

EXHIBIT 1027

URT EX1027
URT Umwelt und Recyclingtechnik v. Duesenfeld
IPR2024-00887



Quelle: Volkswagen AG



Mechanischer Aufschluss im Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Jan Diekmann*, Steffen Sander**, Christian Hanisch*, Guido Sellin***, Arno Kwade*

*Institut f. Partikeltechnik, TU Braunschweig **Hosokawa Alpine AG ***Electrocycling GmbH

Aufbereitung und Recycling, Freiberg, 14. November 2013

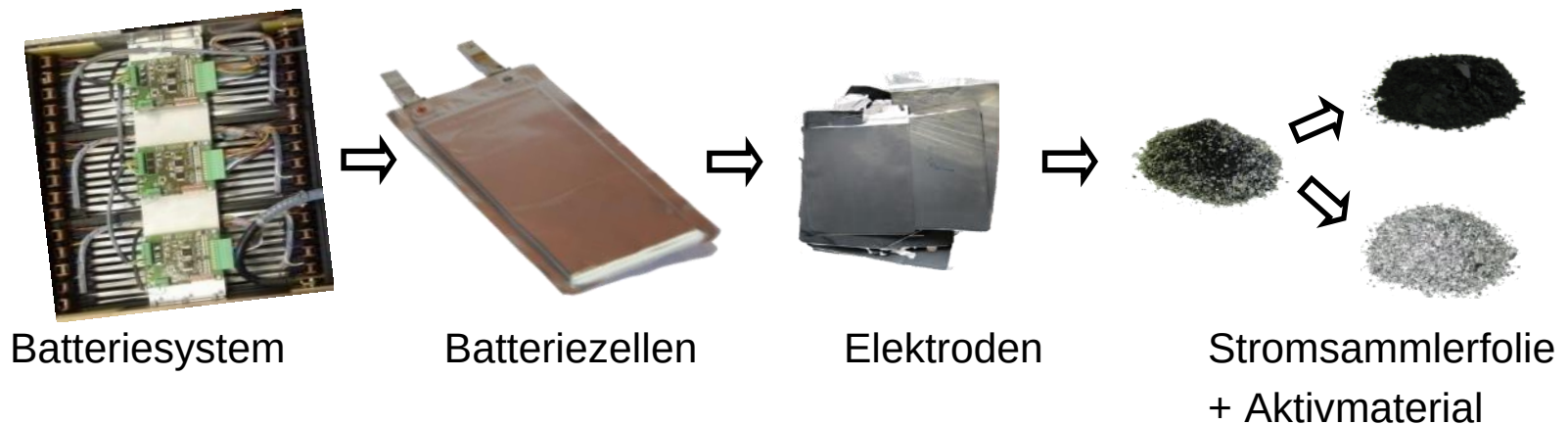
URT EX1027

URT Umwelt und Recyclingtechnik v. Duesenfeld

IPR2024-00887

LithoRec II

- Ziel ist die Weiterentwicklung des in LithoRec konzipierten Recyclingverfahrens



- Bau einer Anlage im Pilotmaßstab zum Recycling von 100.000 kg Lithium-Ionen-Batteriezellen pro Jahr inklusive Systembauteile
- Maximierung der Recyclingquote

LithoRec II

Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Projektkonsortium



Gefördert durch



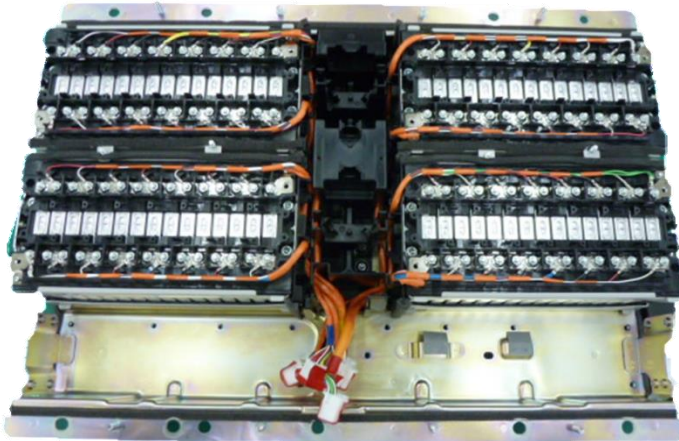
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Projektträger



Spezifikationen Aufgabematerial

Batteriesystem und Batteriemodul



- 50 - 70 % Batteriezellen
- 15 - 45 % Gehäusebestandteile
- 2 - 6 % Kabel
- 2 - 3 % Elektronik, Platinen
- 0 - 3 % Kühlrohre
- 0 - 3 % Stromleiterschienen
- 1 - 2 % Schrauben, Metallteile
- < 1 % Tape, etc.

