

# Recycling von Lithium-Ionen Batterien



Dr. Christian Hagelüken

München 11.5.2019  
Fachforum: Ökobilanz der Elektromobilität: Die  
Herstellung und Rohstoffbeschaffung für  
saubere Autos

GRÜNER BAYERISCHER  
ENERGIEKONGRESS

Samstag, 11.05.19  
Bayerischer Landtag



# Umicore

## Globales Materialtechnologie- & Recyclingunternehmen

~ 10400 Mitarbeiter, 62 Produktions- & F&E-Standorte weltweit, 14,8 Mrd € Umsatz\*



Eines von drei weltweit führenden Unternehmen für Autoabgaskatalysatoren und Partikelfilter



Ein führender Zulieferer von Schlüsselmaterialien für Li-Ionen-Batterien und Brennstoffzellen



Ein weltweit führendes Recyclingunternehmen für komplexe Abfallströme mit Edelmetallen und anderen Wertmetallen



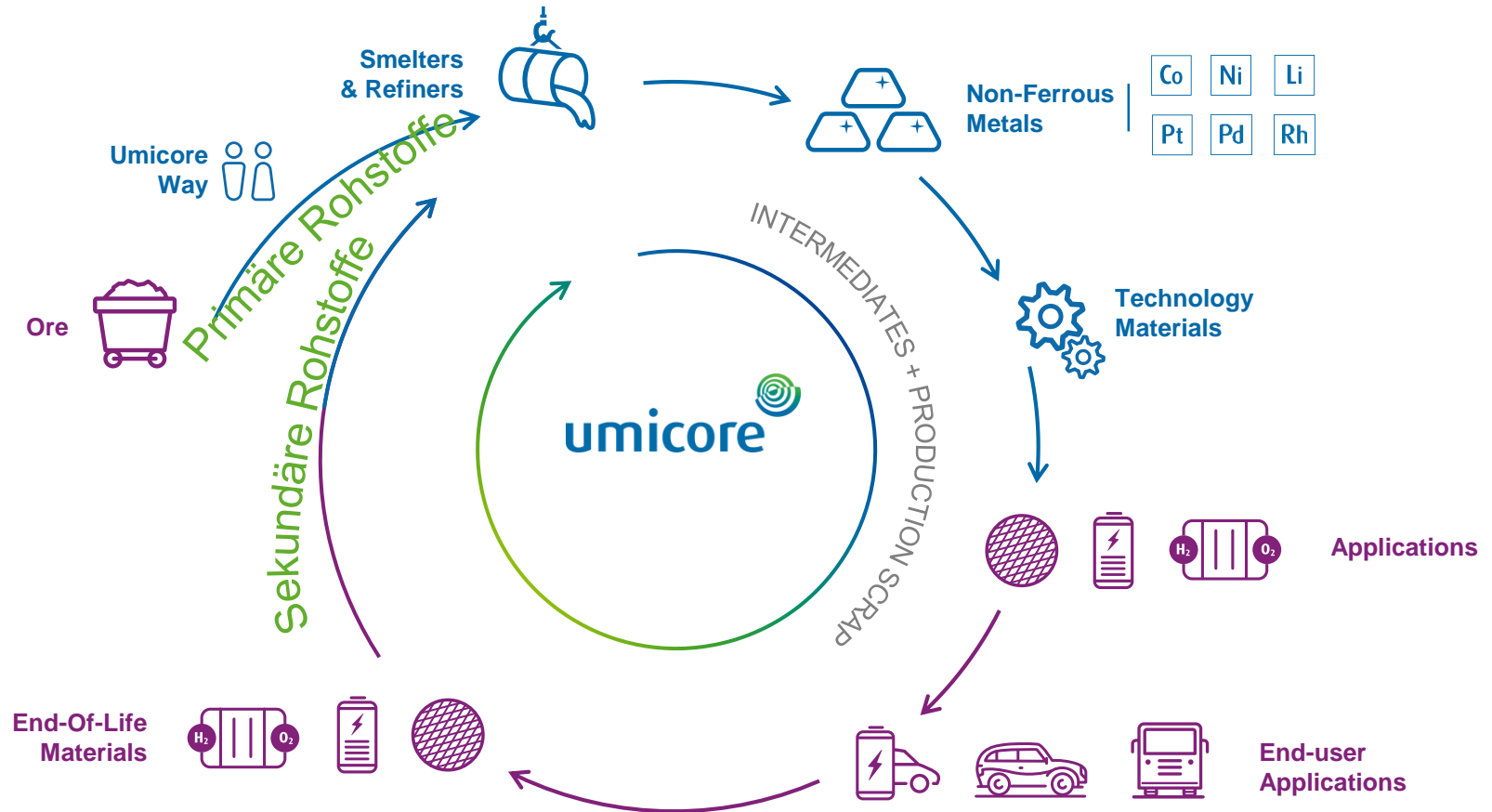
Eines der 10 nachhaltigsten Unternehmen weltweit (Platz 7 im Corporate Knights Ranking, veröffentlicht beim World Economic Forum Davos 2019)

