



Biowasserstoff-Magazin

Energie für neues Denken

Themenheft Akkumulatoren • 15. September 2013

Akkumulatoren

Dieses Themenheft befasst sich mit Akkumulatoren*) sowie mit der Forschung und Weiterentwicklung auf diesem Gebiet. Wir wollen einen Überblick über die Vielfalt der Akkumulatoren bieten - allerdings erhebt das Heft keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ergänzungen und/oder Aktualisierungen erfolgen bei Bedarf.

*) Im allgemeinen Sprachgebrauch wird oft die Bezeichnung ‚Batterie‘ verwendet – auch, wenn es sich um wieder aufladbare Elemente (Batterien), also Akkumulatoren, handelt.

Weitere Ergänzungen/Beiträge zu diesem Thema folgen. Anregungen und Kritiken sind willkommen: kontakt@bio-wasserstoff.info

Quellenhinweise/Copyright sind bei jedem Artikel angegeben. Verwendete Texte und Bilder von de.wikipedia.org bzw. en.wikipedia.org stehen unter der Creative-Commons Lizenz und GNU-Lizenz für freie Dokumentation und dürfen bei Angabe der Quelle frei verwendet werden.

Themen in dieser Ausgabe:

- Akkumulatoren
- Teil 1 – Übersicht, Begriffe und Grundlagen
- Teil 2 - Historischer Rückblick, Traditionelle Batterieherstellung in Deutschland
- Teil 3 – Stationäre Anwendungen, ein Beispiel aus der Praxis
- Teil 4 - Heutige Batterietechnologien für mobile Anwendungen
- Teil 5 - Entwicklungen bei Lithium-Batterien
- Teil 6 – NaSA, der neue Stern am Akku-Himmel?
- Teil 7 - Weitere Akkumulatoren
- Teil 8 – Forschung
- Neue Speicher braucht das Land...

Impressum: Seite 31

Bio-Wasserstoff ist aus Biomasse herstellbar und billig! Die Energieausbeute beträgt 87-99 %!

Warum es ihn noch nicht gibt? Fragen Sie das die Politiker und Verantwortlichen der Energiekonzerne!

Teil 1 – Übersicht, Begriffe und Grundlagen – Manfred Richey

Was umgangssprachlich gern als ‚Batterie‘ bezeichnet wird, sind oft Akkumulatoren, kurz Akku. Batterien sind reine Primärzellen für den einmaligen Gebrauch. Wenn sie leer sind, dann müssen sie entsorgt werden. Im Gegensatz dazu sind Akkus ‚aufladbare‘ Batterien, die viele Male wieder aufgeladen und weiter verwendet werden können.

Wohl am weitesten verbreitet ist die **Autobatterie**, auch Starterbatterie genannt, die ja bekanntlich in der Regel ein **Blei-Akkumulator** ist. Mehr dazu bei den Artikeln.

Dann gibt es die **Nickel-xxx-Akkus**, eine Verbindung von Nickel mit unterschiedlichen anderen Materialien (dafür steht das ‚xxx‘), z.B. Cadmium (was wegen seiner Giftigkeit inzwischen in der EU für den Einsatz im privaten Bereich verboten wurde). Auch hierzu finden Sie weitere Informationen in diesem Heft.

Als neuere Entwicklung sind **Lithium-Ionen-Akkus** auf dem Markt. Hier gibt es inzwischen verschiedene Material-Kombinationen, die weiter hinten beschrieben sind.

Als weitere Akkutypen sind inzwischen **Natrium-Schwefel-Akkus** auf dem Markt, die besonders wegen der sehr preiswerten und in rauen Mengen verfügbaren Basismaterialien Natrium und Schwefel interessant sein könnten. Details folgen in einem der folgenden Abschnitte.

Und dann gibt es noch **Redox-Flow-Batterien** – die natürlich ebenfalls Akkumulatorfunktion aufweisen. Auch darüber mehr in dieser Ausgabe.

(Fortsetzung auf Seite 2)

(Fortsetzung von Seite 1)

Je nach Anwendung ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen. Der gute alte Bleiakku muss als Starterbatterie den Motor anwerfen und dient dann nur noch als Puffer, wenn der Motor mal nicht läuft, z.B. im Start-/Stopp-Betrieb.

Ganz anders sind die Anforderungen bei einem Elektroauto. Hier muss der Akku den gesamten Strom während der Fahrdauer liefern. Wieder anders sieht es beim Hybridfahrzeug aus, wo der Akku auf kurzen Strecken, beim Anfahren und Beschleunigen seinen Teil zum Fortkommen beitragen muss. In Kombination mit einem konventionellen Motor oder (besser) mit Brennstoffzellen ergeben sich so auch große Reichweiten.

Im mobilen Einsatz mit Rekuperation (Energie-Rückgewinnung beim Verzögern/Bremsen) ergibt sich dann noch die Problematik, dass in sehr kurzer Zeit eine große Menge Strom gespeichert werden muss. Hier kann eine Kombination aus Akku und Super- oder Ultra-Cap (Speicher Kondensator) eine gute Lösung sein.

Um Strom in Gebäuden und in Stromnetzen zu speichern, braucht man ganz andere Größenordnungen von Akkumulatoren. Hier spielen auch das Gewicht und die Größe nicht eine so erhebliche Rolle, wie im mobilen Einsatz. Dafür müssen große Mengen Strom gespeichert werden (können).

Sowohl beim Speichern großer Mengen Strom mit hoher Energiedichte, als auch beim mobilen Einsatz mit möglichst geringem Gewicht müssen Vor- und Nachteile der verschiedenen Akkutypen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Ganz besonders muss auch bedacht werden, ob das für den Bau der Akkus benötigte Material in entsprechend großer Menge und auf lange Zeit verfügbar ist. Zudem sollte es preiswert, umweltfreundlich und gut recycelbar sein. Das grenzt die Auswahl für eine Massenproduktion dann ganz schön ein.

Begriffe und Grundlagen

Energiedichte

Die Energiedichte von Batterien wird als Kapazität pro Volumen oder Kapazität pro Masse definiert und in Wattstunden pro Kilogramm ausgedrückt (Wh/kg). Alternativ erfolgt die Angabe in Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg). Umrechnung: 1 kWh = 3,6 MJ, 1 Wh = 0,0036 MJ oder 3,6 kJ (Kilojoule). Die Energiedichte gibt Auskunft darüber, wie viel Energie ein Akku speichern kann. Damit kann die Nutzungsdauer bestimmt werden – z.B. wie lange ein bestimmter Strom entnommen werden kann. Außer der Energiedichte ist auch der Ladewirkungsgrad interessant, je höher dieser ist, umso weniger Verluste treten bei der Ladung auf.

Einige Beispiele:	Energiedichte	Lade- Wirkungsgrad	Besonderheit
Bleiakkumulator	30 Wh/kg	60–70 %	
Lithium-Ionen-Akku	120–210 Wh/kg	90 %	neue Modelle schnellladefähig
Lithium-Polymer-Akku	140 Wh/kg	90 %	beliebige Bauform möglich
Natrium-Schwefel-Akku	120–220 Wh/kg	70–85 %	300 °C Betriebstemp. keine Selbstentladung, Heizverluste ca. 15–30 %
Natrium-Nickelchlorid-Akku (Zebra-Batterie)	100–120 Wh/kg	80–90 %	300 °C Betriebstemp. keine Selbstentladung, Heizverluste ca. 10–20 %
Nickel-Cadmium-Akku	40–60 Wh/kg	70 %	EU-weit verboten, mit Ausnahmen
Nickel-Metallhydrid-Akku	60–110 Wh/kg	70 %	

(Fortsetzung auf Seite 3)

(Fortsetzung von Seite 2)

Leistungsdichte

Die Leistungsdichte wird in Watt pro Kilogramm angegeben (W/kg). Die Leistungsdichte gibt Auskunft darüber, welche kurzfristige Leistung (Spitzenleistung), z.B. starke Beschleunigung usw. ein Akku liefern kann. Zudem bedeutet eine hohe Leistungsdichte auch, dass die Energieaufnahme zur Ladung des Akkumulators schneller erfolgt.

Lebensdauer

Mit der Lebensdauer ist einerseits die Nutzungsdauer (Alterungsfestigkeit oder Kalenderlebensdauer, z.B. in Jahren), gemeint, andererseits die Zyklenfestigkeit, d.h. die Häufigkeit der Entlade- und Ladevorgänge.

Die **Alterungsfestigkeit** ist die Anzahl der zu erwartenden Jahre, in der die Batterie einsatzfähig sein wird. Der Alterungsprozess wird besonders durch die Umgebungstemperatur und die Güte des Batteriemanagementsystems beeinflusst und ist dann weitgehend unabhängig von der Nutzung.

Die **Zyklenfestigkeit** gibt die Häufigkeit der Entlade- und Ladevorgänge an, bis die Batterie gemäß Teil 4 der DIN 43539 auf weniger als 80 % der Nennkapazität abgefallen ist.

Man muss zwischen Voll- und Teilzyklen unterscheiden. Bei einem Vollzyklus erfolgt eine Entladung bis auf eine Restkapazität von 20 % mit anschließender Wiederaufladung auf 100 %. Findet dagegen nur eine Teilentladung statt, spricht man von einem Teilzyklus.

Besonders die Zyklenfestigkeit ist ein wichtiges Kriterium im mobilen Einsatz in Fahrzeugen, z.B. PKW. Bei den derzeit (in Großserien) verfügbaren Lithium-Ionen-Akkus beträgt die Zyklenfestigkeit etwa 1000 Zyklen. Bei einem regelmäßig genutzten Elektroauto wäre also bereits nach rund 3 Jahren die Nennkapazität auf 80 % abgesunken.

Kosten

Der Bleiakku als Starterbatterie fällt von den Kosten im Verhältnis zum Anschaffungspreis eines konventionellen Autos kaum ins Gewicht. Ganz anders sieht es bei einem Elektroauto aus, wo die Kosten schnell den Gesamtpreis in die Höhe treiben.

Laut einer Studie von McKinsey-Branchenanalysten soll der **Preis** für Hochvolt-Akkus von heute umgerechnet 400 bis 550 Euro bis zum Jahr 2020 auf 160 Euro je Kilowattstunde sinken. Fünf Jahre später erwarten die Berater sogar ein Niveau um 130 Euro je Kilowattstunde. Die Kostensenkungen werden durch Optimierung von Fertigungsprozessen, aber sehr stark auch durch eine deutliche Erhöhung der Stückzahlen ermöglicht.

Forschung und Entwicklung

In jüngster Zeit ist auch in Deutschland eine Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet der Akkumulatoren zu beobachten. Einerseits sollen die Energie- und Leistungsdichte gesteigert werden, andererseits sollen Alterungsfestigkeit und Ladezyklen deutlich erhöht werden.

Sicherheit

Großformatige Akkumulatoren in Fahrzeugen und Flugzeugen führen hohe Mengen an Energie mit sich und beinhalten unterschiedlichste Chemikalien. Die Sicherheit ist daher ein sehr wichtiges Kriterium für die hier verwendeten Akkus – wie in jüngster Zeit die Probleme mit Boeings Dreamliner 787

(Fortsetzung auf Seite 4)

(Fortsetzung von Seite 3)

zeigen, wo einige der dort verwendeten Lithium-Ionen-Akkus abgebrannt sind. Auch auf diesem Gebiet sind noch Forschung, Entwicklung und Verbesserungen erforderlich.

Umweltverträglichkeit

Zum Thema Umweltverträglichkeit muss nicht nur die spätere Entsorgung von Akkumulatoren, die ihren Lebenszyklus beendet haben, gesehen werden. Genauso wichtig ist der gesamte Herstellungsprozess begonnen mit der Gewinnung der erforderlichen Rohstoffe über deren Transport, Weiterverarbeitung bis hin zum fertigen Akkumulator.

