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: BBC-Hochenergiebatterie für Elektroautos

Autor: Haase, Helmut

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903906

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: 09.08.2025

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

BBC-Hochenergiebatterie für Elektroautos

H. Haase

Die Hochenergiebatterie mit Natriumanode, Schwefelkathode und einem keramischen Festelektrolyten (NaS-Batterie) bietet für den Einsatz in elektrischen Strassenfahrzeugen äusserst interessante Eigenschaften. Eine Batterie dieses Typs mit einem Gewicht von 265 kg und einem Volumen von 250 dm³ speichert 32 kWh und leistet kurzzeitig 50 kW. Diese Daten werden zum Zeitpunkt der technischen Reife nach Markteinführung erwartet und ermöglichen einem Personenauto im Stadtverkehr eine Reichweite von etwa 200 km.

La batterie à haute énergie avec anode de sodium, cathode de soufre et avec un électrolyte solide en céramique (batterie NaS) offre aux véhicules électriques routiers des propriétés d'utilisation extrêmement intéressantes. Une batterie de ce genre, avec un poids de 265 kg et un volume de 250 dm³, accumule 32 kWh et libère à court terme 50 kW. Ces données sont escomptées au moment de sa maturité technique après l'introduction sur le marché et permettent à une voiture particulière de parcourir en trafic urbain une distance d'environ 200 km.

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

Adresse des Autors
Dr.-Ing. *Helmut Haase*, Direktor, Leiter Geschäftsbereich Hochenergiebatterie und Elektroauto, BBC, Eppelheimerstr. 82, D-6900 Heidelberg

1. Einleitung

Im Hause BBC wurde 1972 in einem Forschungsprojekt die Idee aufgegriffen, unter Verwendung eines ionenleitenden keramischen Festelektrolyten sowie Natrium und Schwefel als Elektrodenmaterial eine wiederaufladbare elektrochemische Speicherzelle aufzubauen. Dahinter stand die Absicht, einen neuartigen Akkumulator zu entwickeln, der der herkömmlichen Blei-Säure-Batterie in seinen Speichereigenschaften überlegen ist. Das Projekt wurde bis 1979 im Zentralen Forschungslabor in Heidelberg bearbeitet. Zur intensiveren Fortführung des Projekts wurde dann eine selbständige organisatorische Einheit aufgebaut. Der heutige Geschäftsbereich «Hochenergiebatterie und Elektroauto» entwickelt die Hochenergiebatterie und den Elektroantrieb zur Serienreife. Bei der Hochenergiebatterie handelt es sich um eines der grossen Entwicklungsvorhaben von BBC. Zurzeit arbeiten etwa 150 Mitarbeiter daran. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie der Bundesrepublik Deutschland (BMFT) gefördert.

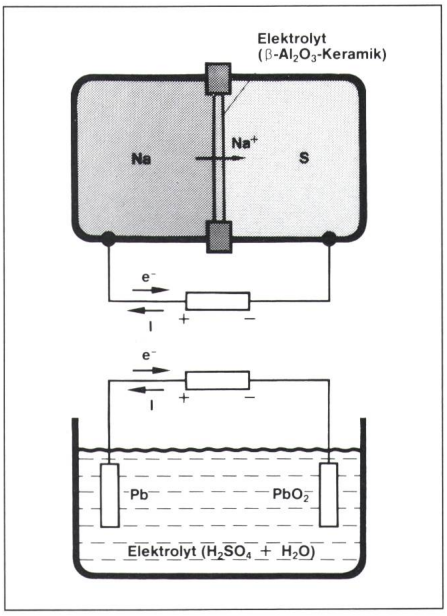
2. Prinzip, Funktion, Aufbau, Eigenschaften

Das Prinzip der Natrium-Schwefel-Zelle, auf der die Hochenergiebatterie beruht, lässt sich anhand von Figur 1 verdeutlichen. Die Darstellung sieht von allen technischen Ausführungsdetails ab, um das Wesentliche klarer herauszustellen:

In zwei Metallbechern, deren Öffnungen einander zugewandt sind und die über eine dazwischengeschobene Keramikplatte abgedichtet sind, befinden sich die Reaktanden. Die Keramikplatte dient als Elektrolyt. Sie leitet Natriumionen, Elektronen dagegen nicht. Der eine Becher enthält Natrium, der andere Schwefel, beides in flüssiger Form. Daher gehört zur Funktion der Zelle eine durch Heizung aufrechtzuerhaltende Betriebstemperatur um 300 °C. Solange kein äusserer Belastungswiderstand mit den Metallbechern verbunden ist, steht eine Ruhespannung von 2,08 V zwischen den Bechern an. Bei Zuschalten eines Belastungswiderstands wandern positiv geladene Natriumionen durch die Keramik zum Schwefel und bilden dort Natriumsulfid. Die den Natriumionen entsprechenden Elektronen nehmen den Weg über die äussere Last. Da man (im Sinne einer Konvention) den Fluss positiver Ladungen als positiven Strom in deren Flussrichtung zählt, fliesst also der (technische) Entladestrom I von der Schwefelelektrode über die äussere Last zur Natriumelektrode. Die Schwefelelektrode stellt den Pluspol der Stromquelle dar, den die Elektrochemiker Kathode nennen. Die Natriumelektrode ist demgemäss der Minuspol oder die Anode.

Zur Wiederaufladung der Zelle muss man eine äussere Stromquelle anschliessen, deren Spannung grösser ist als die Ruhespannung der Zelle.

Dann fliesst ein Ladestrom in entgegengesetzter Richtung. Die chemische Reaktion auf der Schwefelseite läuft als Auflösung der Natriumsulfidverbindungen und Rückwanderung der Natriumionen durch die Elektrolytkeramik in den Natriumraum ab.



Figur 1 Hochenergiebatterie (oben) und Bleibatterie (unten), Prinzip

Gegenüber der Blei-Säure-Batterie ist der Aggregatzustand von Elektrolyt und Reaktanden vertauscht. Die NaS-Zelle hat flüssige Reaktanden und einen festen Elektrolyten.

Die technische NaS-Zelle ist rohrförmig aufgebaut. Der Elektrolyt hat die Form eines einseitig geschlossenen Rohres. Innen befindet sich das Natrium und aussen der Schwefel. Zusätzliche Sicherheitseinbauten sorgen dafür, dass die Zutrittsgeschwindigkeit des Natriums zum Schwefel begrenzt bleibt, auch im Falle eines Keramikbruchs. Die Zellen werden in Modulen (Fig. 2) zusammengefasst, aus denen schliesslich eine komplette Batteriebestückung zusammengestellt ist. Durch Reihen- und Parallelschaltung der Zellen lässt sich die gewünschte Spannung erreichen. Die komplette Batterie in Figur 3 enthält 360 Zellen. Schaltet man z.B. 60 Zellen in Serie und entsprechend 6 parallel, so erreicht man eine Nennspannung von 120 V. Die Ruhespannung der Batterie liegt zwischen 107 V (voll entladen) und 125 V (voll geladen). In dieser Schaltung wurden die Batterien im Interlaken-Wettbewerb verwendet.

Da das System Natrium-Schwefel im Temperaturbereich um 300 °C zu betreiben ist, benötigt die Batterie eine gute Wärmedämmung. Dies wird durch eine Isolation nach dem Thermosbehälterprinzip erreicht. Eine Batterie von 250 l Volumen verliert so nur 100 W Wärme. Die erhöhte Betriebstemperatur hat allerdings auch einen wichtigen Vorteil. Die völlige Abkopplung der Betriebstemperatur von der Umgebungstemperatur bewirkt nämlich, dass die Batterie auch bei extremen Umgebungstemperaturen ohne Einschränkungen betreibbar ist.

Figur 3
Hochenergiebatterie (265 kg, 250 dm³, 32 kWh, 50 kW)

Wenn der Batterie eine sehr hohe Leistung entnommen wird, muss sie gekühlt werden. Dazu wird Umgebungsluft verwendet. Heizung und Kühlung werden vollautomatisch von einer externen Einheit mit Leistung versorgt und geregelt. Das erste Aufheizen der Batterie erfolgt mit Heissluft oder über die eingebauten Heizwiderstände, die auch die Warmhaltung bewirken.

An der Vorderseite der Batterie (Fig. 3) sind ihre Anschlüsse erkennbar (von links nach rechts):

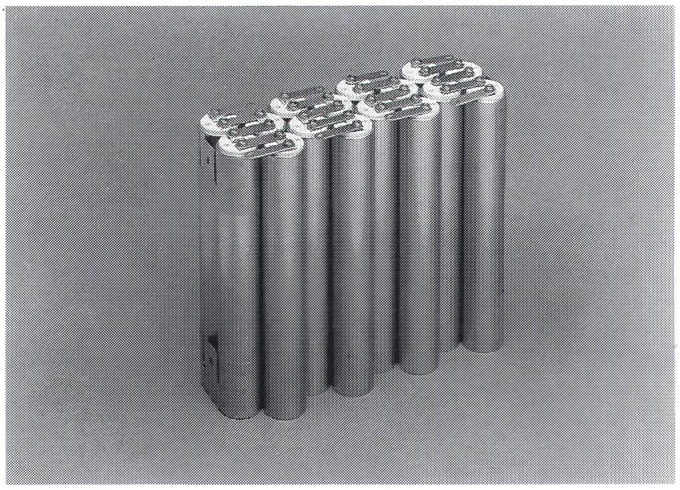
Oben der Pluspol, Minuspol sowie Klemmen für Heizwiderstand, Temperaturmessstellen und Potentialabgriffe,

unten ein Kühllufteinlass, der Kühlluftauslass sowie ein zweiter Kühllufteinlass parallel zum linken Einlass.

Der Evakuieranschluss im Zentrum der Frontplatte wird nur bei der Herstellung verwendet.

Die Vorteile der NaS-Batterie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

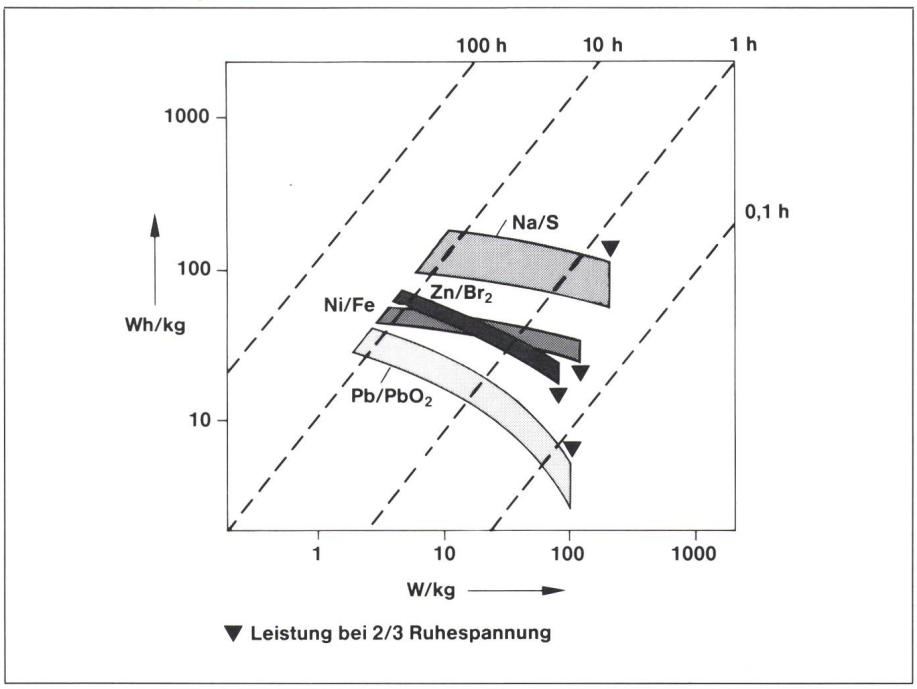
- Hohe Energie- und Leistungsdichte Für «250 l-Batterie»: 120 Wh/kg und 185 W/kg
- Hoher Lade-Entlade-Wirkungsgrad (z.B. bei 10stündiger Ladung und 2stündiger Entladung 90%)
- Der Ladungswirkungsgrad, d.h. das Verhältnis aus abgegebener und zugeführter Ladung, beträgt 100%.
- Keine elektrochemische Selbstentladung
- Die Zellen sind hermetisch dicht verschweisst. Sie gasen nicht. «Ausser Strom geht nichts 'rein oder 'raus.»
- Die Batterie benötigt keine Wartung.
- Die Batterie ist unempfindlich gegen Nutzung ihrer vollen Nennkapazität.
- Die Batterie funktioniert unabhängig von der Umgebungstemperatur.



Figur 2
Modul einer Hochenergiebatterie

Alle Batteriesysteme haben die Eigenschaft, dass sie bei einem Entladevorgang mit hoher Leistung insgesamt weniger Energie abgeben als bei niedriger Leistung (Fig. 4). Man erkennt, dass die NaS-Batterie in dieser Hinsicht ein «steifes» System im Vergleich zur Bleibatterie ist, so dass die energetische Überlegenheit der NaS-Batterie im Gebiet hoher Entladeleistung besonders ausgeprägt ist.

Die in der Hochenergiebatterie eingesetzten Materialien (Natrium, Schwefel, Keramik, Aluminium, Stahl) sind langfristig und kostengünstig erhältlich.