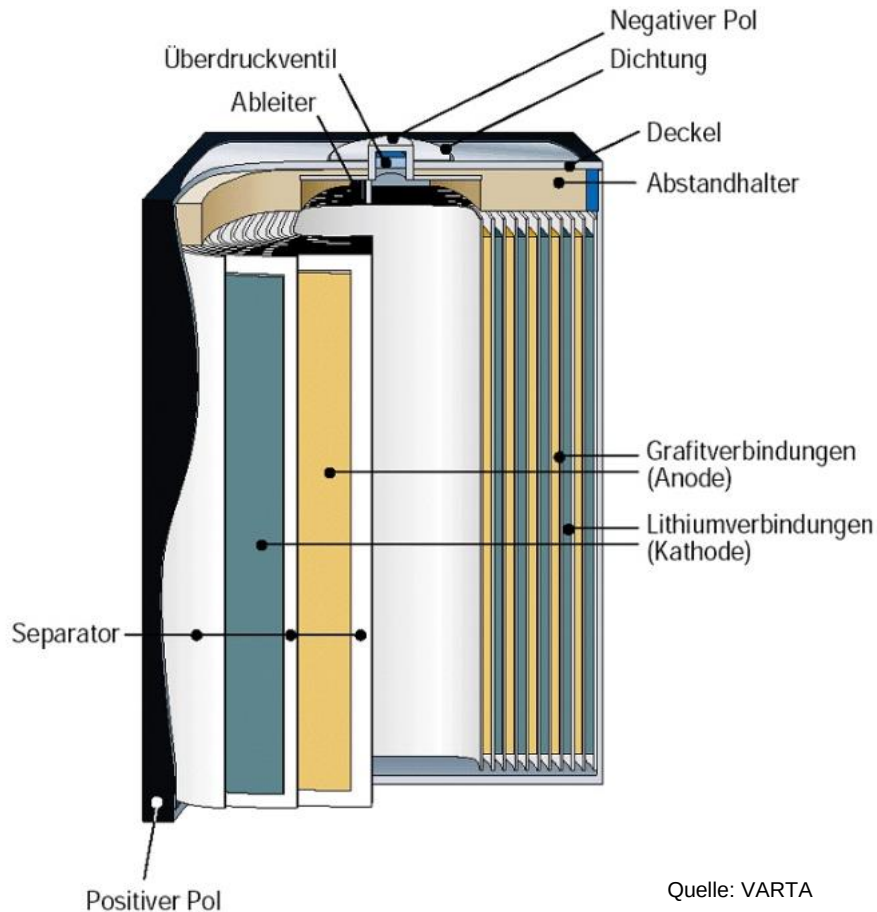


Quelle: Volkswagen AG

- Aufgabematerial ist äußerst heterogen (Stückgröße, -form, Material)
- Meist duktile Werkstoffe, teilweise Stahlblech mit bis zu 1 mm Wandstärke und/oder massive Teile aus Stahl

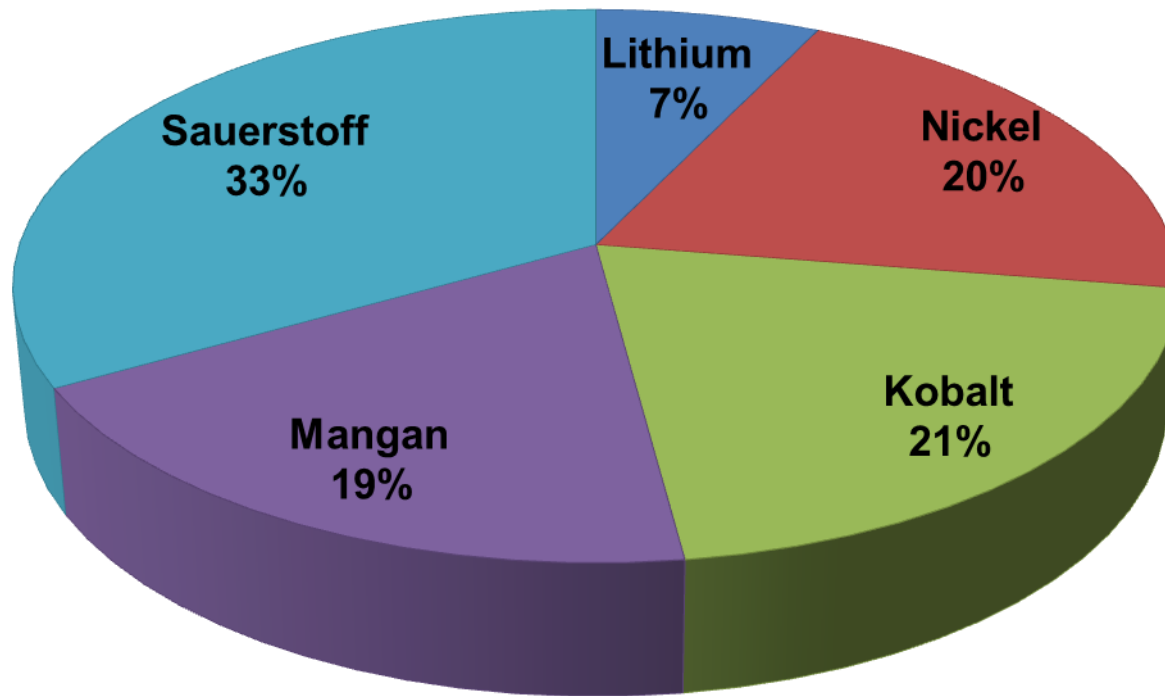
Spezifikationen Aufgabematerial

Lithium-Ionen-Batterie



- ca. 65 % Elektroden
 - Metallfolie + Beschichtung + Binder + Leitfähigkeitsadditive
 - Anode: Cu-Folie + Graphit
 - Kathode: Al-Folie + LiMO_2 ($M = \text{Mn, Ni, Co}$)
- 10 - 15 % Stahl- oder Aluminiumgehäuse
- 10 - 20 % Elektrolyt
- 2 - 5 % weitere Teile
- ca. 3 % Separator/ Folie