### Metalle im Umicore Portfolio



\*2018; 3,3 Mrd € ohne Metalle

# Umicore in der automobilen Wertschöpfungskette



# Elektromobilität treibt Metallnachfrage

## Li-Ionen Akkus in E-Autos – “Faktor 1000x” für Kobalt, Nickel, Lithium

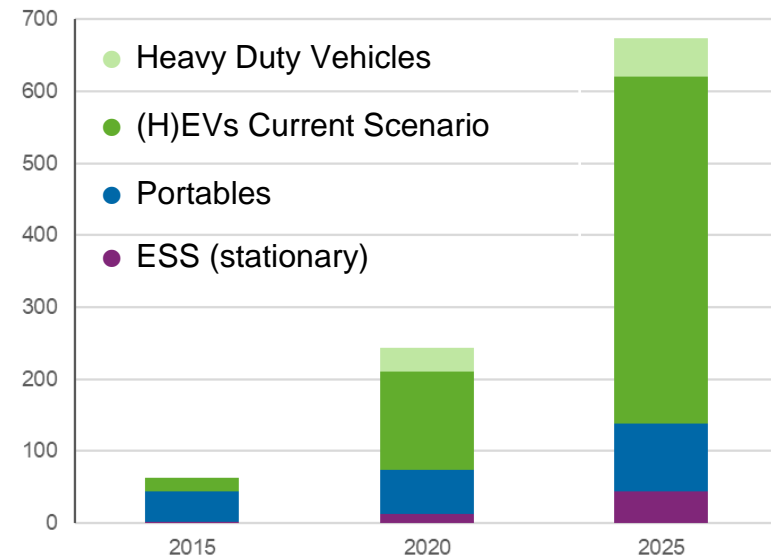


Kathodenmaterial/  
Co-Inhalt:  
15 g / ~ 10 g/Co



150 kg / ~ 15-20 kg Co  
zunehmende Substitution von Co durch Ni

RECHARGEABLE BATTERY MARKET (GWH)



# Verfügbarkeit von Kobalt ausreichend?

## Ja, aber ...

- Aktuelle Rohstoffstudien der DERA zu Co & Li → <https://www.deutsche-rohstoffagentur.de>
- Ausreichende geologische Verfügbarkeit von Co, Ni, Li für wachsende E-Mobilität
- DR Congo: ~ 60% der Co Welt-Bergbauproduktion (120 kt), China: ~60% der Welt-Raffinadeproduktion
- 80% der DRC Produktion aus industriellem Bergbau, 20% aus Kleinbergbau (z.T. schlechte Sicherheits- & Sozialstandards, Kinderarbeit)
- 98% des Co ist Beiprodukt des Cu- und Ni-Bergbaus → Co Minenproduktion v.a. abhängig von Preisentwicklung bei Cu, Ni
- Neue Minenkapazitäten sind im Aufbau, aber temporäre Lieferengpässe und Preisspitzen möglich
- Zunehmende Versorgung aus Recycling ermöglichen!