Die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie sind als wichtige Positionen ebenfalls in die Umweltbetrachtungen mit einzubeziehen.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung.
Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 2 – Historischer Rückblick – Torsten Pörschke

Traditionelle Batterieherstellung in Deutschland

Die „Accumulatoren-Fabrik Tudorschen Systems Büsche & Müller oHG wurde am 27. Dezember 1887 in Hagen (Westfalen) durch Adolph Müller gegründet. Ein Jahr später begann das Unternehmen mit der industriellen Fertigung. Man produzierte zunächst ortsfeste Bleiakkumulatoren nach der Konstruktion von Henri Owen Tudor (Luxemburg). Am 1. Januar 1889 benannte sich das Unternehmen durch Änderung der Kapitalverhältnisse in „Accumulatoren-Fabrik Tudorschen Systems Müller & Einbeck oHG“ um. Die harte Konkurrenz von UEG (AEG) und Siemens führte zu einer Kooperation. Unter Kapitalbeteiligung der "Rivalen" und durch Einbeziehung der Deutschen Bank wurde das Unternehmen in die „Accumulatoren Fabrik Aktiengesellschaft“ (kurz: AFA) umgewandelt. Die Geschäftssitze befanden sich damit ab dem 1. Januar 1890 in Berlin und Hagen. Die Erweiterung der Geschäfte erfolgte bis zum Jahr 1914 durch Übernahme und Gründung zahlreicher Werke und Tochtergesellschaften. Das Stammwerk in Hagen produzierte weiter hauptsächlich große ortsfeste Blei-Akkumulatoren. An die Deutsche Marine lieferte man im Jahr 1904 die erste U-Boot-Batterie. Der Standort blieb auch der einzige Produzent von U-Bootbatterien im Deutschen Reich bis zum Ende des Ersten Weltkrieges im Jahr 1918. Die Fertigung war dem einer Manufaktur ähnlich und fand auf mehreren Ebenen statt.

Ein Tochterunternehmen der AFA, die VARTA Accumulatoren-Gesellschaft m.b.H., begann 1905 in Berlin-Oberschöneweide mit der Fertigung kleiner transportabler Bleiakkumulatoren für Taschenlampen, Hauslaternen, Telegraphen- und Signalapparate. Startbatterien für Automobile folgten in den 1920er Jahren.

Als gemeinsames Unternehmen mit AEG und Siemens nahm ebenfalls im Jahr 1905 die „Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung mbH“ (kurz: GEZ) die Produktion in Berlin auf.



Abb. 1 - Akkumulator-Triebwagen 090 802 Ma (ex DRG AT 543/544) in Skierniewice 05.April 2005, Quelle: de.wikipedia.org, Autor: Carsten Krüger Wassen.

(Fortsetzung auf Seite 6)

(Fortsetzung von Seite 5)

Durch die Übernahme der „Deutsche Edison-Akkumulatoren-Company GmbH“ (DEAC) im Jahr 1913 konnte die AFA sich eine weitere Batterietechnologie sichern. Die Firma stellte seit 1905 in Berlin alkalische Stahlakkumulatoren nach Edison-Bauart her.

Der Textilindustrielle Günther Quandt erwarb im Jahr 1923 die Aktienmehrheit der AFA. Ein heimliches Ankaufprogramm am Aktienmarkt ging diesem Coup voraus. Im Jahr 1926 erfolgte die Übernahme der Pertrix Chemische Fabrik AG in Hamburg durch die AFA. In Berlin-Niederschöneweide fertigte deren neue Fabrik Trockenbatterien und Taschenlampen. Hauptkunden waren die Deutsche Reichspost und die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft.

Mit dem Aufkauf der Grubenlampenfabrik Dominit Werke AG in Dortmund im Jahr 1927 sicherte sich die AFA endgültig entscheidende Marktanteile für die Belieferung des Steinkohlebergbaus im Deutschen Reich und im Ausland mit explosionsgeschützten Grubenlampen und deren integrierte Akkumulatoren (Patent: fester Elektrolyt!).

Der großzügigste Produktionsstandort entstand in den Jahren 1936 bis 1938 in Hannover-Stöcken. Die Entscheidung für dieses Werk fiel vor allem wegen der Errichtung einer Automobilfabrik in der "Stadt des KdF-Wagens" (heute Wolfsburg) in weniger als 100 km Entfernung durch die verkehrsgünstige Lage (Autobahn, Eisenbahn, Kanal). Hier liefen Blei-Akkumulatoren für U-Boote und Torpedos der Deutschen Marine vom Band. Spezialbatterien für die Fernrakete Aggregat 4 gehörten ebenfalls zum Sortiment. Die industrielle Massenproduktion wurde durch die Fertigung in quadratischen Hallen mit einer Kantenlänge von 108 Metern auf einer Ebene wesentlich begünstigt. Bis 1943 waren 6 Großhallen fertiggestellt, von denen eine für die Produktion von Stahlakkumulatoren der Tochter DEAC vorgesehen war. Das Werk war am Ende des Zweiten Weltkrieges die größte einzeln stehende Batteriefabrik der Welt.



Abb. 2 - Johnson Controls Gelände in Hannover, Quelle: de.wikipedia.org, Autor: AxelHH at de.wikipedia.

Im Dezember 1944 wurde das Werk in Hagen durch alliierte Bombenangriffe zu 70 % beschädigt, was zu einer "Akku-Krise" im Deutschen Reich führte. Im März 1945 kam die Produktion nach einem weiteren Angriff vollständig zum Erliegen. Das Werk in Hannover-Stöcken musste im April 1944 wegen eines Luftangriffs kurzzeitig seine Produktion einstellen. Es blieb aber trotz weiterer Schäden durch

(Fortsetzung auf Seite 7)

(Fortsetzung von Seite 6)

Luftangriffe bis Mai 1945 weiter funktionsfähig. Produktionsverlagerungen nach Wien-Florisdorf und Wien-Liesing konnten zumindest einen Teil des Bedarfs decken, der durch den Ausfall in Hagen verursacht wurde.

Die Werke in der sowjetischen Besatzungszone in Berlin wurden nach dem Zweiten Weltkrieg enteignet. Ab 1946 produzierte die neugegründete VEB Berliner Akkumulatoren- und Elementefabrik (BAE) wieder Batterien für Gabelstapler und Schienenfahrzeuge. Der Standort des ehemaligen Pertrix-Werkes in Berlin-Niederschöneweide fertigte unter dem Namen Batropa bis zum Jahr 1999 Taschenlampen und Batterien.

Im Jahr 1946 nahm die AFA unter der Bezeichnung BMF – Batterie- und Metallwarenfabrik die Herstellung von Trockenbatterien in Ellwangen auf. Ab 1949 firmierte dieses Unternehmen unter Pertrix-Union GmbH und belieferte den Markt mit kleinen Zink-Kohle-Batterien.



Abb. 3 - Blick in einen teilweise bestückten Akkumulatorraum des Typ XXI U-Bootes Wilhelm Bauer, 19. August 2008, Quelle: de.wikipedia.org, Autor: WerWil .

Erste U-Boot-Batterien an die Bundesmarine lieferte die VARTA GmbH in Hagen wieder ab 1956. Die AFA benannte sich 1962 in VARTA Aktiengesellschaft um. Im Jahr 1977 erfolgte eine Aufteilung in VARTA AG (Batterie und Plastic), CEAG AG (Elektronik) und Altana AG (Pharma).

(Fortsetzung auf Seite 8)

(Fortsetzung von Seite 7)

Erstmals rote Zahlen schrieb die VARTA AG im Jahr 1993. Daraufhin kam "ausländische Hilfe" in Form von Unternehmensberatungsgesellschaften in die Werkhallen. Ab 1995 wurde die Varta AG vollständig zerlegt und Einzelteile von ausländischen Konzernen aufgekauft. Das Kerngeschäft mit den Industriebatterien ging 1995 an BTR (British Tire and Rubber). Im Jahr 1999 erfolgte die Einstellung der Fertigung von Zink-Kohle-Batterien in Ellwangen. Das Geschäft mit Starterbatterien für Automobile verkaufte man 2002 an den US-Produzenten Johnson Controls. Für die gewinnbringenden U-Boot-Batterien fand sich ebenfalls ein anglo-amerikanischer Interessent, der heute unter Hawker Batterien GmbH seine Geschäfte macht. Den Technologiebereich Mikrobatterien gliederte man in die VARTA Microbattery GmbH, Hannover aus und veräußerte die Aktivitäten an ausländische Finanzfonds ohne historische Tradition. Eine Forschungs Kooperation zwischen der Volkswagen AG und der VARTA Microbattery GmbH soll seit 2010 die Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren für reine Elektroautos vorantreiben.

Ein weiterer deutscher Wettbewerber im Batteriemarkt begann am 1. April 1910 unter der Bezeichnung Accumulatorenfabrik Wilhelm Hagen KG in Soest mit der Fertigung von Blei-Akkumulatoren. Das Patent "Platte einer Großoberflächenbatterie" - Deutsches Reichspatentamt Nr. 189 175 von Wilhelm Hagen und eine Erbschaft seiner Ehefrau Martha sowie Familiengelder waren die ersten Finanzquellen. In primitiven Werkstätten entstand eine moderne Produktion mit eigens entwickelten Gießformen für die Großoberflächenplatten. Im Jahr 1913 war das Unternehmen gegenüber der AFA mit mehreren tausend Beschäftigten immer noch ein "kleiner Laden". Ein Neubau der Fabrik war dringend erforderlich und bis Herbst 1914 erstellt. Die Produktion von stationären Batterien für die Elektrizitätswerke lief parallel zum Komplettumbau weiter. Ab 1916 erweiterten transportable Batterien für das deutsche Heer das Sortiment. Nach einem schweren Brand im Jahr 1917 mussten Grundstück und Gebäude einer Malzfabrik für die Produktion genutzt werden. Die Mitarbeiterzahl lag immer noch weit unter 100. Nach dem Kriegsende 1918 entwickelte Wilhelm Hagen verschiedene transportable Akkumulatoren und meldete mehrere Patente an.

Mit dem Marktzusammenbruch durch angehäuften Vorräten an Akkumulatoren und Blei im Jahr 1918 schrumpfte die Belegschaft auf 15 Personen. Erst ab dem Jahr 1924 verbesserte sich der Markt für stationäre Akkumulatoren wieder. Nach dem Brand vom 1. November 1926 ersetzte man das zerstörte Gebäude durch einen Stahlbetonbau. Für die Notreserve der Städte Basel, Berlin, Bremen, Kassel, Leipzig u.a. bestellten die örtlichen Versorger wieder größere Batterien, die den Ausfall von Kraftwerken (Erzeugung von Gleichstrom !) für eine gewisse Zeit ausgleichen konnten. Nach der Zentralisation der Produktion am Lütgengrandweg (später Werk I) im Jahr 1928 erfolgte der Aufbau einer Starterbatterienfertigung am Osthofentor in Soest (später Werk II). Erste Batterien für Automobile wurden 1936 gefertigt. Weitere Erzeugnisse für Elektrokarren, Gabelstapler, Postpaketwagen sowie Spezialbatterien für Flugzeuge kamen bald hinzu. Die Anzahl der Beschäftigten stieg auf über 400 an.

Während des Zweiten Weltkrieges nahm die Rüstungsproduktion einen erheblichen Anteil der Produktionskapazitäten in Anspruch. Die Schäden nach den Bombenangriffen ab Herbst 1944 mussten beseitigt werden. Wegen eines Produktionsverbotes in der britischen Besatzungszone Ende 1945 konnte die Fertigung erst im Januar 1947 anlaufen. Eine Zweigfabrikation in Kassel-Bettenhausen wurde deshalb unter der Bezeichnung Hessische Accumulatorenwerke GmbH in der amerikanischen Besatzungszone eingerichtet. Ab 1949 produzierte man in Soest wieder Kleinakkumulatoren, Zugbeleuchtungs- und Schiffsbatterien, später Batterien für Grubenlokomotiven und Schiffsantriebe. Die erste U-Boot-Batterie an die Bundesmarine konnte am 31. Januar 1961 ausgeliefert werden.

