 09.09.2019

#### Autoren

- Jan van Dijk M.Sc.
- Alix Reichenecker M.Sc.

#### Übersetzung

- Industrierverband Hartschaum e. V., IVH
- 2. Redaktionelle Bearbeitung und Aktualisierung, 24.07.2020:
  - Dipl.-Ing. Ulrich Meier, IVH – [u.meier@ivh.de](mailto:u.meier@ivh.de)
  - M.A. Serena Klein, IVH – [s.klein@ivh.de](mailto:s.klein@ivh.de)



Industrieverband Hartschaum, IVH, ist Mitglied von PolyStyreneLoop.

[www.IVH.de](http://www.IVH.de)

Kapitel	Folie
Einführung	5
Materialbestimmung	10
Markt	15
Abbruch	17
Vorbehandlung	20
Transport	24
Recycling	26
Produkte	30
HUBs	32
Kontaktdaten	34
Anhang 1 – Initiative PolyStyreneLoop	36
Anhang 2 – Rechtsvorschriften	44
Anhang 3 – HBCD	49
Anhang 4 – EPS-Abnahmeblatt	52
Quellen	56

# Liste der Abkürzungen

GPSS	General Purpose Polystyrene
BRU	Bromrückgewinnungsanlage
EPS	Expandierter Polystyrol-Hartschaum
FR	Flammschutzadditiv
HBCD	Hexabromcyclododecan
HUB	Sammelstelle
HWRCs	Hausmüll-Recyclinghöfe
PIR	Polyisocyanurat-Schaum
PPM	parts per million (Teile pro Million)
PS	Polystyrol
PSLoop	PolyStyreneLoop
PUR	Polyurethan-Schaum
XPS	Extrudierter Polystyrol-Hartschaum
RFA	Röntgenfluoreszenz

**Abbruch, Sammlung, Vorbehandlung, Transport**

**PolyStyreneLoop auf einem Blick**

- Kurze Antworten auf die wichtigsten Fragen

**Erläuterungen**

- Hintergrund-Informationen zu HBCD und (H)FCKW

**Logistik für die Sammlung**

- Vom Rückbau zum Recycling
- Sammelstellen (HUBs)

## PolyStyreneLoop auf einem Blick

### Wer steht hinter PolyStyreneLoop?



PolyStyreneLoop (PSLoop) ist eine Initiative der Polystyrol-Hartschaum-Wertschöpfungskette. Mehr als 70 Mitglieder und Unterstützer aus mehr als 15 europäischen Ländern haben sich im Rahmen von PSLoop in einer Kooperative zusammengeschlossen.

### Was macht PolyStyreneLoop?



PolyStyreneLoop bietet eine Recycling-Lösung für Polystyrol-Hartschaumabfälle (EPS und XPS) aus Gebäude-Abbrucharbeiten.

### Wie erreicht PolyStyreneLoop das?



In einem physikalisch Recyclingprozess werden Polystyrol und Brom rückgewonnen und HBCD sicher zerstört. Innerhalb der rechtlichen Rahmenbedingungen wird der Kreislauf für Polystyrol geschlossen.

### Warum engagieren sich die PolyStyreneLoop-Kooperationspartner?



Seit den 1960er Jahren wurde HBCD als Flammschutzadditiv in EPS und XPS eingesetzt. Seit 2016 ist das mechanische Recycling dieses Abfalls nicht mehr zulässig. Die Branche übernimmt Verantwortung und arbeitet aktiv an einer Lösung zur Schonung der Ressourcen.

### Wo ist der Standort der PolyStyreneLoop-Anlage?



Die Anlage der PolyStyreneLoop befindet sich in Terneuzen, im Südwesten der Niederlande, nahe der belgischen Grenze.

### Wann ist PolyStyreneLoop betriebsbereit?



Die Anlage wird im 1. Quartal 2021 betriebsbereit sein. Zur Zeit wird die Anlage errichtet und das Logistik-Netzwerk für die Sammlung und Vorbehandlung der PS-Schaum-Abfälle aufgebaut. Offizieller Einweihungstermin der PSLoop-Anlage ist Donnerstag, der 01. April 2021.

## PolyStyreneLoop auf einem Blick

### HBCD in EPS und XPS

- Seit den 1960er Jahren wurde das Flammschutzadditiv HBCD in EPS und XPS verwendet.
- Über Jahrzehnte galt HBCD als die beste Flammschutz-Lösung zur Erfüllung nationaler Brandschutzvorschriften. HBCD gilt heute als Schadstoff und darf nicht mehr verwendet werden.
- In EPS-Dämmstoffen wurde es in Deutschland in 2015 vorzeitig durch ein neues, unbedenkliches Flammschutzadditiv ersetzt.
- HBCD-haltige PS-Schaumabfälle dürfen nicht mehr dem mechanischen Recycling zugeführt werden. Die thermische Verwertung galt lange Zeit als einzig durchführbares Verwertungsverfahren in Deutschland und Österreich.
- Mit dem innovativen Recyclingverfahren, das PolyStyreneLoop einsetzt, wird ein Verfahren zum Recycling von HBCD-haltigen PS-Schäumen im industriellen Maßstab durchgeführt. Diese Technologie wurde bereits als beste verfügbare Recycling-Technologie für die Verarbeitung von HBCD-Abfall in die Basler Konvention des Umweltprogramms der UN (UNEP) aufgenommen.
- Die PolyStyreneLoop-Demonstrationsanlage ist für Abfallmenge 3.000 Tonnen PS-Abfall pro Jahr konzipiert. Das Projekt wird die technische, wirtschaftliche und ökologische Machbarkeit des neuen Recyclingverfahrens aufzeigen und zur Einführung des Verfahrens in immer mehr Anlagen in vielen Ländern Europas und der Welt führen.
- Die Initiative PolyStyreneLoop schafft damit eine geschlossene Kreislaufwirtschaft für HBCD-haltige PS-Schäume.

### (H)FCKW in XPS

- Nicht nur HBCD muss aus XPS entfernt werden, bevor das Polystyrol rückgewonnen werden kann. Häufig enthalten vor 2002 hergestellte XPS-Produkte (H)FCKW - (halogenierte) Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die bei der Herstellung von XPS als Treibmittel verwendet wurden.
- (H)FCKW sind ozonabbauende Stoffe, die unter das internationale Montreal-Protokoll von 1989 fallen [1]. (H)FCKW können nicht recycelt werden und gemäß EU-Verordnung muss ein Vernichtungsverfahren von (H)FCKW-haltigem XPS mit einer Wirksamkeit von mindestens 95 % entfernen und vernichten [2].
- Nach 2001 hergestellter XPS-Schaum enthält kein (H)FCKW mehr. Seit 2001 werden andere, ozonfreundliche Treibmittel verwendet. Heute werden 95 Prozent der XPS-Dämmstoffe mit CO<sub>2</sub> geschäumt.
- Bevor XPS aus Rückbau in den PSLoop-Prozess gegeben wird, sind (H)FCKW herauszulösen, aufzufangen und unschädlich zu machen.

## Logistisches HUB-Netzwerk

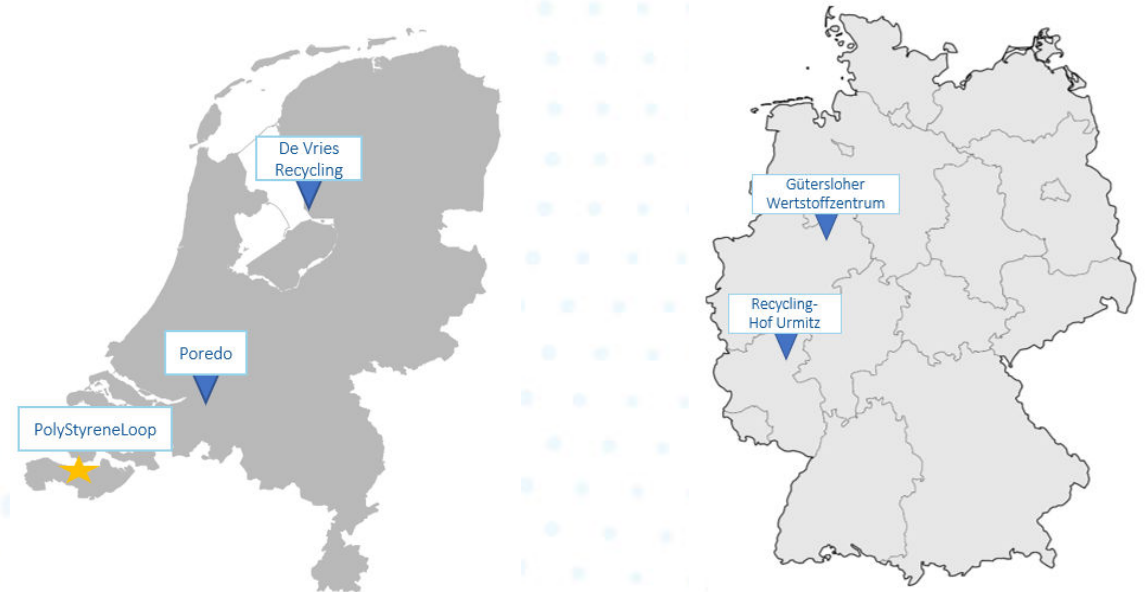
### Die Rolle der Sammelstellen (HUB)

- PSLoop befasst sich weder mit Abbrucharbeiten oder der Sammlung oder der Vorbehandlung des aufzuarbeitenden PS-Schaum-Abfalls noch mit dessen Transport. Diese Aufgaben liegen in den Händen der jeweiligen Fachbetriebe vor Ort. PSLoop baut ein Netzwerk sogenannter „HUBs“ in den Niederlanden und Deutschland auf, das in Zukunft weiter wachsen wird.
- Aufgabe eines HUB ist es vor allem, die Vorbehandlung des Materials entsprechend der Abfallannahmevoraussetzungen von PSLoop durchzuführen. Zur Dokumentation wurde ein der Vorbehandlungsinformationsblatt entwickelt (siehe Anhang 4).

### Verträge und Zertifizierung der HUBs

- HUBs sind über direkte Zulieferverträge Teil der PSLoop-Kooperative. Die Verträge legen die allgemeinen Bedingungen für die Kooperation fest.
- PSLoop hat ein Zertifizierungssystem für die HUBs etabliert, die sortierten und kompaktierten EPS-Abfall an die PSLoop-Anlage liefern. Diese Zertifizierung dient zur Sicherung der erforderlichen Qualität des angelieferten Abfallmaterials.
- In der aktuellen Projektphase konzentriert sich PSLoop auf die Beschaffung von HBCD-haltigem EPS-Abfall, da entsprechender Abfall heute nur selten in nennenswerter Menge entsteht.

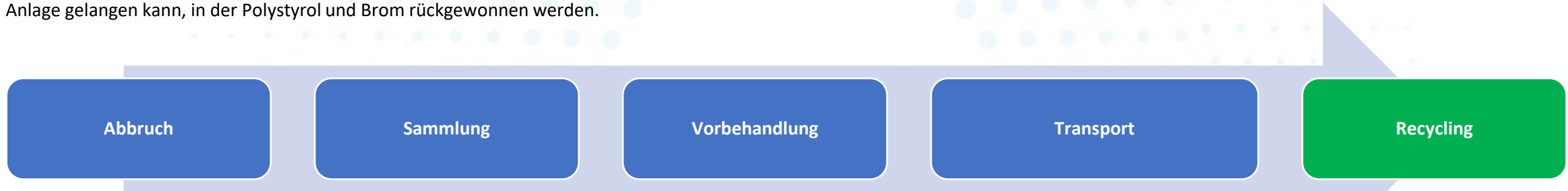
### HUB-Standorte in den Niederlanden (links) und Deutschland (rechts)



## Logistisches HUB-Netzwerk

### Sammel-Logistik

- Das in der PolyStyreneLoop-Anlage zu verarbeitende Material kommt von Abbruchbaustellen und muss gesammelt, vorbehandelt und transportiert werden, bevor es schließlich in die Anlage gelangen kann, in der Polystyrol und Brom rückgewonnen werden.



#### Abbruch

Der Großteil des HBCD-haltigen PS-Schaum-Abfalls entsteht beim Abbruch alter Gebäude. Diese Arbeit verrichten Abbruchunternehmen.

Damit der PS-Schaum-Abfall in der PSLoop-Anlage verarbeitet werden kann, muss er so weit wie möglich von anderen Abfällen wie Beton, Bauschutt, Holz, Glas usw. getrennt gehalten werden.

#### Sammlung

Von der Abbruchstelle holen Abfallsammelunternehmen den Abfall ab und bringen ihn zur Vorbehandlungsanlage.

#### Vorbehandlung

Verunreinigungen werden weitestgehend entfernt, das Material wird kompaktiert und für den Transport vorbereitet. Dies erfolgt durch Recycling-Unternehmen, die bereits mit PS-Abfällen arbeiten, oder durch Abbruchunternehmen, die auch die Möglichkeit zur Abfall-Vorbehandlung haben. Die Vorbehandlung ist die Kernaufgabe eines HUBs. Dort wird sichergestellt, dass das Material den PSLoop-Anforderungen entspricht.

#### Transport

Der PS-Schaum-Abfall wird zur PSLoop-Anlage in Terneuzen transportiert, und zwar durch eigene oder fremde Frachtunternehmen

#### Werkstoffliches Recycling

Das Auflösen der Kunststoffe ist ein physikalischer Prozeß, da die Stoffe dabei nur ihren Aggregatzustand von fest nach flüssig ändern, was auch wieder rückgängig gemacht werden kann.

Aus diesem Grund wird der CreaSolv® Prozeß, der von PSLoop eingesetzt wird, richtigerweise als "Werkstoffliches Recycling" eingestuft.

## Relevant für

**Abbruch, Vorbehandlung**

## Inhalt

### **Expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS)**

- Materialbestimmung und Verwendung

### **Extrudierter Polystyrol-Hartschaum (XPS)**

- Materialbestimmung und Verwendung

### **Übersicht über die gebräuchlichsten Dämmstoffe und ihre Eigenschaften**

### **Entscheidungshilfe: HBCD und / oder (H)FCKW - ja oder nein**

- Fragen zur Bestimmung von HBCD bzw. (H)FCKW

### **Voruntersuchung mit Röntgenfluoreszenz-Analyse**

# Dämmstoff-Unterscheidung

## EPS-Abfälle für PSLoop

- PolyStyreneLoop wird sowohl HBCD-haltige EPS- als auch HBCD-haltige XPS-Abfälle aufbereiten.
- EPS enthält kein (H)FCKW. In diesem Leitfaden liegt der Fokus auf EPS-Abfällen.

