

Natrium-Ionen-Batterien

Von entscheidender Bedeutung für den weiteren Erfolg der sog. Energiewende ist die praktikable und flächendeckende Nutzbarmachung regenerativ erzeugter elektrischer Energie. Eine herausragende Rolle spielen dabei geeignete Energiespeicher. Vor allem im Bereich mobiler Anwendungen finden hier Lithium-Ionen-Batterien (LIB) eine rasant zunehmende Verbreitung. Allerdings treten damit auch die mit deren Einsatz verbundenen Probleme z. B. hinsichtlich des Bedarfs an kritischen Ressourcen immer mehr in den Vordergrund. Abhilfe erhofft man sich von der Nutzbarmachung neuartiger, sog. Post-Lithium-Batterien. Zu den vielversprechendsten Alternativen gehören die Natrium-Ionen-Batterien (NIB), die keine knappen Rohstoffe benötigen und zu bemerkenswerten Kosteneinsparungen führen könnten. Nachdem die wissenschaftlichen Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet seit 2013 stark zugenommen haben, sind heute erste kommerzielle Natrium-Ionen-Zellen im Markt. In Summe muss aber immer noch von einem niedrigen Technology-Readiness-Level dieses Batterietyps gesprochen werden. Außerdem werden NIB schon prinzipbedingt die lithiumbasierten Systeme nicht in allen Einsatzbereichen ersetzen können.

Zentrale Parameter von Batterien (wie international üblich werden damit hier elektrisch wieder aufladbare Zellen bezeichnet, im deutschen Sprachgebrauch auch Akkumulatoren genannt) sind die auf das Volumen oder das Batteriegewicht bezogene entnehmbare Energie (volumetrische bzw. gravimetrische Energiedichte) sowie die abgebbare Leistung (volumetrische bzw. gravimetrische Leistungsdichte). Von großer Bedeutung sind weiterhin die Zahl der praktisch realisierbaren Ladungs- und Entladungszyklen (Zykluszahl) sowie die Selbstentladung durch rückwärts ablaufende Reaktionen. Wesentliche Kennzeichnungsmerkmale von Batterien sind darüber hinaus die verwendeten Kathoden- und Anodenmaterialien sowie der Elektrolyt.

Die Entwicklung von NIB profitiert von der Ähnlichkeit der beiden Alkali-Metalle Lithium und Natrium hinsichtlich ihrer chemischen, aber auch der physikalischen

Eigenschaften. So ist es ein Vorteil, dass zur Produktion der Zellen die für die Fertigung von LIB verwendeten Anlagen mit relativ geringem Aufwand angepasst werden können. Je nach realisierbaren Stückzahlen der Natriumzellen sollen die Kosten pro installierter Kilowattstunde auf bis zu ein Fünftel derer für lithiumbasierte Systeme sinken. Dazu soll auch beitragen, dass die Elektroden der NIB ähnlich wie bei der traditionellen Bleitechnologie mit sehr dicken Schichten versehen werden. Daraus wiederum resultiert außerdem eine besondere Robustheit der Technologie. Diese Post-Lithium-Technik ist nicht brennbar und bietet damit eine Batterie, die weder entflammbar noch explosiv und absolut berührungssicher ist.

Besonders große Vorteile der NIB liegen bei den eingesetzten Materialien. Sie kommen an der Kathode ohne Kobalt, Nickel und Lithium aus und basieren stattdessen auf dem in der Natur im Übermaß vorkommenden Natrium (Kochsalz Natriumchlorid). Dazu kommen Elemente wie Mangan, Eisen oder Magnesium. Je nach Typ kommt eine Anode mit einem Aktivmaterial auf Kohlenstoff-Basis, einem sogenannten Hard-Carbon, zum Einsatz. Dieses kann mit einem deutlich geringeren Energieeinsatz hergestellt werden als Graphit, das in LIB verwendet wird. Als Stromableiter an der Anode kann Aluminium anstelle des teuren Kupfers eingesetzt werden.

Die wesentlichen Nachteile der natriumbasierten Systeme gegenüber den LIB basieren letztlich auf dem im Vergleich zum Lithium deutlich größeren Durchmesser der Natrium-Atome bzw. -Ionen. So ergibt sich durch die aus der Ionenlänge resultierende niedrigere intrinsische Dichte natriumbasierter Verbindungen insgesamt eine um ca. 40 Prozent niedrigere Energiedichte.

Außerdem ist es eine besondere Herausforderung, für die Kathode der NIB kristallographische Strukturen mit für die „Beherbergung“ von Natrium-Ionen geeigneten Gitterplätzen zu finden. Hier hat es in letzter Zeit bemerkenswerte Fortschritte gegeben, z.B. auf der Basis von NaCrO_2 . Ähnliches gilt für die Anodenseite. Hier sind die schon erwähnten Hard-Carbon-Materialien eine interes-

sante Lösung. Die am häufigsten vorgeschlagenen Elektrolyte für NIB sind, analog zu den lithiumbasierten Systemen, Lösungen von Natriumsalzen (daher der für bestimmte Typen von NIB auch verwendete Name „Salzwasserbatterien“).

Ein ebenfalls nicht zu unterschätzender Nachteil der NIB ist die Tatsache, dass Natrium reaktiver ist als Lithium. Deshalb muss eine unerwünschte Metallabscheidung auf der Elektrodenoberfläche verhindert werden, um die Sicherheit des Systems zu gewährleisten. Der angesprochene Nachteil der größeren Atomdurchmesser hat aber auch einen Vorteil. So bewegen sich Natrium-Ionen aufgrund der durch die Größe verringerten Diffusionsgeschwindigkeit langsamer, und so entstehen kleinere Kurzschlussströme. Als Folge entwickelt sich dann wesentlich weniger Wärme und die benötigten Sicherungsmaßnahmen sind geringer.

Anwendungen werden NIB aufgrund der angesprochenen Nachteile insbesondere bei der Energiedichte eher nicht für tragbare Elektronik oder in der Elektromobilität finden. Allerdings bietet diese neue Technologie auf Grund Ihrer Materialeigenschaften großes Potential für zukünftige (quasi-)stationäre Speicheranwendungen, vom Heimspeichermarkt bis zur elektrifizierten Schifffahrt. Für diese angedachten stationären Anwendungen spielt die geringe Energiedichte eine untergeordnete Rolle. Ersetzt werden sollen vor allem Lithium-Ionen-Batterien in klassischen Heimspeichern, Notstrompufferungen und anderen, stationären Anwendungen. NIB mit Salzwasser-Elektrolyten sind ideal für alle Gebäude, in denen Sicherheit eine sehr wichtige Rolle spielt und keinerlei giftige Materialien zum Einsatz kommen dürfen. Insbesondere private Hausbesitzer, Unternehmen, Schulen und landwirtschaftliche Betriebe wollen zudem kein Risiko bezüglich Brand- oder Explosionsgefahr eingehen. Im Augenblick laufen die Forschungen auch im Hinblick auf Anwendungen zur Netzstabilisierung auf Hochtouren. Bis zur großtechnischen Einsetzbarkeit von Natrium-Ionen-Batterien ist es aber immer noch ein weiter Weg.

Jürgen Kohlhoff