BReCycle

KREISLAUFWIRTSCHAFTSKONZEPT FÜR BRENNSTOFFZELLEN

Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS





Schwerpunkte des Fraunhofer IWKS



Recyclingtechnologien und Modellierung



Bioökonomie

Stoffstrommanagement zur Steigerung der Ressourceneffizienz; Sekundärwertstoffe, Trenn- und Sortiertechnologien Biogene Rohstoffe, Plasmalyse, Wasserstoff, Carbon-Nanotubes, Bioinspirierte Membranen





E-Mobilität

Chemische Energiewandler: Batterien, Electrolyser, Brennstoffzellen und Superkaps aus Rezyklaten (Recycling-Präkursoren), Recycling E-Fahrzeuge



Magnetwerkstoffe

Produktion von Hochleistungspermanentmagneten aus Rezyklaten im Technikumsmaßstab, 4D Druck mit Rezyklaten



Projektübersicht

- Titel: BReCycle Kreislaufwirtschaftskonzept für Brennstoffzellen
- Laufzeit, Projekt-/Fördervolumen: 15.03.2020 14.03.2023, 1,85 Mio € / 1,30 Mio €
- Förderprogramm: 7. Energieforschungsprogramm "Innovationen für die Energiewende" des BMWi
- Projektträger: PTJ
- Ziele:
 - Entwicklung eines effizienten Verfahrens zur Aufbereitung von Brennstoffzellen zur Generierung hochwertiger
 Materialfraktionen insbesondere aus den Elektrodenbeschichtungen
 - Verbesserung der Recyclingfähigkeit (Design for Circularity)
 - Forcierung des Einsatzes von Sekundärwertstoffen
- Projektpartner:









Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

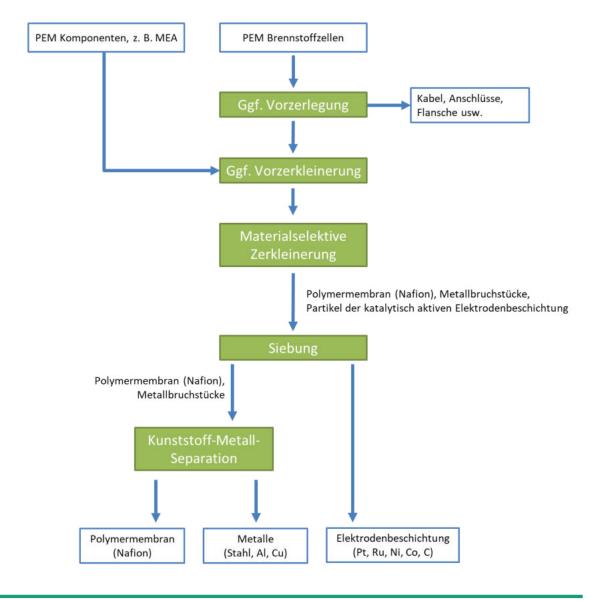






Projektstruktur und Verfahrenskonzept

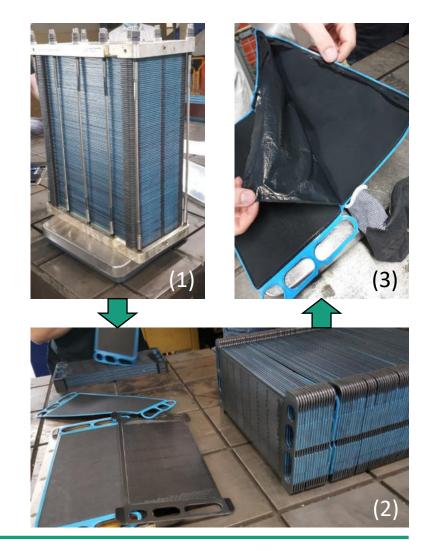
AP1 - Machbarkeitsstudie AP2 - Prozesskette für die Verwertung von Brennstoffzellen **Projektleitung** AP3 - Sammelkonzept für AP4 - Wirtschaftlichkeits-Brennstoffzellen aus betrachtung und AP0 - I stationären und mobilen Energiebilanzierung Anwendungen AP5 - Circular Economy Geschäftsmodelle für die Brennstoffzellenindustrie





