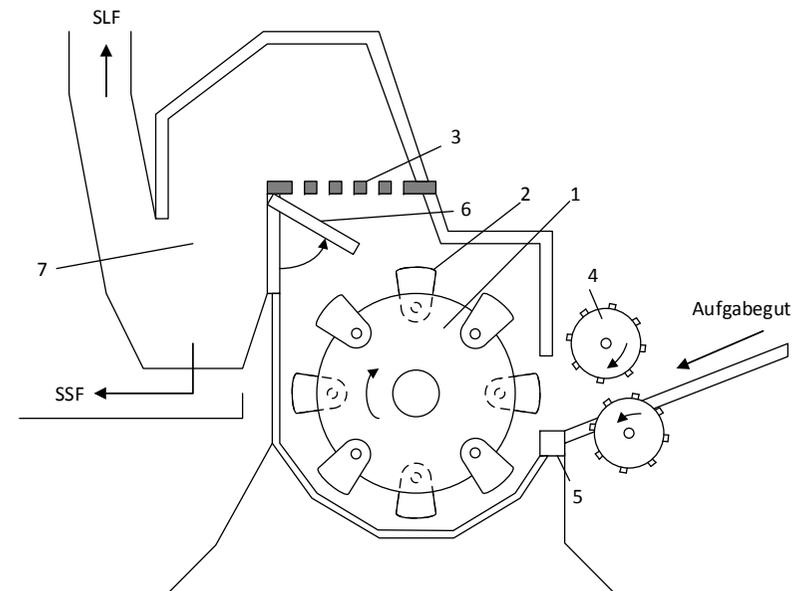


## Neue Entwicklungen in der Aufbereitungstechnik



Institut für Aufbereitungsmaschinen, TU BA Freiberg

Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth  
Dipl. Wirt.-Ing. Thomas Krampitz

20th LEIBNIZ CONFERENCE OF ADVANCED SCIENCE, 20.05.2016

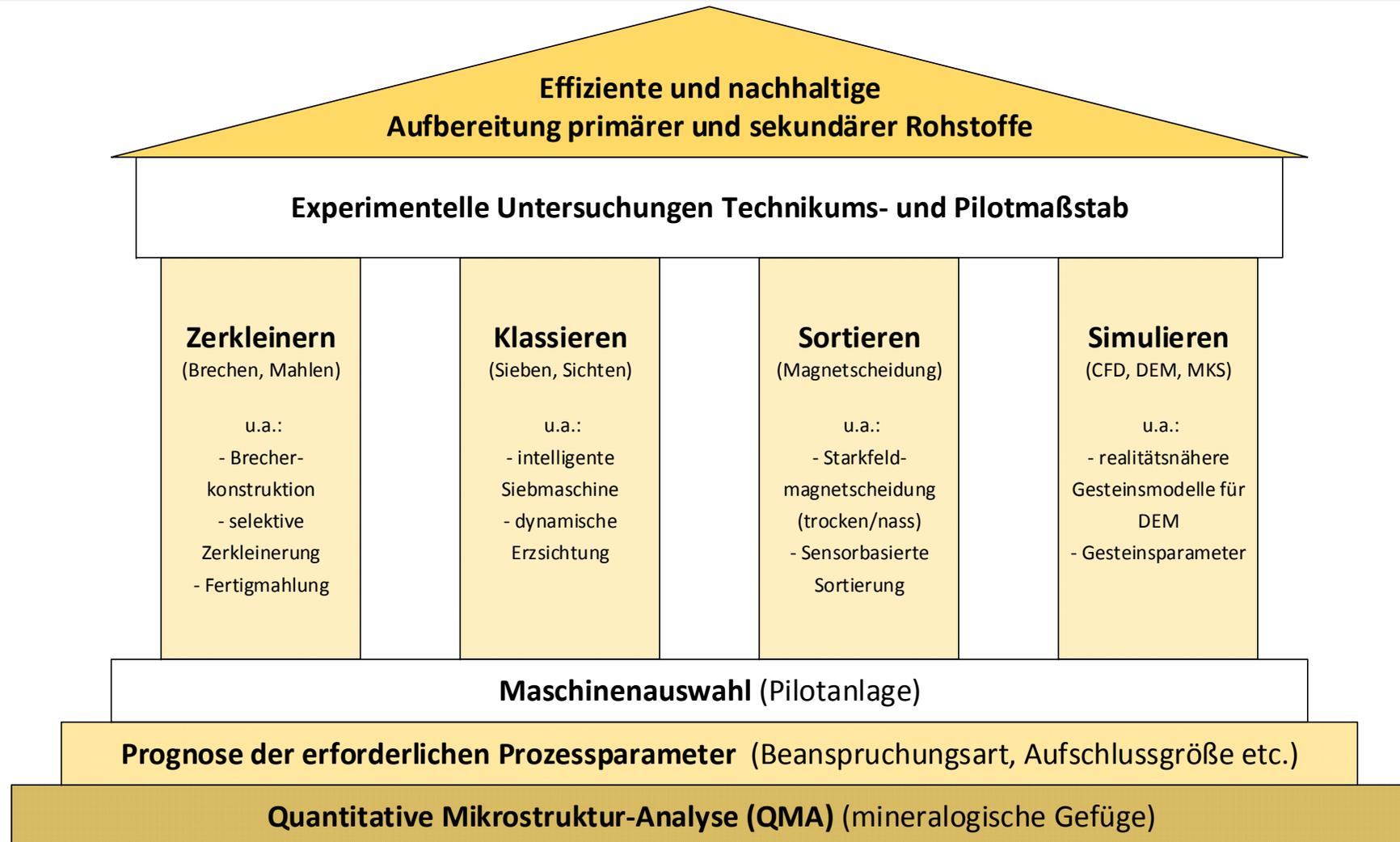
BETREUT VOM

PTKA  
Projekträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Struktur des Institutes für Aufbereitungsmaschinen (IAM)



