

09.11.2023 / Spreewindtage 2023

Wirtschaftlichkeit einer Demontageanlage für Rotorblätter – Nachhaltigkeitsbetrachtung Niels Ludwig, Senior Ingenieur



Forschung mit Mehrwert für die Industrie

Geschäftsmodell der Fraunhofer-Gesellschaft



Fraunhofer IWES

Wer sind wir

- 300 Mitarbeiter
- 90 öffentlich geförderte Forschungsprojekte
- 38 Mio. € Betriebsbudget / Jahr 2021
- 96 Mio. € Investition in Testinfrastruktur

Bremerhaven
Hauptsitz

Emden/Leer
Oldenburg

Bochum

Hamburg

Bremen

Hanover

Leuna

Görlitz

© Jens Meier

Unsere Testinfrastruktur

2009–2022



© Fraunhofer IWES/gobasil

Forschungs- und Leistungsspektrum des IWES

Was wir tun



Offshore



Wasserstoff



Test-Infrastruktur



Digitalisierung

Inhaltsverzeichnis

- Einleitung
- Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern zur Ermöglichung eines hochwertigen Recyclings
- Beurteilung der Rotorblattgeometrie für die halbautomatische Demontage
- Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten wie
 - Längere Nutzung durch verbesserte Produktionsprozesse sowie Reparatur und Wartung
 - Detailliertere Testmethoden für Rotorblätter
 - Längere Nutzung durch Verlängerung der Lebensdauer
 - Wiederverwendung nach Lebenserwartung (Second Life)
- Zusammenfassung

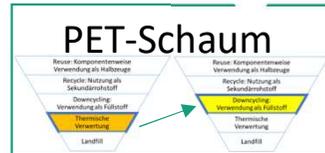
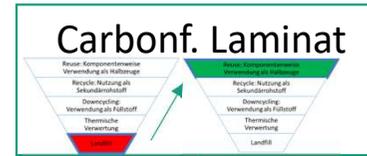
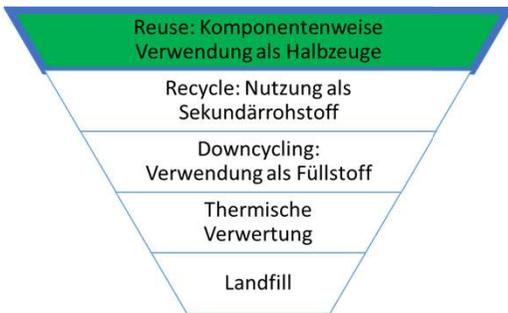
Einleitung

- Die wirtschaftliche Demontage von Rotorblättern ist eine kommende Herausforderung für das hochwertige Rotorblatt-Recycling
- Herausforderung zukünftiger Rotorblattkonstruktionen mit Rotorblattgeometrie und -struktur für die teilautomatische Demontage
- Die Frage muss beantwortet werden, wann wir die Rotorblätter recyceln sollten?
 - Ist eine längere Nutzung eine Alternative? Und was muss für dieses Szenario getan werden?
 - Wiederverwendung nach der Lebensdauer in anderen Produkten vielleicht ein zweites Mal?

Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

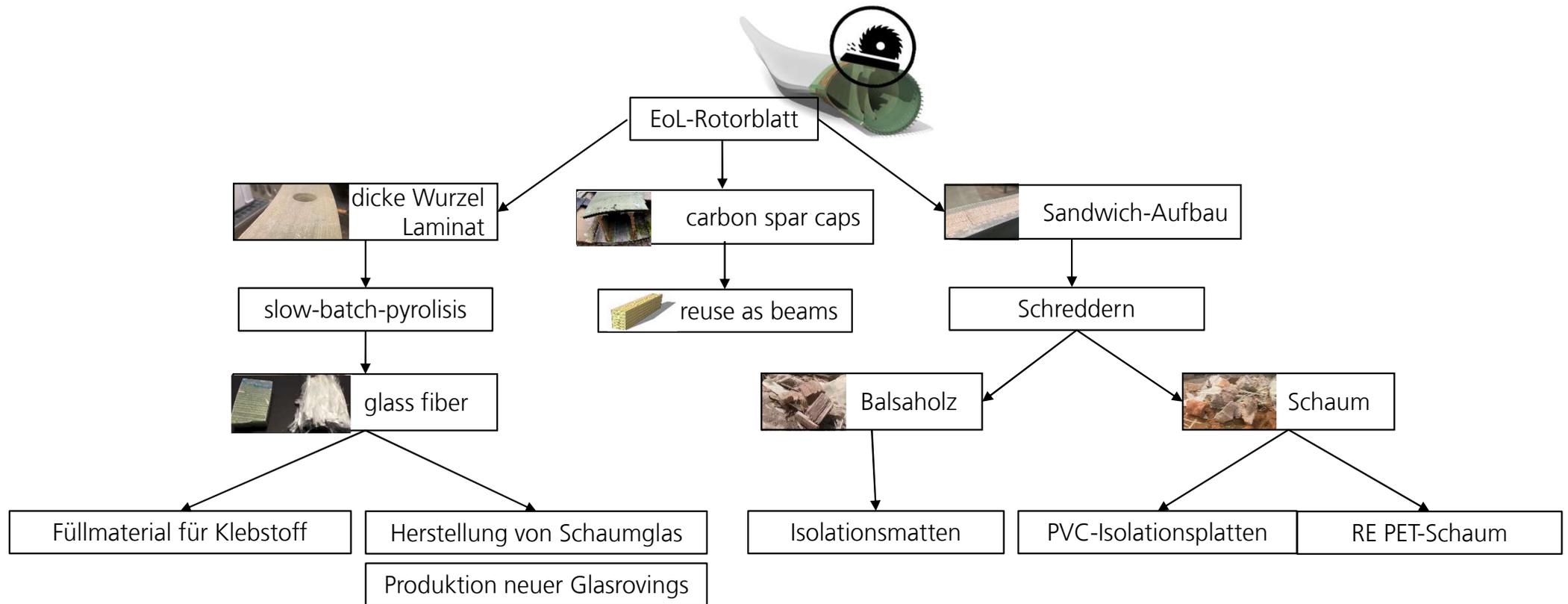
Nachnutzungskaskade

Material Nachnutzungskaskade



Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Verwertungswege



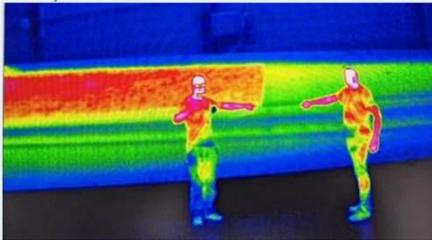
Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Überblick

Eingangskontrolle

Entwicklung einer industriell fundierten Demontage und Vergleich verschiedener Recyclingkonzepte für die Rotorblattteile

Project contribution



Eingangskontrolle durch Thermographie

Industrielle Zerlegung

Trennen der Gurte, die Vollaminatstruktur und der Sandwichpanelen, um sie in verschiedenen Recyclingmethoden zu verwenden



Zerlegen der Rotorblätter

Trennung von Sandwich

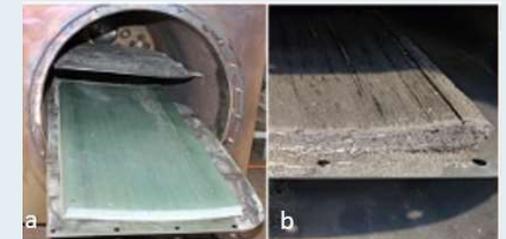
Trennung von Schaumstoff und Balsaholz aus Laminat zur Schaffung eines neuen Rohstoffs für weitere Anwendungen



Trennung von Schaum und Balsaholz

Batch-Pyrolyse

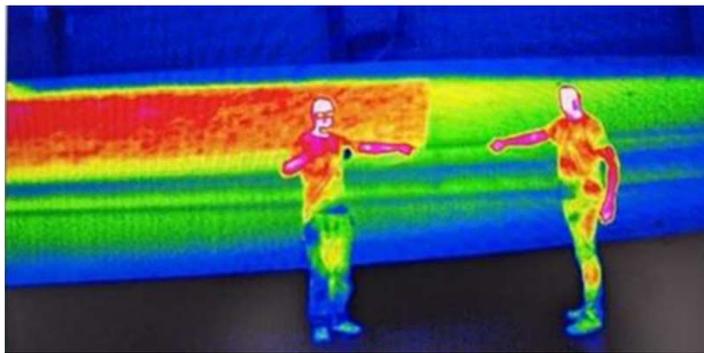
Batch-Pyrolyse für die dicken Vollaminatteile zur Gewinnung von Öl, Gas und reinen Fasern als Rohstoff.



