

DEMONTAGE UND RECYCLING VON BATTERIEN DER E-MOBILITÄT

Fraunhofer Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

EMOKON-MKK 2022

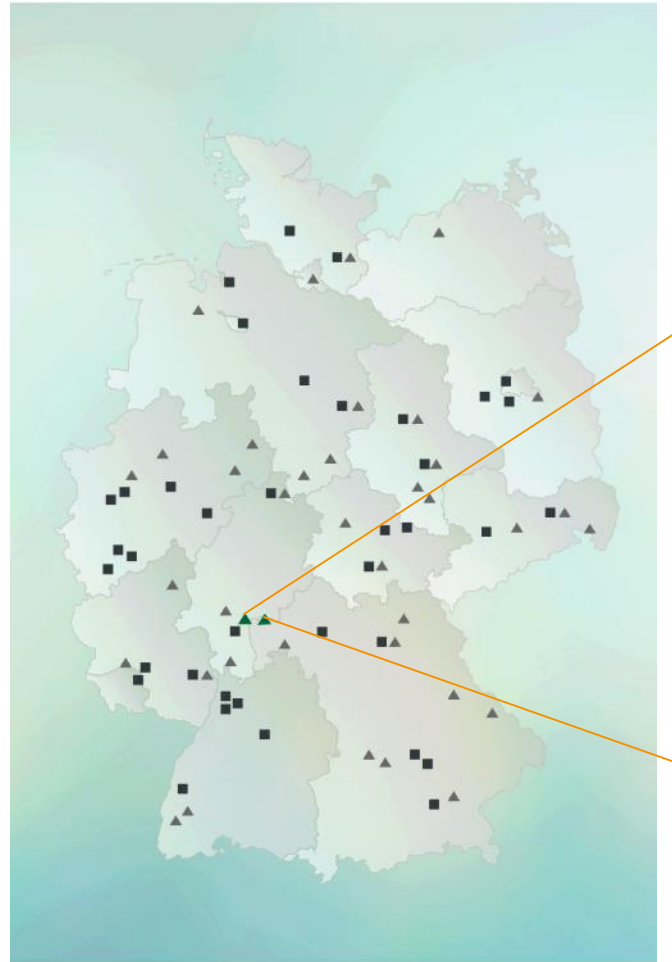
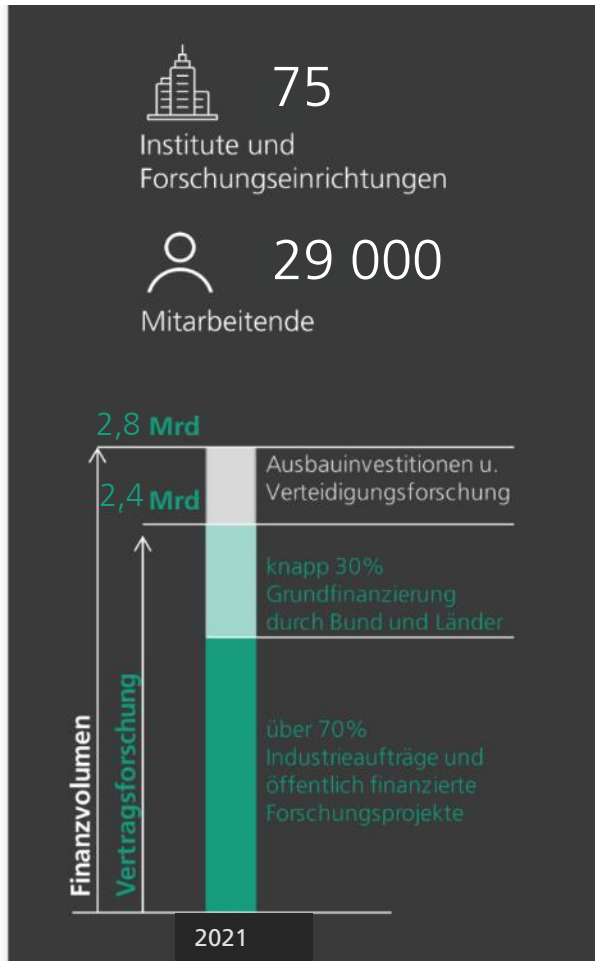
24. Juni 2022

PD Dr. Benjamin Balke



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Standorte des Fraunhofer IWKS, Alzenau und Hanau



LEITUNG DES FRAUNHOFER IWKS



Prof. Dr. Anke Weidenkaff
Institutsleiterin

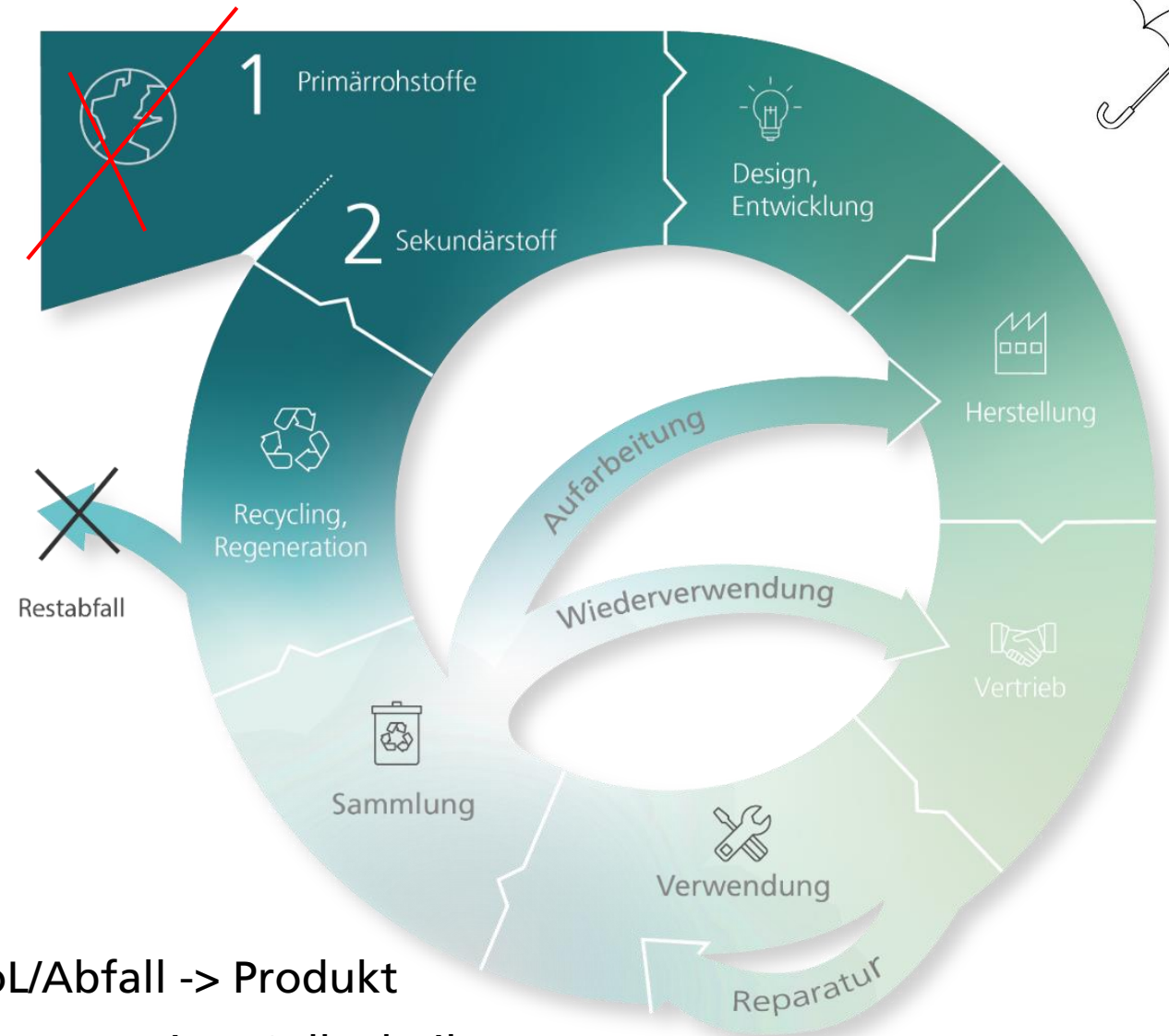
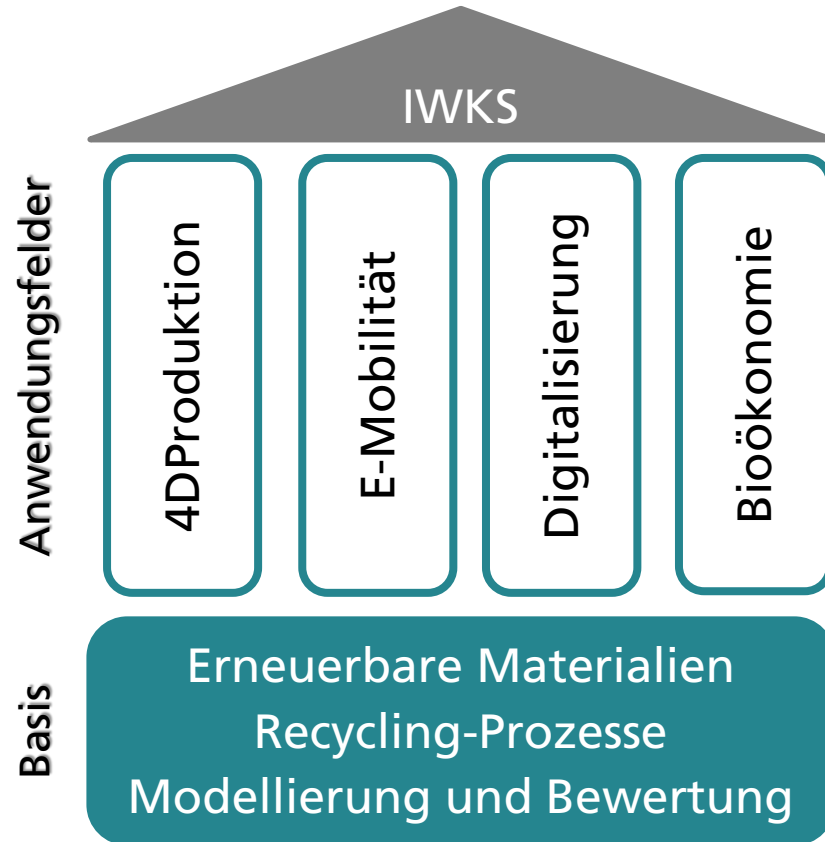


Dr.-Ing. Andrea Gassmann
Stellv. Institutleiterin sowie
Abteilungsleiterin Kreislaufmanagement

Fraunhofer IWKS - In Kreisläufen denken und danach handeln.



Kreislaufwirtschaft: Resilienz in der Produktion



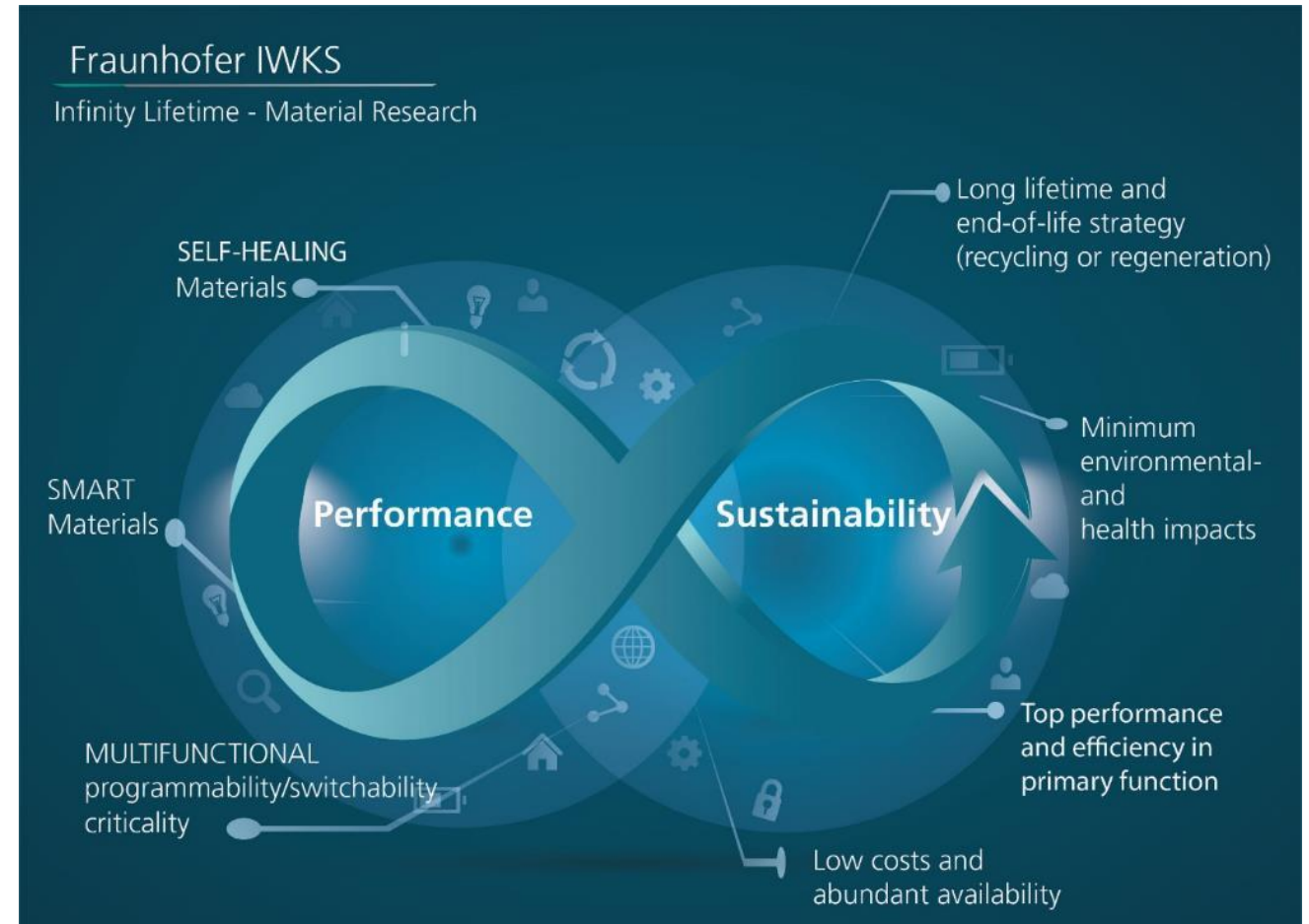
- EoL/Abfall -> Produkt
- Regeneration; Selbstheilung

Materialien für die Kreislaufwirtschaft

Wir entwickeln neue Materialien und materialwissenschaftliche Technologien für eine nachhaltige, abfallfreie Kreislaufwirtschaft.

Dieses beinhaltet Forschung für

- die energieeffiziente Rückgewinnung von Materialien (Rezyklate) als nachhaltige Präkursoren für die **Produktion**,
- die **Substitution** kritischer Rohstoffe durch nachhaltigere Alternativen,
- die intelligente **Regeneration** zukunfts-weisender Materialien im Hinblick auf die Langlebigkeit von Produkten.



FORSCHUNGSBEREICHE DES FRAUNHOFER IWKS AUF EINEN BLICK



Digitalisierung der Ressourcen

Stoffstrommanagement zur Steigerung der Ressourceneffizienz; Sekundärwertstoffe, Trenn- und Sortiertechnologien



Bioökonomie

Biogene Rohstoffe, Abwasser, Wasserstoff, Plasmalyse, Membranen, Kohlenstoff-Nanotubes

Das Fraunhofer IWKS entwickelt Materialien und materialwissenschaftliche Technologien für eine nachhaltige, abfallfreie Kreislaufwirtschaft.



Energiematerialien

Regenerative Energiewandler: Batterien, Electrolyser, Brennstoffzellen und Superkaps, Recycling E-Fahrzeuge, PV Perowskite



Magnetwerkstoffe

Produktion von Hochleistungspermanentmagneten aus Rezyklaten im Technikumsmaßstab, 3D-Druck mit Rezyklaten

Das Fraunhofer IWKS in Hanau

Neuer Standort mit neuem Gebäude:
Aschaffener Str. 121
(in direkter Nachbarschaft zum IPW)

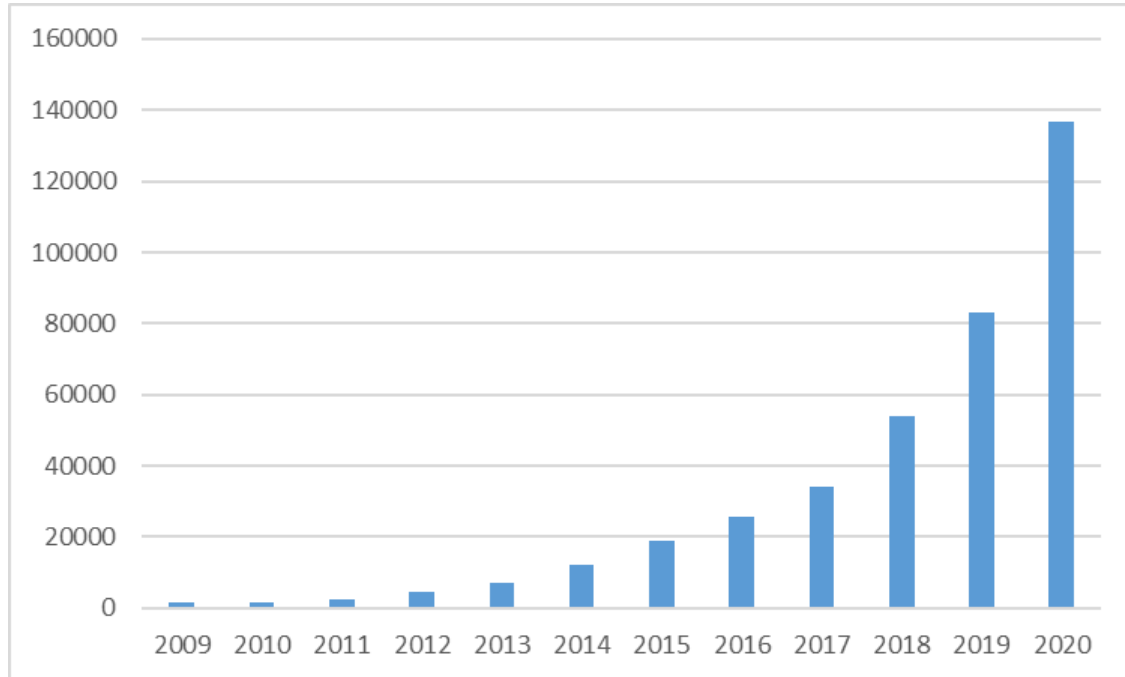


Hier sind die Abteilungen „Energiamaterialien“ und „Magnetwerkstoffe“ zu Hause. Hier werden auch die Kompetenzen in den Wasserstoff-Technologien weiterentwickelt.