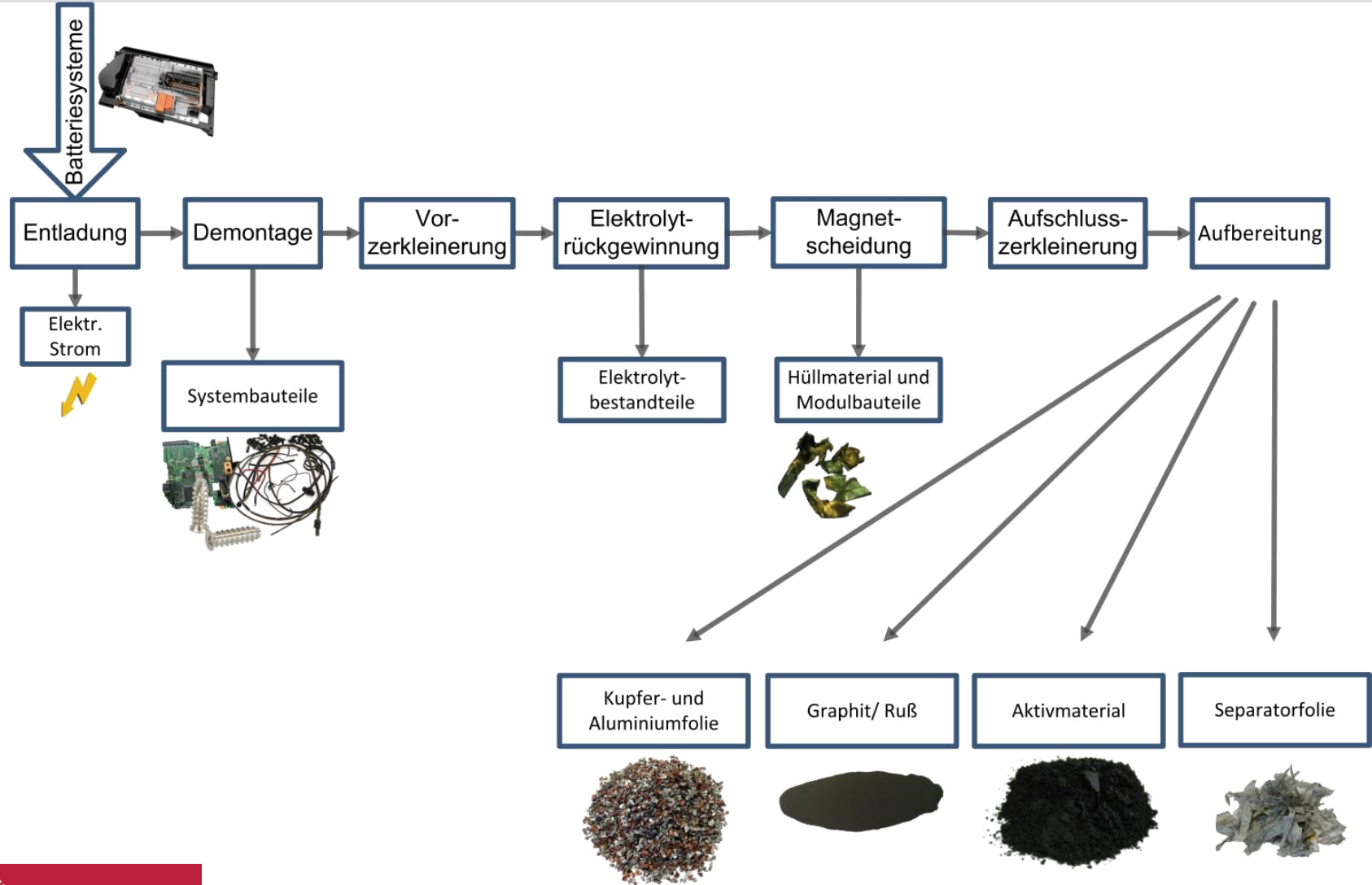
Stöchiometrische Zusammensetzung des Aktivmaterials Lithium-Nickel-Kobalt-Mangan-Oxid



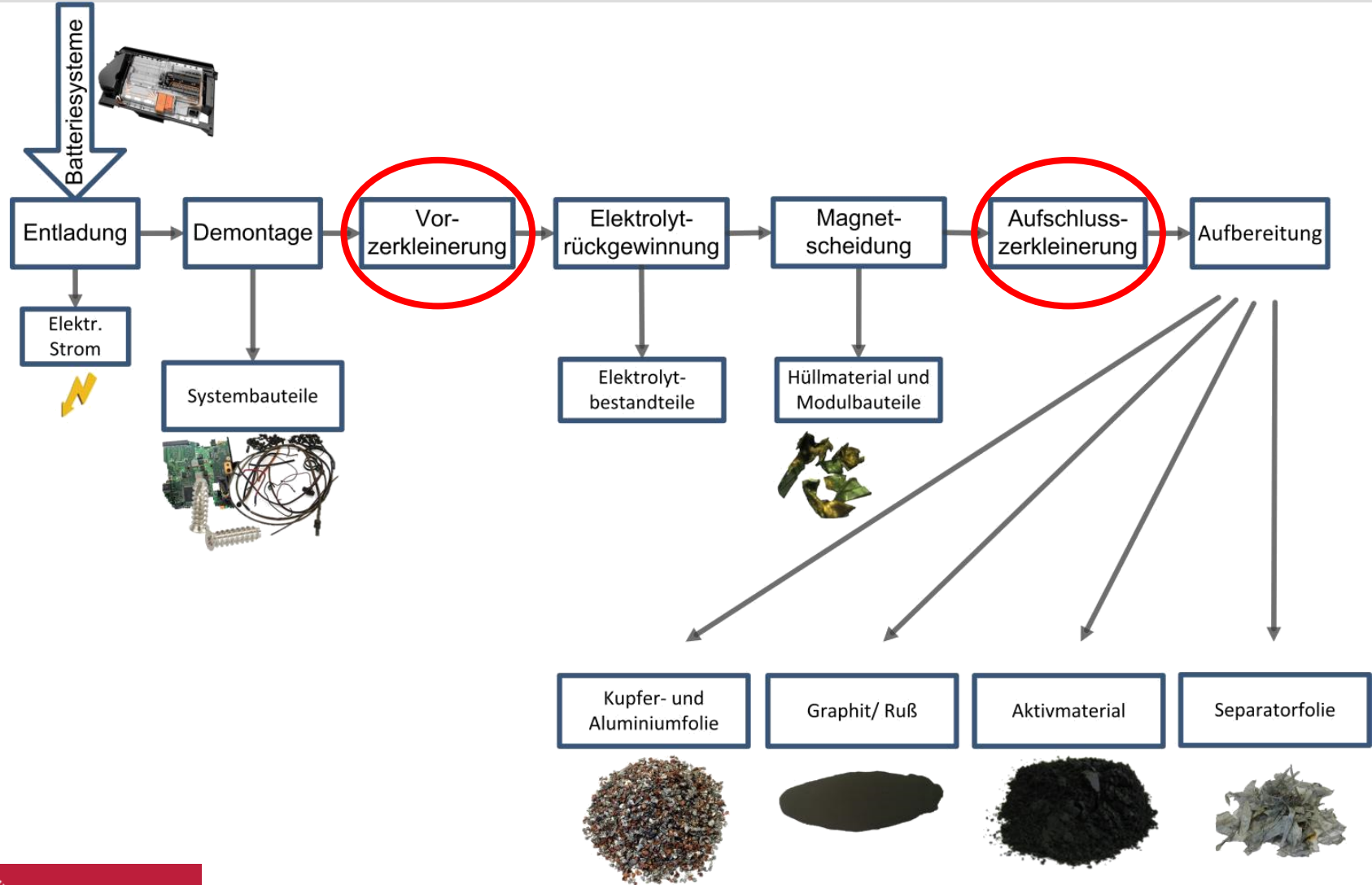
Pro 200 Batteriezellen:

- ca. 4 kg Lithium
- ca. 12 kg Nickel
- ca. 12 kg Kobalt
- ca. 10 kg Mangan

Zerkleinerungsschritte im Recycling-Prozess



Zerkleinerungsschritte im Recycling-Prozess



Inhaltsstoffe von Lithium-Ionen-Batterien

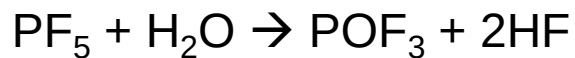
Bestandteile des Elektrolyten

- **Lösungsmittel** des Elektrolyten sind entzündlich
 - Dimethylcarbonat (DMC)
 - Ethylmethylcarbonat (EMC)
 - Diethylcarbonat (DEC)



Quelle: Menke Industrieverpackungen

- **Leitsalz** Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) neigt unter Temperatur und Feuchtigkeit zur Zersetzung [1].



[1]: Hui Yang et. Al, Journal of Power Sources 161, 573-679, 2006

Inhaltsstoffe von Lithium-Ionen-Batterien

Bestandteile der Beschichtungen

- Binder **Polyvinylidenfluorid (PVDF)**
 - Zersetzung bei einem Brand
 - Entstehung von Fluorwasserstoff
- Bestandteile der **Beschichtungsmaterialien**
 - Staub-Explosionsgefahr
 - Bestandteile einiger kathodischer Beschichtungsmaterialien sind kanzerogen





HOSOKAWA
ALPINE

Ansätze zur technischen Umsetzung der Zerkleinerung

Steffen Sander

Dr.-Ing., Manager R&D

Technical Division

phone +49 821 5906 221

Fax +49 821 5906 466

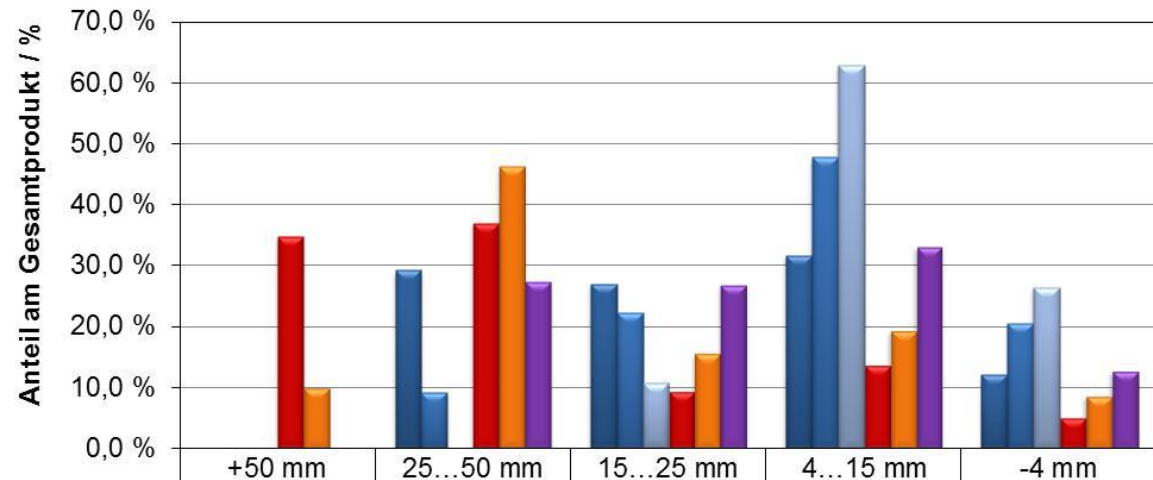
e-mail s.sander@alpine.hosokawa.com



HOSOKAWA ALPINE

Vorzerkleinerungsmaschine

- Ergebnisse von Zerkleinerungsversuchen mit verschiedenen Vorzerkleinerungsmaschinen (LFP-Zellen ohne Elektrolyt)



	+50 mm	25...50 mm	15...25 mm	4...15 mm	-4 mm
Radialspalt-RS 1, Rundloch 50 mm	0,0 %	29,2 %	27,0 %	31,6 %	12,1 %
Radialspalt-RS 1, Rundloch 35 mm	0,0 %	9,3 %	22,3 %	47,8 %	20,6 %
Radialspalt-RS 2, Rundloch 30 mm	0,0 %	0,0 %	10,6 %	62,9 %	26,4 %
2-Wellen-Axialpalt-RS ohne Rost	34,8 %	37,0 %	9,5 %	13,7 %	5,1 %
2-Wellen-Axialpalt-RS ohne Rost, 2 x zerkleinert	10,1 %	46,3 %	15,7 %	19,4 %	8,6 %
3-Wellen-Axialpalt-RS, Rundloch 40 mm	0,0 %	27,5 %	26,8 %	33,1 %	12,7 %

