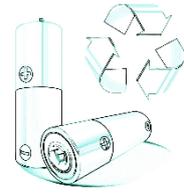


## Recycling aktueller und zukünftiger Batteriespeicher - Technische, ökonomische und ökologische Implikationen



### Hintergrund

Das Recycling gegenwärtiger Li-Ion Batterien ist aufwendig und zum Teil mit erheblichen Kosten und Umweltauswirkungen verbunden. Ferner können (je nach Recyclingtechnologie) auch nur ein Teil der Wertstoffe wiedergewonnen werden. Jedoch wird ein möglichst vollständiges Recycling aufgrund der Endlichkeit mineralischer Ressourcen und der teils hohen Umweltbelastung aus der Rohstoffgewinnung als zentral für eine positive Umweltbilanz von Batteriespeichern gesehen. Unabhängig davon werden gegenwärtig einige post-Lithium Speichersysteme entwickelt, über deren prinzipielle Rezyklierbarkeit noch sehr wenig bekannt ist. Soweit sich die Technologieentwicklung an der Verwendung kosten-günstiger Materialien orientiert, kann dies zu geringen wirtschaftlichen Anreizen für ein Recycling führen. Auf der anderen Seite gibt es emergente Batteriesysteme, die auf Reinmetall-Elektroden basieren, welche ein stoffliches Recycling nennenswert begünstigen.

### Workshop und Expertenforum

Der eintägige Workshop brachte Experten aus verschiedenen Disziplinen und Institutionen wie Forschung, Industrie oder Politikberatung zusammen. Diese diskutierten unternehmerische Aspekte, Regularien, potentielle Umweltauswirkungen sowie die mögliche Anwendbarkeit gegenwärtiger und zukünftiger Recyclingverfahren auf die verschiedenen Batterie- und Zellchemien. Neben etablierten Li-Ionen Batterien wurden dabei auch vielversprechende neue Zellchemien wie z.B. Li-Ion Festkörper, Na-Ion oder Mg-Ion Batterien betrachtet. Auf dieser Basis werden dann erste Grundsätze für einen recycling-freundlicheren Aufbau von Batterien und potentielle Regeln für ein „design for recyclability“ im frühen Entwicklungsstadium entworfen werden.

### Ziele

- Vernetzung von Experten unterschiedlicher Disziplinen (Forschung, Industrie, Politik)
- Schaffen eines gemeinsamen Verständnisses bzgl. der Wichtigkeit der Recycling-fähigkeit zukünftiger Batterien für nachhaltigere Energiespeichertechnologien
- Identifizierung von zukünftigem Forschungs- und Förderungsbedarf
- Ermitteln erster Schlüsselkriterien für einen recyclingfreundlicheren Aufbau von Batterien



## Agenda

08:45 Welcome und Kaffee

09:00 Begrüßung und Vorstellung

09:10 Eröffnung

- Jens Peters: Batterierecycling - Umweltauswirkungen und potentieller Ressourcenbedarf

09:30 Impulsvorträge mit anschließender Diskussion zum Thema „Derzeitige Batteriesysteme und Recyclingprozesse“

- Christian Hanisch: Vorstellung Duesenfeld GmbH
- Albrecht Melber: Ökonomisch - technische Herausforderungen in Li-Ion Recyclingprozessen
- Andreas Bittner: Innovative Recyclingverfahren für Lithium-Ionen-Batterien
- Andre Dressel: Zellkontaktiersysteme: Aufbau Verbindungstechnik-Materialeinsatz

10:30 Kaffeepause

11:00 Impulsvorträge mit anschließender Diskussion zum Thema „Umweltaspekte derzeitiger Recyclingprozesse“

- Felipe Cerdas: Umweltaspekte des Recyclings von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien im Rahmen des LithoRec-Projekts
- Jürgen Sutter: Ökologische Aspekte des Recyclings von Batteriespeichertechnologien

12:15 Mittagspause

13:30 Eröffnung Nachmittagsteil

13:40 Impulsvorträge mit anschließender Diskussion zum Thema „Zukünftige Batteriesysteme und Recyclingprozesse Teil I“

- Bettina Rutrecht: Aspekte der Batteriekennzeichnung
- Paul Mählietz: Recyclingfähigkeit von Lithiumbatterien
- Georgios Chryssos: Grenzenlos? - Ökologische und ökonomische Grenzen des Recyclings von Batterien
- Alexandra Pehlken: Das „Henne-Ei Problem“ - Kritischer Exkurs am Beispiel Brennstoffzellen

15:00 Kaffeepause

15:30 Impulsvorträge mit anschließender Diskussion zum Thema „Zukünftige Batteriesysteme und Recyclingprozesse Teil II“

- Alberto Varzi: All solid state batteries: a new old concept
- Dominic Bresser: Zukünftige Entwicklungen für Lithium und post-Lithium Systeme

16:30 Zusammenfassen der Ergebnisse

17:00 Ende der Veranstaltung

## Abstracts

### Eröffnung

#### **Jens Peters: Batterierecycling - Umweltauswirkungen und potentieller Ressourcenbedarf**

Im Rahmen der Energie- und Mobilitätswende wird eine starke Zunahme des Bedarfs an Energiespeichern erwartet. Dies geht einher mit einer Verlagerung des Bedarfes von fossilen Energieträgern hin zu einer Vielzahl an spezifischen Metallen und Mineralien, die für die Herstellung der entsprechenden Technologien benötigt werden. Dies geht einher mit teils erheblichen Umweltauswirkungen, die bei der Gewinnung der benötigten Rohstoffe entstehen. Recycling kann einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung dieser Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauches leisten. Dabei zeigen verschiedene Batteriekonzepte sehr unterschiedliche potentielle Recyclingfähigkeit. Anhand eines LCA- Beispielvergleiches wird dabei aufgezeigt, dass die Rezyklierbarkeit ein entscheidender Faktor sein kann, und selbst Abstriche bei anderen Leistungsparametern (wie z.B. Energiedichte oder Effizienz) über den gesamten Lebenszyklus kompensieren kann.

### Themenblock „Derzeitige Batteriesysteme und Recyclingprozesse“

#### **Christian Hanisch: Vorstellung Duesenfeld GmbH**

#### **Albrecht Melber: Ökonomisch - technische Herausforderungen in Li-Ion Recyclingprozessen**

In einer noch nicht ausgeprägten Marktnische, dem Recycling von Li-Ion Akkumulatoren, zeichnen sich durch Marktteilnehmer und Entwicklungsvorhaben verschiedentlich Behandlungsansätze ab. Der Vortrag soll einen Überblick geben, technische Risiken aufzeigen, ökonomische Barrieren umschreiben.

#### **Andreas Bittner: Innovative Recyclingverfahren für Lithium-Ionen-Batterien**

Vorstellung der innovativen Batterierecyclingansätze des Fraunhofer ISC und seiner Projektgruppe IWKS. Kurze Einführung in die Projekte NeW-Bat, ECO COM'BAT und AutoBatRec2020

#### **Andre Dressel: Zellkontaktiersysteme: Aufbau Verbindungstechnik-Materialeinsatz**

### Themenblock „Umweltaspekte derzeitiger Recyclingprozesse“

#### **Felipe Cerdas: Umweltaspekte des Recyclings von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien im Rahmen des LithoRec-Projekts**

In der Präsentation werden die wichtigsten Aspekte des Recyclingprozesses von Lithium-Ionen-Batterien aus ökologischer Sicht analysiert. Anhand von Primärdaten haben wir eine Energie- und Stoffstromanalyse der im Rahmen des LithoRec-Projekts entwickelten Prozesskette durchgeführt. Schließlich diskutieren wir die Ergebnisse der im Rahmen des LithoRec-Projekts durchgeführten Ökobilanz (LCA) und identifizieren Schlüsselfragen, die zu berücksichtigen sind, um Recyclingprozesse zu entwickeln, die zur Entwicklung einer umweltgerechten Recyclingstrategie parallel zur aufstrebenden Traktionsbatterieindustrie beitragen.

## **Jürgen Sutter: Ökologische Aspekte des Recyclings von Batteriespeichertechnologien**

Das Öko-Institut e. V. hat in den letzten Jahren eine Reihe von Ökobilanzierungen zu neuen Verfahren zum Recycling von Li-Ionen-Batterien durchgeführt (Verbundprojekte LiBRi, LithoRec, EcoBatRec). Der Impulsvortrag zeigt wesentliche Ergebnisse der Umweltbewertung und zukünftige Herausforderungen.

## **Themenblock „Zukünftige Batteriesysteme und Recyclingprozesse Teil I“**

### **Bettina Rutrecht: Aspekte der Batteriekenzeichnung**

Produkt- und Abfallkennzeichnungen sind besonders für die Weitergabe im End-of-Life von großer Bedeutung. Im Batteriesektor wurde wie schon bei anderen Produktgruppen eine Kennzeichnung standardisiert und umgesetzt. Diese gibt aber für ein ressourceneffizientes und gefahrenminimiertes Recycling zu wenig Auskünfte an die Recyclingunternehmen. Die Herausforderung besteht daher Details zur Batteriechemie, zum Aufbau bzw. zu den Schadstoffen an die abfallwirtschaftlichen Unternehmen zu kommunizieren bzw. diese Informationen standardisiert auf dem Batteriesystem und dem Modulverbund anzubringen.

Hierdurch kann ein sicheres, wirtschaftlich effizientes und umweltschonendes Recycling ermöglicht werden.

### **Paul Mähltz: Recyclingfähigkeit von Lithiumbatterien**

Kernstück einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft ist das Recycling von Produktsystemen, wie z.B. Lithiumbatterien, zur Bereitstellung qualitativ hochwertiger Sekundärrohstoffe. Der Aspekt der Recyclingfähigkeit von Produktsystemen und dessen derzeit noch unklare Bewertung werden in Zukunft einen wichtigen Aspekt zur Auswahl der ökonomisch und ökologisch optimalen Produktalternative darstellen.

### **Georgios Chryssos: Grenzenlos? - Ökologische und ökonomische Grenzen des Recyclings von Batterien**

- Stoffwelt und Status Recyclingtechnologien für Li-Batterien
- Entropiebilanz als Maß für die Recycling- und wirtschaftliche Effizienz (?)
- Forschungs- und Entwicklungsbedarf für die Zukunft

### **Alexandra Pehlken: Das „Henne-Ei Problem“ - Kritischer Exkurs am Beispiel Brennstoffzellen**

Der Vortrag behandelt die externen Einflüsse auf den erfolgreichen Markteintritt von Speichertechnologien, was besonders am Beispiel der Brennstoffzelle demonstriert werden kann. Ohne Wasserstoffnetz, keine Brennstoffzelle. Der Einfluss der Politik auf Speichertechnologien ist von immenser Bedeutung und wird durch den Impulsvortrag zur weiteren Diskussion angeregt. Wo sind die Stellschrauben für den erfolgreichen Markteintritt einer vielversprechenden Technologie?

## Themenblock „Zukünftige Batteriesysteme und Recyclingprozesse Teil II“

### **Alberto Varzi: All solid state batteries: a new old concept**

Seeking for improved safety and energy density, a replacement of lithium-ion batteries (LIBs) with all-solid-state Li-metal systems can be foreseen in the next decades. However, such paradigm shift requires to take into account the novel cell configurations and materials, which could eventually affect sustainability and recyclability of such batteries. The talk will highlight the most substantial differences with the current LIB technology, both in terms of manufacturing processes and raw materials employed.

### **Dominic Bresser: Zukünftige Entwicklungen für Li- und post-Li-Systeme**

Lithium-ion batteries are the state of the art in electrochemical energy storage. The successful transition to renewable energy sources only, however, requires continuous development efforts to push their energy and power density even further, while simultaneously addressing potential concerns regarding their sustainability.

This talk will present the anticipated improvements for the near- to mid-term future, ranging from advanced lithium-ion to lithium metal technologies, and eventually highlight the most promising “beyond lithium” candidates, which may finally replace – or at least complement – lithium-based battery technologies.