

Rückbau von Windenergieanlagen Markt und Technologie

Dipl.- Ing. Elisa Seiler

Fraunhofer-Institut für
Chemische Technologie (ICT)

Pfinztal bei Karlsruhe

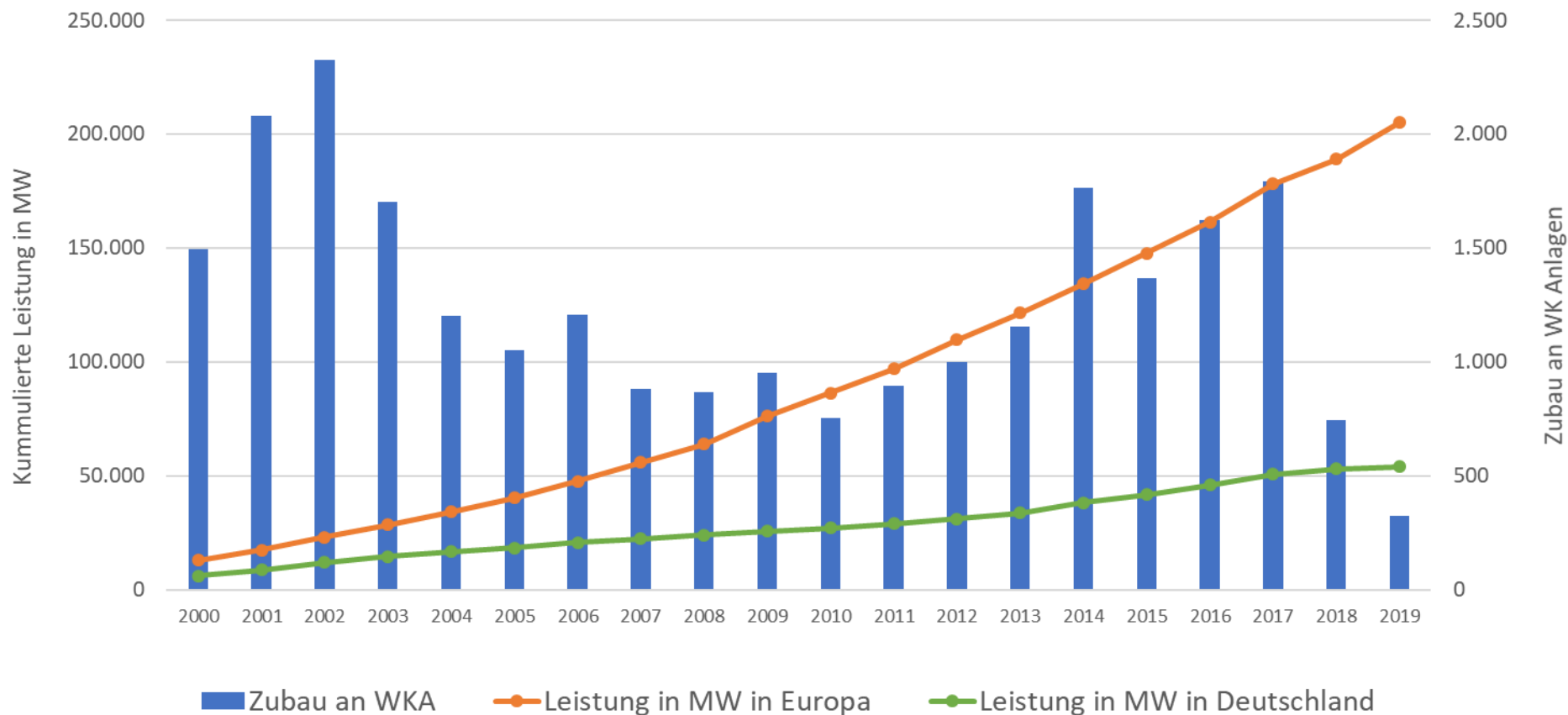
Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen in M-V
Rostock, 1. Oktober 2020

