

Metall-Luft-Batterien

Der zukünftige Nutzungsgrad der elektrischen Energieform insbesondere im Bereich der Mobilitätsanwendungen wird wesentlich von der Entwicklung deutlich verbesserter elektrochemischer Energiespeicher abhängen. Besondere Fortschritte erwartet man sich hier von wieder aufladbaren Metall-Luft-Batterien. Bei diesen wird die elektrische Energie durch die chemische Reaktion von Metallen mit Sauerstoff freigesetzt. Damit nehmen sie unter den Batterien eine Sonderstellung ein, da der Reaktionspartner Sauerstoff über eine spezielle Elektrode aus der Umgebungsluft gewonnen wird und somit nicht in der Batterie vorgehalten werden muss. Daher lassen sich mit diesen Systemen prinzipiell deutlich höhere Speicherdichten realisieren als mit bisherigen Batterietypen. Derzeit befinden sich diverse Typen von Metall-Luft-Batterien in der Entwicklungsphase, die jeweils auf unterschiedlichen Metallen basieren.

Heute bereits eingesetzte Metall-Luft-Batterien sind im Gegensatz z.B. zu den bekannten Lithium-Ionen-Batterien nicht wieder aufladbar. Dazu gehören die Zink-Luft-Batterien, die mit ihrer hohen Speicherdichte die ideale Stromversorgung für Hörgeräte bieten, wo sie im Permanentbetrieb nur geringe Leistungen abgeben müssen. Eine prinzipielle Möglichkeit zur Wiederaufladung von Metall-Luft-Batterien wäre das mechanische Ersetzen des verbrauchten Metalls, derartige Systeme haben sich aber bislang nicht durchsetzen können. Dies liegt vor allem im logistischen Aufwand begründet, denn die verbrauchten Metallelektroden müssten ersetzt und das in der chemischen Entladereaktion verbrauchte Metall recycelt werden.

Aus Gründen der Praktikabilität und der Ressourcenschonung zielen weltweite Forschungsanstrengungen heute darauf ab, die chemische Reaktion in Metall-Luft-Batterien reversibel zu machen, um so zu elektrisch wieder aufladbaren Systemen zu kommen. Die diesbezüglichen Forschungsanstrengungen waren für viele Jahre ins Stocken geraten, da einerseits die technologischen Hürden sehr hoch waren und andererseits die aufkommenden Lithium-

Ionen-Batterien bereits sehr deutliche Steigerungen bei der Speicherdichte mit sich brachten. Allerdings lassen sich mit den so erreichten Batterieleistungen die Ansprüche aus den Bereichen Elektromobilität und Strompufferung in einem Netz mit weiter zunehmendem Anteil an regenerativer Energiegewinnung nicht erfüllen. Daher wird derzeit parallel an unterschiedlichen Metall-Luft-Batterien gearbeitet, die sich hinsichtlich der Metallkomponente und damit verbunden auch bezüglich der erreichbaren Speicherdichte und des Entwicklungsrisikos unterscheiden. Die größte Herausforderung besteht dabei in der Erhöhung der derzeit noch geringen Lebensdauer dieser Batterien, bei denen die sehr komplexen chemischen Lade- und Entladungsvorgänge noch nicht ausreichend verstanden und beherrscht werden. So bedarf es z.B. generell noch wesentlich effizienterer und zuverlässigerer Sauerstoffelektroden, an denen der Luftsauerstoff sowohl reduziert als auch wieder erzeugt werden kann.

Besonders an der Realisierung von Lithium-Luft-Batterien wird intensiv geforscht. Da Lithium von allen Metallen das höchste elektrochemische Potential aufweist, bieten diese Batterien von allen Metall-Luft-Systemen die mit Abstand höchste Energiedichte. Im Vergleich zum heutigen Stand der Technik könnten auch in der Praxis etwa zehnfach höhere Energiedichten erreicht werden, so dass Elektroantriebe auf Basis solcher Batterien konkurrenzfähig zu heutigen Benzinmotoren wären. Die größten Herausforderungen liegen derzeit bei der Erzielung einer akzeptablen Ladezyklenzahl und der Reduzierung der Spannungsverluste beim Laden und Entladen.

Bei der eng verwandten Natrium-Luft-Batterie sind die Verluste im Vergleich dazu deutlich geringer. Bei dieser noch neueren Batterievariante liegt die theoretische Energiedichte zwar verglichen mit Lithium um die Hälfte niedriger, dennoch stellt sie eine interessante Alternative dar, vor allem, da der Rohstoff Natrium problemlos verfügbar ist. Somit könnten Natrium-Luft-Batterien vor allem bei stationären

Großbatterien in Stromnetzen zukünftig eine Rolle spielen. Ähnlich interessante Eigenschaften hat auch die ebenfalls erst seit kürzerer Zeit in der Entwicklung befindliche Silizium-Luft-Batterie, für die die Rohmaterialien in besonders großer Menge vorhanden sind.

Parallel zur Lithium-Luft-Batterie wird auch schon seit längerem intensiv an der Realisierung einer wieder aufladbaren Zink-Luft-Batterie gearbeitet. Im Vergleich zu Batterien mit Lithium oder Natrium sind hier alle Komponenten unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Damit muss die Fertigung nicht in einer Schutzatmosphäre erfolgen. Zusätzlich sind die Rohstoffkosten für das Zinkmetall und die wässrigen Elektrolyte wesentlich geringer, so dass Zink-Luft-Batterien für viele Anwendungszwecke ökonomischer sein könnten als Lithium-Luft-Batterien, allerdings bei etwa dreifach geringerer Energiedichte.

Weitere wiederaufladbare Metall-Luft-Batterien, die derzeit Gegenstand breiterer Forschungsanstrengungen sind, basieren auf Aluminium oder Magnesium als Elektrodenmaterial. Sie werden vor allem als für die Stromspeicherung in großen stationären Anlagen geeignet angesehen, da sie zwar nicht die Speicherdichte von Lithium-Luft-Batterien erreichen können, dafür aber unter Berücksichtigung der Kosten und der Umweltfreundlichkeit einen guten Kompromiss darstellen.

Elektrisch wieder aufladbare Metall-Luft-Batterien könnten bereits in einem bis zwei Jahrzehnten auf dem Markt zum Durchbruch kommen. Dies würde einen großen Schub für die Elektromobilität bedeuten und hätte entsprechende Auswirkungen auf den gesamten Energiemarkt. Bis dahin müssen jedoch noch vielfältige Herausforderungen bezüglich des Verständnisses und der Beherrschung der zugrundeliegenden chemischen Reaktionen überwunden werden. Dabei ist noch offen, welche Typen sich letztendlich durchsetzen werden. In der Zwischenzeit werden voraussichtlich andere Batterietypen, wie z.B. die Lithium-Schwefel-Batterie, für evolutionäre Fortschritte bei der Stromspeicherung sorgen.

Dr. Ulrik Neupert