

DEMONTAGE UND RECYCLING VON BATTERIEN DER E-MOBILITÄT

Fraunhofer Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS

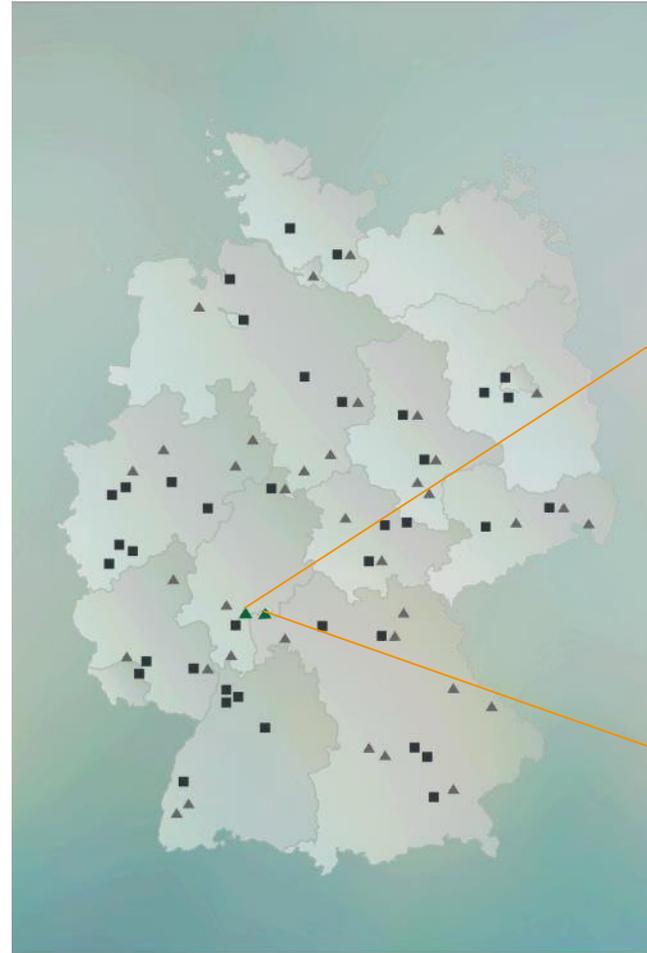
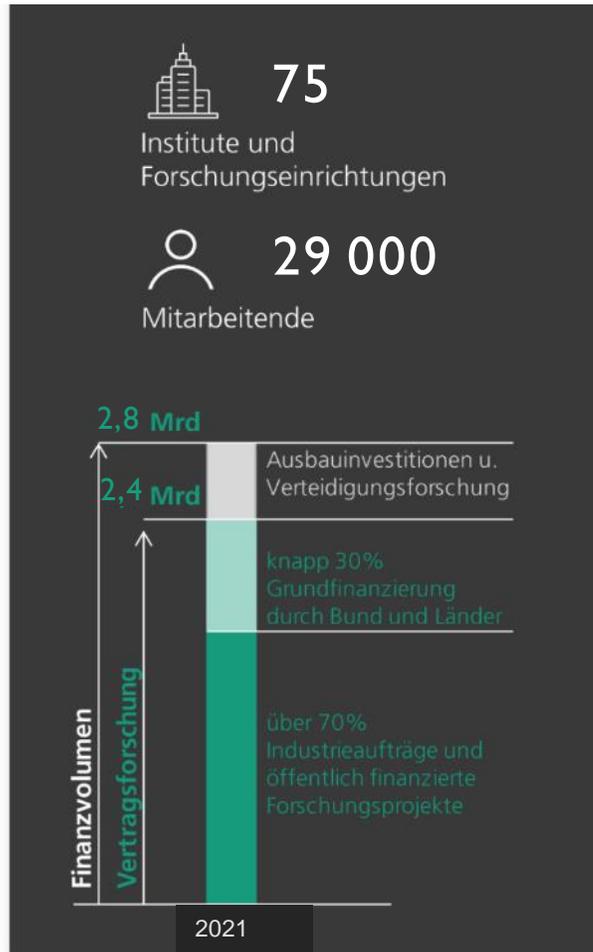
LUBW-Kolloquium 2022
Kreislaufwirtschaft
22. Februar 2022
online

PD Dr. Benjamin Balke



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Standorte des Fraunhofer IWKS, Alzenau und Hanau



LEITUNG DES FRAUNHOFER IWKS

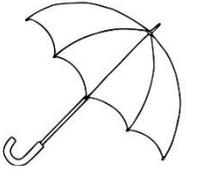


Prof. Dr. Anke Weidenkaff
Institutleiterin

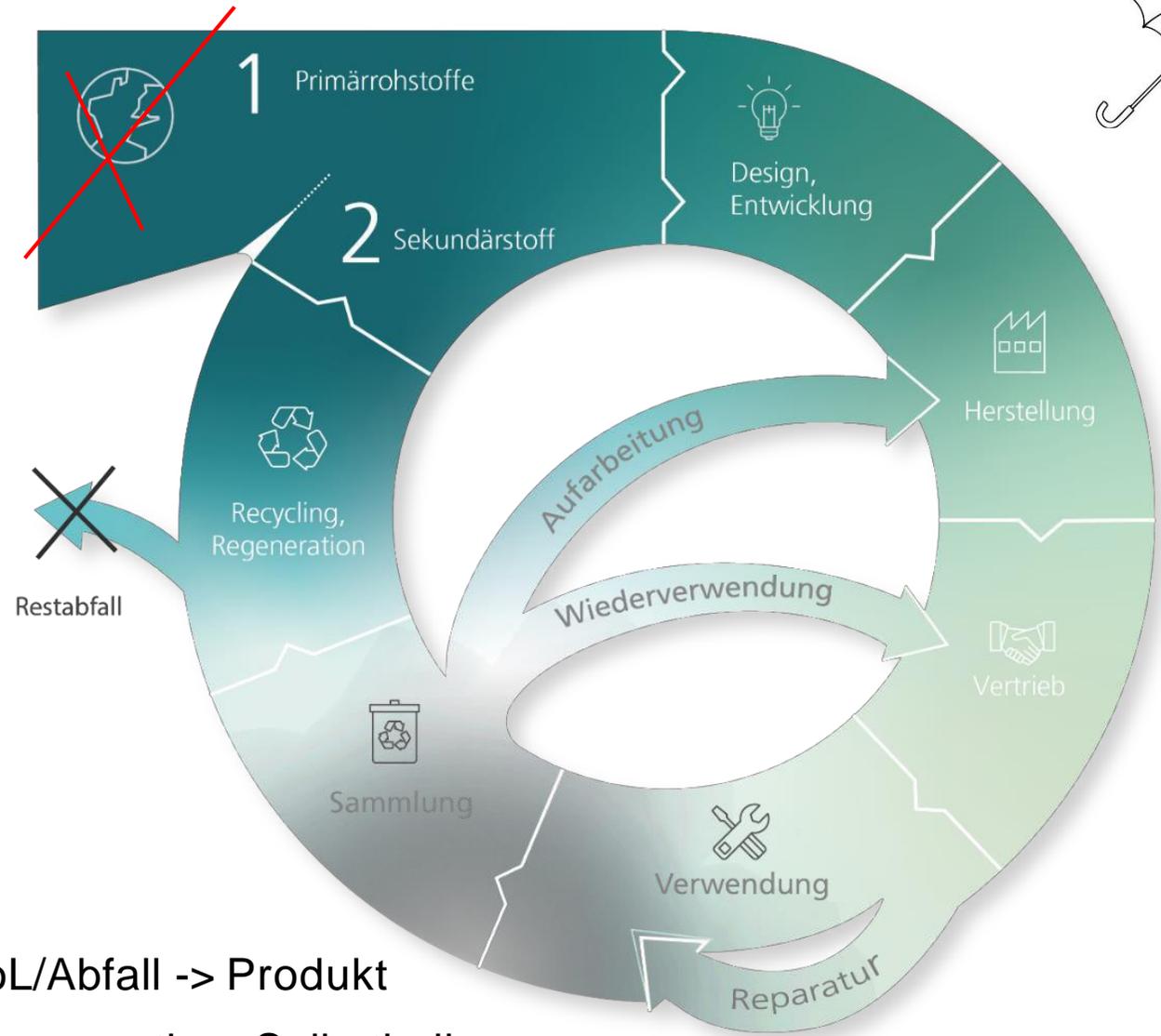
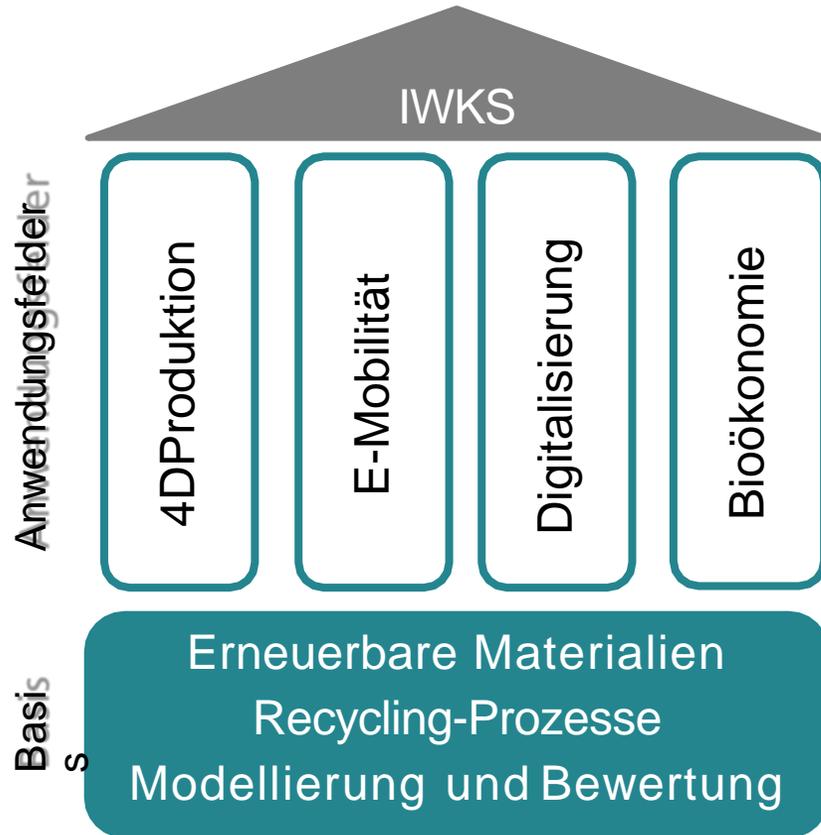


Dr.-Ing. Andrea Gas smann
Stellv. Institutleiterin sowie
Abteilungsleiterin Kreislaufmanagement

Fraunhofer IWKS - In Kreisläufen denken und danach handeln.



Kreislaufwirtschaft: Resilienz in der Produktion



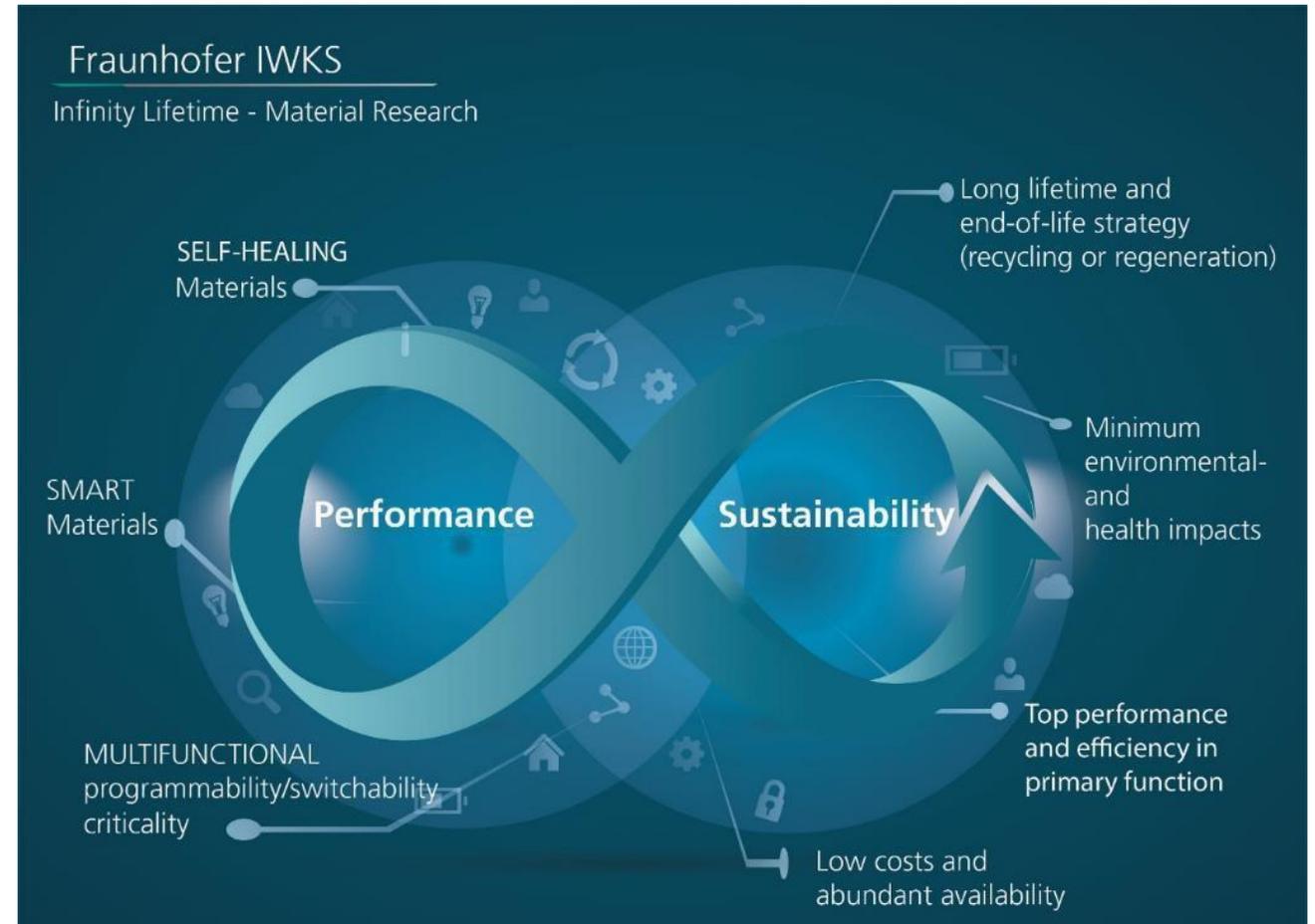
- EoL/Abfall -> Produkt
- Regeneration; Selbstheilung

