

## Der Stahlakkumulator

Zeitbedarf: 30 min

### Versuchsziele

- Einen Stahlakkumulator bauen.
- Grundlagen der Akkumulatoren verstehen.
- Unterschiede von Primär- und Sekundärelemente kennenlernen.
- Aufladungs- und Entladungsvorgänge beruhen auf Redoxreaktionen.

### Grundlagen

1908 patentierte der US-amerikanische Erfinder und Unternehmer *Thomas Edison* den ersten Stahlakkumulator seiner Art. Später wurde der *Edison*-Akkumulator (Nickel-Eisen-Akkumulator) vom Schweden *Waldemar Junger* zum Nickel-Cadmium-Akkumulator weiterentwickelt. Akkumulatoren gehören zur Klasse der Sekundärelemente. Die Rückreaktion der stromproduzierenden Reaktion ist möglich und das Element kann wieder aufgeladen werden. Handelsübliche Batterien gehören hingegen zur Klasse der Primärelemente, d.h. sie können keine Rückreaktion eingehen und sind somit nicht wieder aufladbar.

FeNi-Akkus haben eine große Anwendung gefunden. Sie wurden in Grubenlampen und in verschiedenen Autos (z.B. Detroit Electric) eingesetzt. Weiterhin fanden sie Anwendung in unterbrechungsfreien Stromversorgern. Sie gelten als sehr unempfindlich und besitzen eine große Lebensdauer. In den 1970er Jahren unterlagen sie ihren Konkurrenten wie dem Li-Ionen-Akku. Sie finden heute dennoch in vielen Bereichen Anwendung.

Forscher in den USA haben aber 2012 den *Edison*-Akku zufällig revolutioniert und verbessert. Die Forschergruppe entwickelte eine Elektrode aus Nickelhydroxid auf Graphen. Es stellte sich heraus, dass die passende Gegenelektrode Eisen ist. Dadurch ist der *Edison*-Akku mittlerweile zu einer alternativen Möglichkeit geworden.

Was passiert aber während dem Laden und Entladen in der Zelle?

Durch Kalilauge als Elektrolyt entsteht Nickel- und Eisenhydroxid. Während des Ladezyklus reagiert Nickelhydroxid mit Hydroxidionen in einer Oxidationsreaktion. Eisenhydroxid wird hingegen reduziert. Beim Entladen läuft die Rückreaktion. Die Redoxreaktionen beim Laden sehen folgendermaßen aus.

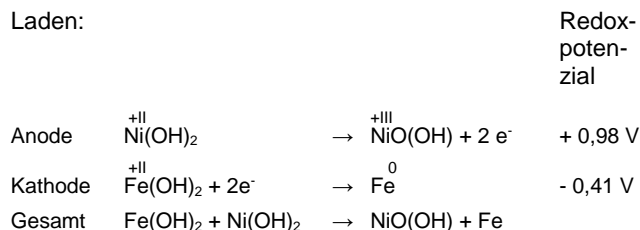


Abb. 1: Aufbau und Materialien des Versuchs.

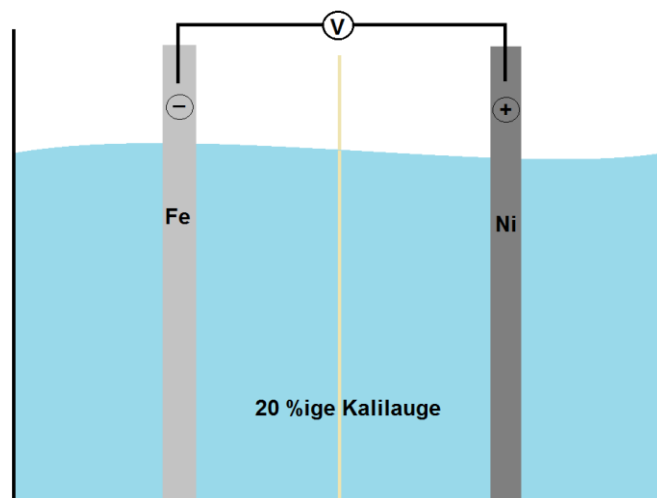


Abb. 2: Skizze des apparativen Aufbaus, während der Entladung.

## Gefährdungsbeurteilung

Kaliumhydroxid und Kalilauge sind ätzend. Hautkontakt vermeiden. Schutzkittel und Schutzbrille tragen.

### Kaliumhydroxid, Plättchen



**Signalwort:**  
**Gefahr**

#### Gefahrenhinweise

H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

#### Sicherheitshinweise

P280 Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen.