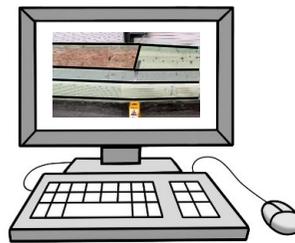
Batch-Pyrolyse

Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

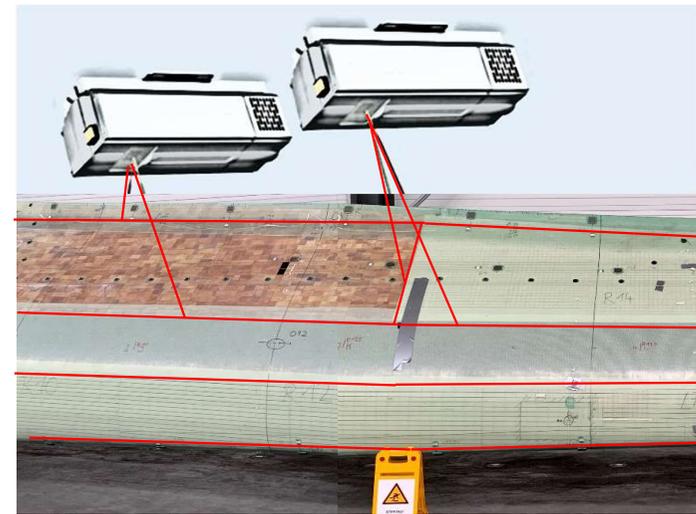
Eingangskontrolle durch Thermographie



Thermographie-Bild



Erkennung unterschiedlicher Materialien durch Software



Visualisierung von Grenzlinien durch Laserbildgebung zum Schneiden

EoL-Rotorblätter sind in der Regel 20-25 Jahre alt und normalerweise ist nicht 100% klar, wie die innere Struktur aussieht.

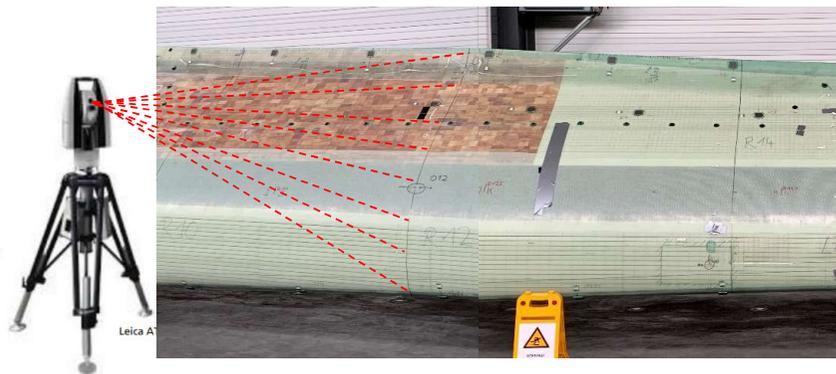
Wo befinden sich die Sandwichteile und Gurte?

Welches Material wird verwendet (Glas, Carbon, Balsas oder Schaum)?

