Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt) –

Stoffkreisläufe schließen und nachhaltige Batterielebenszyklen systematisch gestalten

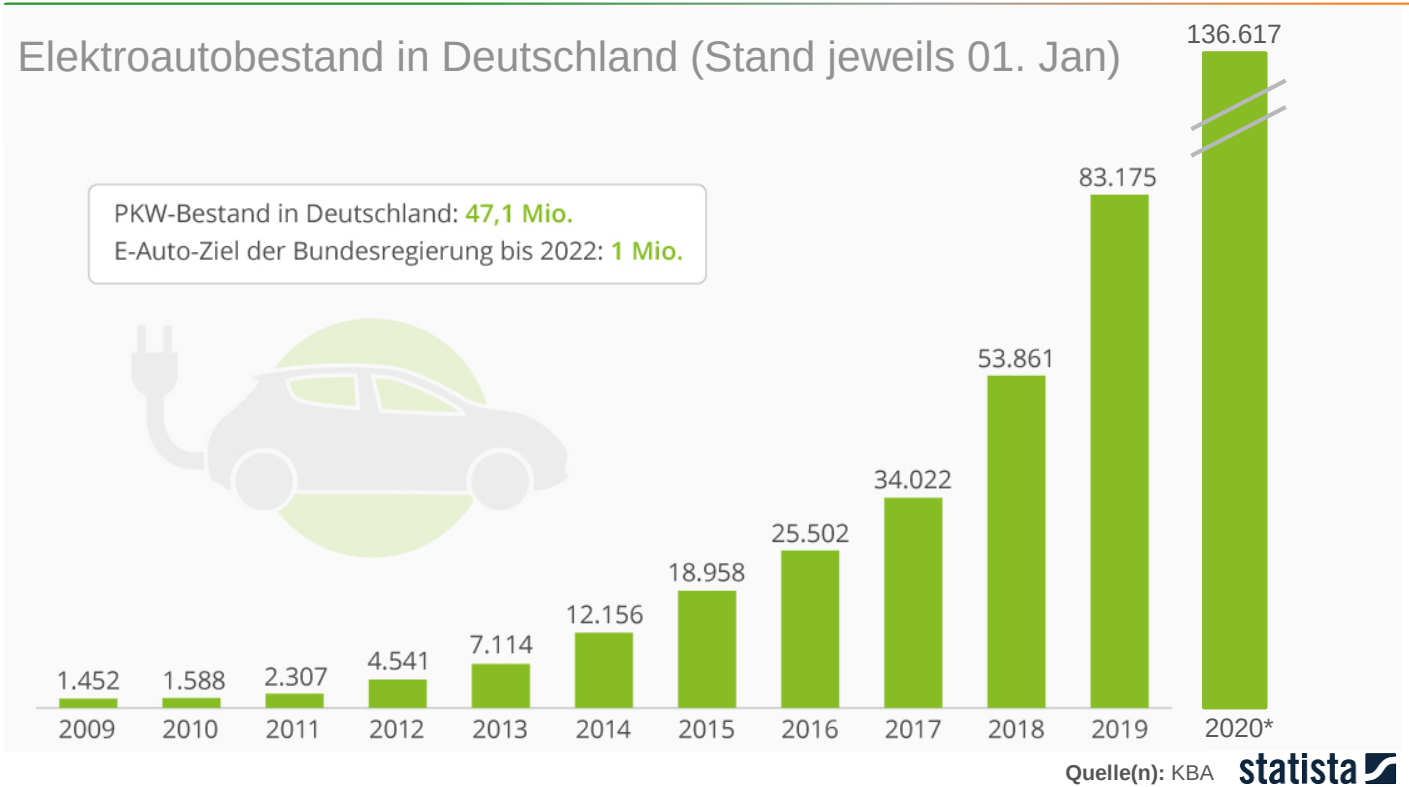
Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Innovationsforum Recyclingregion Harz

29.04.2021

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

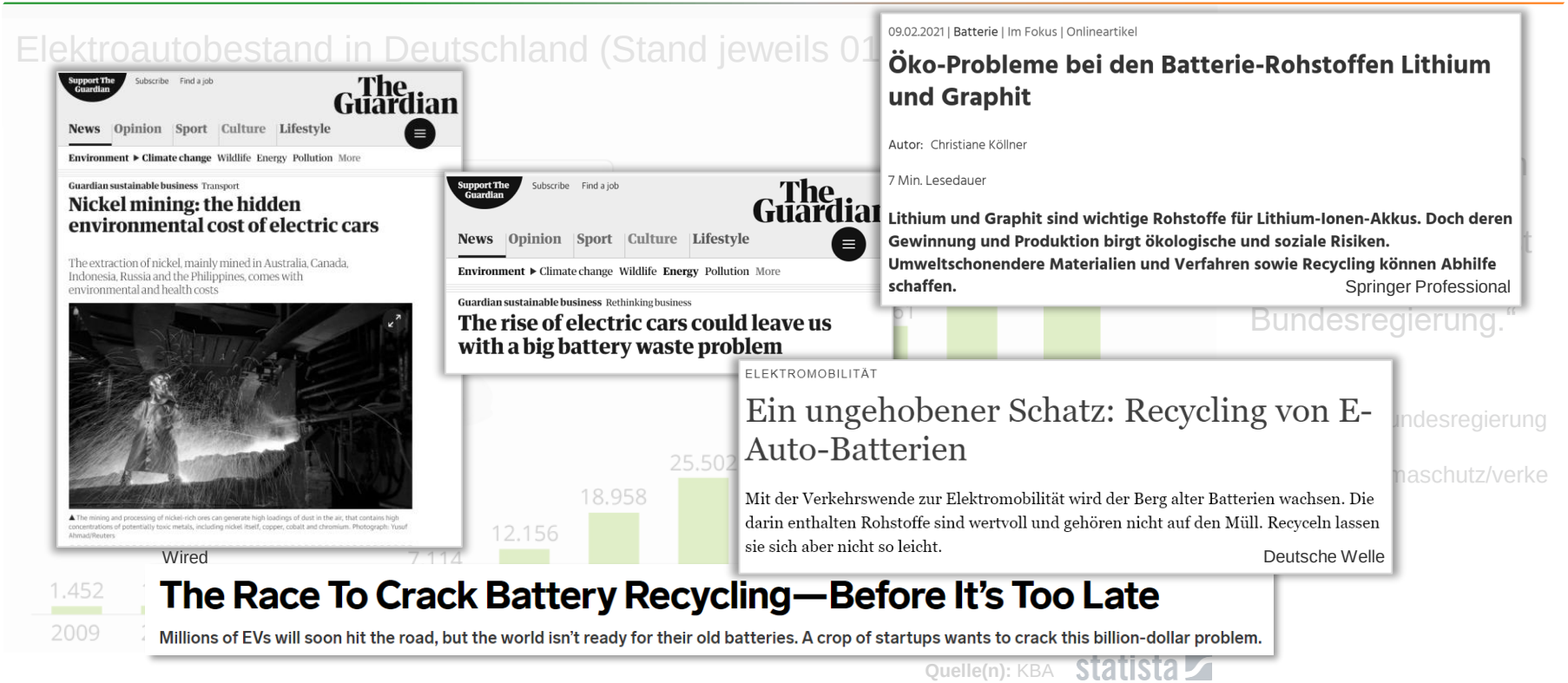
Batterien als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität - Elektrofahrzeuge für nachhaltige Mobilität