P301+P330+P331 BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303+P361+P353 BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit

Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P309+P310 BEI Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

## Geräte und Chemikalien

1	Demonstrationsgerät Elektrochemie, CPS.....	664 4071
1	Profilrahmen C50, zweiteilig CPS .....	666 425
1	Tisch zur Elektrochemie, CPS .....	666 472
1	Elektrochemie Zubehör-Set .....	664 401
1	Zelltrog.....	aus 664 041
1	Auffangschale .....	aus 664 401
2	Papierdiaphragma.....	aus 664 401
2	Abgreifklemmen .....	aus 664 401
1	Schmiergelstein .....	aus 664 401
4	Experimentierkabel .....	aus 664 401
1	Eisenelektrode .....	aus 664 401
1	Nickelektrode .....	aus 664 401
1	Becherglas, 150 ml .....	602 023
1	Becherglas, 250 ml .....	664 130
1	Magnetrührer mini.....	607 105
1	Magnetrührstab.....	666 851
1	Waage .....	ADACB501
1	Messzylinder, 100 ml .....	665 754
1	Löffelspatel, 120 mm.....	666 963
1	Uhrglas, 125 mm.....	664 157
1	Kaliumhydroxid, Plättchen, 250 g.....	672 6400
1	Wasser, rein, 1 l.....	675 3400

## Versuchsaufbau und -vorbereitung

### Versuchsaufbau

Das Demonstrationsgerät und den Tisch zur Elektrochemie in den Profilrahmen einhängen. Die Auffangschale mittig auf den

Tisch zur Elektrochemie stellen. Die beiden Halbzellblöcke des Zelltrogs mit den Schrauben fixieren, sodass ein etwa 0,5 cm breiter Spalt offenbleibt. In diesen Spalt nun zwei übereinandergelegte Papierdiaphragmen legen und die beiden Halbzellen fest mit den Schrauben verschließen. Der Zelltrog sollte nun dicht sein. Nun in die dritte Nut eine Eisen- und eine Nickel-Elektrode einsetzen (vgl. Abb. 2). Falls an der Eisenelektrode augenscheinlich Rost zu sehen ist, diesen zuvor mit dem Schmiergelstein entfernen. Den vorbereiteten Zelltrog mittig mit der Auffangschale auf den Tisch zur Elektrochemie setzen.

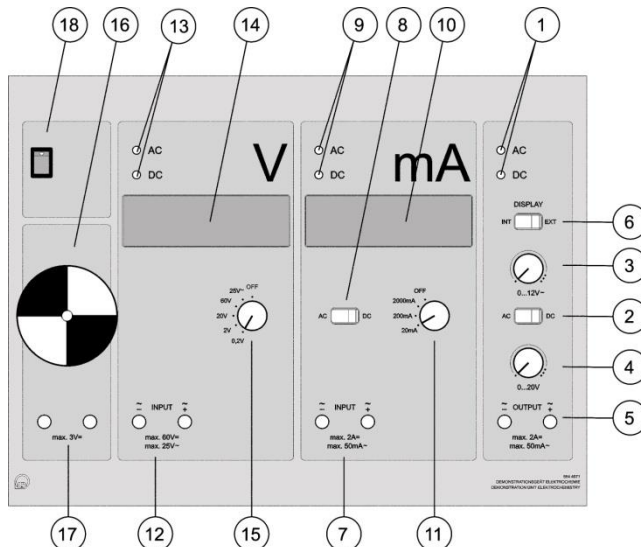


Abb. 3: Skizze des Demonstrationsgeräts.

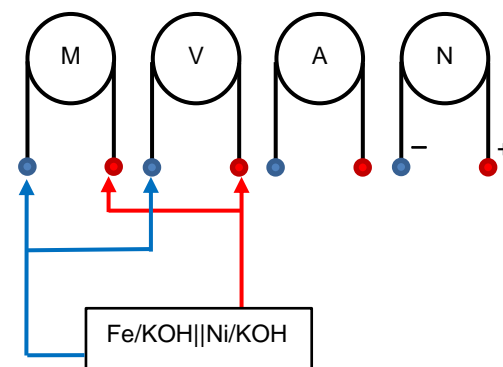


Abb. 4: Schaltung während der Entladung.