Vorzerlegung: Stackdemontage und Zellvorbereitung

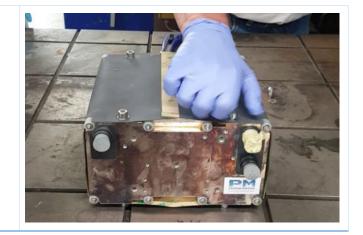
- Brennstoffzellenstacks vom Projektpartner Proton Motor
- Verschiedene Größen bis 120 Zellen und 570 cm² Zellfläche
- Demontage:
 - Entspannen der Stacks durch Lösen der Schraubverbindung (Bild 1)
 - Entfernen der Endplatten und Trennung der Zellen und Bipolarplatten (Bild 2)
 - Optional Trennung der Zellen in MEA (mitte) und GDL (außen mit blauer Dichtung, Bild 3)
- Dauer der Zerlegung: ca. 10 Minuten
- 1 Zelle enthält 0,1 0,5 g Pt (je nach Größe)





Zerlegung 48er Brennstoffzellen Stack (1)

1 Abdeckung entfernen



2 Zuganker entfernen

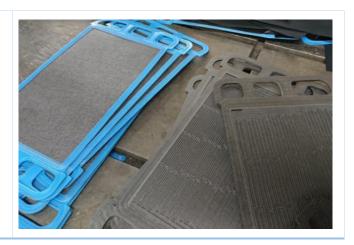


3 Endplatten entfernen

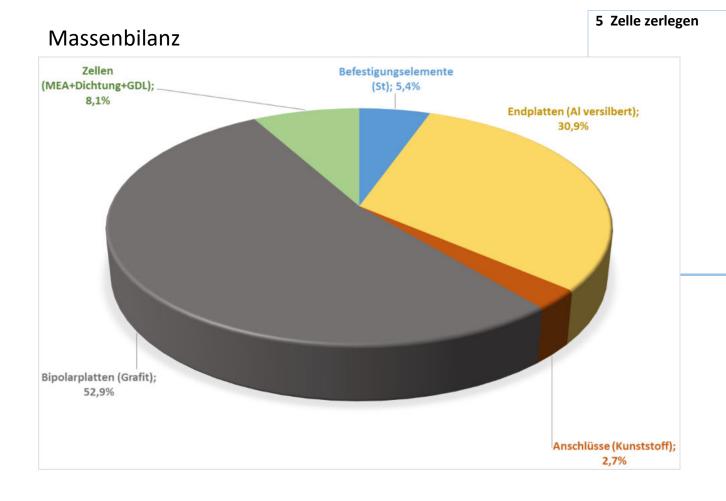


4 Stacks trennen:

- Zellen (links)
- Bipolarplatten (rechts)



Zerlegung 48er Brennstoffzellen Stack (2)



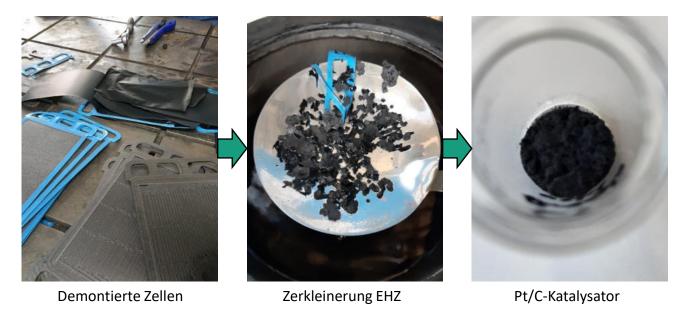


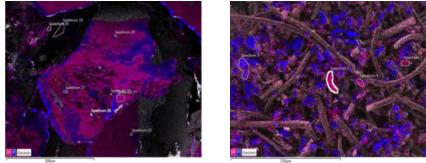
MEA = Membran-Elektroden-Einheit GDL = Gasdiffusionslage



Versuche mit der Elektrohydraulischen Zerkleinerung

- Zerkleinerung der Zellen und Auftrennung in Katalysatorbeschichtung (Pt/C), MEA und GDL in der EHZ
- Abtrennung des Pt/C als Feinfraktion mittels
 Nasssiebung (630 μm)
- Herausforderungen:
 - Reste von MEA und GDL in Feinfraktion
 - Rückgewinnungsrate von Pt





REM-EDX der Feinfraktion mit MEA (links, 1200 μ m) und GDL (rechts, 900 μ m) nach EHZ, pink: Pt (Katalysator), violett: F (aus Nafion, PTFE)



Status und nächste Schritte

- Optimierung und weitere Trennmethoden
 - Mechanische Verfahren:
 - EHZ (ImpulsTec-Technologie)
 - Stoßwellentechnik (KLEIN-Technologie)
 - Kryovermahlung
 - Organische Lösemittel
 - Biologische und chemische Verfahren
 - Bioleaching
 - konz. Salzsäure
 - Cyanide

- Weitere Fragestellungen
 - Einfluss der Degradation der Zellen während des Betriebs auf die Platinverteilung
 - Vorbehandlung der Stacks alternativ zur manuellen Demontage
 - Zerlegung mittels Roboter? Wasserstrahlschneiden?
 - Shreddern des gesamten Stacks und Separation der MEA mittels Windsichtung o.ä.
 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Verfahren = f (Stückzahl/Jahr)



Rücklauf von Alt-Brennstoffzellen und deren Komponenten

kurzfristig, mittelfristig, langfristig



Produktionsstandorte für Brennstoffzellen/ -systeme Produktionsstandorte für Produkte mit Brennstoffzellenantrieb (mobile und stationäre Anwendungen)

Servicestandorte für stationäre Anwendungen (zentral oder dezentral?)

Servicestandorte für mobile Anwendungen

- Vertragswerkstätten/ freie Werkstätten Lkw
- Vertragswerkstätten/ freie Werkstätten Pkw
- Gebrauchtteilecenter der Hersteller
- Betriebe, die defekte Brennstoffzellen aufarbeiten

Betriebe für Anlageninstallation
Betriebe für Anlagenrückbau
Zertifizierte Altfahrzeugverwerter
Entsorgungsfachbetriebe für Elektroaltgeräte



Recycling von Brennstoffzellen - Ausblick

Die **Nachfrage nach Platin** wird steigen - bereits heute sind Fahrzeuge die größte Anwendung von Platin

→ globale Produktion von Platin in 2013: 272t, 36% für Produktion von Katalysatoren

Gesamtnachfrage nach Platin für BSZ-Anwendungen wird voraussichtlich aufgrund des Umsatzanstiegs wachsen, aber:

- Steigerung der verkauften Brennstoffzellen-Leistung von 2030 bis 2040 um etwa Faktor 8
- Steigerung des resultierenden Platinbedarfs jedoch nur um Faktor 5.

Quelle "Antrieb im Wandel – Auswirkungen der Brennstoffzellentechnologie auf den Maschinen- und Anlagenbau und die Zulieferindustrie" (VDMA, FVA, FVV, FEV: Juni 2020)

Platingehalt PKW Brennstoffzelle \rightarrow ca. 30g (Quelle: https://www.solarify.eu/2019/10/02/338-forscher-halbieren-platinbedarf-von-brennstoffzellen/)

Platingehalt PKW 3-Wege-Kat → ca. 2g (Quelle: Fa. Mairec)



Platin aus Kat-Recycling kann steigenden Platin-Bedarf für BSZ nicht kompensieren



Projekt leistet einen signifikanten Beitrag zur Generierung von Platin-Konzentraten aus Alt-Brennstoffzellen



Das Leistungszentrum GreenMat4H₂

Grüne Materialien bilden die Basis für eine nachhaltige Wasserstoffökonomie!

- Wir erforschen und entwickeln "grüne" Werkstoffe und Technologien zur sicheren Herstellung, Speicherung, Transport und Nutzung von Wasserstoff und für die Umstellung bestehender Strukturen auf Wasserstoffanwendungen
- Ziele: Eine nachhaltige und zuverlässige Wasserstoffwirtschaft in Hessen; Stärkung von Hessen als Hochtechnologieland
- Unser Anspruch: Zentrale Anlaufstelle für die Wasserstoff-Wirtschaft im Rhein-Main-Gebiet sowie darüber hinaus; Materialkreisläufe der H₂-Wirtschaft nachhaltig schließen



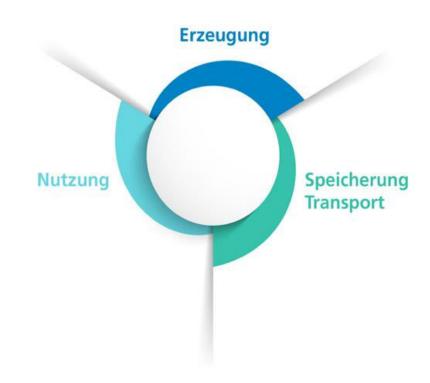




Das Leistungszentrum GreenMat4H₂

Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte

- Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Wasserstoff
 - Erzeugung
 - Speicherung / Transport
 - Nutzung
- Entwicklung, Design und Untersuchung nachhaltiger Materialien für Wasserstofftechnologien
- Entwicklung skalierbarer Prozesstechnologien
- Überführen der Werkstoffe in Anwendungen für eine nachhaltige Mobilität
- Aufbau und Betrieb eines Open Lab/Testlabs für nachhaltige Wasserstofftechnologien
- Ausbildung hochqualifizierter Arbeitskräfte
- Fokus auf Technology-Readiness-Level 4-7







FRAUNHOFER IWKS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!