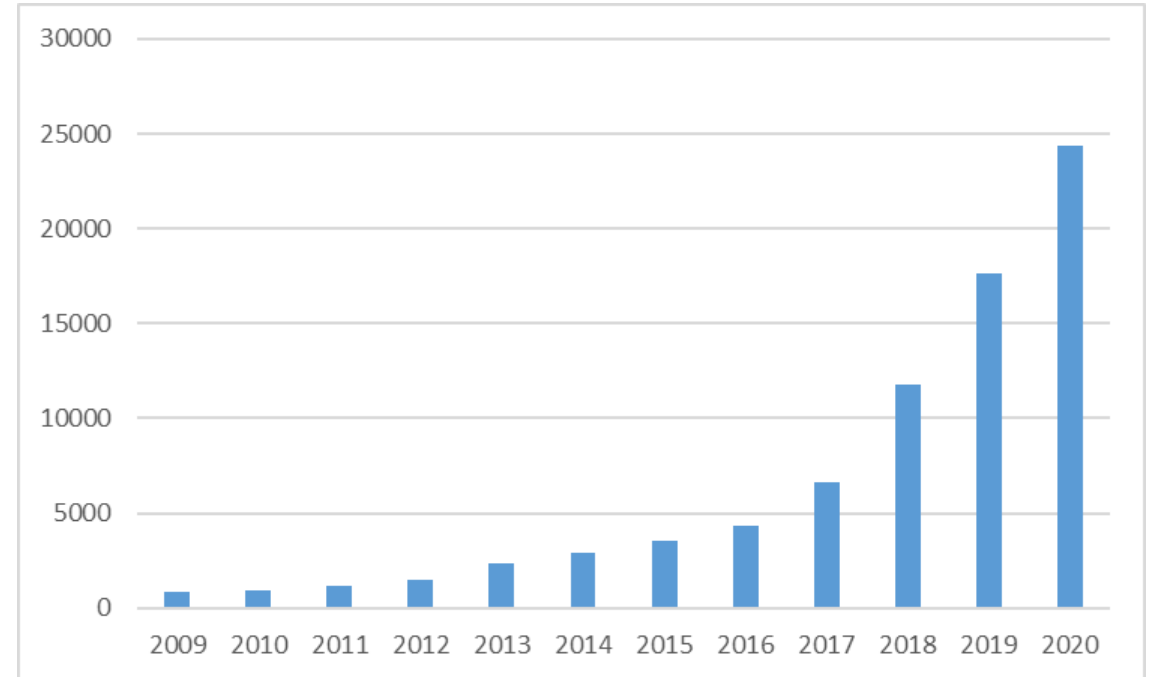
Videos von der Eröffnung inkl. Rundgang und Vorstellung der Hanauer Themen: [IWKS Youtube Channel](#)

Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland

PKW (rein elektrisch)



Elektrische LKW



Bestand an wasserstoffbetriebenen Pkw: **374** (01.2019) auf **507** (01.2020) (**+35,6 %**) an. Ende 2020 lag er bei **1.016** (**verdoppelt**). Unter den Neuzulassungen waren 140 Hyundai Nexo, 67 Toyota Mirai und ein Wasserstoffauto von Mercedes-Benz.

<https://de.statista.com/>
<https://www.elektroauto-news.net/>

© Fraunhofer <https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/elektroautos-bestand-steigt-weltweit-auf-109-millionen.html>

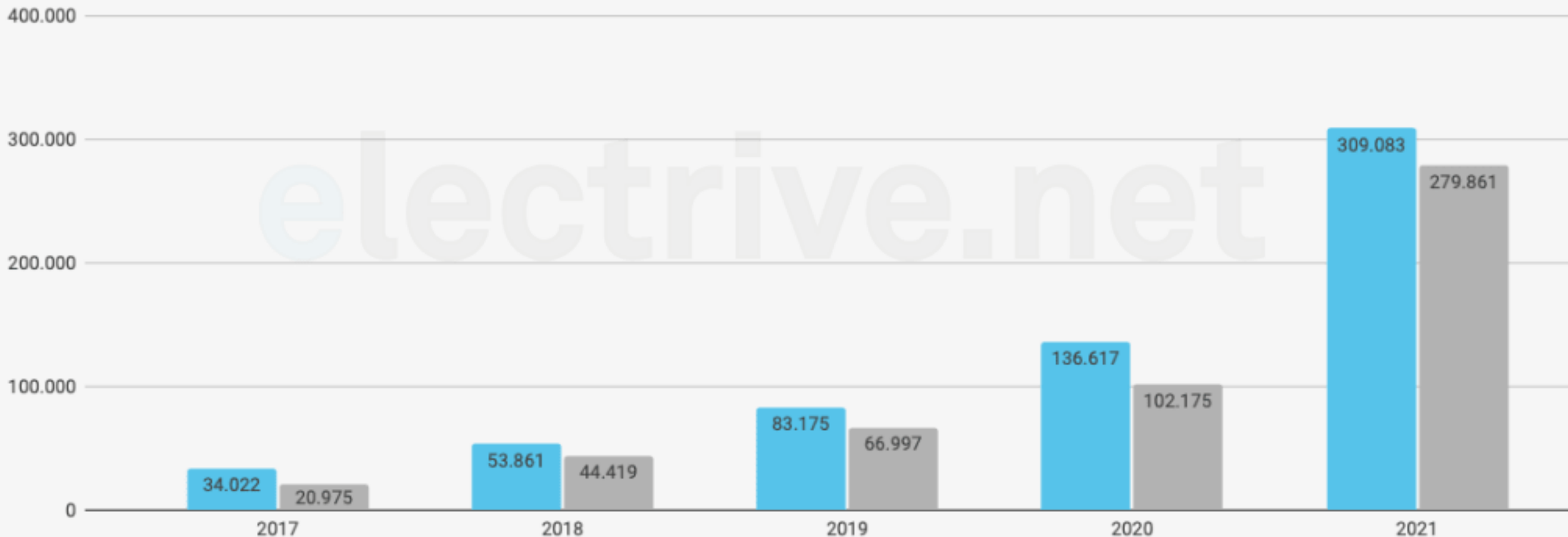
Aus wikipedia.org/wiki/Elektrolastkraftwagen#cite_note-56 auf Grundlage des Kraftfahrtbundesamtes

Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland

Bestand von BEV und PHEV zum 1.1.2021

© 2021 electrive.net

■ BEV ■ PHEV



Forecast for the return quantity of used LIBs (Europ-wide)

From different applications:

car

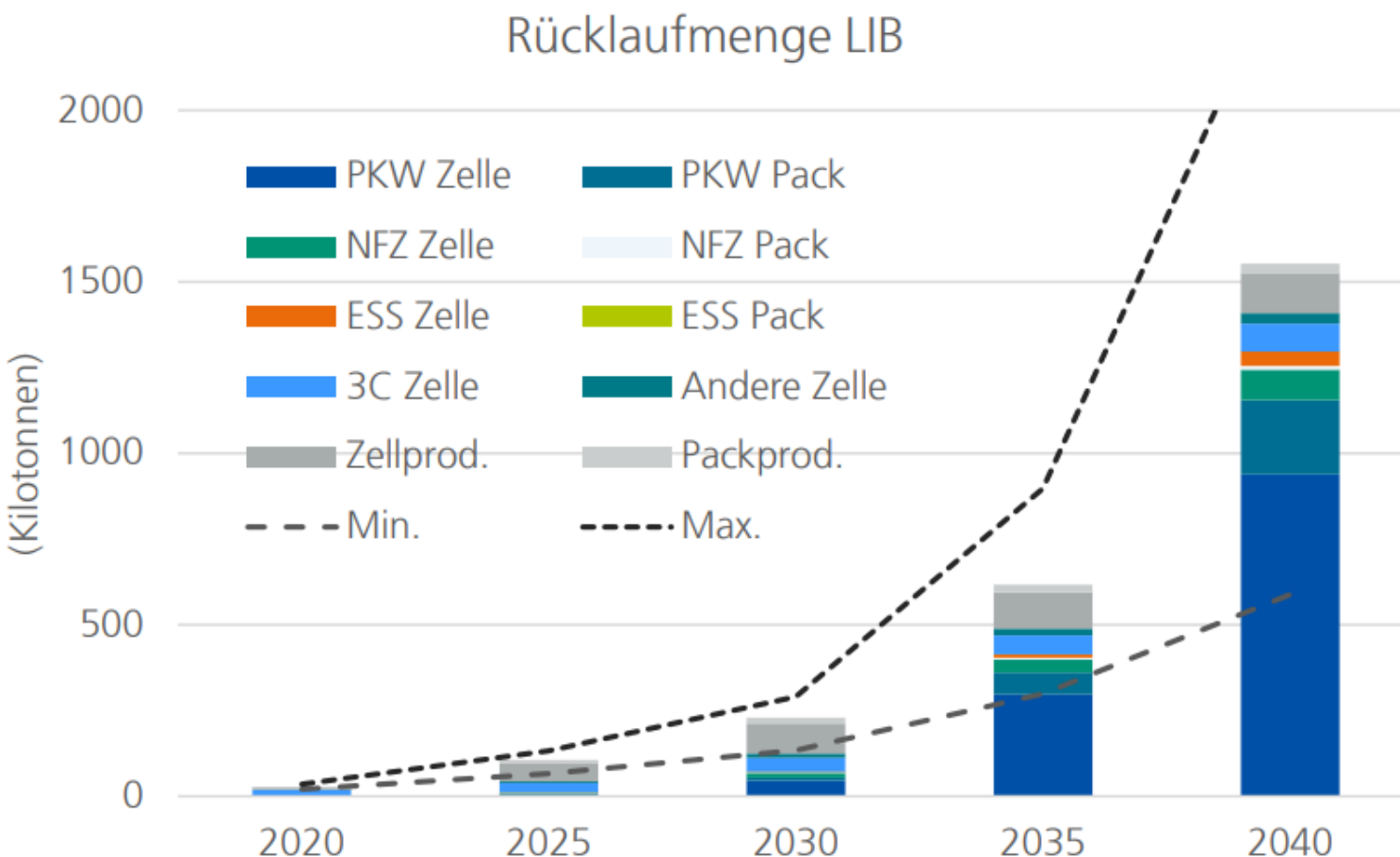
commercial vehicles: NFZ

Stationary storage: ESS

„Computing, consumer, communication“:
3C)

Cell production waste.

(bares represent the basic scenario)



Prognose zu den Anteilen der Rücklaufmenge gebrauchter LIBs

From different applications:

car

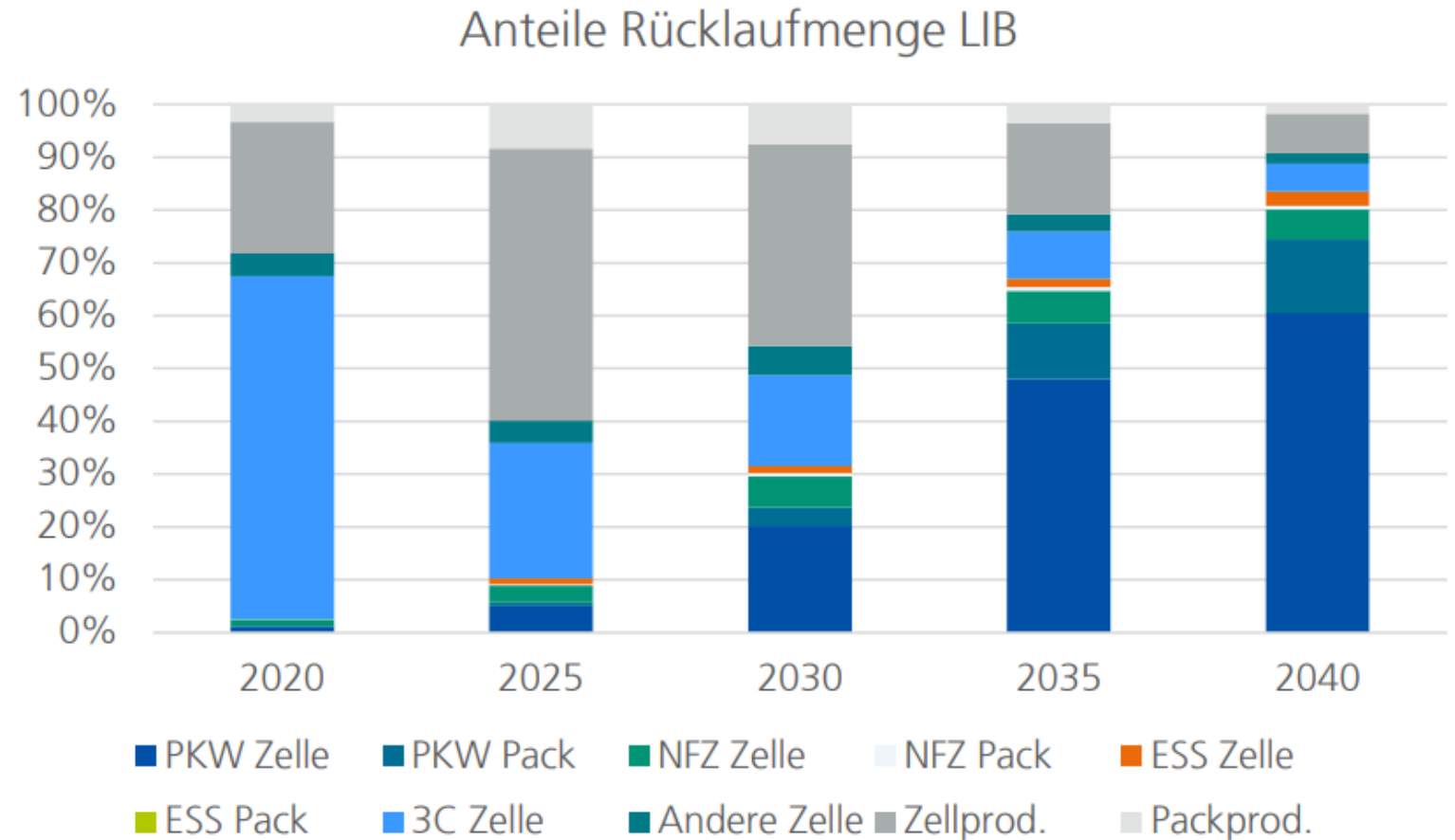
commercial vehicles: NFZ

Stationary storage: ESS

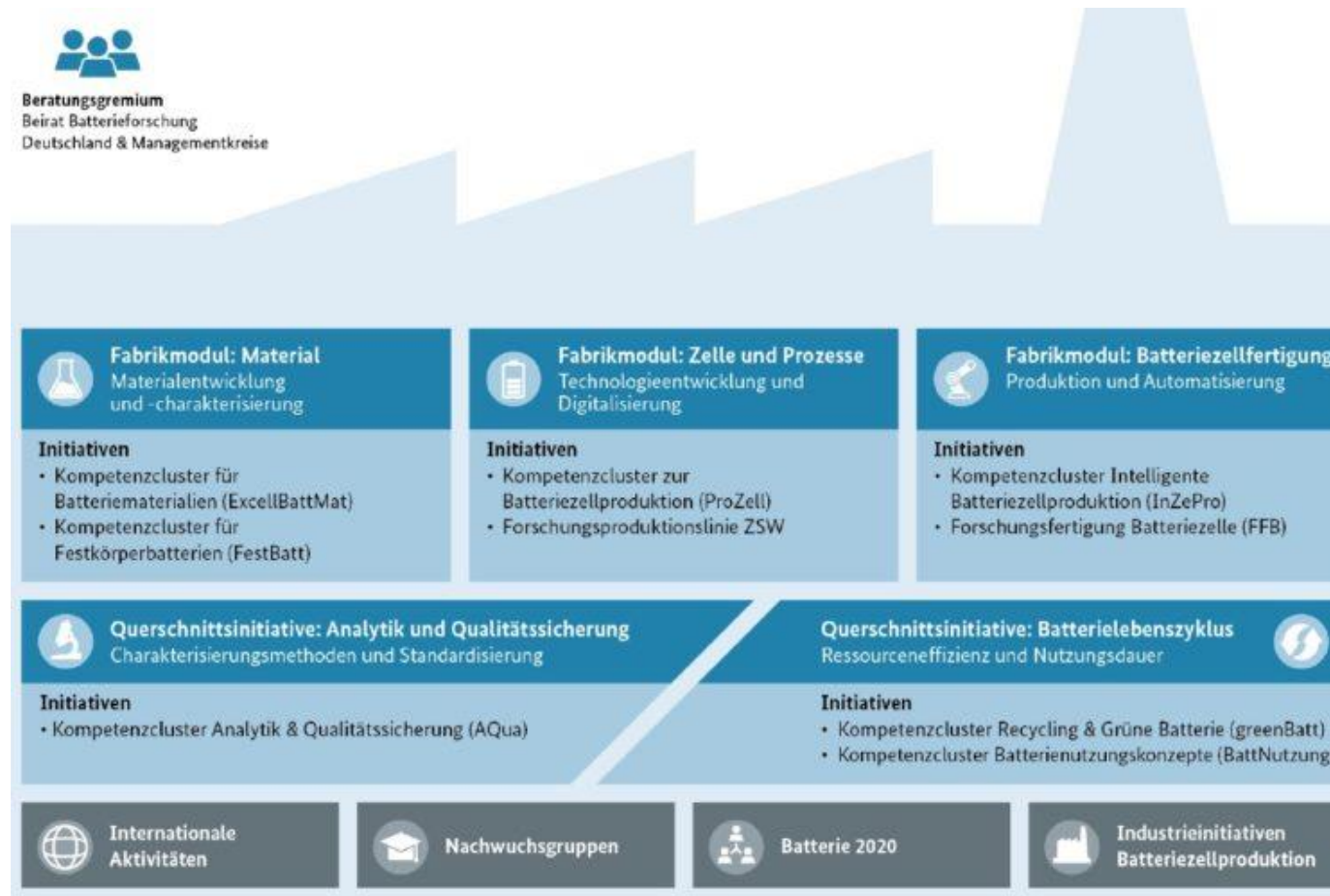
„Computing, consumer, communication“:
3C)

Cell production waste.