### Herstellen der 20 %-igen Kalilauge

In einem Becherglas (250 ml) mit Magnetrührstäbchen werden 120 ml dest. Wasser vorgelegt (Messzylinder verwenden). Mit Hilfe der Waage werden auf einem Uhrglas 30 g Kaliumhydroxid-Plättchen abgewogen. Das Becherglas wird mittig auf den Magnetrührer gestellt. Der Magnetrührer wird eingeschaltet und eine mittlere Rührgeschwindigkeit wird eingestellt. Nun portionsweise die Kaliumhydroxid-Plättchen mit dem Spatel zugeben.

**ACHTUNG:** Nicht zu schnell zugeben, da sich Kaliumhydroxid in Wasser unter großer Wärmeentwicklung löst.

Nun die so hergestellte 20 %-ige Kalilauge in zwei gleich große (etwa 70-75 ml) Portionen aufteilen. Zunächst werden 70 ml im Messzylinder abgemessen und in ein Becherglas (150 ml) übergeführt. Nun erneut 70 ml im Messzylinder abmessen.

Die Ausgangsbuchsen des Netzteils (5) (vgl. Abb. 3) werden mit Experimentierkabeln mit den Elektroden verbunden. Nickel wird an den positiven Ausgang verbunden und Eisen an den

negativen Ausgang. Umschalter (6) wird auf interne Stromquelle gestellt. Am Netzteil wird der Kippschalter (2) auf Gleichstrom (DC) gestellt. Kippschalter (8) und Drehregler (15) werden ebenso auf Gleichstrom (DC) gestellt. Mit Umschalter (8) wird die Messanzeige eingeschaltet.

### Versuchsdurchführung

#### Laden des Edison-Akkumulators

In den vorbereiteten Zelltrog wird in jeder Halbzelle die vorbereitete Kalilauge vorgelegt. Dabei die Elektroden etwas anheben. Mit dem Drehregler (4) wird am Netzteil eine Gleichspannung von 2 V eingestellt. Nach 10 min kann das Laden durch Ausschalten des Demonstrationsgeräts beendet werden.

#### Entladen des Edison-Akkumulators

Die Elektroden werden nun mit den Ausgangsbuchsen des Voltmeters (12) verbunden. Der Umschalter (6) wird nun auf externe Stromquelle gebracht. Das Demonstrationsgerät wird mit Umschalter (18) eingeschaltet. Mit dem Umschalter (15) wird ein Bereich zwischen 2 V – 20 V eingestellt. Die Spannung wird zunächst im unbelasteten Zustand (Elektromotorische Kraft) gemessen und notiert.

Im nächsten Schritt wird der Motor angeschlossen. Dabei wird jeweils eine Elektrode mit einem Ausgang des Elektromotors (17) verbunden (vgl. Abb. 4). Nun wird die Zeit gestoppt, bis der Motor stehen bleibt und der Akkumulator entladen ist.

Der Versuch wird wiederholt. Während der Aufladung wird eine Spannung von 3,5 V 10 min lang angelegt.

#### Beobachtung

Bei der Aufladung ist an beiden Elektroden eine Gasentwicklung zu sehen. Während des Entladens ist keine Gasentwicklung zu sehen. Der Motor dreht sich zunächst schnell und wird

mit zunehmender Zeit langsamer, bis dieser zum Stillstand kommt.

### Auswertung

Die Aufladezeit betrug 10 min. Die Klemmenspannung (EMK) beträgt 1,3 V. Nachfolgende Tabelle enthält weitere Messergebnisse.

Tab. 1: Messergebnisse des Edison-Akkumulators.

Nr.	Ladespannung	Ladezeit	EMK	Entladezeit
1	2 V	10 min	1,3 V	14 s
2	3,5 V	10 min	1,3 V	21 s

### Ergebnis

Der *Edison*-Akkumulator ist ein einfacher und relativ umweltverträglicher Akkumulator. Die Kapazität des hier vereinfacht dargestellten *Edison*-Akkumulator ist jedoch in diesem Versuch sehr gering. Nach 10 min Aufladung konnte der Elektromotor lediglich 14 Sekunden lang bzw. 21 Sekunden lang betrieben werden. Aber modernere *Edison*-Akkumulatoren haben kürzere Ladezeiten und längere Entladezeiten. Hersteller verwenden nicht bloß jeweils eine Elektrode, sondern mehrere Elektroden auf einem sehr engen Raum, die durch Separatoren voneinander abgeschirmt sind. Für die Anwendung ist dieser Akkumulator gut geeignet.

### Reinigung und Entsorgung

Kalilauge kann mit viel Wasser im Ausguss entsorgt werden. Am besten Kalilauge dafür zunächst stark mit Leitungswasser verdünnen.