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

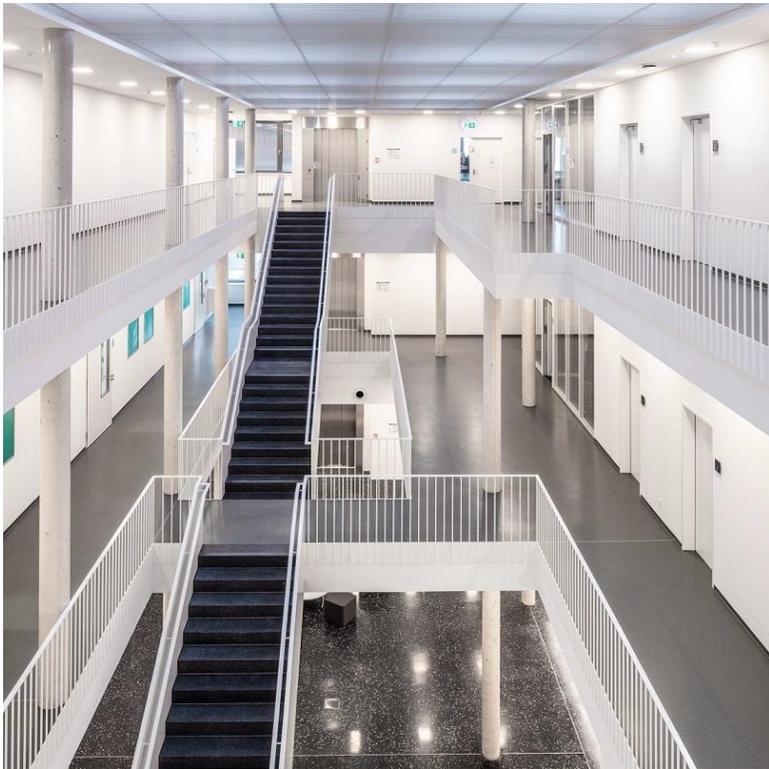


Magnetwerkstoffe

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)

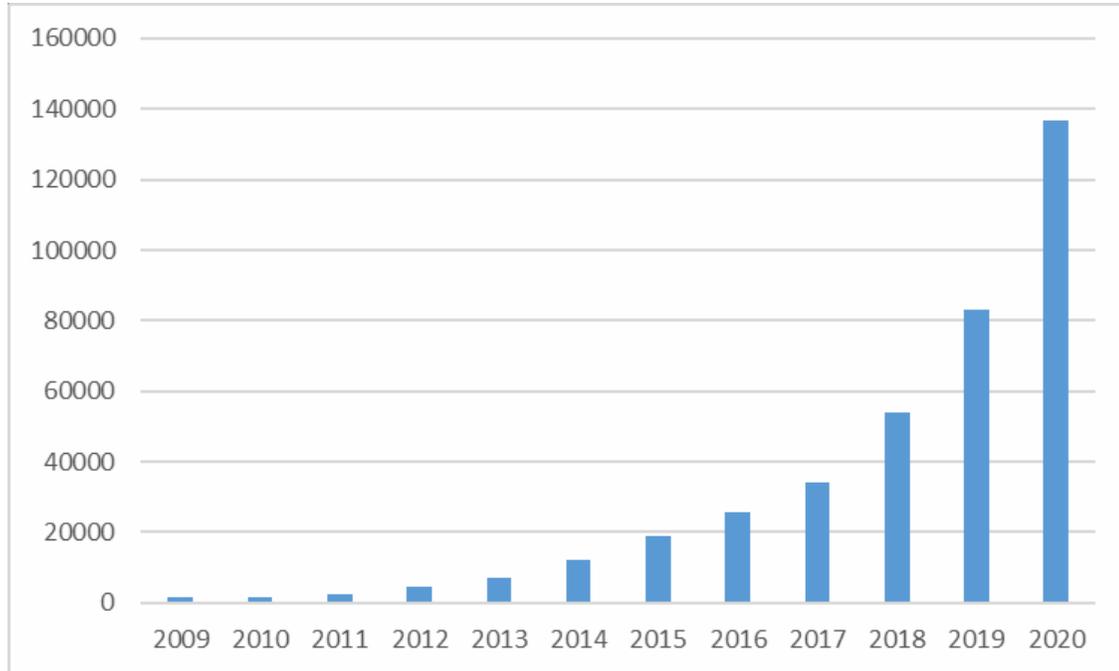


Hier sind die Abteilungen „Energiamaterialien“ und „Magnetwerkstoffe“ zu Hause. Hier werden auch die Kompetenzen in den Wasserstoff-Technologien weiterentwickelt.

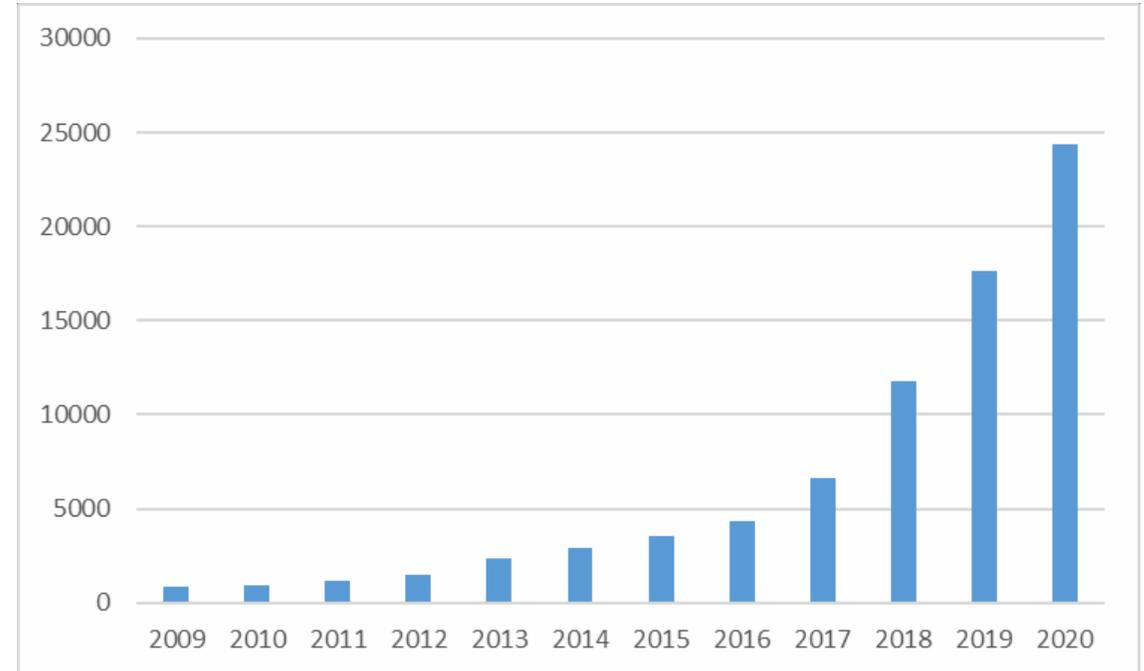
Videos von der Eröffnung inkl. Rundgang und Vorstellung der Hanauer Themen: [IWKS Youtube Channel](#)

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 Nexso, 67 Toyota Mirai und ein Wasserstoffauto von Mercedes-Benz.

<https://de.statista.com/>

<https://www.elektroauto-news.net/>

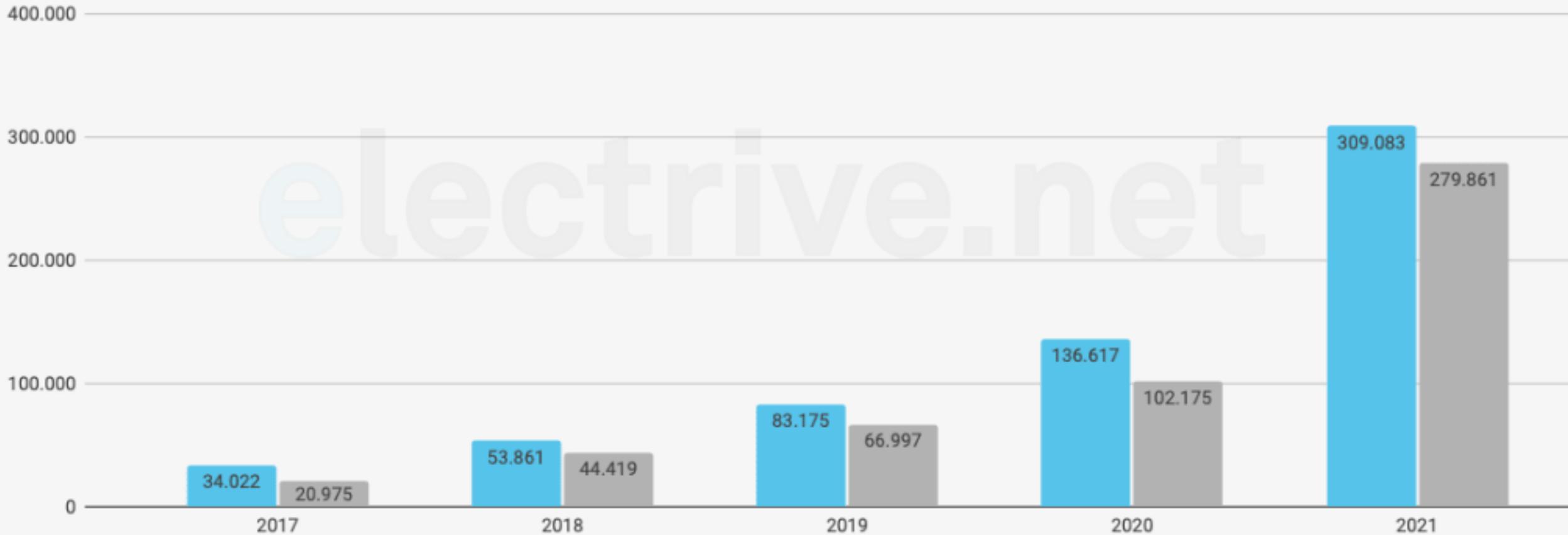
Aus wikipedia.org/wiki/Elektrolastkraftwagen#cite_note-56 auf Grundlage des Kraftfahrtbundesamtes

Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland

Bestand von BEV und PHEV zum 1.1.2021

© 2021 electrive.net

■ BEV ■ PHEV



<https://www.electrive.net/2021/03/02/bestand-in-deutschland-waechst-auf-309-083-bev-pkw/>

© Fraunhofer

LUBW Kolloquium 2022 Kreislaufwirtschaft

Zentrum für Demontage und Recycling – Elektromobilität

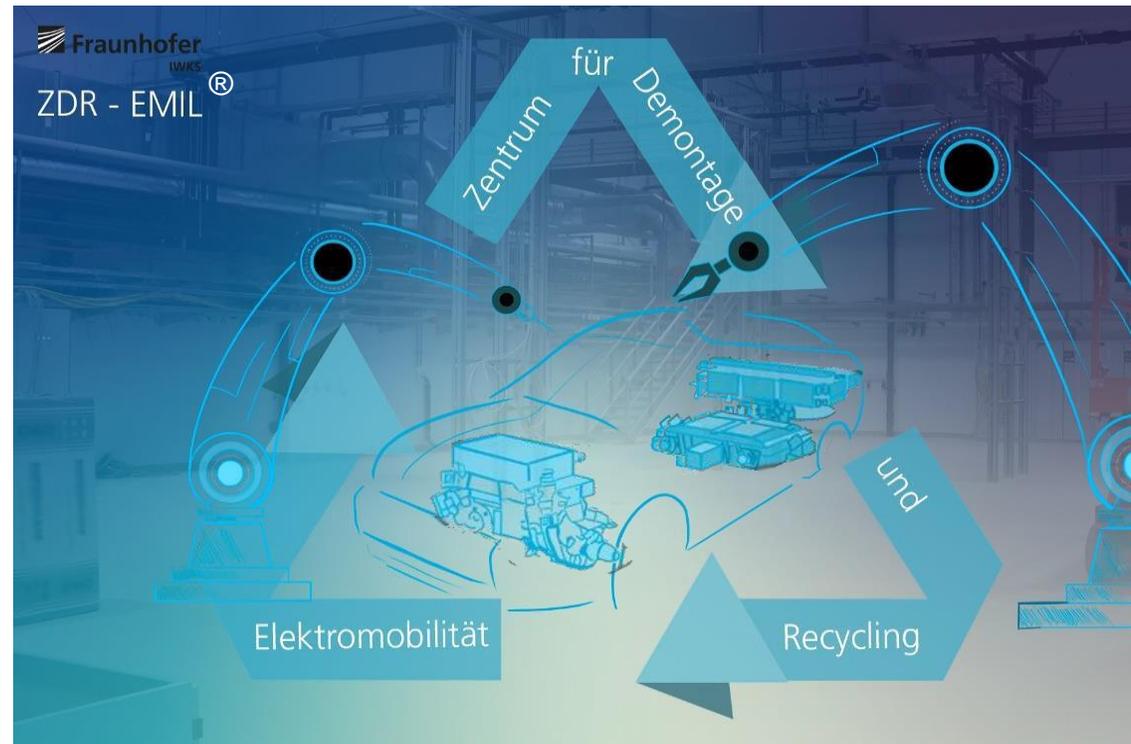
ZDR-EMIL®

HESSEN



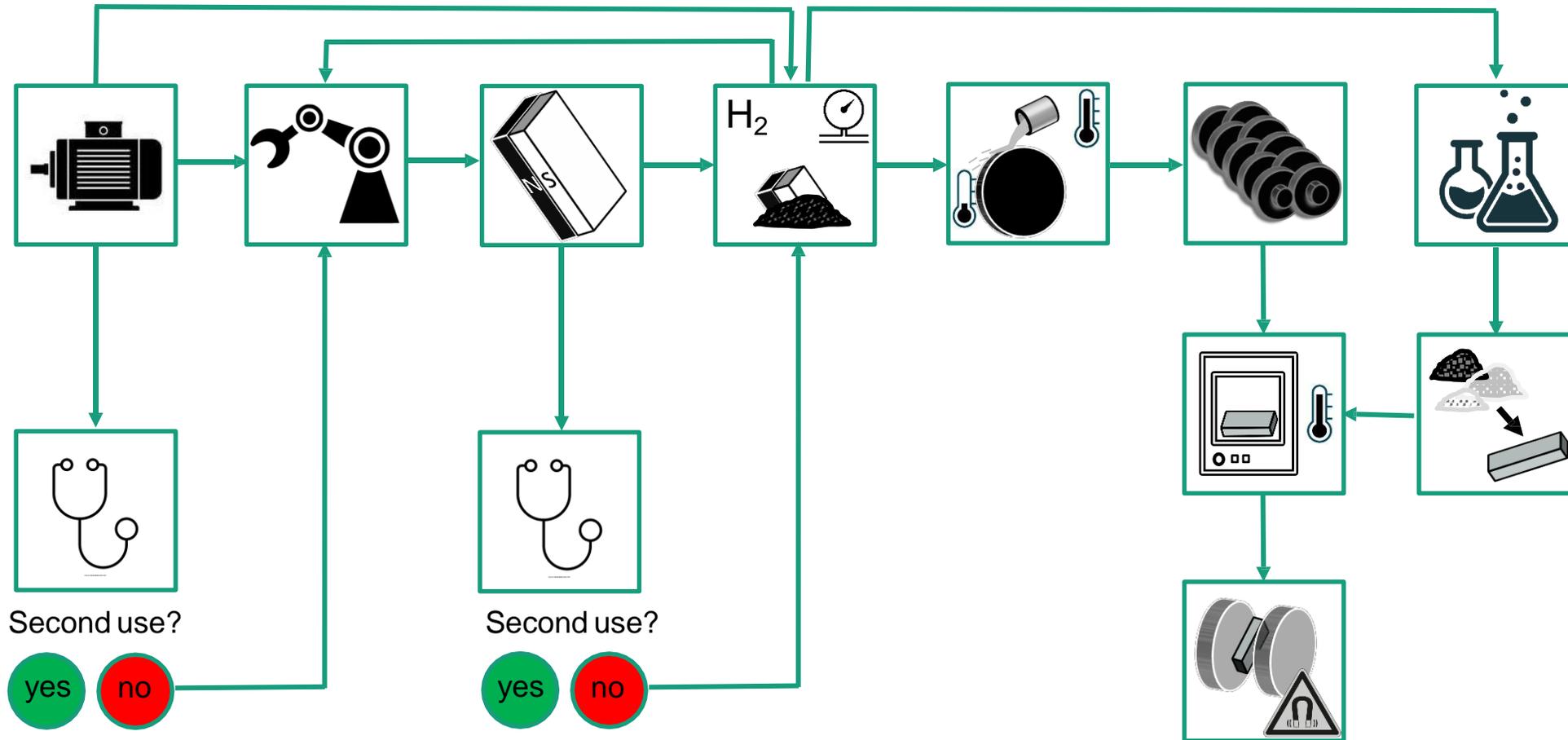
Hessisches
Ministerium für
Wissenschaft
und Kunst

April 2020 – März 2023

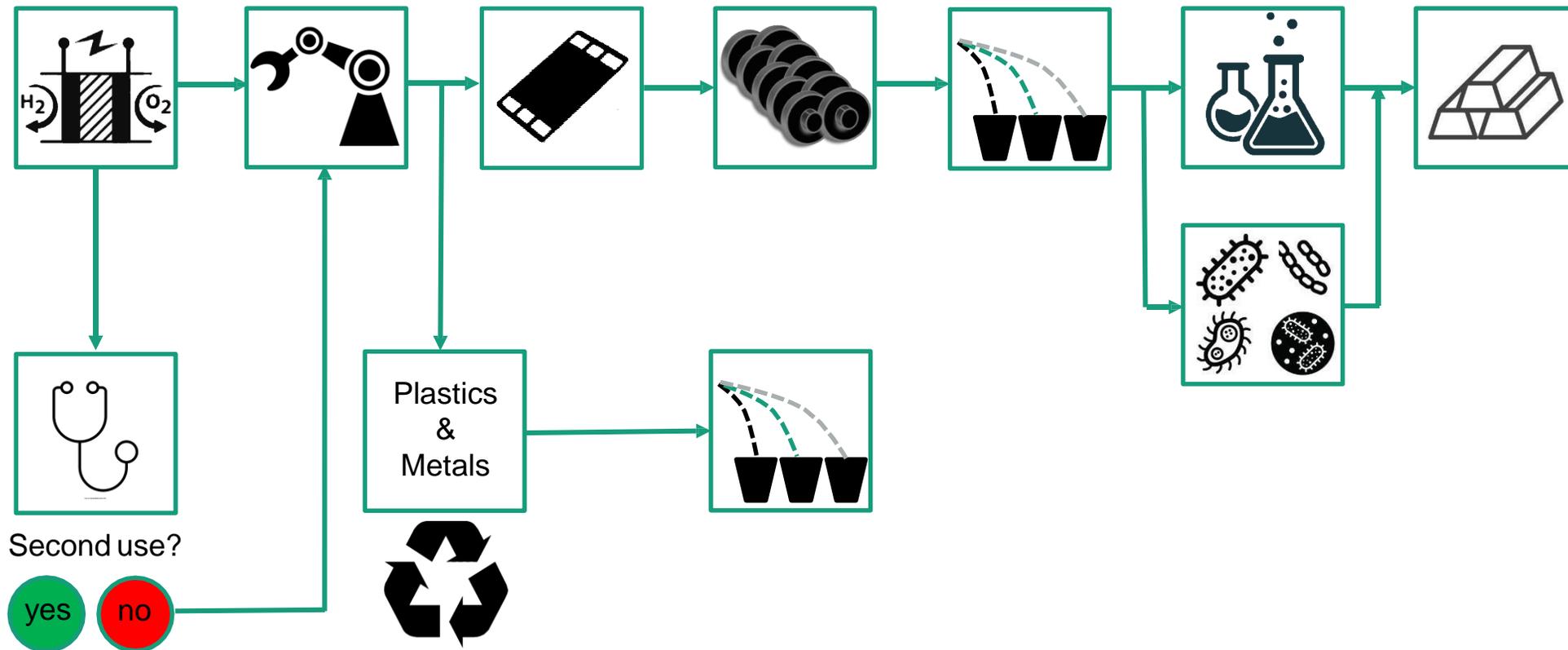


Dr. Jörg Zimmermann
Leitung ZDR-EMIL®
Fraunhofer IWKS

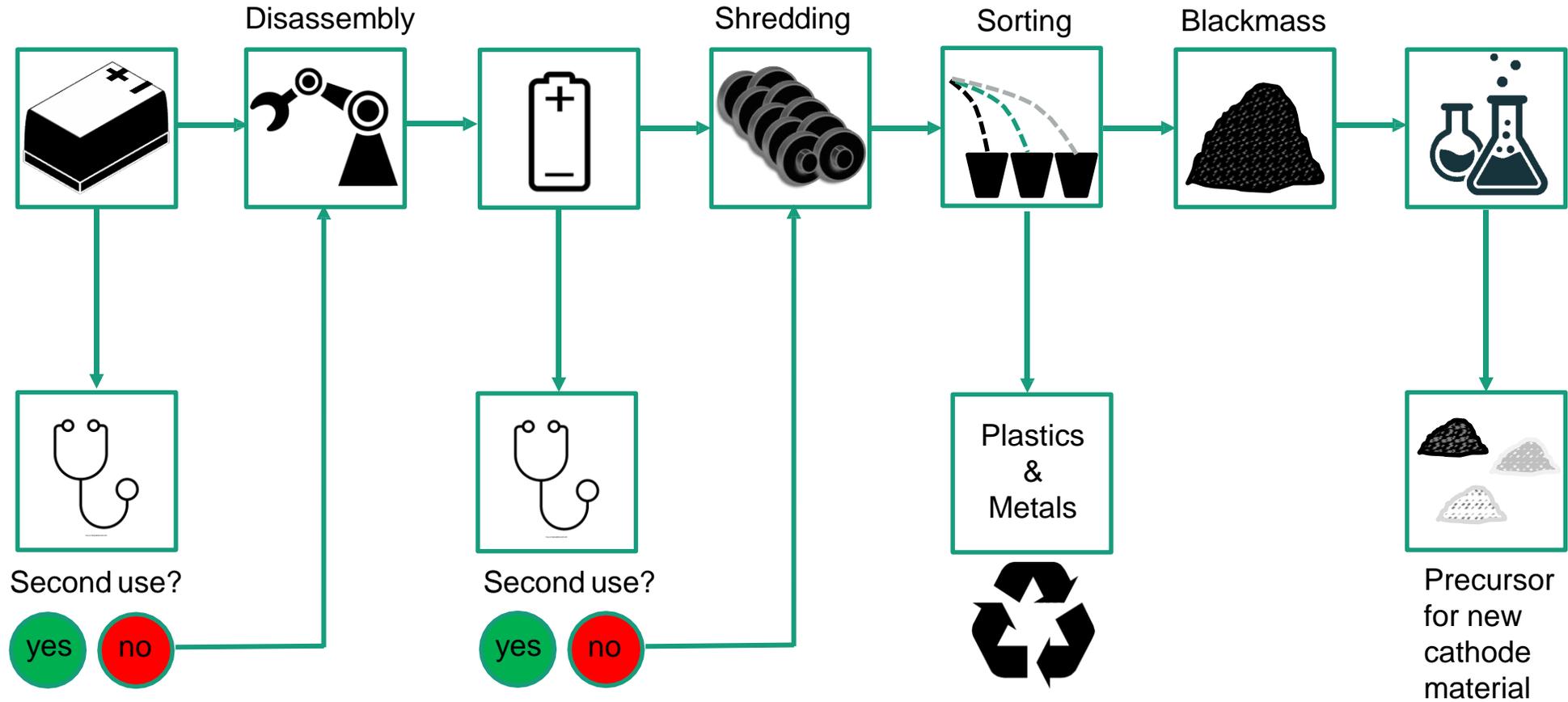
E-Motoren



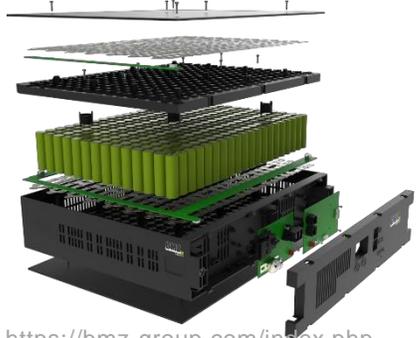
Brennstoffzellen



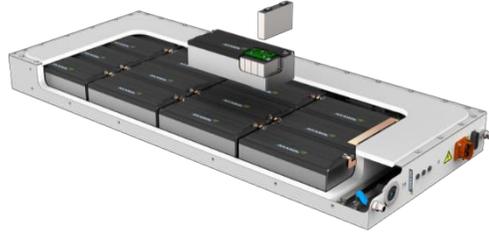
Batterien



Produkt-Vielfalt braucht flexible Recyclingansätze – Bsp. Batterien



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



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



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



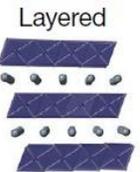
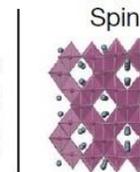
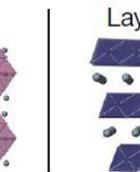
<https://www.flashbattery.tech/de/lithium-zellen/>

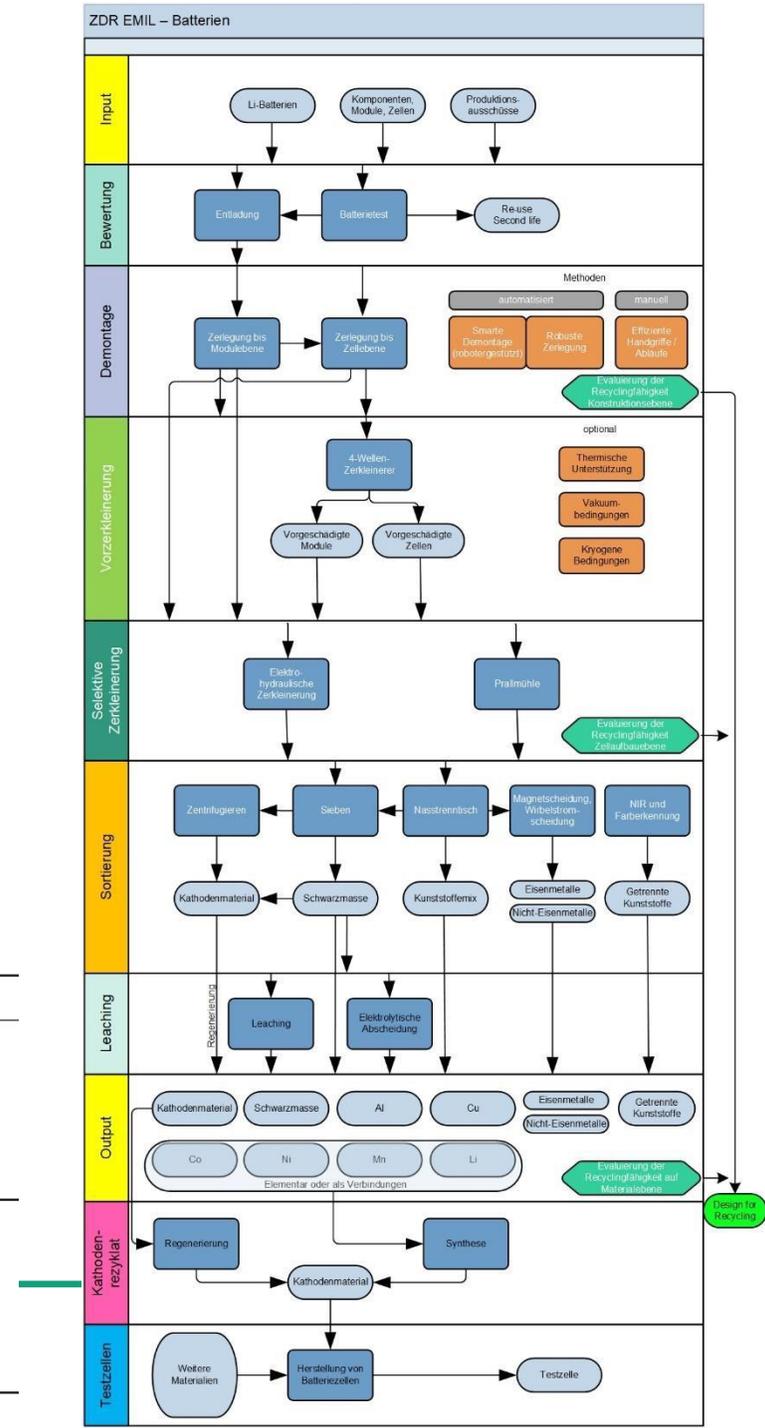


<https://www.newmobility.global/e>



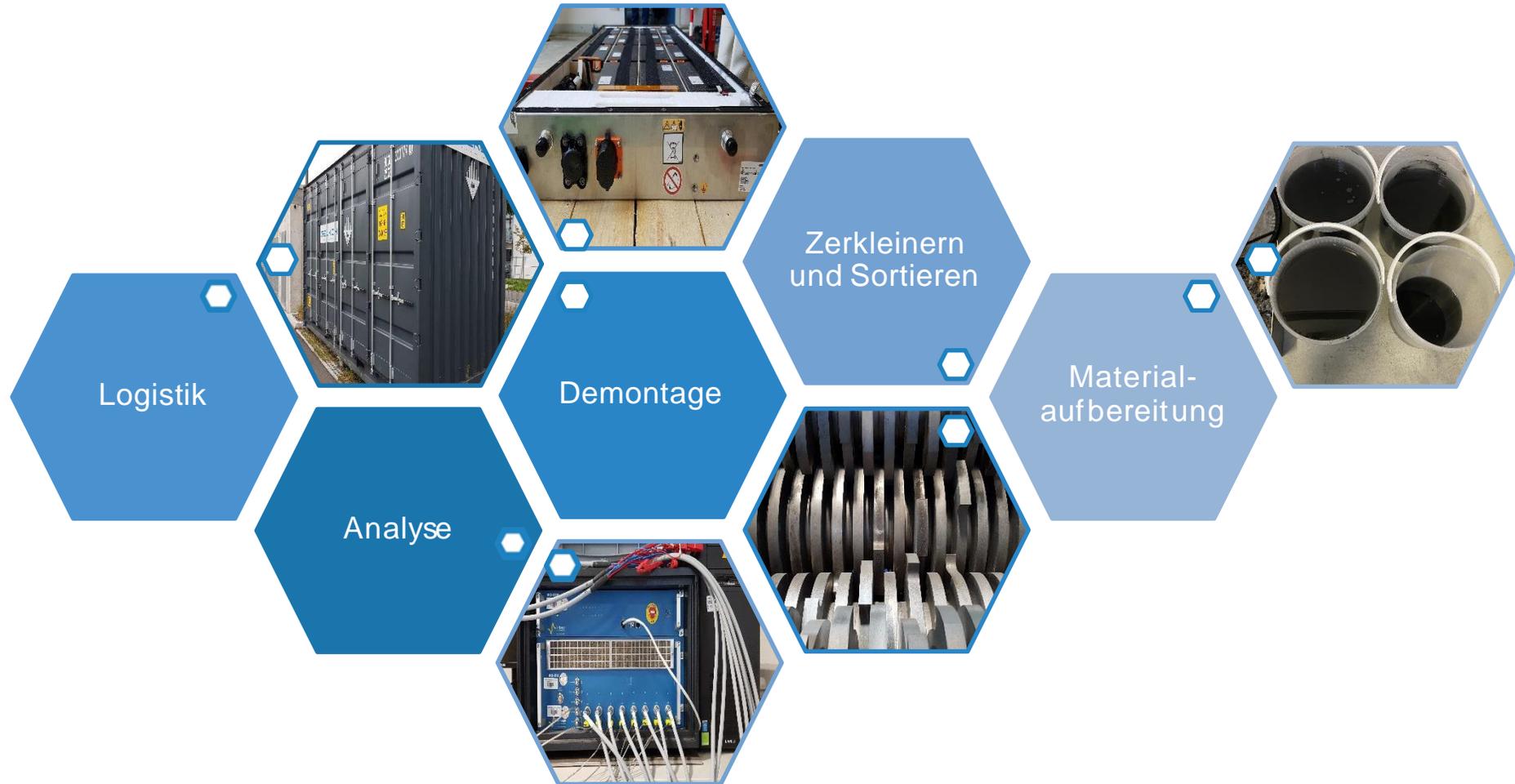
Fraunhofer IWKS

Cathode types	LCO	LFP	LMO	NCA	NMC
Chemical formula	LiCoO_2	LiFePO_4	LiMn_2O_4	$\text{Li}(\text{Ni},\text{Co},\text{Al})\text{O}_2$	$\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ (NMC111) $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC532) $\text{LiNi}_{0.6}\text{Mn}_{0.2}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC622) $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.1}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ (NMC811)
Structure	Layered 	Olivine 	Spinel 	Layered 	Layered 



Übergeordneter Prozess

Batterierecycling im Überblick

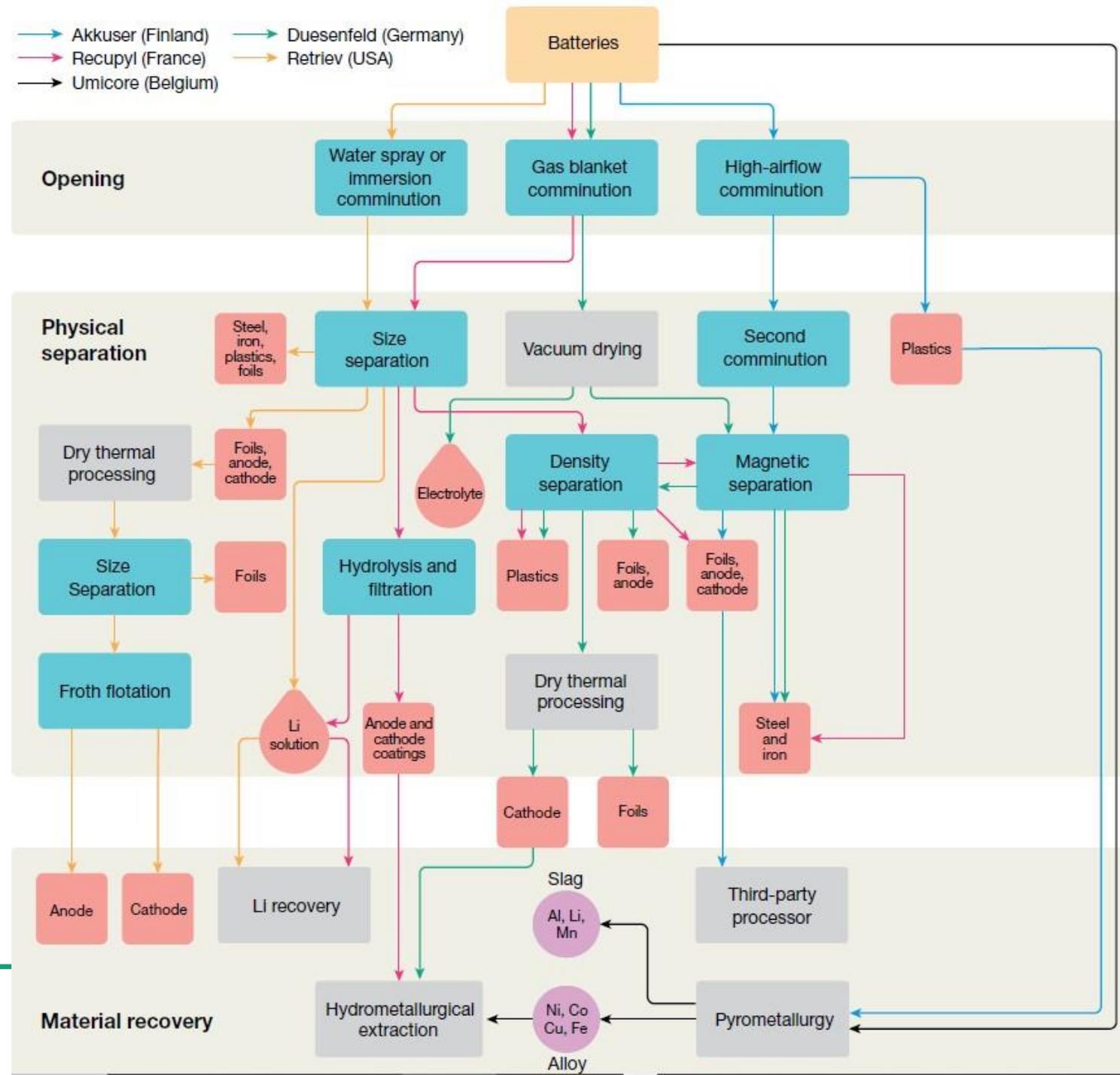


ÜBERSICHTSSCHEMA GÄNGIGER VERFAHREN

G. Harper, R. Sommerville, E. Kendrick, L. Driscoll, P. Slater, R. Stolkin, A. Walton, P. Christensen, O. Heidrich, S. Lambert, A. Abbott, K. Ryder, L. G. & P. Anderson

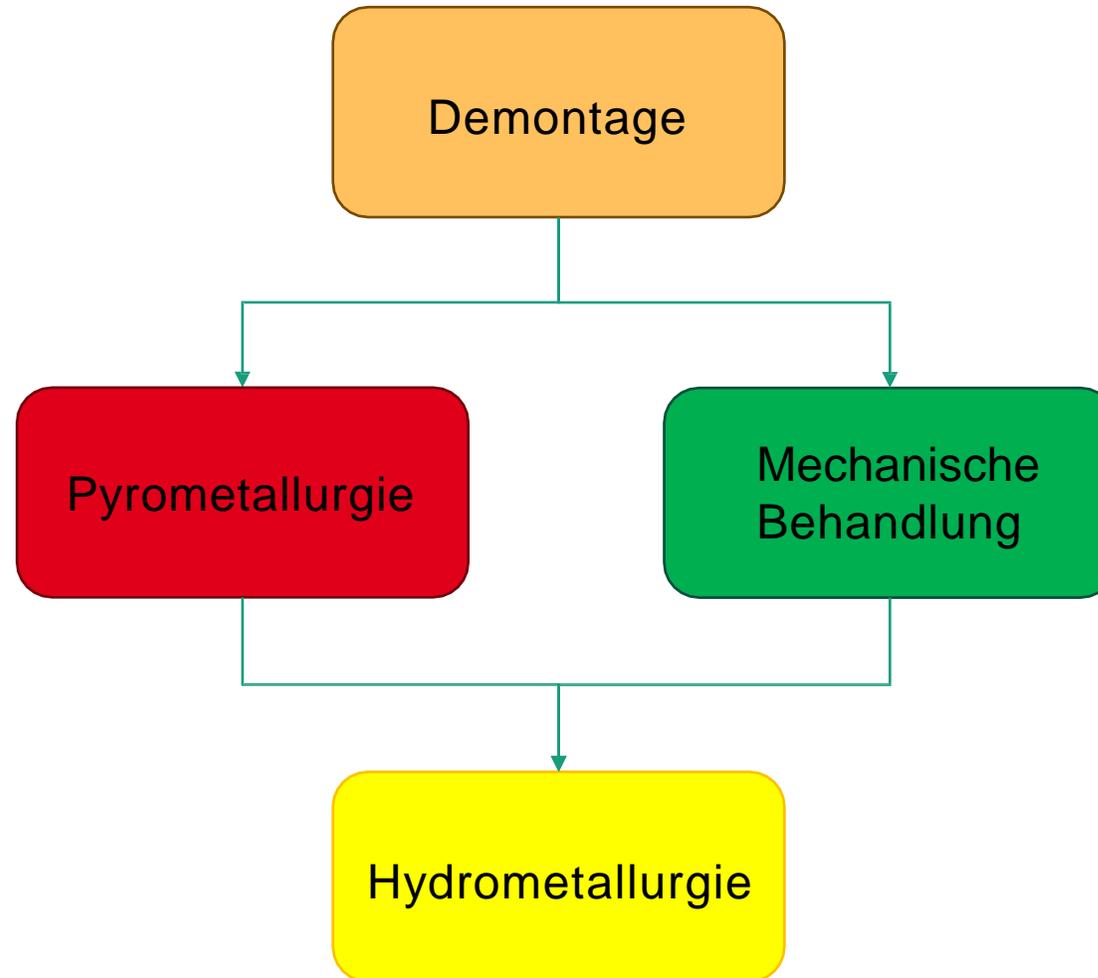
Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles,

Review-Artikel, *Nature* 575, November 2019

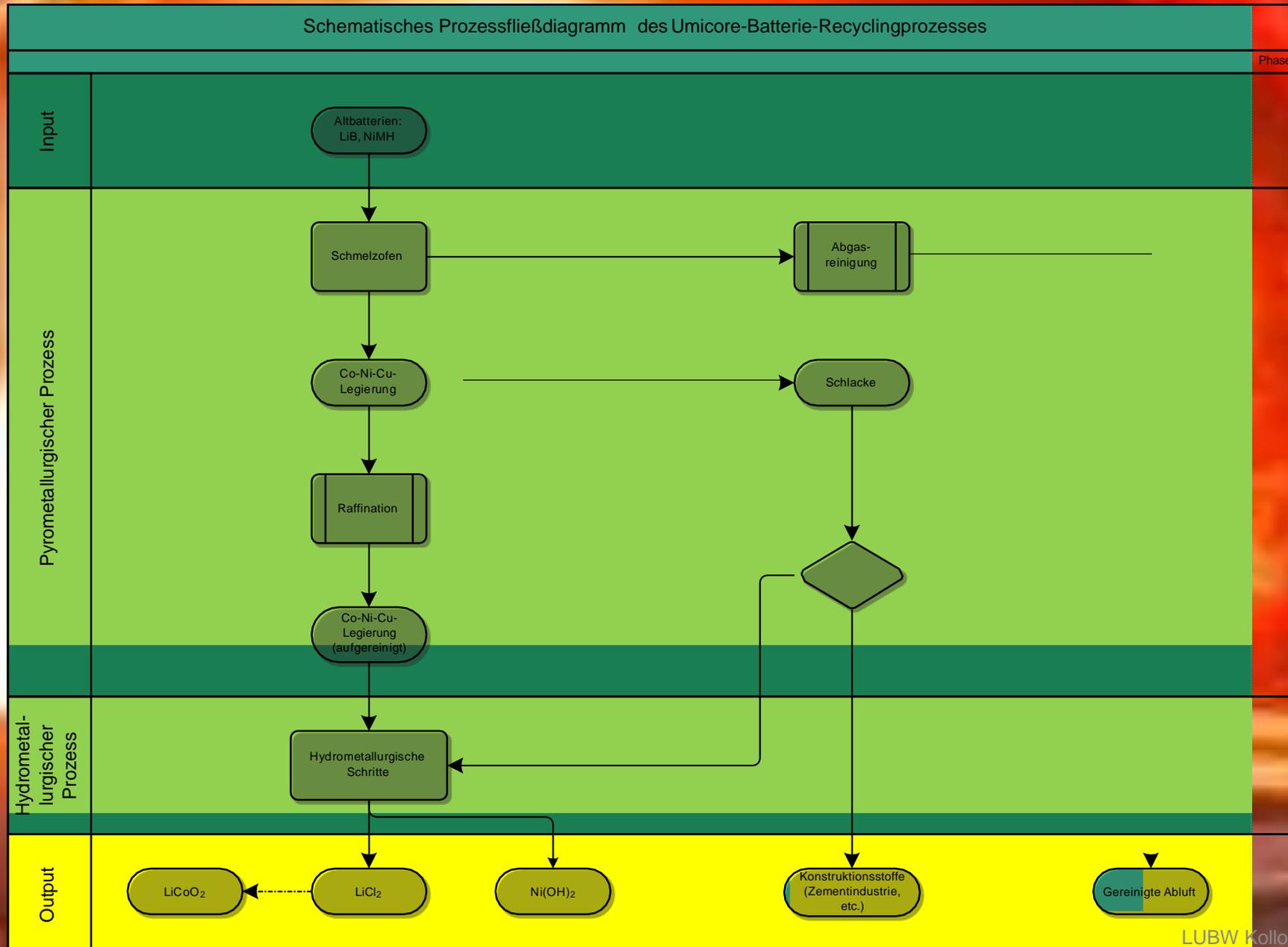


Recyclingprozesse anhand von Beispielen

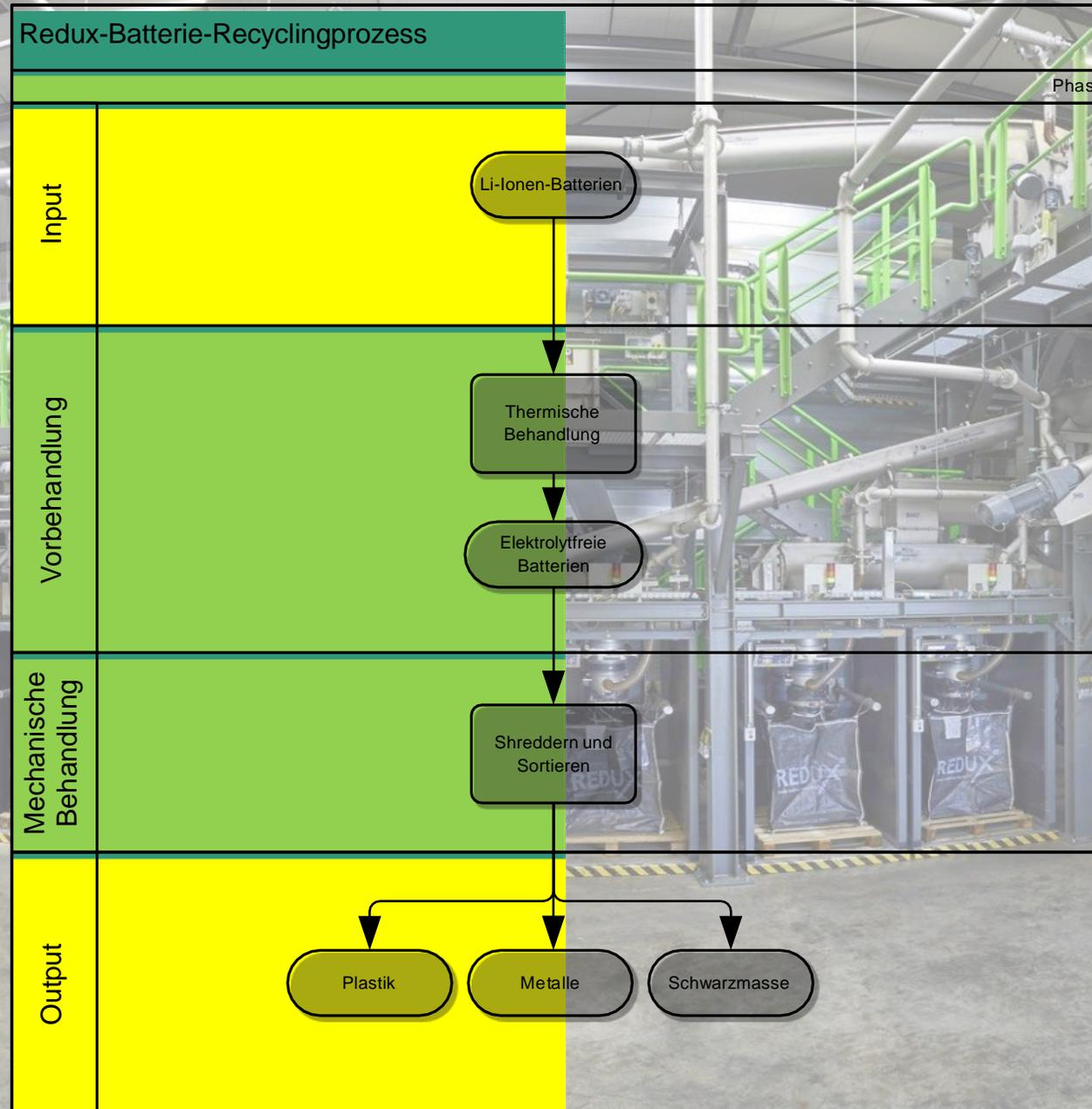
STATE-OF-THE-ART-RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN



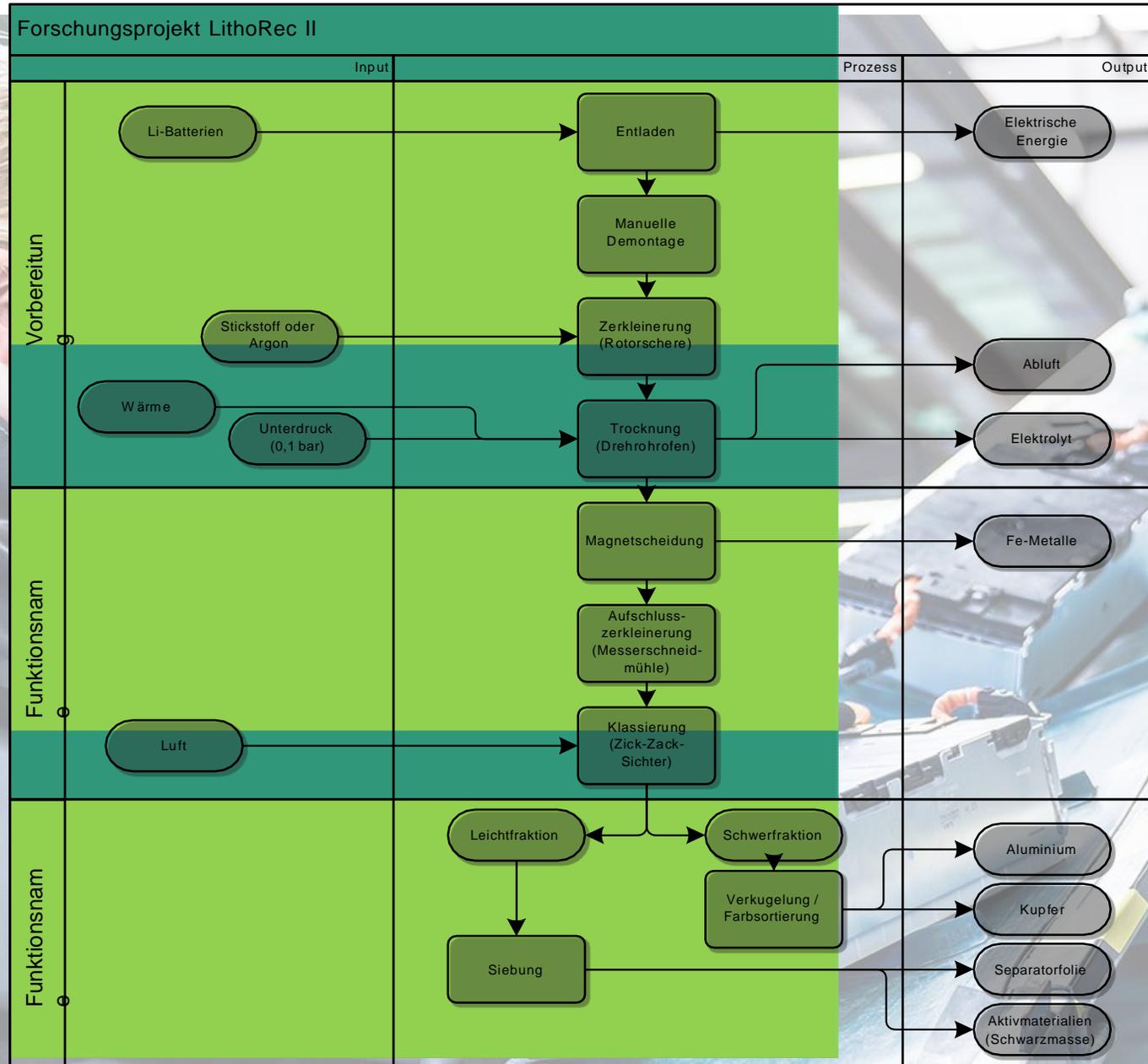
PYROMETALLURGISCHES RECYCLING



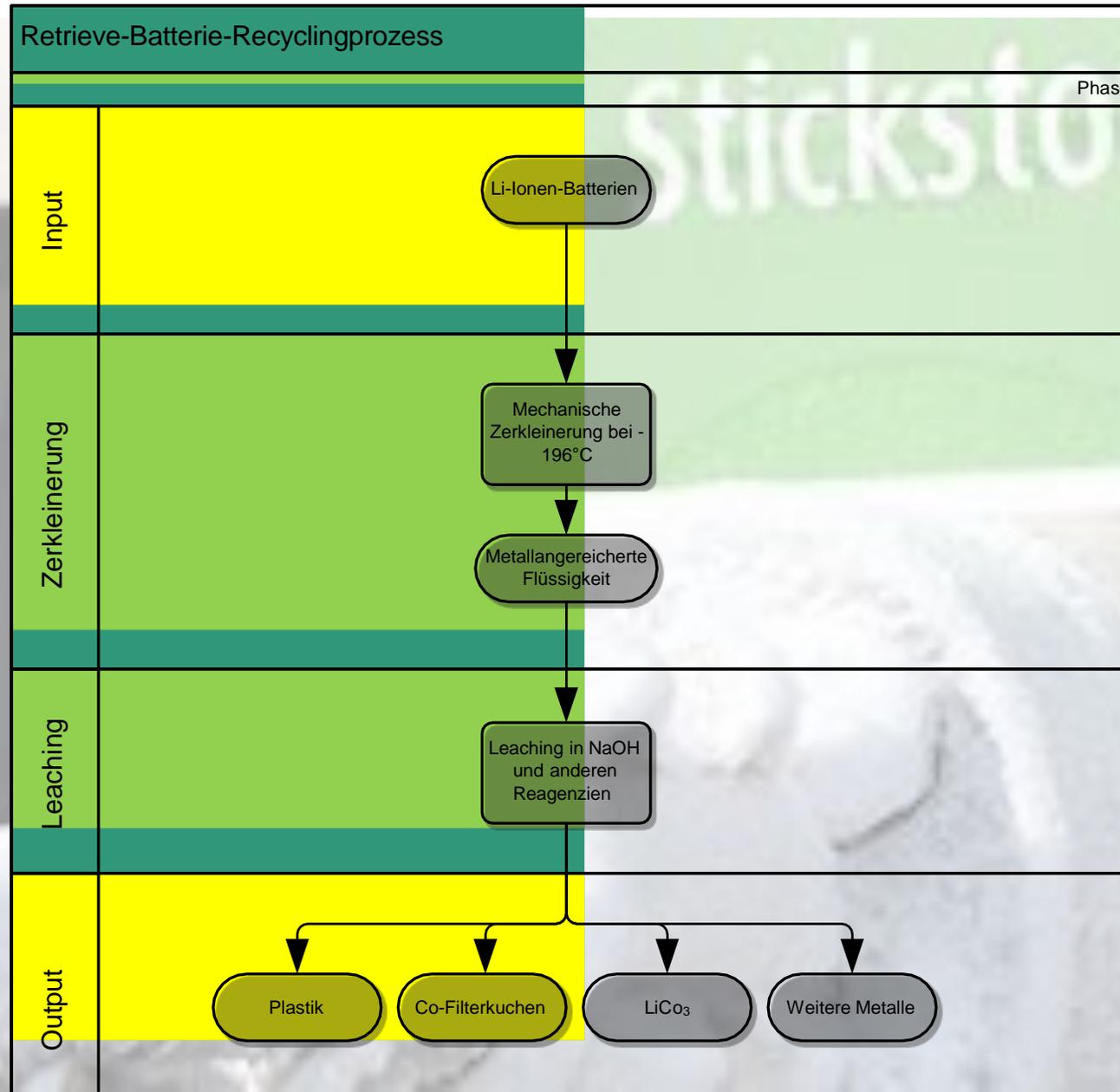
MECHANISCHES RECYCLING



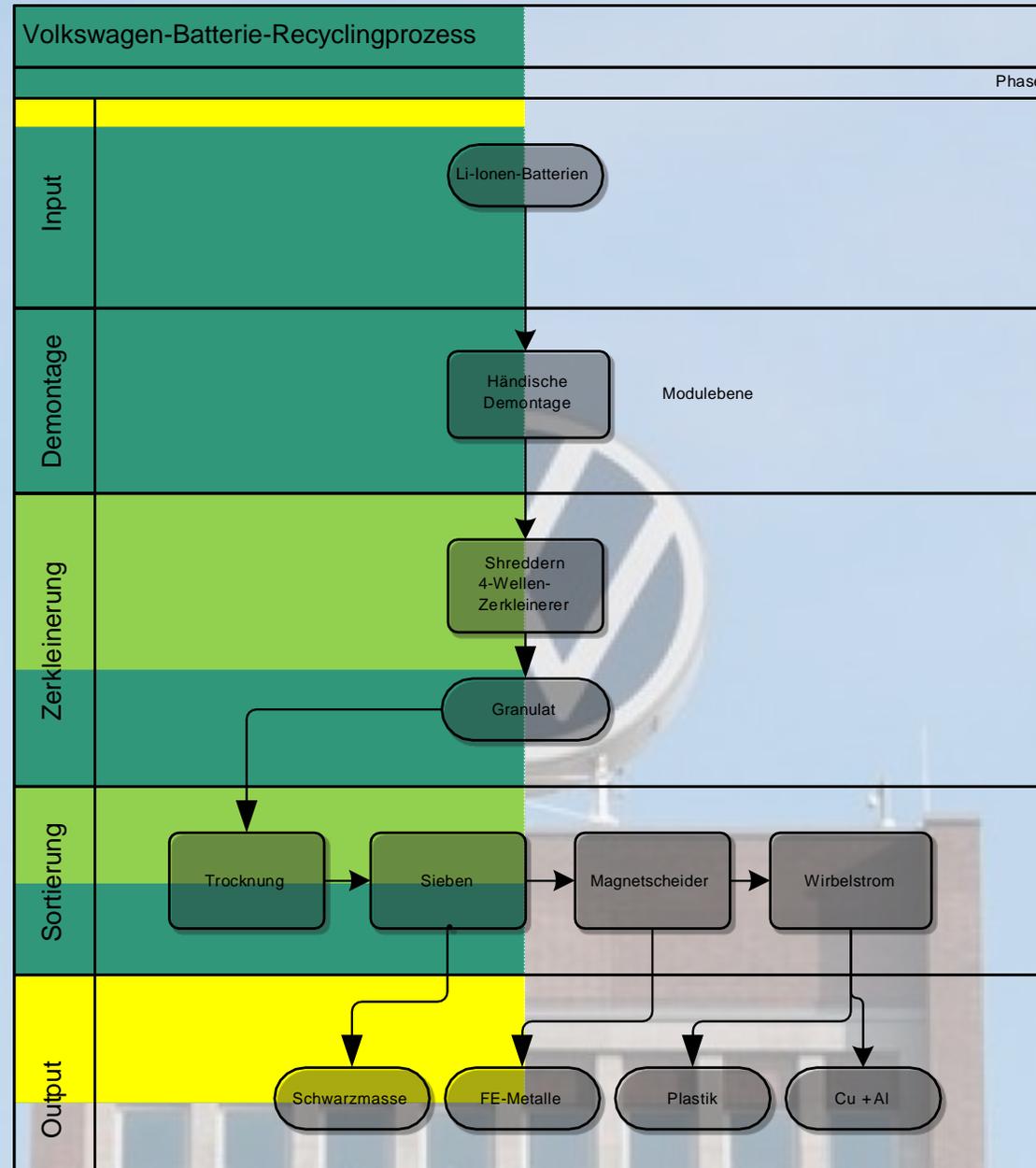
MECHANISCHES RECYCLING



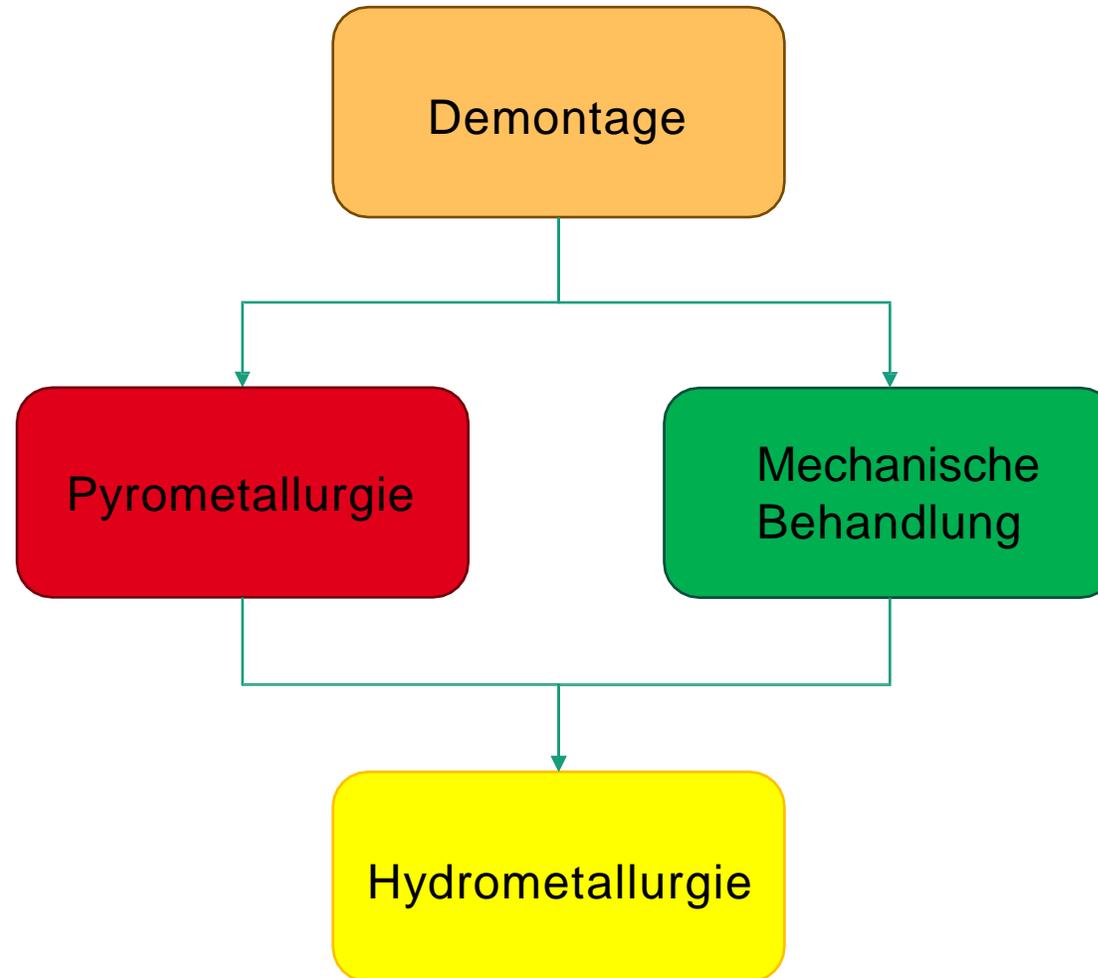
MECHANISCHES RECYCLING



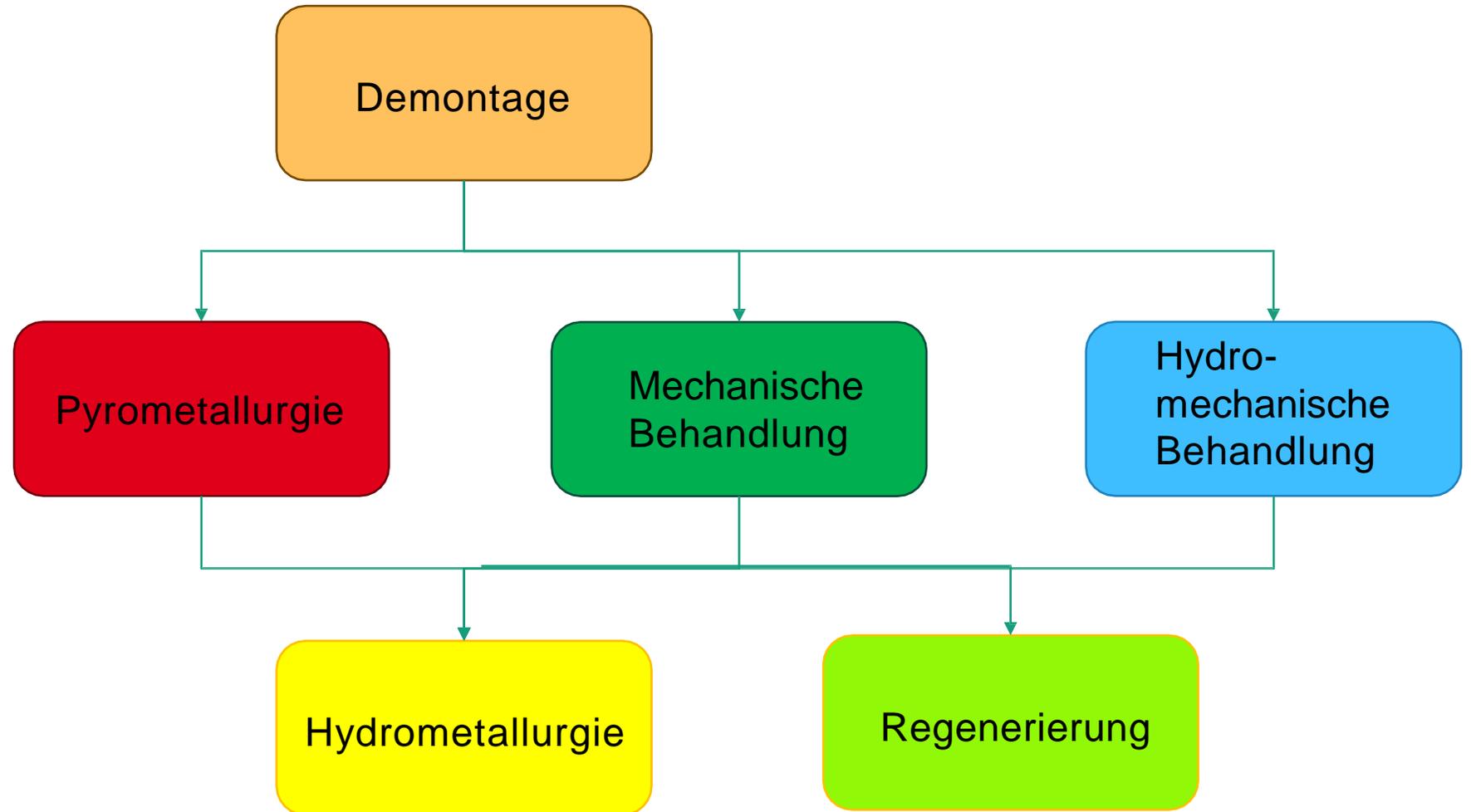
MECHANISCHES RECYCLING



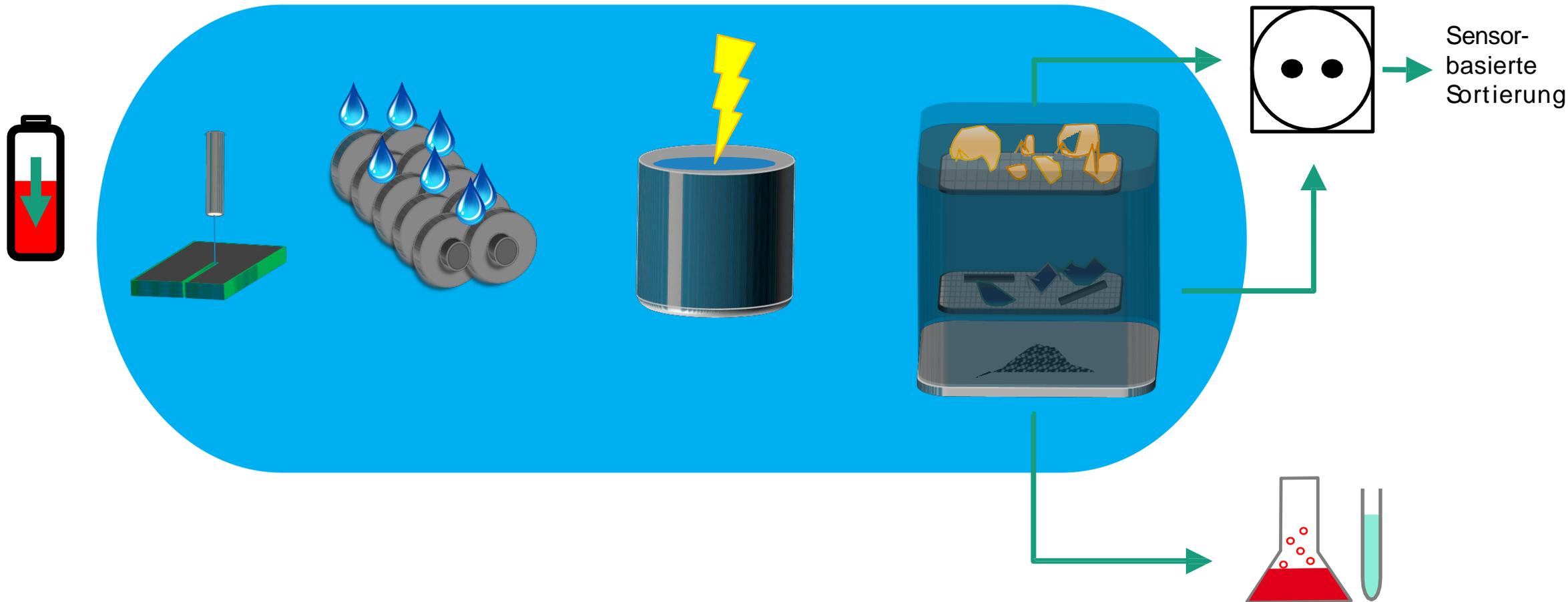
RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN - STATE-OF-THE-ART



RECYCLING VON LI-IONEN-BATTERIEN – WEITERE ANSÄTZE

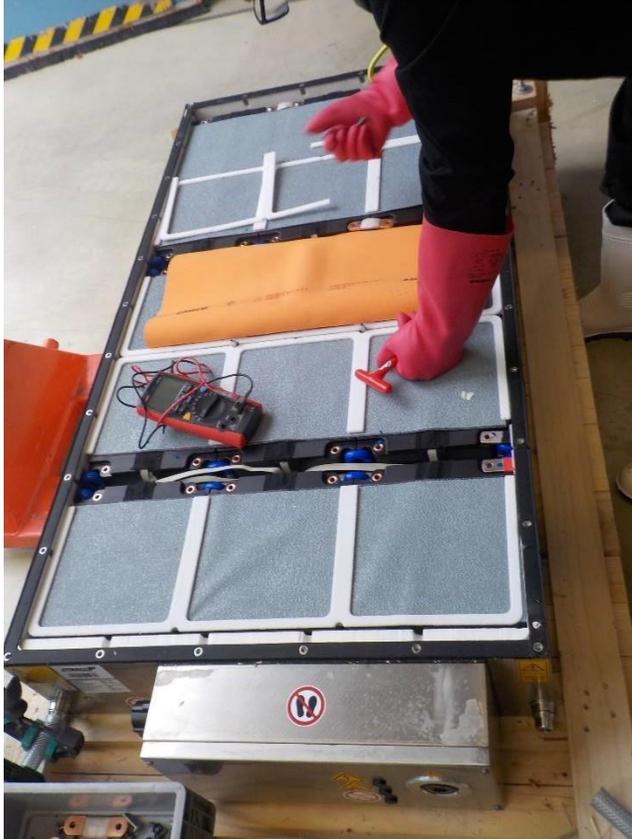


Hydromechanischer Prozess



Demontage

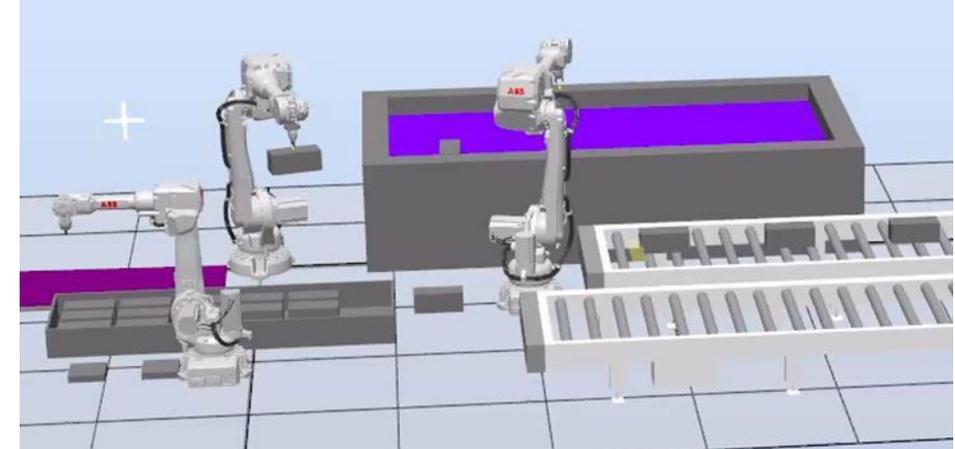
manuell



Robust automatisch

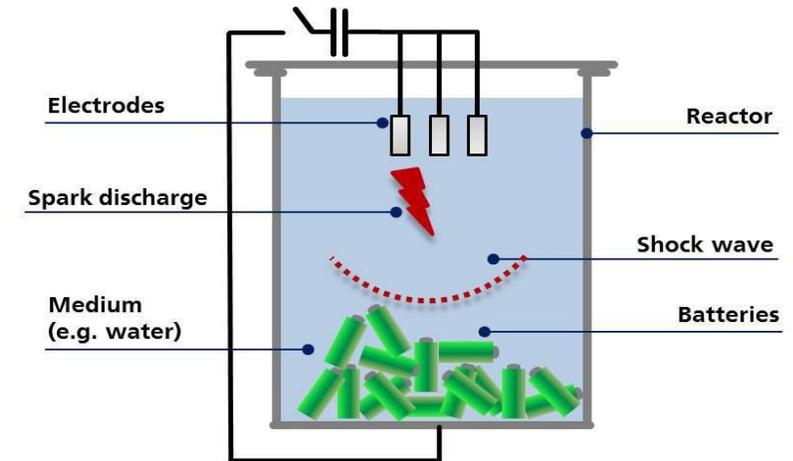


smart automatisch

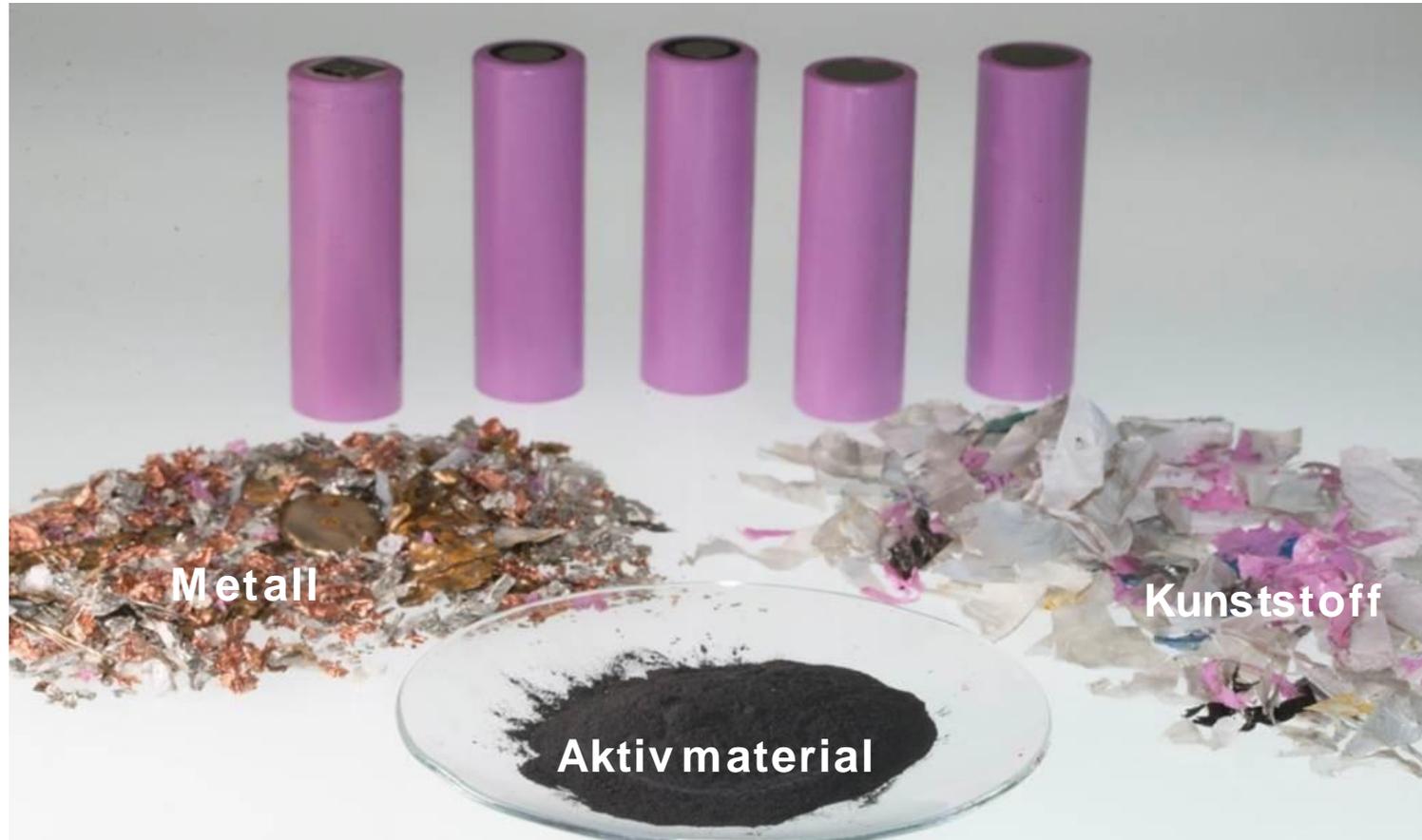


Aktuell demontieren etablierte Recycling-Unternehmen ausschließlich manuell

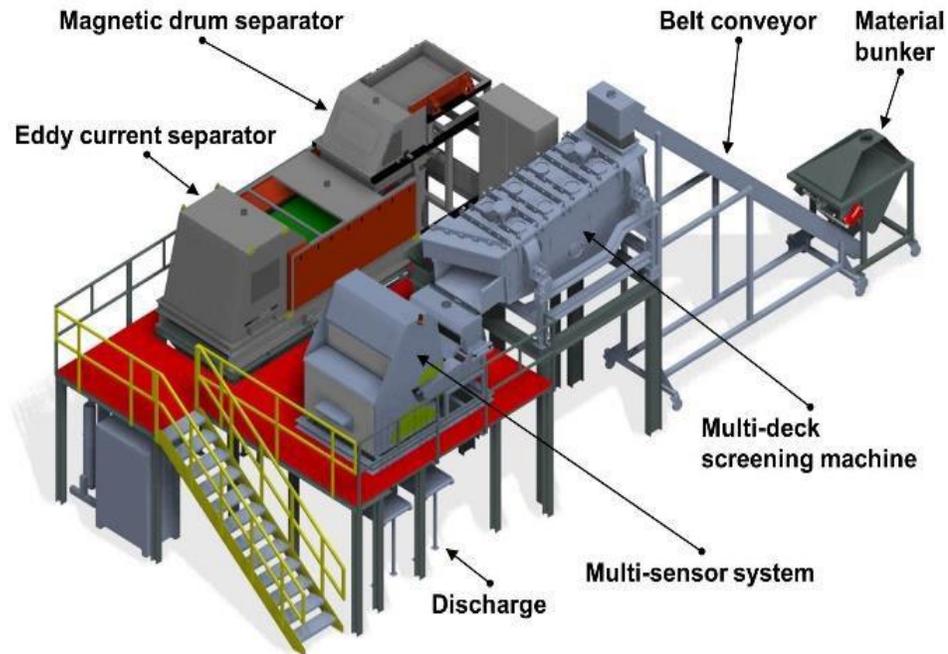
Elektrohydraulische Zerkleinerung



- 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: $\sim 1,78$ 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)

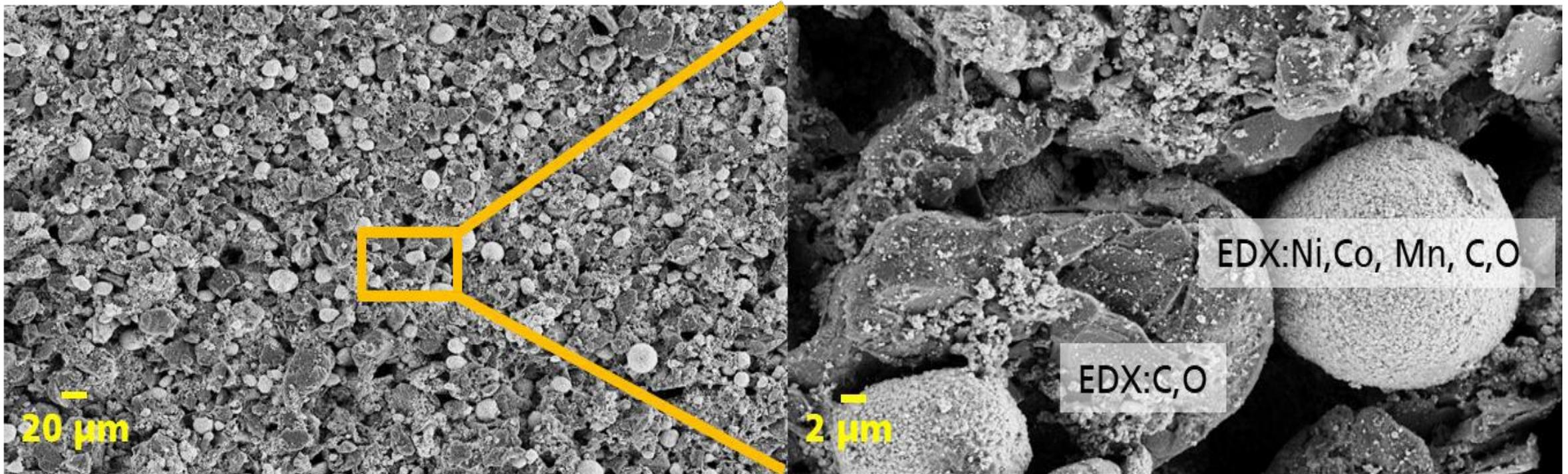
Magnetscheider und Wirbelstromscheider

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

Sortierung der Fraktionen

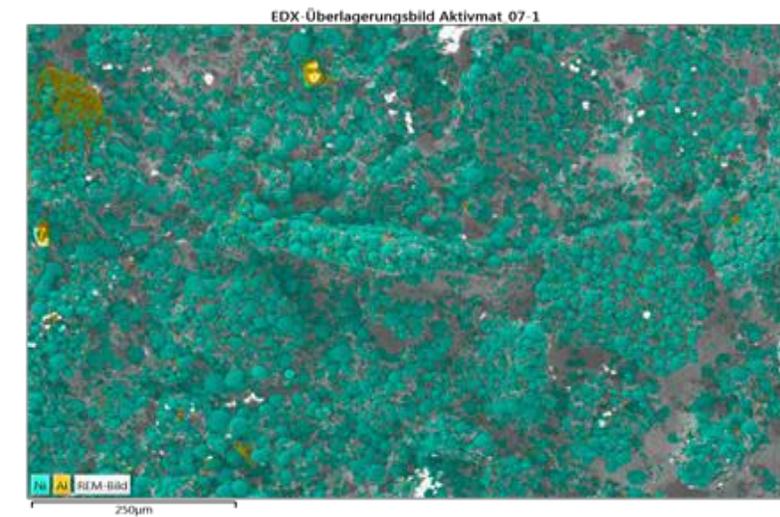
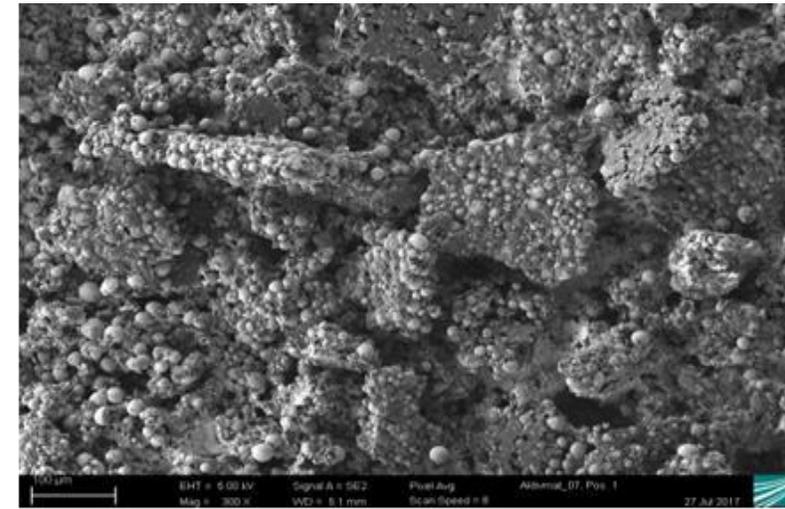
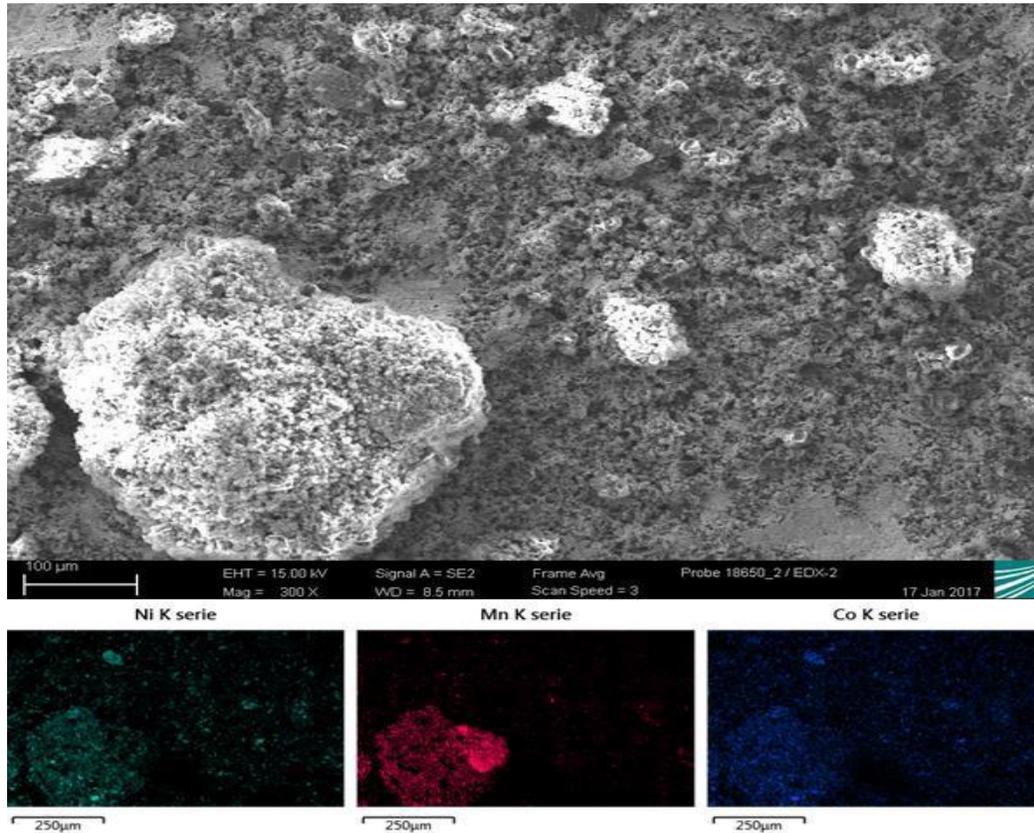


Partikelgrößenverteilung



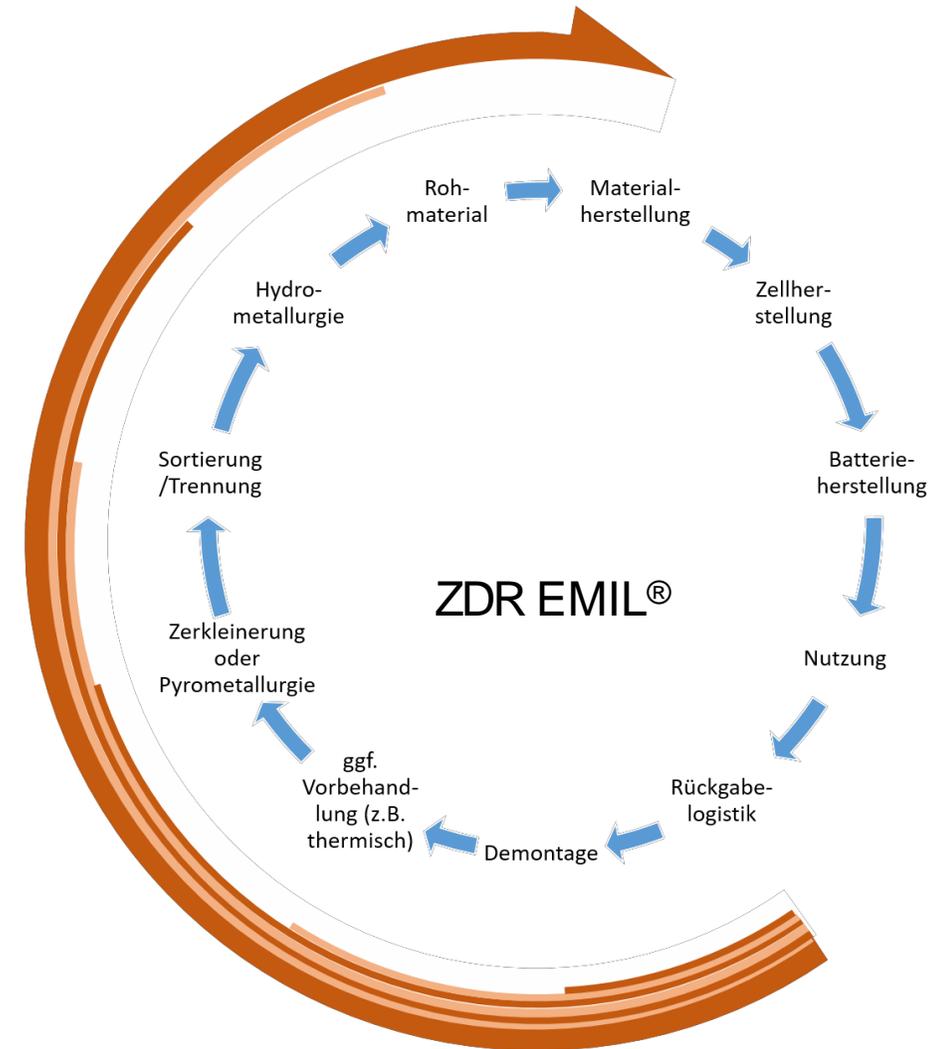
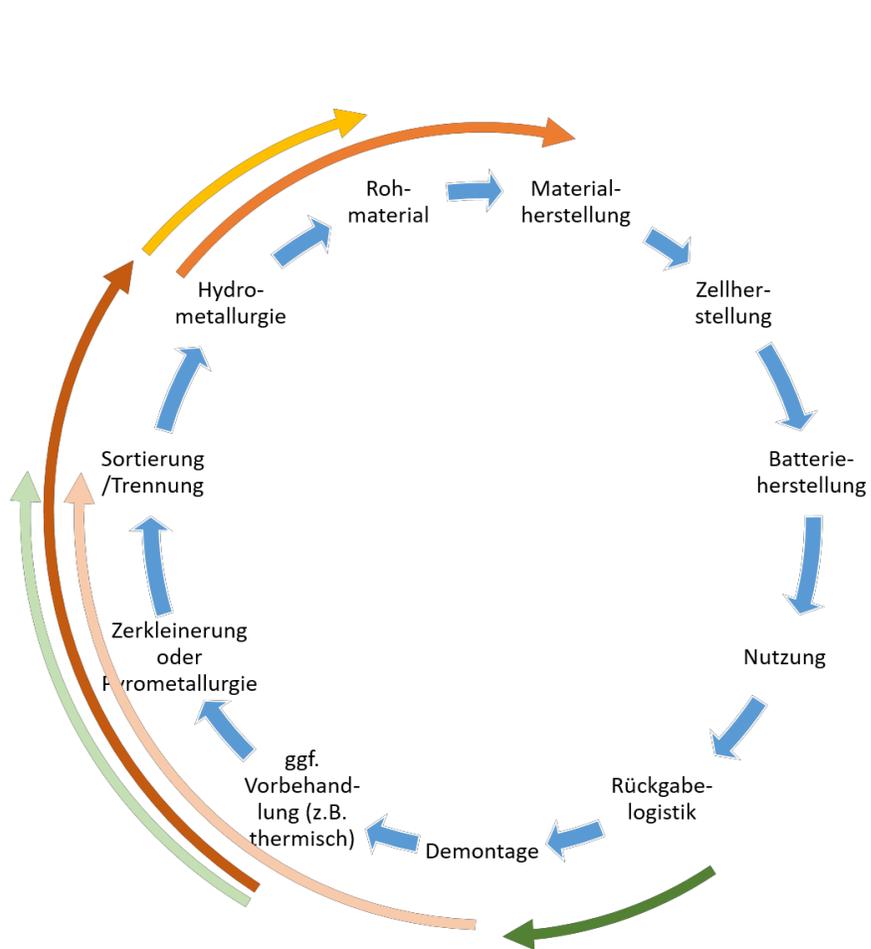
- Mix aus Anoden- und Kathodematerial: z. B. NMC/Graphite oder NCA/LTO
- Partikelgröße: etwa 10-15 µm

Elementanalytik



- Elementspezifisches EDX-Mapping der Schwarzmasse
- Identifizierung des Aktivmaterials

In vollständigen Kreisläufen denken



Verschiedene bisher umgesetzte oder in Projekten entwickelte Batterierecycling-Prozessabschnitte



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

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

