

Der Blei-Akkumulator (Artikelnr.: P1397400)

Lehrerinformation

Einführung

Anwendung

Die Speicherung elektrischer Energie ist ein bedeutsames Problem der Energieversorgung, zumal die in Kraftwerken bereitgestellte Energie des Wechselstroms nicht direkt speicherbar ist.

Gleichstrom kann durch die Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energie gespeichert werden. Das dafür geeignete Gerät heißt Akkumulator. In der Praxis werden im Allgemeinen mehrere Akkumulatorzellen zu einer Batterie in Reihe geschaltet.

Den Schülern sind derartige „Akkus“ bekannt. Dieser Versuch soll ihnen den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise eines Blei-Akkumulators deutlich machen.

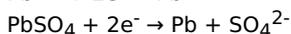
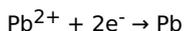
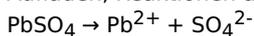
Zur technischen Herstellung eines Blei-Akkumulators wird nicht von Bleiplatten ausgegangen, da damit nur eine geringe Kapazität zu erzielen wäre. Es wird statt dessen eine Paste aus pulverförmigem Blei, Bleidioxid, Schwefelsäure und Bindemitteln in Bleigitter gepresst und durch Elektrolyse formiert, das heißt in Blei- beziehungsweise Bleidioxidschwamm umgewandelt.

Lernziel

Das wiederholte Auf- und Entladen eines neuen Akkumulators vor dessen Einsatz heißt Formieren. Die chemischen Reaktionen, die beim Laden und Entladen ablaufen, sind zwar kompliziert, können aber bei entsprechenden Vorkenntnissen der Schüler behandelt werden:

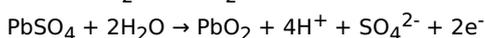
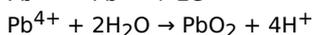
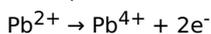
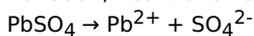
Vor dem Anlegen einer Spannung überziehen sich die beiden Bleielektroden mit Bleisulfat (PbSO_4), nachdem sie in die wässrige Lösung eingetaucht wurden, in der Schwefelsäure dissoziiert war ($\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$).

Aufladen, Reaktionen an der Kathode:



Die Kathode nimmt Elektronen auf; ihre Oberfläche wird zu reinem Blei reduziert.

Aufladen, Reaktionen an der Anode:



Die Anode gibt Elektronen ab und bindet Sauerstoff; aus Bleisulfat entsteht auf der Oberfläche der Anode Bleioxid.

Beim Entladen kehren sich die chemischen Reaktionen um.

Sicherheitshinweise

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Beim Umgang mit Blei- bzw. Bleiverbindungen gilt gemäß den Richtlinien für Sicherheit im Unterricht (RiSU): Tätigkeitsverbot für Schülerinnen und Schüler. Tätigkeitsbeschränkungen für gebärfähige Frauen, werdende und stillende Mütter.

Sicherheitshinweise



Verdünnte Schwefelsäure wirkt stark ätzend auf Haut, Augen und Schleimhäute. Sprühnebel reizen die Atemorgane. Blei ist gesundheitsschädlich. Reinigen der Bleielektroden möglichst unter dem Abzug durchführen! Schutzhandschuhe anziehen! Hände nach dem Versuch gründlich waschen!

Entsorgung

- Säurereste mit Wasser verdünnen, neutralisieren (pH 6-8) und wegspülen.
- Sammeln Sie Lösungen oder feste Rückstände, die Blei oder Blei-Ionen enthalten, in einem dafür gekennzeichneten Behälter und entsorgen Sie sie als Schwermetallabfälle.

Vor dem Versuch sollte verdünnte Schwefelsäure (ca. 5 %ig) bereitgestellt werden. Aus Sicherheitsgründen sollte der Lehrer jeder Experimentiergruppe die erforderliche Menge verdünnter Schwefelsäure selbst in den Rillentrog gießen. Die Entsorgung der wässrigen Lösung sollte an zentraler Stelle erfolgen und vom Lehrer beaufsichtigt werden.