© Fraunhofer ICT





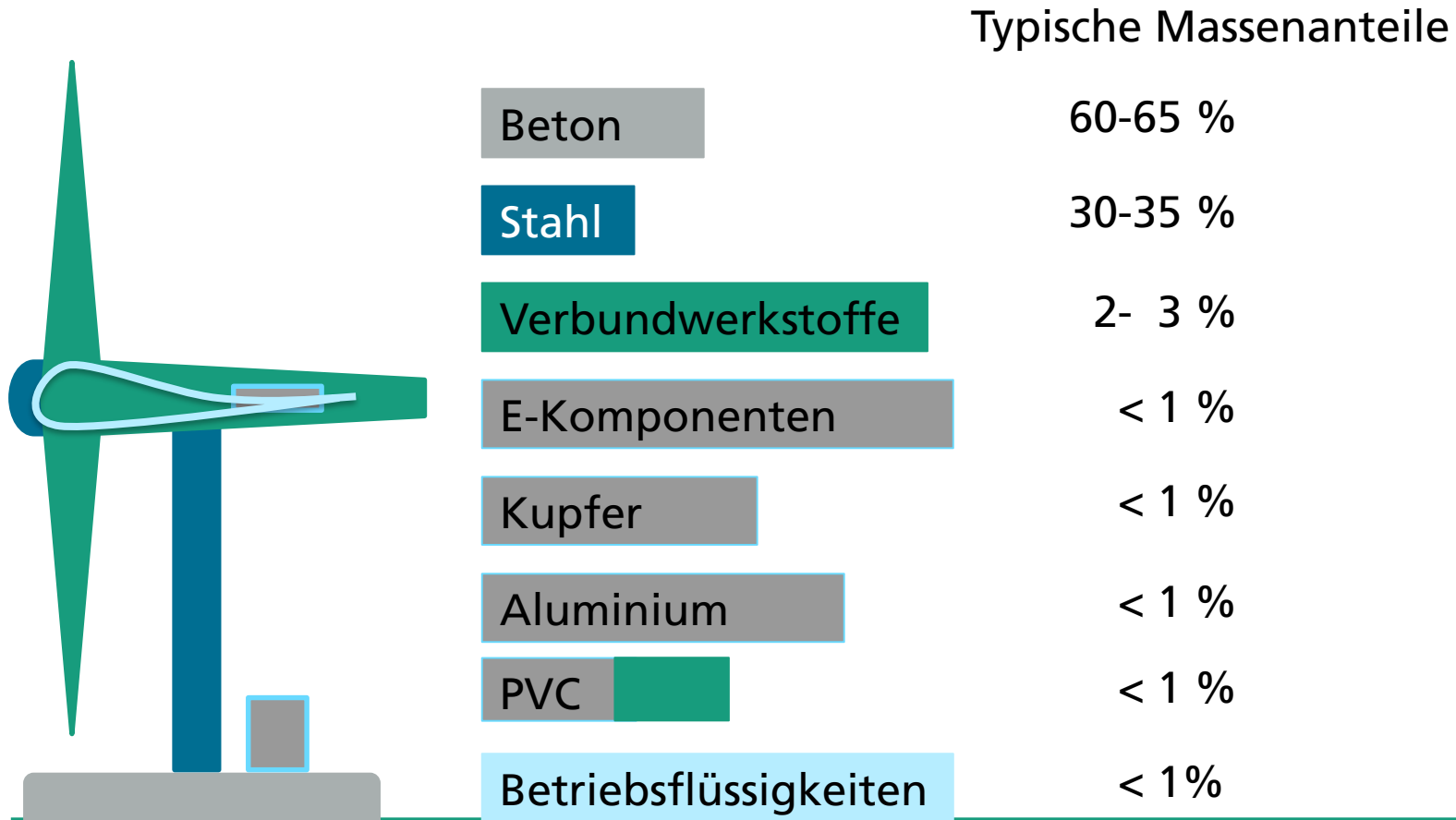
- Entwicklung der installierten Leistung in Europa und Deutschland im Vergleich
- Zubau Onshore Anlagen in Deutschland auf 29.456 WKA + 1.469 Offshore WKA (Ende 2019)



Quelle: Deutsche Windguard GmbH, WindEurope

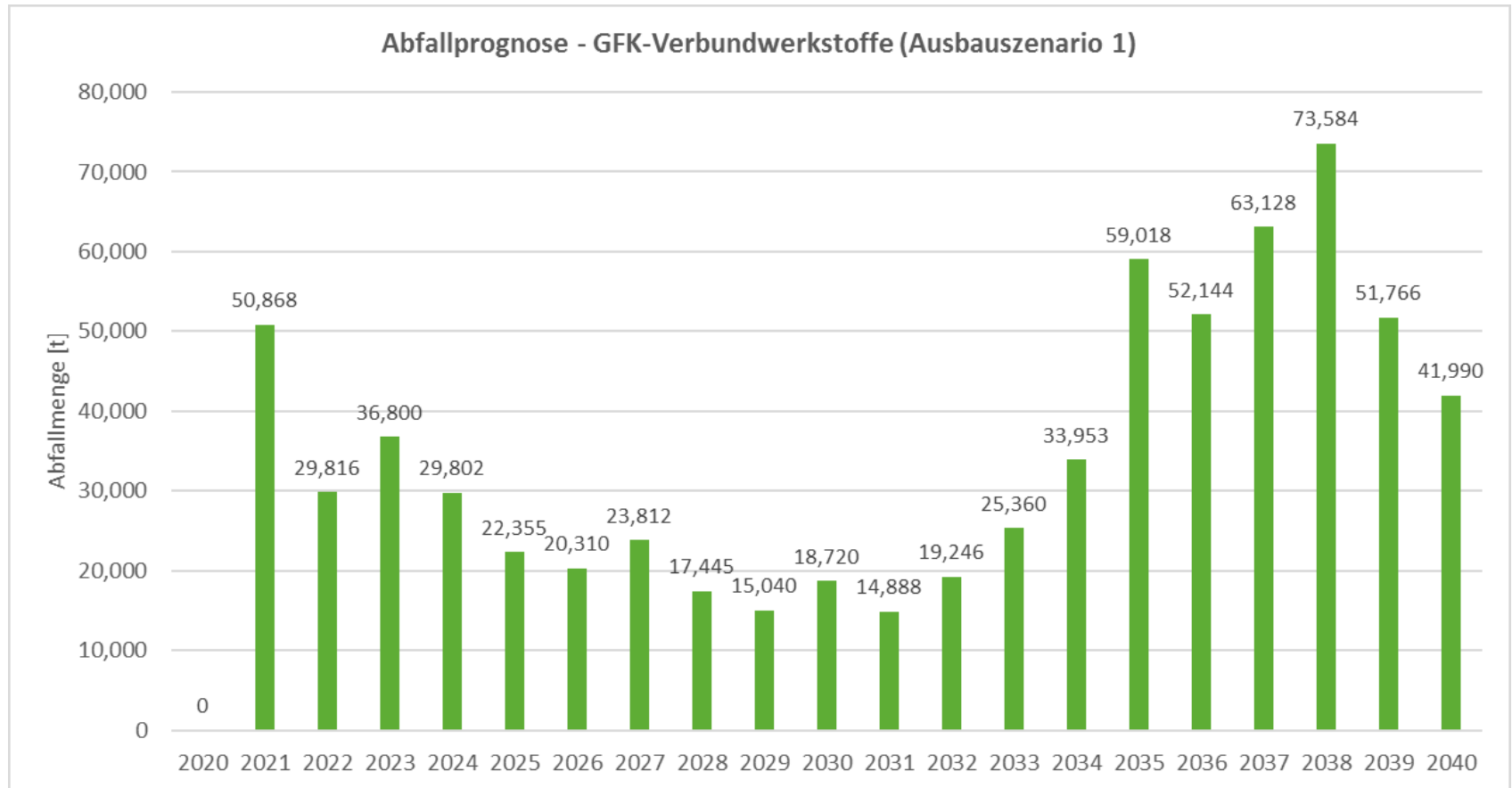


- Unterschiede im Anlagetyp (mit/ohne Getriebe; Stahlrohrturm, Hybridturm oder Gittermastturm)
- Unterschiede in Materialzusammensetzung Verbundwerkstoffe (GFK, CFK, Kernwerkstoffe (Balsa, Kunststoff))