### Wie lässt sich EPS erkennen?

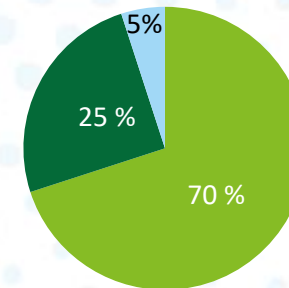
- EPS-Hartschaum ist ein fester Dämmstoff mit Zellstruktur, der aus verschweißtem, geblähtem Polystyrol hergestellt wird. EPS hat eine geschlossenzellige, mit Luft gefüllte Struktur (98 % Luft).
- EPS-Platten sind harte Dämmstoffprodukte mit rechteckiger Form. Die Plattenkanten können mit Stufenfalz oder Nut und Feder ausgestattet sein. EPS als loser Füllstoff wird in Form luftgefüllter Perlen werkmäßig hergestellt.
- EPS-Platten sind weiß oder grau oder weiß-grau-gesprenkelt.



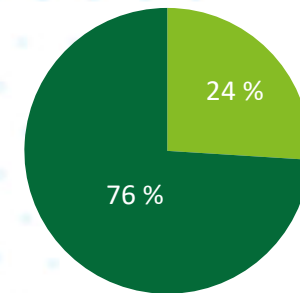
### Wo wird EPS verwendet?

- EPS findet Verwendung in den drei Bereichen:
  - Bauwesen, insbesondere als Wärmedämmstoff für Gebäude
  - Verpackung für Industrie und Lebensmittel
  - Andere (Automobil, Medizin, Schifffahrt, Sport und Freizeit usw.)
- Ca. 70 % des EPS werden im Bereich Bau und Dämmung eingesetzt. Die Nutzungsdauer dieses Bau-EPS liegt bei ca. 50 Jahren und ist damit erheblich länger als die Nutzungsdauer von EPS-Verpackungen.
- Eine europäische Untersuchung zeigte, dass in 2017 der Verpackungsabfall den größten Teil des EPS-Abfalls in Europa (74 %) ausmachte. Lediglich 26 % des Abfalls stammten aus dem Bauwesen. In dieser Untersuchung wurden "Andere EPS" nicht betrachtet [1].

EPS-Produktion



EPS-Entsorgung



■ Bauwesen

■ Verpackungen

■ Andere

## XPS-Abfälle für PSLoop

- PolyStyreneLoop wird sowohl HBCD-haltige EPS- als auch HBCD-haltige XPS-Abfälle aufbereiten.
- Für XPS-Abfälle wird derzeit an einem zusätzlichen Vorbehandlungsverfahren gearbeitet, welches (H)FCKW herauslöst und bindet.

### Wie lässt sich XPS erkennen?

- Extrudiertes Polystyrol (XPS) ist ein geschlossen zelliger Polystyrol-Hartschaum mit einer homogenen Struktur.
- XPS-Platten sind harte Dämmstoffprodukte mit rechteckiger Form. Die Plattenkanten können mit Stufenfalz oder Nut und Feder ausgestattet sein.
- XPS wird mittels Extrusion in verschiedenen Farben hergestellt. Die Farbe kennzeichnet die Herstellungsfirma.



### Wo wird XPS verwendet?

- XPS wird vor allem für Bau- und Dämmzwecke verwendet.
- Typische Einsatzgebiete sind Perimeterdämmung, Wärmebrückendämmung, Flachdachdämmung.

### Wie wird ermittelt, ob XPS (H)FCKW enthält?

- In der Praxis scheint es schwierig zu sein, (H)FCKW-haltiges XPS von XPS zu unterscheiden, das mit neuen Treibmitteln hergestellt wurde. Allerdings lässt sich aus der Bezeichnung für die Fertigungsart herleiten, ob eine XPS-Platte (H)FCKW enthält. Diese Bezeichnung findet sich auf der Oberfläche der Platten, bei alten Platten kann sie jedoch unleserlich sein.
- Eine Voruntersuchung mit einem XRF-Scanner (Röntgenfluoreszenz-Analyse) kann zeigen, ob XPS Chlor enthält oder nicht. (H)FCKW sind Chlorverbindungen. Mehr zur Voruntersuchung findet sich auf Folie 11.

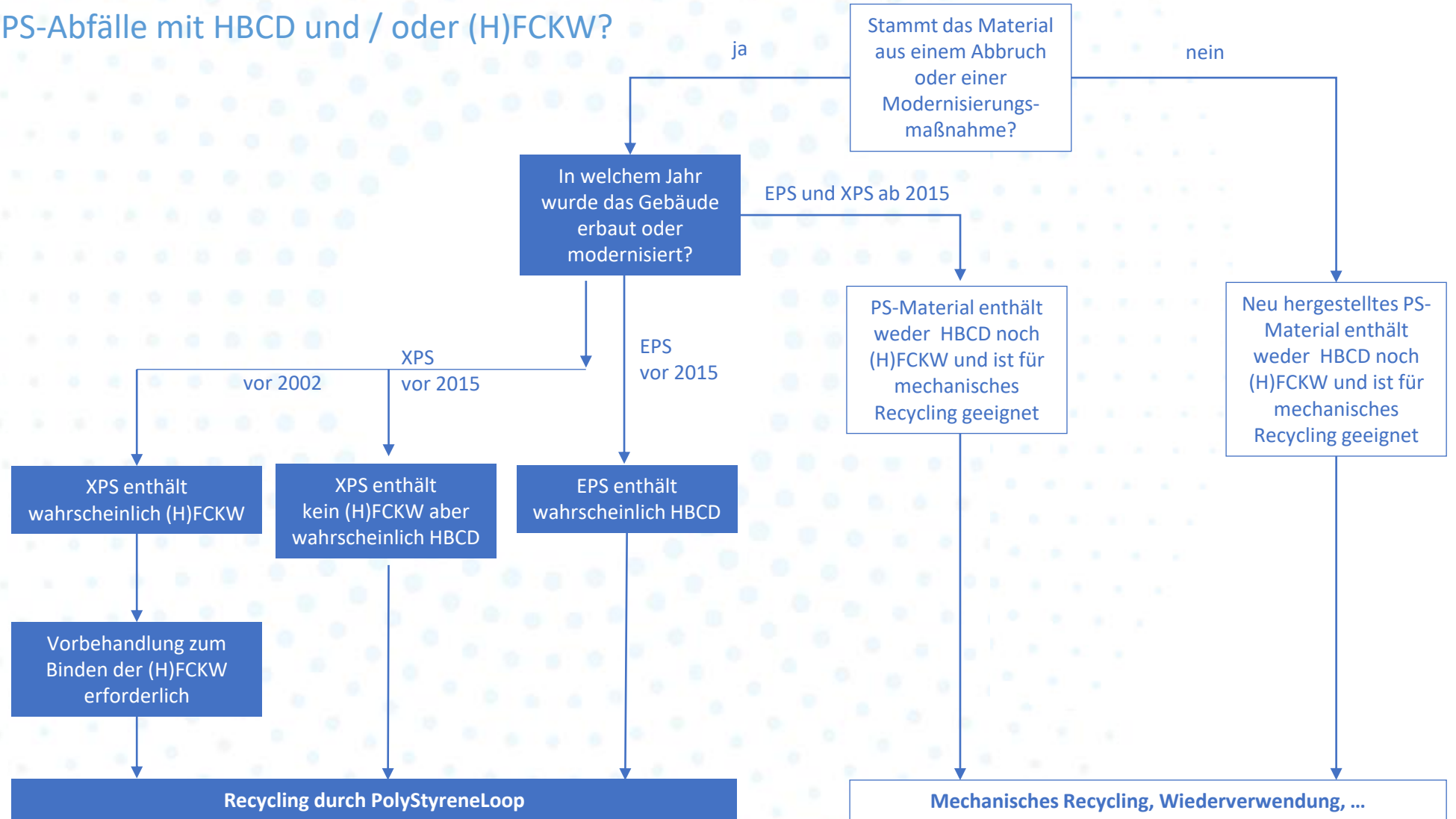
## Hartschaum-Dämmstoffe

Welche Arten von Hartschaum-Dämmstoffen gibt es?

	EPS, Expandierter Polystyrol-Hartschaum	XPS, Extrudierter Polystyrol-Hartschaum	PUR, Polyurethan-Hartschaum	PIR Polyisocyanurat
Verwendung	Bau und Verpackung	überwiegend Bau	Bau	Bau
Aussehen	glatt und starr, einzelne EPS-Perlen mit dem Auge sichtbar	glatt und starr	glatt und starr	glatt und starr
Brechen von Hand	gut möglich	sehr schwer, homogene/glatte Struktur	möglich, aber schwierig, poröse Struktur	möglich, aber schwierig, poröse Struktur
Zellstruktur	geschlossen	geschlossen	geschlossen	geschlossen
Polymerart	thermoplastisch	thermoplastisch	duroplastisch	duroplastisch
Farben	weiß, grau, weiß mit grauem Granulat	gelb, weiß, rosa, blau, grün, violett	gelb/braun	gelb/weiß
Dichte	12-30 kg/m <sup>3</sup>	30-60 kg/m <sup>3</sup>	+ / - 30 kg/m <sup>3</sup>	+ / - 30 kg/m <sup>3</sup>
Foto				

## EPS-Abfälle mit HBCD? XPS-Abfälle mit HBCD und / oder (H)FCKW?

- Die nebenstehende Entscheidungshilfe kann bei der Bestimmung helfen, ob EPS oder XPS wahrscheinlich HBCD enthalten, und ob XPS auch (H)FCKW enthält.
- Die Entscheidung basiert auf der Herkunft des Abfalls und dem Datum der Errichtung des abgerissenen Gebäudes.
- Die Entscheidungshilfe eignet sich für eine erste Einteilung, bietet aber keine hundertprozentige Sicherheit.
- Genauere Ergebnisse liefern die Röntgen-fluoreszenz-Analyse (siehe Folien 49ff) oder eine aufwändigere GC-MS-Analyse.
- In Deutschland haben die EPS- und XPS-Hersteller vor 2015 auf HBCD-freie Rohstoffe für die Dämmprodukte umgestellt.



Relevant für

**Abbruch, Vorbehandlung**

Inhalt

**Zunehmende Abfallmengen aus Abbrucharbeiten**

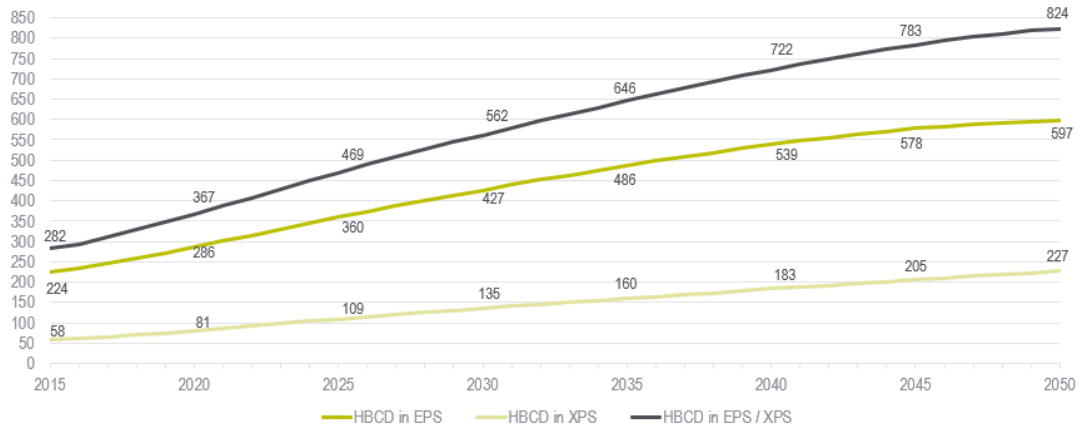
**EPS-Verpackungsmüll aus Hausmüll-Recyclinghöfen**

## Herkunft von PS-Schaum-Abfällen

### Abfälle aus Abbrucharbeiten

- Der Schwerpunkt von PSLoop liegt auf HBCD-haltigem PS-Schaum-Abfall. Für PS-Schaum ohne HBCD gibt es andere Recycling-Möglichkeiten.
- Der Großteil an HBCD-haltigen PS-Schaum-Abfällen wird aus Abbrucharbeiten kommen. Die reine HBCD-Abfallmenge in PS-Schäumen wird in den nächsten 50 Jahren voraussichtlich auf mehr als 800 Tonnen ansteigen.
- Da Gebäude am Ende ihrer Nutzungsdauer abgerissen werden – man geht üblicherweise von einer Gebäude-Lebensdauer von bis zu 100 Jahren aus –, muss zukünftig eine größer werdende Abfallmenge verarbeitet werden, denn nach und nach werden immer mehr Gebäude mit Dämmung das Ende ihrer Nutzungsdauer erreichen.

Prognose<sup>1)</sup> Entwicklung des HBCD-Anfalls in Bauabfällen<sup>2)</sup>  
2015 bis 2050 in t:



1) Prognose basiert auf einer stabilen wirtschaftlichen Entwicklung, ohne politische Maßnahmen im Bauwesen  
2) Bei einem durchschnittlichen HBCD-Anteil von 0,7% in EPS und 1,5% in XPS

### Sammlung von EPS auf kommunalen Wertstoffhöfen

- Zu kommunalen Wertstoffhöfen können Bürger verschiedene Abfallsorten bringen. Diese werden dort getrennt gesammelt. Besonders große Wertstoffhöfe können bis zu 20 unterschiedliche Abfallsorten sammeln. kommunale Wertstoffhöfe gibt es in den meisten europäischen Städten und Gemeinden.
- Eine Untersuchung aus dem Jahr 2018 zeigt, dass auch EPS aus Gebäuden zuweilen auf kommunalen Wertstoffhöfen gesammelt wird. Auch Verpackungs-EPS kann noch HBCD enthalten [1]. Der Grund dafür ist, dass dieser Teil des EPS-Verpackungsmaterials aus Asien kommt, wo HBCD zuweilen in Verpackungs-EPS verwendet wird.
- EPS-Verpackungsmaterialien enthalten kein HBCD. Ein geringer Teil des importierten Verpackungsmaterials enthält Flammenschutzadditive in Form von Polymer-FR. Es wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass die Flammenschutzadditive FR-720 und SR-130 in Verpackungsmaterial [1] verwendet werden.
- Zur Gewährleistung, dass alle Alt-Produkte die zulässigen Grenzwerte für HBCD einhalten, müssen Recycling-Unternehmen, die mechanisch recyceln, jeglichen EPS-Verpackungsmüll aussortieren, der möglicherweise HBCD enthält.
- Die Menge an HBCD-haltigem EPS-Abfall aus Abbrucharbeiten wird in den nächsten Jahrzehnten ansteigen, weil nach und nach ältere Gebäude rückgebaut oder modernisiert werden, wobei HBCD-haltiger EPS-Abfall anfallen kann.
- Durch eine Röntgenfluoreszenz-Analyse kann festgestellt werden, ob das Material Brom-frei und damit Flammenschutzmittel-frei ist.
- Wenn es nicht Flammenschutzmittel-frei ist, kann durch eine anschließende Extraktionsmethode festgestellt werden, welches bromhaltige Flammenschutzmittel enthalten ist.
- Bei Bestätigung von HBCD kann dann der Abfall kompaktiert und für die Aufbereitung zu PSLoop transportiert werden.