## Auswahl an Recyclingthemen am Institut

Aufschlusszerkleinerung	Klassierung / Sortierung	Agglomeration / Pelletierung
 <p style="text-align: center;">PV-Module</p>  <p style="text-align: center;">Leichtbaustrukturen</p>	 <p style="text-align: center;">Klassierung von Siedlungsabfällen</p>  <p style="text-align: center;">Sortierung schwarzer Kunststoffe</p>	 <p style="text-align: center;">Carbon</p>  <p style="text-align: center;">Potash</p>  <p style="text-align: center;">Fly ash</p>  <p style="text-align: center;">Rock salt</p>

- adaptive Maschinenentwicklung
- Produktcharakterisierung und Prozesskennzeichnung
- Anwendungsorientierte Implementierung in Aufbereitungsverfahren



## Agenda



1. Einordnung der Aufbereitungstechnik
2. Entwicklungstendenzen im Fahrzeugbau (Leichtbau) und Auswirkungen auf das Recycling
3. Produktcharakterisierung und Wiedereinsatz von Recyclingware
4. Zusammenfassung

## Forschungsschwerpunkte im Bereich elektrifizierter Fahrzeuge



BMW



24.000 Fahrzeuge 2014

82 F&E Leuchtturmprojekte

### Batterie

- Zelltechnologie
- Batteriesysteme
- Netzinfrastruktur

### Fahrzeugtechnologie

- Leistungselektronik (GaN,...)
- E-Maschinen / Motoren (Neodym,...)
- **Leichtbau (CFK,...)**

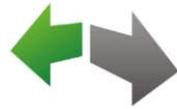
*Fortschrittsbericht NPE, 2014*



# Einordnung



Plattform FOREL als „Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität“



+



=



### Forschungszentrum

Kommunikationsplattform  
Koordinierungsfunktion

### Technologiezentrum

Technologiekompetenz  
Know-how-Verwertung

Projektkoordination: Institut für Kunststoffe und Leichtbau (ILK) der TU Dresden,  
Leitung: Prof. Hufenbach und Prof. Gude

[www.forel.de](http://www.forel.de)

