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: 78 (1987)

Heft: 16

Artikel: Möglichkeiten und Grenzen der Bleibatterie

Autor: Schlüssel, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903905

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

Möglichkeiten und Grenzen der Bleibatterie

H. Schlüssel

Bleibatterien zeichnen sich u.a. durch die erreichte Zuverlässigkeit, die Möglichkeit, sie für verschiedenste Anwendungsfälle leicht zu modifizieren und durch das bereits eingespielte Recycling aus. Ihre Grenzen zeigen sich in der Tatsache, dass eine Steigerung entweder der Leistungsdichte, der Energiedichte oder der Zyklenzahl in der Regel nur auf Kosten der anderen Kriterien möglich ist.

Les accumulateurs au plomb se distinguent, entre autres, par leur fiabilité et la possibilité d'être légèrement modifiés selon les cas d'application les plus divers, de même que par leur recyclage qui fonctionne déjà bien. Leurs limites résident dans le fait qu'une hausse de la densité de puissance ou de la densité énergétique ou encore du nombre des cycles n'est en général possible qu'aux dépens des autres critères.

Referat, gehalten anlässlich des ASVER/ACS-Symposiums «Elektromobile im Aufschwung» am 15. Juni 1987 in Interlaken.

Adresse des Autors
Heinz Schlüssel, El.-Ing. HTL, Direktor Accumulatorenfabrik Oerlikon, Binzmühlestrasse 86, 8050 Zürich

1. Einleitung

Eine abschliessende Beantwortung der Fragen nach den Möglichkeiten und Grenzen der Blei-Antriebsbatterie verlangt eine umfassende Betrachtung aus der Sicht der Technik und des Marktverhaltens sowie aus der Sicht des wirtschaftlichen, des ökologischen und energiepolitischen Umfeldes im Betrachtungszeitraum. Es handelt sich daher eher um vergleichende Fragestellung. Als Beispiel sind die Möglichkeiten aller elektrochemischer Speicher – gemessen an der Energiedichte des Benzins – eher gering. Andererseits sind die Möglichkeiten der Bleibatterie, aus rein ökologischer Sicht, bereits enorm. Selbstverständlich würde ein derartiger Exkurs den vorgesehenen Rahmen sprengen. Es ist jedoch wichtig, auf diese Relativierung hinzuweisen.

In den nachfolgenden Themenkreisen sollen deshalb, ausschliesslich aus der Sicht heutiger und künftiger Marktanforderungen, die wichtigsten Systemmerkmale der Blei-Antriebsbatterie behandelt werden.

2. Das Grundverhalten der Blei-Antriebsbatterie

Die drei wichtigsten Kenngrössen aller elektrochemischer Speicher, *Leistungsdichte*, *Energiedichte* und *Zyklenzahl*, sind in einem bestimmten Verhalten miteinander verknüpft. Bei der Bleibatterie ist diese Verknüpfung relativ ausgeprägt.

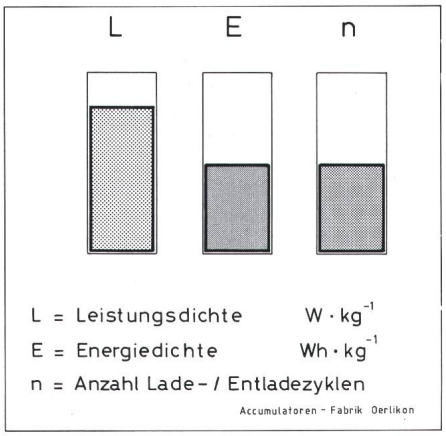
Das Erreichen einer hohen spezifischen Leistungsdichte (Fig. 1), so dass ein Elektrofahrzeug im Stadtverkehr mithalten kann, ist Realität. Diese Eigenschaft muss jedoch mit einer Einbusse an Energiedichte und Zyklenzahl erkauft werden. Nach derzeitigem Stand wird die erreichbare Zyklenzahl etwa halbiert für eine Steigerung der Leistungsdichte um 20–25%. Andererseits ist es möglich und ebenfalls Praxis-Realität, Antriebsbatterien mit einer hohen Zyklenleistung, d.h. mit einer Betriebsdauer von mehreren Jahren zu bauen (Fig. 2). Diese Batterien erfüllen jedoch die Anforderungen für Elektro-Strassenfahrzeuge nur beschränkt.

Es handelt sich hier um physikalische und konstruktionsbedingte Grenzen der Bleibatterie. Es gibt Ansätze, um dieses Verhalten zu verbessern.

