



Verarbeitung von Lithium-Ionen Batteriematerialien zur Produktion von Schwarzmasse bei Librec.  
Quelle: Librec

## Batterien: Schlüssel- technologie für eine nachhaltige Mobilität

**Batterien spielen von der Mobilität bis zum Haushalt eine zentrale Rolle. Sie eröffnen Chancen für eine ressourcenschonende Zukunft – durch effiziente Lebenszyklen, Second-Life-Anwendungen und innovative Recyclingkonzepte, vor allem wenn das bereits beim Design berücksichtigt wird.**

Cuno Bieler, Projektleiter Klima und Mobilität  
Abteilung Luft, Klima und Strahlung  
AWEL

Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 32 82  
cuno.bieler@bd.zh.ch

- [www.zh.ch/klima](http://www.zh.ch/klima)
- Monitoring der Fahrzeugflotte: [www.zh.ch/klimastrategie](http://www.zh.ch/klimastrategie)  
→ Monitoring → Mobilität
- Abfall und Rohstoffe: [www.zh.ch/abfall-rohstoffe](http://www.zh.ch/abfall-rohstoffe)
- Artikel «Batteriespeicher bei Photovoltaik-Anlagen», ZUP110, 2025
- Artikel «Alternative Antriebe - Umweltschutz und Klima nutzen», ZUP98, 2020
- Artikel «Elektromobilität», ZUP87, 2017

Die Elektromobilität hat in den vergangenen Jahren enorm an Fahrt aufgenommen. Mit der steigenden Zahl an Elektroautos nimmt auch die Menge an Fahrzeugbatterien stetig zu. Weltweit wurden laut der Internationalen Energieagentur (IEA) 2024 rund 17 Millionen Elektroautos neu zugelassen, womit der globale Bestand auf über 42 Millionen Fahrzeuge angestiegen ist. In der Schweiz war im Jahr 2024 jedes fünfte neu zugelassene Auto ein rein elektrisches. Insgesamt waren Ende 2024 rund 200 000 reine Elektroautos und rund 100 000 Plug-in-Hybride registriert.

### Immer mehr Fahrzeugbatterien

Diese Entwicklung führt dazu, dass der Bedarf an Lithium-Ionen-Batterien sprunghaft steigt. Damit geht die Verantwortung einher, diese wertvollen Energiespeicher nachhaltig zu nutzen. Traktionsbatterien (meist Blei-Säure-Batterien oder Lithium-Ionen-Batterien) sind das Herzstück eines Elektroautos: Sie bestimmen Reichweite, Ladegeschwindigkeit und Leistung. Doch sie sind aufwendig in der Herstellung, da Rohstoffe wie Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel global abgebaut und verarbeitet werden müssen. Beim Bau eines Elektroautos entstehen deshalb höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen als bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Im Betrieb gleichen sich diese Mehrbelastungen jedoch schnell aus, sodass Elektrofahrzeuge über ihren Lebenszyklus hinweg einen deutlichen Klimavorteil bieten.

### Ein zweites Leben für Batterien

Wenn eine Batterie im Fahrzeug nach 8–12 Jahren nicht mehr die ursprüngliche Leistung bringt, erfüllt sie die Anforderungen an Reichweite und Schnellladung oft nicht mehr. Doch sie eignet sich weiterhin für stationäre Anwendungen. Second-Life-Konzepte nutzen diese Restkapazität: als Heimspeicher in Einfamilienhäusern, als Quartierspeicher in Neubaugebieten oder als Puffer für Schnellladestationen.