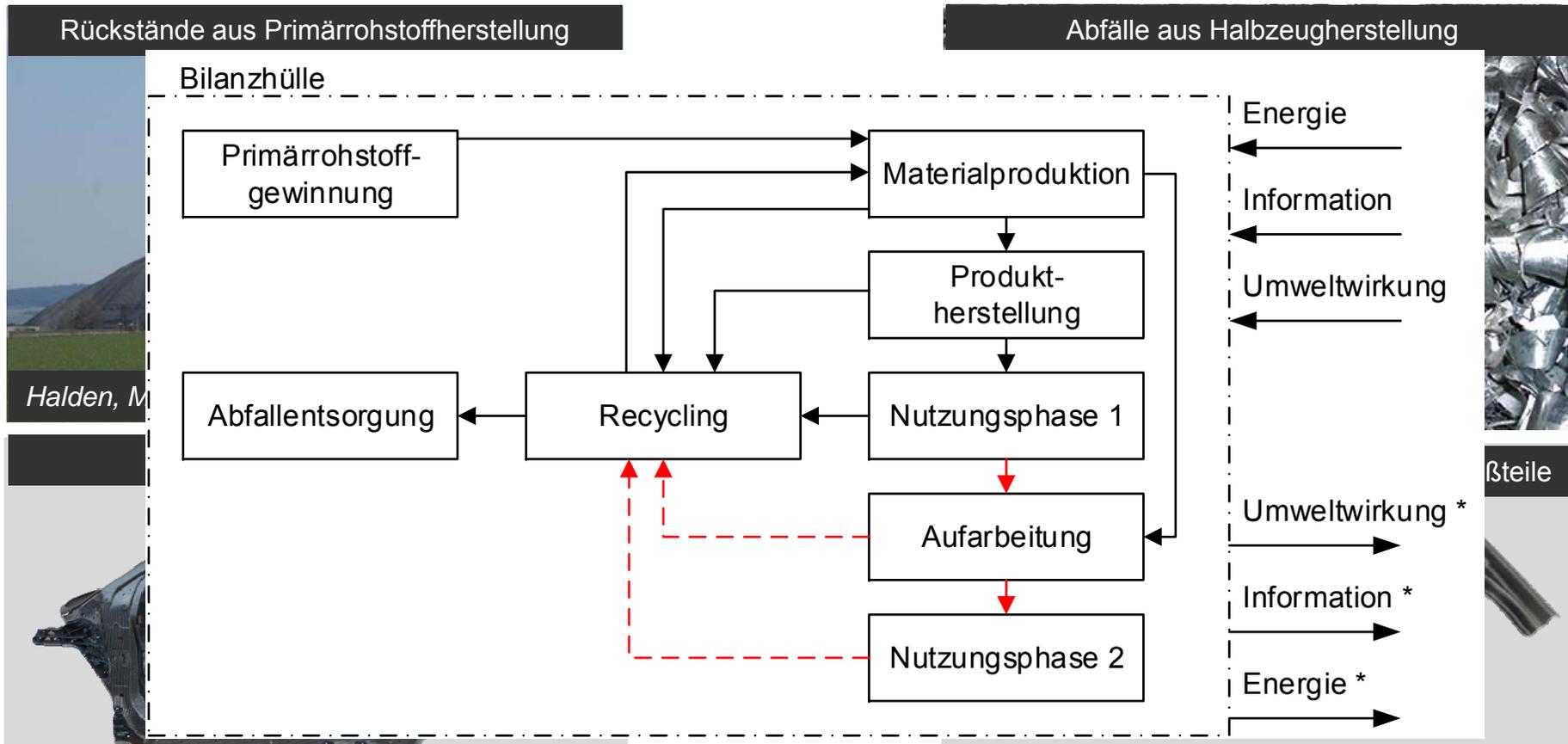


Institut für Aufbereitungsmaschinen

- Ganzheitliche Betrachtung von Prozessketten und Produktkreisläufen
- Definition technologischer Lücken im Bereich Recycling
- Aufbau von Plattformübergreifender Technologieketten
- Einzelprojekte IAM:

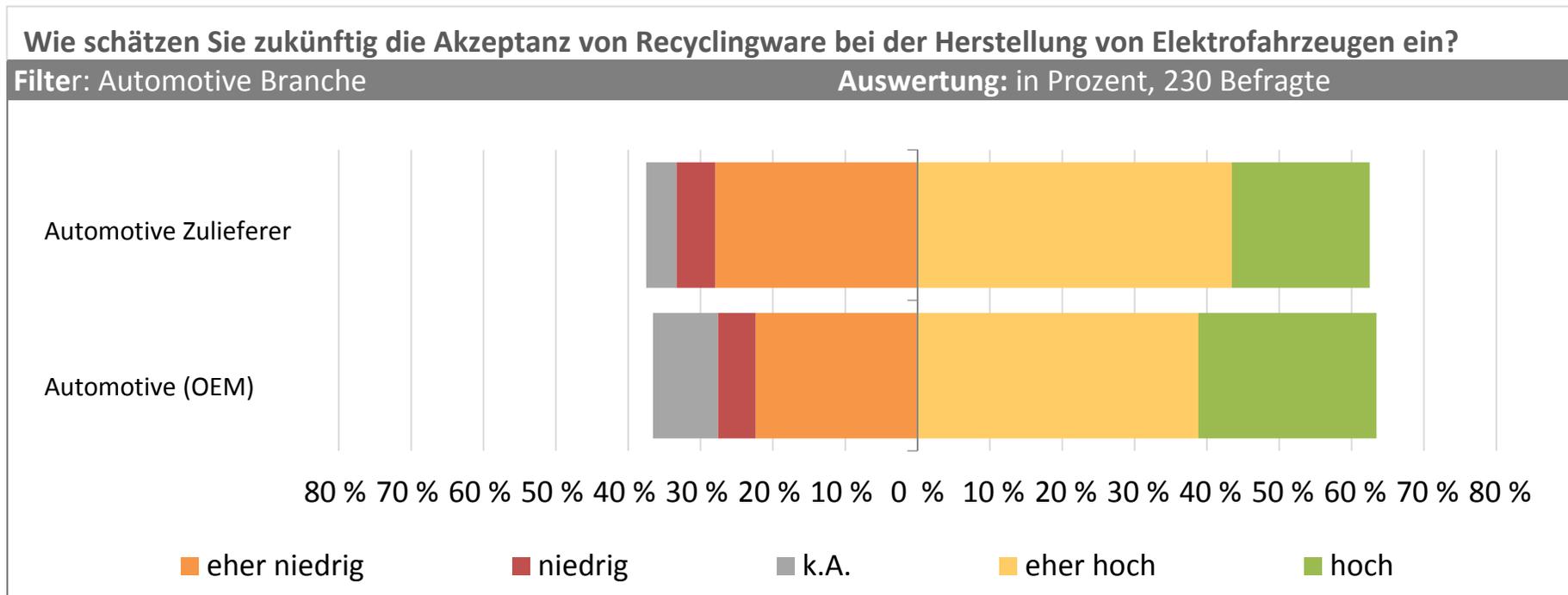


## Aufbereitungstechnik im Stoffkreislauf der Fahrzeugindustrie



- Komplexe Einbindung des Recyclings in den Stoffkreislauf
- Viele Anknüpfungspunkte für die Aufbereitungstechnik