## **Abbruch, Sammlung, Vorbehandlung**

### **Überblick über die EPS-Verwendung**

- Mögliche Verunreinigungen in Abhängigkeit der EPS-Verwendung
- empfohlene Sammlungsverfahren vor Ort beim Abbruch
- Vorbehandlungsverfahren zur Entfernung von Verunreinigungen

## Überblick über Verwendung, Verschmutzung, Sammlungs- und Vorbehandlungsverfahren

### Begriffe und Hinweise

- Verschmutzungen durch Anhaftungen sind so weit wie möglich zu entfernen.
- Sammlung als:
  - Mischung: Verschiedene Materialien werden ungetrennt gesammelt.
  - Trennung: Verbundstoff, dessen Schichten vor Ort getrennt werden
  - Verbundbauteile, -baumaterialien: Das Verbundmaterial wird ohne Schichtentrennung gesammelt.
- Ungebundene EPS-Perlen
- Vorbehandlung durch Trennung. Dies wird sehr wahrscheinlich vor Ort bei einem HUB erfolgen.
  - Trennung von EPS und Verunreinigungen durch Windsichtung und Schwimm-Sink-Trennung (dichtebasierte Trennung)
  - Manuelle oder mechanische Entfernung von Schichten anderen Materials
  - Bürsten: Entfernen von Sand oder Schmutz mit einem Besen
  - Zerkleinern: Zerkleinern des Materials. Dies erfolgt bei Stoffen, die gemischt oder als Verbundsystem gesammelt werden, danach dichtebasierte Trennung.

### Fundamentschalung



- Mögliche Anhaftungen von Sand, Zement, Stahl, Holz, Folien, Wasser
- Sammlung als gemischter Abfall
- Vorbehandlung: dichtebasierte Trennung

### Balkendecke



- Mögliche Anhaftungen von Sand, Beton- oder Mörtelreste
- Sammlung: Sortierung vor Ort, 80 % EPS wird in Containern gesammelt.
- Vorbehandlung: dichtebasierte Trennung

### Bodenplatten



- Mögliche Anhaftungen von Sand, Beton- oder Mörtelreste, Folien
- Sammlung: als getrennter oder gemischter Abfall
- Vorbehandlung: Entfernung von Schichten, Bürsten oder Zerkleinern sowie dichtebasierte Trennung

### Geoblöcke, Perimeterdämmung



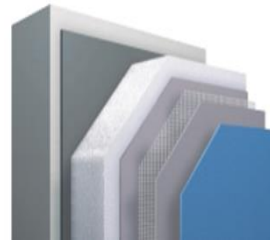
- Mögliche Anhaftungen von Sand, Wasser
- Sammlung: getrennt
- Vorbehandlung: Bürsten

## Überblick über Verwendung, Verschmutzung, Sammlungs- und Vorbehandlungsverfahren

### Begriffe und Hinweise

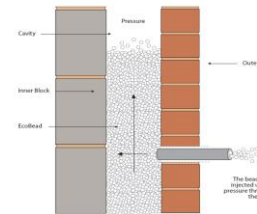
- Verschmutzungen durch Anhaftungen sind so weit wie möglich zu entfernen.
- Sammlung als:
  - Mischung: Verschiedene Materialien werden ungetrennt gesammelt.
  - Trennung: Verbundstoff, dessen Schichten vor Ort getrennt werden
  - Verbundbauteile, -baumaterialien: Das Verbundmaterial wird ohne Schichtentrennung gesammelt.
- Ungebundene EPS-Perlen
- Vorbehandlung durch Trennung. Dies wird sehr wahrscheinlich vor Ort bei einem HUB erfolgen.
  - Trennung von EPS und Verunreinigungen durch Windsichtung und Schwimm-Sink-Trennung (dichtebasierte Trennung)
  - Manuelle oder mechanische Entfernung von Schichten anderen Materials
  - Bürsten: Entfernen von Sand oder Schmutz mit einem Besen
  - Zerkleinern: Zerkleinern des Materials. Dies erfolgt bei Stoffen, die gemischt oder als Verbundsystem gesammelt werden, danach dichtebasierte Trennung.

### Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)



- Mögliche Verschmutzungen: Kleber, Beschichtung mit armierendem Gewebe, Verputz, Dübel
- Sammlung: getrennt oder im Verbund
- Vorbehandlung: Zerkleinern mit anschließender dichtebasierter Trennung. Forschungstätigkeiten von FH Münster und RWTH Aachen

### Einblasdämmung



- Mögliche Verschmutzungen: Sand/Schmutz, Ungeziefer
- Sammlung: Vakuum durch Hohlraum
- Vorbehandlung: dichtebasierte Trennung

### Steildach



- Mögliche Verunreinigungen: Aluminium, Bitumen, Polymermembran (z.B. PVC)
- Sammlung: getrennt oder im Verbund
- Vorbehandlung: je nach Anlage und Grad der Verunreinigung. Für Verbundstoffe: Zerkleinern mit anschließender dichtebasierter Trennung

### Flachdach



- Mögliche Verunreinigungen: Aluminium, Bitumen, Polymermembran (z.B. PVC)
- Sammlung: getrennt oder im Verbund
- Vorbehandlung: je nach Anlage und Grad der Verunreinigung. Für EPS mit Bitumen: EPS Powerbrush hat ein Verfahren zur Vorbehandlung der EPS-Platten von Flachdächern mit bitumenhaltigen Verkleidungen entwickelt.

## Relevant für

**Abfall-Gütesicherung, Transport**

## Inhalt

### **Gütesicherung des PSLoop-Eingangsmaterials**

- Beschreibung der zugeführten Materialien, zugelassene Abfallcodes, EPS-Abnahme-Informationsblatt

### **Verschmutzung**

- Anhaftungen, die zu entfernen sind
- Wirkung von Wasser

### **Kompaktieren**

- Notwendigkeit des Kompaktierens, verfügbare Technik

### **Transport**

- Konditionierung des kompaktierten Materials für den Transport

## Erforderliche Zugangsqualität zum PSLoop

### HBCD-haltige Hartschaumabfälle für die PSLoop-Anlage

- Der PSLoop-Demonstrationsanlage wird PS-Schaum-Abfall zugeführt. Da die Anlage für die Aufarbeitung von HBCD-haltigem PS-Schaum entwickelt wurde, werden hauptsächlich PS-Schaum-Abfälle aus Abbrucharbeiten von Gebäuden zugeführt werden.
- PS-Schaum ist häufig mit anderen Stoffen wie Kleber, Bitumen, Beton- oder Mörtelresten usw. verunreinigt und muss daher vorbehandelt werden.
- Nach der Vorbehandlung wird der PS-Schaum kompaktiert werden, da damit Transportkosten und -emissionen verringert werden.
- Da PSLoop zurzeit meist Verträge über HBCD-haltigen EPS-Abfall abschließt, beziehen sich die folgenden Informationen vor allem auf EPS.

### Europäische Abfallcodes (Abfallverzeichnis)

- PSLoop hat die Genehmigung, Material mit den im Folgenden aufgeführten Abfallcodes aufzuarbeiten:

Europäischer Abfallcode (Abfallverzeichnis)	Bezeichnung der Abfallart	Bemerkungen
17 06 04	Bau- und Abbruchabfälle	EPS-Dämmmaterial
15 01 02	Industrieabfälle	Nur EPS-Verpackungen, die HBCD enthalten können
20 01 39	Kunststoffe	
02 01 04	Kunststoffabfälle (ohne Verpackungen)	

### HBCD-haltige Hartschaumabfälle für die PSLoop-Anlage

- Um für die PSLoop-Demonstrationsanlage geeignet zu sein, muss der PS-Schaum-Abfall bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Das Material muss vorbehandelt und kompaktiert sein. Verschmutzungen sind nur bis zu bestimmten Grenzwerten zulässig.
- Zugangsspezifikationen für EPS-Abfall, die auch in Anhang 4 zu finden sind:

Materialbeschreibung	EPS, vorsortiert und kompaktiert
Materialform	verschiedene Brikettformen zulässig Bedingung: gemäß Spezifikation kompaktiert und verpackt
Materialgewicht	Brikettgewicht zwischen 15 und 50 kg Bedingung: gemäß Spezifikation verpackt
Materialdichte	100 bis 450 kg/m <sup>3</sup> ; Zu starkes Kompaktieren ist zu vermeiden, denn es führt zum Schmelzen des Materials
Max. HBCD-Gehalt	< 1,5 Gew.-%
Wasser	so wenig wie möglich, vorzugsweise weniger als 3 Gew.-%, gemessen pro Brikett
Asbest	0,0 Gew.-% - Das Material darf auf keinen Fall mit Asbest verunreinigt sein
Bitumenhaltige Verunreinigungen	so wenig wie möglich, vorzugsweise nahe 0 Gew.-%
Verschmutzung durch PUR, Glas-, Mineralwolle, Zement, Dübel, Nägel etc., Klebstoff	Gesamtmenge an Verunreinigungen ≤ 7 Gew.-%, gemessen pro Brikett
Lieferform	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kompaktierte Briketts in PE-Schrumpffolie auf Paletten</li> <li>• kompaktierte Briketts in Bigbags</li> </ul>
Spezifikation zur Verpackung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedenste Paletten sind zulässig</li> <li>• max. Höhe 2,6 m</li> </ul>

## Entfernung von Verschmutzungen

### Verschmutzungsarten sind z. B. aus:

- Anhaftungen von Sand/Ton, Beton, Klebstoff, Aufkleber, Klebeband, Wasser, Asbest, Asphalt, Nägel und andere Dämmstoffe
- chemische Verschmutzung durch Eisenoxide, Minerale, Phosphate
- Geruchsverschmutzung: Gerüche aus der Tierzucht oder der Fischlagerung

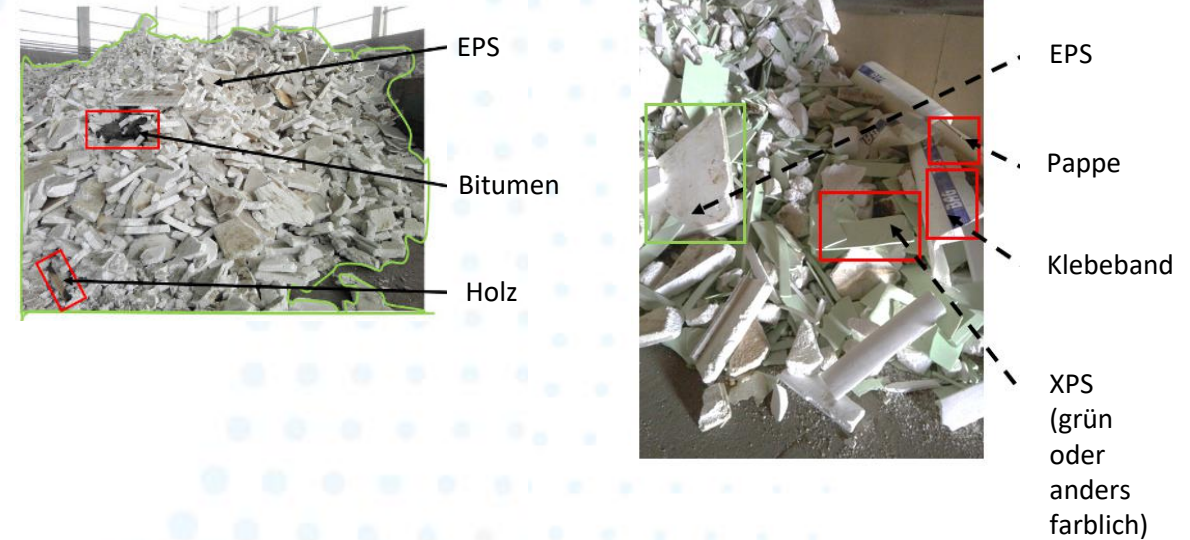
Anhaftungen sind so weit wie möglich zu entfernen. Sand, Beton, Klebstoffe und Aufkleber verursachen Lösungsmittelverluste, generieren Abfall und können die PSLoop-Demonstrationsanlage schädigen. Asphalt ist zudem ein persistenter organischer Schadstoff und Asbest ist als gefährlich eingestuft; daher müssen beide vollständig entfernt werden.

Chemische Verschmutzungen und Geruchsbeeinträchtigungen schaden dem PSLoop-Verfahren nicht. Diese beeinflussen Qualität des PSLoop-Endprodukts nicht.

Das PSLoop-Verfahren wird durch Wasser beeinträchtigt. Wasser reduziert die Leistungsfähigkeit des Lösungsmittels CreaSolv®. Damit kein Wasser in den Prozess gelangt, wird der PS-Schaum-Abfall vor der Zuführung getrocknet. Die Zugangsspezifikationen verlangen, dass der Wassergehalt der zugeführten Briketts weniger als 3 Gew.-% beträgt. EPS-Schaumabfall aus Kühlhäusern kann größere Mengen an Wasser enthalten, da Wasser in den EPS-Zellen kondensiert.

### EPS und XPS sind zu trennen.

- Ergänzend zu den oben genannten Punkten muss XPS vorbehandelt werden, um (H)FCKW herauszulösen und zu binden.
- Nach dem Montreal-Protokoll müssen >95 % der (H)FCKW gebunden werden.
- Zurzeit wird untersucht, wie (H)FCKW am besten aus XPS gelöst werden kann. Lösungsmöglichkeiten sind Mahlen, Zerreißen und Kompaktieren und anschließendes Binden des (H)FCKW mittels einer Tiefkühleinheit.



## Kompaktieren und verpacken

### Kompaktieren von EPS-Abfällen:

- Bevor EPS der Presse zugeführt wird, müssen Verschmutzungen wie Beton, andere Kunststoffe wie Kleber, Nägel, Holz usw. entfernt werden.
- EPS-Abfall kann Wasser enthalten, insbesondere, wenn er aus Kühlhäusern oder einer Umgebung mit viel Feuchtigkeit im Boden kommt. Wenn EPS zu viel Wasser enthält, kann das Komprimieren nicht erfolgreich durchgeführt werden.
- Das Kompaktieren von EPS erfolgt in Schraubenkompressoren. Solche Systeme gibt es mit Leistungen zwischen 10 und 250 kg/h.
- Dort wird EPS-Abfall um das 5- bis 64-fache kompaktiert, das heißt von 12-30 kg/m<sup>3</sup> auf 100-450 kg/m<sup>3</sup>.
- Eine solche Anlage besteht normalerweise aus einem Brecher, einem Silo und dem Schraubenkompressor. Mit dem Brecher werden die EPS-Hartschaumplatten so zerkleinert, dass sie dem Schraubenkompressor zugeführt werden können. Bei größeren Kapazitäten befindet sich zwischen Brecher und Schraubenkompressor ein Silo, damit der Brecher nicht kontinuierlich beschickt werden muss.
- Während des Kompaktierens kann die Temperatur im Schraubenkompressor ungewollt ansteigen und damit auch die Temperatur des EPS. Wenn die Temperatur des Materials über 90 °C steigt, beginnt EPS zu schmelzen. Das kann zu einem Aufbrechen der Molekülketten des Polystyrols führen und dadurch die Qualität des PSLoop-Produkts beeinträchtigen.
- Der ungestörte Materialdurchgang im Schraubenkompressor ist deshalb zu überwachen.