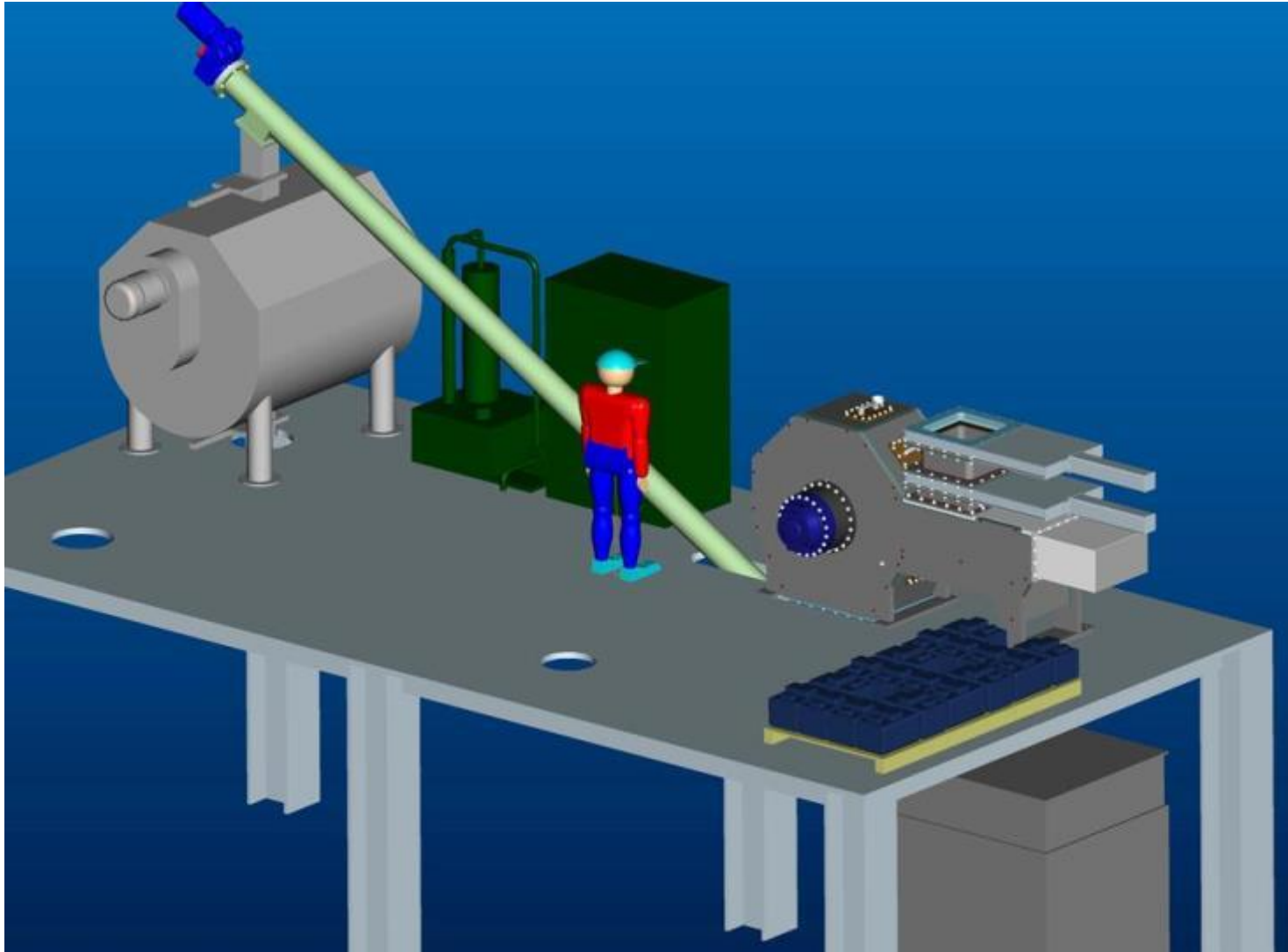
Vorzerkleinerungsmaschine

▪ Pflichtenheft für die Vorzerkleinerungsmaschine

- Radialspaltrotorschere
- Siebrost, Öffnungsweiten 30...50 mm
- Aufgabestückmasse bis ca. 30 kg
- Zwangszuführung des Materials zum Rotor
- Reversierfunktion des Rotors
- Anfahren im gefüllten Zustand möglich
- Gasdichtes Gehäuse
- Inertgasstrom zum Austrag der Lösemitteldämpfe
- Inertisierbare Schleuse zum Materialeintrag
- Gasdichte Anbindung an Folgeprozess (Elektrolytrückgewinnung)

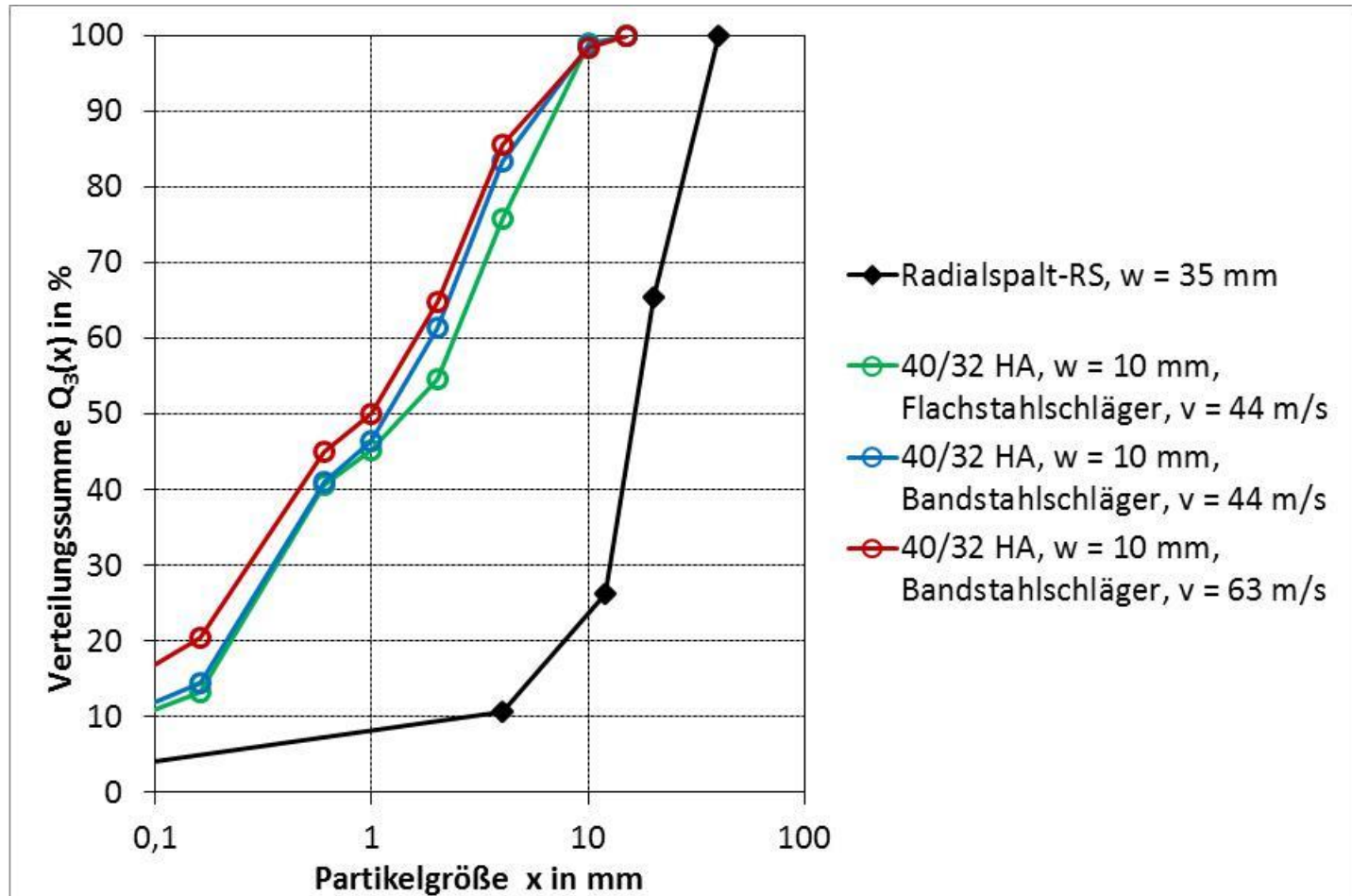
→ **Neukonstruktion auf Basis der DURALINE**