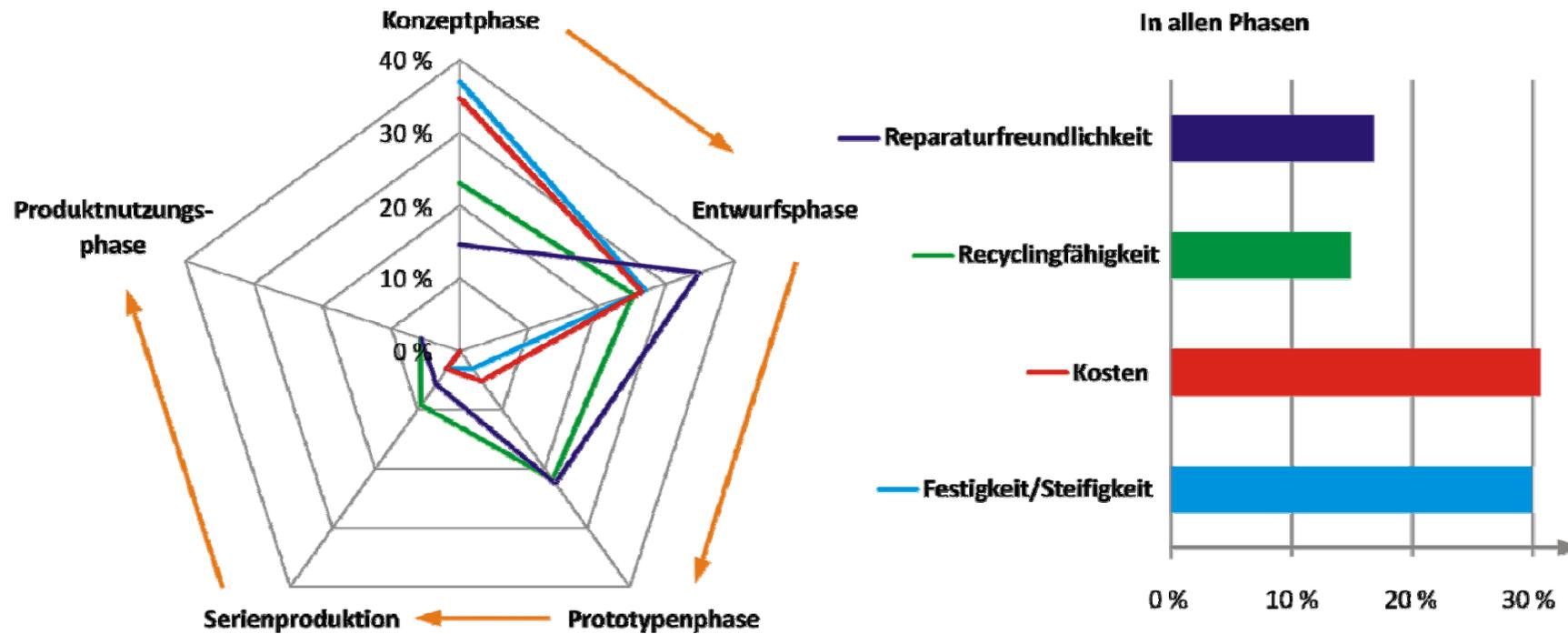
## Akzeptanz von Recyclingware im Fahrzeugbau



FOREL-Studie, 2015

- Fahrzeugbranche sehr innovativ und aufgeschlossen
- Vorreiterrolle beim Wiedereinsatz von Recyclingware
- ökologische Betrachtungen im Life Cycle Assessment verbreitet

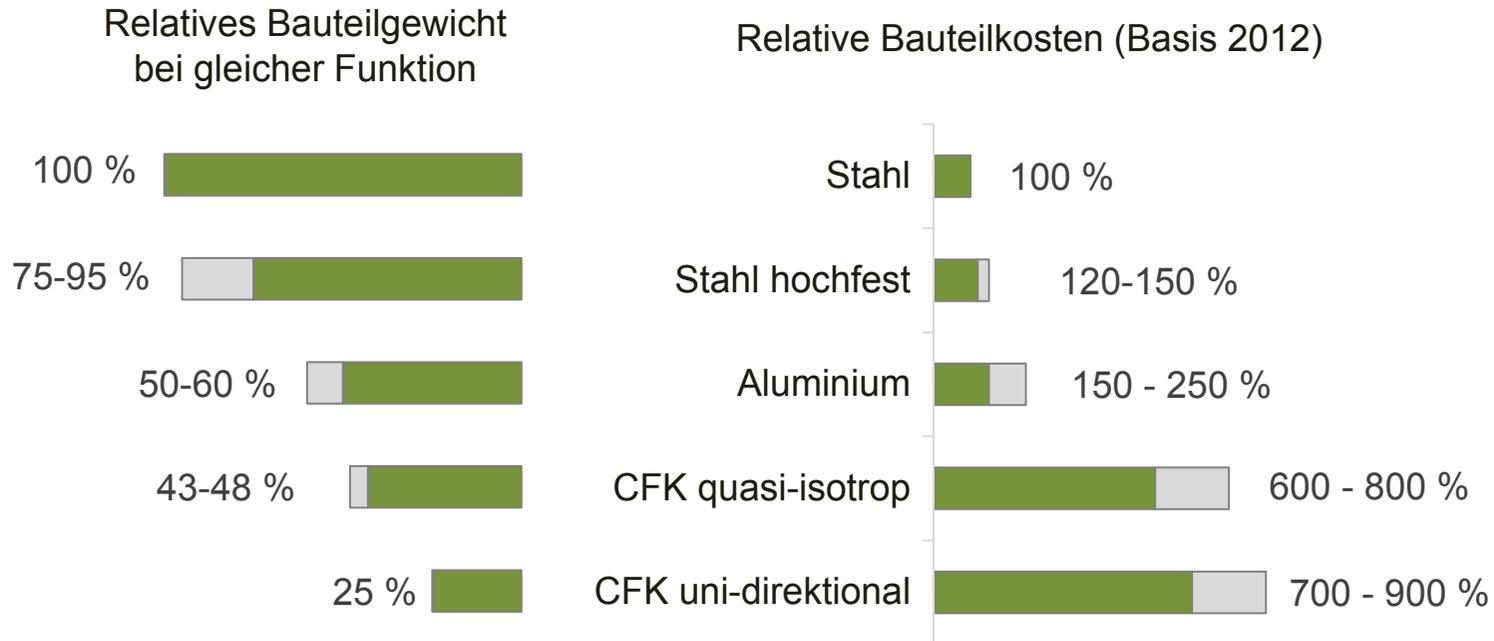
## Berücksichtigung des Recyclings in Entwicklungsphasen der Fahrzeugindustrie