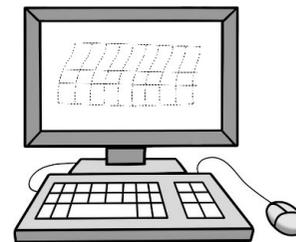
=> Scannen von Daten, die in einer Datenbank gespeichert werden zur späteren Verwendung

Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

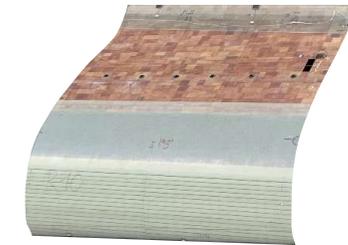
Eingangskontrolle durch Scannen der Oberfläche



Scannen der Oberfläche durch Lasertracking



Erstellen Sie ein elektronisches Datenformats



Verwendung der Daten zum Ausschneiden von Teilen zur Wiederverwendung

Scannen der Oberfläche mit einem sehr groben Raster (z.B. 100mm x 100mm) mit geringer Formgenauigkeit (z.B. +-10mm)
Sicherstellung eines großen Rasters der Rotorblattkontur zur Verwendung von Paneelen
Es werden lediglich neue, unbekannte Rotorblatttypen gescannt, die noch nicht in der Datenbank aufgeführt sind

Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Industrielles Zerlegen



Die Demontage für große Rotorblätter ist aufgrund ihrer Größe immer noch eine Herausforderung.

Verschiedene Methoden wie Wasserstrahl- und Diamantseilsäge sind Möglichkeiten das Problem durch halbautomatische Lösungen durch ein Portal zu behandeln

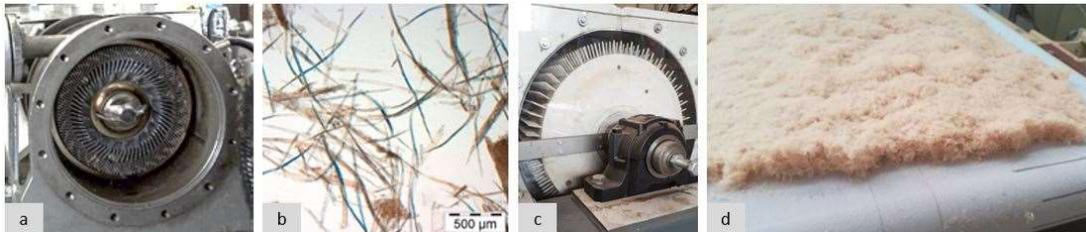


Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Abtrennung von Sandwichmaterial



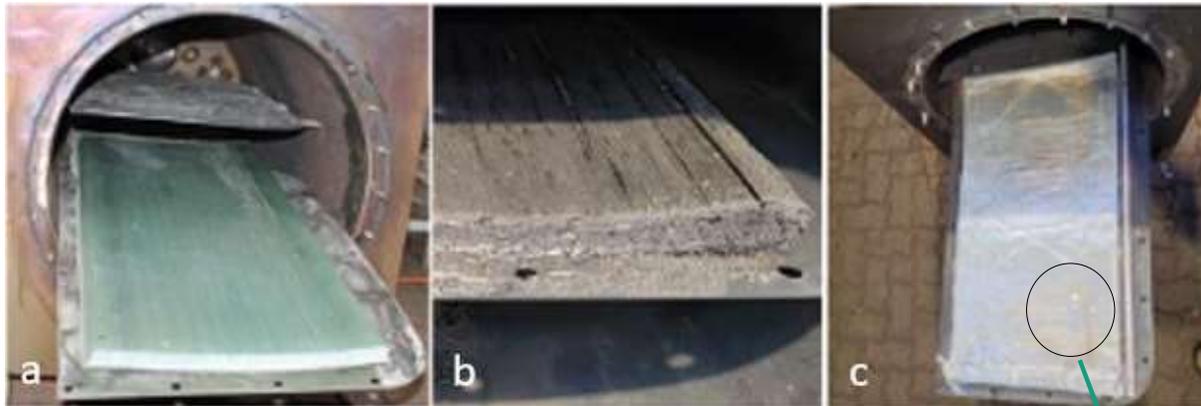
Das Sandwich-Laminat wird zerkleinert und durch Schwimm Sinkverfahren getrennt. Reines Balsa oder Schaum kann für weitere Anwendungen wie Isolationsmaterial für Bauanwendungen verwendet werden



Vom Balsaholz im Rotorblatt bis zur Isolationsmatte (ReroBalsa)
a) Refiner zum Schneiden des Balsaholzes,
b) Faserbündel,
c) Spikerolle zum Mischen der Fasern,
d) Vlies vor der Verklebung