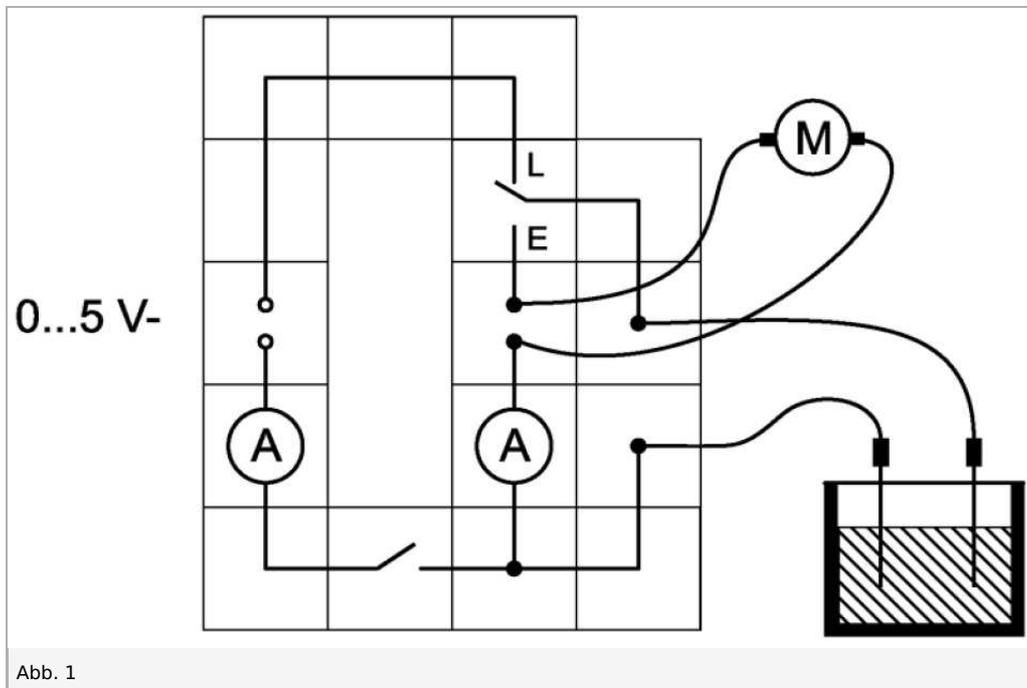
Material

| Position | Material | Bestellnr. | Menge |
|----------------------------|--|------------|-------|
| 1 | Demo Physik Hafttafel mit Gestell | 02150-00 | 1 |
| 2 | Stellfläche mit Halterung, DB | 09471-00 | 1 |
| 3 | Analog-Demomultimeter ADM 2 | 13820-01 | 2 |
| 4 | PHYWE Netzgerät, universal | 13500-93 | 1 |
| 5 | Leitungs-Baustein, unterbrochen, DB | 09401-04 | 4 |
| 6 | Leitungs-Baustein, Anschlussbaustein, DB | 09401-10 | 2 |
| 7 | Leitungs-Baustein, gerade, DB | 09401-01 | 2 |
| 8 | Leitungs-Baustein, winklig, DB | 09401-02 | 4 |
| 9 | Leitungs-Baustein, T-förmig, DB | 09401-03 | 1 |
| 10 | Ausschalter, DB | 09402-01 | 1 |
| 11 | Umschalter, DB | 09402-02 | 1 |
| 12 | Motor, 2 V DC | 11031-00 | 1 |
| 13 | Sektorscheibe für 2 V-Motor | 11031-01 | 1 |
| 14 | Elektrische Symbole für Demo-Tafel, 12 Stück | 02154-03 | 1 |
| 15 | Muffe auf Haftmagnet | 02151-01 | 1 |
| 16 | Glastrog, 100 mm x 50 mm x 120 mm | 06620-10 | 1 |
| 17 | Halter für Plattenelektroden | 06618-00 | 2 |
| 18 | Bleielektrode, 76 mm x 40 mm | 45215-00 | 2 |
| 19 | Schmirgelpapier, mittlere Körnung, 5 Bogen | 01605-02 | 1 |
| 20 | Löffelspatel, Kunststoff, l = 180 mm | 38833-00 | 1 |
| 21 | Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, rot | 07363-01 | 3 |
| 22 | Verbindungsleitung, 32 A, 1000 mm, blau | 07363-04 | 3 |
| 23 | Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot | 07361-01 | 1 |
| 24 | Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau | 07361-04 | 1 |
| 25 | Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, rot | 07360-01 | 1 |
| 26 | Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, blau | 07360-04 | 1 |
| 27 | Schwefelsäure, 10%, technisch, 1000 ml | 31828-70 | 1 |
| zusätzliche Materialien | | | |
| 28 | destilliertes Wasser | | 1 |
| 29 | saugfähiges Tuch oder Papier | | 1 |

Aufbau und Durchführung

Der Aufbau erfolgt nach Abbildung 1.

- Den gesäuberten Glastrog bis etwa zwei Drittel mit destilliertem Wasser füllen, etwa 50 ml Schwefelsäure hinzugießen und verrühren - Die mit dem Schmirgelpapier sorgfältig gereinigten Bleielektroden an den Haltern in die Lösung eintauchen und Versuch entsprechend Abb. 1 aufbauen
- Für den Ladestrom den Messbereich 300 mA- und für den Entladestrom den Messbereich 100 mA einstellen
- Netzgerät einschalten, Schalter schließen und Umschalter in Position L (Laden) bringen
- Ladestromstärke von etwa 200 mA einstellen und die Zelle etwa 20 s lang aufladen
- Ladevorgang mithilfe des Ausschalters unterbrechen; Anschlüsse des Ladestrommessgeräts am Baustein lösen, Messbereich 3 V- einstellen und die Spannung direkt an den Bleielektroden messen; Messwert notieren (1)
- Messgerät wieder mit dem Messbereich 300 mA- wie zu Beginn des Versuches einbauen
- Umschalter in Position E (Entladen) bringen und so den Entladekreis schließen; auf die Laufdauer des Motors achten und die Entladestromrichtung beachten; Entladestromrichtung notieren (2)
- Umschalter auf L stellen, Lade- und Entladevorgang wiederholen; wieder auf die Laufdauer des Motors achten und mit der vorher beobachteten vergleichen (3)
- Ladevorgang noch einmal wiederholen, Schalter öffnen, die Elektroden aus der wässrigen Lösung herausnehmen, mit Wasser abspülen und Veränderungen der Elektrodenoberflächen beschreiben (4)



Beobachtung und Auswertung

Beobachtung

1. Der Entladestrom fließt in entgegengesetzter Richtung zum Ladestrom. Eine Blei-Akkumulator-Zelle besteht aus zwei Bleielektroden, die in eine wässrige Lösung aus Schwefelsäure eintauchen. Schickt man Gleichstrom durch die Zelle, dann kann diese elektrische Energie speichern und elektrischen Strom liefern. Lade- und Entladestrom sind entgegengesetzt gerichtet. Die Spannung der Zelle beträgt etwa 2 V.
2. Die Laufdauer des Motors ist größer als die vorher beobachtete.
3. Die Bleiplatte, die am positiven Pol der Ladestromquelle angeschlossen war, die Anode, hat sich schwarz-braun gefärbt; die Oberfläche der Katode ist blankes Blei.

Auswertung

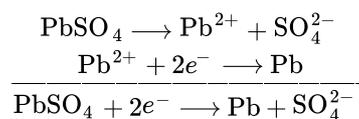
Ein Blei-Akkumulator besteht in seiner einfachsten Ausführung aus einer wässrigen Lösung von Schwefelsäure, in die zwei als Bleiplatten ausgeführte Elektroden hineinragen. Schickt man durch diese Anordnung, die man eine Zelle nennt, einen elektrischen Gleichstrom, dann kann man elektrische Energie speichern und die Zelle in die Lage versetzen, elektrischen Strom zu liefern. Lade- und Entladestrom haben entgegengesetzte Richtung. Die Spannung einer aufgeladenen Zelle beträgt etwa 2 V.

Der Elektronenstrom fließt beim Ladevorgang umgekehrt wie bei der Entladung. Daher wechselt der Motor seine Drehrichtung. Ein Akkumulator "sammelt" also den "Strom" beim Laden und gibt in weider ab bei der Entladung. Die Ursache für die Fähigkeit der Akkumulator-Zelle, elektrische Ladung bzw. Energie zu speichern und wieder abzugeben, liegt in chemischen Reaktionen beim Laden und Entladen. Diese lassen sich vereinfacht wie folgt darstellen:

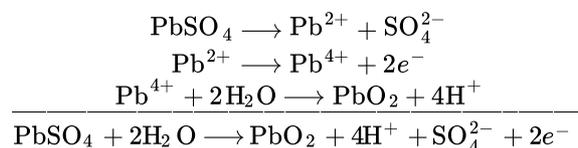
Vor dem Anlegen einer Spannung ist bereits H_2SO_4 dissoziiert, und die beiden Bleielektroden überziehen sich mit Bleisulfat (PbSO_4).

Ladevorgang eines Blei-Akkumulator

Die Katode nimmt Elektronen auf. Ihre Oberfläche wird zu reinem Blei reduziert:

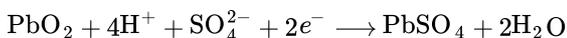


Die Anode gibt Elektronen ab und bindet Sauerstoff. Auf ihrer Oberfläche entsteht aus Bleisulfat Bleioxid:



Entladevorgang eines Blei-Akkumulators

Beim Entladen kehren sich die chemischen Prozesse um; die Anode nimmt Elektronen auf, die Katode gibt genau so viele Elektronen ab.



Die Gesamtreaktion beim Entladen zeigt, dass Wasser gebildet wird und Säure verbraucht wird, d.h. die Säure wird verdünnt. Dieser Zusammenhang zwischen Säuredichte und Ladezustand wird in den Säureprüfern ausgenutzt, um über die spezifische Dichte der "Batteriesäure" den Ladezustand von Akkumulatoren zu bestimmen.

Da sich die Reaktion des Lade- und Entladevorganges nur an der Oberfläche der Elektroden vollziehen, kann die Kapazität eines Akkumulators nur durch eine Vergrößerung der Elektrodenfläche erhöht werden.

Ist der Ladevorgang beendet, wird die Schwefelsäure elektrolytisch zersetzt, der Akkumulator beginnt zu gasen. Da zur Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure eine höhere Spannung erforderlich ist, macht sich das am Ende des Ladevorganges durch eine Spannungserhöhung an den Elektroden bemerkbar.