Lieberwirth, Krampitz, in *Recycling und Rohstoffe*, TK-Verlag, 2016

→ Späte Berücksichtigung der Recyclingfähigkeit während der Entwicklung

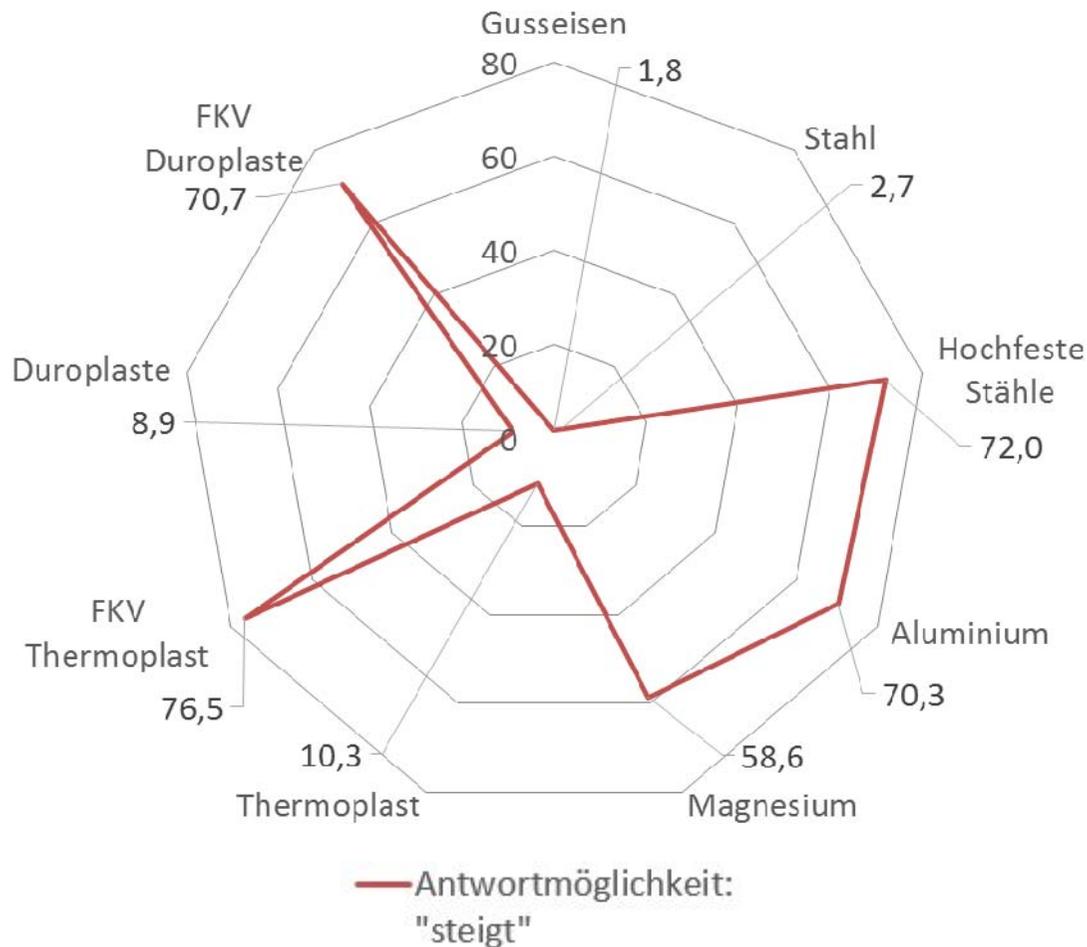
## Leichtbauwerkstoffe vs. Kosten



Roland Berger Studie, Audi, Kraus Maffei, 2012

- Derzeitig akzeptierte Mehrkosten für Bauteil 2,5 €/kg → zukünftig 10 €/kg möglich (Quelle VW)
- Einsatz neuartige, hochwertige Werkstoffe (Mn-Stähle, Aluminiumlegierungen, CFK)