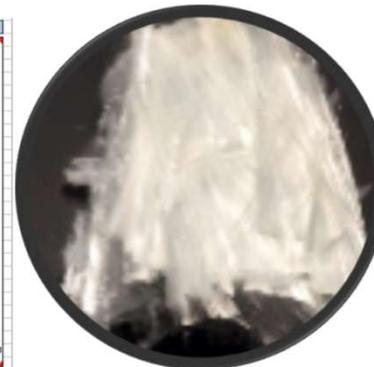
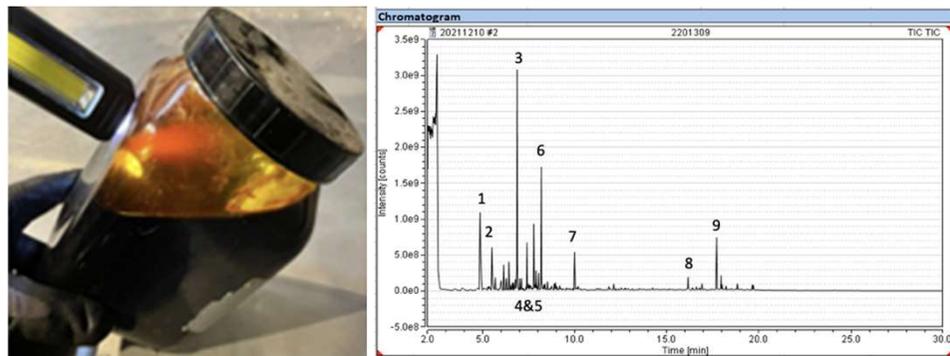
Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Batch-Pyrolyse



Langsame Batch-Pyrolyse zur Trennung der dicken Volllaminateile (z.B. 10h bei 450°C)
=> Öl, Gas und reinen Fasern als Rohstoff.

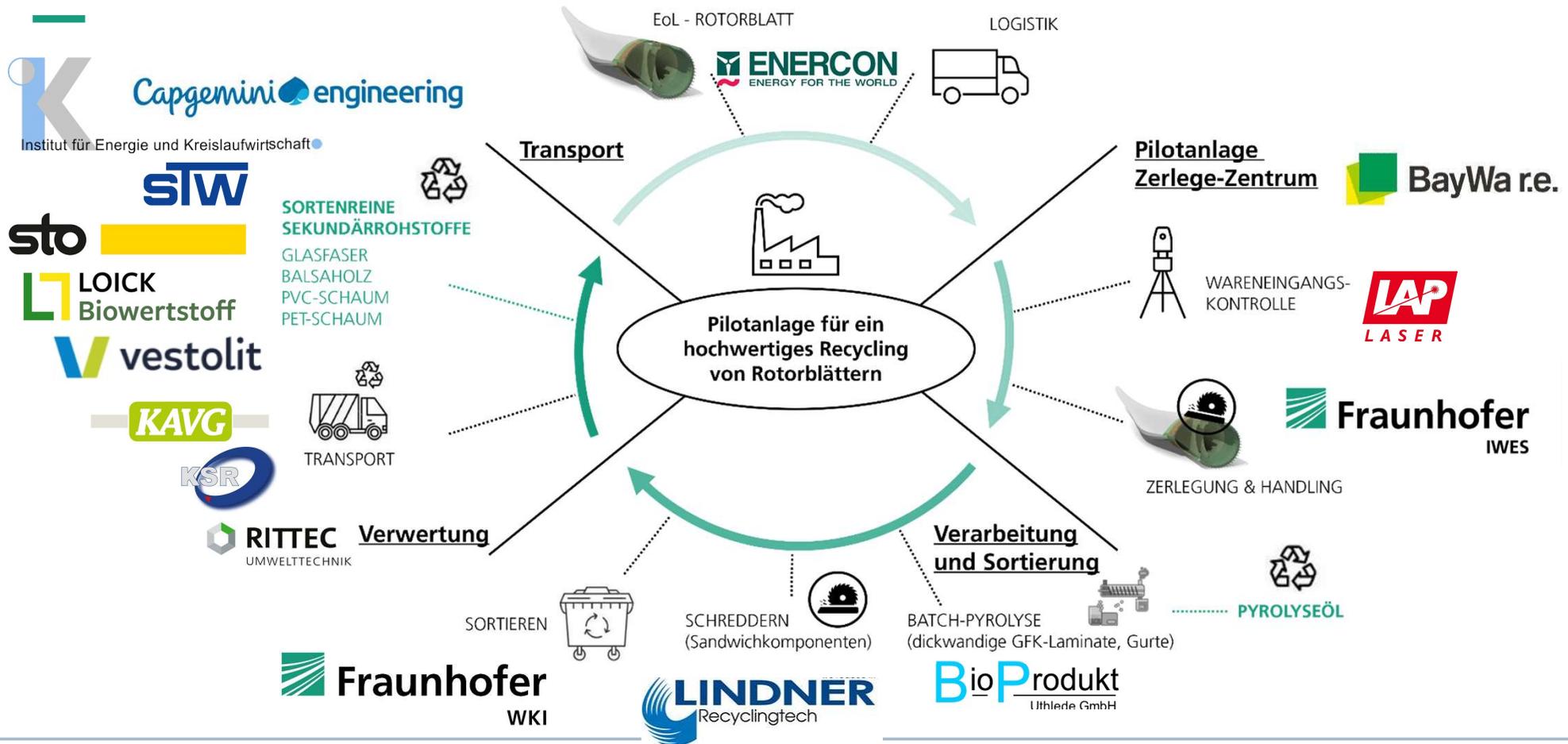
Die Glasfaser kann für Schaumglas verwendet werden oder in Zukunft neuer Rohstoff für die Herstellung von neuem Glas