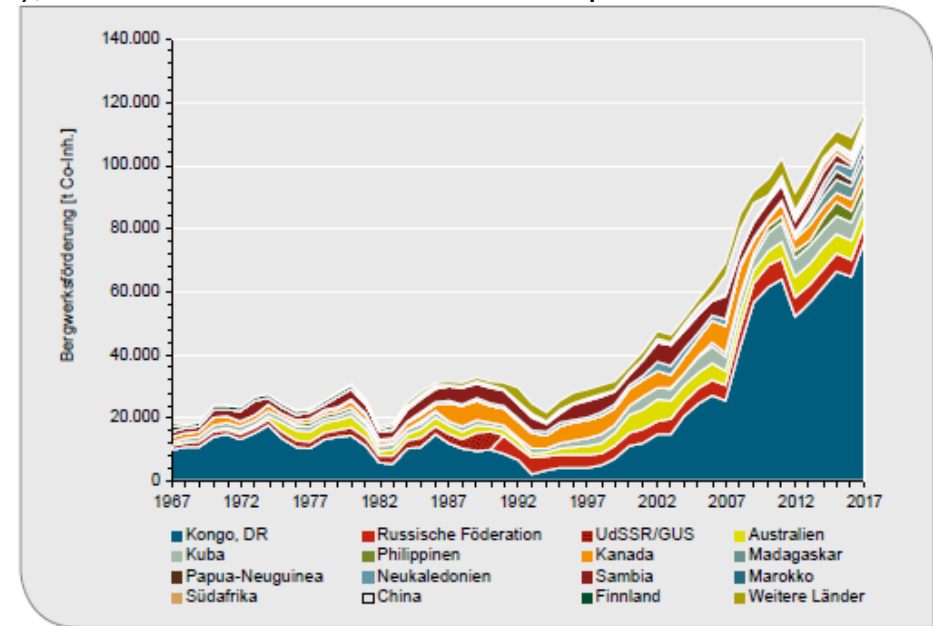


Abb. 21: Entwicklung der Bergwerksförderung von Kobalt zwischen 1967 und 2017 (Datenquelle: BGR 2018, CRU 2018).



# Kreislaufschließung für Batterien

## Entscheidend für eine nachhaltige Elektromobilität

### Recycling essentiell:

- **Ergänzung** des **Primärangebots** von Co, Li, Ni & Cu
- **Verantwortungsvoller Rohstoffbezug**, „saubere“ Vorkette
- **Geografische Diversifizierung**, Verringerung der Abhängigkeit von DR-Kongo
- **Ökologischer Vorteil** gegenüber Bergbau (höhere Metallkonzentration)
  - geringerer Energie-, Wasser- & Flächenbedarf
  - i.d.R. weniger Verunreinigungen als Erze
  - **Wichtiger Beitrag zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks der E-Mobilität**



**Reality Check**

### Europa ist ressourcenreich bei Nutzung von Altprodukten & Abfall als „Urban Mine“

- Großes **ungenutztes Recyclingpotenzial**: Globaler Anfall von ~30 000 t/a Co aus portablen Alt-Li-Ionen Akkus (Elektronik, Werkzeuge, ...), aber nur sehr geringe Recyclingraten → Co wäre ausreichend für 3-4 Mio EVs
- Leistungsfähige Recyclingverfahren vorhanden, Problem sind fehlende Anreize für Sammlung und hochwertiges Recycling (**bitkom Studie 2018-03**: 124 Mio Handys in deutschen Schubladen)



# Anforderungen an das Recycling von Li-Ionen Akkus

## Technische Basisanforderungen:

- Hohe effektive **Recyclingraten** der **Funktionsmaterialien Co, Ni, Li** über die gesamte Recyclingkette → marktfähiger, wieder einsetzbarer Metallrohstoff
- **Umweltgerechte** & energieeffiziente Recyclingverfahren entlang der Kette
- Hohe **Sicherheit** beim Umgang mit Batteriesystemen und Recyclingmaterialien (→ elektr. Restladungen, Elektrolytsubstanzen)

## Ökonomische Anforderungen

- **Kosteneffizienz** & Economies of Scale
- Umgang mit großen Volumenströmen im **industriellen Maßstab**
- **Flexibilität** im Umgang mit unterschiedlichen Batterietypen und chemischen Zusammensetzungen

# Umicore Recyclingprozess für Li-Ionen-Batterien industrielle Realisierung mit 7000 t/a Kapazität\*



Metalle werden in Batteriequalität zurückgewonnen

\*Kapazität ausreichend für:  
**± 250 Mio Mobiltelefon Akkus**  
± 200,000 HEV's  
± 35,000 EV's



