

# Lebensdauerbetrachtungen bei Traktionsbatterien

von Jürgen Mittnacht, Vortrag auf dem „Zweiten Europäischen Symposium Solar- und Elektromobile“, 19.-20.9.1994 in Regensburg, veranstaltet von OTTI Regensburg

## Einleitung

Da der Markt bis auf wenige Ausnahmen in der praktischen Anwendung nahezu vollständig mit Bleibatterien versehen ist, widmet sich folgender Beitrag vornehmlich diesem Typen. Es soll versucht werden aufzuzeigen, wodurch die ungemene Streuung der Ergebnisse über die Lebensdauer beeinflusst wird.

Wir haben versucht, über eine relativ große Anzahl von Nutzern, deren Fahrzeuge alle zum regelmäßigen Serviceintervall in unserem Hause erscheinen, einen statistischen Nachweis der Lebensdauererwartung anhand folgender Kriterien zu erbringen:

- Entladestrom
- Entladetiefe
- Behandlung in punkto Ladeverhalten und Temperatur
- Serielle Zellenanzahl

## Betriebsbedingungen:

Bei den meisten Fahrzeugen sind die Batterien mit Gewichtanteilen zum Fahrzeugeinsatzgewicht mit 25% ...35% versehen. Die Zahlen differieren mit dem beförderten Zuladegewicht und konstruktiven Maßnahmen. Die konstruktiven Maßnahmen sind ausgeschöpft bei Leichtaufbaufahrzeugen mit möglichst steifen Rahmen mit noch vernünftiger Straßenlage und Komfort. Grundsätzlich sind die besseren Batterieanteilgewichte bei den grösseren Nutzfahrzeugen zu finden, da hier der Anteil der Zuladung über die Betriebszeit hinweg nicht immer ausgeschöpft wird.

Dieses Gewichtsverhältnis ist der wichtigste Faktor bei der Bestimmung der Batteriebelastung und, wie noch gezeigt wird, ist diese Belastung gar nicht so sehr verschieden über Fahrzeuge und Einsatz. Die verfügbare Energiedichte der Batterie bestimmt sich aus dem Verhältnis der spez. Energieverbrauches [Wh/kg] des Fahrzeuges und dem Batteriegewicht.

Natürlich ist der spez. Verbrauch sehr stark von der Fahrweise und Geländetopologie abhängig. Allerdings sind die Spielräume doch viel enger als es den ersten Anschein hat:

1. Die Fahrzeuge müssen dem Verkehrsfluß folgen, wenn Sie keine Behinderung oder Irritation auslösen wollen. Daher sind die ständigen Beschleunigungsmanöver der Hauptbelastungsfaktor.
2. Die Fahrzeuge werden als typische Nutzerschicht fast immer von 'Citymenschen' oder Einpendlern genutzt.

Aus diesen Gründen stabilisiert sich die Variable des spez. Verbrauches sehr stark. Aus praktischer Erfahrung ist ein für die Reichweite Näherungsansatz bei etwa der Hälfte von der Idealreichweite (konst. 50km/h, ebenes Gelände) desselben Fahrzeuges zu suchen.

## Zahlenbeispiele aus der Praxis:

Die Reichweiten sind Benutzerangaben für Stadtverkehr bei leergefahrenen Energieanzeigesystemen und Aussentemperaturen >20°C. (Energiezuteilung stromstärkenabhängig festgelegt bei >20°C Aussentemperatur).

Typ	Reichweite	Energieverbr.	spez. Batt.energie	spez. Fa.Verbrauch
<b>1-Sitzer (Mini-EI)</b>		1400Wh	14Wh/kg	0.12Wh/km*kg
	370 kg 0.25	53km	1800Wh	18Wh/kg
<b>2-Sitzer (KEWET)</b>		4700Wh	18Wh/kg	0.13Wh/km*kg
	820 kg 0.32	78km	6100Wh	23Wh/kg
<b>Kleinbus (VOLTA)</b>		9100Wh	19Wh/kg	0.11 Wh/km*kg
	1350 kg 0.37	100km	12100Wh	26Wh/kg

Mit obigen Fahrzeugwerten ergibt sich eine beachtliche Konstanz des Energieverbrauch pro bewegttem Fahrzeuggewicht und Strecke

Deutlich zu sehen ist der höhere Streß der Batterie beim 1 - Sitzer, was sich in einer nur 14Wh/kg Abgabe der Batterie äussert. Dieser Effekt der lastabhängigen Kapazität einer Bleibatterie ist von Peukert oder Shepherd empirisch beschrieben worden. So ergibt sich mit einer Verbesserung des Batterie/Fahrgewichtes nicht nur eine lineare sondern in etwa quadratische Verbesserung der Reichweite.

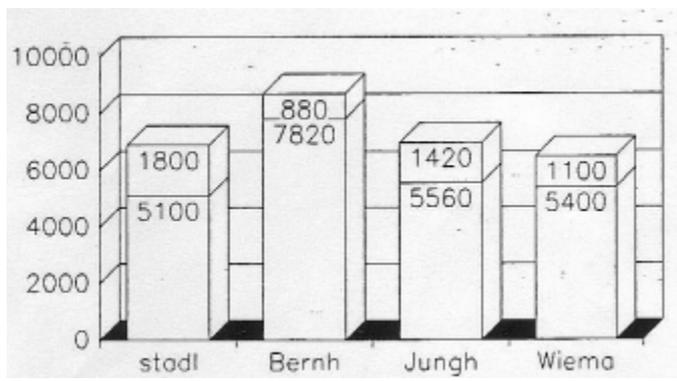
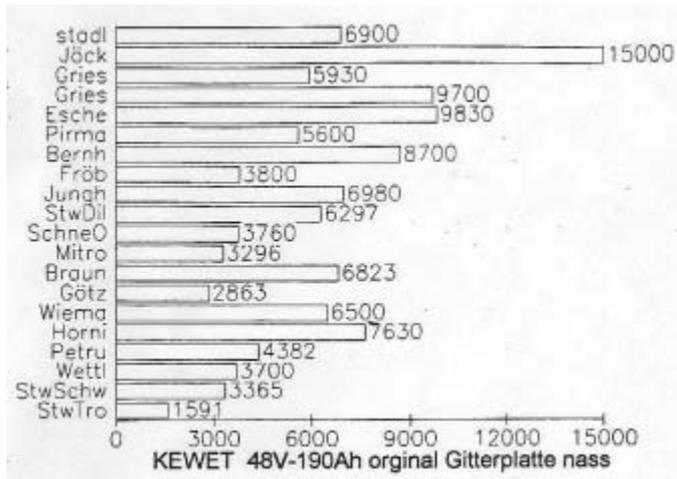
Kein deutlicher Unterschied ist bei der der Betrachtung der mittleren Lebensdauer im Kundeneinsatz zu ersehen. Wenn man aber die Werte der Maximalprobanten betrachtet, ist eine grundsätzlich bessere Lebensdauermöglichkeit bei den 2-Sitzern vorhanden. Werte von 10-20 Tkm sind möglich. Sehr deutlich ist dieser Effekt beim SOLEC zu sehen, bei welchem bei gleichem Lader und Belastungsspektrum einfach die nächst grössere Batterietype eingebaut wurde. Steigerung um mehr als das doppelte sind das Ergebnis. Beim Mini-EI sind 9 Tkm scheinbar das Ende und das bei guter Ladercharakteristik und guter Entladeüberwachung. Bei den KEWET Fahrzeugen sind die Schwankungen extrem und sind wohl in der schlechten Ladetechnik bzw. schlechten Ladezustandsüberwachung begründet. Das Ende der Lebensdauer ist üblicherweise bei einer Kapazitätseinbusse von 3050% erreicht (=Reklamation des Kunden).

Lebensdauer aus:

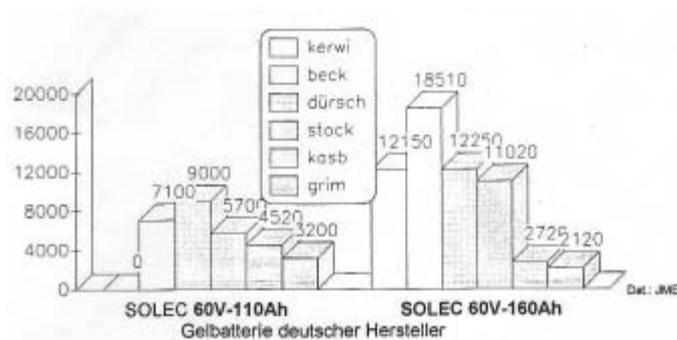
14 Fahrzeugen	Mini-EL	7,2 tkm
20 Fahrzeuge	KEWET	5,3 tkm
5 Fahrzeuge	SOLEC	5,6 tkm bzw. 12,3 tkm

Erfahrungen um teilweises Auswechseln der kapazitätschwächsten Batterien bei schon gut gefahrenen Sätzen sind als wenig sinnvoll zu betrachten gewesen. Meist hat nach kür-

zerer Zeit ein weiterer Block seine Schwäche gezeigt und der Satz war kurzfristig ganz ersetzt worden.