(bares represent the basic scenario)



Dachkonzept Forschungsfabrik Batterie



<https://batterie-2020.de/foerderinitiative/foerderungen-der-batterieforschung-durch-das-bmbf/>

<https://www.greenbatt-cluster.de/>

Willkommen beim Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)

Das Kompetenzcluster greenBatt ist Teil des **Dachkonzepts des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Batterieforschung**. Die Mission des Clusters besteht in der Entwicklung, Gestaltung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Werkzeuge für einen energie- und materialeffizienten Batterielebenszyklus und geschlossene Stoff- und Materialkreisläufe.

Clusterziele von greenBatt umfassen:

- 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 End-of-Use

In den 16 Forschungsprojekten des greenBatt-Clusters arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von insgesamt 34 Instituten deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen gemeinsam an der Erforschung des Batterierecyclings. Koordiniert wird das Cluster von:

- Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann (Technische Universität Braunschweig)
- Prof. Dr. Alexander Michaelis (Fraunhofer IKTS)
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bernd Friedrich (RWTH Aachen University)

Durch stetige Kommunikation zwischen den Forschungsprojekten und mit dem aus Industrie und Wissenschaft besetzten Managementkreis des Clusters wird in enger Abstimmung mit dem BMBF und dem KLiB ein enges Netzwerk geschaffen.



Willkommen beim Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)

Das Kompetenzcluster greenBatt ist Teil des **Dachkonzepts des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Batterieforschung**. Die Mission des Clusters besteht in der Entwicklung, Gestaltung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Werkzeuge für einen energie- und materialeffizienten Batterielebenszyklus und geschlossene Stoff- und Materialkreisläufe.

Clusterziele von greenBatt umfassen:

- 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 End-of-Use

In den 16 Forschungsprojekten des greenBatt-Clusters arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von insgesamt 34 Instituten deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen gemeinsam an der Erforschung des Batterierecyclings. Koordiniert wird das Cluster von:

- Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann (Technische Universität Braunschweig)
- Prof. Dr. Alexander Michaelis (Fraunhofer IKTS)
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bernd Friedrich (RWTH Aachen University)

Durch stetige Kommunikation zwischen den Forschungsprojekten und mit dem aus Industrie und Wissenschaft besetzten Managementkreis des Clusters wird in enger Abstimmung mit dem BMBF und dem KLiB ein enges Netzwerk geschaffen.

[Action](#)[AURRELIA](#)[BatMix](#)[DemoSens](#)[DIGISORT](#)[DiRection](#)[EarLiMet](#)[ecoLiga](#)[EVanBatter](#)[greenBattNutzung](#)[HydroLIBRec](#)[LOWVOLMON](#)[PyroLith](#)[ReDesign](#)[S2taR](#)[SIMTEGRAL](#)

Willkommen beim Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)

Das Kompetenzcluster greenBatt ist Teil des **Dachkonzepts des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Batterieforschung**. Die Mission des Clusters besteht in der Entwicklung, Gestaltung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Werkzeuge für einen energie- und materialeffizienten Batterielebenszyklus und geschlossene Stoff- und Materialkreisläufe.

Clusterziele von greenBatt umfassen:

- 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 End-of-Use

In den 16 Forschungsprojekten des greenBatt-Clusters arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von insgesamt 34 Instituten deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen gemeinsam an der Erforschung des Batterierecyclings. Koordiniert wird das Cluster von:

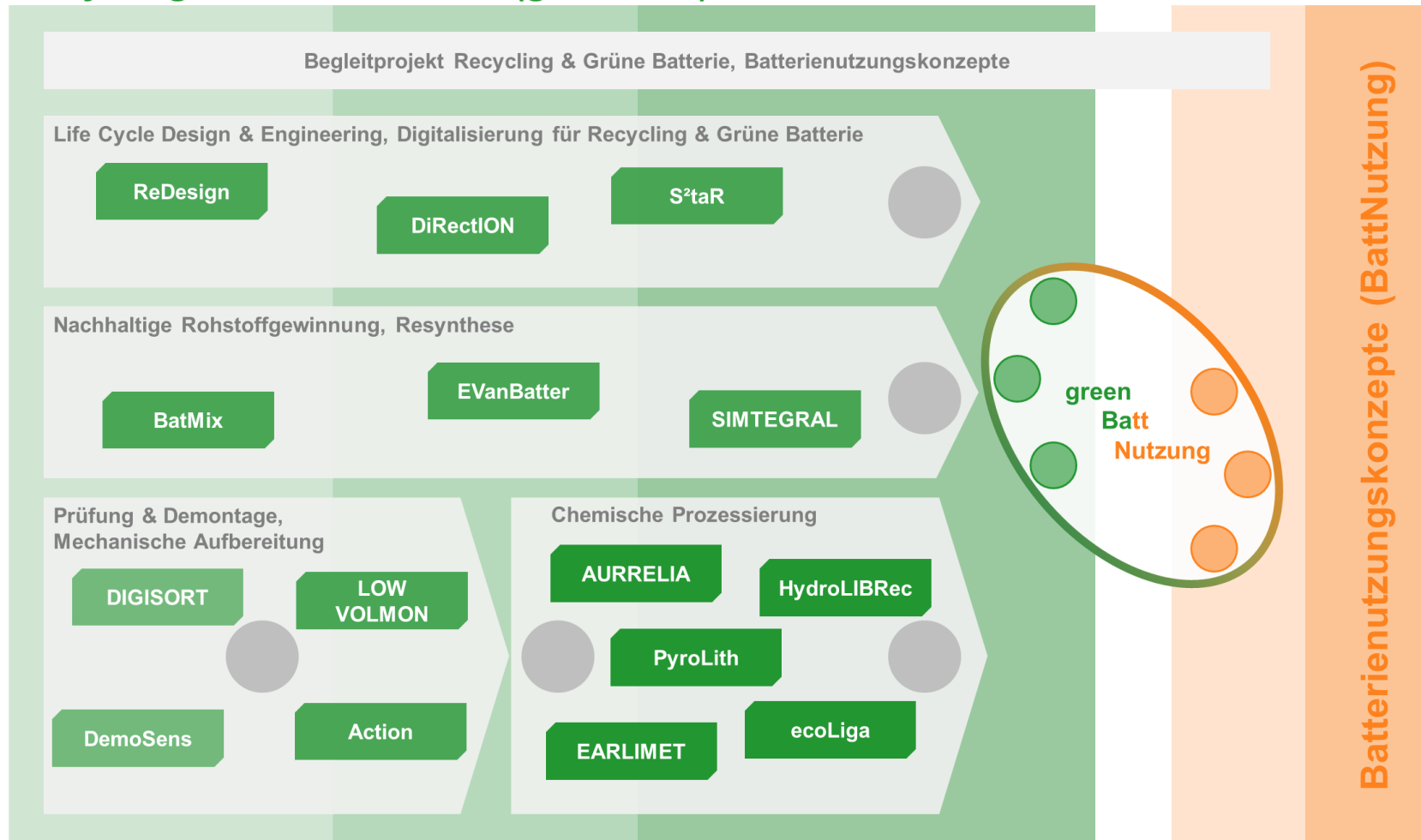
- Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann (Technische Universität Braunschweig)
- Prof. Dr. Alexander Michaelis (Fraunhofer IKTS)
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bernd Friedrich (RWTH Aachen University)

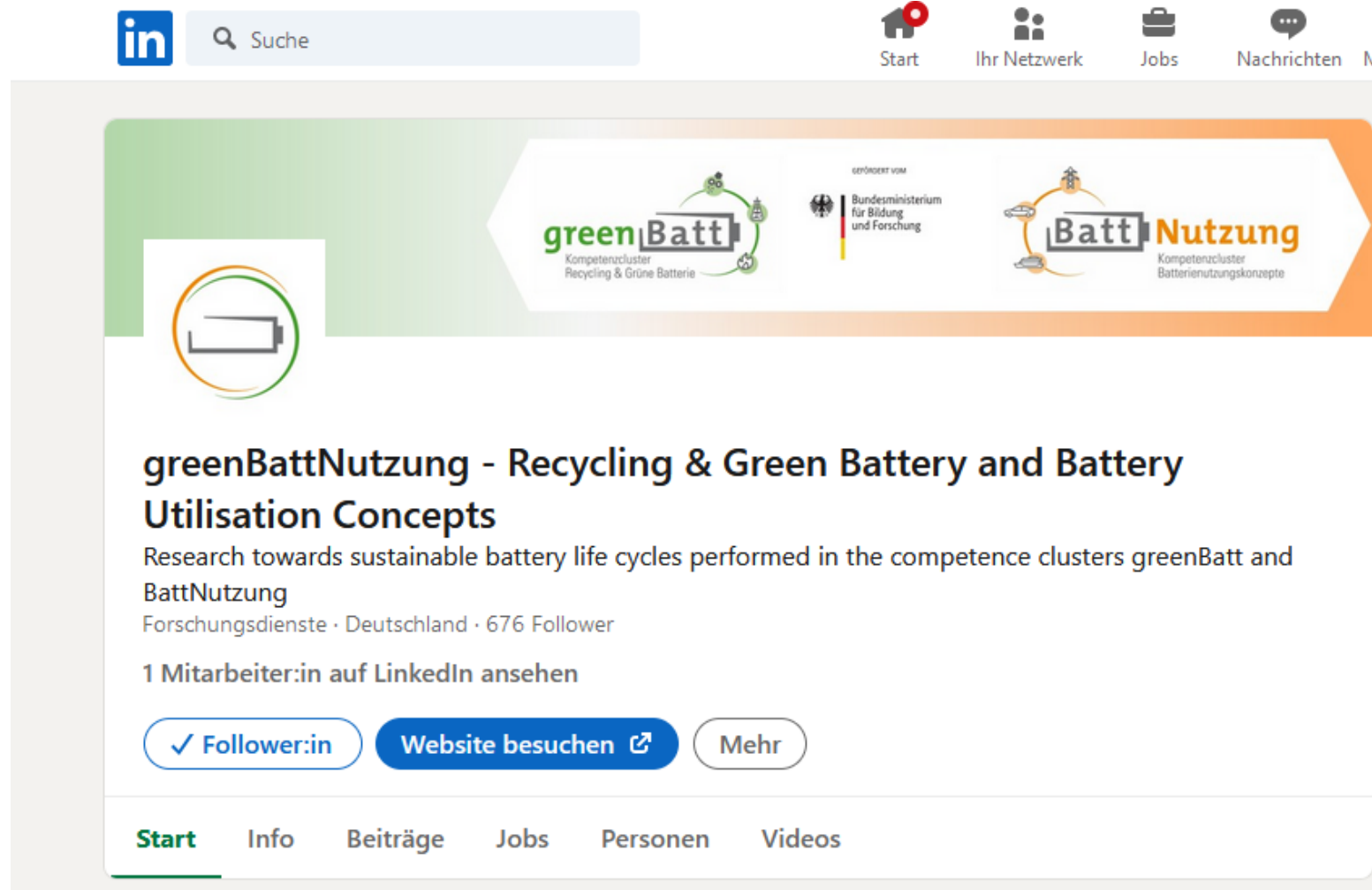
Durch stetige Kommunikation zwischen den Forschungsprojekten und mit dem aus Industrie und Wissenschaft besetzten Managementkreis des Clusters wird in enger Abstimmung mit dem BMBF und dem KLiB ein enges Netzwerk geschaffen.



Querschnittsinitiative Batterielebenszyklus

Recycling & Grüne Batterie (greenBatt)





The screenshot shows the LinkedIn profile of 'greenBattNutzung - Recycling & Green Battery and Battery Utilisation Concepts'. The profile banner features logos for 'greenBatt' (Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie), the German Federal Government (Bundesministerium für Bildung und Forschung), and 'BattNutzung' (Kompetenzcluster Batterienutzungskonzepte). The profile picture is a circular logo with a battery icon. The company name is 'greenBattNutzung - Recycling & Green Battery and Battery Utilisation Concepts'. The description reads: 'Research towards sustainable battery life cycles performed in the competence clusters greenBatt and BattNutzung'. It also states 'Forschungsdienste · Deutschland · 676 Follower' and '1 Mitarbeiter:in auf LinkedIn ansehen'. There are three buttons: '✓ Follower:in', 'Website besuchen', and 'Mehr'. The navigation bar at the bottom includes 'Start', 'Info', 'Beiträge', 'Jobs', 'Personen', and 'Videos'.

in Suche

Start Ihr Netzwerk Jobs Nachrichten Mit

greenBatt
Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie

gefördert vom
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BattNutzung
Kompetenzcluster
Batterienutzungskonzepte

greenBattNutzung - Recycling & Green Battery and Battery Utilisation Concepts

Research towards sustainable battery life cycles performed in the competence clusters greenBatt and BattNutzung

Forschungsdienste · Deutschland · 676 Follower

1 Mitarbeiter:in auf LinkedIn ansehen

✓ Follower:in Website besuchen Mehr

Start Info Beiträge Jobs Personen Videos



greenBattNutzung - Recycling & Green Battery and Battery Utilisation Concepts

676 Follower:innen

Vollständige Seite



greenBattNutzung - Recycling & Green Battery and Battery Utili... ***

676 Follower:innen
3 Wochen • 4

The [#greenBatt](#) project [#HydroLIBRec](#) investigates optimized process chains for hydromechanical Li-ion battery recycling

The project aims to create the technological prerequisites for an effective, economically viable, environmentally friendly and function-preserving battery recycling (complete and optimized process chain). Different sub-processes for pretreatment for the electro-hydraulic fragmentation process are developed and optimized by varying the sequence of the process steps and the process parameters. The subsequent sorting of the battery fragments to separate metals, plastics and black mass also takes place in the water bath. These core process steps are mapped in a digital simulation model so that (re)designs of the battery cell can be derived quickly. It is a unique selling point of HydroLIBRec that design concepts are derived directly from simulation results for the battery architecture and the associated process technology. With the digital models it is possible to specifically optimize product properties as well as process parameters in order to qualify the properties of the black-matter recyclate for use in a recyclate battery (proof-of-concept).

HydroLIBRec is carried out in close collaboration between the partners [Fraunhofer IWKS](#) (project lead), [Fraunhofer Institute for Silicate Research ISC](#), [Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology \(HIF\)](#) at [HZDR](#), [Karlsruher Institut für Technologie \(KIT\)](#) – Institute of Mechanical Process Engineering and [IME Process Metallurgy and Metal Recycling](#) of [RWTH Aachen University](#).

Further information on HydroLIBRec can be found here: <https://lnkd.in/ejFYrBp>

We thank the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) for funding!

[#greenBatt](#) [#HydroLIBRec](#) [#batteryrecycling](#) [#lithium](#) [#circulareconomy](#)
[#batteries](#) [#research](#) [#electrohydraulicfragmentation](#)

Übersetzung anzeigen



29

1 Kommentar • 8 Shares

Reaktionen



Well said ...

Can I add ...

I'll keep this in mind ...