## Zukünftige Werkstoffe für Leichtbaustrukturen im Fahrzeugbau



### Leichtbau für Elektrofahrzeuge

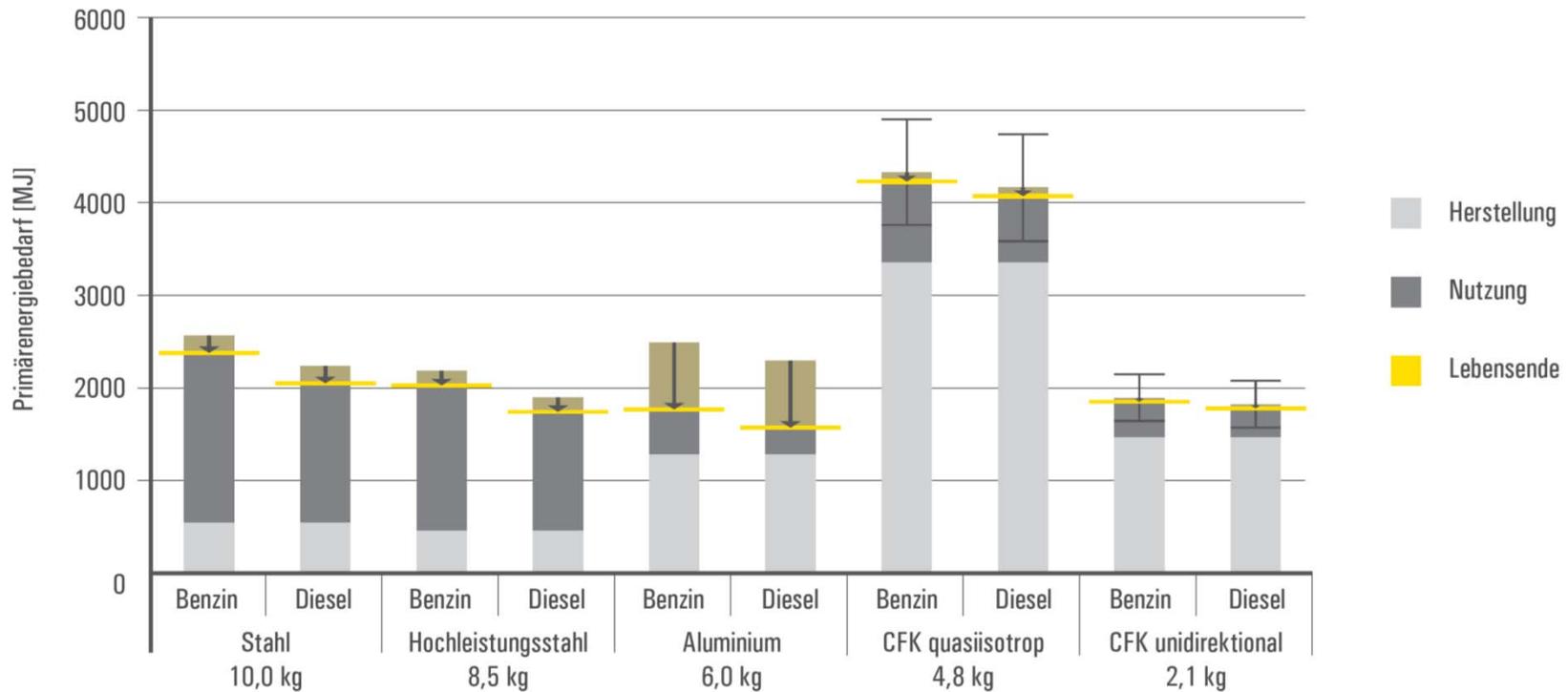
- Reduktion Stahl und Standardkunststoffe
- Einsatz vergüteter Stähle, Leichtmetalllegierungen und faserverstärkte Kunststoffe (FKV, CFK, GFK)
- Anstieg der Kombinationsmöglichkeiten
- neuartige Fügemethoden (Kleben)



→ Materialvielfalt und Komplexität der Verbunde steigt an

*Lieberwirth, Krampitz, in Recycling und Rohstoffe, TK-Verlag, 2015*

## Energiebilanz für CFK



Primärenergiebedarf des Lebenszyklus der Bauteilvarianten (Fahrleistung: 150.000 km)<sup>75</sup>

Leichtbau in Mobilität und Fertigung, Fraunhofer IBP, 2015

→ Abwägung des Einsatzes von CFK aus ökologischer Sicht → Recycling der C-Faser erforderlich!

## Zeitliches Aufkommen von Abfällen

Objekt	Heute	2	5	10	20	30 Jahre
Verpackungen	[Green bar from 'Heute' to '2']					
Elektronik	[Green bar from 'Heute' to '5']					
Haushaltsgeräte	[Green bar from 'Heute' to '10']					
Fahrzeuge	[Green bar from 'Heute' to '20']					
Gebäude	[Green bar from 'Heute' to '30 Jahre']					

Produktionsabfälle  
 Bekannte stoffliche Zusammensetzung  
 Definierte Mengen  
 Komplexe Strukturen

→ Sehr schnelle Produktwechsel mit Änderung der Abfallzusammensetzung

Abfälle  
 unbekannte stoffliche Zusammensetzung  
 undefinierte Mengen  
 Komplexe Stoffgemische  
 Unbekannte Störstoffe / Schadstoffe

→ Bedeutung der Vorbehandlung und Schadstoffentfrachtung (Öl, Cd, Hg) nimmt zu (und deren Aufbereitung (Demontage))