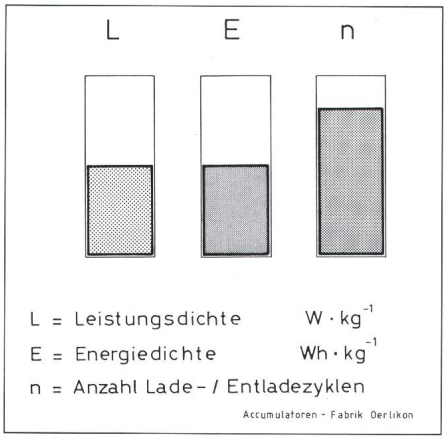
3. Die Energiebilanz

Die Figur 3 zeigt – als Mittelwertangaben – die Energiebilanz des Bleiakkumulators. Die Daten variieren je nach Konstruktionsart und Verwendungszweck.

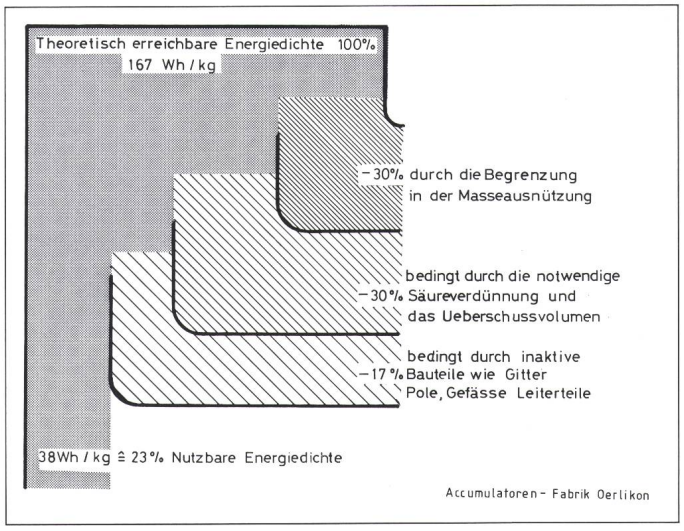
Eine physikalische Grenze liegt in der Ausnützung der aktiven Masse,



Figur 1 Verknüpfung der Kenngrössen elektrochemischer Speicher, Beispiel: hohe Leistungsdichte



Figur 2 Verknüpfung der Kenngrössen elektrochemischer Speicher, Beispiel: hohe Zyklenzahl



Figur 3 Energiebilanz eines Bleiakkumulators (Mittelwertangaben, die Verlustwerte variieren je nach Bauweise)

weil das durch die Entladereaktion gebildete Bleisulfat mit zunehmender Dichte zu einem Nichtleiter wird.

Verbesserungsmöglichkeiten bestehen in der Verringerung des Säureüberschussvolumens. Durch Anwendung von externen Rekombinatoren und Wiederaufladung nach optimal angepassten Ladekennlinien kann mit einem geringen Überschussvolumen gearbeitet werden, bei Wassernachfüllintervallen von mehreren Monaten.

In diesem Zusammenhang muss auf eine weitere, meist unbeachtete physikalische Auflage hingewiesen werden. Nicht nur Blei ist schwer, sondern auch die verdünnte Schwefelsäure. Bei einem mittleren spezifischen Gewicht von 1,25 kg pro Liter für Traktionszellen beträgt der Elektrolytanteil etwa 18% des Gesamtgewichtes der Zelle.

Man kann davon ausgehen, dass in naher Zukunft – bei bester Ausnützung aller möglichen Faktoren – 1000 Vollzyklen und eine Energiedichte von gegen 50 Wh/kg als Maximalwerte erreichbar sind.

Figur 5 Standard-Antriebsbatterie für Hubstapler, 24 V, Energieinhalt 12 kWh (5 h)

Mit diesen Daten hätte ein leichtes Stadtfahrzeug einen Aktionsradius von etwa 75 km pro Ladung und die Batterie könnte bei einem üblichen Fahrverhalten etwa 4 Jahre betrieben werden.

4. Das Kapazitätsverhalten

Das Kapazitätsverhalten in Funktion der Entladezeit ist die markanteste Grenze des Bleiakkumulators. Bei hoher Strombelastung, oder anders ausgedrückt, bei Entnahme der Kapazität in kurzer Zeit vermindert sich die nutzbare Kapazität bis gegen 50% des Nennwertes (Fig. 4).

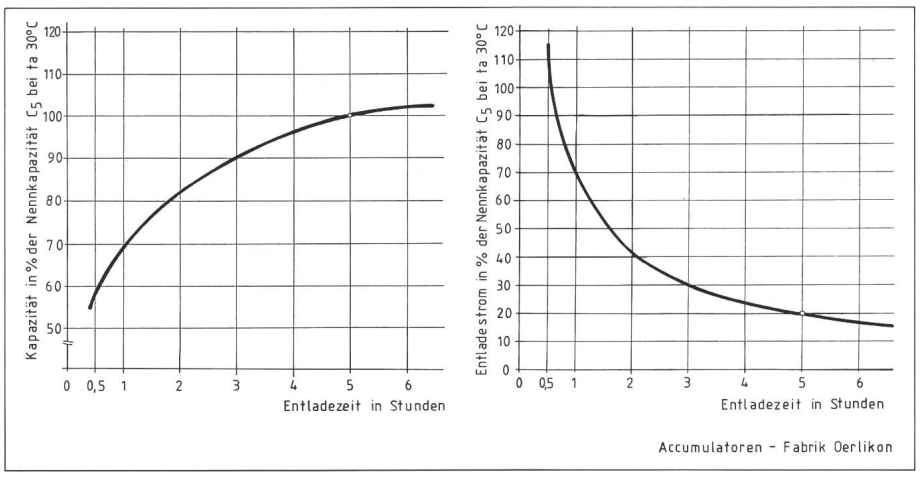
Im Antriebsbereich wird die Nennkapazität der Batterien üblicherweise auf die 5stündige Entladung bezogen (Nennkapazität K_5). Die Spezifikation dieser Kapazität, also z.B. für eine 100-Ah-Batterie = 5h×20A, bezieht sich deshalb nur auf diesen Betriebspunkt.

Dieses Betriebsverhalten ist systembedingt und hängt von verschiedenen Faktoren ab, im wesentlichen vom chemischen Reaktionsvermögen und vom Diffusionsvermögen des Elektrolyten in der aktiven Masse.

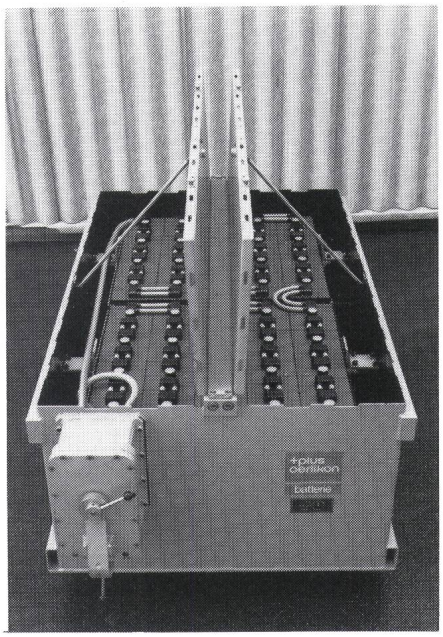
Eine günstige Beeinflussung dieses Verhaltens ist möglich, geht jedoch auf Kosten der erreichbaren Zyklenzahl.

5. Praxis und wirtschaftliche Aspekte

Nach den relativ komplizierten technischen Auflagen folgen unter diesem Abschnitt nun die interessanten Möglichkeiten der Bleibatterie, es sei sogar der Ausdruck gestattet, die *unbe-*

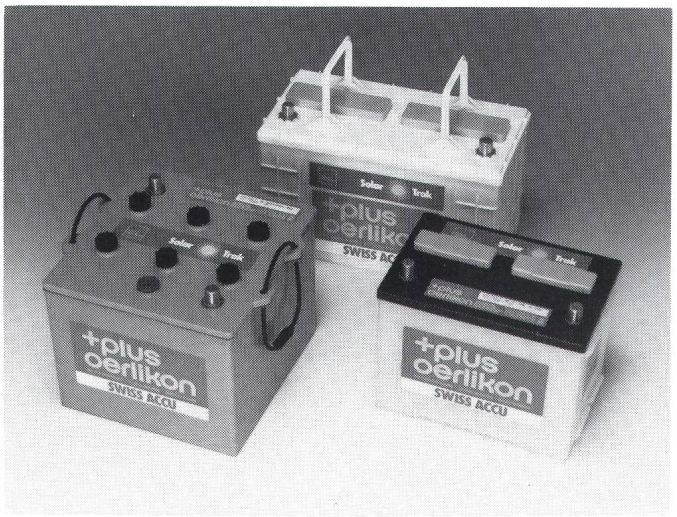


Figur 4 Kapazitäts- und Stromverlauf bei MTE-Batterien als Funktion der Entladezeit



Figur 6 Antriebsbatterie für Grubenlokomotive, 80 V, Energieinhalt 72 kWh (5 h)

Figur 7 Antriebsbatterie (eine Hälfte) für Mercedes- Transporter 307 E, gesamte Batterie 180 V, Energieinhalt 34,2 kWh (5 h)



Figur 8 Spezialbatterien für Solarmobile mit einer hohen spezifischen Energiedichte von über 40 Wh/kg (5 h)

grenzten Möglichkeiten der Bleibatterie:

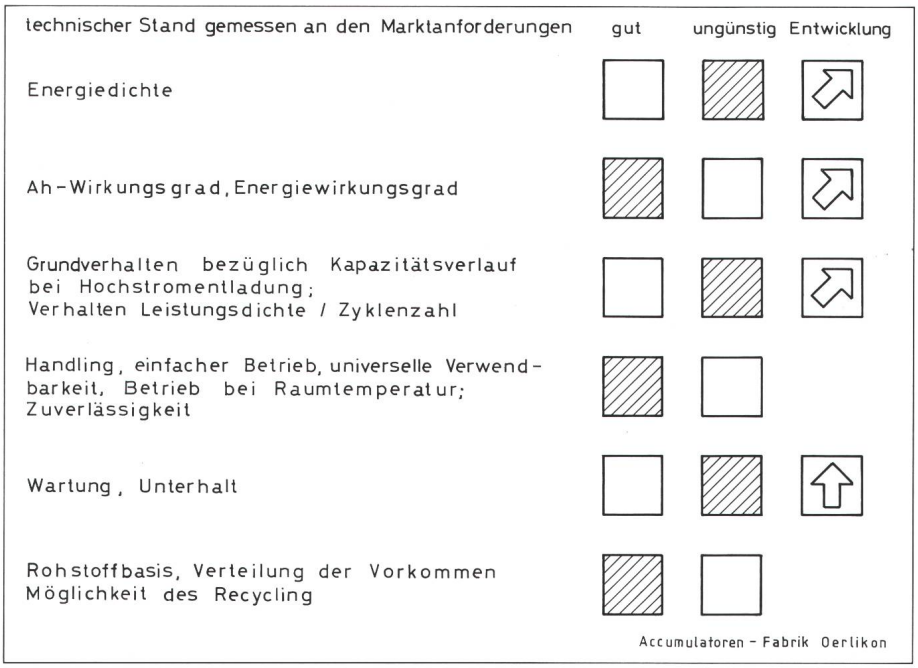
- Die Bleibatterie hat sich bewährt und eine hohe Zuverlässigkeit erreicht.
- Der Betrieb der Batterien ist einfach, und die wenigen notwendigen Kenntnisse sind auf breiter Basis bekannt.
- Das System arbeitet bei Umgebungstemperatur.
- Erschwerend wirkt lediglich die Gasentwicklung während der Wiederaufladung. Im Gegensatz zur stationären Anwendung der Bleibatterie ist diese Auflage im Traktionseinsatz schwer beherrschbar. Es wurden bereits markante Fortschritte durch Verwendung von Gasrekombinatoren und Verbesserungen in der Ladetechnik erreicht. Entwicklungsziele bis zum wartungsfreien System, ohne Einschränkung der Betriebsparameter, sind realistisch.
- Die Bleibatterie ist leicht modifizierbar für die verschiedensten Anwendungsfälle (siehe Fig. 5–8).
- Die Vorkommen des Hauptrohstoffes Blei sind über alle Kontinente verteilt.
- Das Recycling von Altbatterien ist ein seit Jahrzehnten eingespieltes Prozedere.
- Gemessen an heutigen Technologiemassstäben ist die Herstellung von Bleibatterien einfach und auf breiter Basis möglich. Die Bleibatterie ist deshalb ein wirtschaftlicher Speicher. Die Kosten pro durchgesetzte kWh einer Fahrzeugbatterie belaufen sich heute auf etwa Fr. 0.60. Mit zunehmenden Stückzahlen standardisierter Antriebsbatterien ist eine Halbierung dieses Wertes denkbar. Mit dem Wert von Fr. 0.60 pro kWh betragen damit die Speicherkosten für ein leichtes Stadtfahrzeug etwa 12 Rappen pro km Fahrleistung.

6. Zusammenfassung

Wie eingangs erwähnt, kann diese Beurteilung nicht vollständig und abschliessend sein. Die Aussagen beschränken sich auch ausschliesslich auf den Antriebsbereich. Für die Anwendung der Bleibatterie in anderen Einsatzgebieten sind andere Kriterien bestimmend.

In Figur 9 sind die Entwicklungsmöglichkeiten und der Stand der wichtigsten Kriterien dargestellt.

Der Überblick zeigt, dass die Bleibatterie wohl nie zum «Super Phoenix» der Speicher avancieren wird. Die heutige Verfügbarkeit sowie die weiten Entwicklungsmöglichkeiten machen jedoch die Blei-Antriebsbatterie zum interessanten und unentbehrlichen Energiespeicher zum Elektrisch-Fahren, heute und in der Zukunft.



Figur 9 Kurzbeurteilung des technischen Standes und der Entwicklungsmöglichkeiten von Bleibatterien für elektrische Strassenfahrzeuge