# Vorbehandlung in Abhängigkeit von Größe

## Flexible Recyclingverfahren

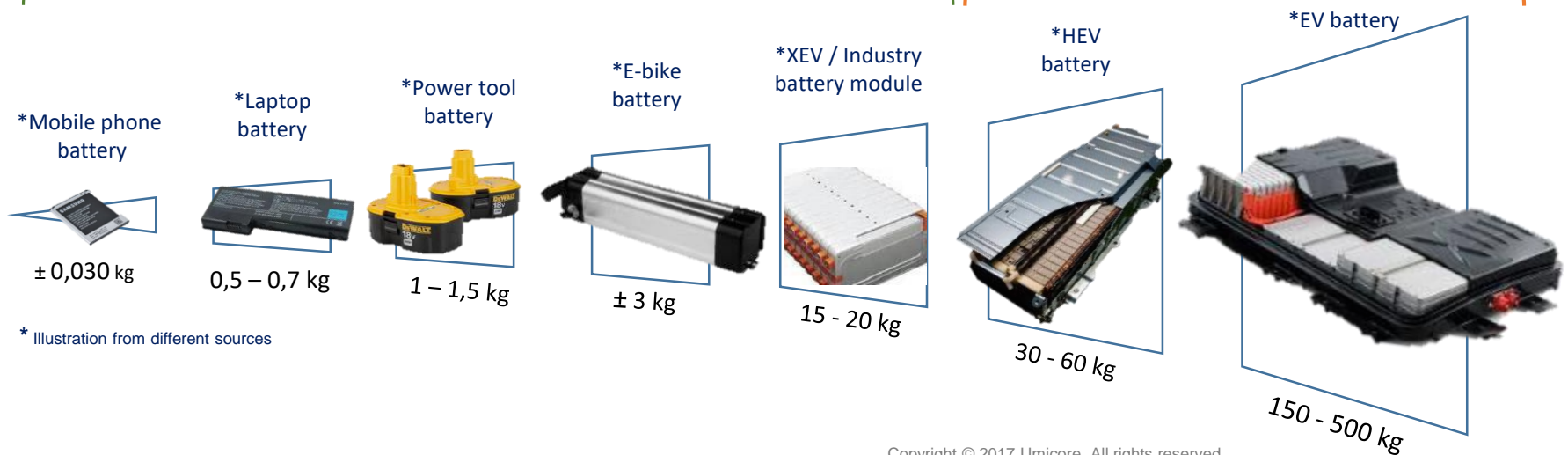
- Bis mittlere Baugrößen → Direkteinsatz im Hochofen
- Große Batterien nach (teilweiser) Vorzerlegung

