

# Technologieentwicklung zur Gewinnung von Sekundärgraphit aus rezyklierten Kohlenstofffasern

## Graphit 2.0

**Projekt:** Technologieentwicklung zur Gewinnung von Sekundärgraphit aus rezyklierten Kohlenstofffasern (Graphit 2.0)

**Laufzeit:** 01.06.2015 bis 30.05.2018

**Gesamtprojektkosten:** 179.999,64 €

**Davon Förderung:** 179.999,64 €

Graphit ist ein bekannter Rohstoff, welcher unter anderem bei der Herstellung von Bleistiften eingesetzt wird. Aber auch in der Hightech-Industrie ist Graphit ein beliebtes und gleichzeitig seltenes Mineral, welches nahezu vollständig aus Drittländern nach Europa importiert wird. Für die deutsche Wirtschaft bedeutet dies innovative Technologien zur Substitution von Graphit zu entwickeln, um so das Angebot des wirtschaftsstrategischen Rohstoffes in Deutschland zu erhöhen.

Das Forschungsprojekt Graphit 2.0 hat ein Verfahren zur Rückgewinnung von Carbonfasern entwickelt, welches den Einsatz als Graphit-Substitut für die Anwendung in Speichertechnologien ermöglicht.

## Ziele

Das Forschungsvorhaben Graphit 2.0 zielte darauf ab, ein Verfahren zur Gewinnung von Sekundärgraphit aus Kohlenstofffaserabfällen zu entwickeln und dessen Anwendung in Energiespeichermedien zur Substitution von natürlichem und synthetischem Graphit zu ermöglichen. Gleichzeitig sollte durch grundlegende Forschung zur Aufbereitung, Energieeffizienz in der Herstellung und Material-Charakterisierung das Potenzial zur Ressourceneffizienzsteigerung in einer Vielzahl von Branchen sowie für Primärrohstoffe aufgezeigt werden.

## Projektverlauf

Mit Start des Projektes wurde bei dem Projektpartner aus der Industrie, Dieffenbacher GmbH Maschinen und Anlagenbau, in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner aus der Wissenschaft, Fraunhofer ICT, mit der mechanischen Aufbereitung des zu entwickelnden Verfahrens begonnen. Dabei ist die mechanische Aufbereitung ein notwendiger Schritt in der Rückgewinnung von Rohstoffen. Erste Versuche mit carbonfaserhaltigen Abfällen im Technikum der TH Nürnberg an der vorhandenen Schneid- und Pendelschlagmühle dienten dabei zur Identifikation der Parameter für die Zerkleinerungsanlage (Prallreaktor) des Industrie-Projektpartners. Zunächst wurden verschiedene Prozessparameter wie Geschwindigkeit, Siebgröße und Prallgeometrie untersucht und erste Zerkleinerungen von Carbonfasergerüsten durchgeführt. Die Bewertung des zerkleinerten Materials zur Eignung für eine weitere Verarbeitung erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt. Bei den Versuchen wurde jedoch deutlich, dass, trotz einer Kapselung

## Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Teipel

Fakultät Verfahrenstechnik

Technische Hochschule Nürnberg

Georg Simon Ohm

der Maschine und Absaugung über einen Zyklon, der Austrag von Carbonfaserstaub nicht unterbunden werden kann. Da die Leitfähigkeit des Staubes eine Gesundheitsgefährdung für die Mitarbeiter darstellt, wurde beschlossen, eine rundum geschlossene Containerlösung zu entwickeln. Bei erneuten Versuchen kam es durch die Staubentwicklung allerdings zu einem Ausfall der Anlagentechnik, was erneute Verzögerungen in der Bereitstellung von zerkleinerten Kohlenstofffasern hervorrief. Nachdem weitere Sicherheitsmaßnahmen ergriffen wurden, konnten weitere Versuche mit der Containerlösung durchgeführt werden. Hierfür wurden zum einen Faserproduktionsabfälle und zum anderen ausgehärtete carbonfaserverstärkte Kunststoff-Bauteile (CFK) mechanisch aufbereitet. Die im Labormaßstab identifizierten Anlagenparameter wurden dann auf die großtechnische Anlage übertragen. Anhand der Versuche konnte bestätigt werden, dass bei trockenem Faserabfall eine Trennung zwischen Polyesterfäden und Carbonfasern möglich ist – die Fäden aus Polyester verbleiben im Prallraum. Bei dem ausgehärteten CFK-Abfall war es möglich, zwei für eine Verwertung interessante Fraktionen zu erzeugen. Zum einen konnten faserförmige Bruchstücke, die den Erhalt der Faserlänge bestätigen, erzeugt werden und zum anderen auch sehr kleine Partikel, die für eine Verarbeitung in Brennstoffzellen, in Form einer Bipolarplatte, geeignet sind.