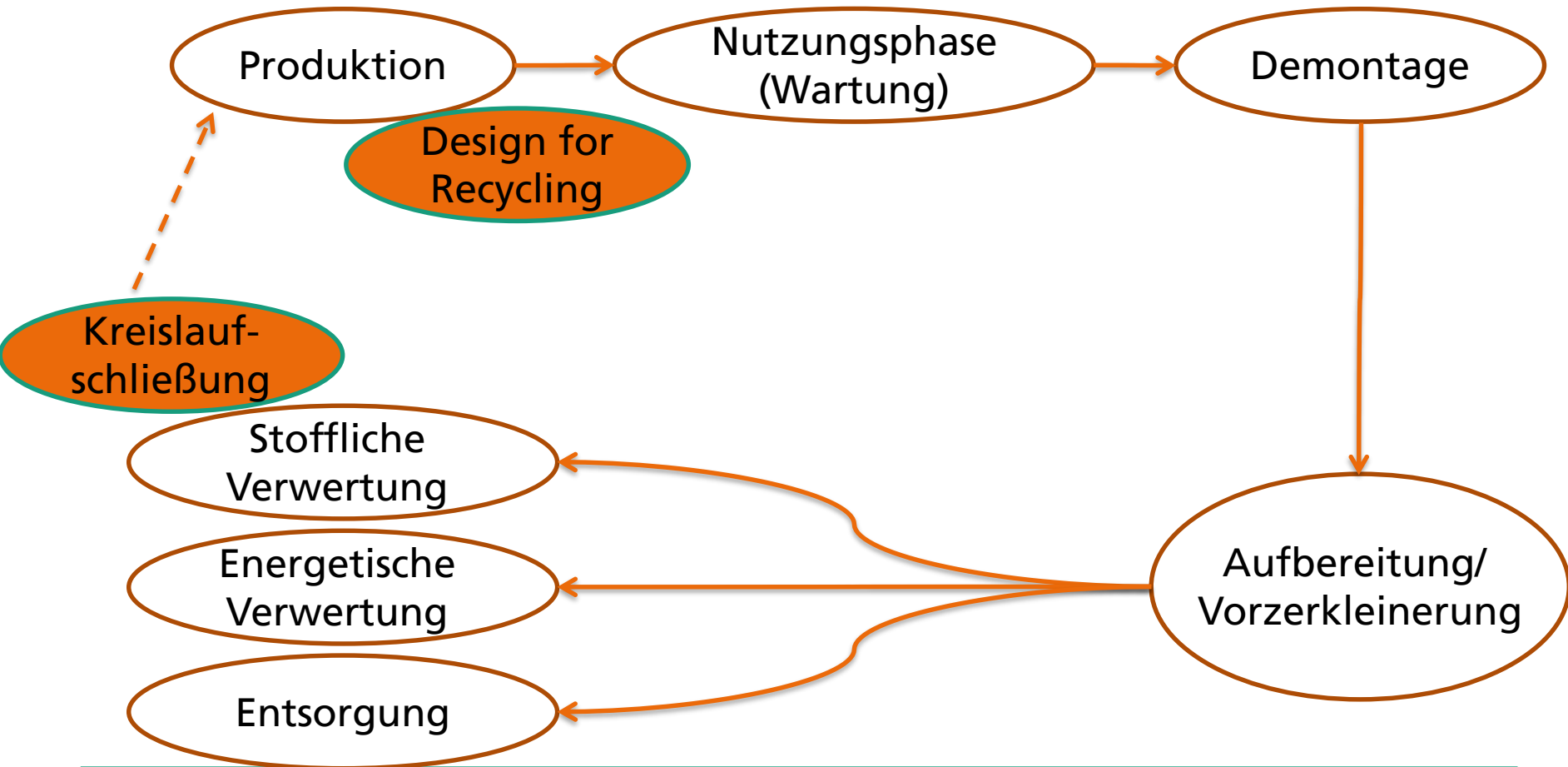
- Nur wenig Informationen zum genauen Materialeinsatz (CFK)
- CFK nur vereinzelt bei Rotordurchmesser ab 88m (10%) bis zu 20% bei 120m



