

1 Leiterplatten, deren komplexe Materialverbundsysteme es stofflich zu recyceln gilt.

RECYCLING MIT WASSER ALS UMWELTFREUNDLICHE TRENN-TECHNOLOGIE – ÜBERBLICK ZUM STAND DER TECHNIK

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Elisa Seiler
Telefon +49 721 4640-354
elisa.seiler@ict.fraunhofer.de

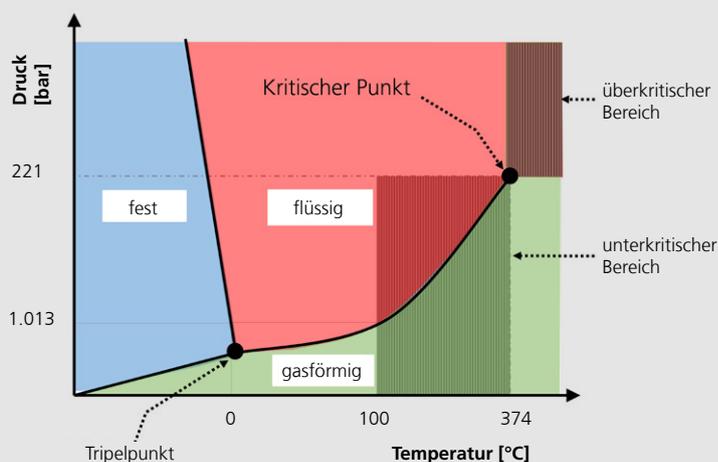
www.ict.fraunhofer.de

Hintergrund

Bei Verbundwerkstoffen kann zur Separation der organischen von den anorganischen Komponenten (zum Beispiel Carbon- oder Glasfasern, Metalle) die Solvolyse eingesetzt werden. Hierbei werden die organischen Komponenten der Materialverbundsysteme durch ein geeignetes reaktives Lösungsmittel in einem geschlossenen Reaktorsystem bei bestimmten Temperaturen und Drücken in kurzkettenige Bruchstücke bis hin zu Monomeren aber auch gasförmigen Produkten zersetzt. Die flüssigen Zersetzungsprodukte können im Nachhinein aufgearbeitet und zum Beispiel als Petrochemikalien wieder eingesetzt werden. Neben spezifischen organischen Lösemitteln kann auch Wasser als Lösungsmittel eingesetzt werden. In diesem Fall wird von Hydrolyse gesprochen. [1]

Wasser bietet als Reaktionsmedium den Vorteil, dass es ungiftig, umweltverträglich und kostengünstig ist. Nahe bzw. oberhalb des kritischen Punktes ($T=374\text{ °C}$, $p=221\text{ bar}$) hat es die Dichte einer Flüssigkeit, aber die Viskosität und damit die Fluideigenschaften eines Gases. Wasser im kritischen und überkritischen Zustand ist mit vielen organischen und anorganischen Stoffen vollkommen mischbar, das heißt es können auch Reaktionen durchgeführt werden, für die ansonsten organische Lösungsmittel eingesetzt werden müssten. Im kritischen Bereich kann die Dichte von Wasser leicht durch Druck und Temperatur verändert werden. Daher können im kritischen und im überkritischen Zustandsbereich unterschiedliche Reaktionsbedingungen verwirklicht werden, einerseits zur Durchführung von Reaktionen, andererseits zur Abscheidung von Reaktionsprodukten. [2]





Phasendiagramm von Wasser, welches über die Prozesssteuerung entscheidet.

Aktuelle Anwendungsfelder

Die Idee, komplexe Materialverbundsysteme wie zum Beispiel Leiterplatten mit Hilfe der Solvolyse bzw. Hydrolyse zu recyceln, wurde bereits seit Ende der 90-er Jahre [3,4,5] näher untersucht. Eine Skalierung hin zu einem Groß- bzw. Industriemaßstab wurde jedoch unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und Prozessbeherrschbarkeit oft nicht weiter verfolgt. [3] Auf der Suche nach einer stofflichen Recyclinglösung für glas- und carbonfaserverstärkte Kunststoffe, wie sie als High-Tech-Material unter anderem im Flugzeug- und Fahrzeugbau eingesetzt werden, rückte die Solvolyse bzw. Hydrolyse erneut verstärkt in den Fokus. [10] Vielfach wurde hierbei die Abtrennung der Harzsysteme mit Lösungsmitteln im unter- und überkritischen Zustand untersucht und erfolgreich nachgewiesen. [1,6,7,9] Die Resultate zur abgetrennten Wertstofffraktion wurden auch bei Arbeiten am Fraunhofer ICT als vielversprechend eingestuft. [8]