Ab 1968 konzentrierte das Unternehmen seine Standorte in Soest schrittweise am Coesterweg (Werk III). Der Neubau war zunächst für die Produktion von Industriebatterien bestimmt. Kassel und Berlin

(Fortsetzung auf Seite 9)

(Fortsetzung von Seite 8)

blieben als Standorte erhalten bzw. kamen hinzu. Nach Zusammenführung der Aktivitäten in der Aktiengesellschaft Accumulatorenfabriken Wilhelm Hagen AG (Soest) erfolgte schließlich im Jahr 1983 die Umbenennung in Hagen Batterie AG. Mit dem Verkauf der Aktienmehrheit des Unternehmens durch die Familie Hagen an eine spanische Gesellschaft endete 1989 die Geschichte nicht. Allerdings gibt es seit der Übernahme durch ein US-Unternehmen keine Fertigung mehr am traditionellen Standort in Soest.

Technologie der Blei- und Edison-Akkumulatoren der 1920- und 1930er Jahre

Die Großoberflächen-Elemente von Blei-Akkumulatoren verfügten über positiv geladene Platten aus einer großen Anzahl an dünnen, dicht nebeneinander angeordneten Rippen. Dadurch war die Oberfläche für das hervorgerufene Bleisuperoxid möglichst groß. Meist zwei perforierte Bleibleche mit aufgespritzten Rippen und innenliegender schwammiger Bleimasse bildeten die negativ geladenen Platten. Ein Gewicht von 100 kg reichte für eine Kapazität von 1 kWh, die über 5 Stunden lang abgegeben werden konnte.

Bei den leichteren Starterbatterien für Automobile benutzte man Gitterplatten-Elemente. Dazu wurde die aktive Bleimasse im teigförmigen Zustand in dünne Bleigitter eingestrichen. Dadurch konnte bei einem Gewicht von 40 kg eine Kapazität von 1 kWh über 5 Stunden lang abgegeben werden. Lebensdauer verringerte sich auf 25 % gegenüber den Großflächen-Blei-Akkumulatoren. Der Ausweg bestand in der Anwendung der Panzerplatten-Elemente für positive Ladung. Hier wurden senkrecht geschlitzte Hartgummiröhrchen mit aktiver Bleimasse gefüllt und an einer Platte fest fixiert. Strom und Säure bekamen dadurch Austritt und Zutritt. Für die negativ geladene Seite fand eine Kastenplatte ähnlich der bei Großoberflächen-Elementen Anwendung. Das Gewicht wurde dadurch auf 60 kg für eine Kapazität von 1 kWh, die über 5 Stunden lang abgegeben werden konnte, erhöht.

Edison-Akkumulatoren bestanden hauptsächlich aus vernickeltem Stahl. Die positiv geladene Platte bestand aus Nickelhydroxid in Röhrchen und die negativ geladene Platte aus fein gelochten vernickelten Stahltaschen, die mit einer Eisen-/Sauerstoffverbindung gefüllt waren. Die Kapazität konnte mit denen der Gitterplatten-Elemente bei gleichem Gewicht mithalten. Die Lebensdauer der alkalischen Stahllakkumulatoren sollte sehr hoch sein. Sie waren unempfindlich gegenüber elektrischer und mechanischer Beanspruchung.

Anwendungen

Die Deutsche Reichspost verfügte in den 1930er Jahren über ca. 1.600 Elektromobile. Akkumulator-Lokomotiven und -Triebwagen fanden breite Anwendung auf Nebenstrecken und im Rangierbetrieb auf Bahnhöfen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Moderne Reisezugwagen verfügten über ein Parallelsystem von Dynamo und Akkumulator, um Strom sowohl bei Fahrt als auch bei Halt auf den Bahnhöfen zur Verfügung zu haben. Fähren und Verkehrsboote (z.B. Königssee) nutzten ebenfalls Akkumulatoren. Strom sollte schon damals den Import von Erdöl für Kraftfahrzeuge wegen Devisenmangel im Deutschen Reich reduzieren. Heute werden "andere Gründe" genannt. Die Möglichkeit des Belastungsausgleiches für das Stromnetz durch Batteriefahrzeuge und weitere Anwendungen propagierte man damals ebenfalls schon. Nur sind die Anforderungen von heute unendlich schwerer zu realisieren, da Wind und Sonne sehr un stetig Strom zur Aufladung zur Verfügung stellen.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Torsten Pörschke, Pirna. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung.
Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 3 – Stationäre Anwendungen, ein Beispiel aus der Praxis

Manfred Richey

Nach der Einführung mit Begriffen und Grundlagen folgt hier ein Bericht über stationäre Anwendungen in der Praxis. Hier befinden sich zurzeit besonders drei Exemplare in der engeren Wahl und dürften gute Zukunftsaussichten haben, wie das folgende Zitat und der anschließende Bericht zeigen.

Zitat, Quelle: <http://www.abb.de/cawp/seitp202/b5b1a4bdb60da484c12579df002ceeea.aspx>

„Neue Batterien wie Lithium-Ionen-Batterien, die in Elektrofahrzeugen verwendet werden, Redox-Flow-Batterien, die mit flüssigen Elektrolyten arbeiten, und Hochtemperaturbatterien wie Natrium-Schwefel-Batterien stehen zunehmend für den kommerziellen Einsatz in netzgekoppelten Anwendungen zur Verfügung.“

Zitat-Ende

Die Firma **Yunicos**, die sich mit Speichertechnologien befasst, hat sich für **Natrium-Schwefel (NaS)**, **Lithium-Ionen** und **Vanadium-Redox-Flow** entschieden, wie die folgenden Informationen belegen.

Quelle: <http://www.yunicos.com/de/technologie/batterietechnologien/> (Abdruck frei, Quellenhinweis + Belegexemplar / Beleg-Link).

Die drei Sieger

Wir haben bereits in einer Vorgängerfirma 2005 begonnen, die 27 derzeit vielversprechendsten Speichertechnologien mit besonderem Blick auf Langlebigkeit, Verlässlichkeit, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, aber auch Kosten-senkungspotential zu untersuchen. Dabei haben wir unter anderem auch mechanische Speicher wie Schwungräder oder Druckluftspeicher betrachtet.

Im Ergebnis haben wir uns für elektrochemische Speicher, also Batterien, nämlich **Natrium-Schwefel (NaS)**, **Lithium-Ionen** und **Vanadium-Redox-Flow** entschieden.

Hohe Energie oder Hohe Leistung?

Alle drei Technologien sind vor allem langlebig, verlässlich, sicher und bereits heute wirtschaftlich einsetzbar. Sie sind besonders reaktionsschnell und damit sehr gut geeignet fluktuierende Erzeugung millisekundengenau auszugleichen.

Lithium-Ionen-Hochleistungsbatterien: Die von uns verwendete Lithium-Ionen-Technologie hat ein sehr hohes Verhältnis von Leistung zu Energie (c-rate 1)*¹). Damit eignet sie sich besonders als Kurzzeitspeicher über Minuten oder Stunden. Es gibt vielfältige Anbieter und sehr viele unterschiedliche Lithium-Technologien. Wir verwenden Zellen eines großen internationalen Herstellers, der die Leistung der Batterien 20 Jahre garantiert.

*¹) C-Rate: Entlade- oder Ladestrom in Ampere, ausgedrückt als Vielfaches der Nennkapazität.

Natrium-Schwefel-Hochenergiebatterien: Natrium-Schwefel-Batterien haben eine sehr hohe Speicherkapazität (c-rate: 1/6). Damit eignen sich diese Hochtemperaturbatterien besonders für den Ausgleich täglicher Schwankungen von Wind- und Sonnenenergie. Seit der Gründung von Yunicos kooperieren wir eng mit der japanischen Firma NGK, die Natrium-Schwefel-Batterien mit besonders hoher Energiedichte und hoher Zyklenfestigkeit produziert. Weltweit ist das die einzige industriell gefertigte Großbatterie, die bereits über 13 Jahre im täglichen Einsatz erfolgreich erprobt wurde.

Vanadium-Redox-Flow-Batterien: Sie haben fast keine Selbstentladung. Damit eignen sie sich unter anderem hervorragend als Saisonspeicher. Weil der Energieträger nicht altert oder verschleißt, sind sie – bei geringem Wartungsaufwand – nahezu unbegrenzt haltbar. Je nach Anforderung können Leistung und Energie getrennt und flexibel skaliert werden.

(Fortsetzung auf Seite 11)

(Fortsetzung von Seite 10)

Hybride Batterien – die ideale Mischung

Die genauen Anforderungen an einen Speicher variieren je nach Anwendungsfall und teils sogar projektspezifisch. Das betrifft viele Eigenschaften, besonders aber das Verhältnis von Leistung und Energie. Das ist sowohl bei Lithium-Ionen als auch bei Natrium-Schwefel-Batterien durch den grundsätzlichen Aufbau der Zellen vorgegeben.

Deshalb kombinieren wir bei Bedarf unterschiedliche Technologien in einer hybriden Batterie. Das ist in dieser Form bisher einzigartig. So lassen sich die Vorteile der unterschiedlichen Technologien kombinieren. Weil Speicher in der Regel der größte Kostenblock unserer Systeme sind, erhöht das die Wirtschaftlichkeit unserer Lösungen deutlich.



Abb. 1 – Quelle: <http://www.yunicos.com/>

In unserem Technologiezentrum in Berlin-Adlershof entwickeln, erproben, optimieren und demonstrieren wir unsere erneuerbaren Energiesysteme. Hier überprüfen wir die Qualität neuer Technologien und Hersteller. Zudem dient unsere Test- und Demonstrationsanlage als Schulungs- und Qualifikationszentrum für unsere Kunden und Partner.

Megawatt millisekundengenau nachgestellt – egal wo auf der Welt

In unserer Anlage weisen wir – anhand von echten Energieflüssen – den sicheren Betrieb von Netzen mit 100 Prozent erneuerbaren Energien nach.

(Fortsetzung auf Seite 12)

(Fortsetzung von Seite 11)

Dazu enthält das Technologiezentrum:

- eine 1 MW / 6 MWh Hochenergie-Natrium-Schwefelbatterie
- eine 200 kW / 200 KW Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterie
- ein intelligentes Megawatt-Wechselrichtersystem
- ein innovatives Energiemanagementsystem, das u.a. Wetterdaten berücksichtigt
- Simulatoren, die sich physikalisch wie Windkraftanlagen, Photovoltaikkraftwerke oder Stromverbraucher verhalten
- einen 1 MW Dieselgenerator
- 14 km Mittelspannungsverteilnetz

Mit jeweils lokal gesammelten, detaillierten Wind-, Sonnen- und Verbrauchsdaten können wir in Echtzeit Energieerzeugung und -verbrauch auf jedem Ort der Welt simulieren. So erproben und optimieren wir das Zusammenspiel sämtlicher Hard- und Softwarekomponenten unserer erneuerbaren Energiesysteme.



Abb. 2 – Quelle: <http://www.yunicos.com/>

Soweit die Informationen von Yunicos.com über stationäre Anwendungen.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung. Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 4 - Heutige Batterietechnologien für mobile Anwendungen

Manfred Richey

(Die Texte der folgenden Abschnitte wurden teilweise aus de.wikipedia.org übernommen und mit eigenen Texten ergänzt)

Blei-Säure-Batterie (PbA)



Abb. 1 - Autobatterie 12 V, 36 Ah
Quelle: de.wikipedia.org, Urheber:
Thomas Wydra.

Infrastruktur bezüglich Recycling.

Nachteile: geringe Energiedichte, neigen bei mehrmaliger Tiefentladung zu schneller Degradierung, begrenzte Zyklenzahl, wartungsintensiv, temperaturempfindlich, Umweltschädlichkeit durch Verwendung des Schwermetalls Blei.