Quelle: Ramboll, UBA Texte 117/2019



➤ Schließung von Stoffkreisläufen zur Ressourcenschonung





- Etablierte Stoffströme kein Problem in der Verwertung/ Entsorgung, Bedenken bestehen noch bei den Verbundwerkstoffen (Kapazitäten in D, Sicherheitsaspekte)
- Unterschiedliche Angabe an für die Kosten von 16.000€ (0,6MW Anlage) bis zu 180.000€ für 3MW Anlagen

Beton Stoffliche Verwertung z.B. Untergrundverfüllung

Stahl/Eisenmetalle Stoffliche Verwertung durch schmelzmetallurgische Recyclingtechnik

Verbundwerkstoffe Stoffliche und stofflich/ energetische Verwertung

E-Komponenten Stoffliche und stofflich/ energetische Verwertung

Kupfer
Aluminium } Stoffliche Verwertung durch metallurgische Recyclingtechnik

Betriebsflüssigkeiten Energetische Verwertung

Quelle: Ramboll, UBA Texte 117/2019



- Stand der Technik und Forschung entlang der Wertschöpfungskette

Produktion

Design for
Recycling



- Neue Materialien und Designs für Rotorblätter
- EU Projekt WALiD (10 Projektpartner von 6 europäischen Ländern)
 - Ganzheitlicher Ansatz für die Fertigung von Rotorblättern mit thermoplastischen Materialien
 - Herausforderungen in der Auswahl der Rohstoffe, Prozesstechnologie und dem Rotorblattdesign
- EU Projekt ZEBRA (Zero waste Blade Research) von IRT Jules Verne u.a. mit Arkema, Suez, LM Wind Power, Owens Corning)
 - Design und Fertigung eines 100% recyclingfähigen Rotorblatts



- Stand der Technik und Forschung entlang der Wertschöpfungskette

Demontage

- DIN SPEC 4866 → Folgevortrag Frau Nüsslein RDR Wind e.V.
- Technologien am Markt etabliert (Wasserstrahl, Sägen etc.)
- Ziel der Demontage:
 - Genehmigungsfreier Transport
 - Abtrennung von Stör- und Wertstoffen
- Besondere Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten
 - Zugänglichkeit (Offshore, Berge, Wälder)
 - Emissionsbelastung
- Vorträge nach der Mittagspause → Rückbaukonzept und Zerlegung



➤ Stand der **Technik** und Forschung entlang der Wertschöpfungskette

Demontage



Sägetechnologien



Wasserstrahlschneiden



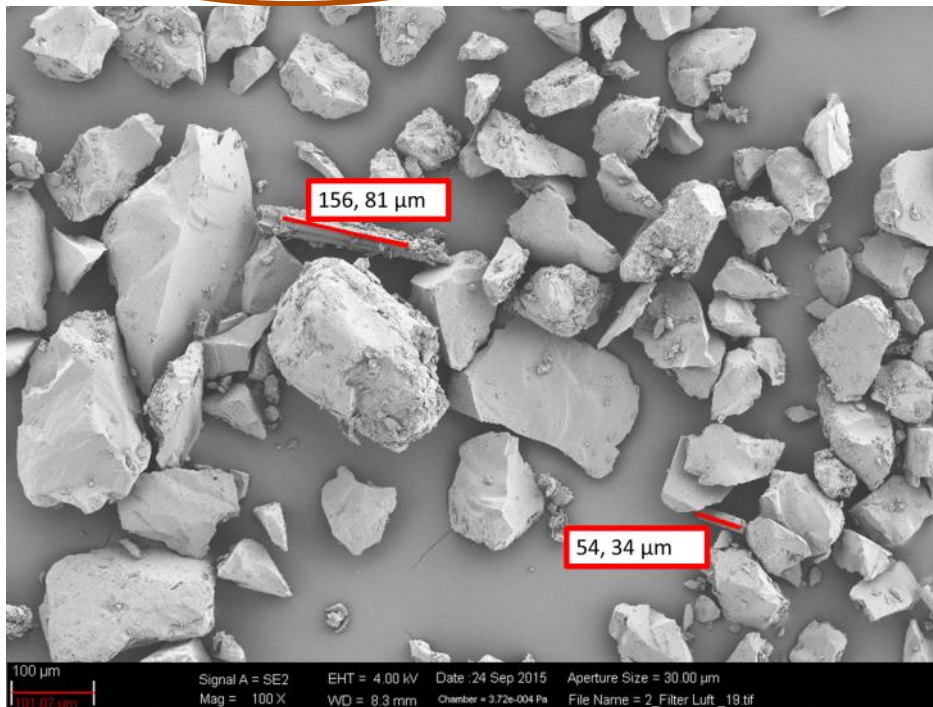
- Wirtschaftlichkeit → neue Geschäftsmodelle
- Sicherheit → Belastungen vor Ort (Nano4Care Projekt)
- Recycling → materialspezifische Zerlegung