### Transportverpackung und Lagerung

- Kompaktierte EPS-Stangen können in Bigbags transportiert und gelagert werden, die auf Paletten gestapelt werden.
- Kompaktierte EPS-Stangen auf Paletten werden fest in PE-Schrumpffolie eingepackt. Dadurch wird verhindert, dass loses Material in die Umwelt gelangt. Gleichzeitig wird dadurch der Transport erleichtert.
- Für einen optimalen Transport können Paletten mit kompaktierten Stangen aufeinander gestapelt werden.



## Transport

### Inlandstransport in Deutschland

- Erforderliche Unterlagen

### **Grenzüberschreitender Transport von Deutschland in die Niederlande**

- EU-Abfallverbringungsverordnung (VVA)
- Notifizierungsverfahren
- Erforderliche Unterlagen

## Transport innerhalb Deutschlands

- Für den inländischen Transport des kompaktierten Materials sind Versandpapiere erforderlich. Die Papiere sind beim Transport mitzuführen.
- Auf den Versandpapieren sind Angaben zum Absender und Empfänger, außerdem zum Abfall wie Gewicht und der europäische Abfallcode zu vermerken.
- Der Eingang des Materials ist zu bestätigen.

## Grenzüberschreitender Transport

- Die EU-Abfallverbringungsverordnung (VVA) legt Verfahren und Kontrollen für den Versand von Abfällen fest [1]. Das Abfalltransportunternehmen muss jedes Jahr den grenzüberschreitenden Abfalltransport die Notifizierung durchführen.
- HBCD-haltiger PS-Schaum-Abfall wie auch (H)FCKW-haltiger XPS-Abfall stehen nicht auf der sogenannten „Grünen Liste“ der EU-Abfallverordnung [2]. Für den Transport ist eine Notifizierung erforderlich.
- Die zuständigen Behörden des Sender- und Empfängerlandes müssen die Aufarbeitung und die Notifizierung genehmigen.
- Für grenzüberschreitende Transporte sind Notifizierungs- und Transportunterlagen (Anhang IA und Anhang IB) erforderlich und beim Transport mitzuführen.
- Die Dokumentation enthält Informationen zum Sender und Empfänger sowie alle Angaben zum Abfall inklusive der Abfallcodes.
- Der Eingang des Materials ist innerhalb von drei Arbeitstagen zu bestätigen.
- Die Abnahme des Materials ist innerhalb von sechs Monaten nach Eingang zu bestätigen. Damit erfolgt der Eigentumsübergang vom HUB zu PSLoop.
- Die ordnungsgemäße Aufarbeitung des Materials ist innerhalb von zwölf Monaten nach Eingang zu bestätigen.
- Es ist wichtig, die nationalen Rechtsvorschriften jedes Sendelandes zu überprüfen, damit alle Anforderungen an einen grenzüberschreitenden Transport erfüllt werden.



## Allgemeine Information

### Technologie

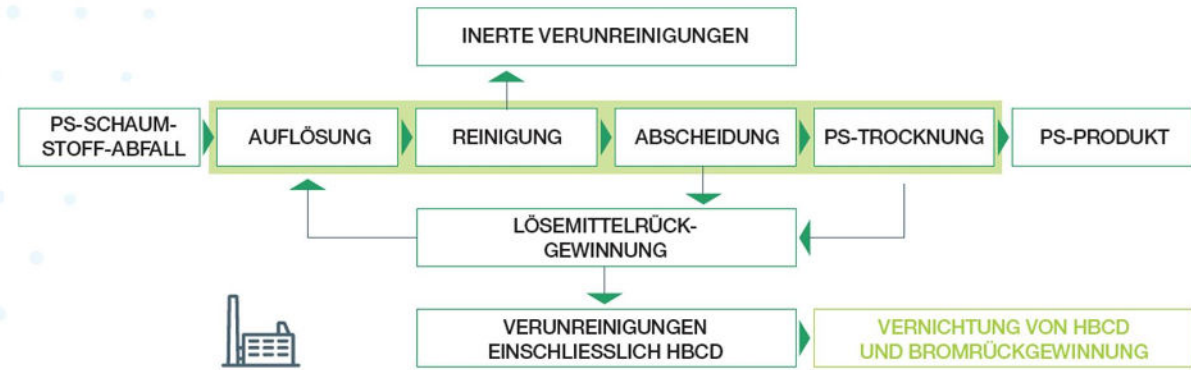
- Beschreibung des Verfahrens CreaSolv®
- XPS im Verfahren
- Demonstrationsanlage - Nachweis und Qualitätssicherung

### Demonstrationsanlage

- Standort
- Bau
- Produktionsleistung
- Lager

## Werkstoffliches Recycling

- Die CreaSolv®-Technologie ist von entscheidender Bedeutung für das PSLoop-Projekt, sie wurde von der CreaCycle GmbH in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IVV entwickelt. Es handelt sich um ein physikalisches Verfahren auf der Basis selektiver Extraktion. CreaSolv® ist ein eingetragenes Warenzeichen der CreaCycle GmbH.
- Technologie:
  - **Auflösung** – Der Kern des PSLoop-Verfahrens ist der Lösevorgang. Kompaktierter PS-Schaum-Abfall wird zerkleinert und anschließend aufgelöst. Das Auflösen ist ein physikalischer Prozeß, da die Stoffe dabei nur ihren Aggregatzustand von fest nach flüssig ändern, was auch wieder rückgängig gemacht werden kann. Die einzelnen Stoffe selbst, wie z.B. Polystyrol, werden nicht zerstört.
  - **Reinigung** – Unlösliche Verunreinigungen werden abgetrennt und man erhält eine klare Lösung. Die Verunreinigungen werden entsorgt oder können recycelt werden, falls sie Wertstoffe enthalten.
  - **Abscheidung, Ausfällung** - Durch Änderung der Löseeigenschaften der Prozeßflüssigkeit (Zugabe Additiv) fällt das Polystyrol aus, das HBCD bleibt in der Lösung. Nach der Wiedergewinnung des Lösungsmittels durch Destillieren bleibt HBCD-Schlamm zurück, der zur benachbarten Bromrückgewinnungsanlage (BRU) der ICL-IP transportiert wird.
  - **PS-Trocknung** – Das ausgefallene Polystyrol-Gel wird getrocknet.
  - **PS-Produkt** – Durch Extrusion (Kontinuierliches Herauspressen aus formgebender Öffnung) entstehen PS-Pellets, die als recycelter Grundstoff zur Produktion neuer PS-Produkte dienen.
  - Bei höheren HBCD-Konzentrationen im PS-Abfall können mehrere Durchläufe durchgeführt werden.



- GEEIGNET FÜR EXPANDIERTES/EXTRUDIERTES POLYSTYROL
- SPEZIFISCHE, EFFEKTIVE LÖSEMITTEL

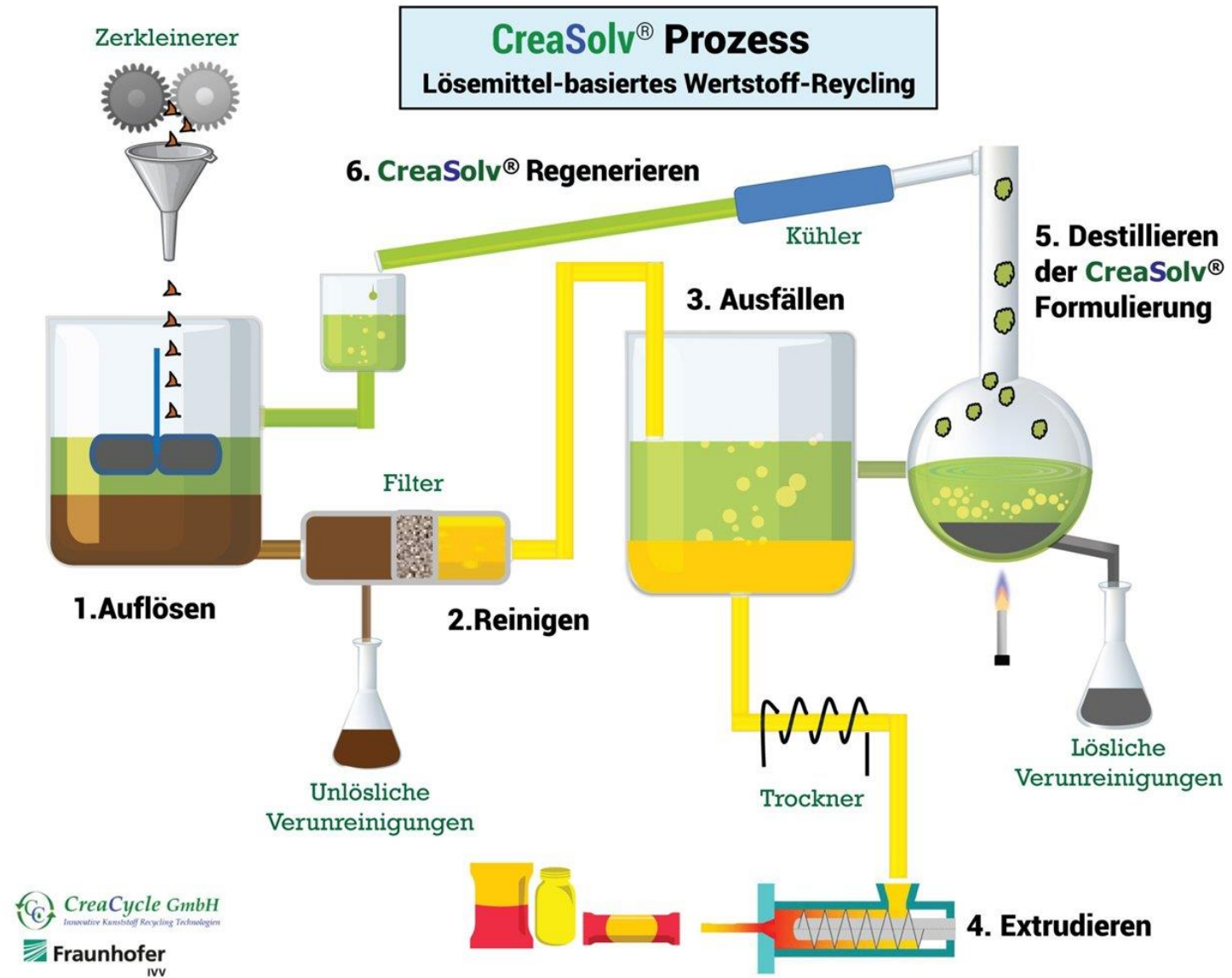
- FREI VON FREMDPOLYMEREN
- FREI VON VERUNREINIGUNGEN
- EIGENSCHAFTEN VON KUNSTSTOFF-NEUWARE

# Recycling

## Werkstoffliches Recycling



PolyStyreneLoop

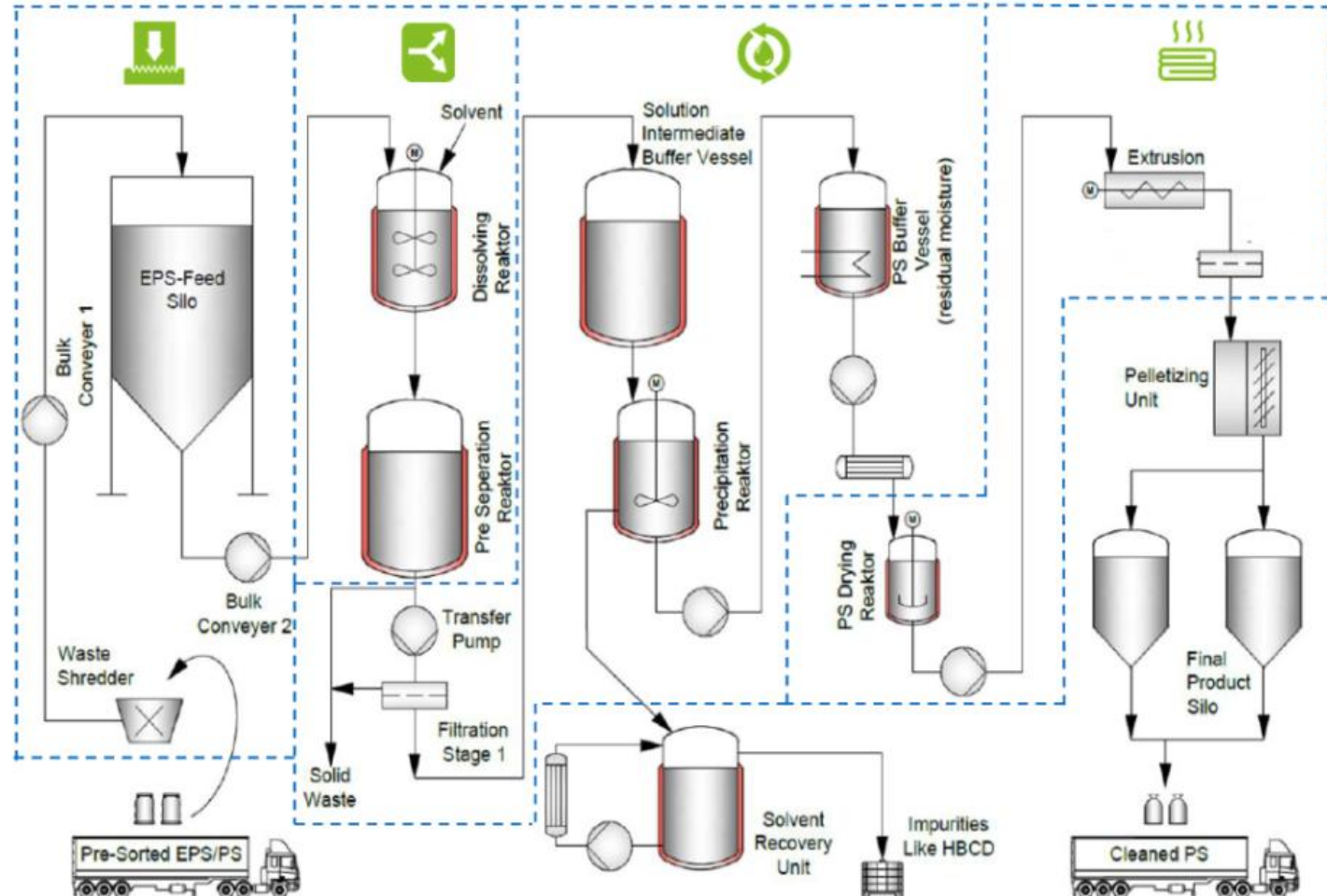
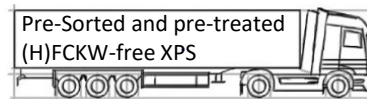