Ursache	Kleinteiligkeit, Anzahl Werkstoffe / Elemente in Stoffgemischen	Neue Werkstoffe	Produktänderung, schnelle Lebenszyklen	Neue Verwertungswege, Einhaltung von Rahmenbedingungen
Wirkung	Dissipation	Zerlegbarkeit, Recyclingfähigkeit	Inhomogenität Stoffgemisch	Erweiterung des Stoffkreislaufs
Herausforderung	Verbundauflösung, Sortierprozesse, Verschaltung der Prozesse	Erweiterung konventioneller Prozesse, Entwicklung adaptiver Verfahren- und Maschinen	Flexibilität, Anpassungsfähigkeit, Mobilität von Verfahren- und Maschinen	Wiedereinsatz Rezyklat, Downcycling, Substitution und Aufarbeitung,
Bsp.: CFK	Zerkleinerte CFK in SLF	C-Faser Freilegung, Verarbeitung	Faser- und Matrixtypen, Funktionsintegration	RC-Faser in Vliesen, Hybrid-Garne

Technologie

Strategie

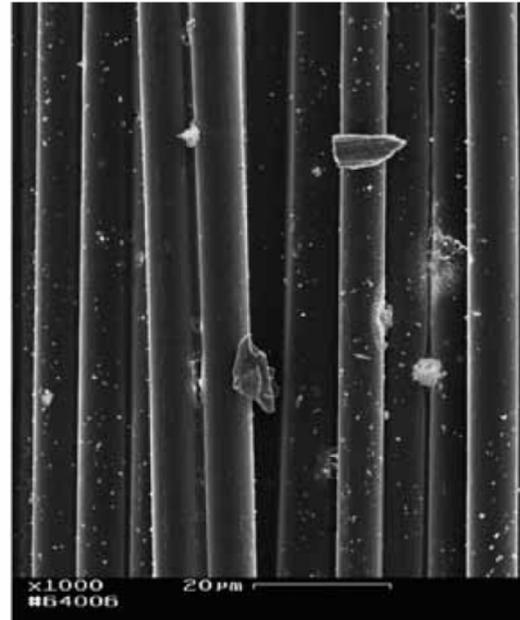
Herausforderung: Bewertung der Prozesse, Maschinen, Verfahren und Produkte  
 Lösungsvorschlag: ökologisch- ökonomische Prozessbewertung mit Kennzeichnung des Aufbereitungserfolges und Charakterisierung der Produkte (ressourceneffiziente Verfahren)

## Bedeutung der Produktcharakterisierung

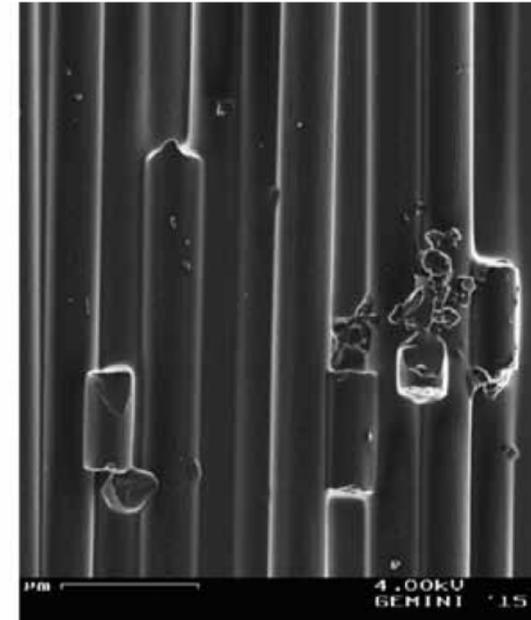
<p><u>Produkt ?</u></p> 	<p><u>Wiedereinsatz richtet sich nach Anforderungsliste der Konstrukteure</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkstoffeigenschaften</li> <li>• bekannte Neuwarequalität</li> </ul> <p>Problematik Sekundärware:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften nicht bekannt</li> <li>• Eigenschaftsveränderung</li> <li>• Unbekannte spez. Kosten</li> </ul>			<p><u>Produktcharakterisierung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Wiedereinsatz nur mit definierten Eigenschaften</li> <li>→ Recyclingwarepreis &lt; Neuware</li> <li>→ Katalogisierung</li> <li>→ Kriterien C-Faser             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faserlänge und Verteilung</li> <li>- Faservereinzelung</li> <li>- Schlichte</li> <li>- Oberflächenschädigung</li> <li>- Restanhaftung</li> </ul> </li> </ul>		
<p>Fasereigenschaft</p>	<p>Technologischer Wiedereinsatz von C-Fasern</p>					
	<p>Kurzfaser</p>	<p>Hybridgarn</p>	<p>Vlies</p>			
<p>Faserlänge</p>	<p>&lt; 5 mm</p>	<p>&gt; 6 mm</p>	<p>&gt; 2 mm</p>			



