

Vollständiges Chemisches Recycling von Epoxylaserverbundstoffen

¹V. A. Zapol'skii, ²M. Müller-Gransee, ²F. Kolbe, ¹D. E. Kaufmann*

¹ Institut für Organische Chemie, Technische Universität Clausthal, Leibnizstr. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

² MPM Environment Intelligence GmbH, Bahnhofstr. 3a, 37539 Bad Grund (Harz), Deutschland

Start: Metall-Recycling aus elektron. Leiterplatten

Die Herausforderung: Zusätzliches Recycling der Epoxidharz-Matrix

- Rückgewinnung der *reinen* Monomere
- Rückgewinnung *neuwertiger* Fasern aus CFK- und GFK-Produkten

Der Additive Nutzen:

- Das Recycling von Windenergie-, Luftfahrt-, Automotive-, Elektrotechnik-, Sport- und Freizeit-Anlagen

Der Weg: Regionale Kooperation Industrie und Universität

- F&E-Projekte der Fa. MPM mit der TU Clausthal (IOC)

Das Ergebnis: Internationale Patentanmeldung

- „Method for complete recycling of fiber-reinforced epoxy composites“, WO 2020182484 A1

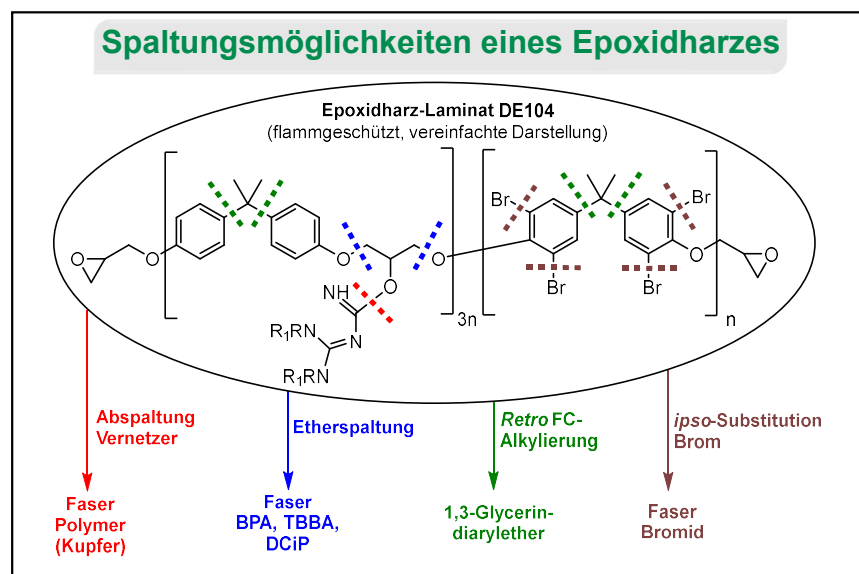
Chemisches Recycling Epoxidharz-Komposite

Reaktionsart

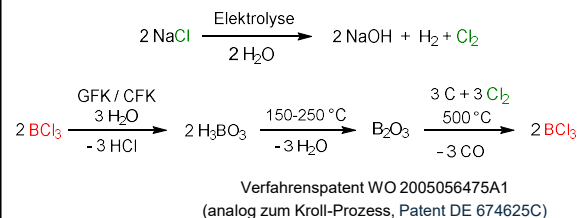
- Verbrennung Harz
- Oxidation
- Reduktion
- Hydrolyse
- Säurespaltung
- Basenspaltung
- Lewis-Säurespaltung

Resultat

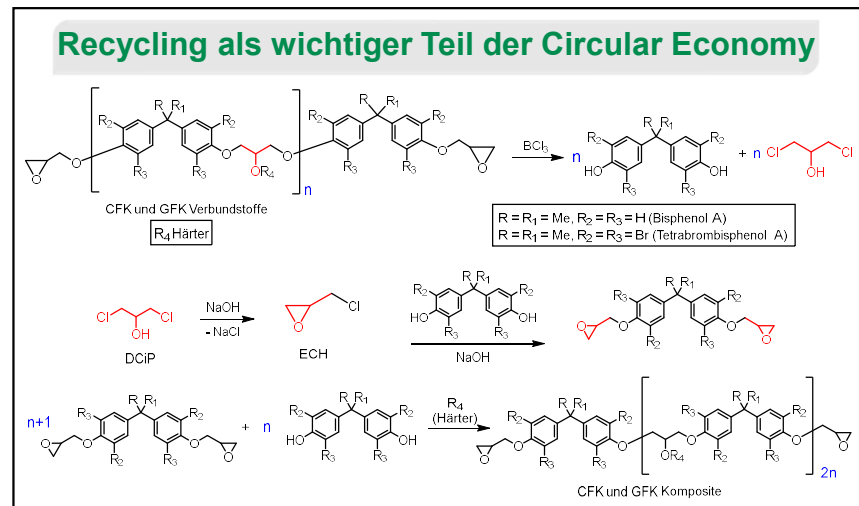
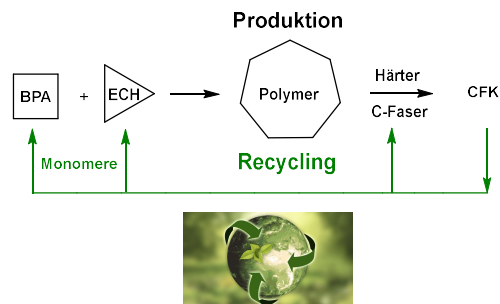
- großer CO₂ FA & Bldg. *canc. C-Fasern*
- *unselektiv*: falsche Oxidationsstufe
- *unselektiv*: falsche Oxidationsstufe
- *unselektiv*: hohe Reaktionstemperatur
- *unselektiv*: Eliminierung d. starke Säuren
- *unselektiv*: hohe Salzfracht
- *selektiv*: Spaltung zu BPA und DCiP



Rückgewinnung von Bortrichlorid



Der zirkuläre Gesamtprozess



Wirtschaftliche Kennzahlen

Mio. EUR	8 kt/a	16 kt/a	32 kt/a	48 kt/a
Produktionskosten	24.6	42.3	75.2	106.5
Umsatz	25.1	50.2	100.4	150.5
Gewinn brutto	0.5	7.9	25.2	44.1

Wirtschaftliche Kennzahlen bei verschiedenen Anlagenkapazitäten für die Chemieprodukte **ohne** Einbezug der Faservermarktung (Berechnung im Rahmen der Masterarbeit R. Röttgen / TH Köln)

Argumente für ein vollständiges Recycling mit BCl₃

- Eintopfverfahren zur vollständigen Spaltung von CFKs und GFKs in C- bzw. G-Fasern und Monomer bzw. Vorstufe unter milden T- und P-Bedingungen in guten Ausbeuten
- Ähnlich strukturierte Mehrkomponentenharzmaterialien (Epoxid, Styrol, Acrylester etc.) analog spaltbar
- Faserlängen derzeit bestimmt durch Reaktorgeometrie im Batchbetrieb, hohe Faserlängen (Aero) durch kontinuierliche Reaktionsführung
- Rückgewinnung der Fasern und Monomere in Neuwarenqualität, damit kein Downcycling der Komposite CFK und GFK
- Einsatz unterschiedlicher Materialien (aus Aero, Bau, Windenergie, Leiterplatten), unabhängig von Verunreinigungen durch Beimengungen (wie Kupfer)
- Vollständige Rückführung des Spaltungsreagenzes Bortrichlorid
- Zirkulärer Gesamtprozess
- Gewinnschwelle bereits ohne Einbeziehen der Faservermarktung ab 8 kt/a Materialeinsatz