Im weiteren Projektverlauf wurden für die Rückgewinnung von Kohlenstofffasern im Rahmen der thermischen Zerkleinerung mittels Mikrowellenpyrolyse CFK-Platten hergestellt. Hierbei wurden Optimierungen durchgeführt. Im ersten Schritt wurde ein Temperaturmesssystem für den Mikrowellenprozess entwickelt. Anschließend folgten Parameterstudien zur vollständigen Matrixentfernung. Im Anschluss an die Untersuchungen zur Zersetzung chemischer Verbindungen (Pyrolyse) mittels Mikrowellenstrahlung folgte eine Analyse zur Eignung von Mikrowellenstrahlung und Induktion für die Graphitisierung von Kohlenstofffasern. Ziel war es, eine Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit von rezyklierten Kohlenstofffasern zu realisieren. Die Messungen erfolgten dabei mittels Röntgenbeugung. Die freigelegten Kohlenstofffasern wurden dann charakterisiert und die zugehörigen Zerkleinerungsprozesse untersucht, um diese für die spätere Einarbeitung in Kunststoffe zu identifizieren und anzupassen. Die Arbeiten orientierten sich dabei unter Anbetracht der Projektziele sehr nah an der Department of Energy (DOE), welche die Bedingungen von Bipolarplatten für den Einsatz in Brennstoffzellen festlegt.

Im zweiten Teil des Projektes konnten verschiedene Materialien für den Einsatz in einer Redox-Flow-Zelle sowie in einer

Brennstoffzelle untersucht werden. Zur Bewertung des Materials als Graphit-Ersatzstoff erfolgte eine umfassende Charakterisierung der Partikelgröße, Oberfläche und Kristallstruktur. Die Bipolarplatte mit Sekundärmaterial im Prototypenwerkzeug konnte dann erfolgreich hergestellt werden. Die Untersuchungen zur Anwendung der graphitisierten und pyrolysierten Kohlenstoffasern als Bipolarplattenmaterial wurde vom Fraunhofer ICT und einem weiteren Projektpartner aus der Industrie, der Firma Eisenhuth, durchgeführt. Die hergestellten Musterplatten wurden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und dem Anteil an Sekundärgraphit variiert und anschließend auf ihre mechanische und chemische Eignung geprüft. Zur Validierung der Ergebnisse in bauteilnaher Umgebung wurde das hergestellte Material abschließend auch in Systemen der Brennstoffzelle und in einer Redox-Flow-Batterie getestet.

## Ergebnisse

Mit den im Projekt gewonnen Erkenntnissen ist es nun möglich, maßgeschneiderte und rezyklierte Materialien wie etwa Sekundärgraphit aus Kohlenstoffabfällen für den Einsatz in Flow-Batterien und Bipolarplatten herzustellen (siehe Abbildung 1). Dies steigert die Konkurrenzfähigkeit dieses Batterietyps gegenüber herkömmlichen Batterien und treibt zudem die Kommerzialisierung dieser voran. Darüber hinaus tragen die im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeiteten Grundlagen und Konzepte im Bereich der mechanischen und thermischen Aufbereitung von faserverstärkten Kunststoffen erheblich zur Effizienzsteigerung in der Wertschöpfungskette von Nachfolgeprojekten sowie in den Produktionsketten von graphitverarbeitenden Industrieunternehmen bei.



Abb.1: Bipolarplatte aus ternären Material-Compound

Die Ergebnisse des Projektes dienen den Projektpartnern als Grundlage für die stoffliche Verwertung von Kohlenstoffasern. Die Frage, ob sich ein Sekundärmaterial aus Kohlenstoffasern als Substitut für Graphit in Bipolarplatten eignet,

Projektleiter  
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Teipel  
Telefon: 0911/ 5880-1417  
E-Mail: ulrich.teipel@th-nuernberg.de

Fakultät Verfahrenstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm

[www.th-nuernberg.de](http://www.th-nuernberg.de)

konnte anhand der gewonnenen Ergebnisse eindeutig bestätigt werden. Diese bilden aus wissenschaftlicher Sicht die Basis für weitere Untersuchungen zur Verwertung von kohlenstofffaserhaltigen Materialien – was sowohl für die Recyclingbranche wie auch für zukünftige Technologien zur Energiespeicherung von großer Bedeutung ist.

Darüber hinaus konnten mit Graphit 2.0 weitere Vorteile für die Industrie erzielt werden:

- wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung und Anwendung innovativer Recyclingverfahren sowie die Anwendung von Sekundärrohstoffen
- verfahrenstechnische Grundlagen für die Weiterentwicklung der verwendeten Aufbereitungsanlage
- Sicherheitstechnik kann auf andere Materialien sowie auf spezielle Kundenanfragen übertragen werden
- entwickelte Containerlösung zur Verwertung von kohlenstofffaserhaltigen-Bauteilen konnte auf den Markt gebracht werden
- neue Rohstoffquelle für Graphiterzeugnisse, dank erfolgreicher Fertigung rezyklierter Bipolarplatten

## Fördergeber



## Projektpartner aus der Wissenschaft



## Projektpartner aus der Industrie

Dieffenbacher GmbH Maschinen und Anlagenbau  
Eisenhuth GmbH & Co. KG  
HADEG Recycling GmbH