Figur 4 Energiedichte als Funktion der Leistungsdichte bei verschiedenen Batterien

3. Anwendung im Elektroauto

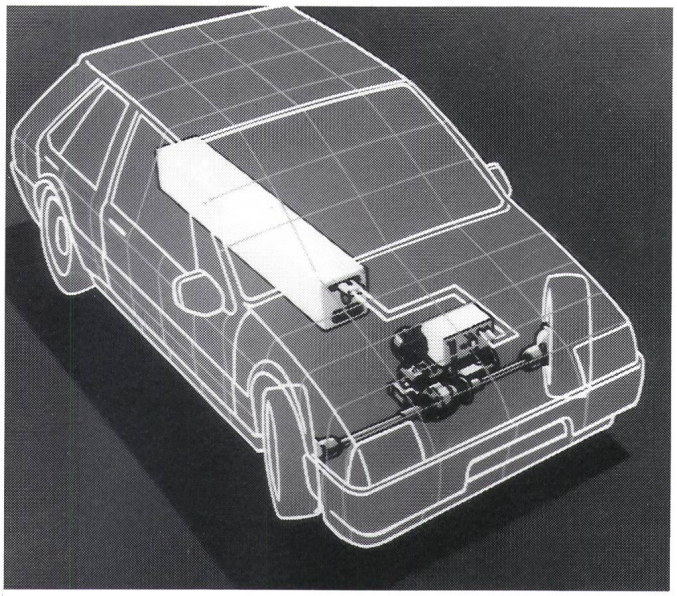
Elektroautos mit herkömmlichen Batterien konnten sich in der Vergangenheit vor allem aufgrund der geringen Reichweite von einigen zehn Kilometern nicht durchsetzen. Die Hochenergiebatterie setzt aber wegen ihrer erheblich besseren Speicherdaten neue Massstäbe, die eine Beschäftigung mit dem Elektroantrieb für den Strassenverkehr jetzt erfolgversprechend erscheinen lassen. Im Zustand der technischen Reife verleiht die Hochenergiebatterie dem Elektro-PKW eine Reichweite von 150–250 km und zugleich eine im Verkehrsfluss akzeptable Beschleunigung (0 . . . 50 km/h in 7 s) und Dauergeschwindigkeit (120 km/h). Dabei ist als Basisfahrzeug ein serienmässiger, relativ schwerer Wagen vorausgesetzt, dessen Form, Gewicht (1500 kg) und Fahrenergiebedarf dem heutigen Stand entsprechen. Die Batteriegrösse (250 l) ist so gewählt, dass der Raum für Personen und Nutzlast nicht störend beeinflusst wird. Die Batterie wiegt 265 kg, woraus zu ersehen ist, dass die Speichergrösse eher durch das Volumen mit Rücksicht auf die Unterbringbarkeit im Auto begrenzt ist als durch das Gewicht. Die Hochenergiebatterie ist am günstigsten in Längslage (Fig. 5) einzubauen. Sie durchdringt dann die Rücksitzbank und schliesst oben und vorn bündig mit dieser ab.

Bei guter Anpassung des Elektroantriebs an die Batterie lässt sich ein niedriger Energieverbrauch erreichen. Setzt man z.B. voraus, dass 10 kWh an der Wechselstromsteckdose gleich teuer wie 1 Liter Kraftstoff an der Tankstelle sind, so würde ein Wagen mit Verbrennungsmotor erst dann energiekostengleich mit dem Elektroauto fahren, wenn er 2,85 Liter Kraftstoff auf 100 km verbraucht. Diese Angabe bezieht sich auf einen gleichgewichteten Mischbetrieb von ECE-Zyklus und 90 km/h Konstantfahrt bei einer Jahresnutzung von 10 000 km. Der Verbrauch an Energie für die Warmhaltung der Batterie ist eingeschlossen.

Zum niedrigen Verbrauch trägt das generatorische Bremsen bei. Ein Teil der kinetischen Energie wird dadurch in die Batterie zurückgespeist.

Zusammenfassend kann man sagen: Das Elektroauto mit Hochenergiebatterie ist vornehmlich aus den genannten Gründen der Abgasfreiheit, der Sparsamkeit und der Unabhängigkeit vom Öl attraktiv. Die Aussicht des Elektroautos, sich neben den mit Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeugen zu behaupten, steigt, je höher diese Vorteile gewichtet werden.

4. Ausblick

Die hervorragenden Daten der Hochenergiebatterie geben der Entwicklung von Elektrostrassenfahrzeugen einen wesentlichen Impuls. Die Hochenergiebatterie wird zur Zeit in Versuchsfahrzeugen eingesetzt, die ihre Eignung unter allen betrieblichen und sicherheitstechnischen Aspekten nachweisen. Die Fertigentwicklung und Erprobung der Batterie erfolgt noch in dieser Dekade, die Produktion und der kommerzielle Einsatz stehen am Beginn der nächsten in Aussicht. BBC beabsichtigt dabei nicht, als Elektroautohersteller aufzutreten, sondern sieht seine Aufgabe in der Lieferung der Batterie und des Elektroantriebs an die Automobilindustrie.

Figur 5 Anordnung der Hochenergiebatterie und des Antriebs in einem Serien-PKW