Factsheet „CFK-Recycling“

Zusammenfassung des Informationspapiers „Recycling und Verwertung von CFK“

Ausgangslage



Seit über 15 Jahren arbeitet die Faserverbundindustrie in Europa intensiv am Thema Recycling und Verwertung von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK), um CFK möglichst oft und hochwertig wiederzuverwenden bzw. für wertschöpfende Anwendungen zu recyceln. Ziel ist es, sowohl Fasern als auch Kunststoffmaterial für neue Anwendungen wiederzuverwenden. Der Fokus liegt primär auf Carbonfasern, da diese durch eine energieintensive Herstellung zumeist einen höheren Wert als der Kunststoff besitzen. Im Vergleich zu anderen Materialien sind die Mengen des zu recycelnden CFK aufgrund viel niedrigerer Produktionskapazitäten als z. B. Stahl oder Papier allerdings sehr gering. Aktuell fallen primär Produktionsreste an. End-of-Life (EoL) Abfälle sind aufgrund der hohen Langlebigkeit von CFK noch wenig vorhanden, werden aber in Zukunft zunehmen, vorrangig durch die Windindustrie. Diese ansteigenden Mengen sind eine Herausforderung, aber auch eine wichtige Voraussetzung für das Erreichen einer wirtschaftlich tragfähigen Kreislaufwirtschaft für CFK, für die ähnlich wie bei Stahl oder Papier, gewisse Mengen erforderlich sind.

Für CFK-Abfälle sind verschiedene Recycling- und Weiterverarbeitungsverfahren industriell etabliert. Die aktuell geringen Abfallmengen und unspezifische Abfallschlüssel verhindern eine hohe Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Verfahren. Steigende Stoffströme werden dies in Zukunft lösen und die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft ermöglichen.

Recycling und Verwertung von CFK – Status Quo

Wieder- bzw. Weiterverwendung

Eine direkte Wieder- bzw. Weiterverwendung erfolgt bisher nur in Einzelfällen, bietet aber die größten Mehrwerte und sollte daher gefördert und ausgebaut werden. Schon vor 20 Jahren wurden Recyclingverfahren industrialisiert und Anlagen aufgebaut, die bis heute betrieben werden [1, 2]. Ein weiteres Beispiel ist die Zusammenarbeit von Airbus mit der Firma Strehl Kinderreha- und Orthopädietechnik, die Carbon-Verschnittreste zu sehr leichten Orthesen für Kinder weiterverarbeitet [3-5].

Recycling

Industriell etablierte Verfahren zur Trennung von Fasern und Matrix zur Rückgewinnung sind:

a) Pyrolyse: Bei dem Verfahren wird die Matrix thermisch zersetzt und energetisch verwertet. Die zurückgewonnenen Fasern werden zu Lang- bis Kurzfaserprodukten weiterverarbeitet und in den Markt zurückgeführt. Dieses Verfahren ist seit über 10 Jahren industriell etabliert, z. B. durch Mitsubishi Chemical Advanced Materials (MCAM) GmbH [6] oder Gen2Carbon [7]. Die jährliche Gesamt-Recyclingkapazität durch Pyrolyse im Jahr 2019 betrug weltweit ca. 9.000 t [8]. Aktuell erfolgt ein Ausbau um weitere 10.000 t bei MCAM.
b) Solvolyse: Bei dem Verfahren wird die Matrix durch ein Lösungsmittel aufgelöst, so dass sowohl die Fasern als auch die Matrix zurückgewonnen werden können. Industrieller Anbieter ist z. B. Catack-H [9]. Die Firma Extracthive aus Frankreich hat die PHYre-Technologie entwickelt, ebenfalls eine Form der Solvolyse [10].

Folgende Produktformen können beispielsweise aus recycelten Carbonfasern hergestellt werden:

a) Carbonmehle und Fiberballs: Fasern werden zu losen oder in Fiberballs fixierten Mehlen verarbeitet.
b) Carbonpapiere: Fasern von 2 bis 10 mm können zu Papieren verarbeitet werden [11, 12].
c) Vliesstoffe: Fasern von 10 bis 100 mm können zu Vliesstoffen verarbeitet werden [13 - 16].
d) Garne: Fasern von 30 bis 120 mm können zu Garnen verarbeitet werden [17, 18], die heute schon ca. 80 % der Eigenschaften von Neufasern erreichen können [19].

Verwertung

Wenn ein Recycling nicht möglich ist, muss eine Verwertung erfolgen. Folgende Verfahren wurden großtechnisch erprobt, sind aber noch nicht etabliert, da zu wenig Abfallmaterial zur Verfügung steht:

Kontakt für Rückfragen / Anfrage Langfassung: **Dr. Thomas Heber** (thomas.heber@composites-united.com)

Stand: 11/2026

a) Calciumcarbid-Produktion: Es werden sowohl Fasern als auch Kunststoff stofflich verwertet [20].
b) Stahlschrott-Recycling: Fasern und Matrix werden teilweise stofflich, teilweise thermisch verwertet [21].

In beiden Verfahren ersetzen die CFK-Abfälle Primärrohstoffe wie Koks oder Kohle, die aktuell als Quelle für den benötigten Kohlenstoff dienen.

