EnergieForschungSaar

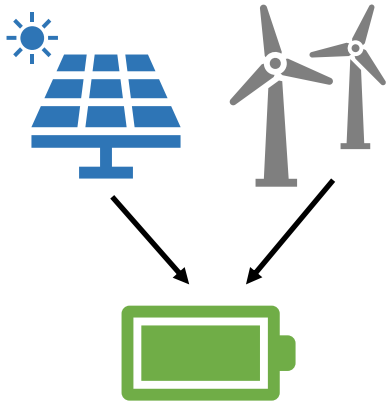
Nachhaltige Batterien: Neue Materialien für die Energiespeicherung der Zukunft

UdS/INM: Stefanie Arnold, Volker Presser

Agenda

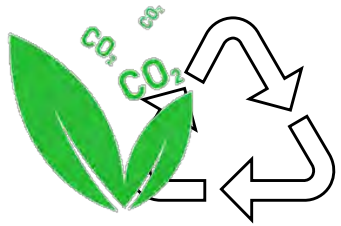
1. Motivation
2. Neuartige Batteriematerialien
   - Kohlenstoffspherogele
3. Batterierecycling

Energie-Materialien Forschungsfokus



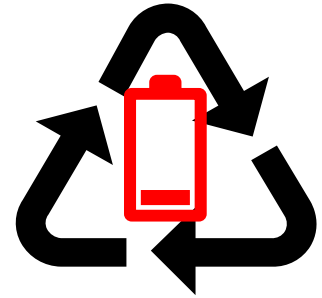
Energie: Wie speichern wir fluktuierende Energie aus erneuerbaren Quellen effizient und sicher? Energiespeichertechnologien nach Lithium





Carbon: Wie können wir CO_2 aus der Umgebung entfernen und nachhaltig einsetzen?





Recycling: Wie können wir wertvolle Materialien, wie Lithium, nachhaltig, regional und effizient (zurück)gewinnen?

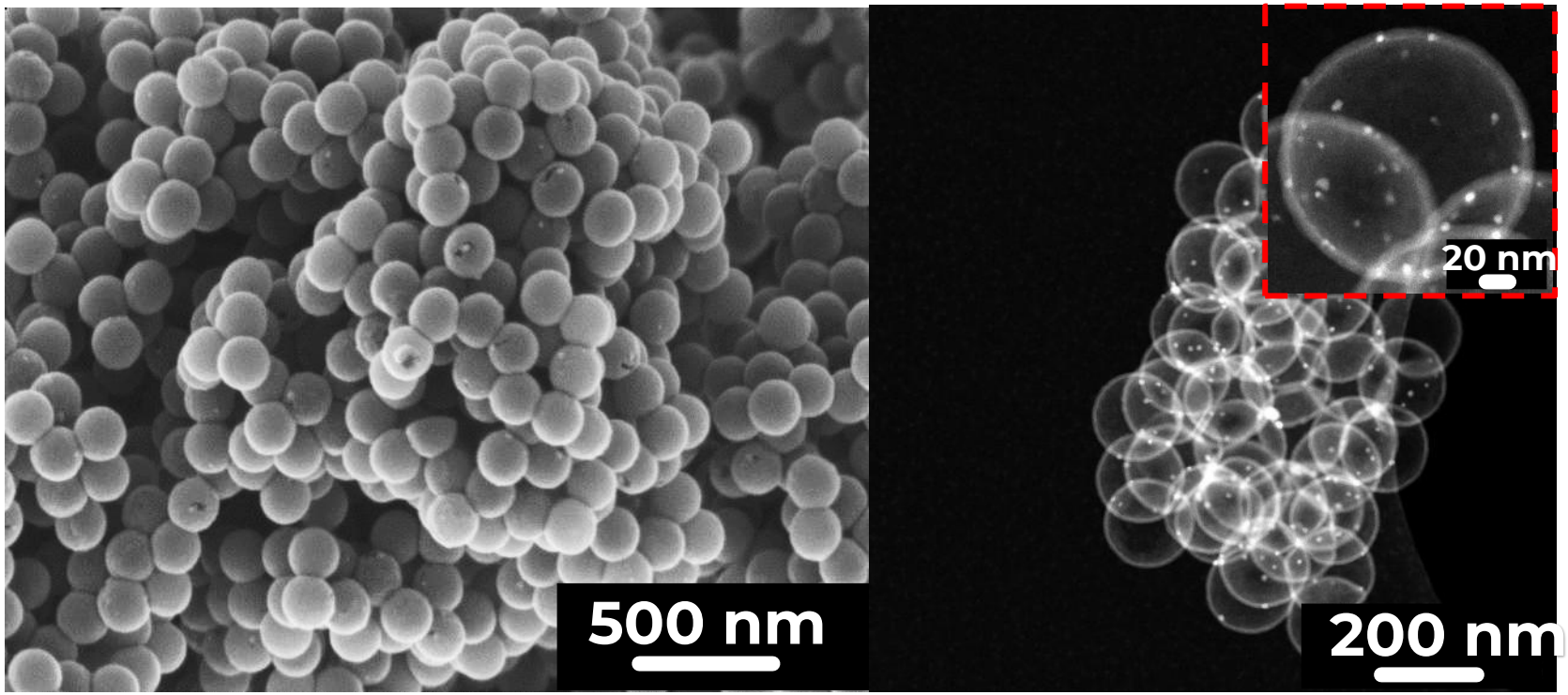
1 Kohlenstoffspherogele

Kohlenstoffspherogele

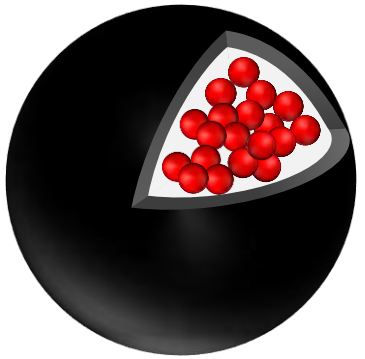
- Kohlenstoff-Spherogele: monolithische Kohlenstoffe mit einer Oberfläche von 700–2500 m^2/g
- Hohlkugeln mit mikroporösen Wänden und einem inneren Hohlraum von ~250nm
- Elektrisch leitfähig und hochporös
- Vielversprechend für Superkondensatoren und Anwendungen in der Wasseraufbereitung

S. Borhani, L. Thao, G.A. Zickler, A. Quade, M.S. Elsässer, V. Presser. S. Arnold, Iron-Loaded Carbon Spherogels as Sustainable Electrode Materials for High-Performance Lithium-Ion Batteries, Chemistry of Materials, 2026. (10.1021/acs.chemmater.5c02442)

Kohlenstoffhybridmaterialien mit Eisenbeladung



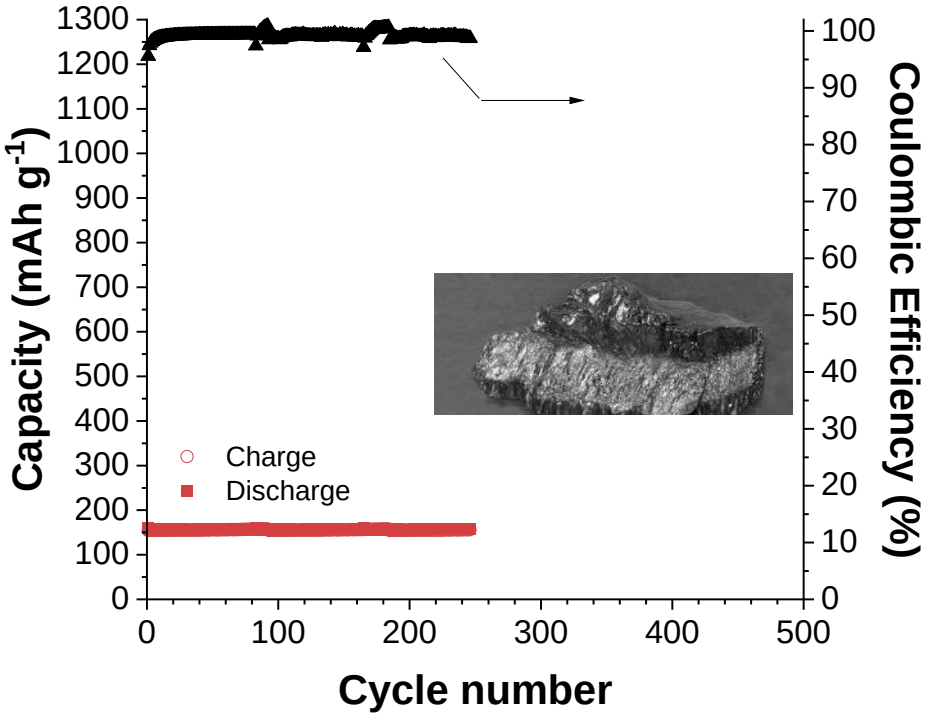
Eisenbeladungen
- 21%
- 39%
- 56%



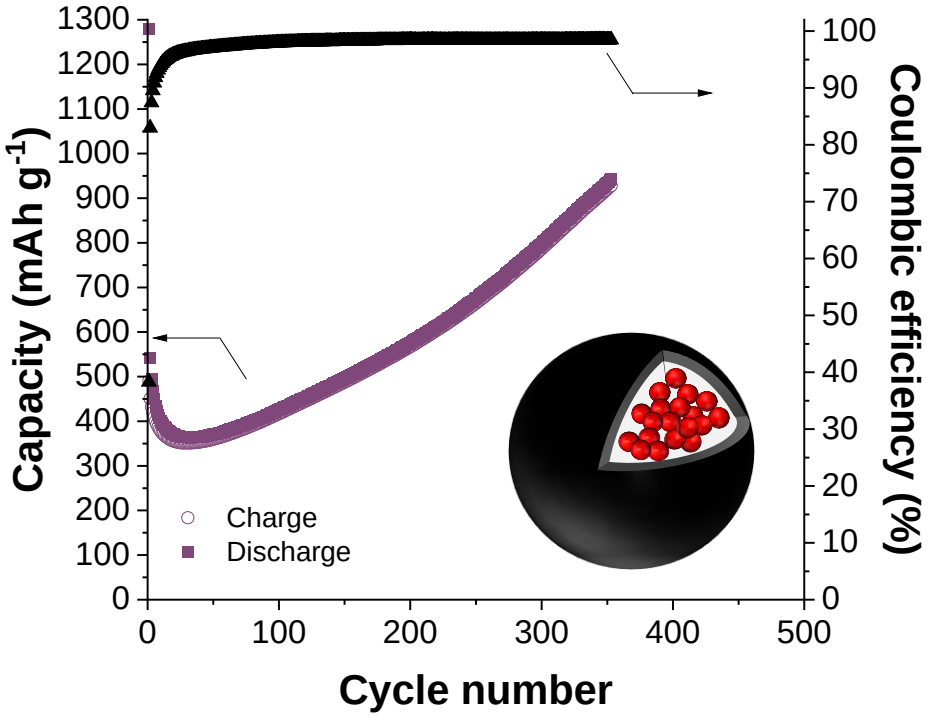
S. Borhani, L. Thao, G.A. Zickler, A. Quade, M.S. Elsässer, V. Presser. S. Arnold, Iron-Loaded Carbon Spherogels as Sustainable Electrode Materials for High-Performance Lithium-Ion Batteries, Chemistry of Materials, 2026. (10.1021/acs.chemmater.5c02442)

Kohlenstoffspherogele

Stand der Technik Anode Graphit



Mit Eisen beladene Kohlenstoffspherogele



S. Borhani, L. Thao, G.A. Zickler, A. Quade, M.S. Elsässer, V. Presser. S. Arnold, Iron-Loaded Carbon Spherogels as Sustainable Electrode Materials for High-Performance Lithium-Ion Batteries, Chemistry of Materials, 2026. (10.1021/acs.chemmater.5c02442)

2

Batterierecycling

Batterierecycling

Von Lithiumressourcen zu einer Kreislaufwirtschaft für Batterien

1. Lithiumnachfrage
Die steigende Nachfrage nach Batterien erhöht den Bedarf an nachhaltigen Lithiumquellen

2. Lithiumrückgewinnung
Aus geothermischen Gewässern und Grubenwasser → selektive elektrochemische Rückgewinnung

3. Batterierecycling
Aus Altbatterien → Li-Rückgewinnung und direktes Recycling

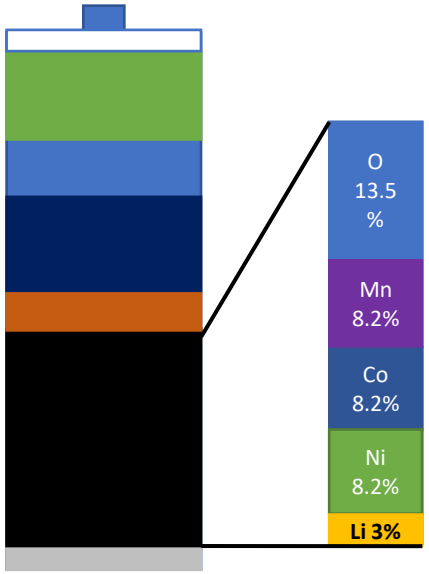
4. Den Kreislauf schließen
Ausgewählte Materialien → kontinuierliche Prozesse → Kreislaufwirtschaft für Batterien

Lithium zurückgewinnen. Materialien wiederverwenden. Den Kreislauf schließen

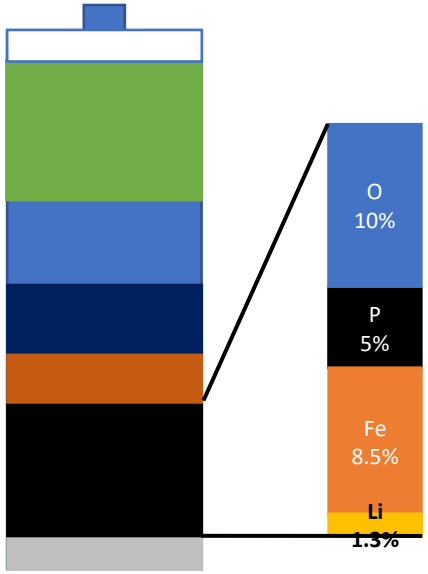
Batterierecycling

Welche Rohstoffe stecken eigentlich in Batterien?

NMC: $LiNi_{0.33}Mn_{0.33}Co_{0.33}O_2$



LFP: $LiFePO_4$



Stromableiter Kathode | Kathodenmaterial | Stromableiter Anode
Anodenmaterial | Elektrolyte | Zellgehäuse | Separator

https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-17-Batteriezellfertigung-Verzehnfachung-2030.html

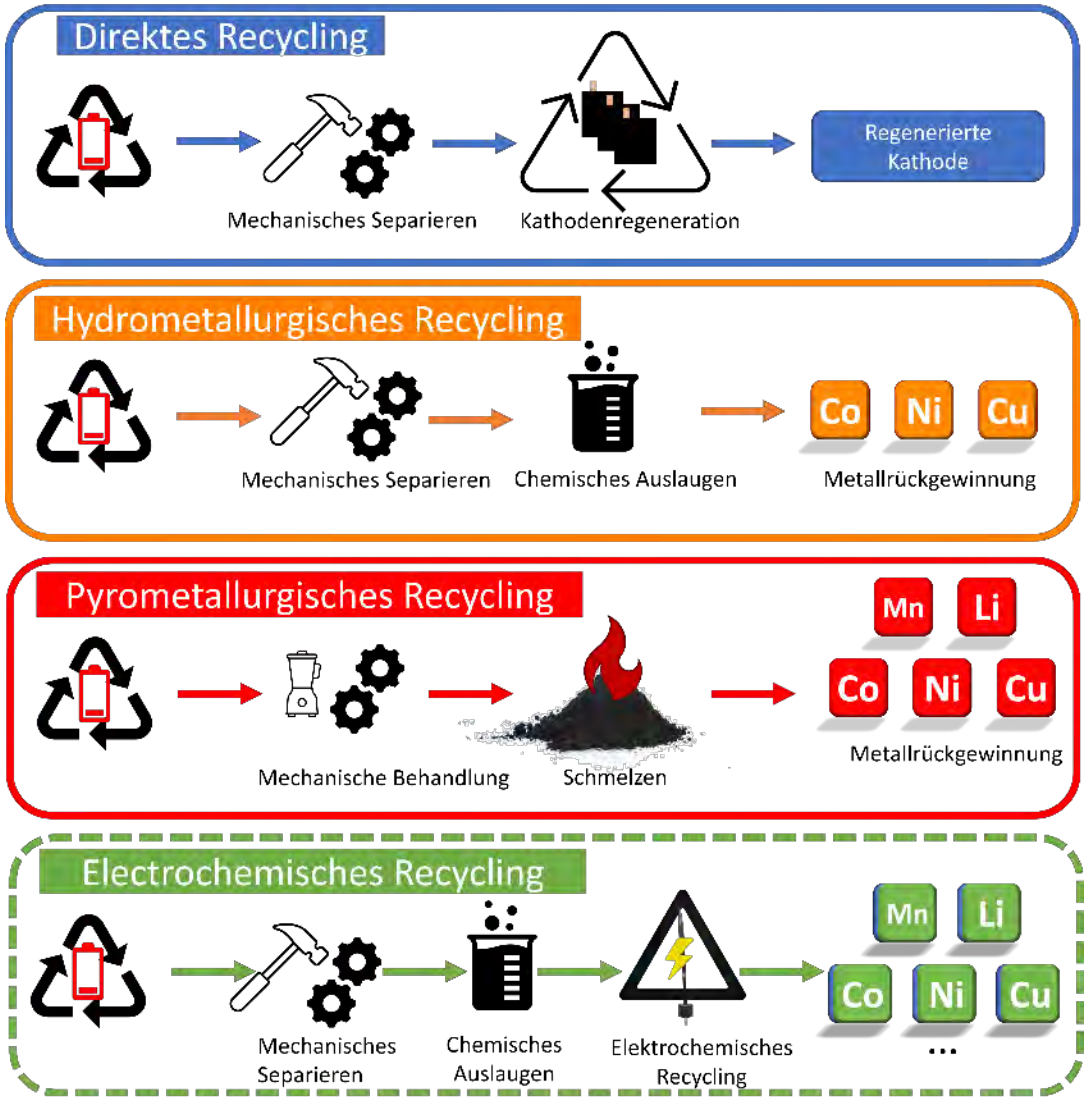
Batterierecycling

Gibt es schon Batterierecycling?

Nachteile des aktuellen Standes der Technik beim Batterierecycling:

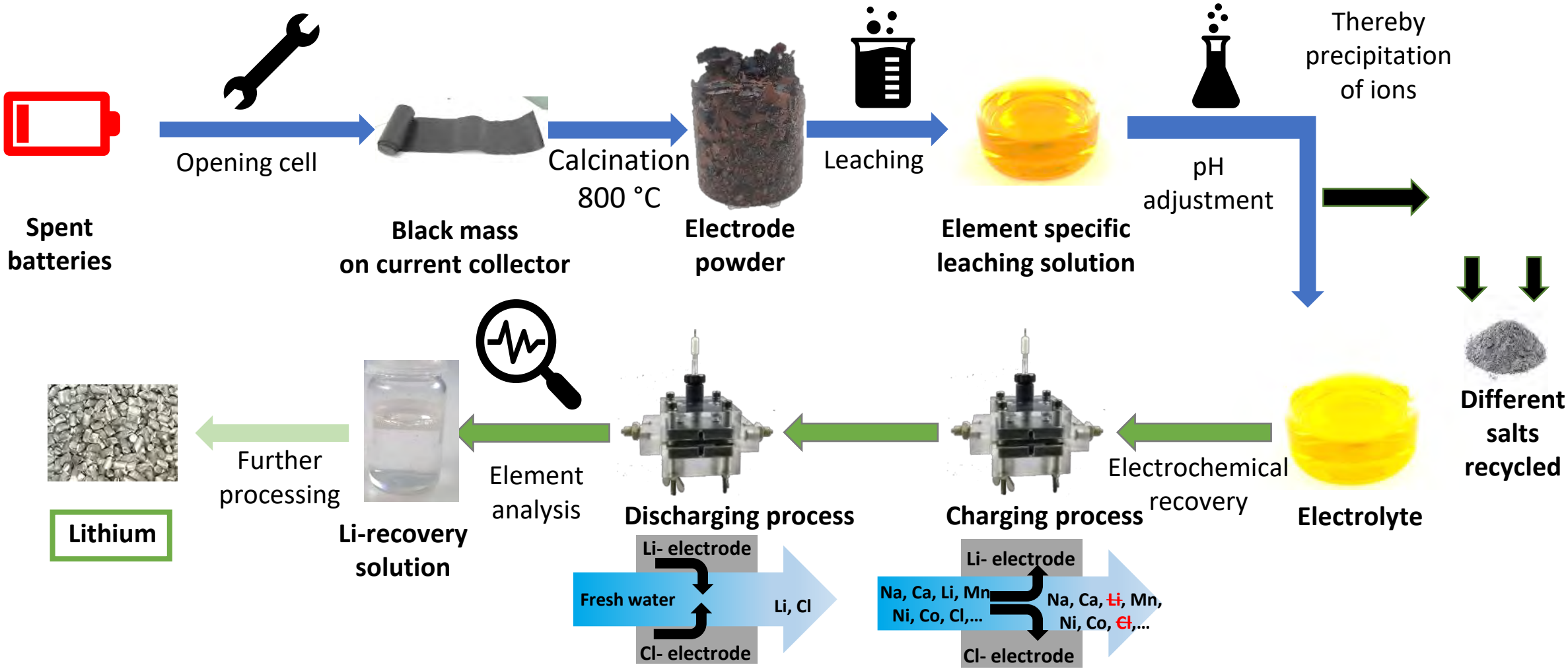
- Konzentriert sich in erster Linie auf Co, Ni und Mn
- Hoher Energieverbrauch





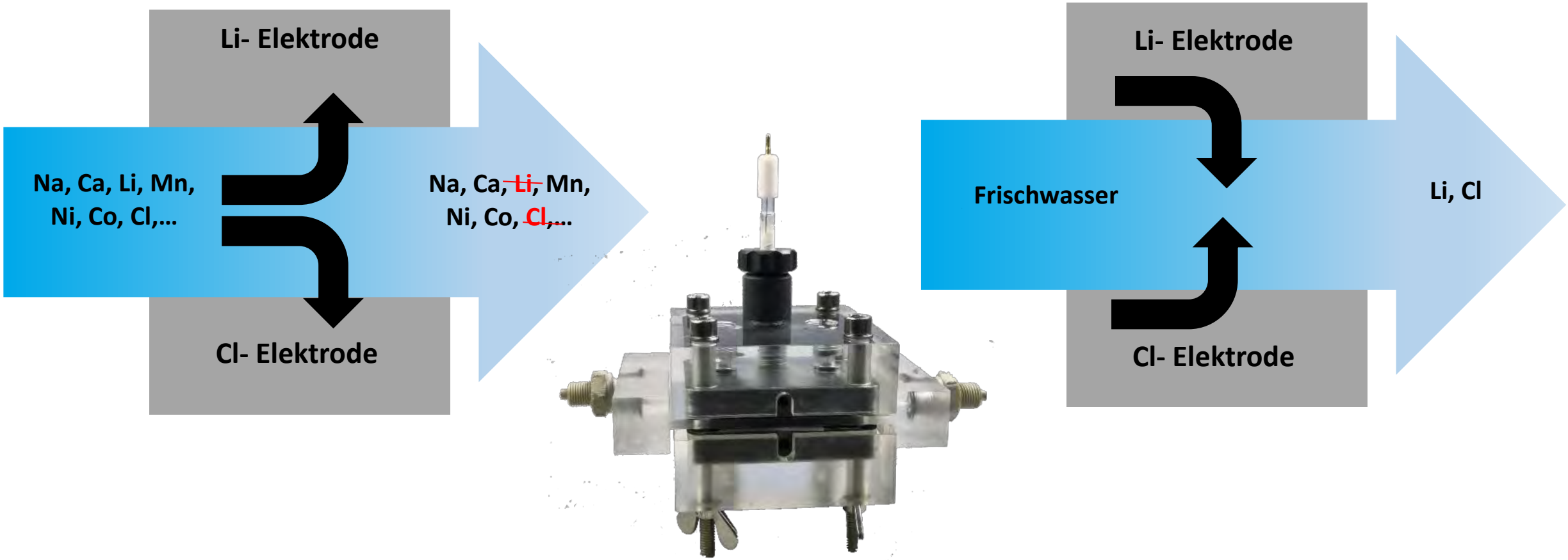
Batterierecycling

Wie genau machen wir das bei uns im Labor?



S. Arnold, V. Presser, Energy Adv., 2025, Advance Article, doi:10.1039/D5YA00172B

Batterierecycling



Take aways

Kohlenstoff-spherogel:
- Verschiedene Synthesewege
- Tunbar
- Reproduzierbar
- Vielfältig einsetzbar



Elektrochemische Anwendung:
- Superkondensator
- Lithium-Ionen-Batterie
- Lithium-Schwefel-Batterie
- Kapazitive Entionisierung
- …

Die Rückgewinnung von Lithium ist unerlässlich
Die steigende Nachfrage nach Batterien erfordert nachhaltige Ressourcenstrategien.

Die Elektrochemie ist vielversprechend
Selektive Rückgewinnung unter schonenden und potenziell energieeffizienten Bedingungen.

Die Selektivität bleibt die Herausforderung
Konkurrierende Ionen haben einen starken Einfluss auf die Li^+-Rückgewinnung und die Reinheit.

Der nächste Schritt: Kreislaufprozesse
Kombinieren von Lithiumrückgewinnung, direktem Recycling und Kathodenregeneration.


DEM
AUFBRUCH
ENERGIE
GEBEN.
EnFo
Saar

EnFo Saar

www.enfosaar.de

htw saar

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

IZES
Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme

dfki

Gefördert aus dem Transformationsprogramm Forschung und Wissenstransfer Saar durch:

Ministerium der Finanzen und für Wissenschaft
SAARLAND