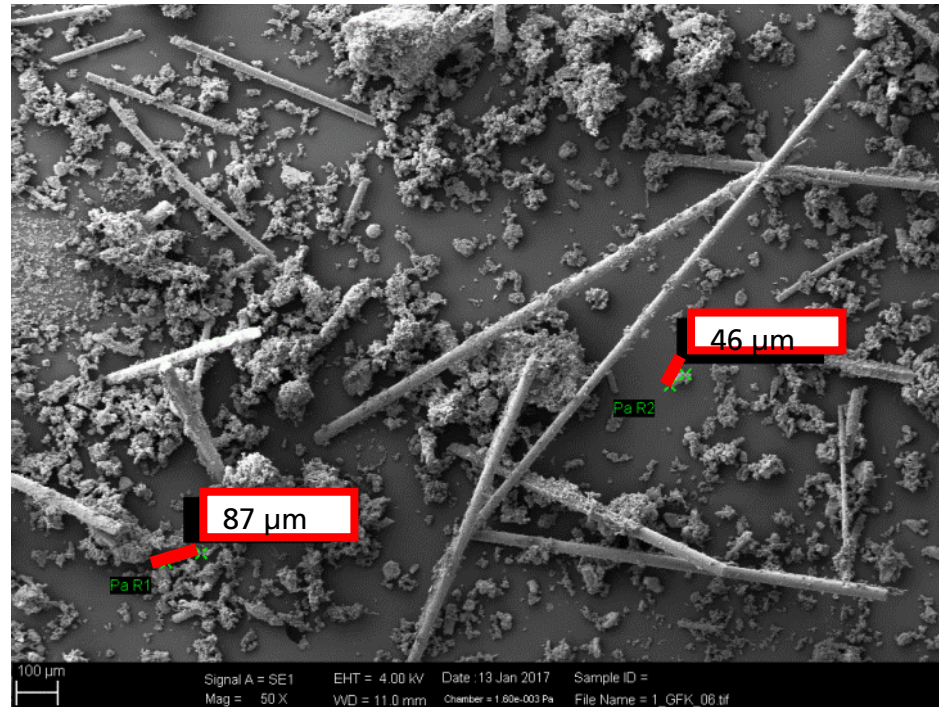
➤ Stand der Technik und Forschung entlang der Wertschöpfungskette

Demontage

Entstehende Staubemissionen : Wesentlichen Einfluss auf die Umwelt
→ Separation über Fest/Flüssig Trennprozesse



Staubpartikel beim Wasserstrahlschneiden



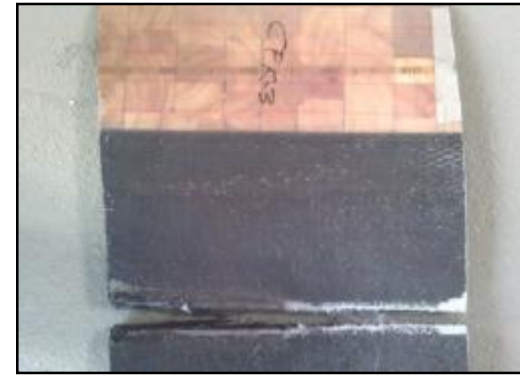
und bei der energetischen Demontage



➤ Stand der Technik und **Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Demontage