Die Blei-Säure-Batterie besteht aus einem säurefesten Gehäuse, Bleielektroden, einem Separator und einem Elektrolyt aus Schwefelsäure. Weiterentwicklungen der offenen Bauweise mit flüssigem Elektrolyt sind die Gel- und Vlieskonzepte. Die bekannteste Anwendung der Blei-Säure-Batterie ist der Einsatz als Starterbatterie in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor oder auch als Traktionsbatterie für Gabelstapler. Sie ist der kostengünstigste Batterietyp und wird derzeit insbesondere in kleineren Elektrofahrzeugen verbaut. Allerdings ist die Energiedichte von 20-35 Wh/kg sehr gering. Aufgrund nicht zu erwartender gravierender Leistungsverbesserungen werden Blei-Säure-Konzepte für die zukünftige Elektromobilität keine große Rolle besetzen können.

Vorteile: preiswert da Massenprodukt, etablierte Technologie, relativ hohe Wirkungsgrade, kein Memory-Effekt, ausgebaute

Blei-Gel-Akkumulator



Abb. 2 - Typischer Bleiakku in AGM Technik aufgebaut, wie er in Alarmanlagen, unterbrechungsfreien Stromversorgungen usw. verwendet wird.
Quelle: de.wikipedia.org,
Autor: Smial on de.wikipedia

Eine Weiterentwicklung der Blei-Säure-Akkus ist der Blei-Gel-Akku. Dieser hat keinen flüssigen Elektrolyt (Säure), sondern einen festen Elektrolyt, bei dem durch Zusatz von Kieselsäure (daher auch oft: Silicium-Gel-Akkumulator genannt) der Elektrolyt (flüssige Schwefelsäure) gebunden wird. Weil diese Art Akkumulator vollständig verschlossen ist, ist es daher auch nicht möglich, Wasser nachzufüllen. Diese Bauart wird auch als SLA-Akkumulator (SLA = engl. sealed lead acid) bezeichnet.

Spezifische Eigenschaften von Gelakkumulatoren

Es tritt praktisch keine Säureschichtung auf, die sonst einen relevanten Kapazitätsverlust durch Entmischung bewirkt, mit dichterem Säure unten, dünnerer oben. In Vliesakkumulatoren ist sie gegenüber Standard-Akkumulatoren mit flüssigem bzw. ungebundenem Elektrolyt zumindest vermindert.

Der Innenwiderstand von Gel-Bleiakkumulatoren ist höher als bei vergleichbaren nicht verschlossenen Bleiakkumulatoren. Sie sind daher weniger geeignet, hohe Ströme zu liefern, wie sie bei der Anwendung als Starterbatterie erforderlich sind. Für Motorräder, Motorroller und ähnliche Fahrzeuge sind Gelakkumulatoren allerdings gerade wegen ihrer geschlossenen Bauform sehr wohl verfügbar.

(Fortsetzung auf Seite 14)

(Fortsetzung von Seite 13)

Nickel-Cadmium-Batterie (NiCd)

Nickel-Cadmium-Batterien können mit rund 30-50 Wh/kg wesentlich höhere Energiemengen speichern als Bleibatterien. In der Anschaffung ist sie jedoch weitaus teurer. In geschlossener Bauweise wurde sie überwiegend im Verbraucherbereich genutzt, z.B. bei Fotoapparaten und elektrischen Werkzeugen. Aufgrund des hochgiftigen Cadmiums verbietet eine im Jahr 2008 erlassene EU-Richtlinie die Verwendung dieses Batterietyps im privaten Bereich fast vollständig. Für industrielle Anwendungen darf sie weiterhin genutzt werden. Das Unternehmen Saft S.A. vermarktet als einer der wenigen Anbieter erfolgreich NiCd-Batterien für Elektrofahrzeuge, vorwiegend auf dem französischen Markt.

Vorteile: robust, hohe Zyklenzahl, relativ hohe Energiedichte, gute Tieftemperatur- und Zyklenfestigkeit, schnellladefähig.

Nachteile: hohe Selbstentladung, schlechter Wirkungsgrad, Memory-Effekt, Umweltschädlichkeit durch Verwendung des Schwermetalls Cadmium.

Nickel-Metallhydrid-Batterie (NiMH)



Abb. 3 – Nickel-Metallhydrid-Batterie von Varta, Museum Autovision, Altlußheim, Deutschland. Bild: de.wikipedia.org, Urheber: Claus Ableiter

Die Nickel-Metallhydrid-Batterie gilt als Nachfolger der Nickel-Cadmium-Batterie. Sie weist keinen Memory-Effekt auf und ist zudem umweltfreundlicher, da dieser Batterietyp auf das giftige Cadmium verzichtet. Die Energiedichte ist mit 50-80 Wh/kg weitaus höher als die der Bleibatterie. Bezüglich der Kälte- und Zyklenfestigkeit müssen Abstriche in Kauf genommen werden. Eine Hürde für den Einsatz im Elektroauto stellt die in der Regel nur unzureichende Energie- und Leistungsdichte dar. Als Energiespeichersystem werden NiMH-Batterien daher verstärkt in Hybridfahrzeugen verbaut. Dieser Batterietyp wird beispielsweise im Toyota Prius der dritten Generation eingesetzt. Das Zukunftspotenzial der NiMH-Batterien für die reine Elektrotraktion ist

aufgrund bereits ausgereizter Batteriekapazitäten als gering einzustufen.

Vorteile: umweltfreundlich, kein Memory-Effekt, wenig Sicherheitsprobleme

Nachteile: relativ teuer, hohe Selbstentladung, Alterungseffekte

Varianten auf Nickel-Basis

Nickel-Eisen-Akku

Verwendet Eisen anstelle des giftigen Cadmiums. Erste Patente für den NiFe-Akku wurden schon 1901 erteilt, die Serienreife dagegen erst 1908 erreicht.

Aufgrund der extrem hohen Lebensdauer sind diese Akkus vor allem für USV-Systeme und in Bahnfahrzeugen gebräuchlich.

Der Nickel-Eisen-Akkumulator gilt als mechanisch und elektrisch unempfindlich. Insbesondere soll eine Schädigung durch Überladung oder Tiefentladung, wie von anderen Akkumulatoren bekannt, bei diesen Zellen unmöglich sein. Diese Eigenschaften haben zu einem gewissen Comeback der Technologie im Bereich der dezentralen Stromversorgung geführt: Einige Enthusiasten bevorzugen diesen Akkutyp beispielsweise an einer kleinen Windstromanlage, oder um ein Passivhaus unabhängig vom Stromnetz zu machen.

(Fortsetzung auf Seite 15)

(Fortsetzung von Seite 14)

Nickel-Wasserstoff-Akku

Ein Nickel-Wasserstoff-Akku (NiH₂) ist eine wiederaufladbare elektrochemische Spannungsquelle auf der Basis von Nickel und Wasserstoff. Wasserstoff wird in einer Druckzelle gespeichert und unterscheidet sich dadurch von den Nickel-Metallhydrid-Akkus. NiH₂-Zellen sind teuer und unhandlich, besitzen aber gute elektrische Eigenschaften, die sie zu einem bevorzugten Speicher für elektrische Energie in Satelliten und Raumsonden machen. Beispielsweise wurden die ISS und der Mars Global Surveyor der NASA mit Nickel-Wasserstoff-Akkus ausgestattet.

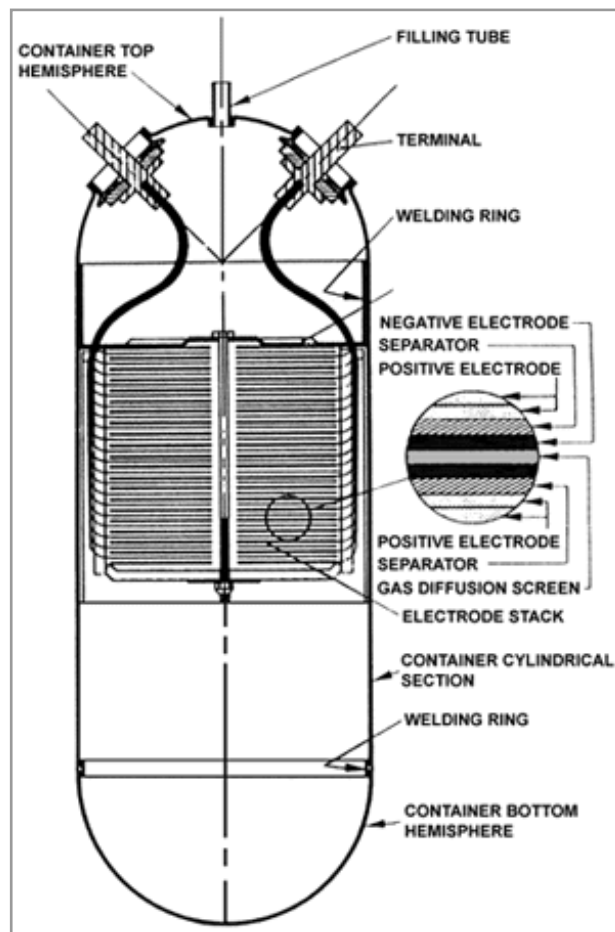


Abb. 4 – Nickel-Wasserstoff-Akku
Bild: de.wikipedia.org, Urheber: NASA
(gemeinfrei, public domain)

Die Energiedichte beträgt 75 Wh/kg, bezogen auf das Volumen jedoch lediglich 60 Wh/dm³. Die Lagerfähigkeit beträgt mehrere Jahre. Die Leerlaufspannung beträgt 1,55 V, die Spannung unter Last ca. 1,5 V und die Entladespannung 1,25 V. Die Zellen verkraften mehr als 20.000 Ladezyklen. Über Druck- und Spannungssensoren lässt sich der Ladezustand recht exakt bestimmen.

Nickel-Zink-Akku

Obwohl dieser Akkumulatortyp bereits 1901 von Thomas Alva Edison patentiert wurde, konnte erst ab den 2000er Jahren technologisch die Zink-Elektrode soweit stabilisiert werden, dass dieser Akkutyp praktisch verwendbar wurde.

Mit Stand Anfang 2011 sind NiZn-Zellen in der Bauform einer Mignonzelle (sogenannte AA-Zelle) für allgemeine Anwendungen verfügbar. Der interessanteste Aspekt dabei ist die Spannung von ca. 1,6 V

(Fortsetzung auf Seite 16)

(Fortsetzung von Seite 15)

pro Zelle, was bei Geräten, welche auf Alkali-Mangan-Batterien und deren 1,5 V ausgelegt sind, einen Vorteil darstellt. Herkömmliche Akkumulatoren in Mignonzellenform wie Nickel-Cadmium-Akkumulatoren oder Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren sind zwar preiswerter, weisen dafür aber nur eine Zellspannung von 1,2 V auf. Aufgrund der unterschiedlichen Spannungen sind für NiZn-Zellen allerdings auch spezielle Ladegeräte notwendig.

Natrium-Nickelchlorid-Batterie (NaNiCl)



Abb. 5 – Natrium-Nickel-Batterie mit metallisch eingeschweißten Zellen in dicker Wärmedämmung
Bild: de.wikipedia.org, Urheber: RudolfSimon

Die Natrium-Nickelchlorid-Batterie ist unter der Bezeichnung ZEBRA-Batterie (Zero Emission Battery Research Activities) bekannt. Mit Werten von 80-100 Wh/kg ist der Energieinhalt um einiges höher als die der vorangestellten Batterietypen. Sie erbringt nicht die geforderten Spitzenleistungen von Full-Hybrids, Plug-In-Hybrids und Elektroautos der Mittelklasse, eignet sich jedoch für den Einsatz in kleinen Elektrofahrzeugen. Die ZEBRA-Batterie zählt zur Gruppe der Hochtemperatur-Akkumulatoren. Zur Aufrechterhaltung der Funktion ist es erforderlich, die ZEBRA Batterie auf Betriebstemperaturen von rund 300 °C zu halten. Selbst im Ruhebetrieb muss der Batterie Energie zugeführt werden, was eine stetige Entladung zur Folge hat. Dies wird durch eine elektrische Heizung in Kombination mit guter Wärmedämmung erreicht.

Ein bekannter Hersteller und Ausrüster von Elektrofahrzeugen ist das Schweizer Unternehmen SoNick SA (ehemals MES-DEA). Das derzeit bekannteste Fahrzeug mit ZEBRA-Technologie ist der Th!nk City (als erstes Elektroauto mit europaweiter Zulassung) vom norwegischen Hersteller Think Global AS. Testweise wurde diese Technologie auch in einigen Elektrofahrzeugen, u.a. im Twingo, SMART und Panda, aber auch in einem Daimler-Bus der Biba Bremen eingesetzt.

Vorteile: hohe Energiedichte, guter Wirkungsgrad, geringe Produktionskosten, relativ temperaturstabil, wartungsfrei, vollkommen recycelbar.

Nachteile: geringe Leistungsdichte, Stromverbrauch durch permanente Energiezufuhr zur Beheizung.

(Fortsetzung auf Seite 17)

(Fortsetzung von Seite 16)

Lithium-Ionen-Batterie (Li-Ion)

Der Begriff Lithium-Ionen-Batterie vereint eine Reihe an Batterieklassen auf Lithium-Basis. Differenzieren lassen sie sich durch den verwendeten Elektrolyten und den vielfältigen Kombinationen der Elektrodenmaterialien. Die Lithium-Ionen-Batterien gelten als die Schlüsseltechnologie wieder aufladbarer Zellen. Im Bereich portabler Anwendungen hat sich die Lithium-Ionen-Batterie innerhalb kürzester Zeit zu der wichtigsten Speichertechnologie entwickelt. Ein wesentlicher Grund ist die hohe Energiedichte, mit der sich akzeptable Batteriekapazitäten erzielen lassen.

Das Ziel heutiger Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ist es nun, zuverlässige Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität zu erhalten, um auch das automobilen Anwendungsgebiet zu erschließen. Einige Li-Ion-Batterien der Hochleistungs-Klasse erreichen heute bereits Energiedichten von bis zu 200 Wh/kg. So sind sie um fast ein Drittel kleiner und um etwa die Hälfte leichter als NiMH-Batterien mit vergleichbarer Kapazitätsmenge. Der Grund für die höheren Energie- sowie auch Leistungsdichten liegt einerseits am guten elektrochemischen Potenzial und andererseits am geringen spezifischen Gewicht des Lithiums. Die Minimierung sicherheitstechnischer Risiken spielt aufgrund der Eigenschaften des Lithiums eine zentrale Rolle. Als einer von vielen Automobilherstellern plant auch Volkswagen die Einführung von batteriebetriebenen Fahrzeugen auf Lithium-Ionen-Basis. So soll der für 2013 geplante Stadtwagen E-Up! sowie der Golf Blue-E-Motion mit Lithium-Ionen-Batterie ausgestattet werden.

Vorteile: hohe Energie- und Leistungsdichte, hoher Wirkungsgrad, geringe Selbstentladung, gute thermische Stabilität, relativ schneller Ladevorgang, kein Memory-Effekt, keine Verwendung giftiger Stoffe.

Nachteile: anspruchsvoller Fertigungsprozess, hohe Kosten durch Einsatz teurer Materialien und Sicherheitselektronik, fortschreitende Degradation der Zellen, Sicherheitsproblematik durch Verwendung von Lithium, verkürzte Lebensdauer durch hohe Temperaturen und hohe Lade- und Entladeströme.



Abb. 6 - Li-Ionen-Akku in Flachbauweise, Quelle: de.wikipedia.org, Autor: J. Ash Bowie



Abb. 7 - 9 - Li-Ionen-Akkus in unterschiedlichen Ausführungen. Bilder: Torsten Pörschke

(Fortsetzung auf Seite 18)

(Fortsetzung von Seite 17)

Abb. 10 zeigt den Teil einer Fertigungsanlage für Lithium-Ionen-Zellen.



Abb. 10 - Laser electrode cutter for Lithium-ion cell production. Bild: Torsten Pörschke



Abb. 11 - 18650-Zellen „Made by ZSW“, Foto: ZSW

Abb. 11 zeigt eine vom ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Baden-Württemberg) entwickelte Li-Ionen-Zelle im 18650er-Format, die mehr als 10.000 Vollzyklen erreicht und als Basis für die Herstellung von größeren Zellen angesehen wird. Der Einsatz ist in Elektroautos und als Solarstromspeicher vorgesehen.

Weitere Informationen dazu im folgenden Artikel (Teil 5 - Pressemeldung vom ZSW).

Quellenhinweise:

Texte und Bilder von de.wikipedia.org bzw. en.wikipedia.org stehen unter der Creative-Commons-Lizenz und GNU-Lizenz für freie Dokumentation und dürfen bei Angabe der Quelle frei verwendet werden.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung.

Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 5 - Entwicklungen bei Lithium-Batterien - Manfred Richey

Keine Lithium-Ionen-Technologie ist heute alleinstehend in allen Batterieanforderungen führend. Es gibt eine Vielzahl an Technologien, die auf variierende Metalloxide in der Kathode basieren. Je nach Materialwahl entstehen dadurch Vorteile in einer Kategorie, die meist aber zu Nachteilen in anderen führen. Im Folgenden sollen zunächst diejenigen Lithium-Ionen-Technologien kurz aufgeführt werden, die bereits heute verfügbar sind und anschließend einige, die mittel- bis langfristig potenziell interessant sein könnten.

Vorab eine aktuelle **Pressemeldung** vom **Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg** (ZSW) vom 22. Mai 2013, von der wir hier einen Auszug abdrucken.

Lithium-Ionen-Zellen aus Ulm mit Spitzenwerten

ZSW baut Batterien mit 10.000 Ladezyklen

Wissenschaftler am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) haben Lithium-Ionen Batterien der Spitzenklasse entwickelt. Die Hochleistungszellen übertreffen bei der Zyklenstabilität, einer wichtigen Kennziffer für die Lebensdauer, den internationalen Stand der Technik: Mehr als 10.000 Vollzyklen wurden bislang erreicht. Bei weiteren Werten, etwa der Leistungsdichte, liegen die Batterien auf dem Niveau führender asiatischer Hersteller. Die Aktivmaterialien für die Akkus stammen ausschließlich von deutschen Unternehmen. Das ZSW führte die Zellauslegung durch, entwickelte den Herstellprozess und stellte eine Kleinmusterserie im 18650er-Format her. Mit der Technologie ist die Basis für die Herstellung von Pouch-Zellen und großen prismatischen Zellen geschaffen. Lithium-Ionen-Batterien sollen in Elektroautos und als Solarstromspeicher eingesetzt werden.

„Nach 10.000 vollständigen Lade- und Entladevorgängen mit einem kompletten Lade- und Entladezyklus pro Stunde (2 C) weisen unsere Lithium-Akkus immer noch mehr als 85 Prozent der Ausgangskapazität auf“, berichtet Dr. Margret Wohlfahrt-Mehrens, Leiterin des Fachgebiets Akkumulatoren Materialforschung in Ulm. „Das sind auch gute Aussichten für eine lange kalendarische Lebensdauer.“ Eine lange Lebensdauer etwa in der Elektromobilität ist eine Bedingung der Automobilfirmen. Batterien mit der Lithium-Ionen-Technologie müssen mindestens zehn Jahre lang ihren Dienst im Auto tun können, ohne dass die Akkukapazität unter 80 Prozent des Nennwertes absinkt.

Fundierte Verständnis der Vorgänge in der Zelle

Das fundierte Verständnis des Institutes für angewandte Forschung in Ulm über die Vorgänge in der Zelle führte auch bei den anderen Kennzahlen zu guten Werten: Beispielsweise liegt der Wert für die Leistungsdichte der Zelle bei 1.100 Watt pro Kilogramm und liegt damit auf internationalem Niveau. Die Leistungsdichte quantifiziert die entnehmbare Leistung pro Gewicht. Für ein Elektrofahrzeug bedeutet diese Zahl kurze Ladezeiten und ein gutes Beschleunigungsvermögen.

Die semiautomatische Fertigung der kleinen Zellen erfolgte an einer Anlage im ZSW Labor für Batterietechnologie (eLaB) in Ulm. Gefördert wurde die Zellentwicklung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Mit Forschungsaufträgen wie diesem können interessierte Firmen neue Materialien und Verfahren evaluieren lassen, ohne dafür die eigene Produktion stoppen zu müssen.

In einem nächsten Schritt wollen die Forscher und Ingenieure am ZSW Elektroden für große prismatische Lithium-Zellen gemeinsam mit Partnern aus der Industrie entwickeln. „Die Beherrschung der jetzt demonstrierten Zelltechnologie ist die wesentliche Voraussetzung für die anschließende Fertigung von großen Zellen“, so Margret Wohlfahrt Mehrens. Für die Umsetzung in große Zellen seien

(Fortsetzung auf Seite 20)

(Fortsetzung von Seite 19)

noch weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig, prinzipiell sei ein Upscaling aber möglich.



Abb. 1 – ZSW-Forscher mischt die Elektrodenpaste (Slurry) im Mischer.
Bildquelle: ZSW / Solar Consulting GmbH

Ende der Pressemeldung.

Lithium-Kobalddioxyd-Akku

Der Lithium-Cobaltdioxyd-Akkumulator, auch LiCoO₂-Akku, war die erste verfügbare Elektrodenchemie eines Lithium-Ionen-Akkumulators. Die Brauchbarkeit als Elektrodenmaterial wurde 1980 von einer Forschergruppe um John B. Goodenough an der University of Oxford entdeckt. Die positive Elektrode besteht aus der namensgebenden Substanz Lithium-Cobalt(III)-oxid.

Der erste kommerziell erhältliche Li-Ionen-Akku wurde als Lithium-Cobaltdioxyd-Akkumulator von Sony im Jahr 1991 auf den Markt gebracht und in der Hi8-Videokamera CCD TR 1 eingesetzt. Die Batterie besitzt mit zwei seriell verschalteten Zellen eine Zellspannung von 7,2V und eine Kapazität von etwa 1200 mAh. Durch Parallelschaltung oder Zellvergrößerung wurden Kapazitäten bis 6900 mAh realisiert und bis heute (2012) in einer Vielzahl von Sony-Geräten eingesetzt.

Auf Grund der weiten Verbreitung dieser ersten Akkuchemie auf Lithiumbasis wird umgangssprachlich oft der Lithium-Cobaltdioxyd-Akkumulator mit dem Oberbegriff Lithium-Ionen-Akkumulator gleichgesetzt. Mit der Entwicklung zahlreicher verschiedener Elektrodenmaterialien mit teilweise stark unterschiedlichen Eigenschaften der Akkumulatorensysteme führt dies zu Verwirrung und sollte vermieden werden.

(Fortsetzung auf Seite 21)

(Fortsetzung von Seite 20)

Aufbau

Das aktive Material der negativen Elektrode besteht aus Graphit. Die positive Elektrode enthält LiCoO₂ (Lithiumcobaltdioxid). Der Elektrolyt ist völlig wasserfrei (Gehalt an H₂O < 20 ppm) und besteht aus aprotischen Lösungsmitteln wie Ethylencarbonat, Propylencarbonat, Dimethylcarbonat, Diethylcarbonat oder 1,2-Dimethoxyethan.

Hinweise zum Umgang

Bei mechanischen Beschädigungen und eventuell dadurch eindringendem Wasser besteht die Gefahr starker Wärmeentwicklung mit Brand- und Verpuffungsgefahr. Brennende Lithium-Cobaltdioxid-Akkumulatoren dürfen daher nicht mit Wasser gelöscht werden.

Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Akku (NCA)

NCA ist eine heute bereits verfügbare Technologie, die aus einem Lithium-Mischoxid sowie Nickel, Kobalt und Aluminium besteht. Sie besitzt im Vergleich zu anderen Technologien heute eine sehr hohe Energie- und Leistungsdichte, weist jedoch im Bereich Sicherheit einige Mängel auf. NCA-Batterien müssen daher mit aufwendigen Sicherheitsmaßnahmen versehen werden, indem die Zellen entweder ummantelt werden und das Verhalten der Batterie stets überprüft wird. Preislich ist dieser Typ dennoch konkurrenzfähig

Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Akku (NMC)

Die Materialzusammensetzung ist hier beinahe identisch zur NCA-Batterie. Lediglich das Aluminium wurde hier durch Mangan ersetzt. Sie besitzt ebenfalls wie die NCA-Batterie eine sehr hohe Energiedichte, weist jedoch eine geringere Lebensdauer und Leistungsdichte auf. Weiterhin verfügt dieser Typ über zwei Spannungspegel. Bei hohen Spannungen (4.1 bis 4.2 V) besitzt sie eine exzellente Speicherkapazität und relativ geringe Kosten pro kWh. Die Zersetzung des Mangans reduziert diese Vorteile jedoch nach einer gewissen Zeit. Bei geringen Spannungen ist die Speicherkapazität geringer und die Kosten pro kWh höher. Die Stabilität scheint dafür jedoch angemessener. Preislich ist die NCM-Batterie günstiger als die NCA.

Lithium-Eisen-Phosphat-Akku (LFP)

LFP wird bereits erfolgreich als potenziell günstiges Kathodenmaterial verwendet. Durch sein geringes elektrochemisches Potential weist es selbst bei stark variierenden Temperaturen die höchste Sicherheit im Vergleich zu den anderen heute verfügbaren Technologien auf. Weiterhin vorteilhaft sind die lange Lebensdauer und die vergleichsweise geringen Kosten von Eisen im Vergleich zu Nickel und Kobalt. Zudem können LFP-Batterien sehr schnell Energie aufnehmen und sind somit in wenigen Minuten aufladbar. Gegen LFP spricht die geringe Energiedichte im Vergleich zu NCA- und NCM-Batterien.

Lithium-Titanat-Akku (LTO)

LTO-Batterien basieren auf Nanotechnologie und weisen vor allem Vorteile in den Bereichen Lebensdauer und Sicherheit auf. Sie besitzen zudem eine geringe thermische Anfälligkeit. Nachteilig ist, dass diese Technologie im Vergleich zu NCA-Batterien eine um etwa ein Drittel geringere Energiedichte aufweist, das in einem hohen Gesamtgewicht der Batterie resultiert. Vom Kostenpunkt betrachtet ist sie um einiges teuer als die anderen heute verfügbaren Technologien.

(Fortsetzung auf Seite 22)

(Fortsetzung von Seite 21)

Lithium-Polymer-Akku (Li-Poly)

Bei Lithium-Polymer-Batterien besteht die Anode aus dem gleichen Metalloxid wie bei den bereits genannten Lithium-Ionen-Batterien. Der Elektrolyt weist hier jedoch eine Polymerbasis in Form einer gelartigen Folie auf. Diese Technologie ist sehr preiswert und besitzt im Vergleich zu anderen Lithium-Ionen-Technologien eine höhere Energiedichte. Nachteilig ist hier die hohe elektrische und thermische Anfälligkeit. Die Leistungsdichte sowie der stabile Betrieb leiden maßgeblich bei tiefen Temperaturen. Falls die thermische und elektrische Anfälligkeit dieses Batterietyps reduziert werden kann, ist diese Technologie mit Markteintritt 2020 eine vielversprechende Option.

Lithium-Schwefel-Akku (Li-S)

Der Lithium-Schwefel-Akkumulator ist ein Akkumulatortyp, an dem zurzeit intensiv geforscht und entwickelt wird, da er eine besonders hohe Energiedichte verspricht. Es existieren Prototypen, aber es gibt noch keine derartigen Akkumulatoren im Handel. Die theoretische Energiedichte ist mit 3350 Wh/kg eine der höchsten aller Akkumulatoren. Praktisch realisiert wurde eine Energiedichte bis zu 350 Wh/kg.

Lithium-Schwefel-Akkus sind sehr günstig und selbst bei extremen Temperaturen sehr beständig. Ansonsten jedoch sind sie im Vergleich zu heute verfügbaren Technologien noch eher durchschnittlich zu bewerten. Mit einem Markteintritt wird ab 2020 gerechnet.

Der Chemiekonzern BASF will bis zum Jahr 2016 einen hohen dreistelligen Millionenbetrag investieren. Durch die Investition will das Unternehmen nach eigenen Angaben zufolge in den nächsten Jahren zu den führenden Anbietern von Akkus für Elektrofahrzeuge zählen. Nach Angaben des Chemiekonzerns soll im Jahr 2017 eine neue Akku-Generation - Lithium-Schwefel-Akkuzellen - in den Markt eingeführt werden. Damit soll eine vergleichbar große Reichweite von 300 Kilometern für Elektroautos ermöglicht werden.

Die Lithium-Schwefel-Akkus befinden sich bei BASF noch in der Entwicklungsphase. Man geht davon aus, dass diese in der (Serien-)Produktionsphase wahrscheinlich (erheblich) günstiger als die bisherigen „normalen“ Lithium-Ionen-Akkuzellen sein werden.

Lithium-Luft-Akku (Li-Luft)

Die Lithium-Luft-Technologie weist die mit Abstand höchste Energiedichte von allen bekannten Lithium-Ionen-Technologien auf. Preislich könnte sie wettbewerbsfähig sein, befindet sich aber momentan noch im Entwicklungsstatus. Mit einem Markteintritt wird nicht vor 2030 gerechnet.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen.
Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung.
Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 6 – NaSA, der neue Stern am Akku-Himmel? - Manfred Richey

Der Natrium-Schwefel-Akkumulator hat den großen Vorteil, dass die Rohstoffe dafür in rauen Mengen vorhanden sind.

Toyota entwickelt an diesem Akkutyp. **Da Natrium im Unterschied zu Lithium reichlich und in gelöster Form im Meerwasser vorkommt, sodass es leicht gewonnen werden könnte, stellt der Bau eines NaS-Akkus weniger Ansprüche an Material und Technik und sei daher kostengünstiger zu bewerkstelligen.**

Beim Natrium-Schwefel-Akkumulator, abgekürzt NaSA, werden gegenüber anderen Akkumulatortypen statt eines flüssigen Elektrolyten ein fester Elektrolyt und flüssige Elektroden eingesetzt. Für den Betrieb werden hohe Betriebstemperaturen im Bereich von 270 bis 350°C benötigt. Sie zählt damit zu der Gruppe der Thermalbatterien. Obwohl dieser Akkutyp schon Ende der 1970er Jahre entwickelt wurde, erlangten Natrium-Schwefel-Akkumulatoren, primär aufgrund des aufwändigen Temperaturmanagements, bis auf Spezialbereiche keine weitreichende wirtschaftliche Bedeutung.

Allerdings laufen neuere Entwicklungen in die Richtung, dass die Temperatur deutlich gesenkt werden kann – auf 57 Grad Celsius (Sumitomo) und zum Teil bis auf Raumtemperatur (Toyota).

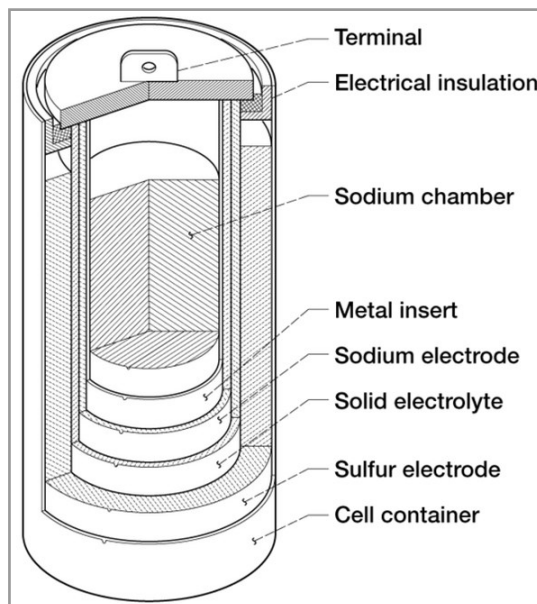


Abb. 1 – Quelle: en.wikipedia.org, Source: NaS_battery.jpg, Autor: This image was made by NASA John Glenn Research Center. derivative work: Quibik (talk). Diese Datei ist gemeinfrei (public domain)

Allgemeines

Die positive Elektrode besteht aus geschmolzenem Natrium, die negative Elektrode aus einem mit flüssigem Schwefel getränkten Graphitgewebe. Als Elektrolyt kommt ein natriumhaltiges Aluminiumoxid zum Einsatz. Da Natrium ein heftig mit Wasser reagierendes Alkalimetall ist, muss der Akku gut gegenüber Umwelteinflüssen geschützt werden. Natrium-Schwefel-Akkumulatoren haben, neben dem Vorteil, dass die wesentlichen Grundmaterialien wie Natrium, Schwefel und Aluminium leicht verfügbar sind, eine vergleichsweise hohe Speicherkapazität im Bereich knapp über 200 Wh/kg.

Experimentelle Anwendungen waren in den 1980er bis Mitte der 1990er Jahre Antriebssystem für Elektroautos und Energiespeicher in Kommunikationssatelliten. Aktuelle Anwendungen sind kleine bis mittlere stationäre Batterie-Speicherkraftwerke in Japan, welche der Lieferung von Spitzenlast und zur Netzstabilisierung im öffentlichen Stromnetz dienen. In Deutschland betreibt seit 2010 das Berliner

(Fortsetzung auf Seite 24)

(Fortsetzung von Seite 23)

Unternehmen Younicos gemeinsam mit Vattenfall einen 1 MW-NaS-Akku als Pilotprojekt zum Ausgleich volatiler Erneuerbarer Energien. Im gleichen Jahr wurde in Texas ein noch größerer NaS-Akku zur Steigerung der Versorgungssicherheit einer ganzen Kleinstadt installiert. In Anwendungsbereichen wie Elektroautos und auch als Stromversorgungssysteme in Weltraumanwendungen sind NaS-Zellen durch andere, jeweils geeignetere Energiespeichersysteme ersetzt worden.

Als Hersteller von NaS-Akkus sind weltweit nur japanische Produzenten von Bedeutung. Mit Stand 2010 größter und dominanter Hersteller in diesem Segment ist NGK Insulators, welcher gemeinsam mit dem Energienetzbetreiber Tōkyō Denryoku (Tokyo Electric Power, TEPCO) seit Anfang der 1990er Jahre NaS-Zellen im Rahmen von kleineren, stationären Batterie-Speicherkraftwerken einsetzt. Weitere Hersteller sind die japanischen Firmen Hitachi und GS Yuasa. Ehemalige Hersteller von NaS-Zellen für mobile Anwendungen waren unter anderem Asea Brown Boveri (Elektroauto), Silent Power Ltd. in England (Elektroauto) und Ford Aerospace in den USA.

Entwicklungen an NaS-Akkus

Toyota

Wie Pressemeldungen vom November 2012 zu entnehmen ist, hat Toyota die Energiedichte von Natrium-Schwefel-Batterien im Vergleich zu Li-Ion-Akkus um ein Drittel gesteigert. So soll eine einzige Vollladung für Fahrleistungen zwischen 500 und 1.000 Kilometern reichen – ein Drittel mehr als bei in ihren Kapazitäten vergleichbaren Li-Ion-Batterien.

Weiter gibt Toyota an, dass die Technologie neuerdings auch schon bei Raumtemperatur funktionieren und bis spätestens 2020 serienreif sein soll. Allerdings laufen derzeit auch noch Versuche, den Schwefel zellchemisch mit anderen Leichtmetallen wie Calcium, Aluminium oder Magnesium zu kombinieren und deren Speicherfähigkeiten, das heißt deren volumetrische Energiedichten, zu überprüfen.

Sumitomo

Weiter wurde bekannt, dass der japanische Technologiekonzern Sumitomo bereits konkurrierende Zellprototypen auf NaS-Basis in Größen von 5x5 bzw. 20x20 cm entwickelt, deren Kathoden mit einem Oxid aus Natrium, Eisen, Mangan und Nickel und deren Anoden mit einem Materialgemisch aus überwiegend Kohlenstoff beschichtet worden seien. Diese benötigen aber eine Betriebstemperatur von mindestens 57 Grad Celsius.

Funktionsweise

Die NaS-Zelle ist eine Hochtemperatur-Sekundärzelle. Im Gegensatz zu vielen anderen Akkumulatoren besitzt sie eine sehr geringe elektrochemische Selbstentladung, der Wirkungsgrad zwischen Ladung und Entladung liegt im Bereich um die 70 bis 85 %. Die praktisch nicht vorhandene elektrochemische Selbstentladung wird allerdings dadurch relativiert, dass die Zelle zum Aufrechterhalten der Funktionsfähigkeit in einem hohen Temperaturbereich von ca. 300 bis 350 °C gehalten werden muss, was neben einer entsprechenden thermischen Isolierung zur kühleren Umgebung zusätzliche Heizsysteme erfordert. Wird diese für den Betrieb nötige Heizenergie der Selbstentladung zugerechnet bzw. die Heizleistung dem Akkusystem entnommen, liegt eine hohe Gesamtselfbstentladung vor. NaS-Akkus eignen sich daher nur zum kurzfristigen Speichern von Energie.

Die Anzahl der Lade- und Entladezyklen ist zwar im Vergleich zu anderen Akkutypen groß, aber, wie in der folgenden Abbildung 9 dargestellt, stark von der Entladetiefe abhängig. Wird der Akku in jedem

(Fortsetzung auf Seite 25)

(Fortsetzung von Seite 24)

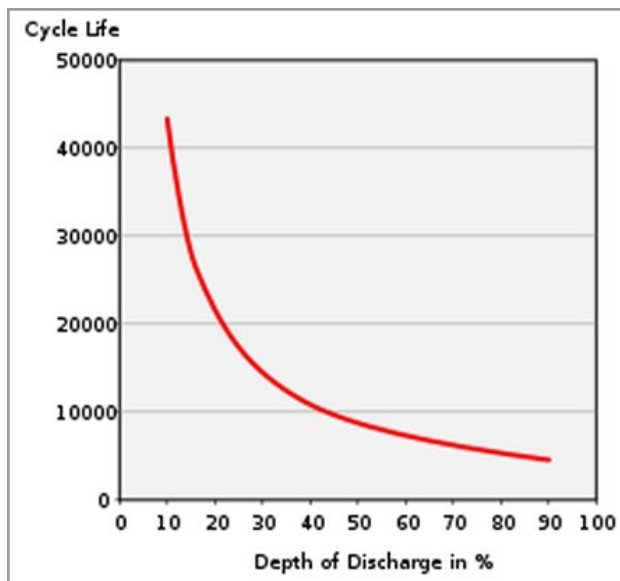


Abb. 2 – Abhängigkeit der Lebensdauer von der Entladetiefe.

Quelle: de.wikipedia.org, Urheber: wdwd

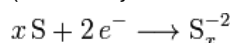
Zyklus nur sehr gering entladen, dies entspricht einer deutlichen Reduktion der effektiven Kapazität, sind einige 10.000 Ladezyklen möglich. Wird hingegen vor einer erneuten Ladung immer eine Entladung bis auf 10 % vorgenommen, reduziert sich die Anzahl auf einige 1000 Zyklen bis zu einem Ausfall. Der Verschleiß dieser gegen Tiefentladung empfindlichen Akkus ist eine Folge von thermischen Prozessen in der Zelle, dazu zählt insbesondere bei Tiefentladung das thermische Durchgehen.

Die hohe Temperatur ist notwendig, da Schwefel und Natrium in flüssiger Form vorliegen müssen. Die jeweiligen Erstarrungstemperaturen müssen weit überschritten werden, damit ein ausreichender Energiefluss zwischen den Elektroden zustande kommen kann. Während die Elektroden bei hoher Temperatur in flüssiger Form vorliegen, liegt der Elektrolyt in NaS-Zellen immer in fester Form vor. Er besteht aus einer Natriumionen leitenden Keramik, die gleichzeitig für Elektronen ein Isolator ist. Wesentlicher Bestandteil der Keramik ist Natrium-β-Aluminat (NaAl₁₁O₁₇), bei dem ab einer Temperatur von 270 Grad Celsius die Natriumionen so beweglich werden, dass eine ausreichende Leitfähigkeit besteht. Weitere mögliche Materialien sind beispielsweise Natriumoxid oder Magnesiumoxid.

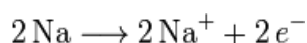
Die US-amerikanische Firma Ceramtec entwickelt (2009) in Utah eine Version, die auch bei niedrigeren Temperaturen funktioniert. Bei der Verwendung einer neuen NaSICON-Membran kann der Akku bei 90 °C betrieben werden. Dabei bleiben alle Komponenten fest.

Elektrochemie

Während der Entladung oxidiert Natrium am Natrium-β-Aluminat und bildet positiv geladene Natriumionen. Diese Ionen wandern durch den Elektrolyten und reduzieren an der positiven Elektrode den Schwefel zu Natriumpentasulfid (Na₂S₅). Nach dem Verbrauch von Schwefel reduziert sich im Bereich der Tiefentladung ein Teil des Natriumpentasulfids zu verschiedenen Formen des Natriumpolysulfids (Na₂S_{5-x}):



An der negativen Elektroden wird flüssiges Natrium oxidiert:



Bei der Ladung laufen die Vorgänge in Gegenrichtung ab. Die Gesamtreaktion lautet dann:



(Fortsetzung auf Seite 26)

(Fortsetzung von Seite 25)

Die elektrochemische Reaktion hängt von Faktoren wie Zelldesign und Temperatur ab, der Innenwiderstand beträgt ca. 35 mΩ und ist nahezu unabhängig vom Ladezustand der Zelle. Die Leerlaufspannung einer geladenen NaS-Zelle beträgt 2,076 V, wobei diese Spannung bei überwiegend vorhandenen Natriumpentasulfid (Na₂S₅) annähernd bis zu 65 % Entladung konstant bleibt. Danach, bei zunehmender Bildung der verschiedenen Natriumpolysulfide, sinkt die Zellenspannung bis zur Entladeschlussspannung von 1,78 bzw. 1,9 V annähernd linear ab. Bei einer Entladeschlussspannung von 1,9 V liegt primär Na₂S₄ vor, bei 1,78 V liegt Na₂S₃ vor. Bei weiterer, für den Akkumulator schädlicher Tiefentladung, bildet sich in der Zelle Na₂S₂, welches unerwünscht ist, da es zu einem hohen Innenwiderstand und damit großen thermischen Verlusten in der Zelle führt. Die thermische Belastung kann zur Beschädigung der Zelle führen.

Technische Daten

In folgender Tabelle sind die technischen Daten einiger aktuell am Markt erhältlicher NaS-Zellen aus japanischer Fertigung zusammengestellt. Die Bauform ist ausschließlich eine längliche, zylindrische Form.

Hersteller	Typ	Kapazität [Ah]	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Gewicht [kg]	Spez. Energie [Wh/kg]
NGK Insulators	T4.1	160	62	375	2	160
NGK Insulators	T4.2	248	68	390	2,4	202
NGK Insulators	T5	632	91	515	5,4	226
GS Yuasa		176	64	430	2,7	120
Hitachi		280	75	400	4	133

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung. Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 7 – Weitere Akkumulatoren - Manfred Richey

Silber-Zink-Akku

Teuer und geringe Lebensdauer, aber hohe Kapazität bei geringem Volumen .

Zink-Brom-Akkumulator

Bei einem Zink-Brom-Akkumulator (kurz Zink-Brom-Akku) handelt es sich um eine Ausführung des Akkumulators, bei der die Elektroden im geladenen Zustand aus Brom und Zink bestehen.



Abb. 10 - Zink-Brom-Akku mit 5 kW Leistung und einer Energiemenge von 10 kWh.

Quelle: de.wikipedia.org - Urheber: RedFlow Technologies, Diese Datei ist unter der Creative Commons-Lizenz Namensnennung 2.5 US-amerikanisch (nicht portiert) lizenziert.

Zinn-Schwefel-Lithium-Akku

Experimentelle Sekundärzelle, im März 2010 von den italienischen Forschern Bruno Scrosati und Jusef Hassoun an der Universität Rom vorgestellt. Die von den Forschern angegebene Energiedichte übertrifft mit ca. 1100 Wh/kg die aller herkömmlichen Akkus um ein Vielfaches. Da der Akkumulator kein metallisches Lithium enthält, kann eine höhere Betriebssicherheit als beim Lithium-Schwefel-Akkumulator gewährleistet werden.

Nach Angaben der Forscher ist der Weg zu einer anwendbaren Lithium-Schwefel-Batterie noch lang. Insbesondere muss die Zahl der möglichen Lade-/Entlade-Zyklen noch erhöht werden.

Silizium-Luft-Batterien

Die Silizium-Luft-Batterie könnte langfristig Lithium-Ionen-Akkus in verschiedenen Bereichen ablösen. Die Energiedichte von Silizium-Luft-Batterien ist mit über 1000 Wh/kg mehr als fünfmal höher als die von gegenwärtigen Lithium-Ionen-Batterien. Damit ist das Speicherpotenzial vergleichbar mit Lithium-

(Fortsetzung auf Seite 28)

(Fortsetzung von Seite 27)

Luft-Batterien, die sich zurzeit ebenfalls noch in der Entwicklung befinden.

Im Gegensatz zu Lithium-Luft-Batterien besteht die Silizium-Luft-Batterie aus ungiftigen Komponenten und gilt daher als besonders umweltfreundlich. Die Lebensdauer soll nach derzeitigem Wissenstand mehrere Tausende Stunden betragen.

Silizium-Luft-Batterien gelten als hocheffizient und unempfindlich gegenüber äußeren Einflüssen. Nässe und Temperaturschwankungen können ihnen kaum etwas anhaben. Lithium-Batterien dagegen reagieren explosiv auf das Eindringen von Wasser oder Luftfeuchtigkeit. Auch ist Silizium – anders als Lithium – praktisch in unbegrenzter Menge verfügbar. Es wird aus Sand gewonnen und ist eines der am häufigsten auf der Erde vorkommenden Elemente. Somit wären auch Speicher mit großer Kapazität problemlos und kostengünstig realisierbar, ohne dass auf knappe Ressourcen Rücksicht genommen werden müsste.

Zurzeit werden Silizium-Luft-Batterien in Hörgeräten erprobt, danach soll der Einsatz in anderen Klein-geräten folgen. Langfristig ist auch die Anpassung für leistungsstärkere Anwendungen für den Einsatz in Elektroautos geplant.

Allerdings müssen die Prozesse der Batteriedegradation für Silizium-Luft-Batterie noch weiter erforscht werden. Es gibt noch bisher unverstandene elektrochemische Reaktionen, die zu einem vorzeitigen Abbruch der Batterieentladung führen.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung. Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Teil 8 – Forschung - Manfred Richey

Energiespeicher der Zukunft erforschen und entwickeln

Quelle: http://www.ikts.fraunhofer.de/pressemedien/pressemitteilungen/Energiespeicher_der_Zukunft.jsp - Pressemitteilung 16. August 2012

Zentrum für Energie und Umweltchemie (CEEC) entsteht in Jena

Wer hat sich nicht schon geärgert, weil der „schwere“ Akku des Laptops nicht nur das Gewicht wesentlich erhöht, sondern auch gerade dann den Strom aufgibt, wenn man noch Wichtiges schreiben will? Als Nutzer träumt man dann von einem leichten Akku, der in kürzester Zeit wieder aufgeladen ist und danach das Gerät stundenlang mit Strom versorgt.

Damit dies nicht länger ein Traum bleibt, wird in Jena das deutschlandweit einzigartige Zentrum für Energie und Umweltchemie (Center for Energy and Environmental Chemistry Jena – CEEC Jena) entstehen. Die Politik hat gerade den Weg freigemacht und über 14 Mio. Euro zugesagt, damit das neue Forschungszentrum gebaut und eröffnet werden kann. Getragen wird es gemeinsam von der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU) und dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS. Dies sichert eine enge Verbindung von Grundlagen- und angewandter Forschung.

Keramische oder polymere Materialien für die Energiespeicherung, -erzeugung und für Umwelttechnologien

Im CEEC Jena sollen keramische oder polymere Materialien für die Energiespeicherung, -erzeugung und für Umwelttechnologien entwickelt und entsprechende Prototypen gebaut werden. Dazu existiert bereits ein breites Know-how in 12 bis 15 Arbeitsgruppen der Universität und des Fraunhofer-Instituts, die nun unter dem Dach des CEEC verknüpft werden sollen. Hinzu kommen zwei neu eingerichtete Forschergruppen sowie eine von der Carl-Zeiss-Stiftung finanzierte Juniorprofessur für Elektrochemie, die bereits in Vorbereitung der Zentrumsgründung eingerichtet wurden. „Das große gemeinsame Ziel der beiden Forschergruppen von FSU und Fraunhofer IKTS ist die Entwicklung von neuen bzw. optimierten elektrischen Energiespeichern, die zukünftig eine risikoarme, klimafreundliche und nachhaltige Energieversorgung in verschiedenen Anwendungsfeldern ermöglichen“, fasst es Prof. Dr. Ulrich S. Schubert von der Uni Jena zusammen. Der Chemiker und Initiator des CEEC verweist außerdem auf „den interfakultativen Charakter des Zentrums, wodurch wir die notwendige Masse an wissenschaftlichem Know-how für so etwas Besonderes wie ein universitäres Zentrum erhalten“.

Forschungen an drei unterschiedliche Batterietypen

Im Mittelpunkt der aktuellen Energiespeicher-Forschungen am CEEC Jena stehen drei unterschiedliche Batterietypen: Organische Radikalbatterien, Redox-Flow-Batterien sowie Hochtemperatur-Batterien (u. a. Natrium-Schwefel-Batterien). Besonders die beiden letztgenannten Batterietypen sollen die Speicherung von großen Energiemengen ermöglichen, wie sie z. B. bei Windparks oder Solaranlagen entstehen. Das Ziel der Forschergruppen ist es, praktikable Lösungen für Redox-Flow-Batterien zu entwickeln, damit diese Systeme vermehrt einsatzfähig werden. „Bisher gibt es weltweit nur sehr wenige Beispiele für einen erfolgreichen Einsatz dieser Systeme – auf Grund des hohen Preises und weil die Langzeitstabilität noch fraglich ist“, sagt Dr. Martin Hager, Leiter der Forschergruppe „Neue polymere Materialien für effiziente Energiespeicher“ an der Uni Jena. Im Gegensatz dazu sind Organische Radikalbatterien Stromspeicher für geringere Energiemengen. Ein Vorzug dieser Systeme ist, dass dank innovativer Kunststoffe prinzipiell metallfreie Batterien gebaut werden können. Ein Ziel ist hier die Entwicklung von neuen Elektrodenmaterialien, welche eine möglichst hohe Kapazität und Zellspannung ermöglichen sollen. Ergänzt werden die Arbeiten der Forschergruppe u. a. durch Ent-

(Fortsetzung auf Seite 30)

(Fortsetzung von Seite 29)

wicklungen am Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie der FSU, wo momentan polymere Materialien für die organische Radikalbatterie entwickelt werden. Diese Polymere erlauben es u. a., Batterien drucktechnisch herzustellen. Weiterhin wird daran gearbeitet Batterien produzieren zu können, welche nur organische Aktivmaterialien enthalten. Auf diese Weise können fast metallfreie Batterien aufgebaut werden. „Giftige umweltgefährdende Metalle können somit perspektivisch komplett ersetzt werden“, betont Chemiker Hager.

Forschungen zu Hochtemperaturbatterien und Kohlenstoffnanoschichten

Am Fraunhofer IKTS in Hermsdorf wurden bereits Forschungen auf den Themengebieten Hochtemperaturbatterien und Kohlenstoffnanoschichten gestartet, jeweils für stationäre Anwendungen. Die Forschergruppe „Neue keramische Materialien für effiziente Energiespeicher“ des IKTS wird sich primär auf industrielle Stromspeicher fokussieren, die auf keramischen Prinzipien beruhen. „Dies sichert eine nahezu europaweite Alleinstellungsposition“, sagt der Leiter Dr. Michael Stelter. „Es wurde in den letzten Monaten zunächst die Fähigkeit hergestellt, innovative keramische Elektrolyte aus den Grundbestandteilen zu synthetisieren bzw. aus kommerziellen Materialien herzustellen und zweifelsfrei zu befunden“, so Stelter weiter. „Beides ist gelungen.“ Das IKTS kann – zunächst im Labormaßstab – eigene Materialien herstellen. Weiterhin wurden Verfahren und Hardware entwickelt, um eigene Hochtemperaturbatterien zu bauen und zu testen. „Somit ist die Forschergruppe bereits in der Lage, das komplette elektrochemische System Batterie im Labormaßstab abzubilden“, sagt Stelter. Als nächste Schritte sind geplant: die Batterien schrittweise auf die Größe eines Milchkartons pro Einzelzelle zu verkleinern. Weiterhin wird die Chemie der Batterien fortentwickelt. Die Hermsdorfer Wissenschaftler wollen v. a. die Prozesse des schleichenden Leistungsverlustes verstehen, der die Lebensdauer der Batterie reduziert. Es wird in den kommenden Jahren ein Ziel von ca. 100.000 Stunden Lebensdauer pro Zelle angestrebt.

Ergänzt werden die Untersuchungen durch die Forschungen von Prof. Dr. Anna Ignaszak. Sie hat seit Mai die Juniorprofessur für Elektrochemie funktionaler Materialien an der FSU inne und wird sich neben der Elektrochemie von organischen Polymeren und der Optimierung von Elektrodenmaterialien zukünftig auch Brennstoffzellen widmen.

Neubau kommt

Noch arbeiten die Forscher an verschiedenen Standorten, bis als zweiter Schritt der Zentrumsbildung ein Forschungsneubau für das CEEC Jena am Jenaer Max-Wien-Platz errichtet ist. Mit 14,4 Millionen Euro – inklusive Erstausrüstung und Geräten – werden dort Forschungsflächen von über 1.200 qm entstehen. Unmittelbar an das noch im Bau befindliche „Zentrum für angewandte Forschung“ (ZAF) der Universität wird der Neubau des CEEC „angedockt“. Die Ernst-Abbe-Stiftung trägt bis zu 10 Millionen Euro. Diese Mittel stammen aus Zustiftungen des Landes an die Ernst-Abbe-Stiftung. Weitere vier Millionen Euro wird die Carl-Zeiss-Stiftung beisteuern. Die Kosten für die Erstausrüstung in Höhe von rund 400.000 Euro werden aus Landesmitteln getragen. Darüber hinaus bringt das Land das Grundstück ein. „Die durch den Neubau ermöglichten Synergien sind – auch mit Blick auf die Kosten – überzeugend“, ist sich Prof. Schubert sicher, der darauf hofft, im Sommer 2015 einziehen zu können.

Doch bis dahin sind noch zahlreiche weitere Schritte notwendig auf dem Weg zum CEEC und nicht zuletzt erfolgreiche Forschungen, damit dem Laptop in Zukunft nicht gerade dann der Strom ausgeht, bevor die wichtige Idee fixiert wurde.

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei den benannten Quellen und Manfred Richey, Nürtingen. Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung.
Anfragen bitte an: kontakt@bio-wasserstoff.info

Energie für neues Denken

Impressum

Herausgeber/Verantwortlich

Manfred Richey

Im Wasserfall 2

D-72622 Nürtingen

Telefon: 07022 - 46210

<http://www.biowasserstoff-magazin.de>E-Mail: kontakt@bio-wasserstoff.info

Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen die Meinung des Autors dar.

Das Biowasserstoff-Magazin erscheint im Abstand von 3 Monaten im PDF-Format und ausschließlich online. In den Monaten dazwischen gibt es Aktualisierungen früherer Ausgaben. Zusätzlich gibt es Themenhefte, die immer wieder ergänzt und/oder aktualisiert werden.

Wir sind ungebunden, unabhängig und frei von kommerziellen Einflüssen und wollen die Idee des Bio-Wasserstoffs als **neue umweltfreundliche Energie für alle** verbreiten.

Beiträge sind willkommen - senden Sie diese bitte online an: kontakt@bio-wasserstoff.info.

Mitstreiter / Mit-Autoren gesucht!

Anfragen bitte an: mitmachen@bio-wasserstoff.info.

Neue Speicher braucht das Land

Immer mehr Solarzellen und Windräder erzeugen umweltfreundlichen Strom. Allerdings nur dann, wenn die Sonne scheint und/oder der Wind weht. Der Stromverbrauch selbst – durch Industrie und private Haushalte – verläuft nach anderen Regeln. In der heute vorherrschenden zentralen Stromwirtschaft lassen sich Solar- und Windenergie umso schwieriger eingliedern, je höher deren Anteil wird.

Weht zu viel Wind, müssen Windräder schon mal abgeschaltet werden, weil der Strom nicht mehr im Netz aufgenommen werden kann und eine rasche Regelung der alten, fossilen oder Atomkraftwerke wegen deren Trägheit nicht möglich ist. So geht wertvolle erneuerbare und umweltfreundliche Energie verloren bzw. wird teilweise nicht genutzt.

Neben der angedachten Umwandlung solchen überschüssigen Stroms in Wasserstoff ist auch eine Speicherung in Akkumulatoren eine Überlegung wert. Dies gilt besonders dann, wenn Solarstrom dezentral auf Hausdächern erzeugt und zuerst dem Eigenverbrauch zugeführt wird. Hier kommen zurzeit Modelle auf den Markt, die überschüssigen Strom aus diesen dezentralen Anlagen direkt vor Ort in Akkus speichern. Nachts oder bei trübem Wetter kann dann dieser gespeicherte Strom für den Eigenverbrauch verwendet werden.

Das entlastet die Netze und würde – bei raschem Ausbau solcher Anlagen – einen weiteren Ausbau der Stromnetze verringern oder gar überflüssig machen.

Ein weiteres Problem sind Elektroautos, die, wenn es nach der deutschen Bundesregierung geht, bis in einigen Jahren zu Millionen auf der Straße fahren sollen. Auch hier werden neue und leistungsfähigere Akkumulatoren benötigt. Auch wenn die meisten Menschen überwiegend kurze Strecken unter bzw. bis zu 80 Kilometer fahren, kann es doch immer wieder vorkommen, dass man eine längere Strecke fahren muss. Aus meiner Sicht haben Elektroautos nur dann eine Chance, sich in größeren Stückzahlen durchzusetzen, wenn die Reichweite auf 250 bis 500 km erhöht werden kann. Und wenn die Preise für solche Autos bezahlbar sind – also im Bereich eines heutigen Mittelklassefahrzeugs liegen.

Die beste mobile Lösung wäre natürlich der Einsatz von Brennstoffzellen und Wasserstoff, kombiniert mit SuperCaps und Akkumulatoren, die dann für Stütz- und Pufferfunktionen handlich klein sein können. Im Bereich Energie für Industrie und Wohnanlagen würden sich ebenfalls Brennstoffzellengeräte anbieten, die dann sowohl Strom als auch Wärme bzw. im Sommer Kühlung erzeugen. Der Wasserstoff könnte direkt aus den vorhandenen Gasleitungen kommen.

Dann hätten wir eine (echte) Wasserstoffwirtschaft mit all ihren Vorteilen wie problemlose Speicherung (allein das Rohrnetz ist ein großer Speicher), unproblematischen Druckverhältnissen und so gut wie keinen (Durch-)Leitungsverlusten. So, wie wir das bereits in unserer Erstausgabe – Heft 1, November 2007 beschrieben haben. Aber weil es wohl noch ein langer und steiniger Weg bis dahin ist, brauchen wir neue, bessere und leistungsfähigere Akkumulatoren.

Nürtingen, im September 2013 - Manfred Richey

Wir müssen Druck machen - auf die Politiker. Damit neue Energien und ein rascher Umstieg in eine echte (Bio-)Wasserstoffwirtschaft auf den Weg gebracht werden!