

Das Element Natrium

Ob in Meerwasser oder als Bestandteil mineralischer Verbindungen, Natrium ist über den Globus verteilt allgegenwärtig. Es ist das sechsthäufigste Element in der Erdkruste und steht damit, im Gegensatz zu Lithium, quasi unbegrenzt zur Verfügung. Da es ebenso wie Lithium ein Element der ersten Hauptgruppe ist, verfügt es über sehr ähnliche Reaktivität bei geringerer Toxizität. Naheliegender ist es also, elektrochemische Energiespeicher auf Basis von Natriumverbindungen und auch elementarem Natrium zu konzipieren.

Natrium als Energiespeicher

Dabei sind natriumbasierte Energiespeicher alles andere als ein Newcomer. Schon in den 80er-Jahren wurden sogenannte Hochtemperatur-Batterietechnologien wie Natrium-Nickelchlorid (Na-NiCl_2 / ZEBRA) und Natrium-Schwefel (NaS) entwickelt. Das Leichtmetall kommt bei ca. 300 °C in geschmolzener Form zum Einsatz, während es durch eine keramische, Na^+ -selektive Membran von der positiven Elektrode getrennt wird. Die bekannteste und in den genannten Systemen benutzte Membran ist $\text{Na-}\beta''\text{-Aluminat}$, welches separat ausgestellt ist. Flüssiges Natrium besitzt exzellente thermische und elektrische Eigenschaften, während gleichzeitig die Korrosivität durch die Wahl geeigneter Stähle sehr gut kontrolliert werden kann.

Ausgewählte Eigenschaften von Lithium und Natrium ^{[1] [2]}

| | Lithium | Natrium |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Verfügbarkeit | 0,006 % | 2,6 % |
| Potential vs. SHE* | -3,04 V | -2,71 V |
| Kapazität (Metall) | 3862 mAh g ⁻¹ | 1165 mAh g ⁻¹ |
| Ionenradius | 0,076·10 ⁻⁹ m | 0,102·10 ⁻⁹ m |

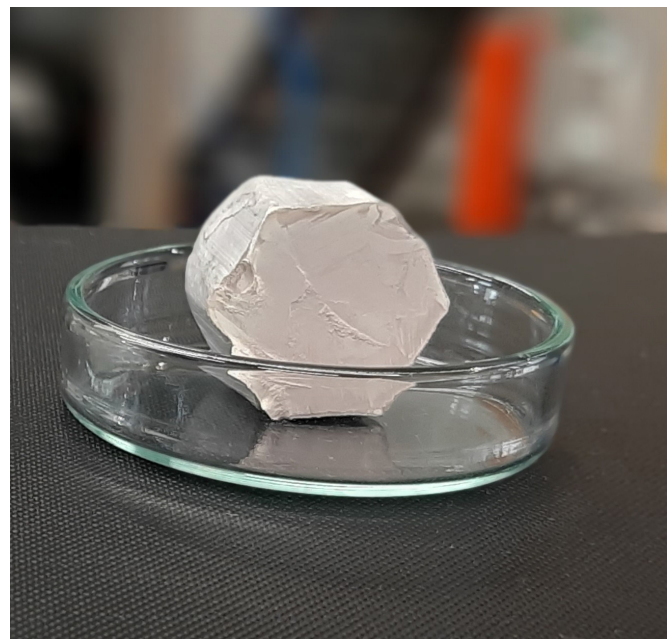
[1] A. F. Hollemann, N. Wiberg; Lehrbuch der Anorganischen Chemie 102nd edition, 2008, De Gruyter.

[2] E. Riedel; Anorganische Chemie 6th edition, 2004, De Gruyter.

* vs. Standard Hydrogen Electrode

Vielversprechende Post-Lithium-Technologie

Hochtemperatursysteme können jedoch nicht den Markt mobiler Nutz- und Endgeräte bedienen. Mit Blick auf die Natrium-Ionen-Batterie (NIB) bei Raumtemperatur stellt Na^+ andere Bedingungen an die Materialien beider Elektroden und den Elektrolyten als es Li^+ tut. Mit einem simplen Austausch des Alkalimetall-Ions wird noch keine funktionierende NIB erhalten und es wird intensiver als je zuvor an Materialien geforscht, die diesen Bedingungen gerecht werden. So ist der für Lithium-Ionen-Batterien bewährte Graphit eine ungeeignete Wahl für die negative Elektrode von NIBs und es wird beispielsweise auf Hard Carbons als Alternative zurückgegriffen. Nicht nur der Ersatz von Lithium durch Natrium allein bietet ökologische und kostentechnische Vorteile. Vor allem erlaubt der Umstand des höheren Reduktionspotentials die Substitution weiterer kritischer Komponenten, wie z. B. den Kupferstromableiter, weshalb die NIB derzeit als die in vielen Bereichen vielversprechendste Post-Lithium-Ionen-Technologie gehandelt wird.



Unter Normalbedingungen ist Natrium ein wachswaches, silberglänzendes und hochreaktives Metall.



Sodium as an alternative to lithium in electrochemical energy storage systems

The element sodium

In sea water or as part of mineral components, sodium is omnipresent and equally distributed over the globe. It is the sixth-most element in earth's crust and, contrary to lithium, of almost infinite abundance. Because it is an element from the first main group, too, sodium possesses very similar properties with respect to reactivity while it is of less toxicity. Hence, it appears obvious to design electrochemical energy storage devices based on sodium compounds and even elemental sodium.

Sodium for energy storage

However, sodium-based energy storage devices are far from being a total newcomer. Already in the 80's so-called high-temperature battery technologies like sodium-nickel chloride (Na-NiCl₂ / ZEBRA) and sodium-sulfur (NaS) have been developed. Therein, the light metal is utilized in molten state at about 300 °C, while it is separated from the positive electrode by an ion-selective, ceramic membrane. A well-known and established membrane is Na-β"-aluminate which is on exhibition separately. Liquid sodium has excellent thermal and electrical properties while its' corrosivity can be controlled by selected stainless steel type.

Selected properties of lithium and sodium [1] [2]

| | Lithium | Sodium |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Abundance | 0,006 % | 2,6 % |
| Potential vs. SHE* | -3,04 V | -2,71 V |
| Capacity (metal) | 3862 mAh g ⁻¹ | 1165 mAh g ⁻¹ |
| Ion radius | 0,076·10 ⁻⁹ m | 0,102·10 ⁻⁹ m |

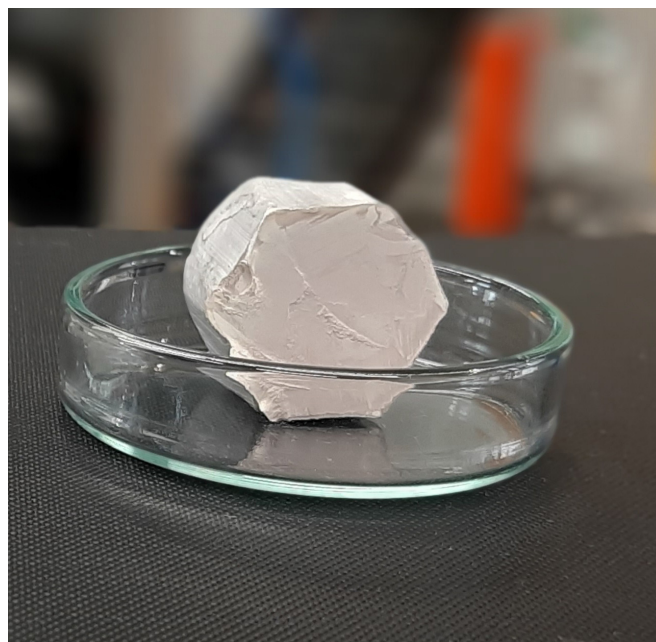
[1] A. F. Hollemann, N. Wiberg; Lehrbuch der Anorganischen Chemie 102nd edition, 2008, De Gruyter

[2] E. Riedel; Anorganische Chemie 6th edition, 2004, De Gruyter

* vs. Standard Hydrogen Electrode

Promising post-lithium technology

Obviously, high-temperatures systems can't serve as supply for mobile consumer electronics. Considering the room-temperature sodium-ion battery (NIB), Na⁺ requires different electrode as well as electrolyte properties than Li⁺ does. A simple exchange of the alkali metal ion won't end up in a proper NIB and, therefore, research activities on materials that meet these requirements were never more intense. In lithium-ion batteries proven graphite electrodes are unsuitable in case of NIBs and hard carbon alternatives are taken into account, for instance. Not only the exchange of lithium by sodium implies ecological and economical advantages. Especially the circumstance of higher reduction potential allows the substitution of further critical components like copper current collectors. Thus, the NIB is currently discussed as the most promising post-lithium-ion technology.



Under normal conditions, sodium is a waxy, silvery, highly reactive metal.

Dr. Lukas Medenbach

Fraunhofer-Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS
August-Broemel-Str. 8, 99310 Arnstadt
Phone: +49 3628 58172-35
lukas.medenbach@ikts.fraunhofer.de

