

# EPOXIDHARZE IM FAHRZEUGBAU

## BEWERTUNG POTENZIELLER BPA-EMISSIONEN



Die Untersuchung der potenziellen Bisphenol A (BPA)-Emissionen durch die Herstellung, den Einsatz und die Entsorgung von Epoxidharzen die als Beschichtungen im Fahrzeugbau verwendet werden, wurde von der Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen (BIPRO) im Auftrag des Epoxy Resin Committee (ERC) durchgeführt. Diese ist Teil einer Reihe, bei der fünf Hauptanwendungsbereiche von Epoxidharzen in Europa analysiert werden. Um weitere Informationen zu erhalten, senden Sie eine E-Mail an [info@epoxy-europe.eu](mailto:info@epoxy-europe.eu) oder besuchen Sie die Website [www.epoxy-europe.eu](http://www.epoxy-europe.eu).

## ANWENDUNGSBEREICHE UND TRENDS

Epoxidharze werden seit den 1980er Jahren in Beschichtungen für den Fahrzeugbau verwendet. Zu ihren chemischen Eigenschaften zählen mechanische Festigkeit, Haftung an Metallen und Hitzebeständigkeit. Diese Eigenschaften erleichtern den Schutz der Karosserie gegen Korrosion und andere Schäden und können in einigen Fällen die Lebensdauer eines Personenkraftwagens sogar verdoppeln.



In dieser Studie wurden verschiedene Tonnagen Epoxidharz in verschiedenen Stadien des Lebenszyklus der Automobilherstellung berücksichtigt, vor allem infolge internationaler Pkw-Handelsströme.<sup>1</sup> Insgesamt werden in Europa pro Jahr 27 600 Tonnen Epoxidharze während des Herstellungsstadiums verwendet; 22 500 davon in Personenkraftwagen. Schätzungen zufolge entfallen auf alle derzeit in Europa zugelassenen Pkw rund 510 000 Tonnen Epoxidharze. Mehr als 13 000 Tonnen Epoxidharze werden jedes Jahr behandelt, nachdem sie das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben.

Karosseriebeschichtungen – der Hauptanwendungsbereich von Epoxidharzen in der Automobilindustrie – werden in der Regel durch kathodische Elektrotauchlackierung aufgebracht. Diese ist dank einer Reihe von Vorteilen das am weitesten verbreitete Verfahren in Europa. Diese Vorteile sind: Senkung des Verbrauchs von Lösungsmitteln; ausgezeichnete Haftung an Metallen; Beschichtung von Vertiefungen und anderen komplizierten Geometrien; hoch automatisierte Prozesse; Aufbringen einer gleichmäßigen Schichtdicke. Andere Epoxidbeschichtungen werden mittels einer lösungsmittelfreien Pulverbeschichtung aufgebracht.

## HERSTELLUNG (FLÜSSIGE UND FESTE EPOXIDHARZE)

Die Verwendung von Epoxidharzen beinhaltet das Mischen von Bisphenol A (BPA) und Epichlorohydrin (ECH) in zwei Phasen des Herstellungsprozesses. Zunächst werden sie chemisch verbunden, um flüssiges Epoxidharz zu erzeugen. Für Beschichtungen im Fahrzeugbau werden die Epoxidharze über einen Fusions-/Avancierungsprozess weiter umgesetzt – ein Verfahren, um sie in halbfeste Epoxidharze umzusetzen, die

<sup>1</sup> Die Gesamtverbrauchsmengen wurden unter Annahme der folgenden Daten (2013-2014) berechnet:

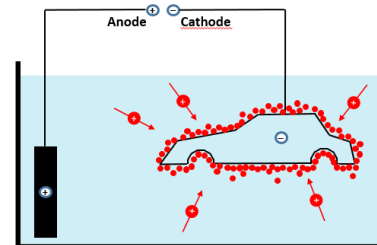
- 60-100 m<sup>2</sup> = durchschnittliche Oberfläche eines mit einer Epoxidharzschicht versehenen Personenkraftwagens.
- 63 % = höchstmöglicher prozentualer Anteil an ausgehärtetem Epoxidharz in einer Karosserie, das BPA enthalten kann (Höchstschätzungsszenario).
- 1,89 Kilogramm = durchschnittliche Menge an Epoxidharz, die nach dem Härtingsprozess auf das Fahrzeug aufgebracht wird.
- 270 Mio. = Gesamtzahl der in den Jahren 2013 und 2014 in der EU zugelassenen Personenkraftwagen.
- Pro Jahr werden 7 Mio. Altfahrzeuge Recyclingverfahren unterzogen (Schätzungen von Eurostat).

dann als Beschichtung aufgebracht werden. Untersuchungen zeigen, dass halb feste Epoxidharze eine Höchstmenge von 65 ppm unreaktiertes BPA enthalten können. Allerdings gaben ERC-Epoxidharzanbieter geringere Durchschnittsmengen an; bei der BIPRO-Analyse wurde von einem Worst Case Szenario unter Berücksichtigung dieser Worst-Case-Menge ausgegangen.

**BPA-Bewertung:** Von den insgesamt 27 594 Tonnen halbfestem Epoxidharz, die jedes Jahr hergestellt werden, entfallen 1790 Kilogramm an unreaktiertem BPA auf Beschichtungen für den Fahrzeugbau. Überschussmengen an ECH und anderen unerwünschten Reaktionsprodukten werden in einem letzten Herstellungsschritt durch das Waschen des Harzes mit Wasser entfernt. Nach Aussage von ERC-Mitgliedern werden auf diese Weise zwischen 5 und 19 Gramm BPA pro produzierte Tonne Epoxidharz ausgewaschen. Unter Annahme eines Worst-Case-Szenarios von 19 Gramm und einer effektiven BPA-Mindestabbaurate über die vor Ort erfolgende Abwasserbehandlung wurde berechnet, dass in Europa pro Jahr nach der Produktion etwa 524 Kilogramm BPA aus der Produktionsstätte ins Abwasser gelangen würden. Unter Berücksichtigung der Mindestentsorgungsrate über vor Ort vorhandene oder städtische Kläranlagen würden weitere 419 Kilogramm BPA entfernt; somit könnte eine Höchstmenge von 105 Kilogramm BPA schließlich in Gewässer gelangen. Durch biotische und abiotische Zersetzung wird diese Menge wahrscheinlich weiter reduziert, wenngleich in diesem Fall keine zuverlässigen Schätzungen möglich sind.

## ANWENDUNGSSTADIUM (BESCHICHTUNG)

Während der kathodischen Elektrotauchlackierung ist die Epoxidharzschicht die erste von fünf organischen Schichten, aus der sich die Beschichtung der Metallkarosserie eines Pkw zusammensetzt. Für die in der Regel 20 µm dicke Schicht werden Schätzungen zufolge pro Fahrzeug zwischen 2 und 8 Kilogramm Epoxidharz benötigt, die als Grundierung dienen, auf die dann weitere Schichten aufgebracht werden.



Im Laufe des Prozesses wird die Karosserie für ± 4 Minuten in ein Elektrotauchbeschichtungsbad getaucht. An die Karosserie wird eine elektrische Ladung angelegt, die das positiv geladene Epoxidharz abscheidet und so eine neue Schicht erzeugt. Das Bad besteht aus einem Epoxidharz-Amin-Addukt und einem geblockten Isocyanat zur Vernetzung mit dem Addukt.

Das Amin-Addukt wird von Lackherstellern produziert und in großen Tanks zum Automobilwerk geliefert. Nach der Leerung des Inhalts in die Beschichtungstanks können Rückstände im Amintank verbleiben. Während Letzterer gereinigt wird, können Rückstände gewaschen und über das Abwasser entsorgt werden, was sich jedoch nicht quantifizieren lässt.

**Die Aushärtung** der Epoxidharzschicht erfolgt nach den Abspül- und Trocknungsvorgängen, die durchgeführt werden, nachdem die Karosserie den Tank verlassen hat.

Folgende Quellen von Epoxidharzverlusten während der Beschichtung sind möglich:

- Reinigung des Elektrotauchtanks (Grundierungsrückstände können sich als Schlamm im Spülwasser ansammeln).
- Austausch verstopfter Filter; die hierbei möglichen Rückstände können zur Entstehung von Feststoffabfall führen.
- Auffangen des durch das Überlaufen des Tauchbades austretenden Wassers.
- Beschichtungsschäden am Fahrzeug, die erst nach der Trocknung entdeckt werden.

**BPA-Bewertung:** Bei der Berechnung von BPA-Verlusten, die während des Beschichtungsprozesses auftreten, sind einige Unsicherheiten zu berücksichtigen. Bei der Reinigung der Tanks für die kathodische Elektrotauchlackierung werden pro produziertem Fahrzeug zwischen 60 und 120 Gramm Schlamm erzeugt, der zu 40-50 % aus Epoxidharz-Amin-Addukt mit unreaktiertem BPA besteht. Unter der Annahme eines Worst-Case-Szenarios wären 54 Gramm Epoxidharz in dem angesammelten Schlamm enthalten. Berücksichtigt man die Zahl der jährlich in Europa hergestellten Pkw könnten die sich daraus ergebenden 788 Tonnen Schlamm bis zu 51 Kilogramm Rest-BPA enthalten. Letzterer wird vermutlich der Verbrennung oder anderen Entsorgungsverfahren zugeführt.

Nach Aussage eines für diese Analyse befragten Autoherstellers werden Beschichtungsfilter nach jeweils zehn Fahrzeugen entsorgt. Dies würde im Ergebnis einer Abfallmenge von 1,46 Millionen Filtern entsprechen. Es liegen jedoch keine Daten zur durchschnittlichen Menge an Restgehalten in den Filtern oder zu entsprechenden Entsorgungsmethoden vor. Die kathodische Elektrotauchlackierung ist jedoch so ausgelegt, dass sie die Abscheidung von Epoxidharz auf Karosserien maximiert, weshalb nur minimale Epoxidharz- und somit auch BPA-Rückstände aus dieser Quelle zu erwarten sind.

Signifikante BPA-Verluste während des Trocknens der Beschichtung sind nicht zu erwarten. Die Temperatur würde auf 150 bis 190 °C steigen, und für den Fall, dass sich ein Teil der Beschichtung – einschließlich Rest-BPA – ablöst, würde dieser im Nachverbrenner des Ofens thermisch zersetzt.

## LEBENSDAUER

Während der Lebensdauer ist die Lackierung mechanischem und chemischem Verschleiß ausgesetzt. Schotter, Sand und Salz wie auch Insekten, Vogelkot und UV-Strahlung können Schäden verursachen. Es können Schäden auftreten wie Glanzverlust, Farbänderungen, Vergilben, Risse oder Delamination von Lackschichten, welche sich auch auf die Epoxidharzbeschichtung auswirken können. Diese Analyse geht von einer durchschnittlichen Lebensdauer eines Fahrzeugs in Deutschland aus (18 Jahre ab Herstellung), die vollständig mit dem Verfügbarkeitszeitraum von Ersatzteilen in vielen Teilen Europas übereinstimmt (in der Regel 20 Jahre ab Herstellung).

**BPA-Bewertung:** Eine Höchstmenge von 1 % des von vornherein aufgetragenen Epoxidharzes könnte während der Lebensdauer verloren gehen. Unter der Annahme, dass jedes Fahrzeug durchschnittlich 1,89 Kilogramm Epoxidharz enthält, könnte sich eine Menge von 19 Gramm ablösen (eine jährliche Gesamtmenge von 225 Tonnen). Unter Berücksichtigung eines Worst-Case-Szenario könnten jedes Jahr 15 Kilogramm BPA in die Umwelt gelangen (330 Kilogramm für alle derzeit in Europa zugelassenen Fahrzeuge während ihrer gesamten Lebensdauer). Das Abbauverhalten des in die Umwelt freigesetzten BPA ist noch zu untersuchen. Bislang gibt es keine sichere quantitative Bewertung potenzieller BPA-Freisetzungen in die Umwelt (dabei würden mehrere Faktoren eine Rolle spielen, von UV-Strahlung bis zu Flüssigkeiten unterschiedlichster Zusammensetzungen und sonstige Faktoren).

## ENDE DES LEBENSZYKLUS

Die Entsorgung von Altfahrzeugen ist in der Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Altfahrzeuge geregelt. Diese legt konkrete Maßnahmen fest, die im Hinblick auf die Rücknahme, Lagerung, Behandlung, Demontage, Wiederverwendung und das Recycling von Altfahrzeugen zu ergreifen sind.

Recycling umfasst die Demontage der Karosserie durch Pressen und Schreddern – Vorgänge, die zum teilweisen Ablösen der Epoxidharzbeschichtung führen können. In Schredderanlagen werden Fahrzeuge normalerweise zusammen mit Haushaltsgeräten, Elektrogeräten usw. demontiert. Aus diesem Grund ist die geschätzte Menge an Altfahrzeugen, die in Schredderanlagen verarbeitet werden, ziemlich weit gefasst (27-85 % des behandelten Abfalls). Eine weitere Stufe des Recyclingprozesses ist der Sortiervorgang, bei dem verschiedene Materialien (z. B. Kunststoffe, Glas, Sand usw.) voneinander getrennt werden. Nach Aussage der Recyclingunternehmen landet die Beschichtung eines Fahrzeugs in der Schredderleichtfraktion (SLF), die auch Kunststoffe, Glas, Holz, Lacke, Partikel und Textilien enthält.



**BPA-Bewertung:** Der Großteil der SLF wird zurzeit in Deponien gelagert. Andere Optionen sind jedoch möglich und umfassen Rückgewinnung, Verbrennung (Energierückgewinnung) und Recycling. Ein weiterer Anwendungsbereich – der anscheinend auf Deutschland beschränkt ist – ist die Wiederverwendung von SLF als Füllstoff in stillgelegten Bergwerken. Weder die Lagerung in Deponien noch die Wiederverwendung in Bergwerken führen zum Abbau von Epoxidharz und seinem Rest-BPA. Ihre potenzielle Freisetzung in die Umwelt hängt von den Witterungsbedingungen und dem Zustand der Deponie ab. Eine zuverlässige Quantifizierung von Emissionen ist für dieses Stadium nicht möglich.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Fast 28 000 Tonnen BPA-basierte Epoxidharze werden jedes Jahr zur Beschichtung von in Europa hergestellten Personenkraftwagen verwendet. Bei der kathodischen Elektrotauchlackierung, der vorherrschenden Beschichtungstechnik in Europa, werden in erster Linie halb feste Epoxidharze eingesetzt und etwa 1790 Kilogramm unreaktiertes BPA in Beschichtungen produziert, von denen eine Höchstmenge von 105 Kilogramm BPA in die Umwelt gelangen dürfte. Weitere 51 Kilogramm dürften als Schlamm freigesetzt werden, wenn die bei der Herstellung und Installation der Beschichtung verwendeten Tanks gewaschen werden. Weitere 15 Kilogramm BPA werden jedes Jahr wahrscheinlich während der Lebensdauer in die Umwelt freigesetzt. Für das Abfallstadium lagen keine Daten vor.

### Beschichtungen für den Fahrzeugbau

Jahresverbrauch an Epoxidharzen (2013)	Menge an in die Umwelt freigesetztem BPA pro Jahr				
	Herstellung	Anwendung	Lebenszyklus	Abfall	Gesamt
27 600 t	max. 105 kg	max. 51 kg	max. 15 kg	nicht bestimmbar	> 171 kg

# ANHANG: Lebenszyklusstadien und die jeweilige Menge an freigesetztem BPA für Beschichtungen im Fahrzeugbau