Herstellung von Pyrolyseöl, -gas und -fasern:
Gas und Öl können für die chemische Industrie verwendet werden
Glas als Rohstoff für andere Anwendungen

Konzept zur selektiven Zerlegung von Rotorblättern

Konzeptumsetzung im Projekt ReWert (Forschungsskizze zu Bewilligung beim BMWK eingereicht)



Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten

Längerer Einsatz durch verbesserte Produktionsprozesse

Produktion Mensch Maschine Interaktion
Industrielles Produktionsverfahren
Verbesserte Qualitätskontrollverfahren
Validierung bewährter Konzepte und Übernahme in die Industrialisierung



Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten

Detailiertere Rotorblatt-Testmethoden

Biaxialer Test zur Ermittlung eines realistischeren Bildes mit tatsächlichen Lasten
Verwendung einer Feder zur Anpassung der unterschiedlichen Frequenzen in beiden Richtungen



Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten

Längere Nutzung durch Verlängerung der Lebensdauer

Windkraftanlagen prognostizieren für eine Lebensdauer von ca. 20-25 Jahren, aber die Lasten werden meist nicht vollständig aufgebracht, insbesondere die Rotorblätter

➔ Windkraftanlage und die Rotorblätter werden demontiert und entsorgt

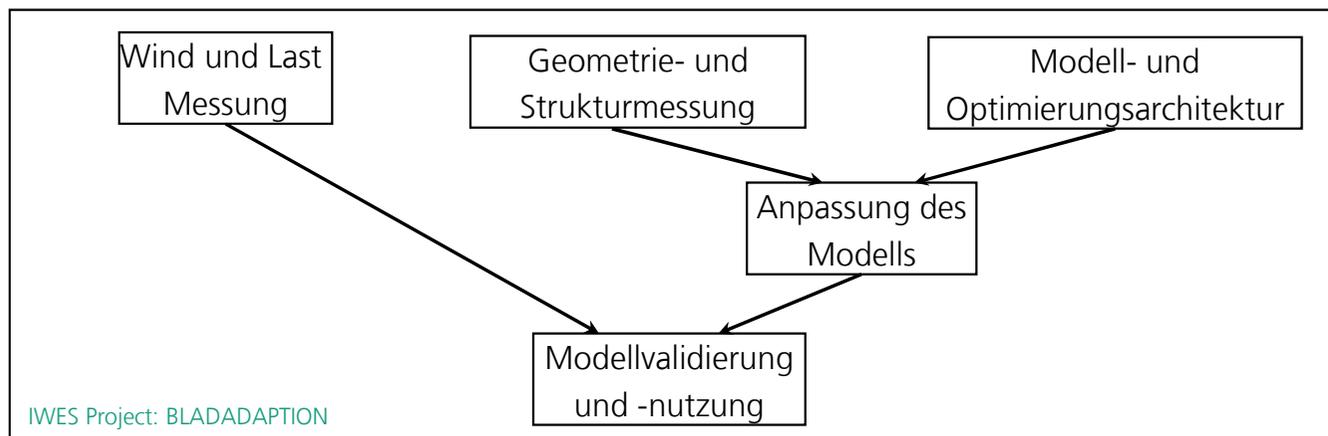
Das Wissen über den alten Rotor ist begrenzt