„Bis 2030 sollen sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen sein, ist das Ziel der Bundesregierung.“

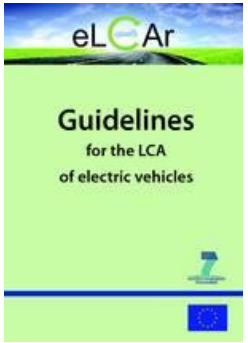
Quelle: https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/verkehr-1672896

Batterien als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität - Elektrofahrzeuge für nachhaltige Mobilität



Batterien als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität - Elektrofahrzeuge für nachhaltige Mobilität

eLCAr Guidelines



...

EU Green Deal

Circular Economy Action Plan

Aktualisierung Batterie-Direktive

Planung Lieferkettengesetz

...

Acatech/ Circular Economy Initiative Deutschland/ SYSTEMIQ

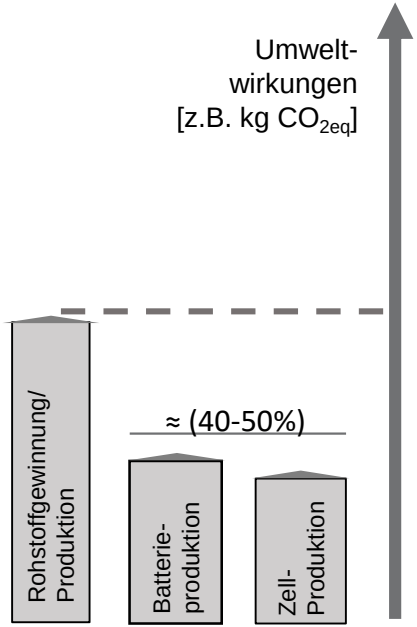
...

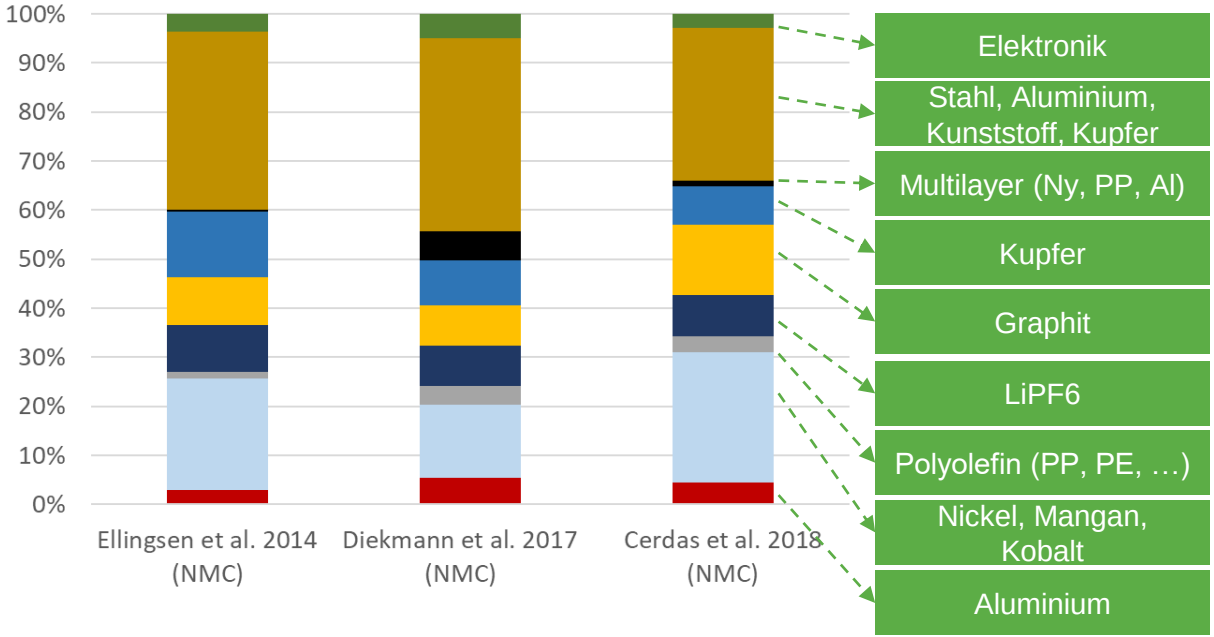
Agenda

1. Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus
2. Dachkonzept Forschungsfabrik Batterie und Kompetenzcluster greenBatt
3. Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

