

UNTERRICHTS MATERIALIEN

chemie



Akkumulatoren – eine spannende Angelegenheit

Aufbau, Funktion und Leistung verschiedener Akkus im Vergleich

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Chemie

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Vervielfältigung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und angefragt. Sollten dennoch an einzelnen Materialien weitere Rechte bestehen, bitten wir um Benachrichtigung.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die für Experimente nötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu versorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Klett Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 7141 62900-0
Fax +49 7141 62900-10
schule@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Beate Rapp
Satz: Kaiser MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Bildnachweis Titel: © Thinkstock/iStock
Direktor: Josef Mayer

Akkumulatoren – eine spannende Angelegenheit

Autoren: Dr. Ruggero Noto La Diega und Dennis Dietz

Methodisch-didaktische Hinweise	1
Material	3
M 1: Der Bleiakkumulator	3
M 2: Der Lithium-Ionen-Akku	6
M 3: Die Natrium-Schwefel-Batterie: Aufbau und Funktion	9
M 4: Die Natrium-Schwefel-Batterie: Geschichte und Anwendung	11
M 5: Vor- und Nachteile der einzelnen Akkumulatoren	14
Lösungsvorschläge	19
M 1: Der Bleiakkumulator	19
M 2: Der Lithium-Ionen-Akku	24
M 3: Die Natrium-Schwefel-Batterie: Aufbau und Funktion	27
M 4: Die Natrium-Schwefel-Batterie: Geschichte und Anwendung	30
M 5: Vor- und Nachteile der einzelnen Akkumulatoren	32
Literatur	36

Kompetenzprofil

- Niveau: vertiefend
- Fachlicher Bezug Galvanische Zellen: Batterie und Akkumulator
- Methode: Einzelarbeit, Partnerarbeit, einzelne Akkus als Klausuraufgabe
- Basiskonzepte: Konzept der chemischen Reaktion
- Erkenntnismethoden: Nutzung geeigneter Modelle
- Kommunikation: Recherche in unterschiedlichen Quellen
- Bewertung/Reflexion: Sicherheitshinweise reflektieren, Aussagen beurteilen
- Inhalt in Stichworten: Bleiakkumulator, Lithium-Ionen-Akku, Natrium-Schwefel-Batterie, Redoxreaktion, Synproportionierung, Disproportionierung, Modellversuch, Energiedichte

Akkumulatoren – eine spannende Angelegenheit

Methodisch-didaktische Hinweise

Das Leben in einer digitalisierten und mobilen Gesellschaft benötigt sehr elektrische Energie. In Smartphones und Tablets spielen **Lithium-Ionen-Akkus** eine bedeutsame Rolle. Elektrische Energie wird aber auch benötigt, um das Auto zu starten – dafür gibt es den **Bleiakkumulator**. Akkumulatoren – kurz Akkus – eignen sich damit als Kontext für eine materialgestützte Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext. Unserer Beitrag ist der fachsystematische Fokus auf den Bleiakkumulator, den Lithium-Ionen-Akkumulator und die im schulischen Kontext weniger bekannte **Natrium-Schwefel-Batterie** gerichtet. Die Materialien sind dabei so angeordnet, dass einzelne Akkumulatoren separat behandelt werden können, um dem Lehrenden im Einsatz eine größere Flexibilität zu ermöglichen. Da die Natrium-Schwefel-Batterie eher unbekannt ist, werden hierzu zwei Materialien angeboten. Das zweite Material beinhaltet zusätzliche Informationen zur Geschichte dieser Batterie und kann beispielsweise als Zusatzmaterial im Sinne der Differenzierung eingesetzt werden. Die Aufgaben zu jedem Akkumulator sind so angeordnet, dass sie zunehmend anspruchsvoller werden. Im fünften Material sind die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, die einzelnen Batterien hinsichtlich verschiedener Kriterien zu vergleichen. Dazu stehen verschiedene Informationen in Form von Texten, Tabellen und Grafiken zur Verfügung, womit die für die Abiturprüfungen wichtige Kompetenz geübt wird, vielfältige Informationen aus kontinuierlichen und diskontinuierlichen Formaten zu gewinnen und in Beziehung zu setzen.

In dieser Lernaufgabe werden Kompetenzen aus allen Kompetenzbereichen gefördert. Zu jedem Akkumulator müssen Reaktionsgleichungen formuliert und Oxidationszahlen aufgestellt werden, was dem Basiskonzept der chemischen Reaktion entspricht. Das Skizzieren des Aufbaus und der kritische Umgang mit Modellen gehört zum Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. Die Kompetenzen mündliche Kommunikation und Bewertung werden vor allem bei der Arbeit mit dem fünften Material gefördert. Hier müssen Informationen aus unterschied-

lichen Quellen entnommen werden. Das Vergleichen anhand verschiedener Informationen führt zu einer Beurteilung der Eignung einzelner Akkus je nach Anwendungsgebiet, was dem Kompetenzbereich der Bewertung zuzurechnen ist. Trotz alledem werden auch in den Materialien zu den einzelnen Akkus vereinzelt Fragen zur Bewertungskompetenz gestellt. So sollen Aussagen von Herstellern und Sicherheitshinweise beurteilt werden.

Unterrichtsverlauf:

Es kann mit den Arbeitsaufträgen flexibel umgegangen werden. So können einzelne Aufgaben herausgenommen und als Hausaufgabe erteilt werden. Es können einzelne Akkus separat und im Vergleich mit den anderen behandelt werden. Ebenso können die Materialien und Aufgaben zu einzelnen Akkus als Klausuraufgaben verwendet werden.

Zeitbedarf:

Als zeitlichen Rahmen für diese Aufgabe werden 15 min empfohlen.

M 1 Der Bleiakкумуляtor

Der Bleiakкумуляtor ist heutzutage vor allem bekannt als Starterbatterie für Kraftfahrzeuge. Entwickelt wurde der Bleiakкумуляtor bereits 1854 vom deutschen Mediziner und Physiker Wilhelm Josef Sinsteden. Dieser stellte zwei Bleiplatten so in ein Gefäß mit Schwefelsäure, dass sich diese nicht berührten. Nach dem Anschließen einer Spannungsquelle lud und entlud dieser die Batterie einige Male und erhielt auf diese Weise eine funktionierende Batterie. An einer Bleiplatte bildete sich Blei(IV)-oxid während die andere Bleiplatte mit reinem Blei beschichtet war.

Beim Entladungsvorgang wird das Blei an der Anode zu Blei(II)-Ionen oxidiert. An der Kathode wird das Blei(IV)-oxid dagegen zu Blei(II)-Ionen reduziert. An beiden Elektroden wird also als Reaktionsprodukt das Blei(II)-sulfat gebildet. Diese Entladungsprozesse liefern eine Spannung von ca. 2 V. In einer „12-Volt-Autobatterie“ werden also sechs dieser Blöcke in Reihe geschaltet. 1859 entwickelte dazu der französische Physiker Gaston Planté die spiralförmige Anordnung der Bleiplatten, die vom Prinzip her noch heute in Bleiakкумуляtoren verwendet wird. Beim Ladevorgang werden die genannten chemischen Reaktionen umgekehrt. An der Anode werden die Blei(II)-Ionen des Bleisulfats zu Blei(IV)-oxid oxidiert, während die Blei(II)-Ionen an der Kathode zu Blei reduziert werden. Als Elektrolytlösung wird 30%ige Schwefelsäure verwendet, da diese bei dieser Konzentration die höchste elektrische Leitfähigkeit besitzt. Anhand der Dichte der Schwefelsäure kann auf den Ladungszustand der Batterie geschlossen werden.

Tab. 1.1: Dichte der Schwefelsäure in einem Bleiakкумуляtor in Abhängigkeit vom Ladungszustand

Ladungszustand in %	Dichte der Schwefelsäure in kg/l
0	1,10
25	1,12
50	1,16
75	1,21
100	1,26

In der Tabelle 1.1 kann man sehen, dass der Bleiakkumulator mit zunehmendem Ladungszustand eine höhere Schwefelsäuredichte aufweist. Den Zusammenhang zwischen dem Ladungszustand einer Autobatterie und der Dichte der Schwefelsäure kann man auch theoretisch herleiten: Wenn man für die Redoxhalbreaktionsgleichungen des Ladevorgangs die jeweiligen Nernst'schen Gleichungen formuliert und die Potenzialdifferenz aus dem Anoden- und dem Kathodenpotenzial bildet, erhält man die folgende Gleichung:

$$\Delta E = \Delta E^0 + 0,059 \text{ V} \cdot \lg [\text{H}_2\text{SO}_4]$$

Anhand dieser einfachen Gleichung ist zu erkennen, dass die Potenzialdifferenz und damit die Spannung nur von der Konzentration und damit von der Dichte der Schwefelsäure abhängig ist.

Betrachtet man die elektrochemische Spannungsreihe der Metalle, so dürfte der Bleiakkumulator eigentlich gar nicht funktionieren. So weist die Bezugzelle Wasserstoff-Ion/Wasserstoff, die per Definition ein Standard-Einzelpotenzial von 0 V besitzt, ein geringeres Einzelpotenzial auf als das Bezugssystem Blei(IV)/Blei(II) mit 1,46 V. Damit müsste beim Ladevorgang eigentlich die Protonen anstelle des Blei(IV)-oxids unter Bildung von Wasserstoff reduziert werden. Die Bildung von Wasserstoff ist jedoch kinetisch gehemmt. In der Elektrochemie spricht man auch von einer hohen Überspannung des Wasserstoffs im Vergleich zum Metall Blei. Die Bildung von Wasserstoff sollte beim Ladevorgang dadurch vermieden werden, dass die Ladespannung nicht zu hoch gewählt wird. Ansonsten könnte durch den vorhandenen Sauerstoff in der Luft Knallgasgemische entstehen, die Explosionen verursachen können.

Immer wieder hört man von Unfällen durch den fehlerhaften Umgang mit Autobatterien, die zustande kommen, wenn das Auto nicht mehr „anspringt“. Auf der Internetseite des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt- und Verbraucherschutz findet man u.a. folgende Hinweise zum Umgang mit Bleiakkumulatoren:

Raum gut lüften

- Ladegeräte mit hoher Leistung verwenden
- Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen
- beim Transport Trageschlaufen oder Tragegriffe verwenden, für größere Strecken einen geeigneten Behälter nutzen

M 3 Die Natrium-Schwefel-Batterie: Aufbau und Funktion

Die Natrium-Schwefel-Batterie findet vor allem Anwendung zum Auslagern und Speichern von Spitzenleistungen bei der Stromproduktion sowie zur Stabilisierung von Stromnetzen. Eine Besonderheit der Natrium-Schwefel-Batterie verleiht sie im Vergleich mit sonstigen Akkumulatoren wie zum Beispiel dem Bleiakkumulator oder Lithium-Ionen-Batterien ist der Aggregatzustand ihrer Bestandteile. So sind die Elektroden einer Natrium-Schwefel-Batterie je aus flüssigem Natrium und aus flüssigem Schwefel, während der Elektrolyt aus einem festen Keramikmaterial besteht, dessen Hauptbestandteil Natrium- β -Aluminat ($\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$) ist. Dieses Material ist ab ca. 270 °C für Natrium-Ionen durchlässig, was für diese Akku, zusammen mit den jeweiligen Schmelztemperaturen der Elektrodenmaterialien, die flüssig vorliegen müssen, eine hohe Betriebstemperatur von ca. 270 bis 350 °C notwendig macht, somit die Natrium-Schwefel-Batterie zu den Klasse der Hochtemperaturbatterien gehört. Die festen Kontakte bestehen aus Stahl für die Natrium-Halbzelle und aus einem Gewebe aus Kohlenstofffaser für die Schwefel-Halbzelle. Jegliches Eindringen von Wasser muss unbedingt vermieden werden.

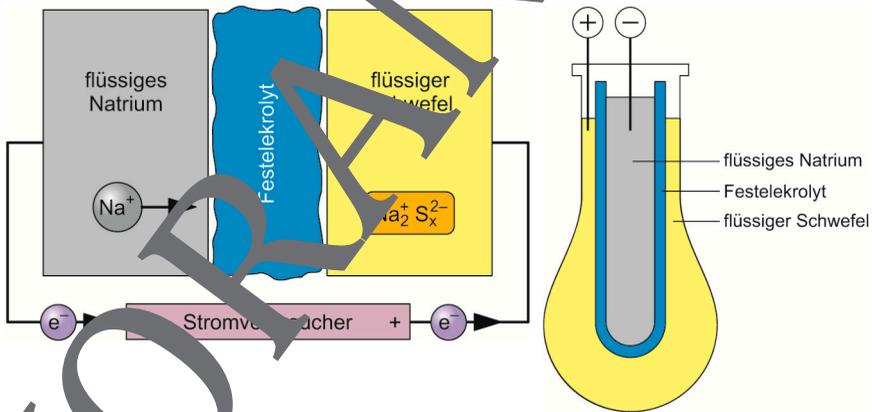
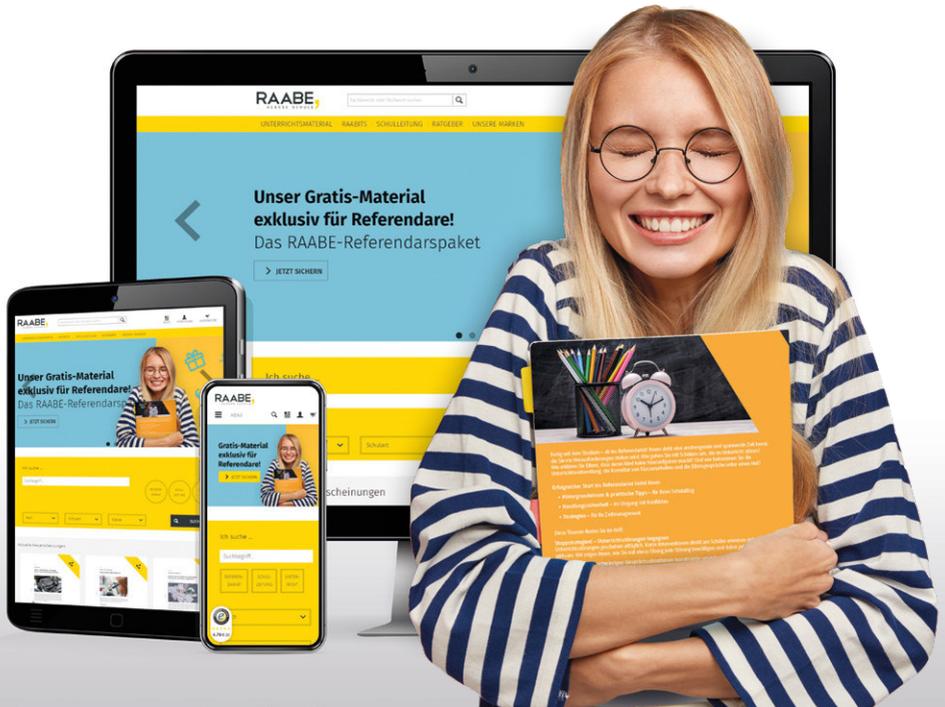


Abbildung 3.1: Aufbau einer Natrium-Schwefel-Batterie in zwei unterschiedlichen Darstellungen (© Wolfgang Zettermann)

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent*innen**
 - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
 - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

Jetzt entdecken:
www.raabe.de