Zum Beispiel zeigt das Schweizer Unternehmen upVolt, wie dies in der Praxis funktioniert. Es wandelt gebrauchte Batterien aus E-Fahrzeugen in modulare Energiespeichersysteme um, die flexibel in Gewerbe, Industrie oder Netzinfrastruktur integriert werden können. Ein weiteres Beispiel sind Powerbanks aus wiederverwendeten E-Bike-Zellen,



Trockene und hochreine Schwarzmasse  
(Zusatztinfo Seite 28).  
Quelle: Librec

die ein zweites Leben in kleineren Anwendungen finden. So wird aus einer ausgedienten Fahrzeugbatterie ein vielseitiges Energiesystem, das die Energiewende zusätzlich unterstützt.

### Lastwagen und Gewerbe

Die Elektrifizierung schreitet auch bei grösseren Verkehrssystemen wie Lastwagen und Schiffen rasch voran. So werden künftig vermehrt Batteriesysteme mit hoher Energiedichte und Schnellladefähigkeit in den Second-Life- und Recycling-Kreislauf eingespeist und stellen neue Anforderungen an die Rückgewinnung und Wiederverwertung.

In Gewerbegebäuden dienen derart starke Second-Life-Batterien aus diesem Sektor als Energiespeicher für Lastspitzen. Auch mobile Ladecontainer für Events oder Baustellen nutzen gebrauchte Batterien. Diese Anwendungen verlängern die Nutzungsdauer und sparen Ressourcen.

### Recycling im Wandel

Das Recycling von Batterien, die nicht mehr anderswo verwendet werden können, stellt einen entscheidenden Prozess in der modernen Rohstoffwirtschaft dar und ermöglicht die Rückgewinnung der eingesetzten Ressourcen. Nach dem Ende ihrer Primärnutzung als Energiespeicher durchlaufen Batterien komplexe Aufbereitungsverfahren, die auf maximale Materialrückgewinnung ausgerichtet sind.

Unterschiedliche technologische Ansätze ermöglichen die Extraktion wertvoller Rohstoffe: Mechanische Verfahren zerlegen Batterien präzise in ihre Einzelkomponenten, während metallurgische Methoden wie Pyro- und Hydrometallurgie gezielt Metalle rückgewinnen. Die sogenannte Schwarzmasse (Zusatzinfo rechts) erweist sich als besonders wertvoll, da sie Schlüsselmateralien wie Kobalt, Nickel und Lithium enthält.

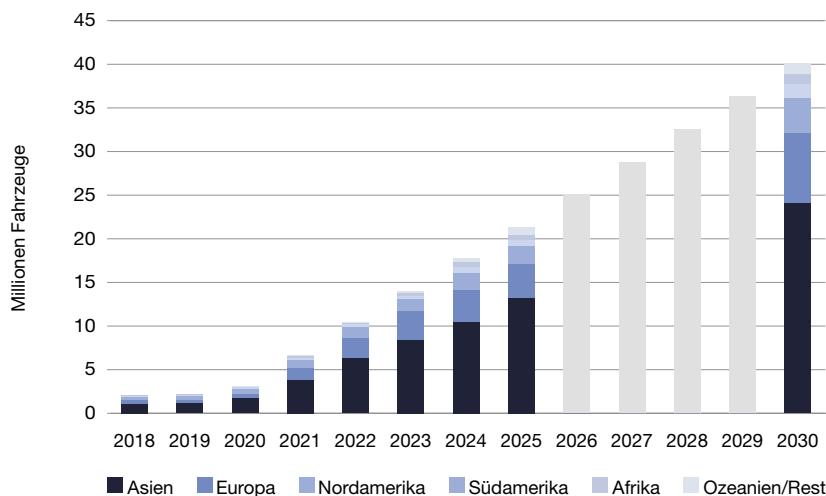
### Innovative Recyclingforschung

In der Schweiz treiben Forschung und Industrie die Entwicklung voran. Die Empa forscht an innovativen, umweltschonenden Recyclingverfahren, und das Unternehmen Librec in Biberist hat dieses Jahr die erste industrielle Recyclingfabrik für Fahrzeugbatterien der Schweiz eröffnet.

Dort gelingt mit innovativen Recyclingtechnologien eine weltweit herausragende Rückgewinnungsrate von über 97 Prozent der Ausgangsmaterialien wie Kobalt, Lithium, Mangan, Nickel, Kupfer und Aluminium.

Eine zentrale Herausforderung bleibt die zunehmende Diversität der Batterietechnologien. Ständig entwickeln sich neue Zellchemien, was die Standardisierung von Recyclingprozessen erschwert. Ein

### Neuzulassungen BEV und PHEV nach Kontinenten



Seit 2018 hat die Zahl der weltweiten Neuzulassungen von emissionsfreien Batterie-Elefktrofahrzeugen (BEVs) und Plug-in-Hybrid-Elefktrofahrzeugen (PHEVs), eine Kombination aus Verbrennungsmotor und Elektromotor, rasant zugenommen. Besonders stark war die Zunahme in Asien und etwas weniger in Europa.

Quelle: IEA

erfolgreiches Batterierecycling ist wesentlich für die Kreislaufwirtschaft und reduziert die Abhängigkeit von Primärrohstoffen.

### Kreisläufe schliessen

Um Kreisläufe zu schliessen, müssen diese intelligent gestaltet sein. Ein Schlüssel liegt darin, bereits beim Design an das Recycling zu denken und Batterien als dynamische Ressource zu verstehen, die mehrere Lebenszyklen durchlaufen kann. Die neue EU-Batterieverordnung unterstreicht diesen Ansatz: Verbindliche Recyclingquoten und Herkunftsachweise machen Kreislaufwirtschaft zur strategischen Säule. Mit Projekten wie CIRCU-BAT wird die Vision einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft konsequent verfolgt. Das Ziel ist, Batterien von der Herstellung bis zur Wiederverwertung so zu gestalten, dass Rohstoffe im Umlauf bleiben und die Umweltbelastungen minimiert werden. Nur wenn Fahrzeugbatterien nicht als Wegwerfprodukt, sondern bereits während der Produktion als wertvolle Ressource verstanden werden, können sie ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilität leisten.

### Mehr als ein Energiespeicher

Denn Batterien sollten mehrere Leben haben – vom Fahrzeug (first life) über den stationären Speicher (second life) bis hin zur Rohstoffquelle (Recycling). Der Blick auf den gesamten Lebenszyklus macht deutlich: Batterien sind mehr als ein Speicher für die Mobilität. Second-Life-Anwendungen und Recycling sind technologische und gesellschaftliche Aufgaben zugleich. Je besser es gelingt, die Kreis-

läufe zu schliessen, desto grösser ist ihr Beitrag zur Energie- und Antriebswende.

### Wertvolle Rohstoffe zurückzugewinnen

Recycling von Lithium-Ionen-Batterien ist ein komplexer, mehrstufiger Prozess, der darauf abzielt, wertvolle Rohstoffe zurückzugewinnen. Die mechanische Aufbereitung bildet den ersten Schritt: Batterien werden entladen, zerlegt und geschrägert, wobei verschiedene Fraktionen entstehen.

Die Schwarzmasse erweist sich als besonders wertvoll (Foto Seite 27). Schwarzmasse ist das beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien entstehende, feinkörnige Zwischenprodukt, das vor allem wertvolle Rohstoffe wie Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel enthält und die Basis für die Rückgewinnung dieser Rohstoffe bildet.

Es gibt unterschiedliche Verfahren, um die Schwarzmasse weiter zu behandeln: In der Pyrometallurgie werden die Materialien bei hohen Temperaturen eingeschmolzen, wobei Metalle wie Nickel und Kobalt zurückgewonnen werden. Die Hydrometallurgie nutzt chemische Lösungen, um die Metalle selektiv zu extrahieren – ein Verfahren mit höherer Effizienz und geringerer Umweltbelastung. Moderne Anlagen kombinieren beide Methoden, um die Rückgewinnungsquote zu maximieren.