➔ Geometrie- und Strukturmessung

Erfassung von Struktur und Geometrie im dynamischen Zustand am laufenden WTB

Windmesskampagne

➔ Entwicklung einer analytischen Methode zur Vorhersage der realen Lebensdauer



Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten

Längere Nutzung durch verbesserte Reparatur- und Wartungsprozesse



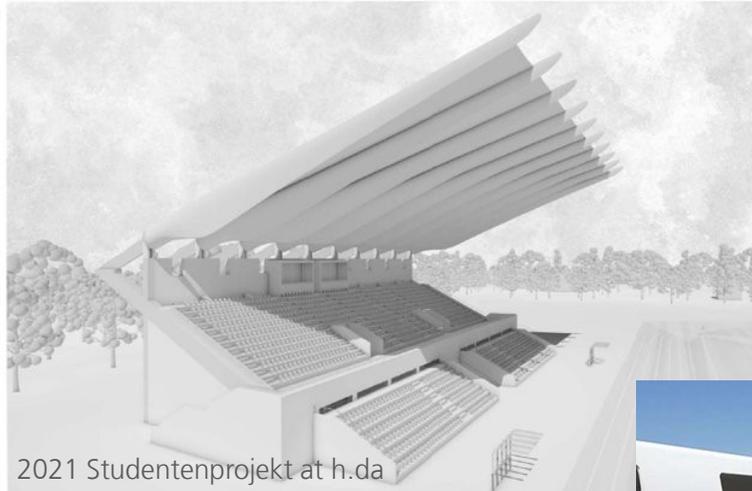
Aushärtungskinetik als verbesserte Reparaturmethoden

Ein tieferes Verständnis und die Messung der Aushärtungskinetik helfen, die technischen Eigenschaften des Laminats bei der neuen Produktion, insbesondere bei Reparaturen vor Ort, zu verbessern. Es hilft, Fehler zu vermeiden.

SmartCure entwickelt von Tobias Holst und Alexandros Antoniou vom Fraunhofer IWES

Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten

Wiederverwendung nach Lebenserwartung (Second Life)



2021 Studentenprojekt at h_da

Studentische Arbeit, h_da, Lukas Bressler und Christian Lovric



2021 Projekt ReUse Wings



2021 Chris Yelland / Designboom



2022 IWES



2022 IWES

Zusammenfassung

- Aufgrund mangelnder Kenntnisse über EoL-Rotorblätter besteht Bedarf an einer Eingangskontrolle
- Konzept zur selektiven Demontage von Schaufeln zur Ermöglichung eines hochwertigen Recyclings
- Beurteilung der Klingenbestandteile und der Geometrie für die halbautomatische Demontage
- Analyse von Ökonomie- und Nachhaltigkeitsaspekten wie:

längere Nutzung, Wiederverwendung und schließlich Recycling



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!—

© Fraunhofer IWES/Frank Bauer

Kontakt

Niels Ludwig
Abteilung Rotorblätter
Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES
Am Seedeich 45
27572 Bremerhaven
Germany

Telefon: +49 151 5130 1056
Niels.Ludwig@iwes.fraunhofer.de



Prognostizierte Mengen der zu entsorgenden Rotorblätter