Vorzerkleinerungsmaschine



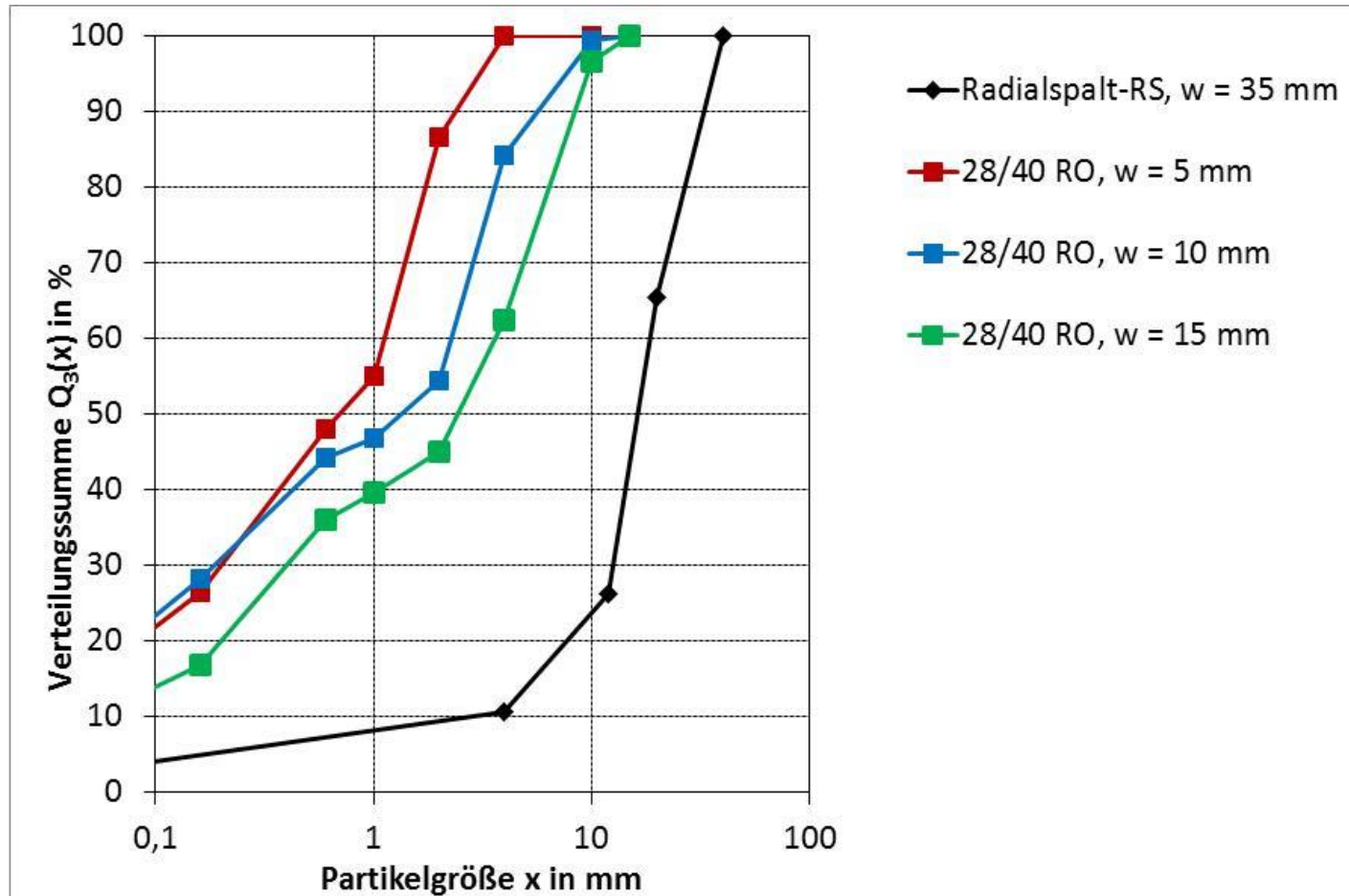
Aufschlusszerkleinerung

■ Aufschlusszerkleinerungsversuche mit einer Hammermühle



Aufschlusszerkleinerung

- Aufschlusszerkleinerungsversuche mit einer Messerschneidmühle