40 min Pyrolyse (670°C) +  
5 min Oxydation



90 min Pyrolyse (670°C),  
keine Oxydation



40 min Pyrolyse (670°C) +  
20 min Oxydation

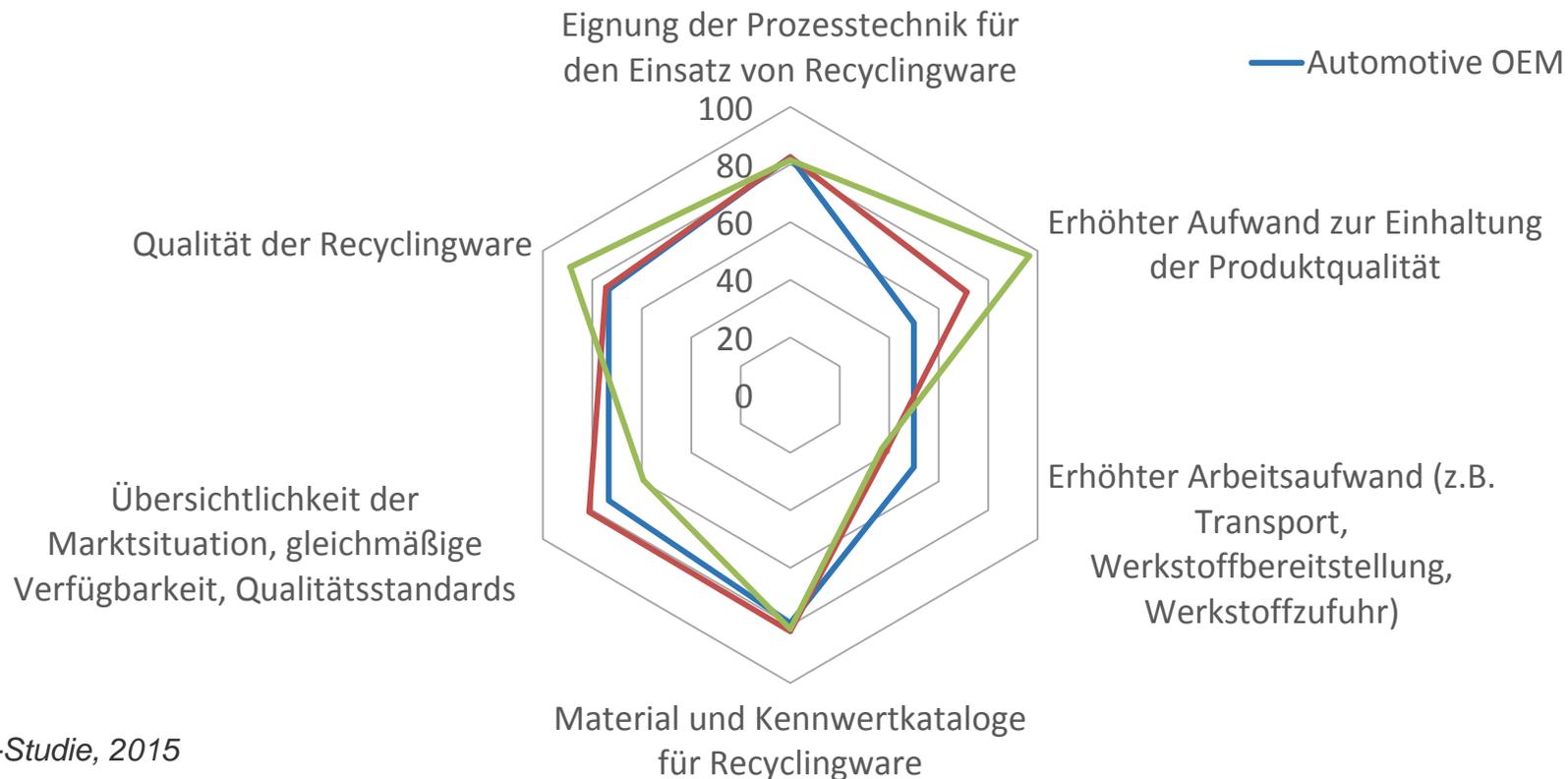
*Limburg, Marco und Quicker, Peter, 2016*

REM-Aufnahmen von Prepreg-CFK nach thermischer Beanspruchung  
→ unterschiedliche thermo-chemischen Rahmenbedingungen

## Herausforderungen und Arbeitsschwerpunkte

Wie problematisch schätzen Sie die folgenden Aspekte für den verstärkten Einsatz von Recyclingware ein?

Filter: Automotive Branche Auswertung: in Prozent, 230 Befragte



FOREL-Studie, 2015

- Betrachtung von Schnittstellen und Systemübergreifender Prozessketten
- Arbeitsschwerpunkte im Projekt FOREL

## Aufbereitungstechnik:

„Intelligente Vernetzung von Maschinen zu komplexen Verfahren zur Gewinnung absatzfähiger Produkte unter Einhaltung ökologisch sowie ökonomischer Rahmenbedingungen“

## Ableitung zukünftiger Arbeitsschwerpunkte:

### Produktcharakterisierung

- Eigenschaften der Produkte
- Anforderungen an Recyclingware (Lastenheft)
- Katalogisierung der Produkte für Konstruktionsumgebung

### Recyclingstrategie

- Systemintegration neuer Maschinen und Verfahren
- Betrachtung Kreislaufführung und Downcycling
- ökologische Betrachtungen (LCA) / ganzheitliche Betrachtung
- CFK --> verschiedene Matrix- und Fasertypen

### Ableitung Maschinen / Verfahrensentwicklung:

- adaptive Maschinenentwicklung für C-Faser Aufbereitung
- mobile und flexible Maschinen
- Anpassung an neue Rahmenbedingungen (CF-Stäube, Verschleiß)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**www.plattform-FOREL.de**



**Fragen:**

Prof. Dr.-Ing Holger Lieberwirth

Dipl. Wirt.-Ing. Thomas Krampitz

**Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM)**

Lampadiusstraße 4 / 09596 Freiberg

Tel.: 03731 / 39-2854

Net: <http://tu-freiberg.de/fakult4/iam>

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

BETREUT VOM



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie