

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 81 (1990)

**Heft:** 18

**Artikel:** Batterien für Elektromobile

**Autor:** Brönnimann, C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-903159>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Batterien für Elektromobile

Ch. Brönnimann

**Neben den altbekannten Bleibatterien werden verschiedene weitere Batterietypen für Elektrofahrzeuge entwickelt, erprobt oder befinden sich bereits in ersten Fahrzeugen im Einsatz. Der Beitrag gibt eine Übersicht über die wichtigsten Typen und versucht eine Charakterisierung im Hinblick auf den Einsatz in Elektromobilen.**

**A côté des accumulateurs au plomb bien connus, divers autres types d'accumulateurs pour véhicules électriques sont développés, testés ou équipent déjà les premiers véhicules. L'article donne un aperçu des principaux types de batteries et tente de les caractériser en fonction de leur aptitude à l'utilisation dans des véhicules électriques.**

Leicht gekürzte Fassung eines Referates anlässlich des internationalen ASVER/ACS-Elektromobilsymposiums vom 28. Mai 1990 in Luzern

## Adresse des Autors

Christoph Brönnimann, BSE Brönnimann Systems Engineering AG, Unterdorfstr. 6, 3612 Steffisburg

## Übersicht

Akkumulatoren für Elektromobile müssen verschiedenen anspruchsvollen Kriterien genügen:

- hohe Energiedichte
- tiefes Leistungsgewicht
- gute Hochstromfestigkeit
- gute Zyklenzahl
- kommerziell erschwinglich
- kurze Aufladezeit
- guter Energiewirkungsgrad, gute Ladeerhaltbarkeit

In Tabelle I werden die wichtigsten Akkulatoren verglichen. Die Tabelle wurde an der Ingenieurschule Biel erstellt und benotet die Eigenschaften mit 1 (ausgezeichnet) bis 5. Werte in Klammern bedeuten, dass die Daten noch nicht festliegen.

## Praktische Erfahrungen

Aufgrund der hohen Kosten zukunftsweisender Technologien wird nach wie vor der Bleiakku am meisten verwendet. Hier haben sich insbesondere wartungsfreie Akkus mit festem Elektrolyt in Kombination mit einer leichten Fahrzeugbauweise als mögliche Lösung herauskristallisiert. Mit diesen Akkus können folgende Werte erreicht werden:

- Energiedichte > 30 Wh/kg bei einständiger Entladung bei einer Entladetiefe von 80% und Temperaturen > 10 °C
- Anschaffungskosten < 15 Rp/km (Angabe ISB)
- Energiewirkungsgrad > 70%
- geringer Unterhalt
- umweltgerechte Entsorgung

Die Erfahrung mit Leichtbaumobilen hat gezeigt, dass mit einem Batteriesatz etwa 8000 km im Berufspendelverkehr zurückgelegt werden können. Die verglichenen Fahrzeuge weisen alle ein Gewicht < 500 kg, eine Arbeitsspannung > 120 V, einen Spei-

cher > 5 kWh sowie maximale Pendelstrecken von 60 km täglich auf. Fahrzeuge, welche nur am Berg pendeln, weisen um 50% schlechtere Resultate auf.

Hauptsache für frühzeitig auftretende Batterieprobleme ist vor allem die grosse Exemplarstreuung der einzelnen Zellen ( $\pm 15\%$ ). Eine Zelle mit schlechterer Kapazität wird in einer Serieschaltung von den anderen Zellen «zu Boden gedrückt» und unterschreitet trotz einer korrekten Blockspannung die Tiefentladegrenze. Beim Laden sind die «guten» Zellen schneller gefüllt und begrenzen den Ladestrom, so dass die schlechte Zelle gar nicht mehr gefüllt werden kann. Dieser Teufelskreis führt rasch zum Ausfall der angeschlagenen Zellen.

Gegen dieses Hauptproblem bei Elektrofahrzeugen gibt es drei einfache Massnahmen, welche die oben angegebene Wegleistung von 8000 km/Akkusatz ermöglichen.

- Auswahl der Zellen durch Messzyklen
- Entladetiefe nicht über 50%
- periodische Langzeitladungen bei begrenzter Totspannung mit Temperaturüberwachung

Mehrere Firmen und Schulen arbeiten an Geräten, welche die Zellenlast bei Ladung und Entladung elektronisch regeln. Von diesen Geräten verspricht man sich eine Steigerung auf 10 000 km pro Batteriesatz.

## Zukunftsweisende Projekte

Gegenwärtig sind vor allem 4 Akkutechnologien in fortgeschrittenen Forschungsstadien, welche eine wesentliche Verbesserung gegenüber den Bleiakkus bringen können.

### Natrium-Schwefel

Die Firma ABB arbeitet an einer Hochtemperaturbatterie, welche be-

Systeme	Energiedichte Wh/kg	Leistungs-dichte W/kg	Entlade-fähigkeit Entladestrom	Temperatur-verhalten	Ladehaltbar-keit Ladestrom	Ladefähigkeit	Wirkungsgrad Zyklen	Lebensdauer	Kosten
<b>Bleibatterie</b>									
- Gitterplatten	4	4	3	3	4	3	2	3	1
- Röhrchen	4	5	3	3	3	3	2	2	2
- wartungsfrei	4	3	3	2	2	3	1	3	1
<b>Nickel-Cadmium</b>									
- Taschen	5	3	2	1	2	1	4	2	3
- Gesintert	3	1	1	1	4	1	3	2	3
- Versiegelt	4	1	2	1	4	2	3	3	2
<b>Nickel-Eisen</b>	4	4	4	5	5	2	5	1	3
<b>Nickel-Zink</b>	2	3	2	3	4	3	3	4	3
<b>Silber-Zink</b>	1	2	1	3	1	5	2	5	5
<b>Silber-Cadmium</b>	2	3	1	4	1	5	2	3	5
<b>Zink-Brom</b>	2	2	3	(3)	(1)	2	3	(3)	(4)
<b>Natrium-Schwefel</b>	1	1	2	5	5	2	1	(2)	(4)

**Tabelle I Charakterisierung verschiedener Batterietypen**

Nachfolgend einige Hinweise für die Bewertung:

- Für die Energiemenge von 10 kWh, bei einer Entladezeit von 5 Stunden kostet die billigste Batterie etwa Fr. 2900.- (Note 1), die teuerste etwa Fr. 90 000.- (Note 5)
- Die Energiedichte der besten Batterie beträgt 102 Wh/kg (Note 1), die der schlechtesten etwa 16 Wh/kg (Note 5)
- Der Energiewirkungsgrad der besten Batterie beträgt etwa 86% (Note 1), derjenige der schlechtesten etwa 50% (Note 5)
- Die Anzahl der Entlade- und Ladezyklen der besten Batterie beträgt > 2000 (Note 1), die der schlechtesten etwa 40 (Note 5)

reits vereinzelt im Handel angeboten wird. Wesentliche Vorteile sind die hohe Energiedichte (102 Wh/kg) sowie die hohe Zyklenzahl. Negativ ist der Energiewirkungsgrad, da auch eine nicht im Zyklus stehende Batterie aus Temperaturgründen geladen werden muss, sowie der Anschaffungspreis.

An Rallyes eingesetzte Prototypen erreichen hervorragende Fahrleistungen, welche den anderen Batterietechnologien überlegen sind.

#### Nickel-Zink

Die Firmen SORAPEC und Renault arbeiten seit einigen Jahren an Fahrzeugen mit Nickel-Zink-Batterien (Basis R5).

Die Verwendung von Salzzusätzen

in Elektrolyten sowie eine spezielle Ladetechnik lassen die Fahrzeuge ansprechende Leistungen im Stadtverkehr fahren, welche mit Leichtbaufahrzeugen auf Basis von wartungsfreien Bleiakkus vergleichbar sind. Die Fahrzeuge werden bereits in kleineren Stückzahlen hergestellt.

#### Zink-Brom

Die österreichische Studiengesellschaft für Energiespeicher arbeitet an Zink-Brom-Zellen, welche mit einem basischen Elektrolyten arbeiten. Neben einem ausgezeichneten Leistungsgewicht von 70 Wh/kg müssen aber eine aufwendige Peripherie (Pumpen) sowie geringe Spitzenströme in Kauf genommen werden. Die Batterie wird bereits seit mehreren Jahren auf Fahrzeugen getestet.

#### Nickel-Cadmium

Das Matsui Research Institute in Tokyo arbeitet an einer Nickel-Cadmium «M-Batterie», welche mit Folienplatten statt mit gesinterten Elektroden arbeitet. Die Batterie soll bei einer Energiedichte von 35 Wh/kg eine Leistungsdichte von 1200 W/kg bringen, dies bei einer Zyklenzahl > 1000. Die Batterie weist aber noch wenig Testresultate auf Fahrzeugen auf. Die NiCd-Technologie weist den Hauptvorteil der Produktionsmöglichkeit durch Roboter auf, was die Batterie sehr billig machen wird. Zudem sind Ni und Cd in genügender Menge vorhanden, so dass dieser Technologie in Verbindung mit Leichtbaufahrzeugen eine grosse Chance gegeben werden kann.