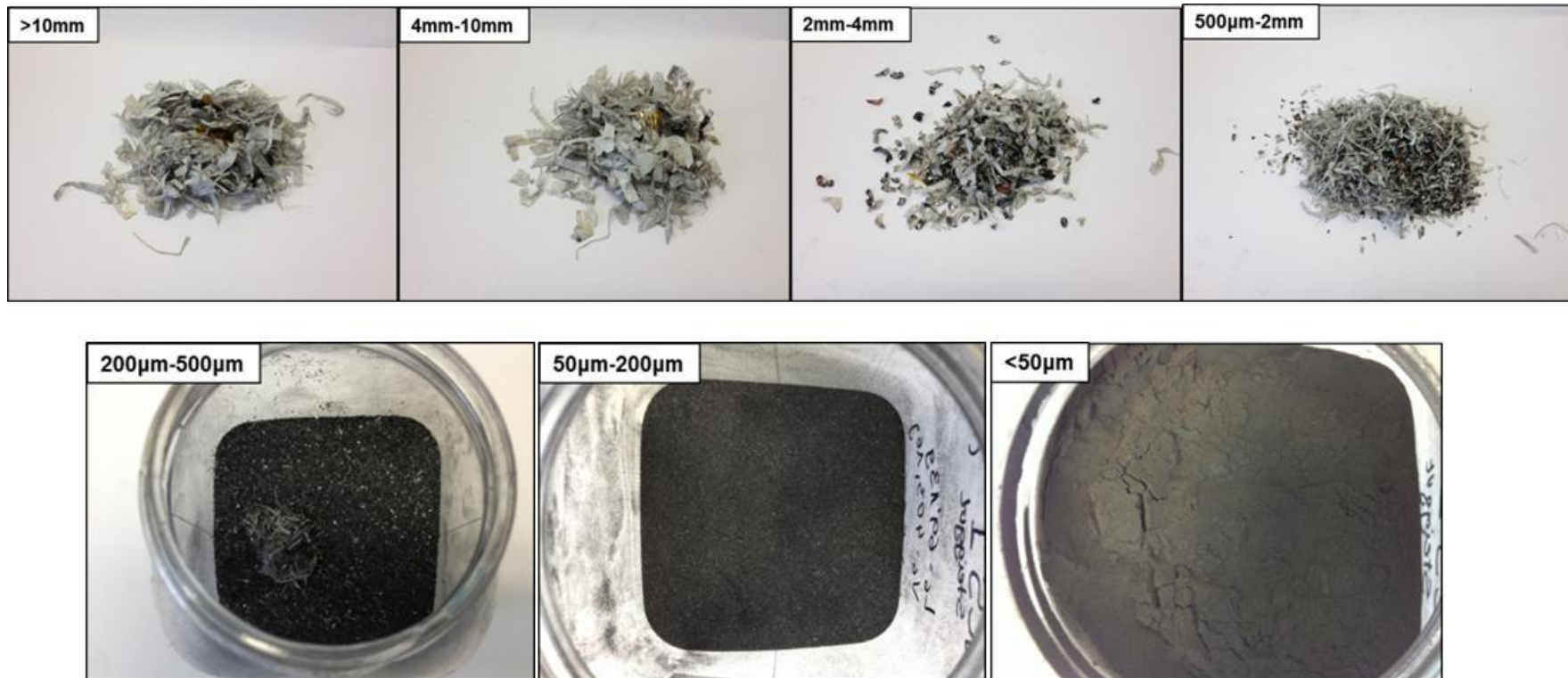
Aufschlusszerkleinerung

- Betriebsversuche bei der Fa. Electrocycling, Goslar



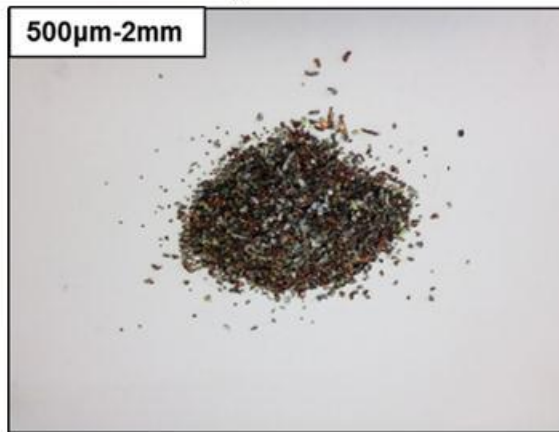
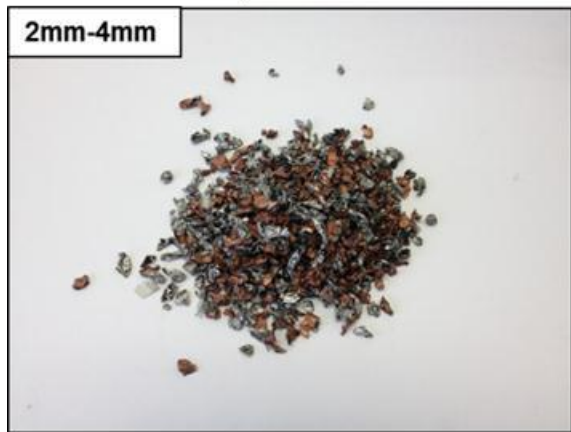
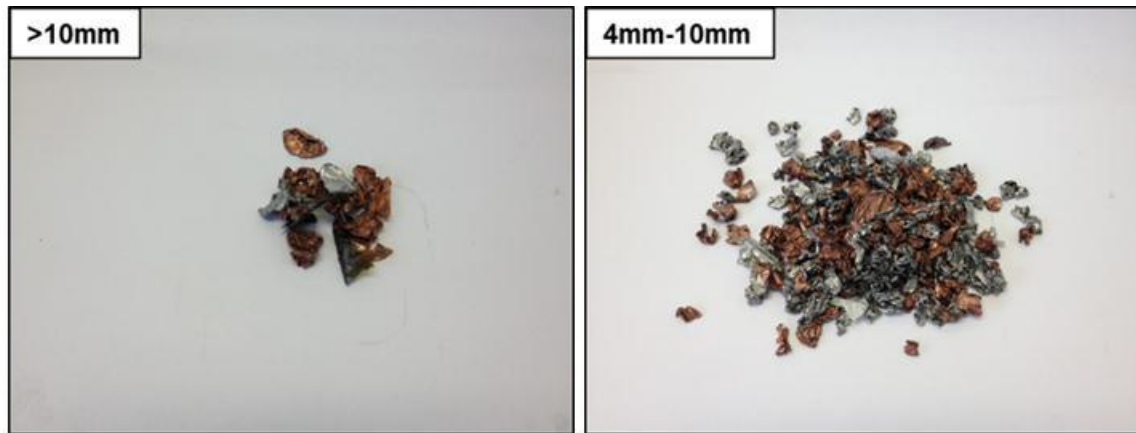
Aufschlusszerkleinerung