Fazit/Ausblick

Die Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass ein Recycling von Verbundwerkstoffen wie Leiterplatten oder carbon- und glasfaserverstärkte Kunststoffe mittels Wasser im unter- und überkritischen Zustand grundsätzlich möglich ist. Der Aspekt der Wirtschaftlichkeit ist mittlerweile entsprechend einer in den letzten Jahren veränderten Rohstoff- und Entsorgungssituation neu zu bewerten. Vor dem Hintergrund einer angestrebten und notwendigen Steigerung der Ressourceneffizienz ist die Technologieentwicklung des Verfahrens hin zu einem industriellen Maßstab unter ganzheitlichen Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu bewerten, was die Einbeziehung ökologischer Kenngrößen erfordert. Zur Identifizierung der effizientesten Lösungsalternative entlang des gesamten Lebenszyklus kommt im Rahmen des Projekts die Ökoeffizienzanalyse zum Einsatz. [11] Sie vergleicht die Hydrolyse gegenüber einer bisherigen Deponierung oder Verbrennung unter ökonomischen und zugleich ökonomischen Gesichtspunkten.

Projektübergreifend wird den beteiligten Unternehmen damit eine Bewertungsmethodik vorgestellt, die zur strategischen Entscheidungsfindung für unterschiedliche Lösungsalternativen herangezogen werden kann und die Identifizierung von Verbesserungspotentialen im Unternehmen ermöglicht.

Projektlaufzeit

April 2017 – Dezember 2017

Förderprogramm

Technologietransfer »Technologischer Ressourcenschutz«

Fördergeber

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

Quellen

- [1] Oliveux, G. (2015) Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties. *Progress in Materials Science* 72, pp. 61–99
- [2] Brunner, G. (2014) Jenseits von 374 °C – überkritisches Wasser. *Akademie Aktuell* 03-2014, S. 46-51
- [3] Jähne, S. (2000) Anwendung überkritischer Na₂O₂ zur Verwertung der Leiterplatten-Restfraktionen. In: *Wissenschaftliche Schriftenreihe des Fraunhofer ICT*, Bd. 30, Fraunhofer ICT, Pflintal
- [4] Chien, Y.-C. et al. (2000) Oxidation of printed circuit board wastes in supercritical water. *Wat. Res.* Vol. 34, No. 17, pp. 4279-4283
- [5] Xiu, F.-R.; Qi, Y.; Zhang, F.-S. (2013) Recovery of metals from waste printed circuit boards by supercritical water pre-treatment combined with acid leaching process. *Waste Management* 33, pp. 1251–1257
- [6] Nakagawa, T.; Goto, M. (2015) Recycling thermosetting polyester resin into functional polymer using subcritical water. *Polymer Degradation and Stability* 115, pp. 16-23
- [7] Liu, Y. et al. (2012) Chemical recycling of carbon fibre reinforced epoxy resin composites in subcritical water: Synergistic effect of phenol and KOH on the decomposition efficiency. *Polymer Degradation and Stability* 97 (2012), pp. 214-220
- [8] Dieterle, M.; Seiler, E. (2016) Ökoeffizienz-Analyse zur Bewertung unterschiedlicher CFK-Recyclingtechnologien. Fraunhofer ICT, Pflintal
- [9] Pinero-Hernanz, R. et al. (2008) Chemical recycling of carbon fibre reinforced composites in nearcritical and supercritical water. *Composites: Part A* 39, pp. 454-461
- [10] Goto, M. et al. (2010) Supercritical Water Process for the Chemical Recycling of Waste Plastics. 2nd International Symposium on Aqua Science, Water Resource and Low Carbon Energy: pp. 169-172
- [11] Kircherer, A. et al. (2007) Eco-Efficiency Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Costs via Normalization. Centre for Sustainability Management (CSM), International Journal of Life Cycle Assessment. Lüneburg, Ludwigshafen: ecomed publishers.