- Trennung des Materialverbundes in Abhängigkeit der Belegungslänge
- Abtrennung einzelner Lagen besonders im Sandwichbereich
- Entwicklung von günstigen Energetischen Materialien für die Demontage von Kunststoff



Aufbringung der Schneidladung auf dem Steg mit doppelseitigem Klebeband

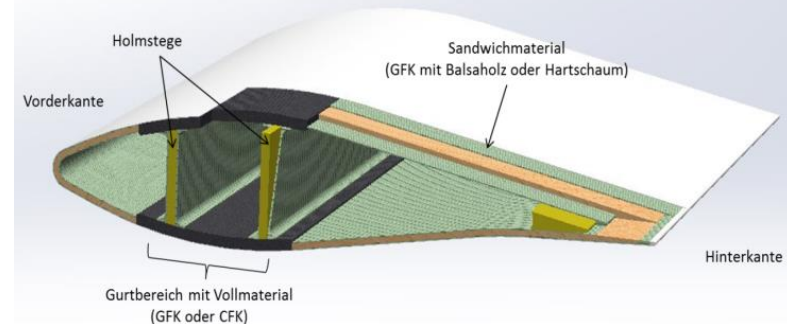


➤ Stand der **Technik** und Forschung entlang der Wertschöpfungskette

Aufbereitung/
Vorzerkleinerung

Verwertung

- Kunststoffharze: duroplastische Harzsysteme (Epoxidharze, ungesättigte Polyesterharze, Vinylharze)
- Verstärkungsfasern: Glasfasern oder Carbonfasern (abhängig vom Hersteller und der Rotorblattgröße)
- Kernmaterialien: Kunststoffschäume oder Balsahölzer ((abhängig vom Hersteller und der Rotorblattgröße)
- Über Thermographie von außen erkennbar, da oft keine Informationen vorliegen
- Stand der Technik energetisch stoffliche Verwertung → Vortrag neowa





- Stand der Technik und **Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Verwertung

Mechanische Aufbereitung von Verbundstrukturen

- Ziel ist eine effektive Trennung der Materialien und Rückgewinnung einzelner Fraktionen
- Mit einer gezielten Beanspruchung der einzelnen Fraktionen können die einzelnen Werkstoffe abgetrennt werden z.B. Fasermaterial oder Füllstoffe
- Gewichtung von finanziellem Aufwand mit Nutzen gegenüberstellen, abhängig von Rohstoffpreisen





➤ Stand der Technik und **Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Verwertung



- Mechanische Abtrennung und Fraktionierung des Füllstoffen (Kunststoffschaum oder Balsaholz) zur erneuten stofflichen Verwertung



Balsaholz erneuter Einsatz
als Holzfaserdämmstoffe





- Stand der **Technik und Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Verwertung

CFK Werkstoff Verwertung

Herausschneiden
der CFK Holme



Weiterverwendung

Bauelemente

Vollprofil



Stoffliche Verwertung

CarboNXT oder ELG

Fasern, Vliese, Garne
oder auch Granulate





➤ Stand der **Technik und Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Verwertung

Faser und Matrix trennen

Thermische Verfahren

Pyrolyse (CarboNXT & ELG)

Mikrowellenpyrolyse

Induktion (Uni Augsburg)

Fluidised Bed (Uni Nottingham)

Chemische Verfahren

Solvolytische Verfahren

Überkritische Fluide

Andere Verfahren

Elektrodynamische Fragmentierung

Faser-Matrix-Verbund beibehalten

Mehrstufiges Zerkleinern

- Erster Aufbereitungsschritt zur Störstoffabtrennung und Homogenisierung

Rezyklatprodukte

Harz (als Energieträger)

Fasern

Füllstoff

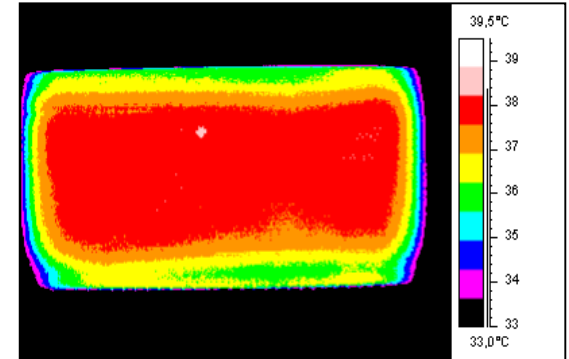


- Stand der Technik und **Forschung** entlang der Wertschöpfungskette

Verwertung

Eisenbahnschwelle aus Sekundärkunststoff

- **Zielsetzung:** Nutzung von Mischkunststoff- und industriellen Glasfaserabfällen zur Erzeugung einer Bahnschwelle aus Sekundärrohstoffen
- **Problematik**
 - Identifizierung einer Materialmischung : (MPW, GF, Additive), die die technischen Anforderungen einer Bahnschwelle erfüllt
 - Entwicklung und Umsetzung einer Pilotanlage für die kontinuierliche Produktion (Extruder mit Kalibration, Nachfolgeeinrichtung zur Kühlung)
- **Ergebnis:**
 - Bahnschwelle wurde produziert
 - Produktprüfung war erfolgreich
 - Weiteres Scale-Up ist geplant





- Alle Schritte müssen ganzheitliche betrachtet werden für eine ökologische und ökonomische Bewertung → Optimierung



Demontage



Recycling



Verwertung





➤ Fazit und Ausblick

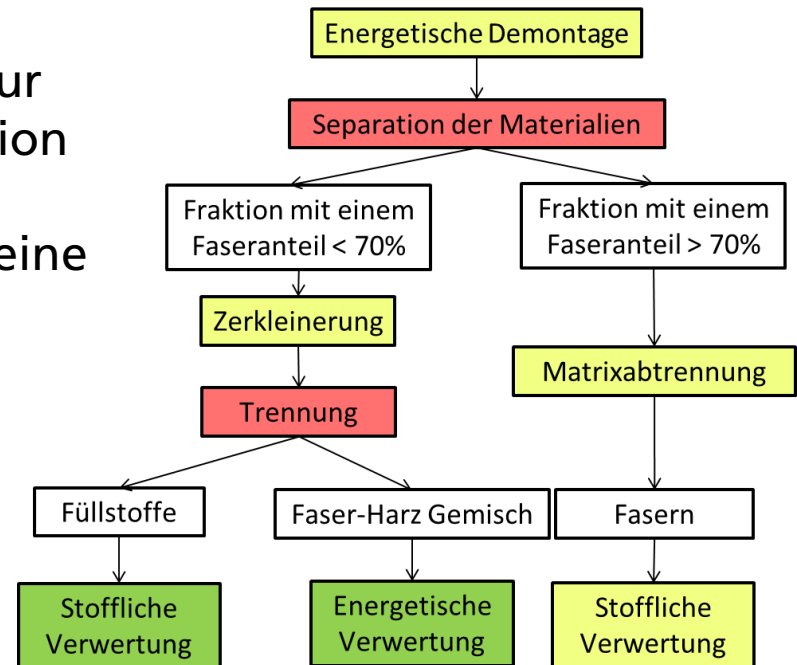
- Ziel ist eine weitestgehende stoffliche und **hochwertige Verwertung** des Materials
- **Wirtschaftlichkeit** durch effiziente Verfahren und neue Geschäftsmodelle
- **Sicherheit** durch Forschungsarbeiten zur Untersuchung der freiwerdenden Emission und Vorsichtsmaßnahmen
- Systemische/ ganzheitliche Ansätze für eine **klimaneutrale Kreislaufschließung**



 Derzeitige Entwicklungen

 Zukünftige Entwicklungen

- Prinzipiell vorhanden



Vielen dank für Ihre Aufmerksamkeit