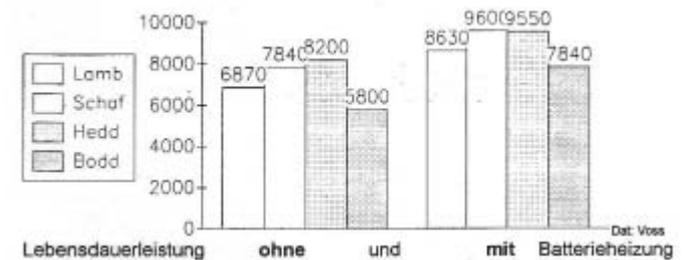
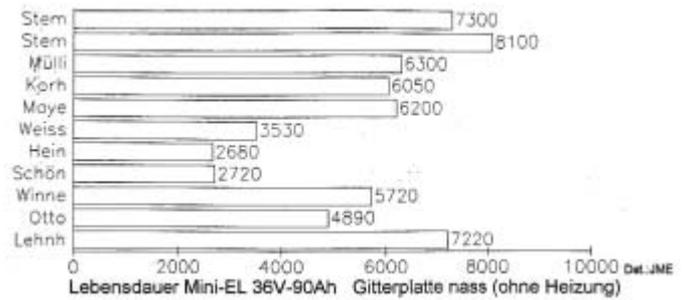
Batteriesatzlebensdauer nach teilweisem Wechsel einzelner Batterien



Innerhalb der einzelnen Fahrzeugklasse gibt es aber gravierende Ausreisser nach unten, die gesondert untersucht wurden. Speziell Kunden mit schwierigem Gelände und 'Schnellfahrer' haben grundsätzlich geringere Lebensdauer. Die Eröffnung von 3 Batterien und eine eines 1-Sitzers brachte keinen Befund. Im Gegenteil, die Plattenstruktur war fest und Abschlämmungseffekte kaum nenenswert. Somit lag die Vermutung von Sulfatierung nahe. Aber die Säuredichtewerte sprachen wiederum dagegen, die Werte waren fast normal (1.26, 1.28).

Elektrochemisch werden die SO<sub>4</sub>-Ionen an die positive Bleioxyd-Elektrode angelagert. Untersuchungen von Häbler und Voss (1970, Varta) haben gezeigt, daß bei hohen Stromstärken zum Entladebeginn im Innern der pos. Elektrode die Reaktion abläuft bis die innere Säure verarmt ist. Auf Grund von geringer Diffusionsgeschwindigkeit (temperaturabhängig!!) schwindet der Zustrom frischer Ionen. Als dann verlagert sich die Reaktion an die Plattenoberflächen, die durch ein schnelles An-

wachsen von PbSO<sub>4</sub> Barrieren in Ihrer Porösität reduziert wird. Eine Verteilung der Bleisulfatkonzentration nach der Entladung (0.2A/cm<sup>2</sup>) zeigt Abb.2. Ein Gegenversuch mit einer aktiv säuredurchströmten Elektrode brachte eine gleiche Kapazität wie bei Schwachentladung.



Der geschilderte Effekt beim Hochstromentladen scheint bei regelmässiger Anwendung zur Passivierung der Plattenoberfläche der pos. Elektrode zu führen. Die Sulfatbarrieren werden offensichtlich beim Ladevorgang nicht mehr vollständig abgebaut.

Weitere Versuche mit solch geschädigten Batterien brachte eine positives Ergebnis bei der Zyklisierung durch Erreichen höherer Temperaturen. Nach 2 Zyklen über 40°C Batterietemperatur hatten sich alle Altbatterien (außer jenen mit Zelledefekten) auf Werte von 80% Ihrer Nennkapazität entwickelt.

Da heute keine Batterien am Markt sind, die Porenstrukturen besitzen die diesen Effekt vermeiden b.z.w. reine Oberflächenbatterien eine schlechte Gitterstandzeit aufweisen (Versuche mit Startern) können wir nur zur Isolation und Beheizung der Batterie raten. Parallel dazu ist eine gewisse Überladung vonnöten, die den vollständigen Abbau von PbSO<sub>4</sub> sichert. Die bisherigen Ergebnisse sind äusserst ermunternd, da nicht nur bessere Reichweite, sondern auch p& eine deutliche Lebensdauersteigerung sichtbar ist.

Die Entwicklung der Bleibatterie, deren Schwachstromkapazitätspotential wohl nahezu erschöpft ist, konzentriert sich gerade in USA auf die Steigerung der Hochstromkapazität. Batterien mit einer spezifischen Energie von 30Wh/kg bei 2 stündiger Entladung werden bereits zum Verkauf angeboten. (1994!)

JME Mitnacht GmbH war seit März 1990 in Heidelberg Importgesellschaft für europäische Elektrofahrzeugprodukte. Jürgen Mitnacht ging später zur MCC AG in die Schweiz für die Entwicklung des Elektro-SMART. Heute arbeitet er in der Entwicklung bei einem großen Automobilkonzern im Bereich Elektroantriebe. Einer seiner damaligen Mitarbeiter Ralf Wagner ist als Webmaster von [www.elweb.info](http://www.elweb.info) bekannt geworden. Nähere Einzelheiten siehe [www.mitnacht.net](http://www.mitnacht.net)