- Ergebnisse der Betriebsversuche bei der Fa. Electrocyling, Goslar → Steiggut



Aufschlusszerkleinerung

- Ergebnisse der Betriebsversuche bei der Fa. Electrocycling, Goslar → Sinkgut



Aufschlusszerkleinerung

▪ Fazit aus den Versuchen:

- Messerschneidmühle ROTOPLEX bringt beste Ergebnisse in Bezug auf
 - Verformung des Zerkleinerungsproduktes
 - Aufschluss der Beschichtungsbestandteile
- Schutz der Messerschneidmühle durch Magnetscheider und/oder Schwerteilfalle notwendig
- Klärung der Gefährdung durch Staubexplosionsfähigkeit notwendig → kann noch zur Umstellung des Verfahrens führen

Ausblick

- **Aufstellung der Anlagenteile und Inbetriebnahme der Pilotanlage bei Electrocycling, Goslar ca. Mitte 2014**
- **Pilotbetrieb mit Versuchskampagnen zur Charakterisierung der Zerkleinerungs- und Aufbereitungsprodukte sowie des Ausbringens der Wertstoffe**
 - Variation des Aufgabegutes (Batterie-Module aus den Testfahrzeugen von VW und Audi)
 - Variation der Maschinenparameter
- **Lithiumhaltige Aktivmaterialien werden in der Pilotanlage zur hydrometallurgischen Aufbereitung bei Rockwood Lithium, Langelsheim eingesetzt**
- **Projektabschluss ca. Mitte 2015**

Vielen Dank!

Für Ihre Aufmerksamkeit!

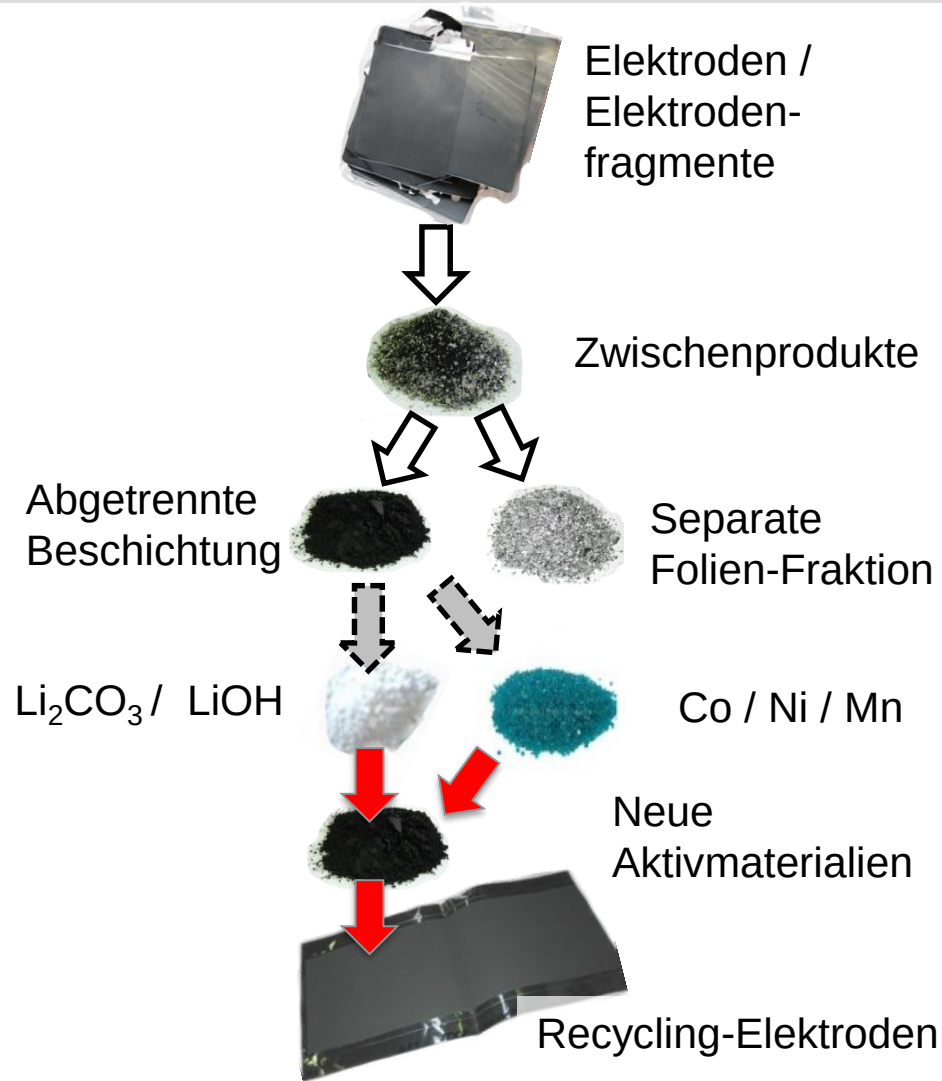
An das **LithORec II** - Projektkonsortium

Und an Fördergeber und
Förderträger



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

VDI|VDE|IT



Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Batterie