### Keine Vorbehandlung erforderlich

= direkter Einsatz im Hochofen

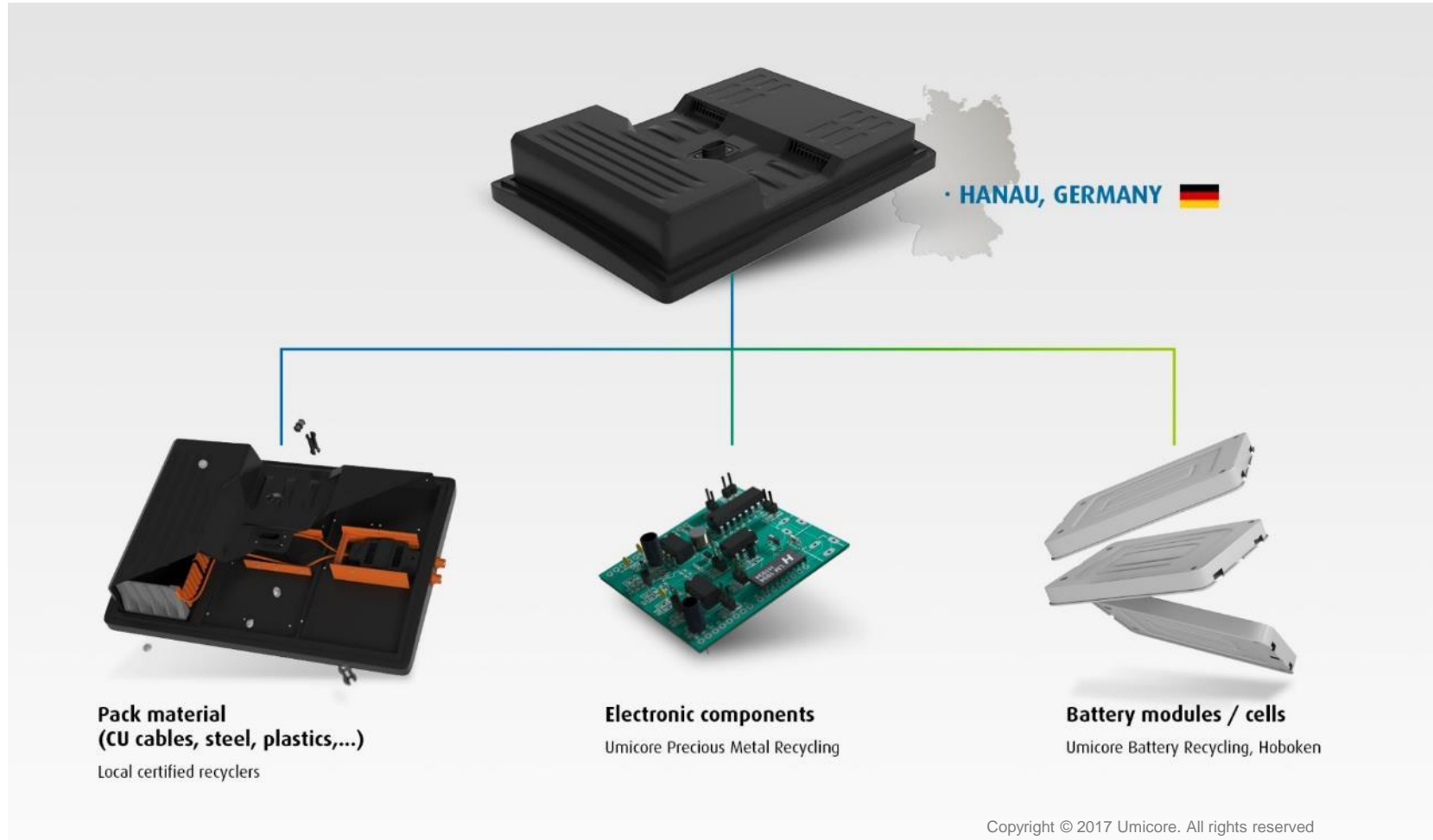
### Vorbehandlung notwendig

= Zerlegung auf Modul-/Zellebene



\* Illustration from different sources

# Demontage von xEV Batteriesystemen



Copyright © 2017 Umicore. All rights reserved

# Metallurgisches Batterierecycling Umicore effizientes Verfahren im industriellen (Pilot)Maßstab

## Kapazität 7,000 t/a

- Patentiertes Verfahren
- Hohe Flexibilität bei Material-Input
- > 95% Ausbeute für Co, Ni, Cu
- Zusätzliche Rückgewinnung von Li

## Recycling Produkte

- Cu-Ni-Cu-Metalllegierung → Metallsalze (battery grade)
- Li-Konzentrat (aus Schlacke) →  $\text{Li}_2\text{CO}_3$
- Schlacke → Zuschlagsstoff für Zementproduktion
- Flugstaub → Abscheidung von Fluor

## Öko-Effizienz

- Close-to-zero waste
- Hochwirksame Abgasreinigung
- Energieeffizient (Nutzung der Energie aus Restladung, Elektrolyt & enthaltener Organik)



Wiedereinsatz der  
Batteriemetalle für Umicore  
Kathodenmaterial

# Fokus nachhaltige Wertschöpfungsketten



## BMW Group, Northvolt and Umicore join forces to develop sustainable life cycle loop for batteries

Munich/Stockholm/Brussels

The BMW Group, Northvolt and Umicore have formed a joint technology consortium in order to work closely together on the continued development of a complete and sustainable value chain for battery cells for electrified vehicles in Europe. The project is seeking to press ahead with the sustainable industrialisation of battery cells in Europe and the associated acquisition of skills, from cell chemistry and development through to



26 October 2018

## New power from old cells: Audi and Umicore develop closed loop battery recycling

- Car manufacturer and materials technology and recycling group test a closed loop for high-voltage car batteries
- 95 percent of valuable battery materials can be recycled
- The partners are developing a raw materials bank concept for these recovered raw materials

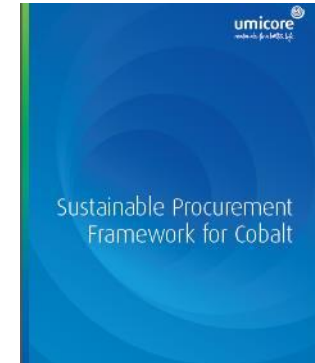
**Ingolstadt, October 26, 2018 - Milestone reached: Audi and Umicore have successfully completed phase one of their strategic research cooperation for battery recycling. The two partners are developing a closed loop for components of**

# Saubere Mobilität im Kontext nachhaltige Beschaffungssysteme als Basis

## Umicore Ansatz

- “Closed Loop” → Einsatz von Recyclingmetallen
- Nachhaltiges Beschaffungsprogramm für Kobalt seit 2004 → Arbeitssicherheit, Sozial- & Umweltbedingungen der Gewinnung, Gesetzeskonformität
- Basierend auf OECD Due Diligence Guideline, externe Validierung & Zertifizierung
- Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette

Anwendung auch für Beschaffung von Li, Ni & Mn



**"THIS IS WHAT WE DIE FOR"**  
HUMAN RIGHTS ABUSES IN THE COBALT MINING REPUBLIC OF THE CONGO FORCE THE GLOBAL TRADE IN COBALT

### Validation of Umicore's Sustainable Procurement Framework for Cobalt

Umicore is one of the world's leading suppliers of cobalt. In order to ensure the highest standards of ethical and environmental responsibility, Umicore has implemented a robust and transparent Sustainable Procurement Framework for Cobalt. This framework is based on the OECD Due Diligence Guideline for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas.

The objective of the framework is to ensure that Umicore's cobalt supply chain is free from human rights abuses, child labor, forced labor, and other unethical practices. The framework also aims to improve the working conditions and safety of cobalt miners in the Democratic Republic of the Congo.

Umicore has engaged with the industry to develop a common set of standards for cobalt mining. This includes the Cobalt Industry Code of Conduct, which is a voluntary standard for cobalt mining companies. Umicore is a signatory to this code and is committed to ensuring that its cobalt supply chain complies with all the requirements of the code.

Umicore's Sustainable Procurement Framework for Cobalt is a key element of Umicore's commitment to responsible sourcing. It is designed to ensure that Umicore's cobalt supply chain is free from human rights abuses, child labor, forced labor, and other unethical practices. The framework also aims to improve the working conditions and safety of cobalt miners in the Democratic Republic of the Congo.

<http://www.UMICORE.com/en/cases/sustainable-procurement-framework-for-cobalt/>

# Anforderungen an Batterie-Kreislaufwirtschaft

## Intrinsische Erfolgsfaktoren:

- Materialwert → Batterie-Chemie & Preisentwicklung Co, Ni, Cu, Li
- Batteriezusammensetzung & Design; Zugänglichkeit im Altfahrzeug
- Geschäftsmodelle (B2C vs B2B)
  - Batterie-Leasing, shared mobility, EV Flotten/Service Modelle (B2B):
  - B2B generiert inhärente Anreize für Reparaturfreundlichkeit /2<sup>nd</sup> Life & Qualitäts-Recycling; kritische Masse/Kosteneffektivität bei industriellen Akteuren; inhärente Transparenz

## Externe Erfolgsfaktoren:

- **Sammel-Infrastruktur & innovative Logistikkonzepte**
- **Externe Sammel- & Recyclinganreize**
  - Pfand, Abgaben, EPR Systeme, öffentliche Beschaffung ...
- **Qualität & Wirtschaftlichkeit der Recyclingprozesse**
  - technische & Umwelt Performance; verfügbare Mengen
- **Gesetzgebung / Kontrolle / Vollzug**
  - Sicherstellung eines umfassenden & hochwertigen Recyclings
- **Akteurskooperationen entlang des Lebenszyklus**
  - OEMs, Handel, Nutzer, Rücknahmesysteme, Logistik, Recycler

**Kein Recycling ohne Erfassung und Einsteuerung in geeignete Prozesse!**

# E-Mobilität als idealer Testfall für die Kreislaufwirtschaft

- Erwartetes starkes Marktwachstum **treibt Metallnachfrage** für Co, Li, Ni, Cu, REE, ...  
→ **Sekundärrohstoffe** zur Ergänzung der Rohstoffversorgung
  - **Recycling** schafft *nachhaltige* Rohstoffbasis, Verbesserung der Ökobilanz für E-Mobilität
  - Effiziente **Recyclingverfahren verfügbar** → Co, Ni, Cu, Li...
  - Umfassende **Sammlung** ist Schlüssel für Erfolg  
→ **Anreize** für Sammlung & hochwertiges Recycling **schaffen**  
→ **Logistik** als Enabler: sichere, saubere & transparente Stoffströme zu hochwertigem Recycling
  - „Business as unusual“ **erforderlich** für Markterfolg E-Mobilität
- ⇒ **Voraussetzungen** für zirkulare E-Mobilität jetzt schaffen
- ⇒ **Erfahrungen** bei anderen Produkten (Elektronik) **nutzen**, bekannte **Defizite vermeiden**
- ⇒ **Innovative Akteurskooperationen** & **systemische Ansätze** sind entscheidend

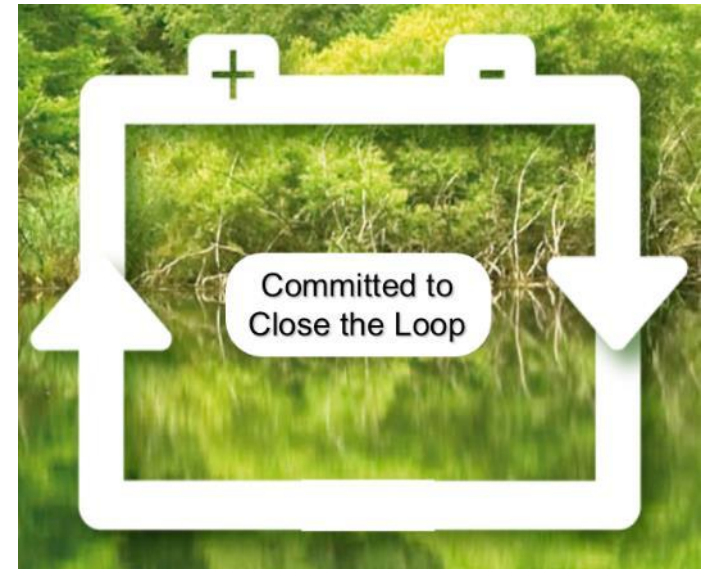
**Keine nachhaltige Mobilität ohne Aufbau einer sicheren & sauberen Rohstoffbasis!**

# Mehr Fokus auf Mobilitätskonzepte !





# Elektromobilität im Kontext begreifen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Contact: [christian.hagelueken@eu.umicore.com](mailto:christian.hagelueken@eu.umicore.com)

Publications: [www.researchgate.net/profile/Christian\\_Hagelueken/contributions](http://www.researchgate.net/profile/Christian_Hagelueken/contributions)

[www.umicore.com](http://www.umicore.com)

[www.batteryrecycling.umicore.com](http://www.batteryrecycling.umicore.com)

# Nachtrag/Handlungsempfehlungen:

## Rahmenbedingungen schaffen, nachhaltige Akteure belohnen

- „Grüne“ Produkte/Technologien benötigen zwingend auch „saubere“ Lieferketten, dabei Schlüsselstellung für Rohstoffbasis und Energieversorgung
- Alle Akteure in der Wertschöpfungskette müssen Verantwortung übernehmen (up- & downstream!)
- OECD Due Diligence Leitlinie bietet gute Basis für „responsible sourcing“ & transparente Lieferketten. Zertifizierung, um Einhaltung der Standards zu verifizieren (Umsetzung erfordert Aufwand!)
- „Responsible Recycling“ muss gleiche Bedeutung wie „responsible sourcing“ bekommen. Auch am „End of Life“ gibt es Probleme mit intransparenten Stoffströmen, informellen Akteuren & „irresponsible activities“
- Verantwortliches Handeln bei Rohstoffbeschaffung & Recycling führt zu Zusatzkosten, Markt muss das honorieren → „Level Playing Field“ auf EU & internationaler Ebene → Gesetzgebung
- Rechtssicherheit auf nationaler, EU- und internationaler Ebene, Vollzug gewährleisten!
- Verpflichtende Ansätze (mit entspr. Zertifizierung) oft wirkungsvoller als freiwillige
- Konsequente Beachtung bei Beschaffung und Abfallmanagement durch öffentliche Hand (Vorbild, kritische Masse)
- Echte Kreislaufschließung ressourcenrelevanter Produkte ist Teil der nachhaltigen Rohstoffversorgung
- Jetzt (endlich) Maßnahmen zum umfassenden & hochwertigen Recycling von portablen Li-Ionen Batterien & Geräten ergreifen