Aktuelle Herausforderungen

1) Zu geringe Abfallmengen: Aufgrund der aktuell geringen Abfallmengen sind Sammel-, Sortier- und Recyclingsysteme wenig effizient und oft nicht rentabel. Dies wird sich mit den steigenden Abfallmengen in den kommenden Jahren ändern.
2) Fehlende Abfallschlüssel: Zur Trennung und separaten Sammlung von CFK-Abfällen wären europaweit gültige Abfallschlüssel wichtig. Initiativen der europäischen Industrie und des europäischen Dachverbands EuCIA werden bislang von der EU-Kommission mit Hinweis auf zu geringen Mengen abgelehnt.

Fazit & Empfehlungen

Recycelte Carbonfaser-Produkte sind ökonomisch und ökologisch attraktiv. Ihre Preise starten bei ca. 1/3 des Preises von Neuware und ihr CO_2-Fußabdruck liegt nur bei ca. 20 % von dem von Neufasern. Durch die geringen Abfallmengen und resultierender mangelnder Skalierungseffekte bzw. Unsicherheiten bzgl. Materialverfügbarkeiten können diese Vorteile noch nicht in der Breite ausgespielt werden. Folgende Maßnahmen würden den Weg zu einer Kreislaufwirtschaft von CFK fördern:

1) Abfallschlüssel für CFK ermöglichen eine sortenreine Sammlung und ein hochwertiges Recycling.
2) Recyclingquoten können einen Wiedereinsatz oder eine hochwertige Verwertung forcieren, es müssen aber open-loop, also branchenübergreifende, Lösungen möglich sein.
3) Regelungen, die eine EU-weite Bündelung von Abfallströmen unkompliziert ermöglichen, um ein effizientes Recycling in Großanlagen zu ermöglichen.

Quellen

[1] Carbonfasern, Carl Hanser Verlag München 2019 ISBN: 978-3-446-45407-1
[2] https://www.carbonxt.de/de/
[3] T. Witte; “Composite recycling strategy and its first practical implementations at Airbus”, Composites Recycling Fachtagung in Stuttgart, 09.03.2017
[4] https://www.kreiszeitung-wochenblatt.de/buxtehude/c-wirtschaft/carbon-der-werkstoff-der-zukunft_a112396, Zugriff: 11.04.2025.
[5] Die Airbus Recycling Orthese, https://strehl-lab.de/die-airbus-recycling-orthese/ Zugriff: 11.04.2025.
[6] Mitsubishi Chemical Group – carboNXT. https://www.carbonxt.de, Zugriff: 11.04.2025.
[7] Gen2Carbon, https://www.gen2carbon.com/, Zugr.:11.04.2025.
[8] T. Witte, Entwicklung eines Verfahrens zur Weiterverwertung von Produktionsverschnitt aus unausgehärtetem Epoxidharz-Prepreg, Science-Report aus dem faserinstitut Bremen, Bd. 16, ISBN 978-3-8325-5512-2, 2022.
[9] Catack-H, https://catack-h.com/en/ , Zugriff: 11.04.2025.
[10] Extracthive, https://extracthive.eu/, Zugriff: 11.04.2025.
[11] S. Fuchs, Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 03MAI03D / MAI Recycling: Entwicklung ressourceneffizienter CFK-Recycling-verfahren und Prozessketten für die künftige Bereitstellung qualitativ hochwertiger rCF/-Halbzeuge / MAI Recycling, Dezember 2015.
[12] KOHPA GmbH, https://kohpa.de, Zugriff: 11.04.2025.
[13] S. Schlichter, Web BasedComposites – Potenziale vliesbasierter Verbundbauteile; Workshop „Carbon Composite Recycling“ des CCeV-Strategiekreises „Nachhaltigkeit“ am 31.07.2017.
[14] F. Manis, Fraunhofer IGCV, Potentiale, Trends und zukünftige Möglichkeiten für das Recycling von Faserverbundmaterialien, Präsentation im Rahmen des CU-Formats Webseminar Wednesday, veröffentlicht als Video auf YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=ndsRgEgipiU, Zugriff: 11.04.2025.
[15] Abschlussbericht MAI CC4 CaRinA – Carbonfaser Recyclingwerkstoffe für industrielle Anwendungen, https://doi.org/10.24406/igcv-n-638882, August 2021.
[16] G. Stegschuster, Analyse des Kardierverfahrens zur Herstellung von Carbonfaservliesstoff als Verstärkungstextil für Faserverbundwerkstoffe, Series: Textiltechnik 978-3-8440-7999-9, May 2021
[17] I. Sigmund, Verarbeitung von rCF zu strangförmigen Produkten; Workshop „Carbon Composite Recycling“ des CCeV-Strategiekreises „Nachhaltigkeit“ am 31.07.2017.
[18] Abschlussbericht AIF CarboYarn, Projekt-Nr. 19814, 2019
[19] 100% Recycled Cf Spun Yarn and Applied Products, German Design Council, https://www.german-innovation-award.de/en/winners/preis/gewinner/100-recycled-cf-spun-yarn-and-applied-products, Zugriff: 11.04.2025.
[20] P. Quicker, J. Stockschläder et al., Möglichkeiten und Grenzen der Entsorgung carbonfaserverstärkter Kunststoffabfälle in thermischen Prozessen. TEXTE 00/2019, Abschlussbericht, Umweltbundesamt, April 2020.
[21] Projekt MAI CF-Pyro, Stofflich-energetische Verwertung von carbonfaserhaltigen Abfällen in der Pyrometallurgie, https://composites-united.com/projects/mai-cf-pyro/, Zugriff: 11.04.2025.