Thank you

Gefällt mir

Kommentar

Teilen

Senden

BMBF-Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie - HydroLIBRec

Gesamtvorhabenbeschreibung
Optimierte Prozessketten für hydromechanisches
Li-Ionen-Batterie-Recycling – HydroLIBRec
(Laufzeit: 01.2021 – 12.2023)

Projektpartner 1 (Projektkoordinator) (IWKS)

Fraunhofer IWKS - Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

Projektpartner 2 (ISC)

Fraunhofer ISC - Fraunhofer Institut für Silicatforschung ISC

Projektpartner 3 (IME)

RWTH Aachen

Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling Institut und Lehrstuhl (IME)

Projektpartner 4 (KIT-MVM)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik

Projektpartner 5 (HZDR)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V. (HZDR)

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

HydroLIBRec



BMBF-Kompetenzcluster
Recycling & Grüne Batterie

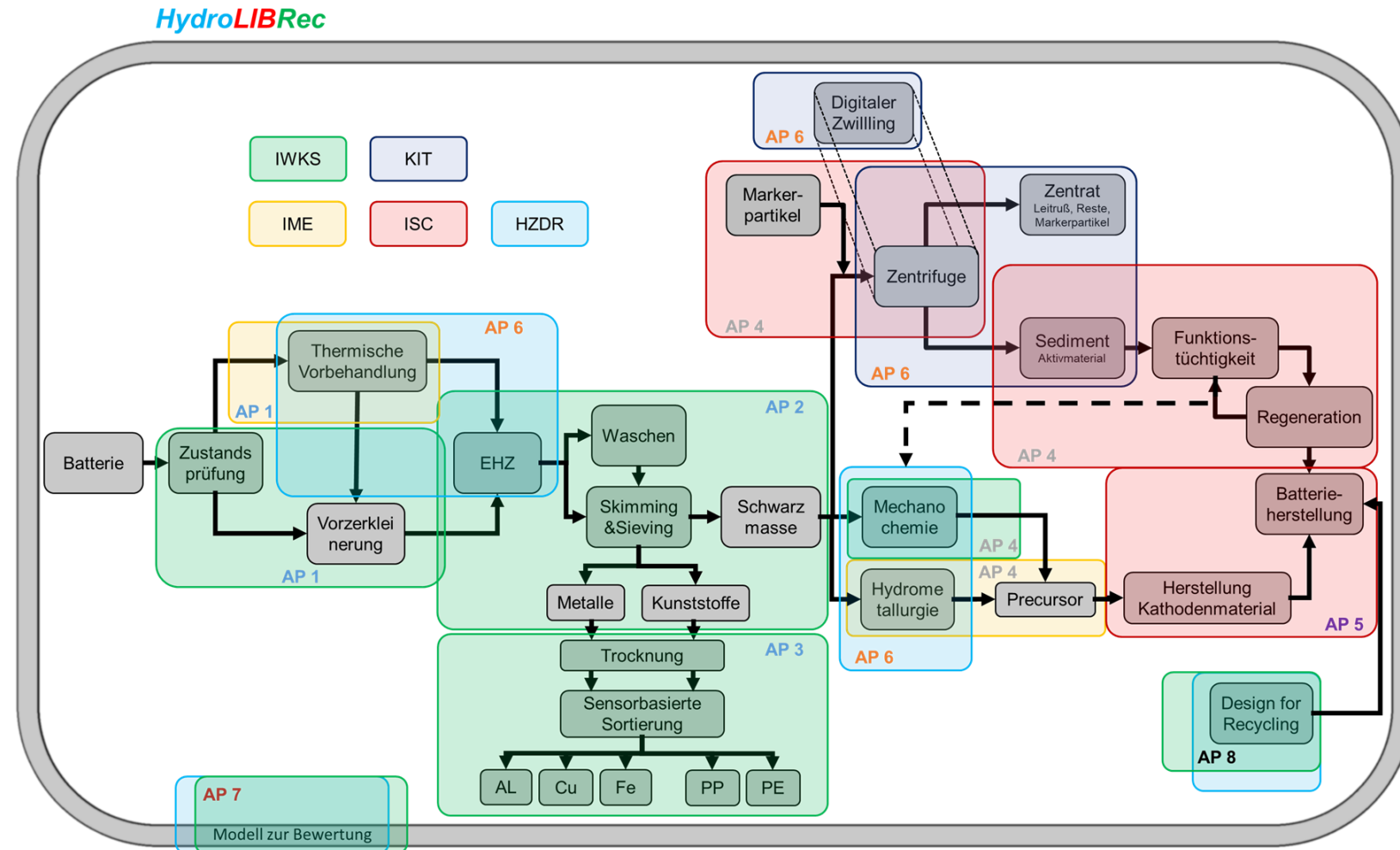


Dachkonzept
Forschungsfabrik Batterie

Projekt HydroLIBRec

Zielsetzung und Vorgehen

- Ziel: Entwicklung hocheffizienter Recyclingprozesse für Lithium-Ionen-Batterien zur Wiederverwendung des Aktivmaterials in neuen Batterien
- Fokus auf folgende Themen
 - Mechanische Zerkleinerung
 - Trennverfahren
 - Hydrometallurgie
 - Regeneration
 - Prozessanalyse (Life Cycle Assessment)

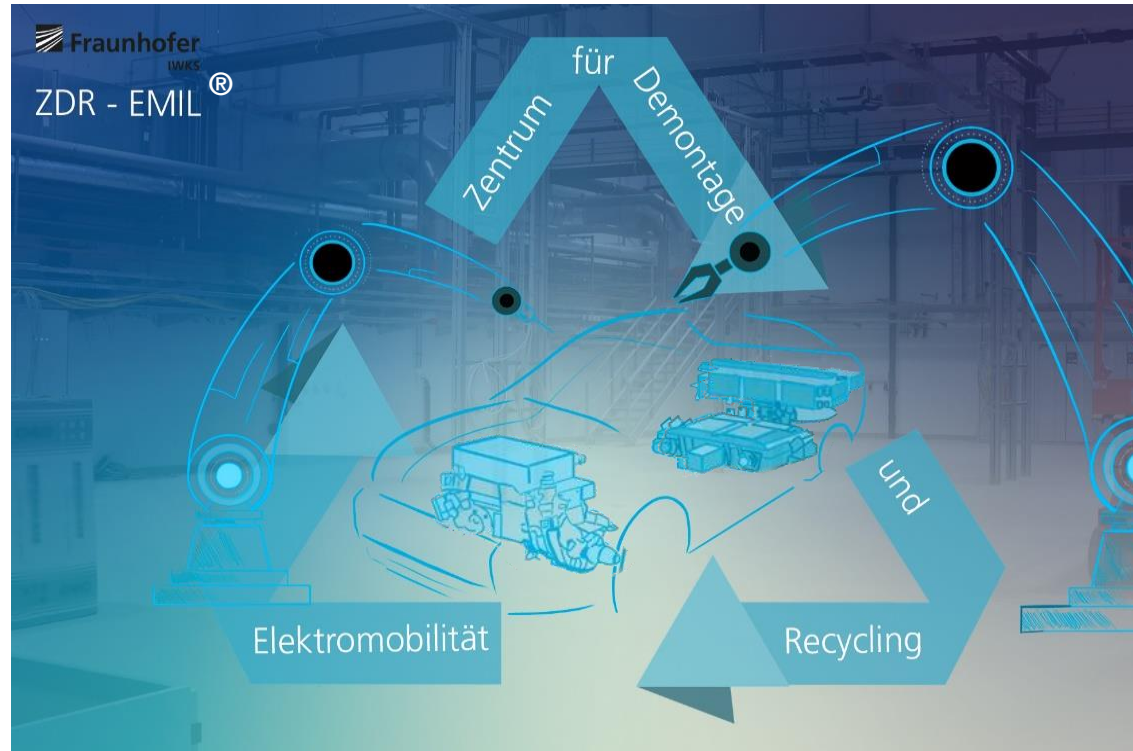


HESSEN



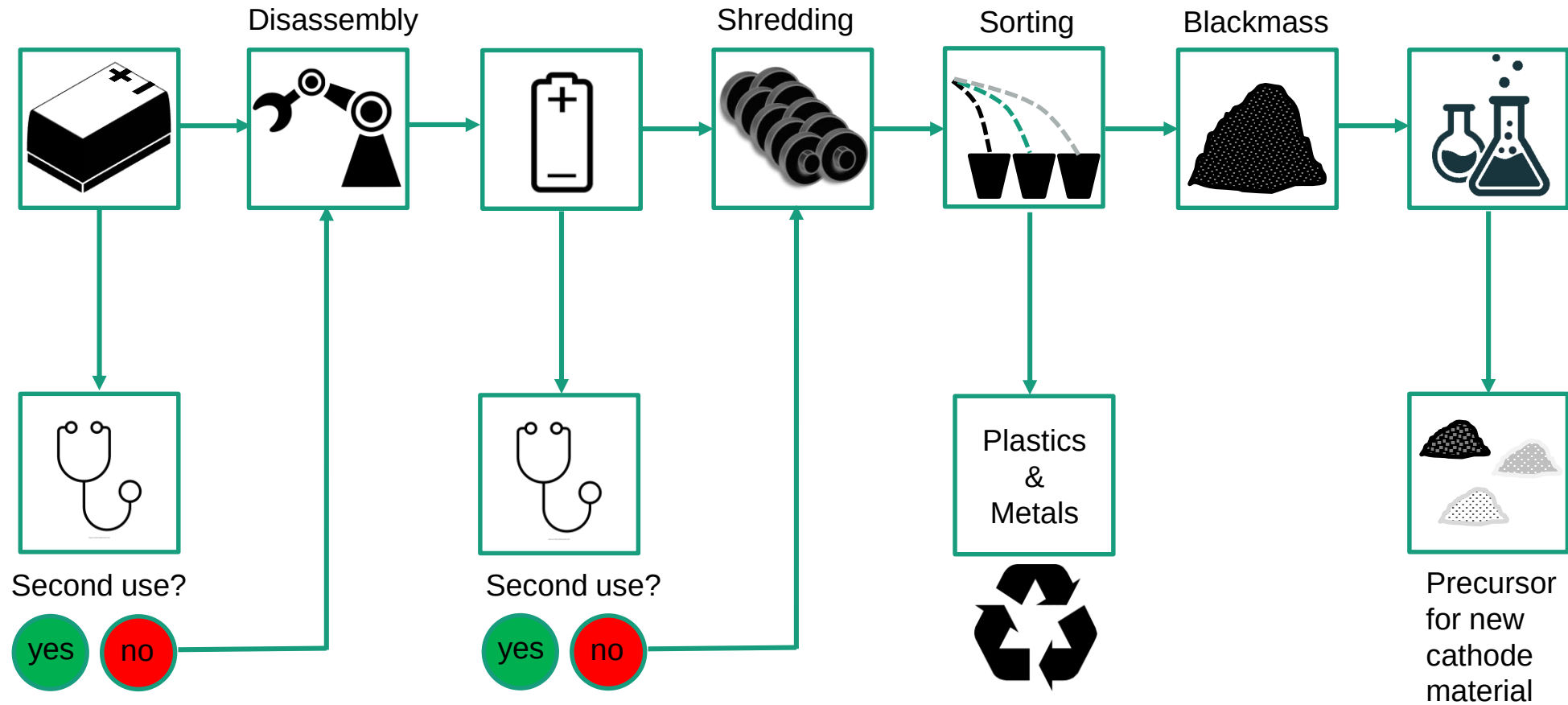
Hessisches
Ministerium für
Wissenschaft
und Kunst

April 2020 – März 2023

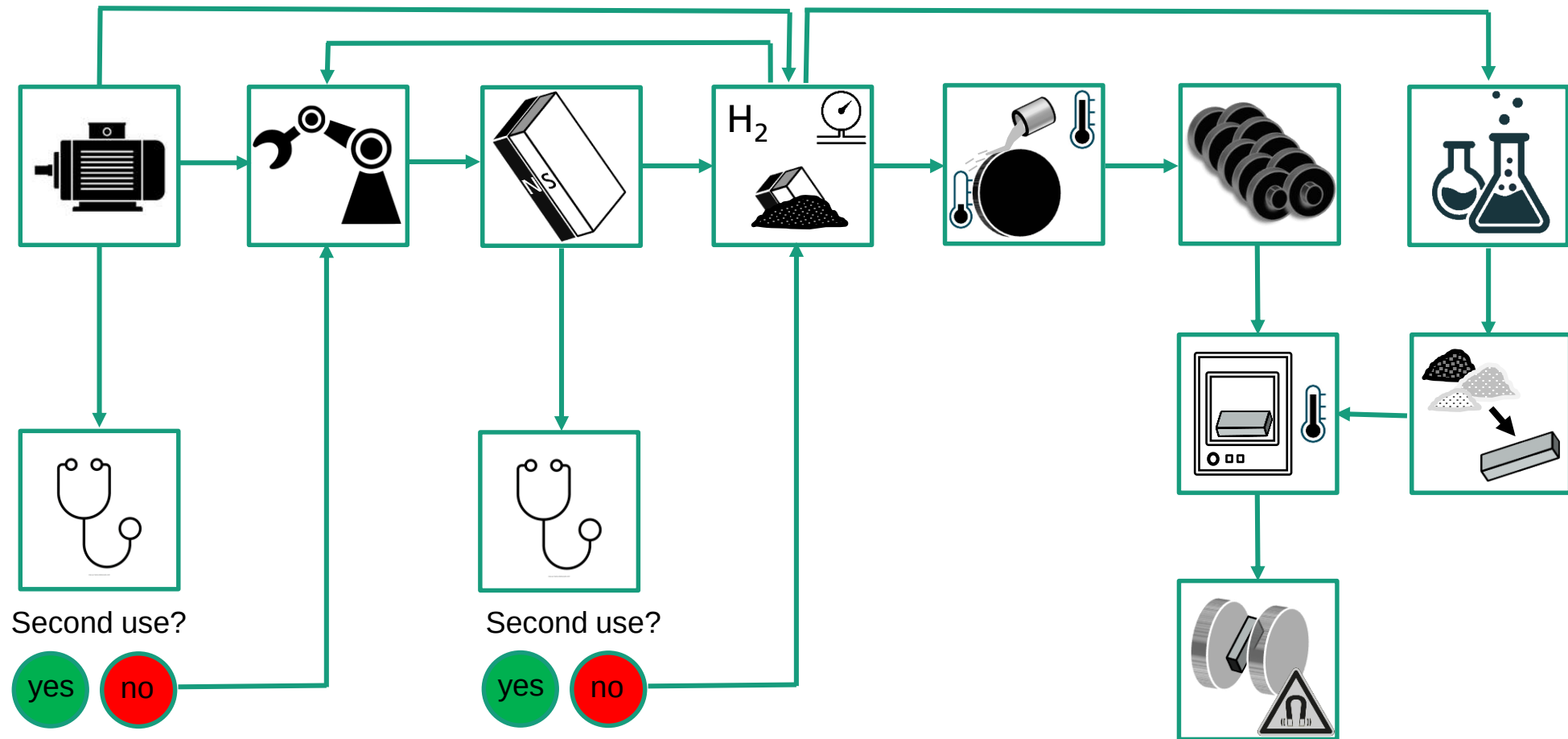


Dr. Jörg Zimmermann
Leitung ZDR-EMIL®
Fraunhofer IWKS

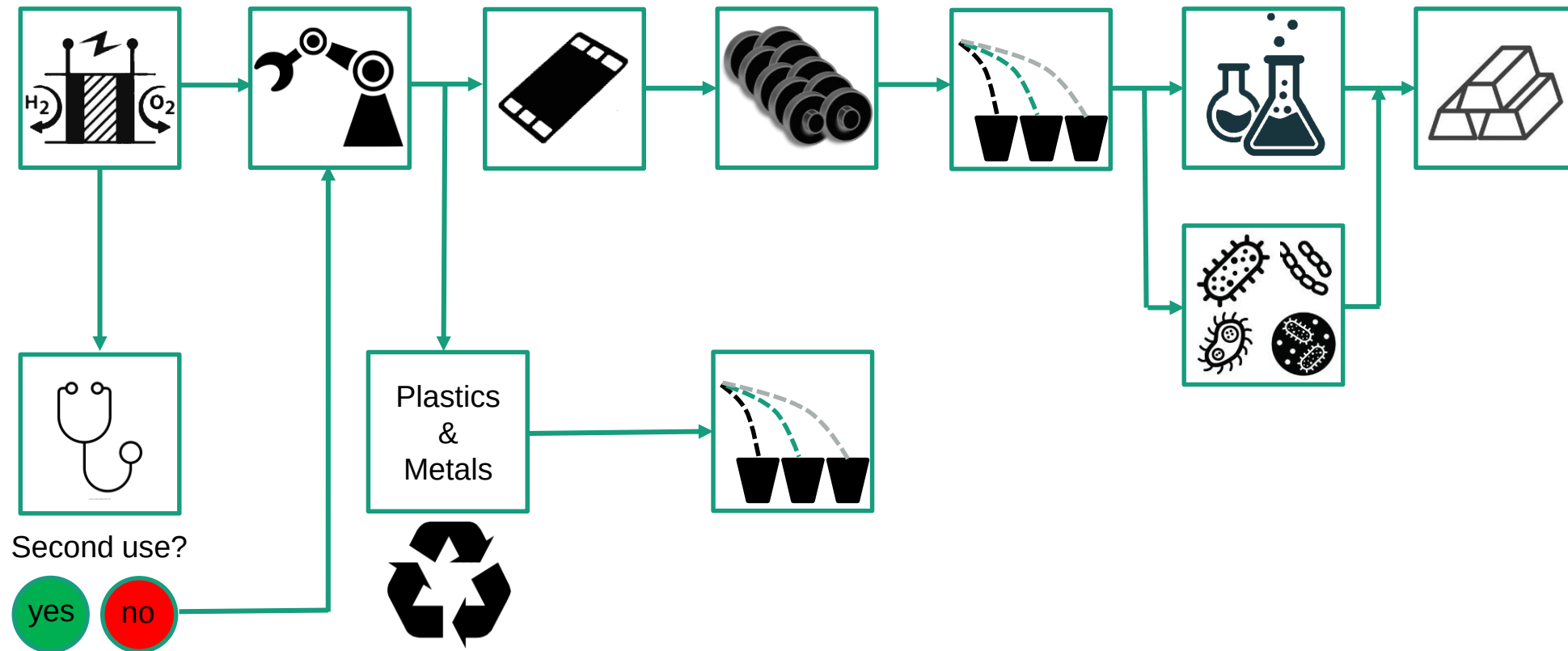
Batterien



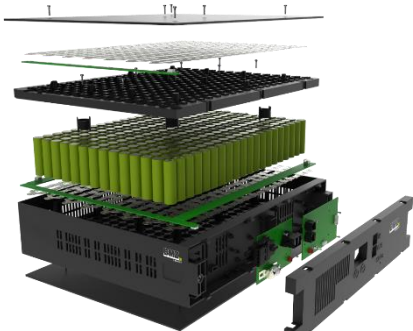
E-Motoren



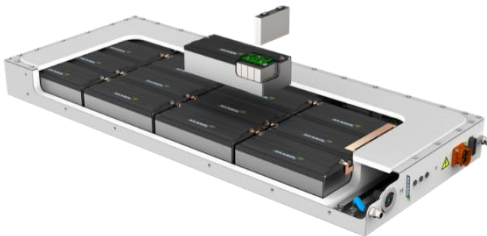
Brennstoffzellen



Produkt-Vielfalt braucht flexible Recyclingansätze – Bsp. Batterien



<https://bmz-qroup.com/index.php>



<https://www.akasol.com/de/akasystem-oem-prc>



<https://smart-battery-solutions.de/>



<https://www.flashbattery.tech/de/lithium-zellen/>

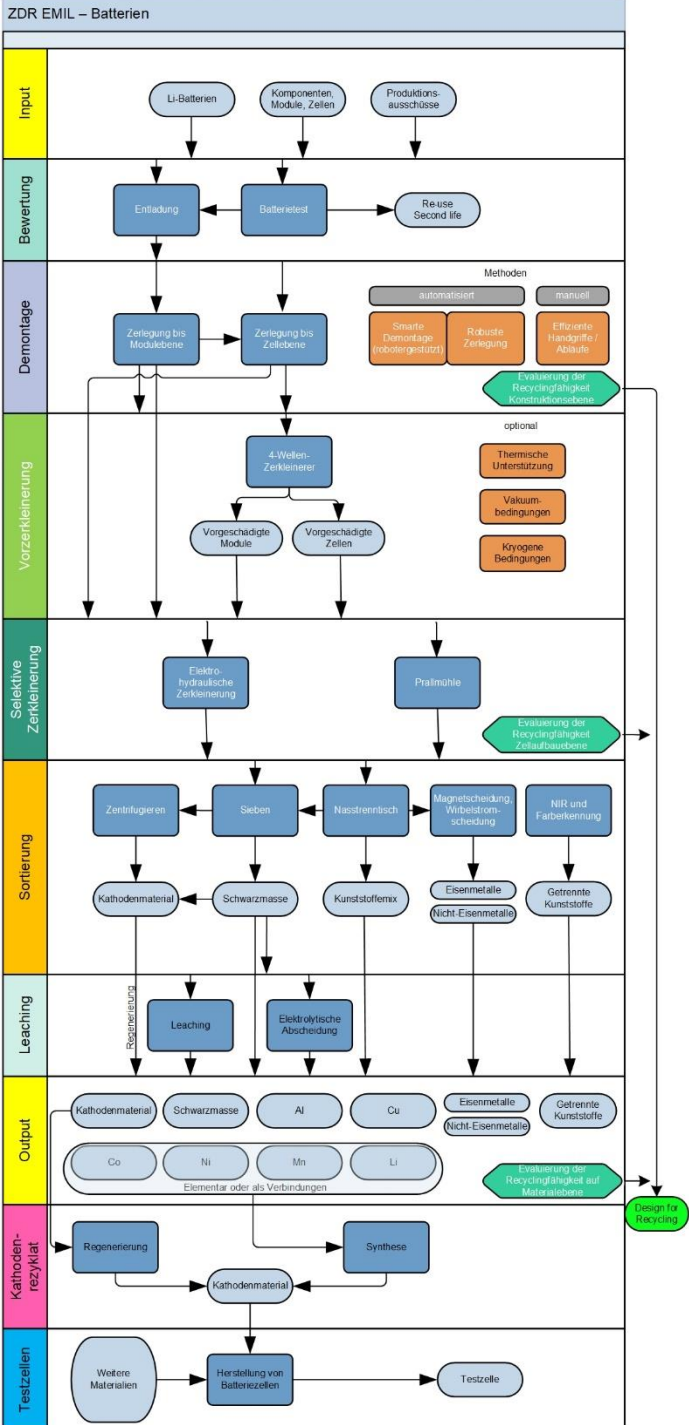


<https://www.newmobility.global/e>



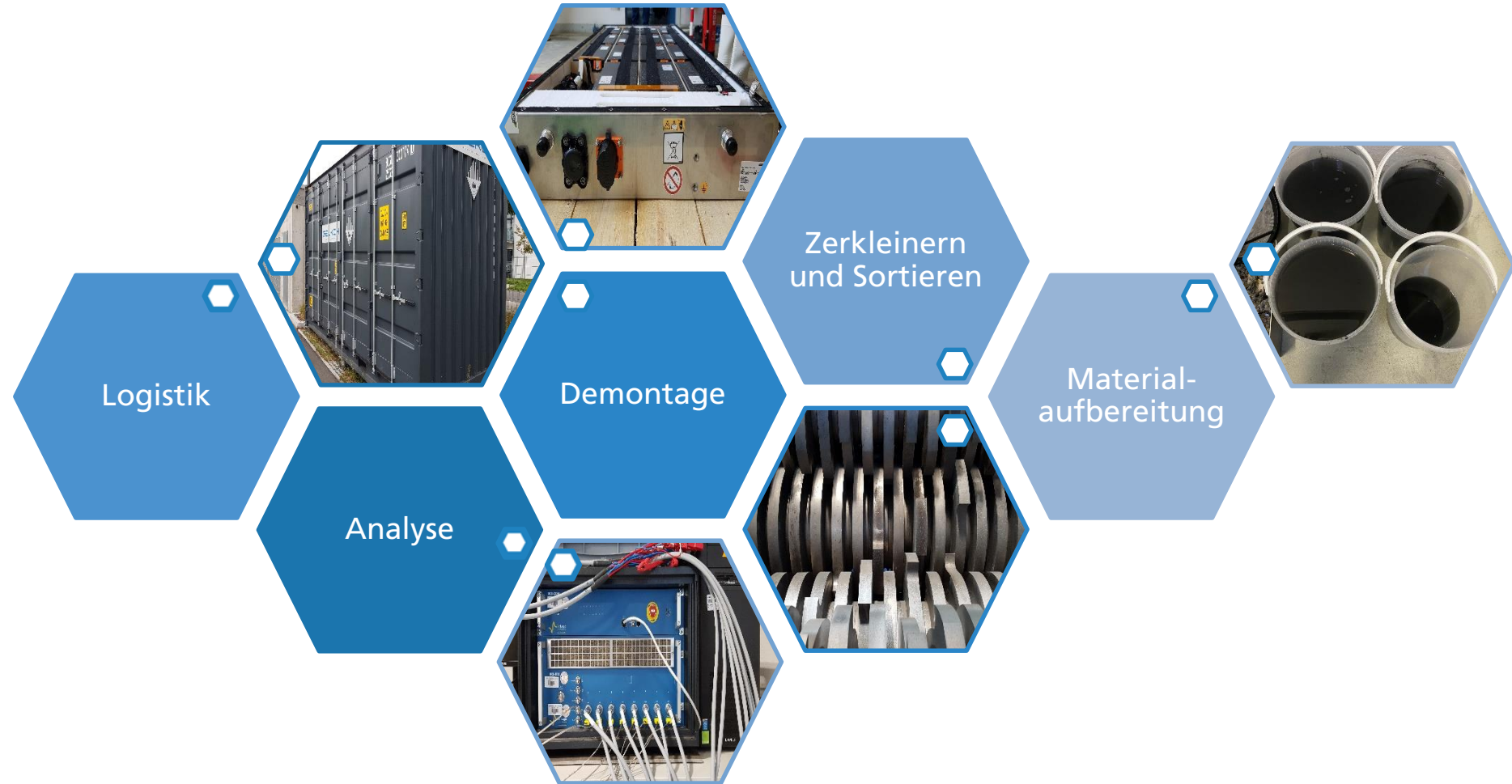
Fraunhofer IWKS

Cathode types	LCO	LFP	LMO	NCA	NMC
Chemical formula	LiCoO ₂	LiFePO ₄	LiMn ₂ O ₄	Li(Ni,Co,Al)O ₂	LiNi _{0.33} Mn _{0.33} Co _{0.33} O ₂ (NMC111) LiNi _{0.5} Mn _{0.3} Co _{0.2} O ₂ (NMC532) LiNi _{0.6} Mn _{0.2} Co _{0.2} O ₂ (NMC622) LiNi _{0.8} Mn _{0.1} Co _{0.1} O ₂ (NMC811)
Structure	Layered	Olivine	Spinel	Layered	Layered

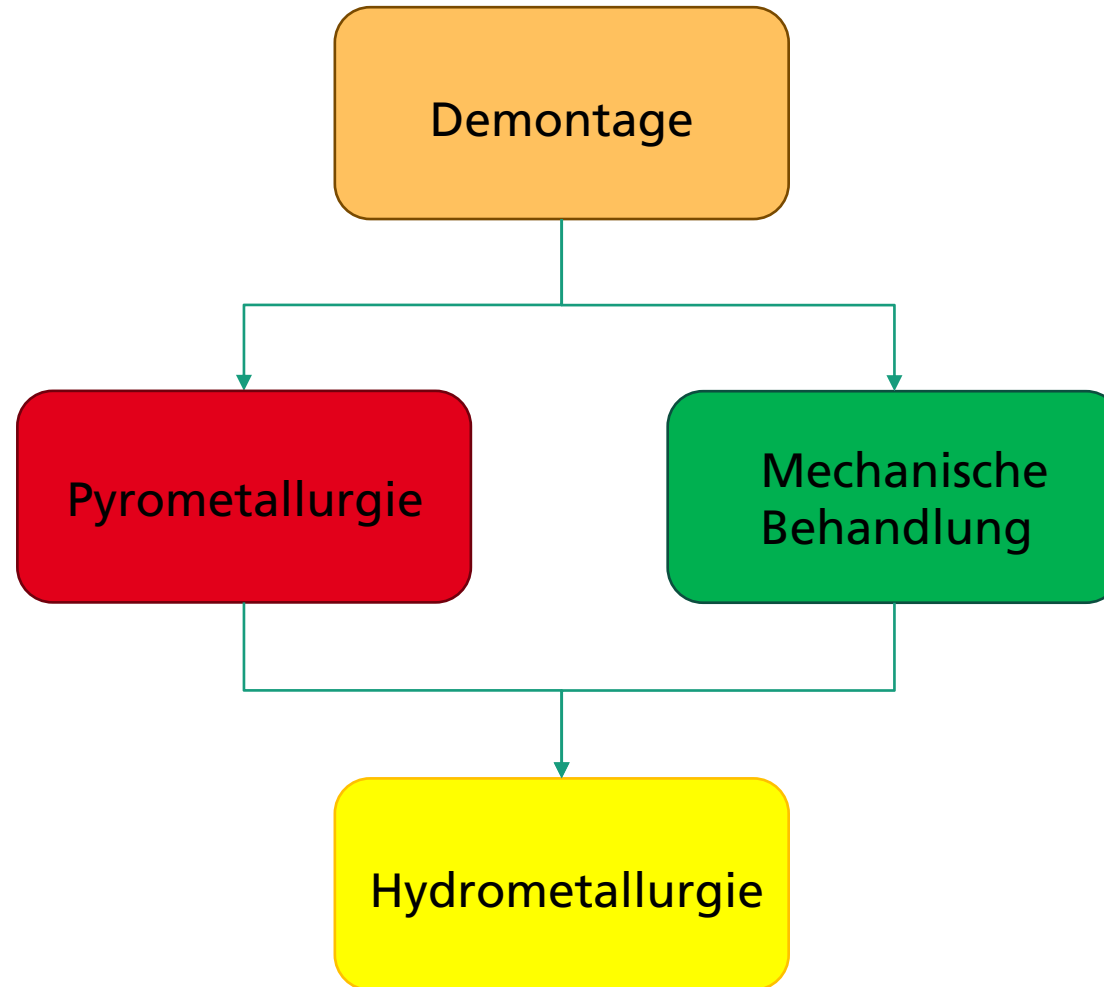


Übergeordneter Prozess

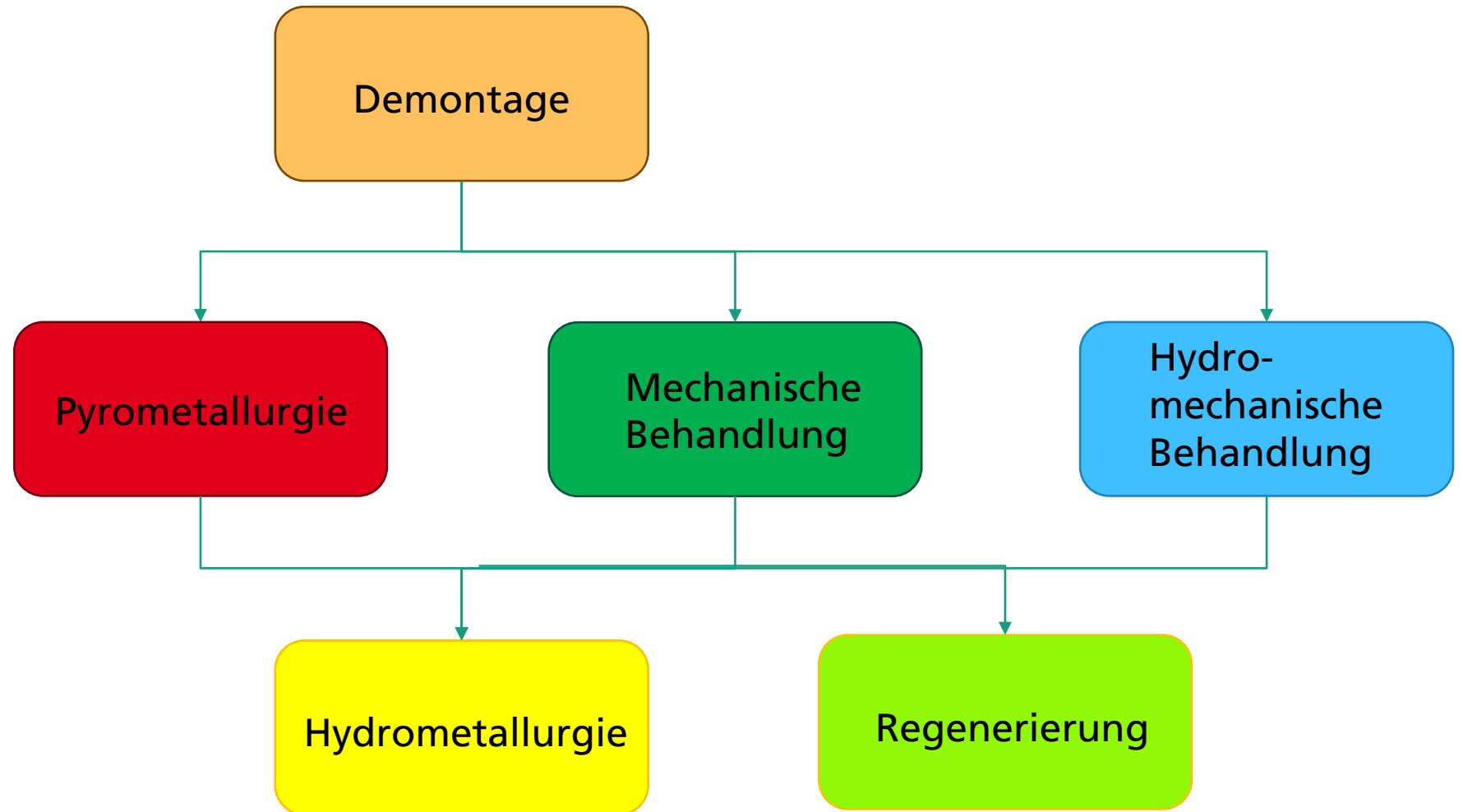
Batterierecycling im Überblick



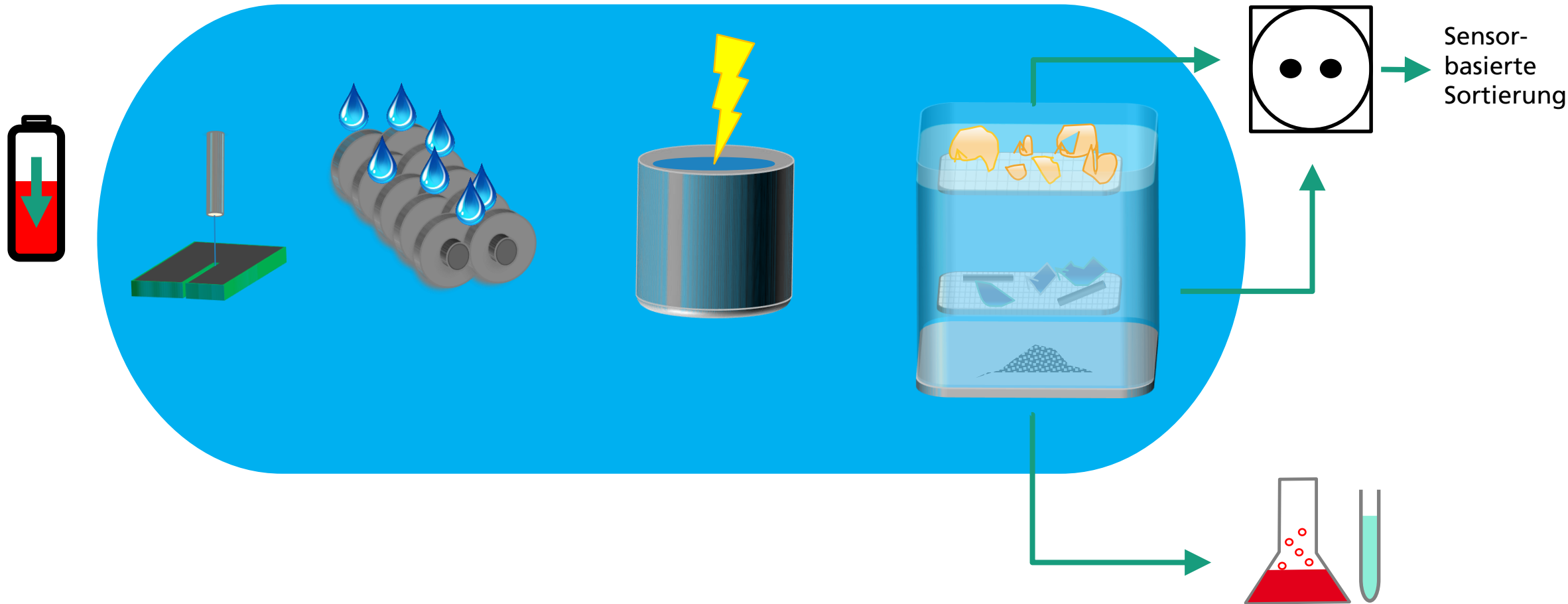
RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN - STATE-OF-THE-ART



RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN – WEITERE ANSÄTZE

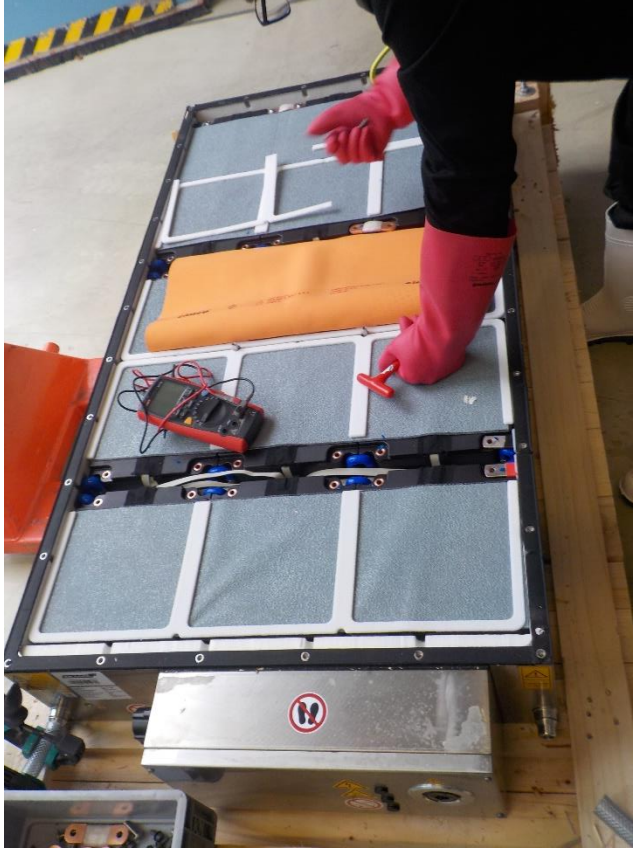


Hydromechanischer Prozess



Demontage

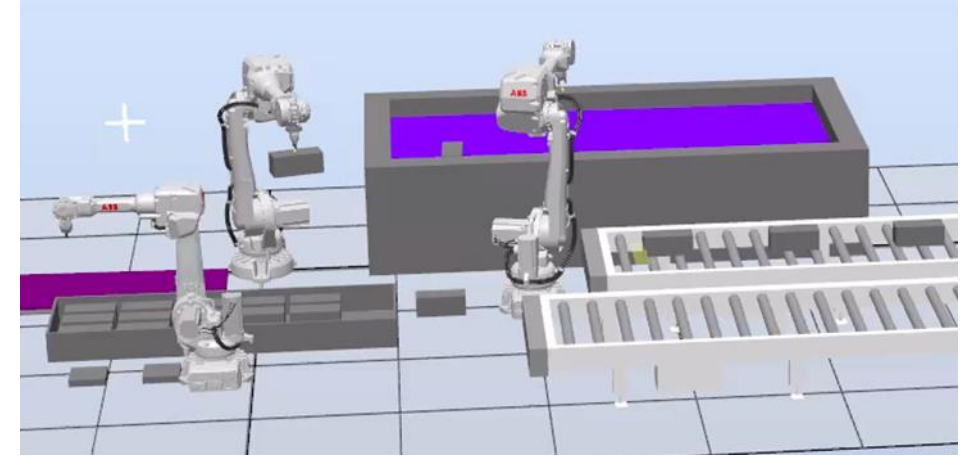
manuell



Robust automatisch

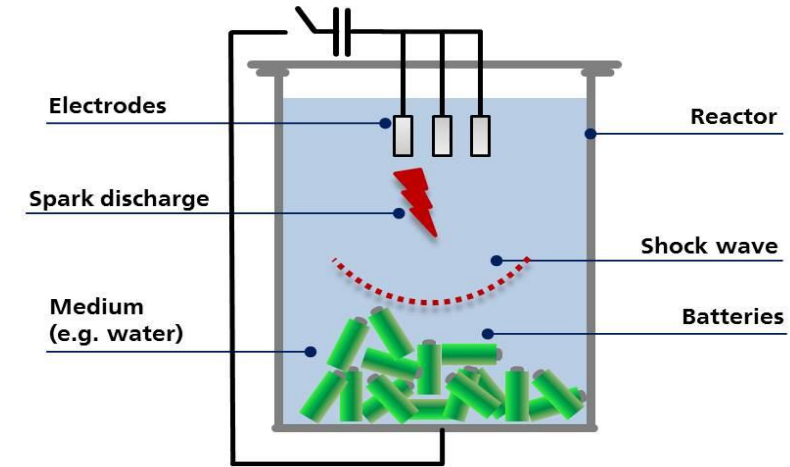


smart automatisch

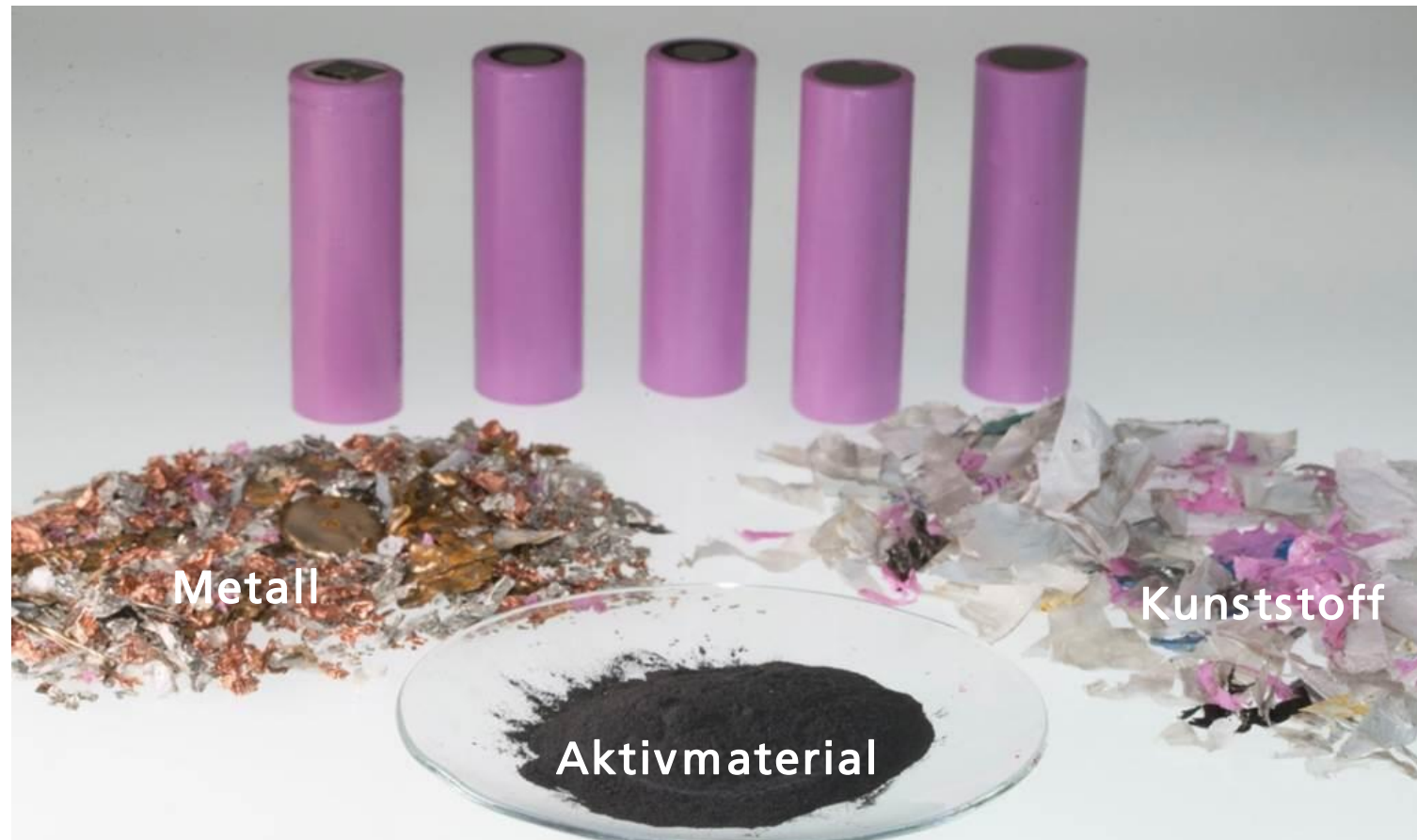


Aktuell demontieren etablierte
Recycling-Unternehmen ausschließlich
manuell

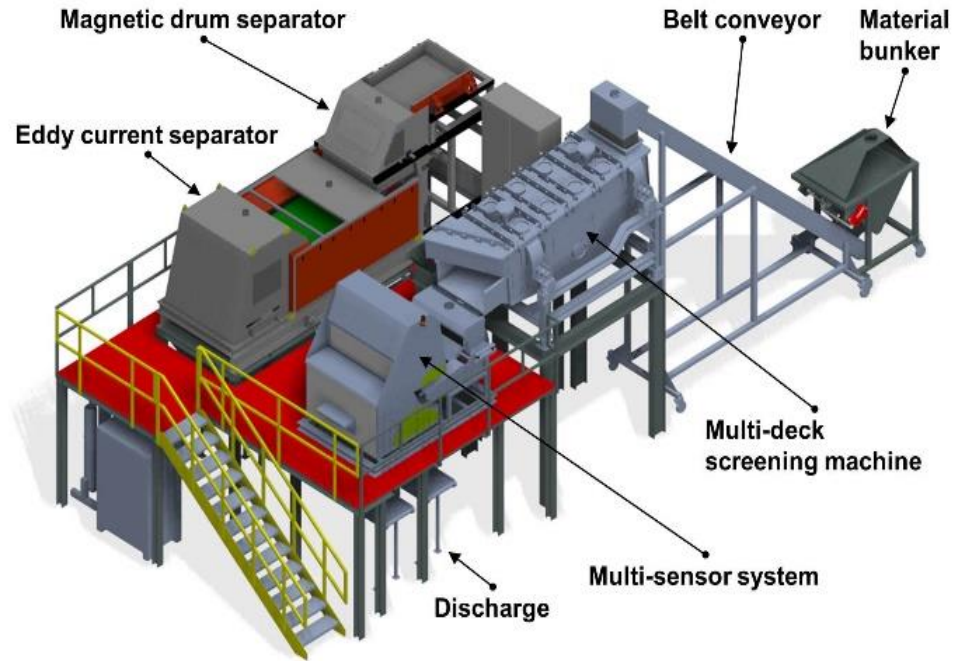
Elektrohydraulische Zerkleinerung



- Reaktorgrößen: 30/40 l
- Kondensator: 0,7 μF
- Entladespannung: 25-40 kV
- Energie pro Puls: 219-560 J
- Frequenz: 1-4 Hz
- Durchschnittliche Energie: 0,47 kWh pro Batch
- Energieverbrauch: ~1,78 kWh/kg
- Durchsatz: 10 kg/h



Sortierung



- Vollautomatisches System für die materialelektive Separierung
- Flexible Prozesssteuerung durch individual Kombination der Sortierschritte
- Hohe Datenverfügbarkeit und –vernetzung (Industrie 4.0)



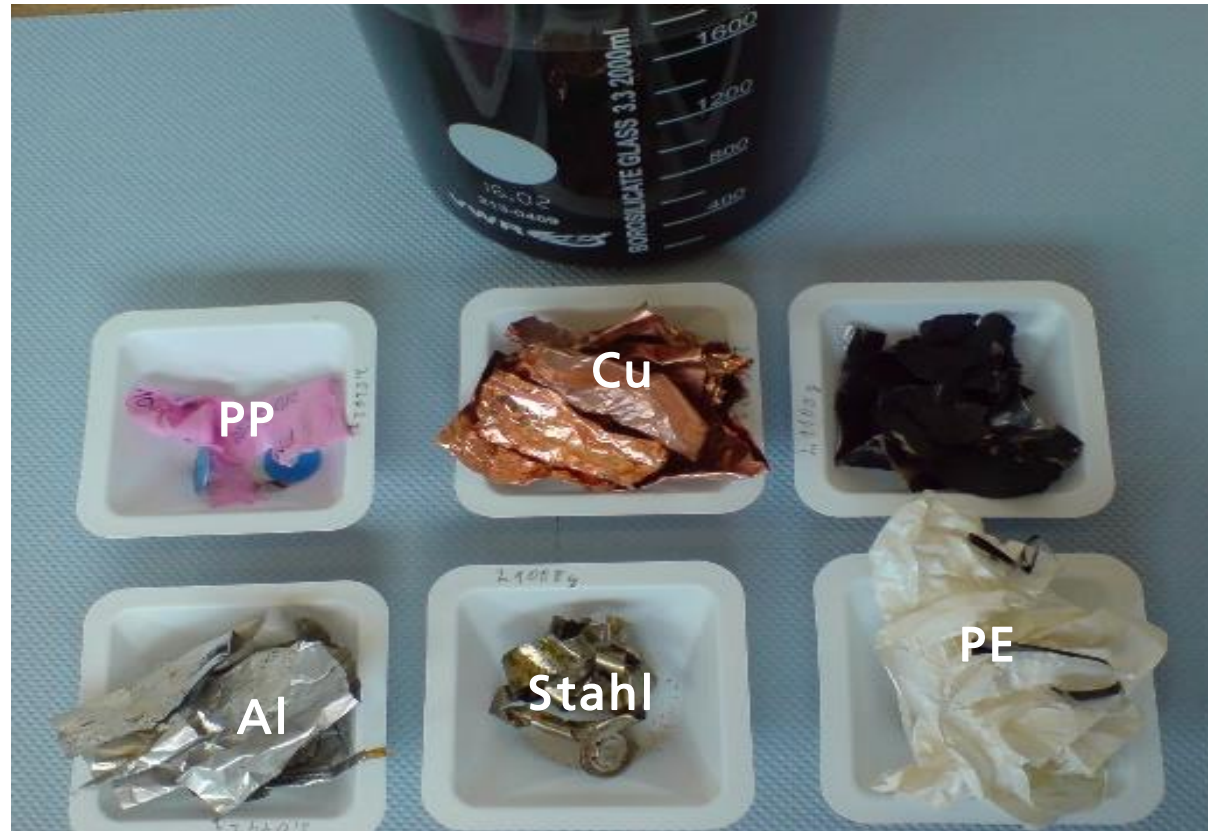
Gerätedetails

Multideck-Sieb machine (flip-flow screen)

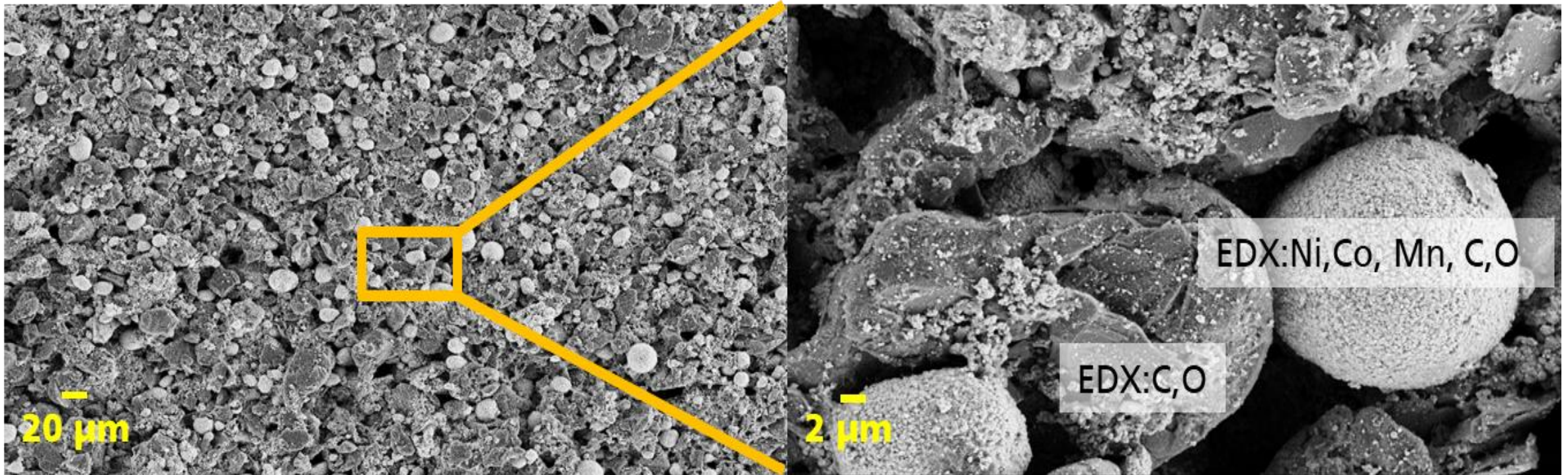
Magnetscheider und Wirbelstromscheider

Multisensor-System (Kombination von 2 CCD-line scan Kameras)

Sortierung der Fraktionen

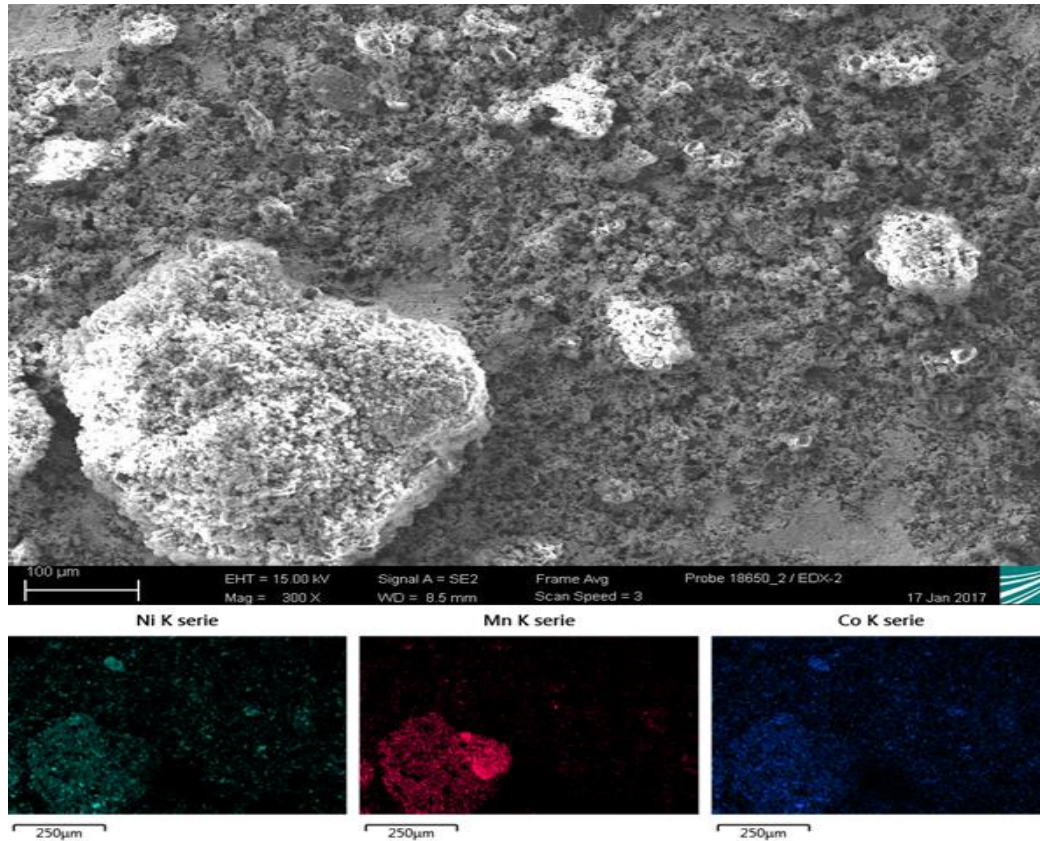


Partikelgrößenverteilung

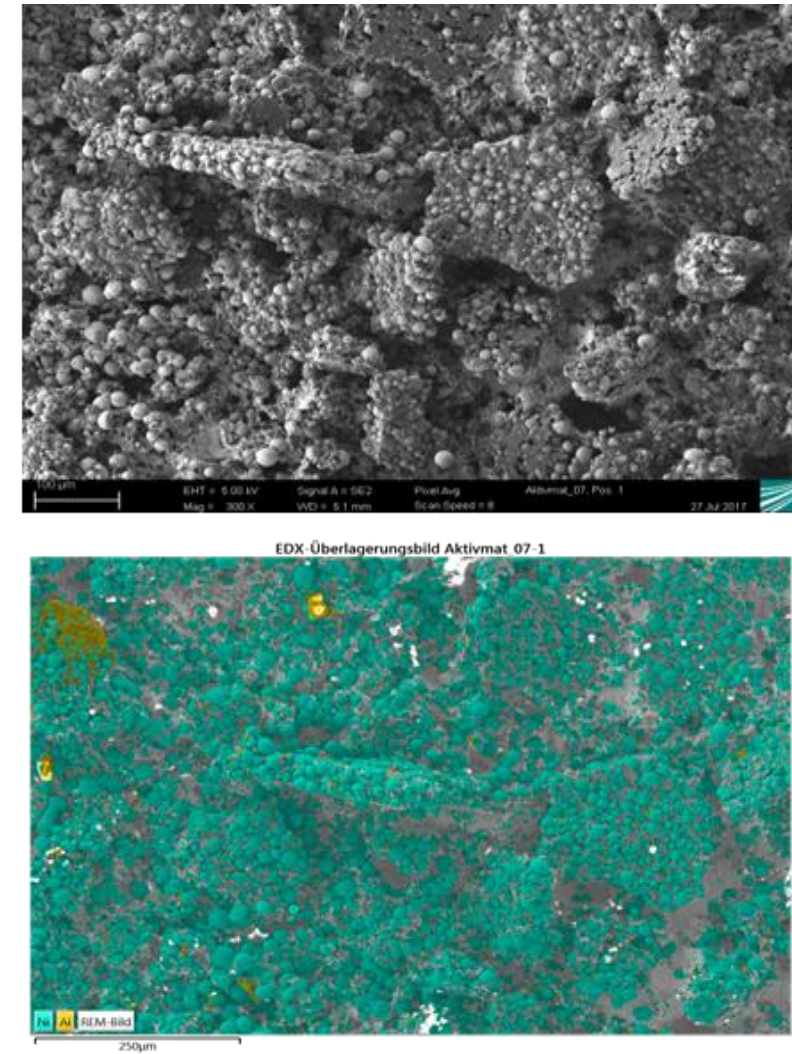


- Mix aus Anoden- und Kathodematerial: z. B. NMC/Graphite oder NCA/LTO
- Partikelgröße: etwa 10-15 µm

Elementanalytik



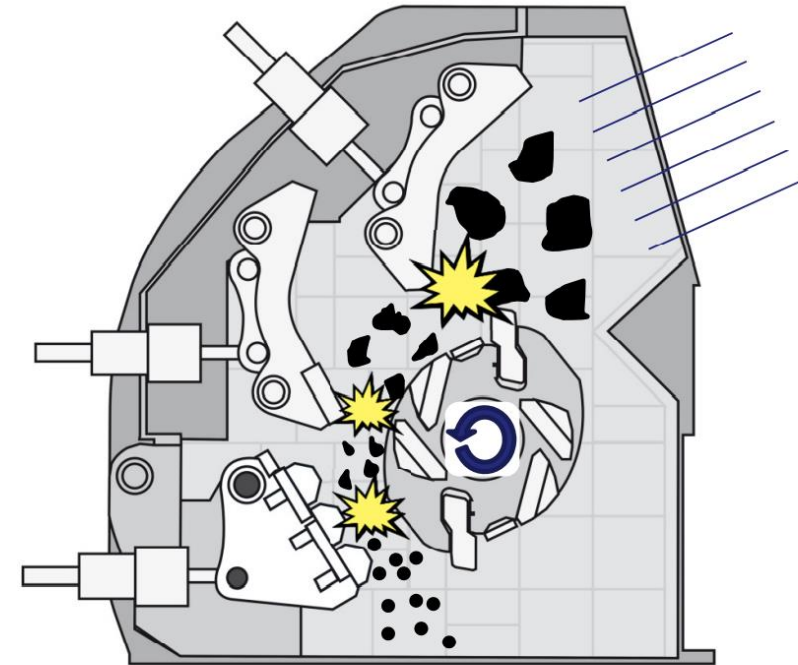
- Elementspezifisches EDX-Mapping der Schwarzmasse
- Identifizierung des Aktivmaterials



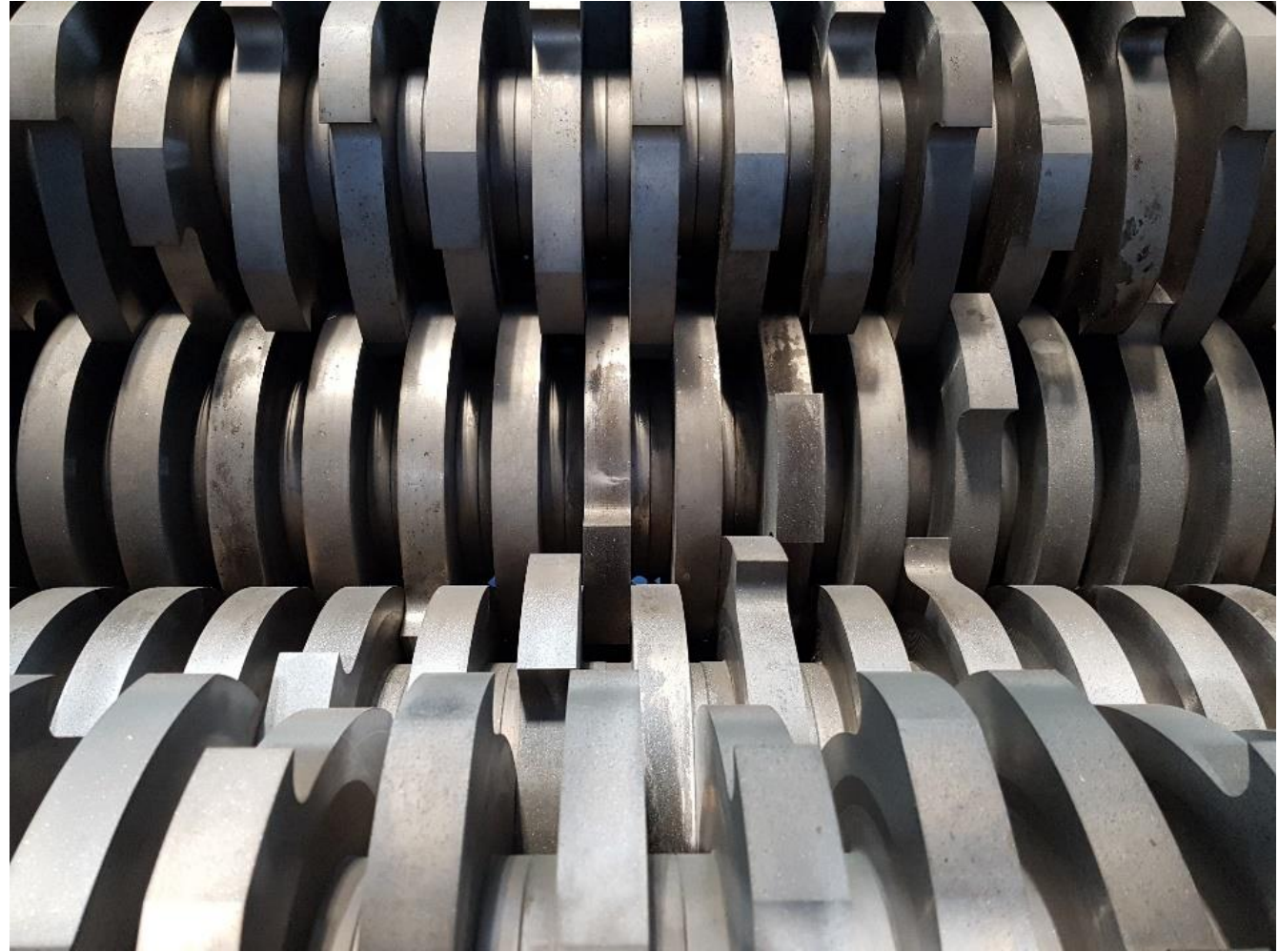
Further equipment – Impact crusher



Impact Mill PM



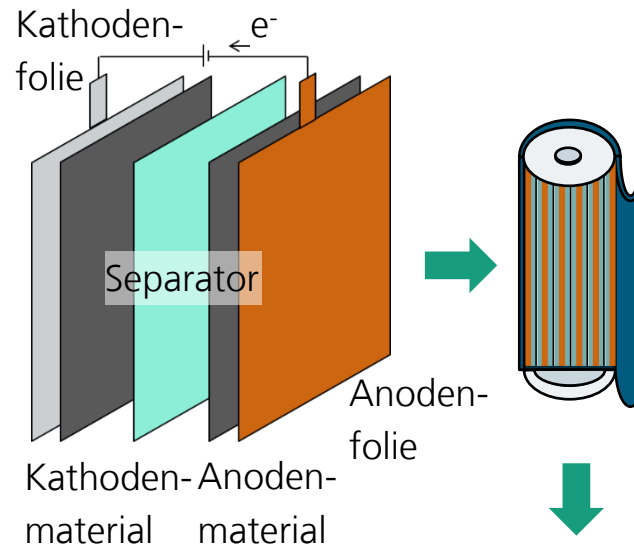
Further equipment – Impact crusher



Grundlagen zu E-Bike-Akkus

Einleitung

- Der Markt für E-Bikes wächst in den letzten Jahren stark
 - Bedarf nach nachhaltigen Mobilitätskonzepten
 - Erhöhte Nachfrage nach Ausflügen durch Covid-19 Pandemie
 - Laut statista 2 Mio. E-Bikes in Deutschland in 2021 verkauft
- Batterien enthalten wertvolles Co, Ni und Li
- Batterien liefern zwischen 500 und 625 Wh
- Ein Batteriepack wiegt ca. 2,3 kg, davon sind 1,9 kg Zellen
- Großes Potential für Recycling bereits heute



Material in Lithium-Ionen-Batterie-Zellen

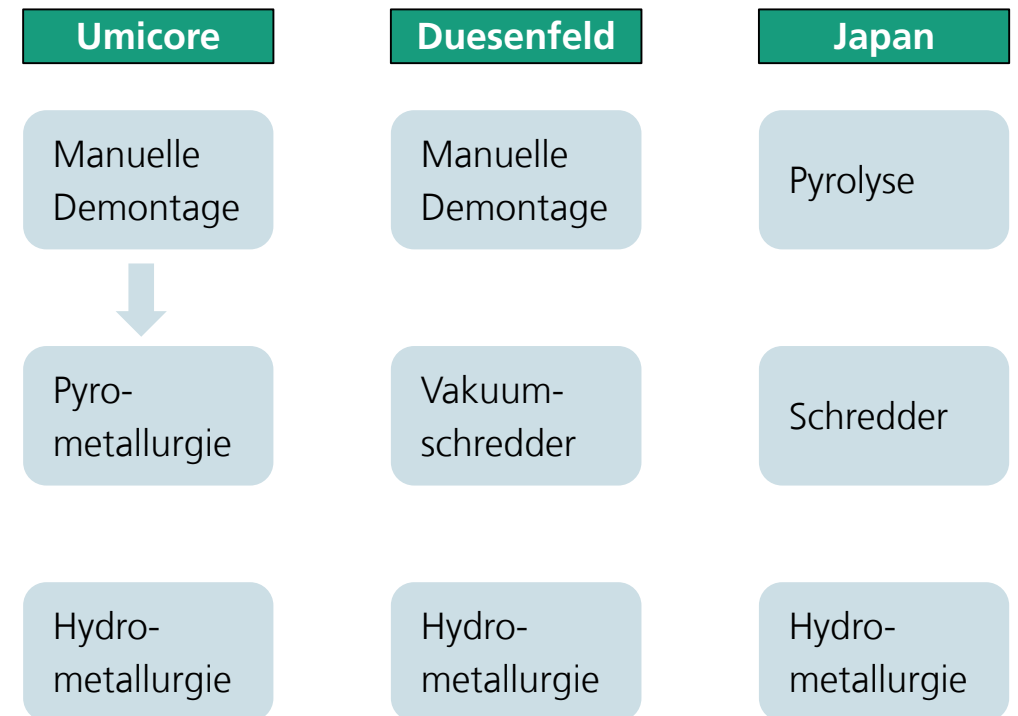
Bauteil	Material	Anteil
Kathodenfolie	Aluminium	5 %
Kathodenmaterial	Ni, Co, Mn, Li, Leitrüß, Binder	30 %
Separator	PP, PE	3 %
Elektrolyt	DMC, EMC, EC, LiPF ₆ , Additive	10 %
Anodenmaterial	Graphit, Binder	20 %
Anodenfolie	Kupfer	7 %
Gehäuse	Stahl, Plastik, Dichtungen	25 %

Grundlagen zu Batterierecycling

Recyclingprozessvarianten

- Grundsätzlich werden 3 Prozessvarianten unterschieden:
 - Mechanisches Recycling
 - Pyrometallurgie
 - Hydrometallurgie
- Unterschiedliche Kombination der Varianten für optimale Ergebnisse

Beispielprozesse



Das Fraunhofer IWKS

Projektdaten

- Beschreibung: Optimierte Prozessketten für hydromechanisches Li-Ionen-Batterie-Recycling
- Fördergeber: BMBF/PTJ im Rahmen des Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie
- Laufzeit: 01.01.2021 bis 31.12.2023
- Partner:
 - Fraunhofer Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcentechnologien Hanau (IWKS)
 - Fraunhofer Institut für Silikatforschung Würzburg (ISC)
 - Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Institut für Ressourchentechnologie (HZDR)
 - Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (KIT)
 - RWTH Aachen, Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling (RWTH)

Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Demontage und Entladung

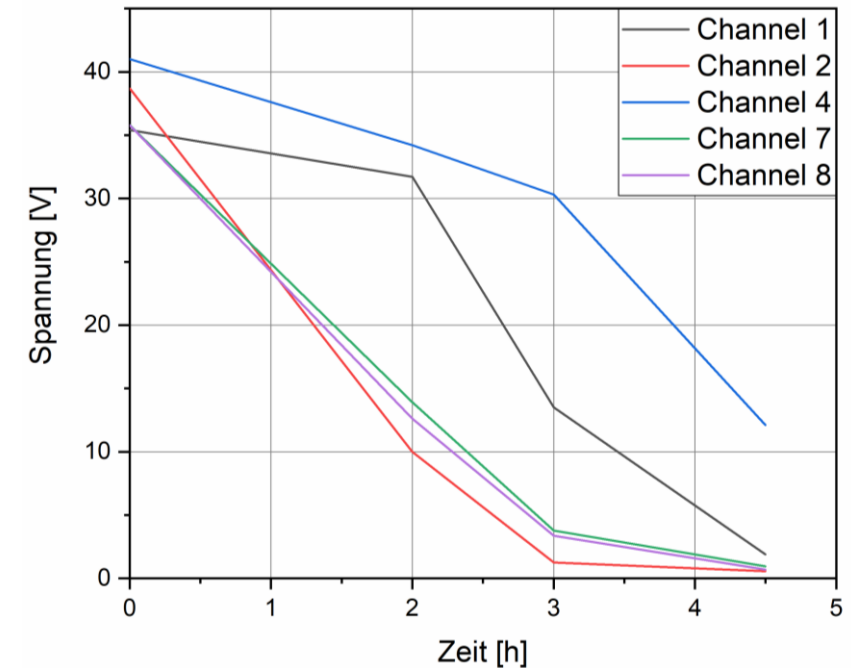
- Gebrauchte E-Bike-Akkus werden an IWKS geliefert
- Initiale Prüfung, Demontage und Tiefentladung
 - Modul- und Zellstruktur generell intakt, kleinere Schäden möglich
 - Keine Spannung an äußeren Anschlüssen
 - Für Bestimmung Ladezustand und Entladung ist Zugang zu Zellkontakten notwendig
- Manuelle Demontage (<5 min pro Pack)
- Dokumentation von Spannung/Ladezustand für weitere Behandlung



Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Entladung und Demontage

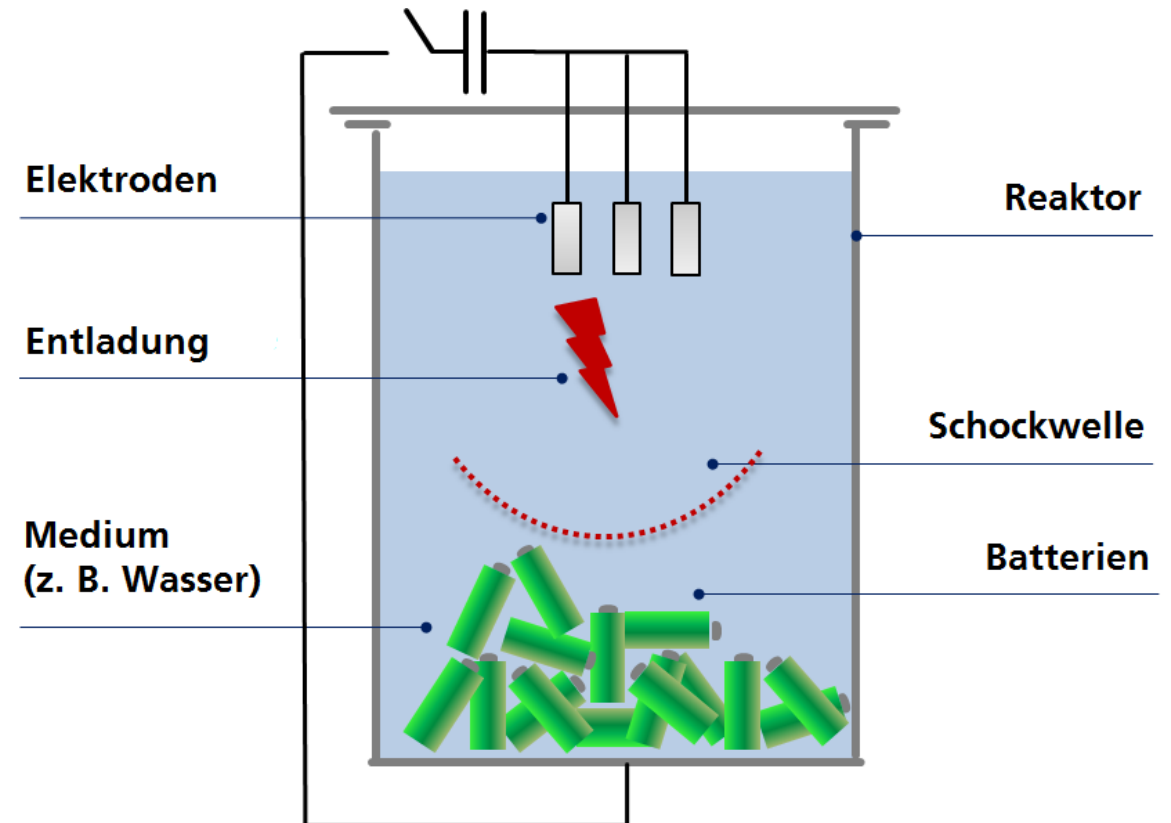
- Aus Sicherheitsgründen werden die Batteriepacks tiefentladen
 - Selbstentwickelte, leistungsgesteuerte Entladevorrichtung
 - Entladung nach ca. 5 h abgeschlossen
 - Batterie regeneriert sich nach Entladung auf bis zu 1,5 V
 - Daher Entladung min. 24 h oder Kurzschluss auf <1 V
-
- Abschließend werden die Packs bis auf Zellelevel demontiert



Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Elektrohydraulische Zerkleinerung

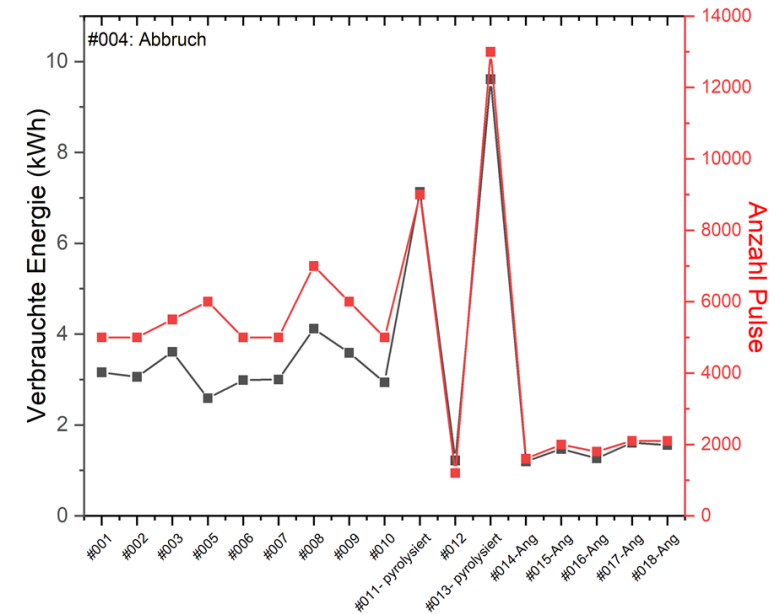
- Elektrischer Lichtbogen im Wasserbad
- Beanspruchung der Batteriezellen durch entstehende Druckwelle
- Trennung an Materialgrenzen und anderen Schwachstellen durch gleichförmige Belastung
- Vorbehandlung der Zellen:
 - Keine
 - Thermisch (RWTH Aachen)
 - Angeschnitten



Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Elektrohydraulische Zerkleinerung

- Versuchsreihe mit je 30 Zellen
- Entladung von 40 kV mit einer Frequenz von 1,5 Hz
- Zellgehäuse öffnen sich, dann graduelle Entfernung und Entschichtung der Folien
- Prozessierung der Zellen bis zur vollständigen Trennung
- Ergibt Folienstücke und feines schwarzes Pulver im Prozesswasser

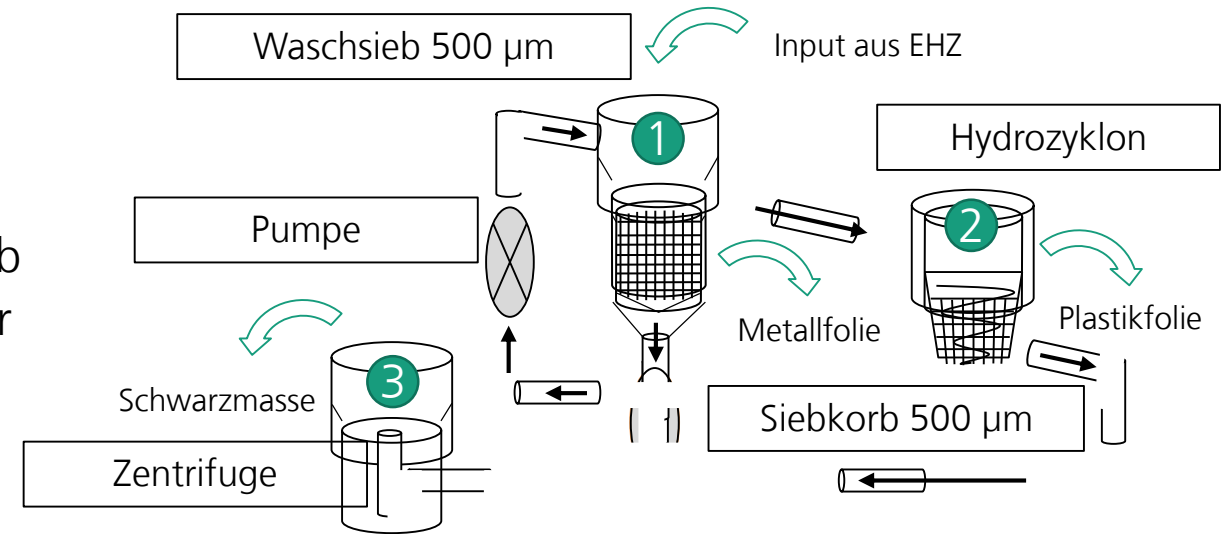


Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Sortierverfahren

- Einfache und automatisierte Trennung nach der EHZ

- 1 Metallfolien: Aluminium- und Kupferfolien setzen sich ab
 - 2 Plastikfraktion: Schwimmfraktion auf dem Prozesswasser
 - 3 Schwarzmasse: Mischung der Elektrodenmaterialien
- Abschließende Trocknung aller Fraktionen



Batterierecycling am Fraunhofer IWKS

Ergebnisse und Produkte

- Metallfraktion:
 - Aluminiumfolie kann Reste von NMC enthalten
 - Enthält auch das Gehäuse
 - Weitere Trennung der Materialien wird derzeit erforscht
- Plastikfraktion:
 - Saubere Folien aus Separator und Hüllen
 - Recyclingwert gering
- Schwarzmasse:
 - Wertvollstes Produkt, enthält Co, Ni, Mn und Li
 - Geringe Verunreinigung an Cu und Al
 - Zusammensetzung: NMC811

Analyse der Schwarzmasse

Element	keine Vorbehandlung	thermisch	angeschnitten	perfekt
Li	3,6 %	1,8 %	3,6 %	2,8 %
Ni	31,9 %	25,3 %	29,2 %	21,3 %
Co	3,9 %	3,8 %	4,2 %	3,4 %
Mn	1,4 %	1,6 %	1,6 %	1,7 %
Al	2,8 %	3,4 %	2,1 %	1,4 %
Cu	3,8 %	2,2 %	2,6 %	1,6 %
Fe	1,7 %	2,5 %	0,7 %	0,6 %
Si	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,3 %
P	0 %	0,2 %	0 %	0 %

Weitere relevante Projekte am Fraunhofer IWKS

- ZDR-EMIL: Demontageprozesse für Komponenten aus der Elektromobilität
 - Automatisierte Demontage von Elektromotoren, Batteriepacks und Brennstoffzellenstacks
 - Technologieplattform für die Industrie mit geplanten Workspaces
- Bætter Recycle I & II
 - Projekt zum Recycling von Nutzfahrzeugbatterien
 - 2. Phase zur Umsetzung eines Demonstrators
- AutoBatRec2020
 - 2021 abgeschlossenes EU-Projekt für Recyclingprozesse für Lithium-Ionen-Traktionsbatterien
 - Fokus auf Vorprozesse (Logistik, Demontage, Reuse)
- CleanLIB
 - IWKS internes Projekt zur Regeneration von Kathodenmaterial
- BReCycle
 - Recyclingprozesse für Brennstoffzellen

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Fraunhofer IWKS ist kompetenter Ansprechpartner für
 - Nachhaltige Ressourcenversorgung
 - Recyclingprozesse für Lithium-Ionen-Batterien und andere Produkte
 - Elementar- und Strukturanalytik
 - Lebenszyklus- und Kostenanalyse
- Link zwischen Forschung und industrieller Anwendung

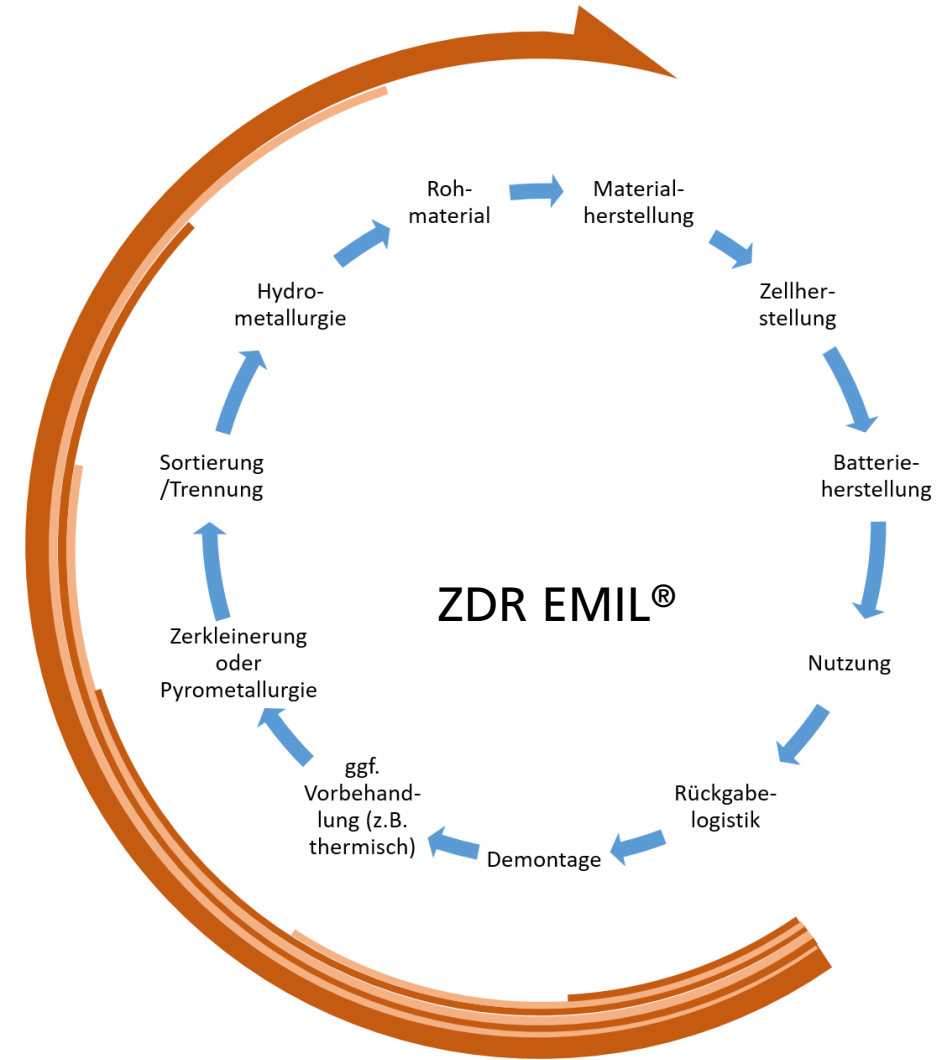
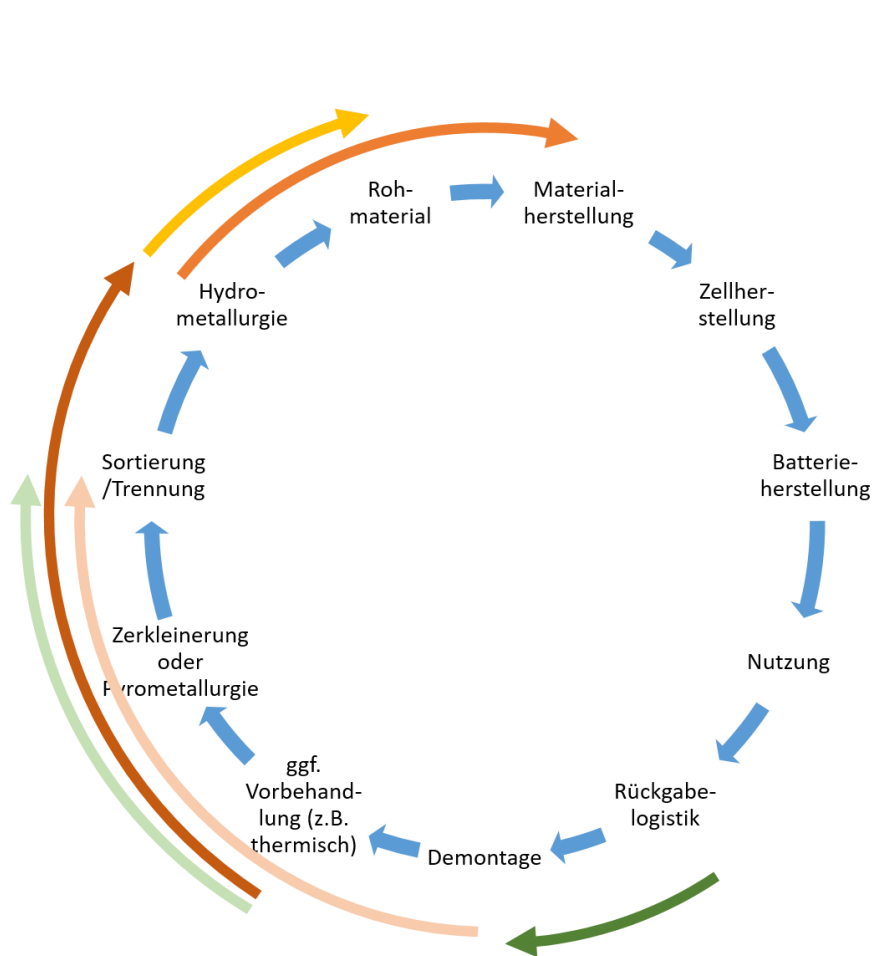
Ausblick Batterierecycling

- Erweiterung der Technologiepalette am Fraunhofer IWKS
 - Demontage und Vorzerkleinerung
 - Aufbereitung Schwarzmasse und Kathodenmaterial
- Herausforderungen durch neuartige Batterietypen und -materialien
- Fokus auf Traktionsbatterien und Brennstoffzellen aus der Elektromobilität



© Jaguar

In vollständigen Kreisläufen denken



Verschiedene bisher umgesetzte oder in Projekten entwickelte Batterierecycling-Prozessabschnitte

THE FRAUNHOFER IWKS

Thank you for your attention!

PD Dr. habil. Benjamin Balke
Head of Department Energy Materials
Fraunhofer IWKS
benjamin.balke@iwks.fraunhofer.de





PD Dr. habil. Benjamin Balke
Leitung Energiematerialien
Fraunhofer IWKS
Aschaffenburg Str. 121
63457 Hanau
benjamin.balke@iwks.fraunhofer.de
+49 6023 32039-899



Dr. Jörg Zimmermann
Leitung ZDR-EMIL®
Fraunhofer IWKS
Aschaffenburg Straße 121
63457 Hanau
joerg.zimmermann@iwks.fraunhofer.de
+49 6023 32039-875