CreaSolv® ist eine eingetragene Marke der CreaCycle GmbH

## Ablaufschema PSLoop

### Demonstrationsanlage - Nachweis und Qualitätssicherung

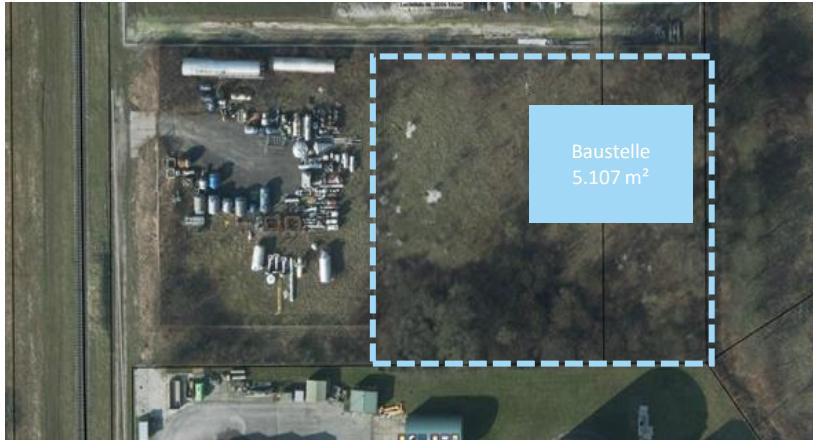
- Die PSLoop-Demonstrationsanlage führt den Nachweis für die Tauglichkeit des Verfahrens im industriellen Maßstab.
- Unterschiedliche PS-Schaum-Abfälle mit verschiedenen Verschmutzungsgraden könnten zu Schwankungen bei der Leistung und der Qualität des PS führen. Eine Qualitätskontrolle des zugeführten Materials ist notwendig, um ein brauchbares Ergebnis zu erzielen. Anschließend müssen die Verfahrensschritte den Besonderheiten des zugeführten Materials angepasst werden.



## Demonstrationsanlage

### Standort

- Die PSLoop-Demonstrationsanlage liegt in Terneuzen, im Südwesten der Niederlande, neben dem ICL-IP-Standort.
- Grund dafür ist die Nähe zur Bromrückgewinnungsanlage (BRU) der ICL-IP.



### Bau

- Entwurf und Bauleitung erfolgen durch die EPC Engineering & Technologies GmbH, die zur EPC-Gruppe gehört. Diese hat umfassende Erfahrung in der Planung und Realisierung von Industrieanlagen und Infrastrukturprojekten.
- Die Unterauftragnehmer für den Bau der unternehmenseigenen Ausrüstung werden von EPC ausgewählt; für den Tiefbau und die Gebäude einschließlich der Errichtung der Recycling-Anlagen nimmt PSLoop die Auswahl vor.



### Anlagenleistung

- Die PSLoop-Demonstrationsanlage ist für eine Produktionsleistung von 3.000 Tonnen pro Jahr gereinigten PS ausgelegt. Im ersten Jahr startet die Anlage mit einer Produktion von 900 Tonnen, im zweiten Jahr sind 1.350 Tonnen geplant, und im 3. Jahr wird die volle Leistung von 3.000 Tonnen erreicht, die dann in den Folgejahren fortgesetzt wird.
- Für eine konstante Zulieferung des Abfalls erfolgt die Beschaffung des Materials innerhalb eines Radius von 200-400 km um die Anlage herum. Der Radius ist bewusst eingegrenzt, um und trägt dadurch zur Kosteneffizienz und Emissionsminderung bei.
- Die Anlage läuft täglich in drei Schichten von je acht Stunden, an fünf Tagen in der Woche. Wochenendarbeit ist nicht geplant, aber machbar. Dadurch könnte die Produktion auf etwa 4.000 Tonnen pro Jahr bei begrenzt höheren variablen Kosten gesteigert werden.

### Lagerkapazität

- Die Lagerkapazität für kompaktiertes EPS am PSLoop-Standort ist auf 360 Tonnen ausgelegt, genug für eine Betriebsdauer von 36 Tagen bei voller Leistung.

Relevant für

## Allgemeine Information

Inhalt

### Produktsorten

- HBCD-Schlamm für nachfolgende Bromrückgewinnung
- Polystyrol

### Eigenschaften von PS

- Vergleich von neuem General Purpose Polystyrene (GPPS) mit PS-Rezyklat aus EPS

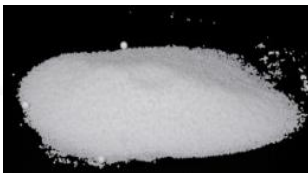
## Produktsorten

### Reines PS-Granulat und HBCD-haltiges Gel

- In der PSLoop-Anlage wird reines Polystyrol gewonnen. Das HBCD bleibt in einem Gel zurück.
- Das HBCD-haltige Gel wird der benachbarten Bromrückgewinnungsanlage (BRU) der ICL-IP zugeführt, wo HBCD vernichtet und das vorhandene Brom rückgewonnen wird. Brom kann zur Herstellung anderer bromhaltiger Materialien (z.B. neue Flammschutzadditive, Treibstoffzusätze, Farbstoffe, Bleichmittel, ...) verwendet werden.
- Das erzeugte PS kann direkt als Rohstoff für PS-Schaum eingesetzt werden. Reines Polystyrol ist in diesem Kontext definiert als PS, das weniger als 100 ppm HBCD enthält, und damit wegen Unbedenklichkeit nach UN-Konventionen erlaubt ist .
- Als rückgewonnenes Produkt kann gereinigtes PS die Nachfrage nach neuen fossilen Rohstoffen verringern und so zur Kreislaufwirtschaft und wettbewerbsfähigen Preisen von PS im Vergleich zu aus neuen fossilen Rohstoffen hergestellten PS beitragen.
- Zur Erzeugung von 1 t reinem PS werden 1,1 t vorsortierten EPS-Schaum-Abfalls benötigt.



Polystyrol



Brom



- Es wird erwartet, dass eine Restabfallmenge von etwa 10 % anfällt, die zu einer Abfallverbrennungsanlage gebracht und dann energetisch verwertet wird.

### Eigenschaften des PS-Granulats

- Untersuchungen im Pilotmaßstab haben gezeigt, dass die Eigenschaften von EPS-Rezyklat, das im PSLoop-Verfahren hergestellt wurde, den Eigenschaften von neuem PS gleichkommen. Der wesentliche, rein optische Unterschied ist, dass EPS-Rezyklat oft dunkel und neues PS hell ist. Die dunkle Farbe des EPS-Rezyklats rührt vom Ruß oder Graphit her, der teilweise in EPS-Abfall vorhanden ist. Aufgrund dieser Farbgebung kann EPS-Rezyklat zur Herstellung von farbigem EPS und XPS verwendet werden.
- Wiedergewonnenes PS, das von PSLoop hergestellt wurde, wird vorzugsweise nur an PSLoop-Mitglieder verkauft, welche dadurch die Umweltbilanz ihrer Produkte verbessern.

	EPS-Rohstoffgranulat	EPS-Rezyklatgranulat (PSLoop)
Gewichtsverlust nach 24h bei 70°	n.a.	540 ppm
GPC		
Mn	100,000	101,191
Mw	200,000	196,519
Pd (121)	2	1,95
XRF	Zn	< 1
	Br	< 1
Feuchtegehalt	<0,05%	<0,047%
MFI	5g/10min	7,6g/10min
GC Styrol Monomer	100 ppm	23 ppm
Farbgebung	klar	grau

# HUBs / Sammelstellen

Relevant für

**Abbruch**  
**Sammlung**  
**Vorbehandlung**  
**Transport**

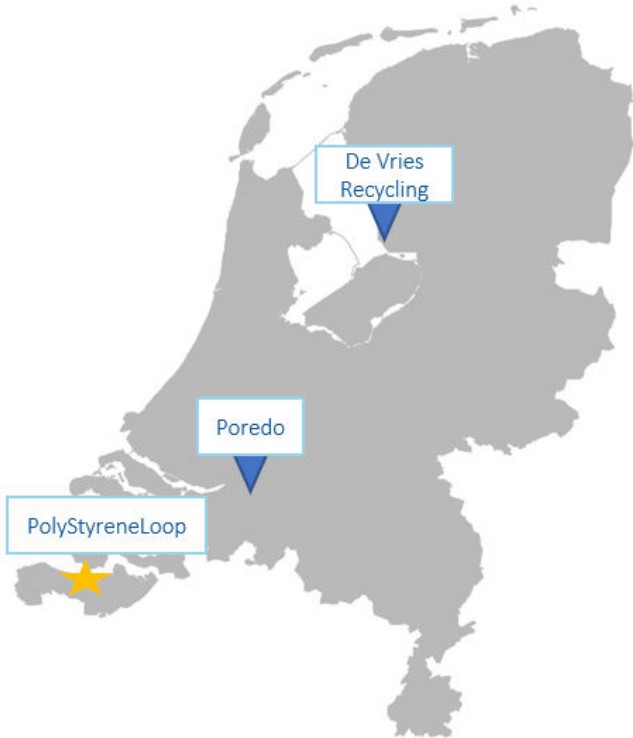
Inhalt

**Standorte und Kontaktdaten der HUBs**

- Niederlande
- Deutschland

# HUBs / Sammelstellen

## Niederlande



### De Vries Recycling

- Ansprechpartner: Gerrit van Veen
- Adresse: Zwolsche Diep 7i, 8321 MJ Urk, Netherlands
- Telefon: +31(0)527690466, +31(0)654965986
- E-Mail: [info@devriesrecycling.com](mailto:info@devriesrecycling.com)
- Website: <https://www.devriesrecycling.com>

### Porede

- Ansprechpartner: Bart de Wijs
- Adresse: De Slof 26, 5107 RJ Dongen, Netherlands
- Telefon: +31(0)162314531
- E-Mail: [postbus@poredo.nl](mailto:postbus@poredo.nl)
- Website: <https://www.piepschuim.nl>

## Deutschland



### Gütersloher Wertstoffzentrum

- Ansprechpartner: Frank Kramer
- Adresse: Osnabrücker Landstraße 255, 33335 Gütersloh, Germany
- Telefon: +49(0)5241 210460
- E-Mail: [info@wertstoffzentrum.de](mailto:info@wertstoffzentrum.de)
- Website: <https://www.unternehmensgruppe-hagedorn.de>

### Recycling-Hof Urmitz

- Ansprechpartner: Uta Böhm
- Adresse: Rudolf-Diesel-Straße 25, 56220 Urmitz, Germany
- Telefon: +49(0)2630 9626-0 (via WAR GmbH)
- E-Mail: [info@rhu-gmbh.de](mailto:info@rhu-gmbh.de)
- Website: <https://www.rhu-gmbh.de>




Serena Klein, Geschäftsführung IVH, Sprecherin – [s.klein@ivh.de](mailto:s.klein@ivh.de) – 0172 3140944



Ulrich Meier, Geschäftsführung IVH, Technik/Umwelt – [u.meier@ivh.de](mailto:u.meier@ivh.de) – 0172 3913729



## Weitere Kontaktdaten

Name	Contact details	Extra information
<b>PolyStyreneLoop</b>	Frankrijkweg 10 4538 BJ Terneuzen, Netherlands <a href="http://www.polystyreneloop.eu">www.polystyreneloop.eu</a>	Recycling of PS-foam with HBCD
<b>Plastics Europe</b>	Rue Belliard 40, box 16 1040 Brussels, Belgium <a href="http://www.plasticseurope.org/en">www.plasticseurope.org/en</a>	European association for plastic manufacturers
<b>NRK</b>	Loire 150 2491 AK The Hague, Netherlands <a href="http://www.nrk.nl/">www.nrk.nl/</a>	Dutch association of rubber- and plastic industry
<b>EUMEPS</b>	Blvd. Auguste Reyers 80 1030 Brussels, Belgium <a href="https://eumeps.org/">https://eumeps.org/</a>	European association of EPS industry
<b>Styropor GPH</b>	Brückenstraße 3 2522 Oberwaltersdorf, Austria <a href="http://www.gph.at/">www.gph.at/</a>	Austrian association of EPS industry
<b>Styfabel</b>	Henri Regastraat 14, 3000 Leuven, Belgium <a href="http://www.styfabel.be/">www.styfabel.be/</a>	Belgian association of EPS industry
<b>Stybenex</b>	Hatertseweg 598 6535 ZX Nijmegen, Netherlands <a href="https://stybenex.nl/">https://stybenex.nl/</a>	Dutch association of EPS industry
<b>IVH</b> 	Friedrichstraße 95 / PB 152 10117 Berlin, Germany <a href="http://www.ivh.de/Start_I28.whtml">www.ivh.de/Start_I28.whtml</a>	German association of EPS industry
<b>AFIPEB</b>	3 Rue Alfred Roll 75017 Paris, France <a href="http://www.afipeb.org/">www.afipeb.org/</a>	French association of EPS industry
<b>ANAPE</b>	Pº Castellana, 203 - 1º Izquierda 28046 Madrid, Spain <a href="http://www.anape.es/">www.anape.es/</a>	Spanish association of EPS industry

Name	Contact details	Extra information
<b>EXIBA</b>	Rue Belliard 40, box 16 1040 Brussels, Belgium <a href="http://www.exiba.org/home">www.exiba.org/home</a>	European association of XPS industry
<b>FPX</b>	Friedrichstraße 95 10117 Berlin, Germany <a href="http://xps-spezialdaemmstoff.de/">xps-spezialdaemmstoff.de/</a>	German association of XPS industry
<b>BRBS</b>	Van Heemstraweg West 2B 5301 PC Zaltbommel, Netherlands <a href="http://www.brbs.nl/">www.brbs.nl/</a>	Dutch association for recycling and demolishing industry
<b>VERAS</b>	Rijksstraatweg 69 4194 SK Meteren, Netherlands <a href="http://www.sloopaannemers.nl/">www.sloopaannemers.nl/</a>	Dutch association for demolition industry
<b>BVSE</b>	Fränkische Straße 2 53229 Bonn, Germany <a href="http://www.bvse.de/fachverband-sonderabfall.html">www.bvse.de/fachverband-sonderabfall.html</a>	German association special waste management
<b>ZVDH</b>	Fritz-Reuter-Str. 1 50968 Köln, Germany <a href="https://dachdecker.org/startseite/">https://dachdecker.org/startseite/</a>	German association of roofers

# Anhang 1 – Initiative PolyStyreneLoop

Relevant für

**Allgemeine Information**

Inhalt

**Merkmale von PolyStyreneLoop**

**Organisationsstruktur**

**Die Kooperative**

**Finanzielle Unterstützung**

**Ökologische Vorteile**

## Merkmale

### Grundgedanke

- PS-Schaum (EPS und XPS) findet breite Anwendung in verschiedensten Produkten, vor allem als Dämmstoff im Bausektor und als Verpackungsmaterial.
- Bis 2015 enthielt ein großer Teil des als Dämmstoff verwendeten PS-Schaums das Flammschutzadditiv HBCD. Laut der Europäischen REACH-Verordnung von 2015 [1] ist es nicht mehr erlaubt, sogenannte persistente organische Schadstoffe (POP) auf dem Markt zu bringen, und das Recycling ist mit den früheren und derzeit verfügbaren Verfahren nicht mehr möglich.
- Im Jahre 2017 beträgt die Gesamtmenge an PS-Schaum-Abfall in Europa 140.000 Tonnen jährlich [2] und diese wird in den nächsten Jahrzehnten stark zunehmen.
- Energetische Verwertung von PS-Schaum-Abfall ist heute noch die nachhaltigste Verwertungsart, da Heizenergie gewonnen wird. Zukünftig könnte über PSLoop im Sinne einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft die Nachhaltigkeit von PS-Schäumen gesteigert und damit verbessert werden.
- Zur Aufarbeitung der zunehmenden Menge an PS-Schaum-Abfall (, der HBCD enthält,) und zur Sicherstellung der nachhaltigen Bereitstellung von PS in ausreichender Menge ist die Entwicklung eines neuen Recycling-Verfahrens erforderlich. Die PSLoop-Demonstrationsanlage wird die erste Anlage sein, bei der das patentierte CreaSolv®-Verfahren (CreaSolv® ist ein eingetragenes Warenzeichen der CreaCycle GmbH) für das Recycling von PS-Schaum zum Einsatz kommt. Auf diese Weise werden die EU-Verordnungen im industriellen Maßstab erfüllt.

### Grundgedanke

- Der Standort der PSLoop-Demonstrationsanlage befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft des ICL-IP-Standorts und seiner bestehenden BRU-Anlage in Terneuzen, im Südwesten der Niederlande.
- Das Grundstück ist ca. 5.400 m<sup>2</sup> groß und bietet Platz für die Lagerung von Rohstoffen und Endprodukten.
- PSLoop wird die Überwachung und Leitung des Betriebs der PSLoop-Demonstrationsanlage übernehmen. Das extrahierte HBCD wird direkt dem Prozess in der BRU der ICL-IP zugeführt.
- Entwurf und Bauausführung erfolgen durch die EPC Engineering & Technologies GmbH. Die EPC-Gruppe hat umfassende Erfahrung in der Planung und Realisierung von Industrieanlagen und Infrastrukturprojekten.



**PSLoop-Demonstrationsanlage**  
Leistung: 3.000 Tonnen  
reines PS  
Terneuzen (Niederlande)

## Merkmale

### Bessere Nutzung von PS-Schaum-Abfällen



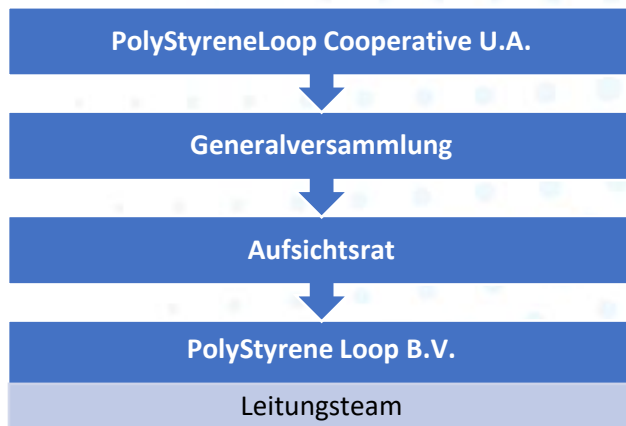
- Vorsortierter PS-Schaum-Abfall aus Abbrucharbeiten wird der Demonstrationsanlage zugeführt. Der Abfall darf nicht mehr als 7 Gew.-% Verunreinigungen, wie Klebstoff und Beton, und maximal 3 Gew.-% Wasser enthalten. Das Material muss für den Transport zur Anlage komprimiert werden.
- Die Anlage produziert reines PS, das vorzugsweise an die Hersteller der Wertschöpfungskette verkauft wird.

- Ein Abfallprodukt des Prozesses ist der extrahierte Schadstoff HBCD. Dieser wird in der benachbarten Bromrückgewinnungsanlage (BRU) der ICL-IP aufgearbeitet. Brom wird zurückgewonnen und als Rohstoff für neue bromierte Stoffe wie z. B. Flammenschutzadditive, Treibstoffzusätze, Farbstoffe, Bleichmittel verwendet.

## Organisationsstruktur

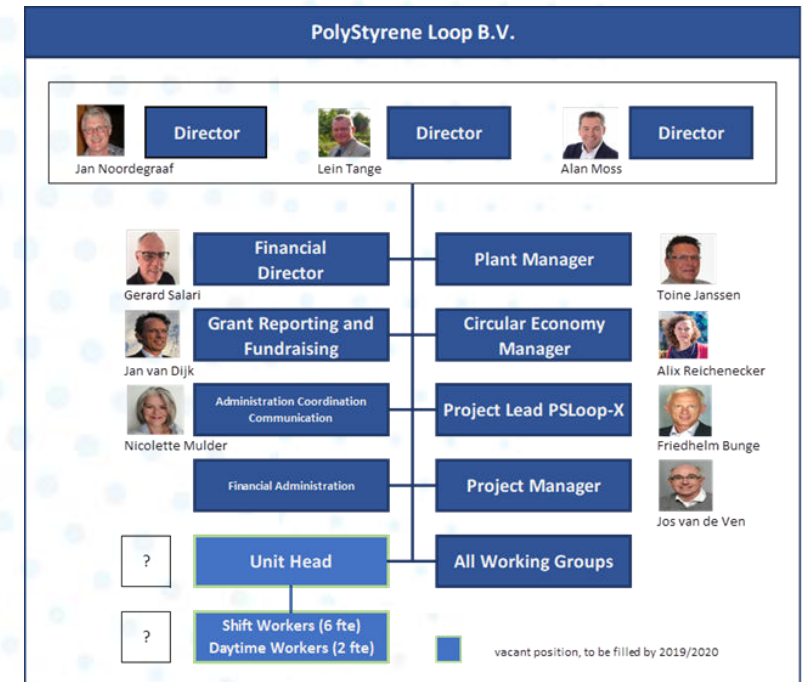
### Struktur

- Die Initiative PolyStyrene Loop ist eine Kooperative (PolyStyreneLoop Cooperative U.A.) mit stimmberechtigten Mitgliedern und Förderern aus der gesamten Polystyrol-Wertschöpfungskette.
- Mitglieder wie auch Förderer haben einen finanziellen Beitrag zur Kooperative geleistet.
- Der Einfluss der Mitglieder in der Generalversammlung bemisst sich nach ihrer Gruppe und nach ihrem finanziellen Beitrag. Kein Mitglied verfügt über mehr als 10 % der Stimmrechte.
- Der Aufsichtsrat besteht aus einer ausgewählten Gruppe von Mitgliedern und Förderern.
- Um die Geschäfte der PolyStyrene Loop B.V. kümmert sich das Leitungsteam.



### Organigramm von PolyStyreneLoop B.V.

- Die PolyStyreneLoop B.V. besteht aus einem kleinen engagierten Team. Mitglieder und Förderer bringen ihr Fachwissen in Arbeitsgruppen zu einer Reihe von Themen wie Sammlung, Vorbehandlung, Technik und Kommunikation ein.



## Die Kooperative / Mitglieder und Förderer

### PS-Schaum-Hersteller/-Verarbeiter

- Hersteller und Verarbeiter von PS-Schaum wissen um die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile des Recyclings von PS-Schaum-Abfällen aus Abbrucharbeiten.
- Das Engagement führender Unternehmen schärft in der gesamten Kunststoffbranche das Bewusstsein dafür.

### Verbände

- Verbände der Kunststoffbranche setzen Ziele und Standards für die Industrie und werben gleichzeitig neue Partner.

### Rohstoffhersteller

- Rohstoff-Zulieferer erzeugen den Rohstoff für den PS-Schaum.
- Der Rohstoff für EPS sind die EPS-Perlen, aus dem in EPS-Verarbeitungsanlagen EPS-Schaum hergestellt wird. Der Rohstoff für XPS ist das XPS selbst, das von Dämmsystem-Herstellern verwendet wird.



### Entsorgungs- und Recyclingunternehmen

- Recyclingunternehmen führen die Sammlung und Vorbehandlung von PS-Schaum-Abfall durch Sortieren, Mahlen und Kompaktieren durch. PS-Schaum ohne HBCD dient als Rohstoff für neue PS-Produkte. HBCD-haltiger PS-Schaum wird als Rohstoff zur PSLoop-Anlage transportiert.
- PSLoop schließt Verträge mit zertifizierten Recyclingunternehmen für Schaumstoffe, die als HUBs für PSLoop fungieren und eine gute Qualität des der Demonstrationsanlage zugeführten Materials gewährleisten.

### Flammenschutzadditiv-Hersteller

- Das Betriebsgelände der Demonstrationsanlage liegt in unmittelbarer Nähe des Flammenschutzadditiv-Herstellers ICL-IP. PSLoop hat eine Dienstleistungsvereinbarung über die Nutzung einiger ICL-IP-Anlagen, darunter die Bromrückgewinnungsanlage (BRU) der ICL-IP, abgeschlossen.

### Andere

- Fachleute haben spezifische Fachkenntnisse in einem Teilgebiet der Technologie, die im PS-Schaum-Sektor verwendet wird.
- Systemanbieter verwenden PS-Schaum für verschiedene Produkte wie Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) für Fassadendämmungen und andere Dämmsysteme.
- Maschinen- und Anlagenbauer liefern spezielle Ausrüstungen für den PS-Schaum-Sektor.

# Initiative PolyStyreneLoop



## Förderprogramm

Die Initiative PolyStyreneLoop wird finanziell unterstützt vom EU-LIFE-Förderprogramm für das Recycling von EPS sowie von der Provinz Zeeland und dem niederländischen Ministerium für Landwirtschaft, Natur und Nahrungsmittelqualität für das Recycling von XPS.



LIFE16 ENV/NL/000271  
Förderungsdauer 2017 bis 2021



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

### Förderprogramm LIFE

- Das EU-Förderprogramm LIFE unterstützt Projekte zum Umwelt-, Natur- und Klimaschutz mit Zuschüssen. Antragsteller dieses Programms weisen eine innovative Technologie nach, die repliziert, übertragen und verbreitet werden kann.
- Mit der PSLoop-Demonstrationsanlage trägt das Recycling von PSLoop-Schaum-Abfall nicht nur zur nachhaltigen Nutzung von Kunststoff, sondern auch zur Reduzierung des Energieaufwandes zur Herstellung von neuem Polymer bei. Dies vermindert CO<sub>2</sub>-Emissionen und schont den Einsatz von Ressourcen.
- Mit der Inbetriebnahme von Recycling-Anlagen für PS-Schaum wird nur noch ein Bruchteil der Energie benötigt, die für die Herstellung von neuem Material erforderlich ist.
- Im Jahre 2017 erhielt der EPS-Hersteller Synbra (jetzt BEWiSynbra) zusammen mit ICL-IP (Hersteller von Flammschutzadditiven), das Fraunhofer IVV (Forschungseinrichtung) und PolyStyreneLoop (Mitglied der Kooperative) eine Förderung vom EU-LIFE-Förderprogramm für die Initiative PolyStyreneLoop.
- Die Initiative PSLoop entspricht den Vorgaben des Förderprogramms LIFE und erhielt einen Zuschuss von 2,7 Millionen € für den Zeitraum 2017-2021, mit einer möglichen Verlängerung um 1 bis 2 Jahre.
- Der Zuschuss ist unter der Nummer LIFE 16 ENV/NL000271 eingetragen.
- Im Jahre 2018 bewertete die EU die Initiative PSLoop als ehrgeiziges, innovatives und replizierbares Projekt, das mit bedeutendem Wirkungsgrad und großem Einfluss zur Lösung der Umweltprobleme bei Bau- und Abbruchabfällen beitragen kann. Dies ist für die Kommission ein Thema von hoher Priorität.

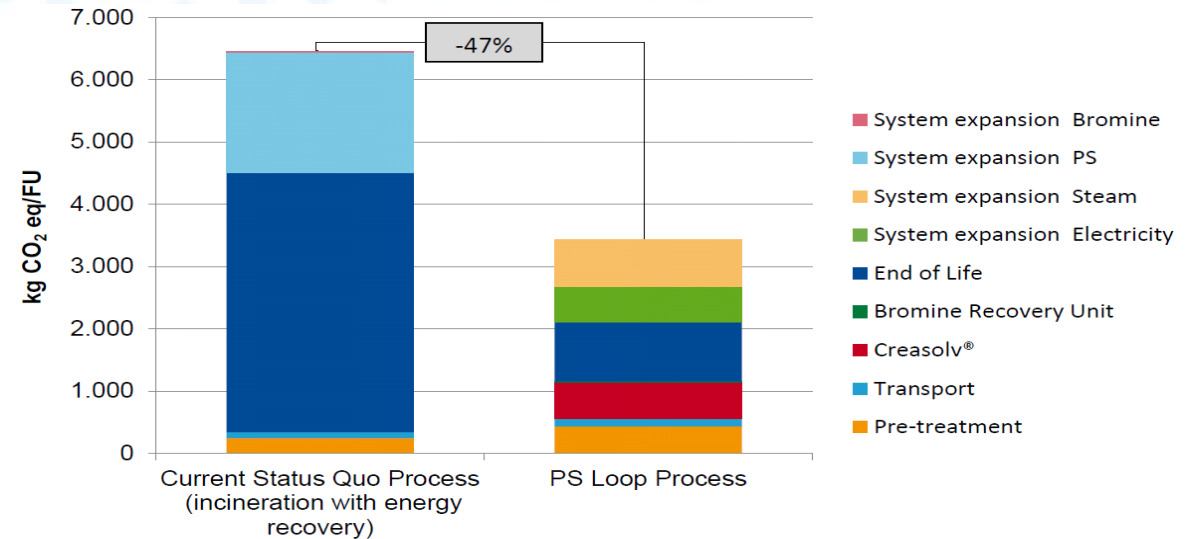
### Innovatives Recycling von PS-Schaum

- Mit einem Zuschuss von 1 Million € von der Provinz Zeeland (im Programm „Zeeland in stroomversnelling“) betreibt PSLoop ein weiteres Entwicklungsprojekt, damit die PSLoop-Anlage auch die Aufarbeitung von XPS-Abfall aus Abrissen übernehmen kann. Der Name des Projektes ist „Innovative PS Foam Recycling“ (Innovatives Recycling von PS-Schaum).
- Ziel ist es, etwa 10 Prozent der Kapazität der PSLoop-Anlage für die Aufarbeitung von XPS-Abfall einzusetzen.
- Die wesentlichen Herausforderungen des Projekts „Innovative PS Foam Recycling“ sind:
  - Entfernung von (H)FCKW aus XPS-Schaum
  - Binden von (H)FCKW zur anschließenden Vernichtung in einer speziellen Anlage außerhalb der Niederlande.
  - Zur Ermittlung der besten Lösung werden zahlreiche Tests durchgeführt. Diese Lösung wird entwickelt und in eine Anlage eingebaut, die XPS so aufarbeiten kann, dass (H)FCKW effektiv entfernt und das übrige Material als Rohstoff der PSLoop-Demonstrationsanlage zugeführt werden kann.

## Ökologische Vorteile

### Umweltaspekte

- Die von der deutschen TÜV Rheinland LGA Products GmbH durchgeführte Ökobilanz-Analyse bescheinigt dem PSLoop-Verfahren eine deutliche Verbesserung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks, nämlich eine Verringerung um 47 % gegenüber der energetischen Verwertung [1].
- Der als „Klimawandel“ dargestellte Effekt wird in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Funktionseinheit [kg CO<sub>2</sub> eq/FU] beziffert.
- Die Untersuchung zeigt, dass die neuen Optionen der PS-Herstellung und die Aufarbeitung am Ende der Produktlebensdauer (Verbrennung, energetische Verwertung oder Recycling) die Hauptfaktoren der ökologischen Gesamtbilanz sind.
- Der Hauptfaktor für die gute Bilanz des PSLoop-Verfahrens ist der niedrige Energieverbrauch beim CreaSolv® Verfahren.
- Die Umweltauswirkungen von Vorbehandlung und Transport sind beim PSLoop-Verfahren etwas größer. Der Grund dafür liegt im höheren Energieverbrauch für Trennung und Kompaktierung sowie weiteren Transportwegen.



Relevant für

**Allgemeine Information**

Inhalt

**Regulatorische Aspekte**

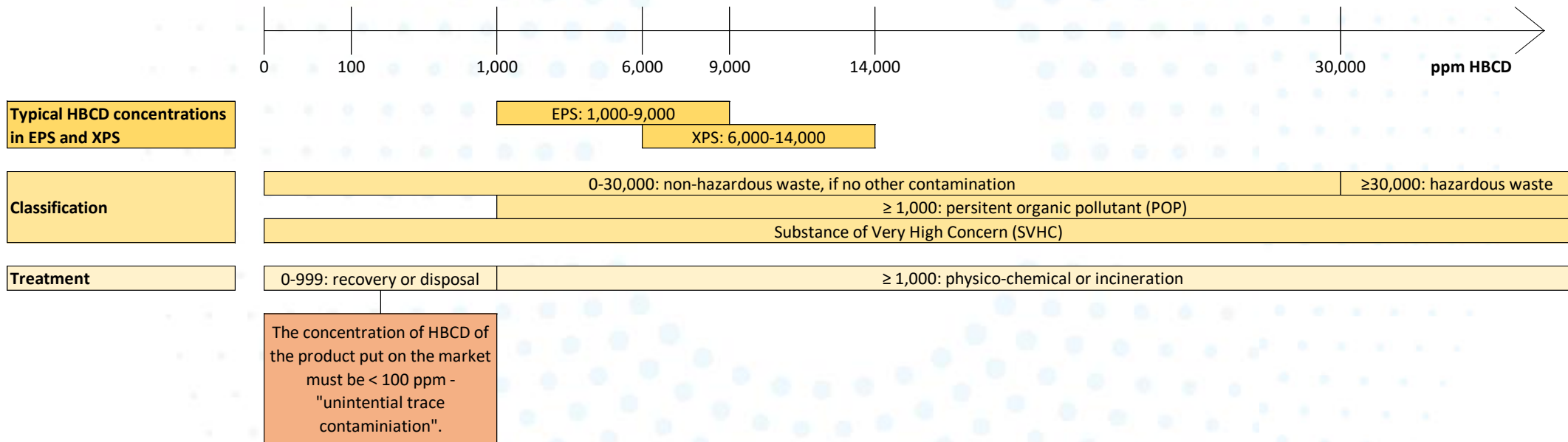
- Klassifizierung, Produktion und Anwendung, Behandlung, Rechtsrahmen für Abfall , grenzüberschreitende Transporte und Verbringung von Abfall
- Zeitachse der Verordnungen zu HBCD
- Übersicht über die HBCD-Konzentrationen

**Nationale Gesetze**

- Niederlande
- Deutschland

## Regulatorische Aspekte

### HBCD-Konzentrationen



## Nationale Gesetze – Deutschland: POP-Abfall-ÜberwV, KrWG, GewAbfV, NachwV

### HBCD-Konzentrationen

HBCD-Konzentration	Klassifikation als POP	POP-Abfall-ÜberwV anzuwenden?
< 1.000 ppm	nicht POP	nein
≥ 1.000 ppm	POP	ja

### POP-Abfall-ÜberwV

- POP-Abfall-Überwachungsverordnung

### KrWG

- Kreislaufwirtschaftsgesetz

### GewAbfV

- Gewerbeabfallverordnung

### NachwV

- Nachweisverordnung

### Allgemeines

- Da in Deutschland die Gesetzgebung der Bundesländer für den Abfall zuständig ist, sind die Verordnungen der Umweltministerien der Bundesländer zu beachten.

### Getrennte Sammlung

- Entscheidend ist die Art der Müllentstehung. Somit ist getrennt entstandener Müll getrennt zu sammeln. Verbundstoff-Abfall (wie z. B. Wärmedämm-Verbundsysteme WDVS) muss jedoch nicht vor Ort getrennt werden. Gemischter Abfall mit Konzentrationen <1.000 ppm HBCD fällt nicht unter die POP-Abfall-ÜberwV. Da HBCD-haltiger PS-Schaum aus Gebäuden immer mehr als 1.000 ppm HBCD enthält, müssen Verursacher und Verantwortliche den Abfall getrennt sammeln und transportieren, entsprechend der jeweils vorgeschriebenen Aufarbeitung (POP-Abfall-ÜberwV § 3.1.) [3].
- Die Verpflichtung zur getrennten Sammlung entfällt, wenn dies technisch nicht möglich (beispielsweise zu wenig Platz für Container) oder wirtschaftlich unsinnig ist (wenn die Kosten für die getrennte Sammlung unverhältnismäßig zu denen für gemischte Sammlung und anschließende Vorbehandlung ist) (GewAbfV § 8.2.) [4].
- Leitlinien sind die technische und wirtschaftliche Machbarkeit.

### Aufarbeitung

- Umweltschutz, soziale Folgen und technische Machbarkeit sind Kriterien bei der Auswahl des Aufarbeitungsverfahrens. Eine Aufarbeitung ist technisch machbar, auch wenn eine Vorbehandlung erforderlich ist. Eine wirtschaftliche Rentabilität ist gegeben, wenn die Aufarbeitungskosten nicht unverhältnismäßig im Vergleich zu den Entsorgungskosten sind. Falls das gewählte Aufarbeitungsverfahren getrennte Sammlung und Transport erfordert, ist die Mischung dieses Abfalls oder die Verdünnung von POP-Abfall mit anderem Abfall unzulässig, es sei denn, das Mischverfahren ist Stand der Technik (KrWG § 7) [5].
- Eine ordnungsgemäße Aufarbeitung entspricht der gültigen Gesetzgebung und stellt keine Beeinträchtigung von Gesundheit und Umwelt dar.

## Nationale Gesetze – Deutschland: POP-Abfall-ÜberwV, KrWG, GewAbfV, NachwV

### Nachweisführung

- Verursacher, Verantwortliche, Sammel-, Transport- und Recycling-/Entsorgungsunternehmen sind untereinander und gegenüber den Behörden nachweispflichtig. Der Nachweis ist vor Beginn der Aufarbeitung in Form einer Erklärung aller an der Prozesskette Beteiligten für die geplante Aufarbeitung zu erstellen, ebenso eine Abnahmeerklärung des Recycling-/Entsorgungsunternehmens und die Bestätigung der Zulässigkeit der geplanten Aufarbeitung durch die zuständige Behörde. Während der Aufarbeitung ist Rechenschaft über den Verbleib des POP-Abfalls abzulegen (POP-Abfall-ÜberwV § 4) [3].
- Wenn die vom Verursacher generierte Menge Abfall unter 20 t pro Jahr nach Abfallkategorie und Standort beträgt, kann dieser den Nachweis der Zulässigkeit der Aufarbeitung mit der entsprechenden Dokumentation des Sammelunternehmens erbringen (NachwV § 9.1.4) [6].

### Registrierungsbestimmungen

- Erzeuger, Verantwortliche, Sammel-, Transportunternehmen, Händler und Zwischenhändler von POP-Abfällen müssen ein Register mit den folgenden Angaben führen: Menge, Typ, Ursprung, Bestimmungsort, Häufigkeit der Sammlung, Art des Transports und Aufarbeitung. Das Register ist mindestens drei Jahre ab Datum der Registrierung aufzubewahren und auf Anfrage der zuständigen Behörde vorzuzeigen (POP-Abfall-ÜberwV § 5) [3].

### Elektronische Nachweisführung

- Auch wenn HBCD-haltiger PS-Schaum gemäß deutscher Gesetzgebung nicht gefährlicher Abfall ist, gelten dafür doch die Dokumentationspflichten für gefährlichen Abfall, die in der Nachweisverordnung (NachwV) festgelegt sind.
- Vor der Entsorgung ist ein Entsorgungsnachweis mit Erklärungen des Erzeugers, des Entsorgers und der zuständigen Behörde über die Zulässigkeit der geplanten Aufarbeitung einzuholen (NachwV – Teil 2, Abschnitt 1) [6].
- Ein Begleitschein ist der Nachweis über die durchgeführte Entsorgung. Abfallbeförderer müssen eine Kopie des Begleitscheins während des Transports mitführen (NachwV – Teil 2, Abschnitt 2) [6].
- Erzeuger, Verantwortliche, Sammel-, Transportunternehmen, Händler, Zwischenhändler und Entsorger von Abfällen müssen ein Register über alle notwendigen Entsorgungsvorgänge führen. Dieses Register muss drei Jahre lang aufbewahrt werden (NachwV – Teil 3) [6].

## Nationale Gesetze – Niederlande: LAP3, Sectorplan 85

**Klassifizierung: POP ( $\geq 1.000$  ppm HBCD), nichtgefährlich, SVHC = zeer zorgwekkende stof (ZZS)**

### **Landelijk Afvalbeheer Plan 3 (LAP3) [1]:**

- Niederländischer Abfallbewirtschaftungsplan 2017-2029

### **Sectorplan 85 – EPS [2]:**

- Nur für EPS, nicht für XPS.
- Mindeststandard für Aufarbeitung von EPS aus Verpackungen und aus Gebäuden.
- EPS aus Gebäuden
  - Kein HBCD: Verfahren mit höherer Qualität der Rückgewinnung als Vernichtung oder irreversible Umwandlung, wenn getrennt von anderen Stoffen.
  - $< 1.000$  ppm HBCD: Recycling erlaubt, unterliegt den Einschränkungen der POP-Verordnung.
  - $\geq 1.000$  ppm HBCD: physikalisch-chemische Behandlung (D9) oder Verbrennung (D10). unterliegt den Einschränkungen der POP-Verordnung.

Relevant für

**Allgemeine Information**

Inhalt

**Arten von Flammschutzadditiven**

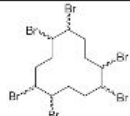
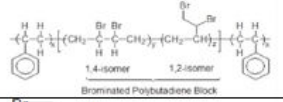
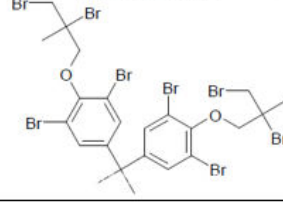
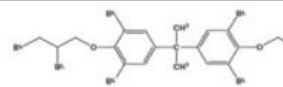
**Hexabromcyclododecan (HBCD)**

**Analytik**

- Röntgenfluoreszenzanalyse, RFA (engl.: X-ray fluorescence spectroscopy, XRF)
- Schnelltest
- Chromatographie

## Flammschutzadditive (FR)

### Flammschutzadditive in PS-Schaum

Full name	Also know as	Chemical structure	Application
Hexabromocyclododecane	HBCD		In EPS and XPS
FR-122P	polymeric FR bzw. Polymer-FR		In EPS and XPS
SR-130, B843			Mostly in EPS
FR-720			Mostly in XPS

- HBCD wird in altem EPS und XPS gefunden.
- Nach 2016 hergestelltes Material enthält nur eines der anderen Flammschutzadditive, von denen Polymer-FR (oder auch polymeric FR) das meist verbreitete in Deutschland ist.

### Hexabromocyclododecan (HBCD)

- Chemische Eigenschaften: alicyclische Verbindung mit sechs Brommolekülen, keine aromatische Verbindung.
- Abfolge: Zerfall des Moleküls bei 190 °C, Bildung von HBr und H<sub>2</sub>O, Verhinderung der Oxidation und Kühlungseffekt, Löschung der Flamme nach Entfernung der Zündquelle.
- Genauere Angaben zu HBCD finden Sie im Sicherheitsdatenblatt der verwendeten Rohstoffe [1].
- Wichtig: HBCD ist im PS-Schaum fest in der Kunststoffmatrix eingebunden. Menschen, die mit HBCD-haltigem PS-Schaum in Berührung kommen, müssen sich über eine Gefährdung durch den Kontakt mit HBCD keine Sorgen machen.

### HBCD-Konzentrationen in EPS und XPS

- Der normale Konzentrationsbereich für den Einsatz von HBCD als Flammschutzadditiv in EPS war 1.000-9.000 ppm und für XPS 6.000-14.000 ppm [2]. HBCD-Konzentrationen werden immer in Gewichts-%, nicht in Volumen-% angegeben.

## Analytik

### Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

- Die Röntgenfluoreszenz-Analyse entdeckt nur elementares Brom (Br) und unterscheidet nicht zwischen den unterschiedlichen bromierten Flammschutzadditiven.
- Wird das Vorhandensein von Brom in Abbruchmaterial von einem vor 2015 errichteten Gebäude festgestellt, dann handelt es sich fast immer um HBCD-haltigen Abfall. Ab 2015 wurde Polymer-FR verwendet.

### Schnelltest (Fraunhofer-Untersuchungsmethode)

- Dient zur Unterscheidung von HBCD und PolyFR; eine Röntgenfluoreszenzanalyse zur Feststellung, ob bromierte Flammschutzadditive enthalten sind: Auflösen von EPS (2 g) in Aceton (5 g) - 2 Minuten lang, Röntgenfluoreszenzanalyse des Überstandes. Wenn die Analyse eine hohe Bromkonzentration zeigt, handelt es sich wahrscheinlich um HBCD; wenn kein Brom vorhanden ist oder nur in einer geringen Konzentration, dann handelt es sich mit hinreichender Genauigkeit um Polymer-FR. Polymer-FR löst sich in Aceton nicht auf. [3]
- Die untere Nachweisgrenze liegt bei etwa 50 ppm.

### Chromatographie und Nachweis von HBCD

- HBCD lässt sich nur in spezialisierten Laboren durch eine Kombination von Chromatographie und Nachweis spezifisch bestimmen.
- Mittels Chromatographie werden die Bestandteile einer Stoffmischung wie EPS getrennt. Auf diese Weise wird HBCD isoliert. Dazu werden Gaschromatographie (GC) und Flüssigchromatographie (LC) eingesetzt.
- Zum Nachweis von HBCD und zur Bestimmung seiner Konzentration kommt Massenspektrometrie (MS) in Verbindung mit Flammenionisationsdetektion (FID) zum Einsatz.
- Labortests auf HBCD sind kosten- und zeitintensiv sowie komplex (200-300 € je Probe; Vorlaufzeit: mehrere Tage; und es ist schwierig, HBCD aus dem Kunststoff zu lösen und auszufällen).
- Eine weitergehende Standardisierung ist erforderlich. Seit 2014 durchläuft ein DIN-Normungsverfahren die Prüfungsphase [4].
- Zurzeit ist keine der Analysen genormt.

# Anhang 4 – EPS-Abnahmeblatt / Lieferschein PSLoop

Relevant für

**Abbruch**  
**Sammlung**  
**Vorbehandlung**  
**Transport**

Inhalt

**Wer darf Material liefern?**  
**Spezifikationen zu Material und Verpackung**  
**Logistik**  
**Europäische Abfallcodes**  
**Rechtsvorschriften**

## PSLoop-Information für Lieferanten, Stand 23.04.2019

### PSLoop-Annahmekriterien von HBCD-haltigen EPS-Abfällen

#### 1. Wer darf Material für die Aufarbeitung durch PolyStyreneLoop annehmen und liefern?

PolyStyreneLoop arbeitet mit zertifizierten HUBs zusammen. Nur zertifizierte HUBs dürfen Material zur Vorbehandlung annehmen und PolyStyreneLoop Material liefern.

#### 2. Welches Material wird von PolyStyreneLoop abgenommen?

HBCD-haltiges expandiertes Polystyrol (EPS) aus Renovierung und Abriss (HBCD – Hexabromcyclododecan).

#### 3. Welche Anforderungen haben Material und Verpackung zu erfüllen?

Materialbeschreibung	vorsortiert und kompaktiert
Materialform	verschiedene Lieferformen von kompaktierten EPS sind zulässig (Brikett, Stangen) Bedingung: gemäß Spezifikation kompaktiert und verpackt
Materialgewicht	Formgewicht zwischen 15 und 50 kg Bedingung: gemäß Spezifikation verpackt
Materialdichte	100 bis 450 kg/m <sup>3</sup> Zu starkes Kompaktieren ist zu vermeiden, denn es führt zum Schmelzen des Materials
Max. HBCD-Gehalt	<1,5 Gew.-%
Wasser	so wenig wie möglich, vorzugsweise weniger als 3 Gew.-%, gemessen pro Form
Asbest	0,0 Gew.-% - Mit Asbest verunreinigter EPS-Abfall wird nicht angenommen.

Materialbeschreibung	vorsortiert und kompaktiert
Bitumenhaltige Verunreinigungen	so wenig wie möglich, vorzugsweise nahe 0 Gew.-%
andere Verunreinigungen PUR, Glaswolle, Mineralwolle, Zement, Nägel und Eisen, Klebstoff	Gesamtmenge an Verunreinigungen ≤ 7 Gew.-%, gemessen pro Form.
Lieferung als	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kompaktierte Form in PE-Schrumpffolie auf Paletten</li> <li>• kompaktierte Form in Bigbags</li> </ul>
Spezifikation zur Verpackung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedenste Paletten sind zulässig</li> <li>• Max. Höhe 2,6 m</li> </ul>

Diese Anforderungen sind eine Richtlinie für die HUBs und beruhen auf dem aktuellen Wissensstand der PolyStyreneLoop. Da nicht jeder Fall vorhergesehen werden kann, müssen intensive Gespräche zwischen PolyStyreneLoop und den HUBs zu einer Vereinbarung über das zu liefernde Material führen. Die Zugangsspezifikationen unterliegen im Laufe der Zeit Änderungen.

#### 4. Logistik

Transport	Geeignete Transportmittel für Material auf Paletten
Genehmigungen	Der Lieferant ist dafür zuständig, die erforderlichen Dokumente und Genehmigungen für grenzüberschreitende Transport zu besorgen und mitzuführen.

## PSLoop-Information für Lieferanten, Stand 23.04.2019

EPS-Abnahme-Informationsblatt zum für das EPS-Recycling durch PolyStyreneLoop  
(Fortsetzung)

### 5. Europäische Abfallcodes

Europäischer Abfallcode (Abfallverzeichnis)	Bezeichnung der Abfallart	normalerweise bezeichnet als
17 06 04	Dämmmaterial	EPS-Bau- und -Abbruchabfälle
15 01 02	Kunststoff-Verpackung	EPS-Verpackungsabfälle Hinweis: Nur EPS-Verpackungen, die HBCD enthalten können
20 01 39	Kunststoffe	
02 01 04	Kunststoffabfälle (ohne Verpackungen)	

### 6. Rechtsvorschriften – Klassifikation von EPS-haltigem HBCD

Europäische Union	< 3 % (30.000 ppm) HBCD, nicht als gefährlicher Abfall eingestuft, wenn keine anderen Verunreinigungen als HBCD enthalten sind
Niederlande	nicht als gefährlicher Abfall eingestuft
Deutschland	kein gefährlicher Abfall, muss aber wie gefährlicher Abfall registriert werden, um der Dokumentationspflicht bzgl. HBCD-Zerstörung nachzukommen. • Elektronische Nachweispflicht
Schweiz	nicht als gefährlicher Abfall eingestuft
andere europäische Länder	noch zu klären

### 7. Rechtsvorschriften – grenzüberschreitender Transport

Das Unternehmen, das den Abfall zu PolyStyreneLoop bringt, muss ein Notifizierungsverfahren bei den zuständigen Regierungsbehörden des Herkunftslandes des Abfalls durchführen. Jeder Abfalltransporter muss die Notifizierung einreichen. Es dauert vier bis sechs Wochen, die Genehmigung für einen Abfalltransport zu bekommen und die Genehmigung kann vorab beantragt werden. Die Genehmigung ist jährlich zu erneuern. Der grenzüberschreitende Transport von Abfall erfordert eine sorgfältige Dokumentation entsprechend der EU-Verordnung Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen.

# Quellen

Relevant für

**Allgemeine Information**

Inhalt

**Übersicht nach Kapiteln**

## Nach Kapiteln geordnet, Seite 1 von 2

### Einführung

[1] UNEP. (2000). The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Fundstelle: <https://unep.ch/ozone/pdf/Montreal-Protocol2000.pdf>

[2] Regulation (EC) No 1005/2009 of the European Parliament and of the Council of 16 September 2009 on substances that deplete the ozone layer (Text with EEA relevance)

### Materialbestimmung

[1] Conversio (2018, July 6). Post-consumer Waste Generation and Management in European Countries 2017. EPS Packaging & EPS Construction Waste

### Markt

[1] Giraf Results, HBCD concentrations in EPS/XPS products and waste streams - Inventory in the Netherlands. (2018, March 15).

### Transport

[1] Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste

[2] Anhänge III, IIIA und IIIB der EU- Abfallverbringungsverordnungsliste, die sogenannte „Grüne Liste“

### Anhang 1: Die Initiative PolyStyreneLoop - Projektmerkmale

[1] Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on persistent organic pollutants and amending Directive 79/117/EEC[4] EC 1907/2006 - REACH

[2] Conversio (2018, July 6). Post-consumer Waste Generation and Management in European Countries 2017. EPS Packaging & EPS Construction Waste.

### Anhang 1: Die Initiative PolyStyreneLoop – Ökologische Vorteile

[1] TÜV Rheinland (2018, January 22). Life Cycle Assessment for End of Life Treatment of Expanded Polystyrene (EPS) from External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS)

### Anhang 2: Rechtsvorschriften – Regulatorische Aspekte

[1] European Chemicals Agency. (n.d.). Candidate List of substances of very high concern for Authorisation - ECHA. Fundstelle: <https://echa.europa.eu/candidate-list-table>

[2] Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006

[3] UNEP. (n.d.). Chemicals listed in Annex A. Fundstelle: <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/tabid/5837/Default.aspx>

[4] Commission Regulation (EU) No 1357/2014 of 18 December 2014 replacing Annex III to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives

[5] Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on persistent organic pollutants and amending Directive 79/117/EEC[4] EC 1907/2006 – REACH

[6] Commission Regulation (EU) 2016/293 of 1 March 2016 amending Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants as regards Annex I

[7] Commission Regulation (EU) 2016/460 of 30 March 2016 amending Annexes IV and V to Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants

[8] UNEP. (2018, 29 June). Draft updated general technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants. Fundstelle: <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW-OEWG.11-INF-9.English.pdf>

## Nach Kapiteln geordnet, Seite 1 von 2

### Anhang 2: Rechtsvorschriften – Regulatorische Aspekte

[9] Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste

### Anhang 2: Rechtsvorschriften – Nationale Gesetze

[1] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (n.d.). LAP3. Fundstelle: <https://lap3.nl/>

[2] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2017, 28 December). Sectorplan 85 - Geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS). Fundstelle: <https://lap3.nl/sectorplannen/sectorplannen/eps>

[3] Verordnung über die Getrenntsammlung und Überwachung von nicht gefährlichen Abfällen mit persistenten organischen Schadstoffen (POP-Abfall-Überwachungs-Verordnung - POP-Abfall-ÜberwV). (17. Juli 2017). Fundstelle: <https://www.gesetze-im-internet.de/pop-abfall-berwv/BJNR264410017.html>

[4] Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV). (18. April 2017). Fundstelle: [https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv\\_2017/BJNR089600017.html](https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/BJNR089600017.html)

[5] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG). (24. Februar 2012). Fundstelle: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/>

[6] Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV). (20. Oktober 2006). Fundstelle: [https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv\\_2007/BJNR229810006.html](https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/BJNR229810006.html)

### Anhang 3: HBCD – Flammschutzadditive und Analytik

[1] ICL-IP (2014, 17 March). Safety Data Sheet. Fundstelle: [http://icl-ip.com/wp-content/uploads/2014/03/8303\\_usFR-1206.pdf](http://icl-ip.com/wp-content/uploads/2014/03/8303_usFR-1206.pdf)

[2] M. Schlummer et al., Schnelltest zur Identifikation von HBCDD oder dessen Alternative PolyFR in Polystyrol-Hartschaumstoffabfällen mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Juni 2015, Fraunhofer Institut

[3] PS Plastics-Support, Ingenieur- und Sachverständigenbüro. Fundstelle: <https://www.plastics-support.de>

[4] DIN. (Mai 2016), E DIN EN 62321-9, VDE 0042-1-9:2016-05. Verfahren zur Bestimmung von bestimmten Substanzen in Produkten der Elektrotechnik. Teil 9: Hexabromcyclododecan in Polymeren mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie (HPLC-MS). Fundstelle: <https://www.vde-verlag.de/normen/1090046/e-din-en-62321-9-vde-0042-1-9-2016-05.html>

## Weiterführende Literatur

Cagerito. (2008, December). De EPS keten gesloten. Fundstelle: <https://stybenex.nl/wp-content/uploads/2014/12/productblad-EPS-2.1.pdf>

Consultic. (2011, November 2). Post-consumer EPS Waste Generation and Management in European Countries 2009.

Conversio. (2017, August 2017). Generation and Management of EPS and XPS Waste in 2016 in Germany in the Packaging and Building Industries.

EUMEPS. (2018, September). EPS Recycling in Europe. An inventory. Fundstelle: <https://stybenex.nl/wp-content/uploads/2018/09/2018-EPS-Recycling-in-Europe-2017-EUMEPS-1.pdf>

EUMEPS. (2017, February). Guidance for the Analysis of HBCD in Polystyrene Foams.

FPX. (12. November 2014). Umwelt-Produktdeklaration. Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS) mit alternativem Flammschutzmittel. Fundstelle: [http://xps-spezialdaemmstoff.de/wp-content/uploads/EPD\\_FPX\\_20140157\\_IBE1\\_DE-Non-HBCD.pdf](http://xps-spezialdaemmstoff.de/wp-content/uploads/EPD_FPX_20140157_IBE1_DE-Non-HBCD.pdf)

Giraf Results. (2016, December 12). HBCD in EPS/XPS waste in the Netherlands – Inventory of size and value.

GIZ. (2012, September). Natural Foam Blowing Agents Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs. Fundstelle: <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2009-en-natural-foam-blowing-agents.pdf>

Mark, F. E., Vehlow, J., Dresch, H., Dima, B., Grüttner, W., & Horn, J. (2015). Destruction of the flame retardant hexabromocyclododecane in a full-scale municipal solid waste incinerator.

Schlummer, M., Vogelsang, J., Fiedler, D., Gruber, L., & Wolz, G. (2015). Rapid identification of polystyrene foam wastes containing hexabromocyclododecane or its alternative polymeric brominated flame retardant by X-ray fluorescence spectroscopy. *Waste Management & Research*, 33(7), 662-670.

Umweltbundesamt (Februar 2015). Häufig gestellte Fragen und Antworten zu Hexabromocyclododecan (HBCD). Antworten auf häufig gestellte Fragen. Fundstelle: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/answers-to-frequently-asked-questions-to>



LIFE 16 ENV/NL/000271  
period 2017 to 2021



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

Provincie  
Zeeland

PolyStyreneLoop 



[WWW.POLYSTYRENELOOP:EU](http://WWW.POLYSTYRENELOOP:EU)

Kontakt: [info@polystyreneloop.eu](mailto:info@polystyreneloop.eu)