Rolle des End-of-Life im Produktlebenszyklus

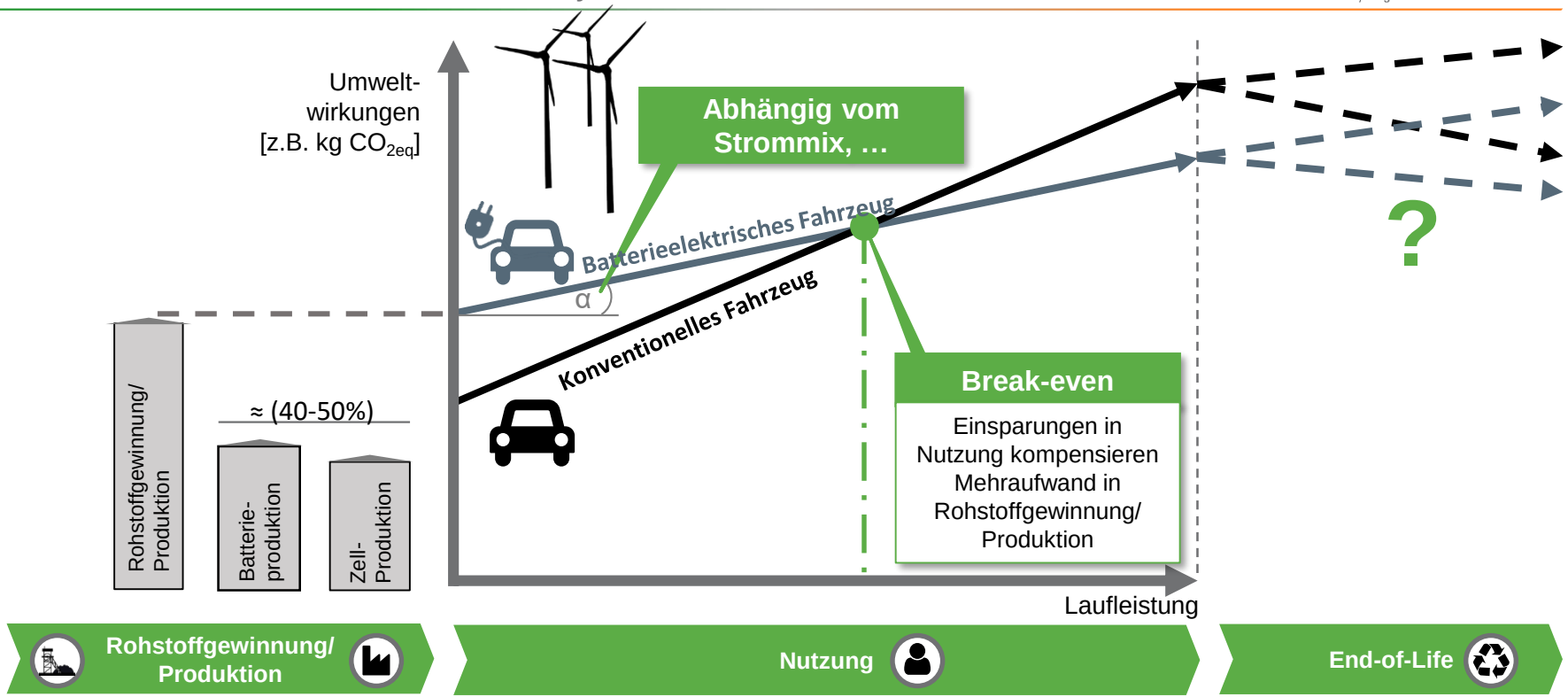




Rohstoffgewinnung/ Produktion

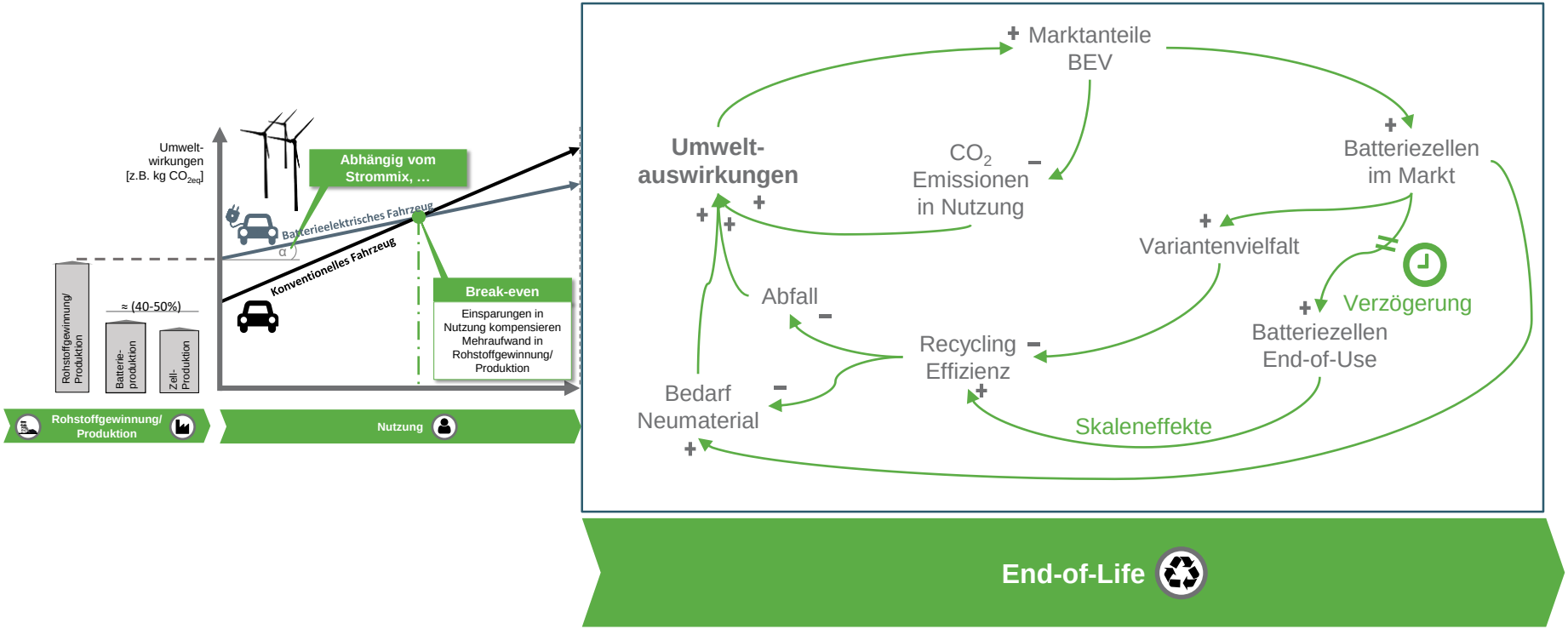
Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

Rolle des End-of-Life im Produktlebenszyklus



Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

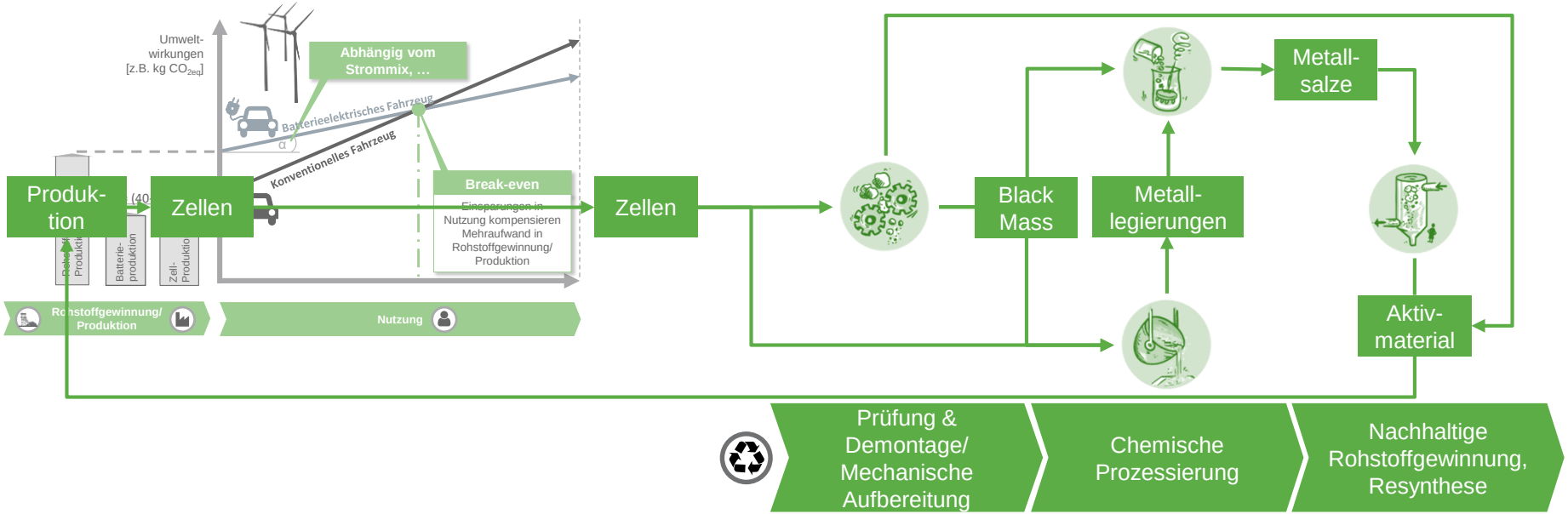
Rolle des End-of-Life im Produktlebenszyklus



Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

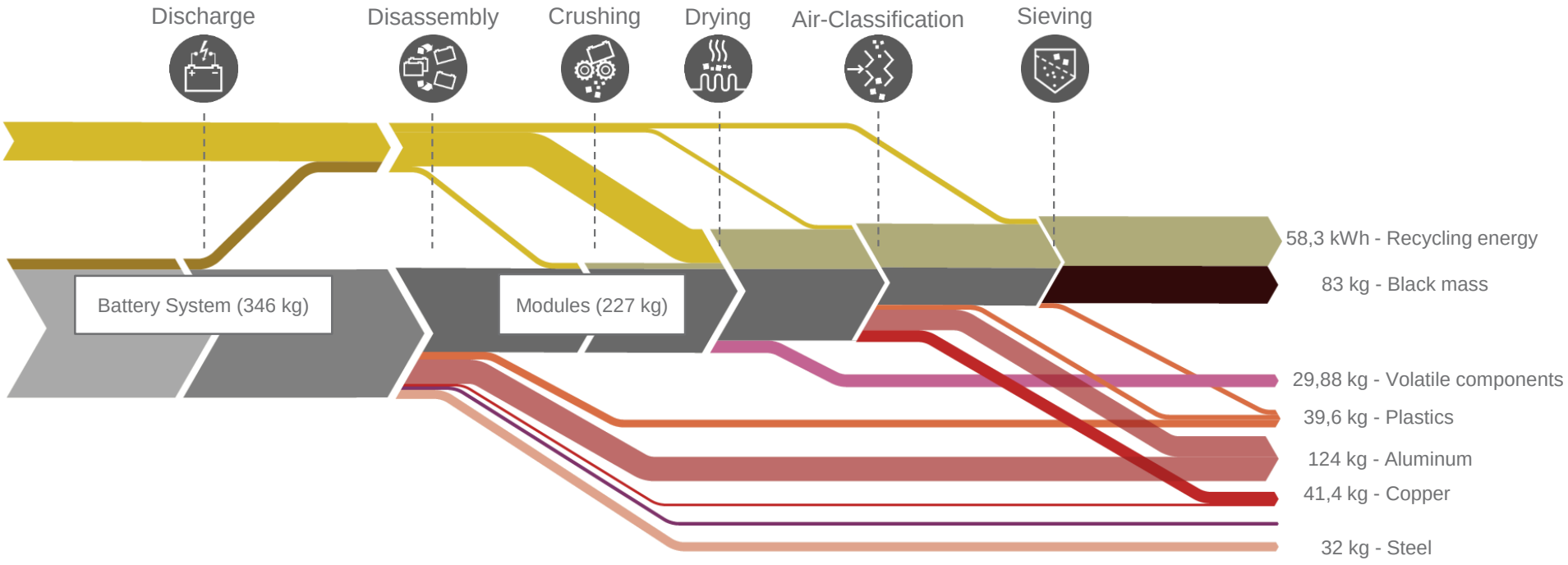
Recyclingprozessrouten (generalisiert)

Generalisierte Recyclingprozessrouten, basierend auf [Sommerville 2021]



Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

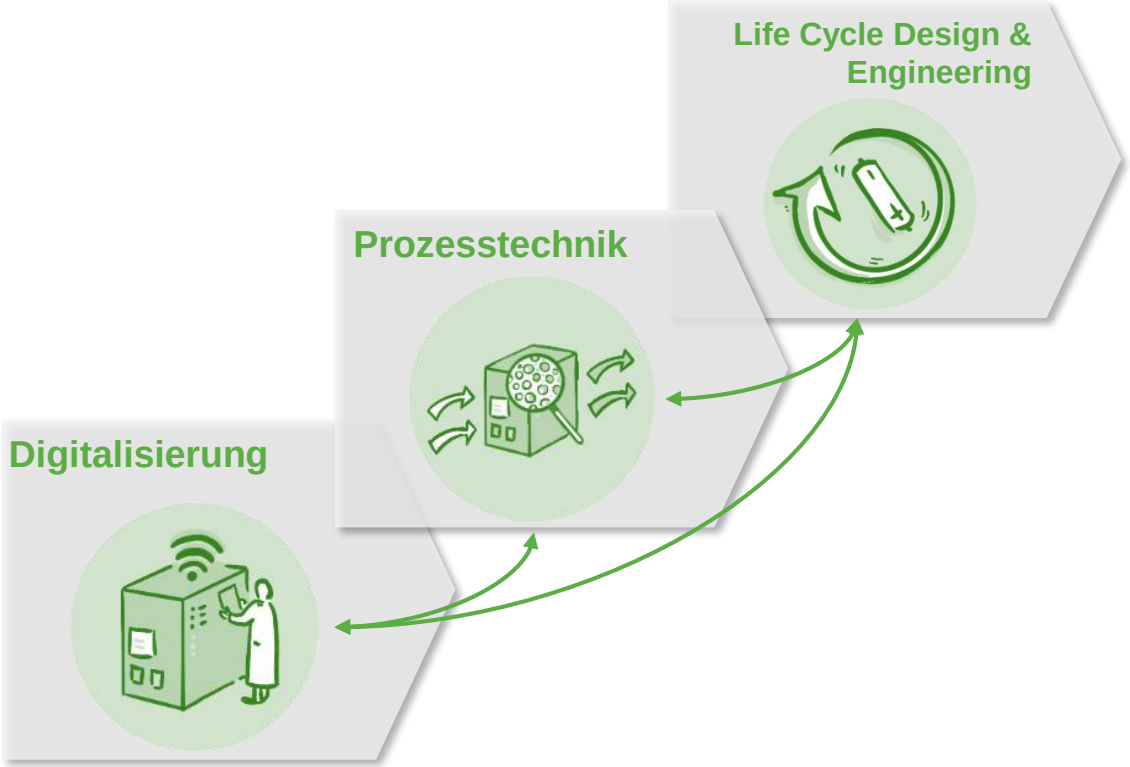
Beispiel Energie- und Materialflüsse LithoRec II



[LithoRec II, Cerdas et al. 2018]

Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

Grundlegende Lösungsansätze



Agenda

1 Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus

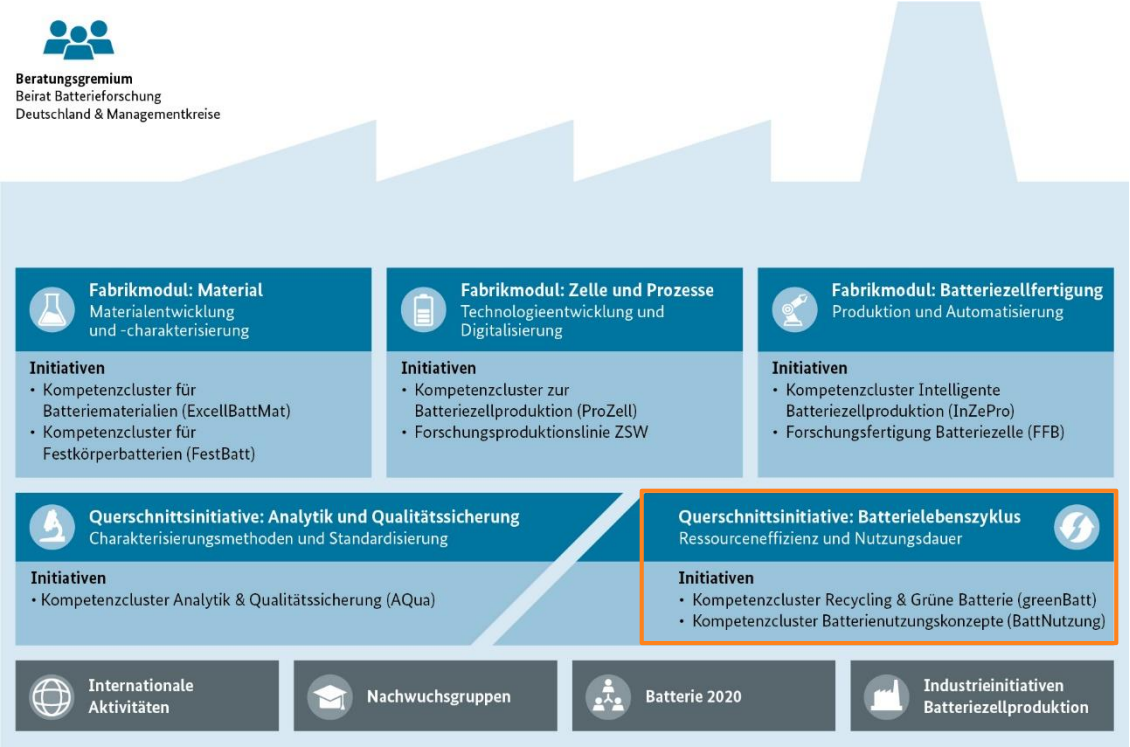
2 Dachkonzept Forschungsfabrik Batterie und Kompetenzcluster greenBatt

3 Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

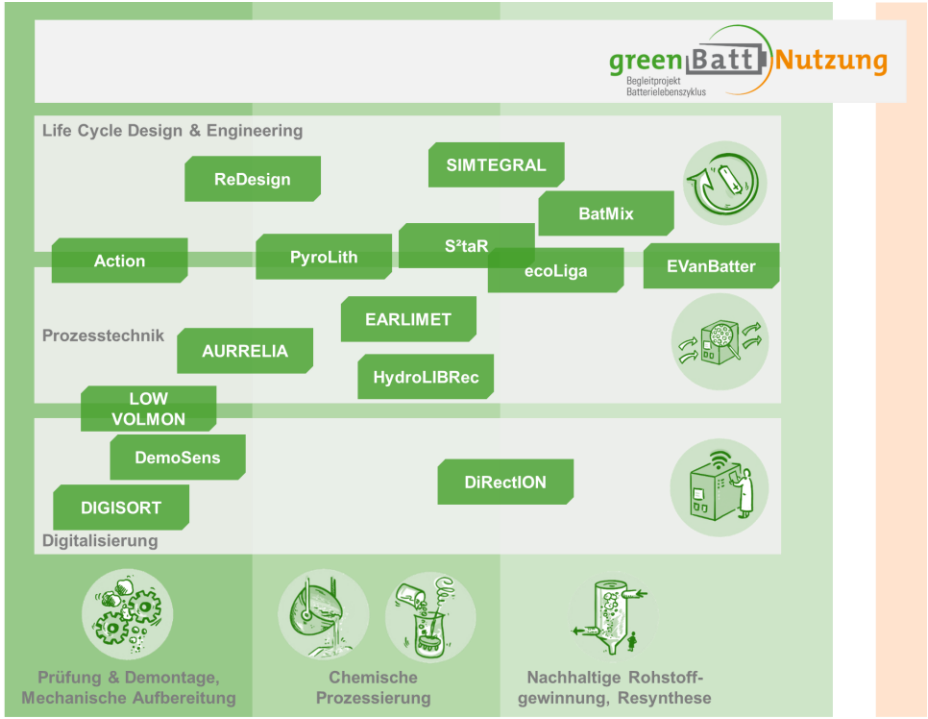
Dachkonzept des BMBF zur Batterieforschung
www.batterieforschung.de

Ziele des Dachkonzepts

- Stärkung der deutschen Batterie-forschung entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Beschleunigung des Transfers in die industrielle Anwendung
- Erschließung neuer Märkte
- Etablierung der Batteriezellproduktion in Deutschland
- Erschließung von Möglichkeiten der Digitalisierung
- Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchs
- Unterstützung der Aus- und Weiterbildung
- …



Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)



Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie

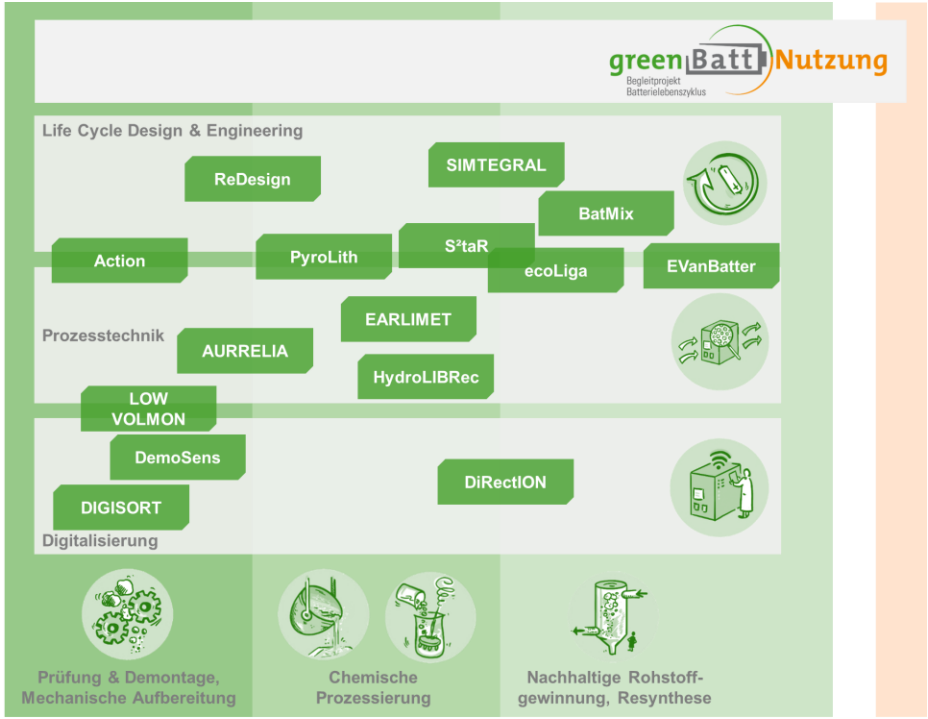
Mission:

Entwicklung, Gestaltung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Werkzeuge für einen energie- und materialeffizienten Lebenszyklus und geschlossene Stoff- und Materialkreisläufe

Clusterziele:

- Entwicklung und Anwendung innovativer Recycling- und Resynthese-Prozesse
- Erhöhung der Qualität und Verfügbarkeit von Daten zur Entwicklung multidisziplinärer Lebenszyklusmodelle und -werkzeuge
- Empfehlungen für Design für Recycling und für End-of-Use

Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)



greenBatt Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie

Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie

Mission:

Entwicklung, Gestaltung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Werkzeuge für einen energie- und materialeffizienten Lebenszyklus und geschlossene Stoff- und Materialkreisläufe

Koordinatoren:

- Prof. Christoph Herrmann
- Prof. Alexander Michaelis
- Prof. Bernd Friedrich

15 Forschungsprojekte + Begleitprojekt

Fördermittel: ca. 30 Mio. €

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)
Cluster-Partner

Technische Universität Braunschweig

Rheinisch-Westfälisch Technische Hochschule (RWTH) Aachen

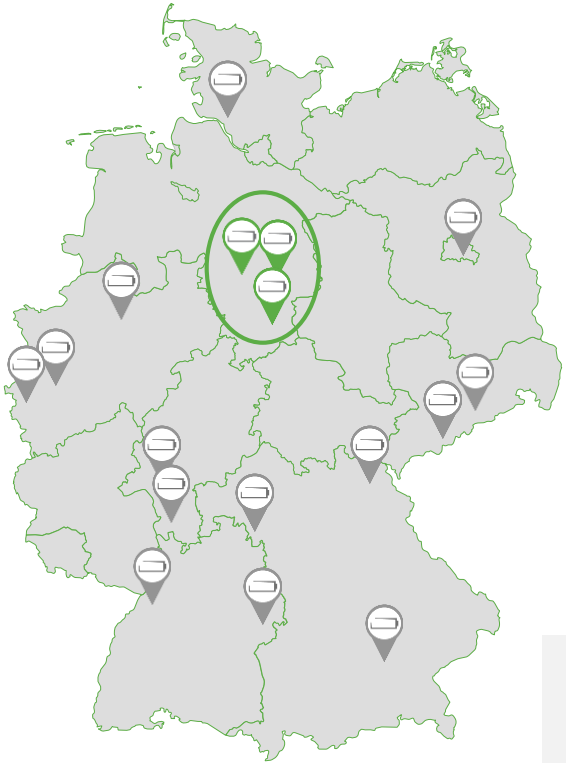
Fachhochschule Münster

Forschungszentrum Jülich GmbH

Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Fraunhofer-Gesellschaft

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Technische Universität Clausthal

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.

Universität Bayreuth

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) & Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR

∑ 34 Institute bzw. Forschungsstellen

Zirkulare Batterieproduktion in der Recyclingregion Harz

Forschung

Technische Universität Braunschweig

Technische Universität Clausthal

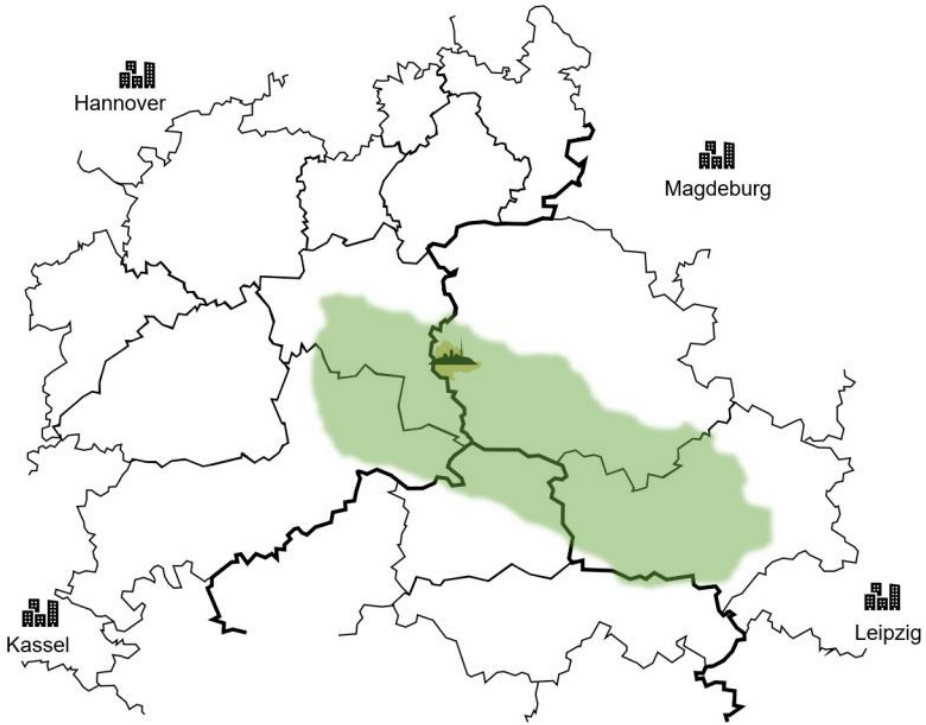
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST)

Fraunhofer Heinrich-Hertz Institut (HHI)

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

…



Industrie

Volkswagen /Northvolt

Düsenfeld

Taniobis/JX Metals

Albemarle

Electrocycling

Stöbich Brandschutz

pdv-software

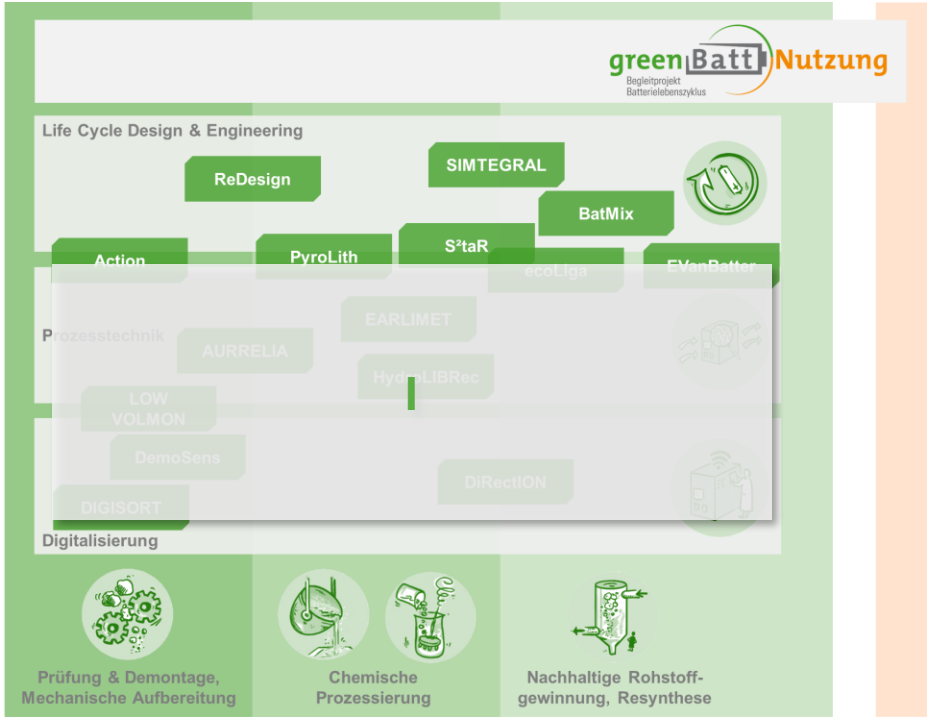
Bosch (MAN,…)

Quelle: IFAD TU Clausthal

Agenda

1. Bedeutung des End-of-Life im Batterielebenszyklus
2. Dachkonzept Forschungsfabrik Batterie und Kompetenzcluster greenBatt
3. Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele



Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie

Themencluster/ Schnittstellen:

I. Prozesstechnik X Digitalisierung

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

Prozesstechnik X Digitalisierung I

Prüfung & Demontage, Mechanische Aufbereitung

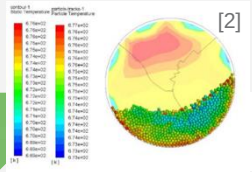
Prozesstechnik

Action

Aufarbeitung von Elektrodenausschüssen und Rückführung des Rezyklats in die Elektrodenherstellung

[1]

LOWVOLMON



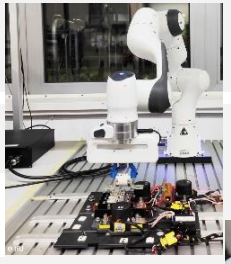
[2]

Monitoring schwerflüchtiger Elektrolyte in der mechanischen Recyclingprozesskette

Digitalisierung

DemoSens

Digitalisierung einer automatisierten Demontage und sensorgestützten mechanischen Aufbereitung



[3]

DIGISORT

Digitalisierung mechanischer Sortierprozesse beim mechanischen Batterierecycling

[4]

[1] TUBS IPAT
[2] TU Clausthal IEVB
[3] IfU e.V:
[4] TU Bergakademie Freiberg – MVTAT

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele
Prozesstechnik X Digitalisierung II

Chemische Prozessierung

Nachhaltige Rohstoff-gewinnung, Resynthese

PyroLith

Rückgewinnung von Li aus Mn-haltigen Schlacken durch Pyrometallurgie-Schlackenaufbereitung-Hydrometallurgie

Gegenüber Verunreinigungen robuste Resyntheseroute von Aktivmaterialien

EVanBatter

AURRELIA

Optimierung nasser Aufbereitungs-techniken …

[1]

S²taR

Recyclingprozesse für Feststoffbatterien

[3]

Prozesstechnik

ecoLiga

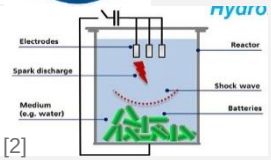
Recycling und Resynthese von Kohlenstoffmaterialien

Early Stage-Metall-rückgewinnung für das energie- und ressourceneffiziente Recycling

EARLIMET

HydroLIBRec

Hydromechanisches Li-Ionen-Batterie-Recycling



[2]

Digitalisierung

DiRectION

Data-Mining im Recycling von Lithium-Ionen Batteriezellen

[1] AVT.PR RWTH Aachen University
[2] Fh IWKS
[3] Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie – Anna Vanderbruggen

PyroLith

Rückgewinnung von Li aus Mn-haltigen Schlacken durch Pyrometallurgie-Schlackenaufbereitung-Hydrometallurgie

- Laufzeit: 01.12.2020 – 30.11.2023
- Projektpartner:
  - Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik (IFAD), TU Clausthal
  - Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik (IEVB), TU Clausthal
  - Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling (IME), RWTH Aachen
  - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover
  - Institut für Partikeltechnik (iPAT), TU Braunschweig
  - Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), TU Braunschweig

PyroLith

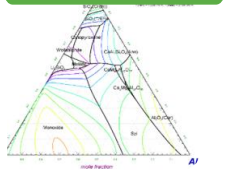
Rückgewinnung von Li aus Mn-haltigen Schlacken durch Pyrometallurgie-Schlackenaufbereitung-Hydrometallurgie

greenBatt
Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie

Projektziele/ Untersuchungsgegenstände:

- Entwicklung eines **stabilen Prozesses** zur **Rückgewinnung von Li**, weiteren potentiellen schlackenaffinen Wertträgern und einer verwertbaren Restschlacke
- Untersuchung der **Robustheit** bei unterschiedlichen und schwankenden Inputmischungen
- Ermittlung des **Einflusses von Inhaltsstoffen** (Mn, Verhältnis Mn/Al) auf Phasenbildungsprozess und Kornstabilitäten
- Entwicklung **geeigneter Aufschlussprozesse und möglicher Vorsortierung** in Abhängigkeit vom Schlackenaufbau
- Entwicklung **geeigneter Flotationsregime** zur Abtrennung der Li-Träger aus der Schlacke
- **Überprüfung des Laugungsverhaltens von Li-Träger-Phasen** in Abhängigkeit von den Begleitelementen (z.B. Mn)
- Indikatoren für die **ökonomische und ökologische Bewertung** der vorgeschlagenen Prozessroute

Thermodynamik



IEVB

Schmelz-versuche

IME

Phasen- und Strukturanalytik

BGR

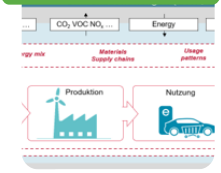
Zerkleinerung

iPAT

Flotation und Hydrometallurgie

IFAD

Ökonomische und ökologische Bewertung



IWF

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele
Prozesstechnik X Digitalisierung II

Chemische Prozessierung

Nachhaltige Rohstoff-gewinnung, Resynthese

PyroLith

Rückgewinnung von Li aus Mn-haltigen Schlacken durch Pyrometallurgie-Schlackenaufbereitung-Hydrometallurgie

Gegenüber Verunreinigungen robuste Resyntheseroute von Aktivmaterialien

EVanBatter

AURRELIA

Optimierung nasser Aufbereitungs-techniken …

[1]

S²taR

Recyclingprozesse für Feststoffbatterien

[3]

Prozesstechnik

ecoLiga

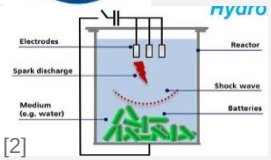
Recycling und Resynthese von Kohlenstoffmaterialien

Early Stage-Metall-rückgewinnung für das energie- und ressourceneffiziente Recycling

EARLIMET

HydroLIBRec

Hydromechanisches Li-Ionen-Batterie-Recycling



[2]

Digitalisierung

DiRectION

Data-Mining im Recycling von Lithium-Ionen Batteriezellen

[1] AVT.PR RWTH Aachen University
[2] Fh IWKS
[3] Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie – Anna Vanderbruggen

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie

Themencluster/ Schnittstellen:

I. Prozesstechnik X Digitalisierung
II. Prozesstechnik X Life Cycle Design & Engineering

Projektüberblick und ausgewählte Projektbeispiele

Prozesstechnik X Life Cycle Design & Engineering

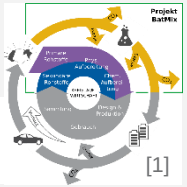
Prüfung & Demontage, Mechanische Aufbereitung

Chemische Prozessierung

Nachhaltige Rohstoff-gewinnung, Resynthese

ReDesign — Recyclinggerechte Konstruktion von Batteriesystemen

BatMix — Quantitative Bewertung des zukünftigen Rohstoffmix für die Batterieproduktion



[1]

Life Cycle Design & Engineering

SIMTEGRAL — Multi-Skalen Systemsimulation und Nachhaltigkeitsbewertung von primären und zirkulären Rohstoff-Supply Chains

Life Cycle Assessment

Prozesstechnik

Action | **PyroLith** | **S²taR** | **ecoLiga** | **EVanBatter**

[1] HZDR/ Max Frenzel

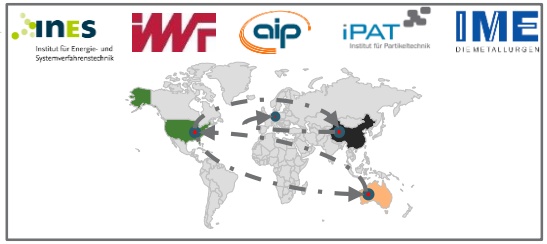
SIMTEGRAL

Integrierte Multi-Skalen Systemsimulation und Nachhaltigkeitsbewertung von primären und zirkulären Rohstoff-Supply Chains für Lithium-Ionen-Batterien

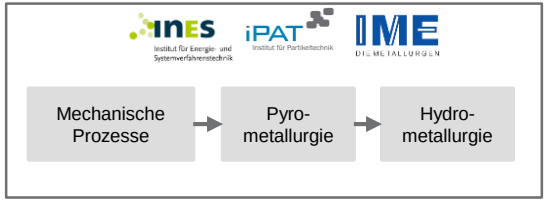
Modellentwicklung und -validierung

Integration

Lieferketten

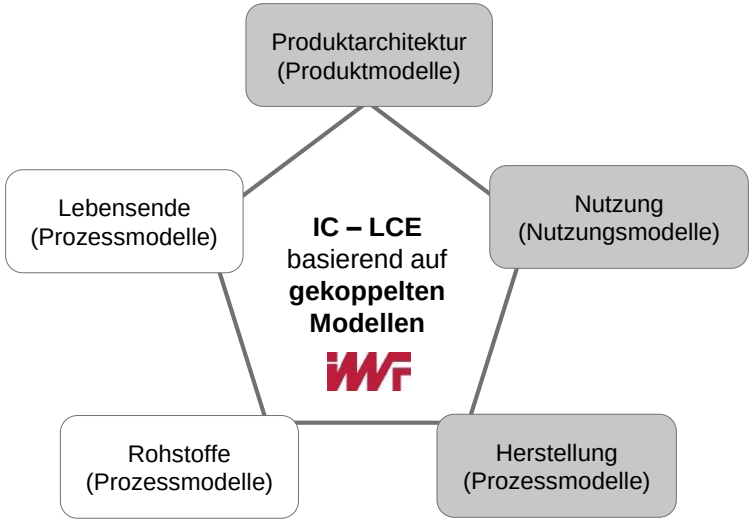


Prozessketten

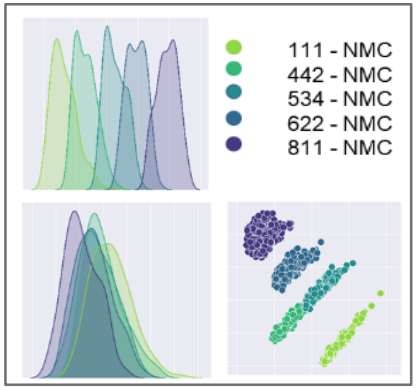


Prozesse

Erweiterung des IC-LCE Ansatzes



Evaluation



ökologisch

ökonomisch

sozial

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakte Technische Universität Braunschweig:

Prof. Dr.-Ing.
Christoph Herrmann

Technische Universität Braunschweig,
Institut für Werkzeugmaschinen und
Fertigungstechnik (IWF)
c.herrmann@tu-braunschweig.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und
Oberflächentechnik (IST)

Alexander Kaluza

Technische Universität Braunschweig,
Institut für Werkzeugmaschinen und
Fertigungstechnik (IWF)
a.kaluza@tu-braunschweig.de

Besuchen Sie den digitalen Stand der TU Braunschweig/ Battery LabFactory!

greenbatt-cluster.de

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt) –

Stoffkreisläufe schließen und nachhaltige Batterielebenszyklen systematisch gestalten

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Innovationsforum Recyclingregion Harz

29.04.2021

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung