

Der Umgang mit High-Tech-Produkten in der Abfallwirtschaft



Zwischenlagerung, Aufbereitung und Verwertung von Lithium-Ionen- Batterien und -Akkumulatoren

Thomas Nigl

Montanuniversität Leoben

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

thomas.nigl@unileoben.ac.at

Übersicht



1. Terminologie
2. Grundlagen
3. Trends und Herausforderungen
4. Zwischenlagerung
5. Recyclingverfahren



(Foto: © AVAW, 2016)

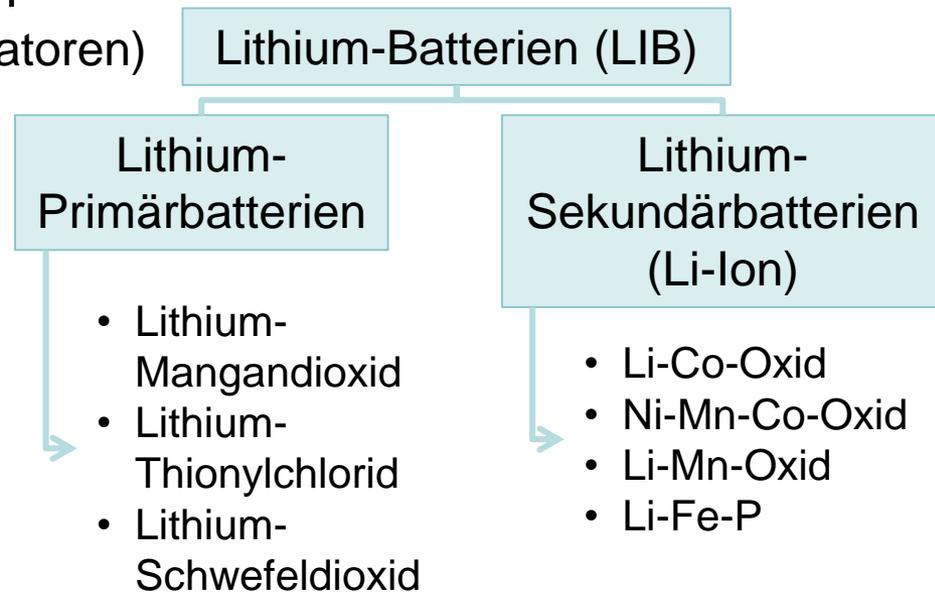
Terminologie

Batterietypen:

- Nicht wieder aufladbare Batterien/Zellen
(=Primärbatterien/-zellen)
- Wieder aufladbare Batterien/Zellen
(=Sekundärbatterien/-zellen, Akkumulatoren)

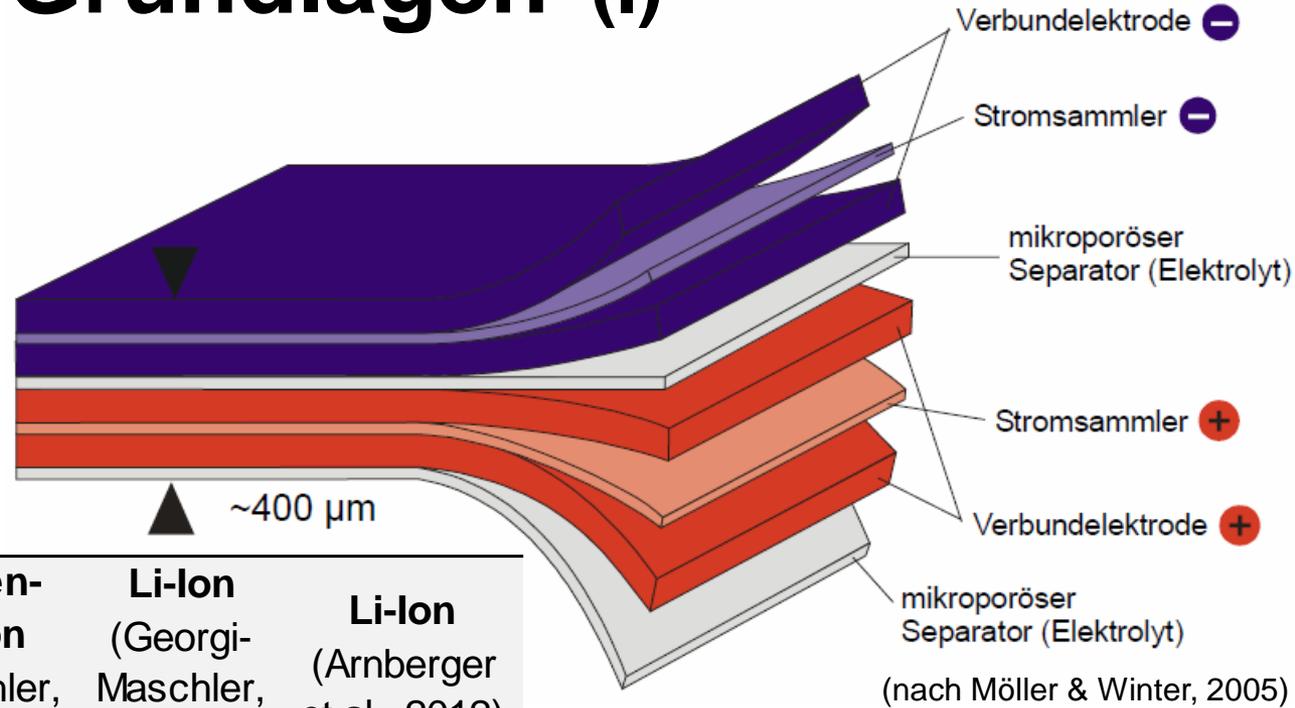
Batterieverordnung:

- Gerätebatterien
- Fahrzeugbatterien
(=Starterbatterien)
- Industriebatterien
(z.B. Traktionsbatterien)
(BMLFUW, 2015)



Grundlagen (I)

Aufbau der Zellen:



Zusammensetzung:

(nach Möller & Winter, 2005)

Zellkomponente [Massen-%]	Produktdatenblätter Li-Ion (Georgi-Maschler, 2011)	Li-Ion (Georgi-Maschler, 2011)	Li-Ion (Arnberger et al., 2012)
Gehäuse	~20-25	~25	~15-25
Kathodenmaterial	~25-30	~25	~20-30
Anodenmaterial	~14-19	~17	~10-15
Elektrolyt	~10-15	~10	~10-15
Cu-Elektrodenfolie	~5-9	~8	~10-25
Al-Elektrodenfolie	~5-7	~5	~5-15
Separator	-	~4	~5

Grundlagen (II)

Vor- und Nachteile von Li-Ion (im Vergleich zu NiMH):

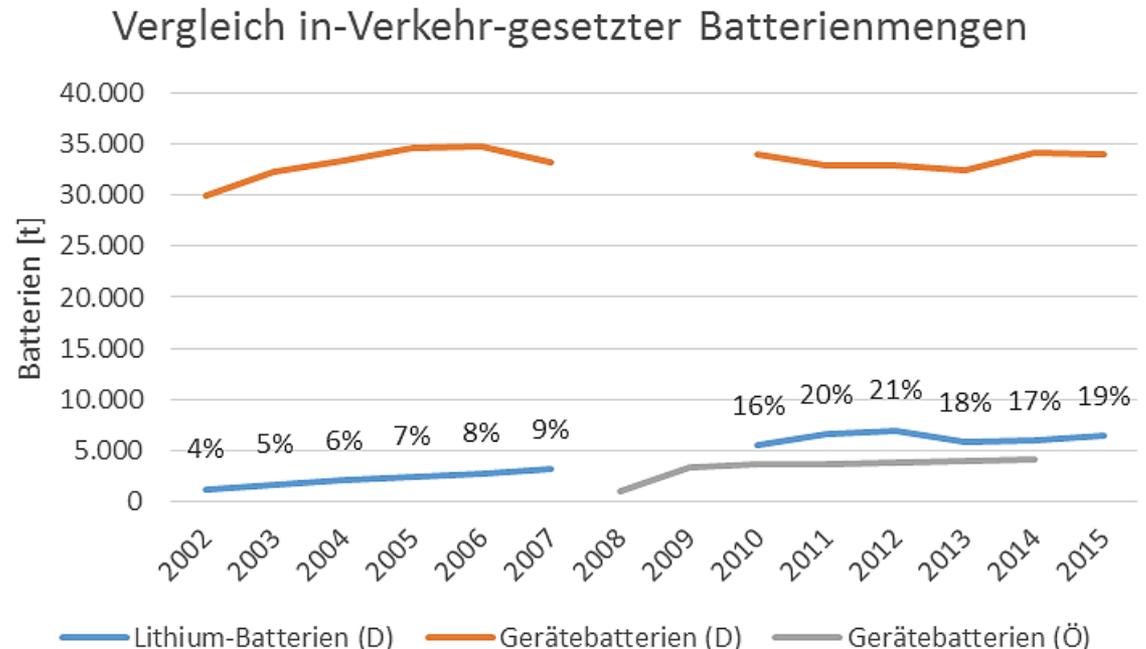
Vorteile	Nachteile
hohe Zellspannung	höheres Sicherheitsrisiko
hohe Kapazität	höhere Brandgefahr bei Missbrauch
hohe spezifische Energie	höhere Anschaffungskosten
hohe Spannungstabilität	
kein Memoryeffekt	
geringe Selbstentladung	
hohe Zyklenzahl	
hohe Lebensdauer	
großer Einsatztemperaturbereich	

(Georgi-Maschler, 2011; Arnberger, 2016)

Trends und Herausforderungen (I)

Steigende Mengen an Lithium-Batterien

- Anwendung in technisch neuen Entwicklungen (z.B. Drohnen, e-Zigaretten, Amazon Dash Button)
- Verdrängung von anderen Batterie-Chemien durch Li-Ion (z.B. NiMH, NiCd)
- Mengementwicklung (in Österr. und Dtl.):



Trends und Herausforderungen (II)

Sicherheitsaspekte und Risikofaktoren

- Mechanische Belastung
 - Thermische Belastung (von außen)
 - Überladung
 - Tiefentladung
 - Innerer Kurzschluss
 - Äußerer Kurzschluss
- all diese Faktoren können zum ***Thermal Runaway*** führen!
- Batterie in der Abfallwirtschaft eine „Black Box“



(Foto: © AVAW, 2014)

Zwischenlagerung von LIB (I)

Definition Lagerung; Zwischenlagerung (AWG 2002)

AbfallbpV (BMLFUW, 2006)

- Lagerung witterungsgeschützt
- in auslaufsicheren Gebinden



(Fotos: © AVAW, 2016)

Novellierung AbfallbpV 2016 geplant

➤ Neue Anforderungen an **Sammlung und Lagerung**

- Schutz vor mechanischer Belastung
- Kein Einwirken von Wasser, Feuchtigkeit, übermäßiger Hitze
- Außerhalb des Einflussbereiches brand-/explosionsgefährlicher Stoffe
- Lithiumbatterien > 500 g, Li-Ion-Zellen > 20 Wh, Li-Ion-Batterien > 100 Wh, Lithium-Metall-Zellen > 1 g Lithium, Lithium-Metall-Batterien > 2 g Lithium **sind getrennt** von anderen Batterien **zu sammeln und lagern**

Zwischenlagerung von LIB (II)

Novellierung AbfallbpV 2016 geplant

- Neue Anforderung an **Sortierung & Lagerung** (vor Behandlung)
 - Erstellung von Betriebsanweisungen
 - Unterweisung der Mitarbeiter
 - Bereitstellung geeigneter Löschmittel & Erfassung im Brandfall
 - Geeignete Gebinde für Transport defekter/beschädigter Lithiumbatterien
 - Automatische Brandmeldeanlage
 - u.a.

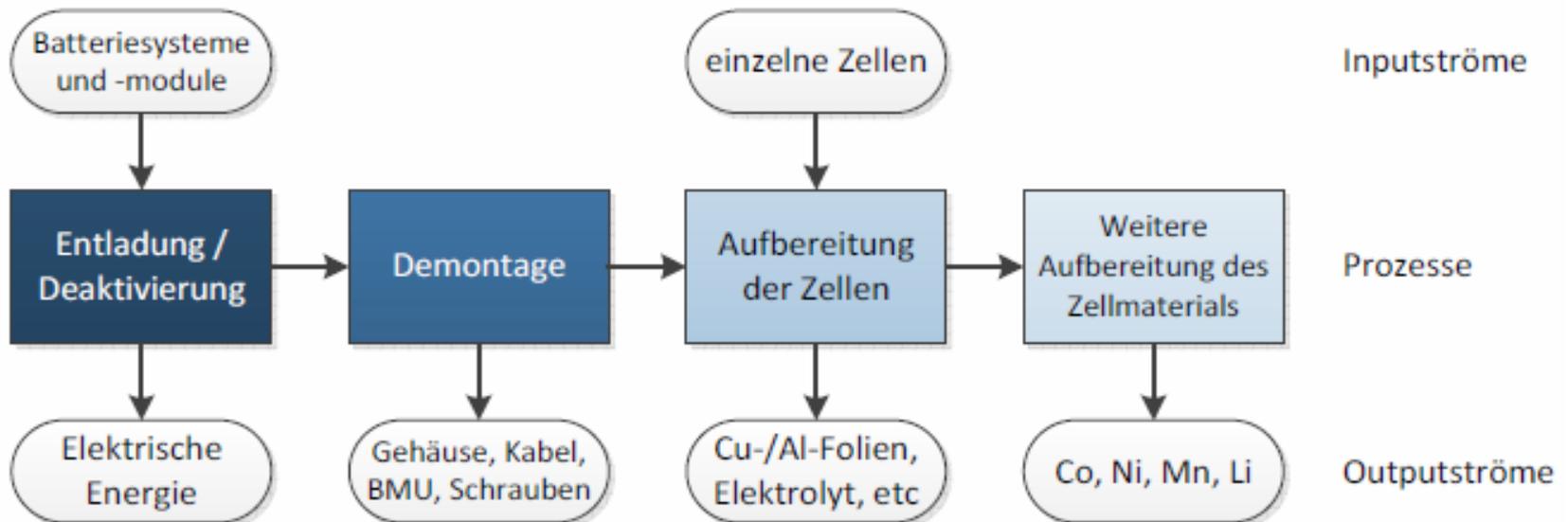
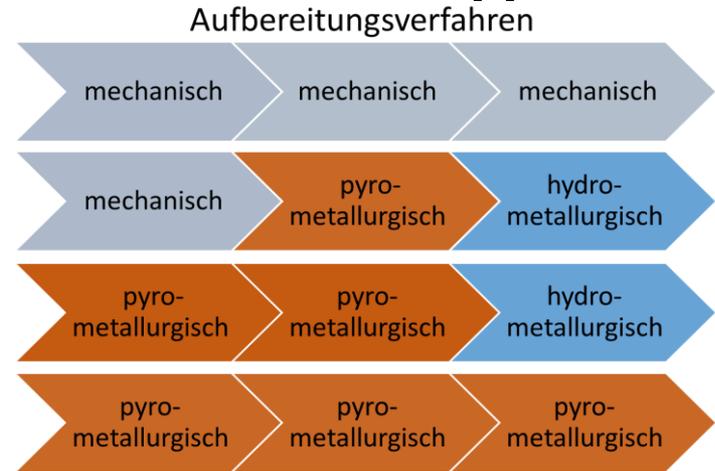


(Fotos: © AVAW, 2015)

Recyclingverfahren für LIB (I)

- Spezifische & unspezifische Verwertungsverfahren
- Unterschiedliche Verfahrenskombinationen

Allgemeiner Prozessablauf:



(Eigene Darstellung; nach Hanisch, 2014)

Recyclingverfahren für LIB (II)

Unternehmen	Land	Recycelte Batterie-Typen	Kapazität (t/a)
Umicore AG & Co. KG	BEL	Li-Ionen	7.000
Accurec Recycling GmbH	DEU	Unbekannt	6.000
Chemetall	DEU	Unbekannt	5.000
Akkuser Ltd	FIN	Alle Lithium-Batterien	4.000
Revatech	BEL	Li-Ionen	3.000
SNAM	FRA	Li-Ionen	300
Batrec AG (Veolia Gruppe)	CHE	Li-Ionen	200
G&P Batteries (Ecobat Technologies Ltd.)	GBR	Li-Ionen	145
Recupyl S.A.S.	FRA	Alle Lithium-Batterien	110
Glencore plc (ehemals Xstrata plc)	CAN	Alle Lithium-Batterien	7.000
Int. Metals Reclamation Company, LLC (Inmetco)	USA	Alle Lithium-Batterien	6.000
Retriev Technologies (ehemals Toxco Inc.)	CAN	Alle Lithium-Batterien	4.500
Metal-Tech Ltd	ISR	Alle Lithium-Batterien	
Shenzhen Green-Eco-Manufacturer Hi-Tech Co.	CHN	Li-Ionen	20.000
TES-AMM (Kooperation mit Recupyl S.A.S.)	SGP	Li-Ionen	1.200
Dowa Eco-System Co. Ltd.	JPN	Alle Lithium-Batterien	1.000
Sony and Sumitomo Metals	JPN	Li-Ionen	150

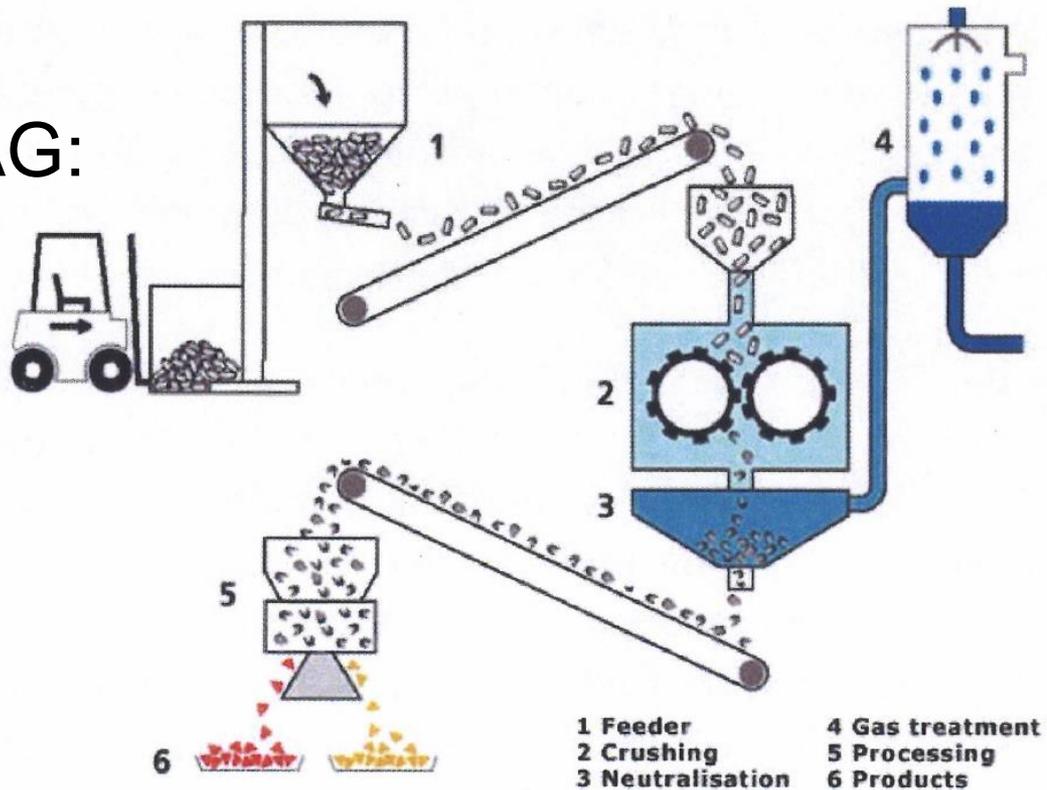
(Quellen: Saloojee & Lloyd, 2015; Georgi-Machler, 2011)

Recyclingverfahren 1

Batrec Industrie AG:

Li-Ionen-Batterien

- mechanisch orientiert
- Zerkleinerung unter CO₂-Atmosphäre
- Weitere mechanische Aufbereitung
- 4 Outputfraktionen



Li-Primärbatterien

Aufgabe in Schacht- & Elektrodenschmelzofen

→ Ferromangan



Nichteisenmetalle



Nickel-Stahl



Elektrodenmaterial

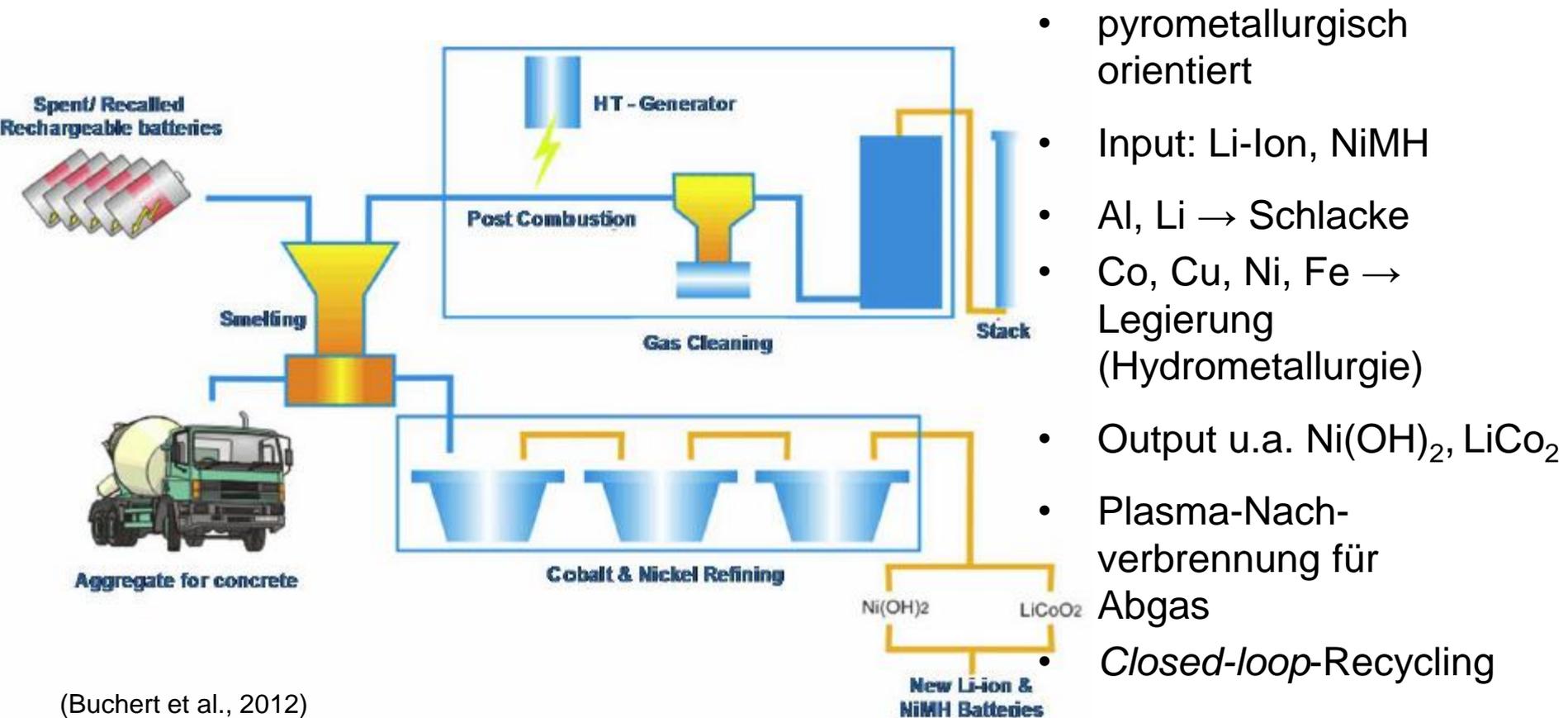


Kunststoffe

(Georgi-Machler, 2011)

Recyclingverfahren 2

Umicore AG & Co KG: VAL'EAS™-Verfahren



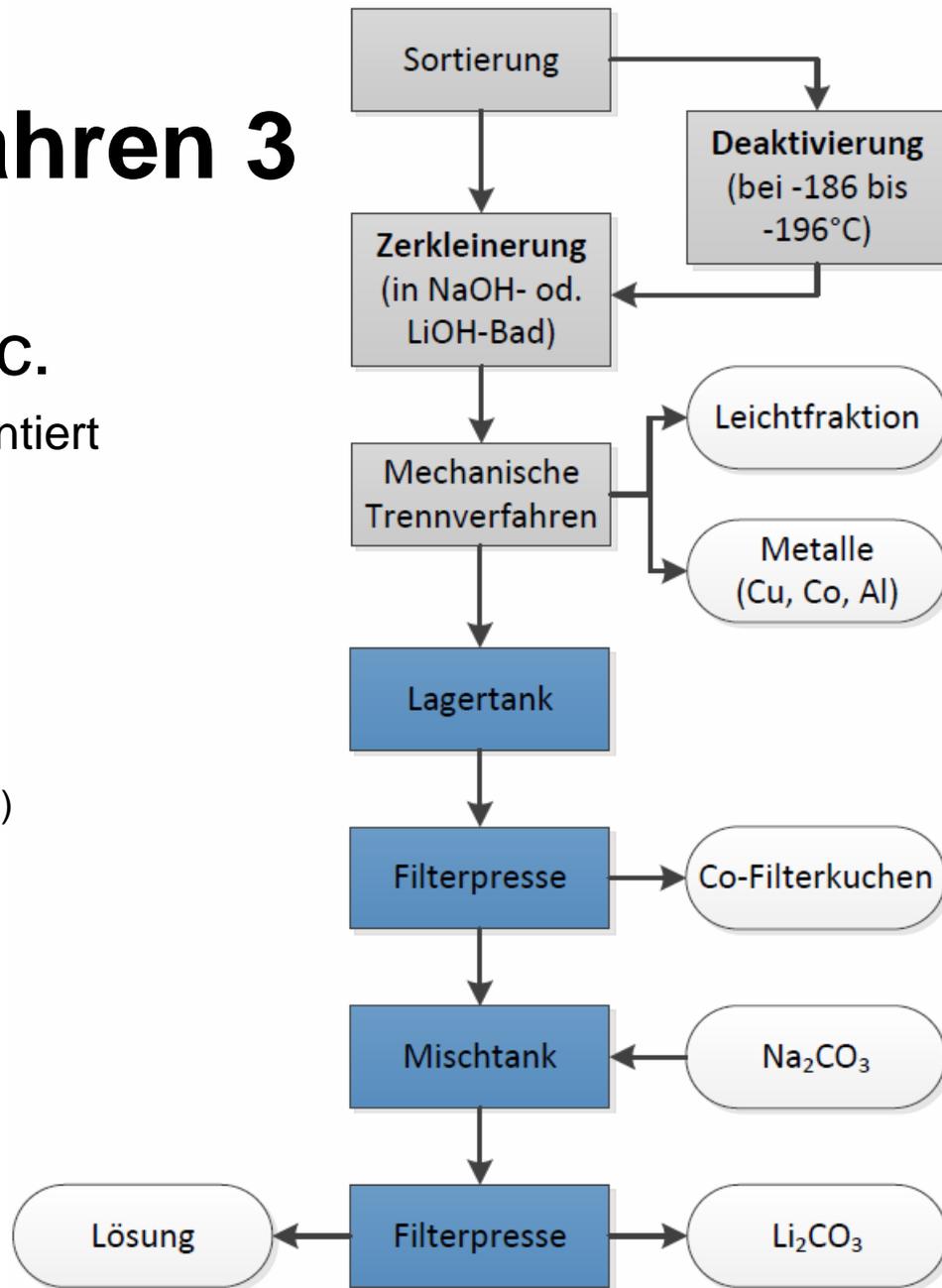
(Buchert et al., 2012)

Recyclingverfahren 3

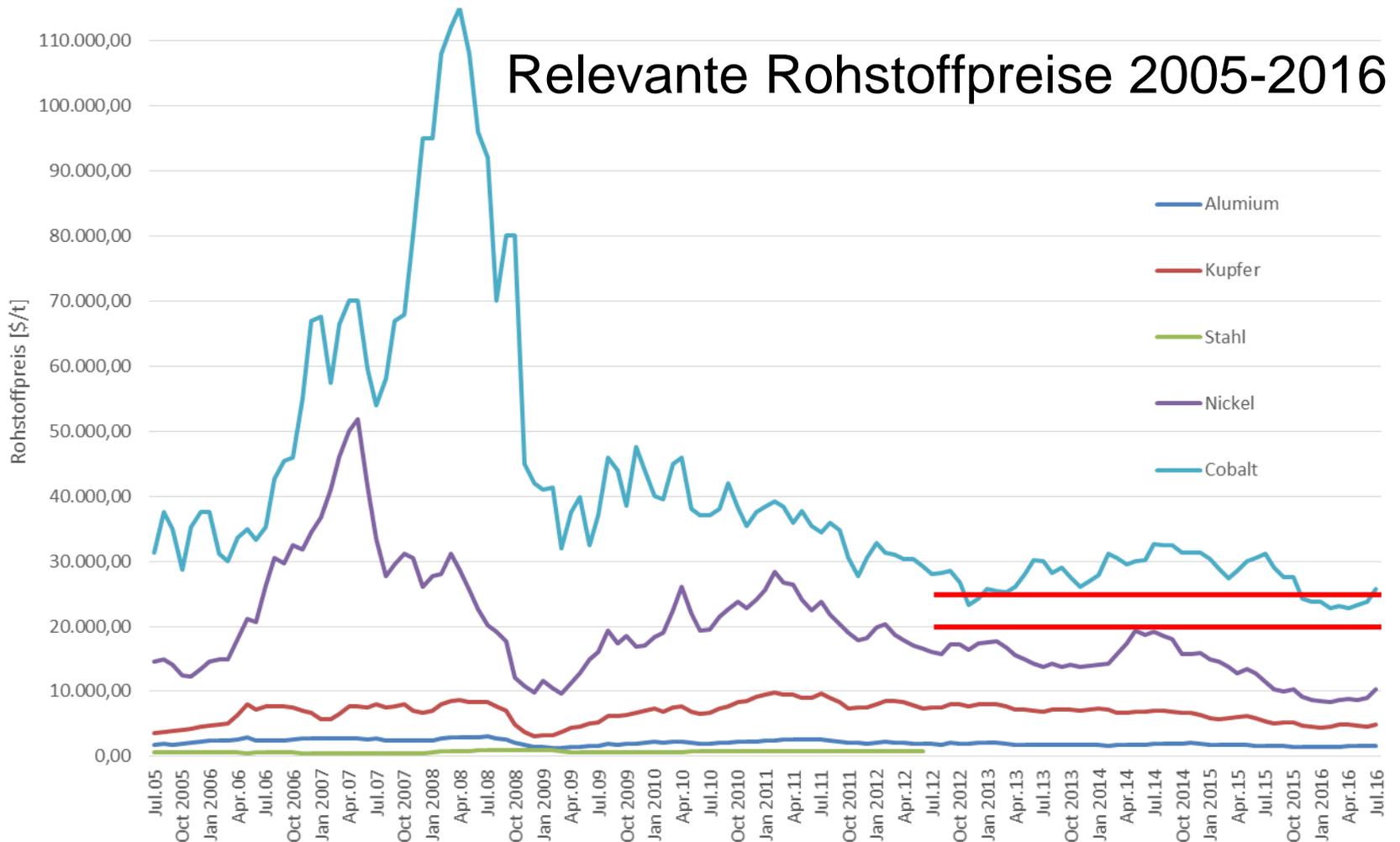
Retriev Technologies Inc.

- mechanisch/hydrometallurgisch orientiert
- Input: Li-Ion (sortiert), alle LIB
- Ein- bis dreistufige Zerkleinerung
- Output: u.a. Cu-Co-Produkt, Li_2CO_3
 - Primärproduktion
 - Herstellung neuer Batterien (Lithchem Int.)
→ *Closed-loop-Recycling*

Aufbereitung von Lithium-Primär-
batterien in eigenem Verfahren



Recyclingverfahren für LIB (III)



(Quellen: Indexmundi, 2015; InfoMine, 2015)

Recyclingeffizienz

- Lithiumbatterien: stoffliche Verwertung $\geq 50\%$ (lt. BatterieV, 2008)
- Formel: $RE = \frac{\sum m_{output}}{m_{input}} \times 100$ [Massen-%]

Unternehmen	Batterietypen	RE [M-%]
Umicore	NiMH	61
	Li-Ion	70
Glencore (Xstrata)*	Li-Ion	> 60
Retriev Technologies**	LIB	< 80
LithoRec II ***	Li-Ion	≥ 75

* inkl. Fe, Al, C (chem. umgesetzt, teilw. verschlackt)
** Prozessablauf mittlerweile abgeändert
*** Pilotanlage

(Georgi-Maschler, 2011; Lion Engineering GmbH, 2016)

Schlussfolgerungen

- Menge an Lithiumbatterien in der Abfallwirtschaft steigt
- Lithiumbatterien erfordern spezielle Lagerungskonzepte
- Vielzahl an Verwertungsverfahren für Lithiumbatterien
 - Recycling oft in Kombination mit anderen Batterie-Chemien
- Wirtschaftlichkeit derzeit stark vom Cobalt-Gehalt abhängig
- Aktuelle Werte für Recyclingeffizienz?

Forschungsprojekt **BAT-SAFE**

Auswirkungen und Risikoanalyse von Batterien in abfallwirtschaftlichen Systemen

- FFG-gefördert,
Grundlagen-orientiert
- Laufzeit:
10/2015 – 09/2018

- Ursachenforschung
bei bisherigen Schadensfällen
- Erhebung des Ist-Standes
der österreichischen Abfallwirtschaft
- Risikoanalyse und
-bewertung



(Foto: © APA, 2014)



(Fotos: © AVAW, 2015)

Literaturverzeichnis

- Arnberger A., Greßlehner K.-H. & Pomberger R. (2012): Recycling von Lithium Ionen Batterien aus EVs & HEVs. In: DepoTech 2012, Leoben. (S. 379-384).
- Arnberger A. (2016): Entwicklung eines ganzheitlichen Recyclingkonzeptes für Traktionsbatterien basierend auf Lithium-Ionen-Batterien. Dissertation, Montanuniversität Leoben.
- BMLFUW (2006): Abfallbehandlungspflichtenverordnung. BGBl. II Nr. 459/2004 und BGBl. II Nr. 363/2006.
- BMLFUW (2015): Batterieverordnung. BGBl. II Nr. 159/2008 und BGBl. II Nr. 109/2015.
- Buchert M., Mannhart A., Bleher D. & Pingel D. (2012): Recycling critical raw materials from WEEE. Oeko-Institut e.V. Freiburg, Deutschland.
- Georgi-Maschler T. (2011): Entwicklung eines Recyclingverfahrens für portable Li-Ion-Gerätebatterien. Dissertation, RWTH Aachen.
- Hanisch C. (2014): Recycling of Lithium-Ion Batteries. Presentation, Lion Engineering GmbH. (Zugriff am 25.08.2016: URL: http://www.lion-eng.de/images/LE_Images/Downloads/Recycling-of-Lithium-Ion-Batteries-LionEngineering.pdf)
- Indexmundi, 2015: Rohstoffpreise von Metallen. (Zugriff am 25.08.2016: URL: <http://www.indexmundi.com/commodities/>)
- InfoMine, 2015: Rohstoffpreise von Metallen. (Zugriff am 25.08.2016: URL: <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/cobalt/>)
- Lion Engineering GmbH (2016): Black Box in Battery Recycling seems to be White. (Zugriff am 25.08.2016: URL: <http://www.lion-eng.de/index.php/en/>)
- Möller K.-C. & Winter M. (2005): Primäre und wiederaufladbare Lithium-Batterien. Skriptum, ICTAS – Institut für Chemische Technologie Anorganischer Stoffe der TU Graz.
- Saloojee F. & Lloyd J. (2015): Lithium Battery Recycling Process – Desktop Study prepared for Development Bank Of South Africa.

Der Umgang mit High-Tech-Produkten in der Abfallwirtschaft

Zwischenlagerung, Aufbereitung und Verwertung von
Lithium-Ionen-
Batterien und -Akkumulatoren

Thomas Nigl

Montanuniversität Leoben

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

E: thomas.nigl@unileoben.ac.at

M: 0676/845386-824

