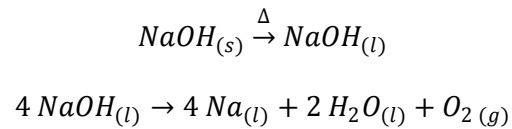


## Reaktionsgleichungen



## Zeitbedarf

Vorbereitung: 30 min.

Durchführung: 15 min.

Nachbereitung: 15 min.

## Chemikalienliste

### Edukte

Chemikalien	Summenformel	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Natriumhydroxid	NaOH <sub>(s)</sub>	35	26-37/39-45	C	S1

### Produkte

Chemikalien	Summenformel	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Natrium	Na <sub>(l)</sub>	14/15-34	5-8-43.7-45	F, C	S1
Wasser	H <sub>2</sub> O <sub>(l/g)</sub>	-	-	-	S1
Sauerstoff	O <sub>2(g)</sub>	8	2-17	O	S1

## Gefahrensymbole



## Materialien und Geräte

Trafo, 2 Verbindungskabel, 2 Kupferelektroden, 2 Krokodilklemmen, Dreifuß mit Drahtnetz, Bunsenbrenner, Hebebühne, Porzellantiegel, Spatel, Stativmaterial (2 Platten, 3 Stangen, 2 Doppelmuffen)

### Versuchsaufbau



Abb. 1: Versuchsaufbau der Schmelzflusselektrolyse

### Durchführung



Augenschutz  
benutzen



Schutzhandschuhe  
benutzen



Schutzkleidung  
benutzen

Der Porzellantiegel wird etwa 2 cm hoch mit Natriumhydroxidplättchen gefüllt. Anschließend wird der Porzellantiegel so unter den Elektroden platziert, dass diese fast bis auf seinen Boden reichen, ohne sich zu berühren. Nun wird die rauschende Bunsenbrennerflamme entzündet und der Brenner unter dem Porzellantiegel platziert, um das Natriumhydroxid zu schmelzen.

Sobald das Natriumhydroxid vollständig geschmolzen ist, wird der Trafo eingeschaltet und die Spannung langsam auf 15 V erhöht. Um die Effekte der Reaktion besser zu sehen, wird nun das Licht ausgeschaltet.

Zum Beenden der Reaktion wird die Spannung wieder herunter geregelt und der Trafo abgeschaltet. Dann werden die Elektroden aus der Schmelze genommen und diese abkühlen gelassen.

### Beobachtungen

7 ½ Minuten nach dem Beginn des Erhitzens ist das Natriumhydroxid geschmolzen und hat eine braunrote Farbe angenommen. Beim Erhöhen der Spannung beginnt die Schmelze immer stärker zu schäumen und färbt sich, von einer Elektrode ausgehend, blau.

Kurz darauf ist die Schmelze an einer Elektrode blau, an der anderen rotbraun und dazwischen türkis gefärbt. Nach weiteren 2 ¼ Minuten ist in der Nähe einer Elektrode ein erstes Aufblitzen zu sehen. Die Blitzerscheinungen nehmen zu und sind im Dunkeln besonders eindrucksvoll.

Nach dem Beenden der Reaktion erstarrt die Schmelze zu einer dunklen, steinharten Masse.



Abb. 2: Farbenspiel der Schmelze



Abb. 3: Blitze in der Schmelze

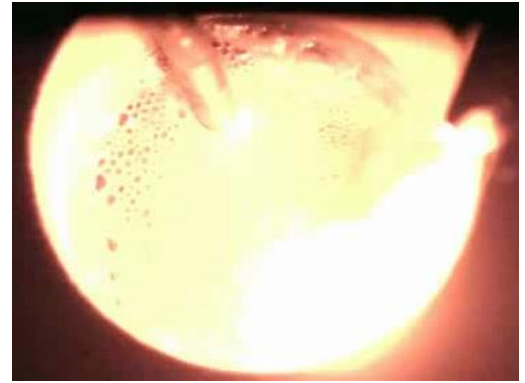


Abb. 4: Große Blitzerscheinung

## Entsorgung

Der Porzellantiegel wird mitsamt dem Inhalt in die Feststofftonne entsorgt. Die Kupferelektroden werden unter fließendem Wasser sauber „geschrubbt“ und können wieder verwendet werden.

## Fachliche Analyse

Der vorliegende Versuch stellt einen geschichtlichen Bezug zur erstmaligen Darstellung von elementarem Natrium durch Humphrey Davy im Jahr 1807 dar. Genau wie im Versuch elektrolysierte er eine Schmelze aus Natriumhydroxid, allerdings in einer Platinschale, welche ihm hierbei gleichzeitig als Kathode diente. In unserem Experiment wurden als Elektroden zwei Kupferstäbe eingesetzt.

Eine Schmelzelektrolyse ist die erzwungene Zersetzung eines Feststoffes mithilfe des elektrischen Stroms, wobei der Feststoff vorher geschmolzen und nicht in einem Lösemittel gelöst wird. Die Schmelze wird dann Elektrolyt genannt. Die Elektrolyseapparatur besteht aus zwei Elektroden, einer Stromquelle sowie einem Gefäß, in welchem sich der Elektrolyt befindet.

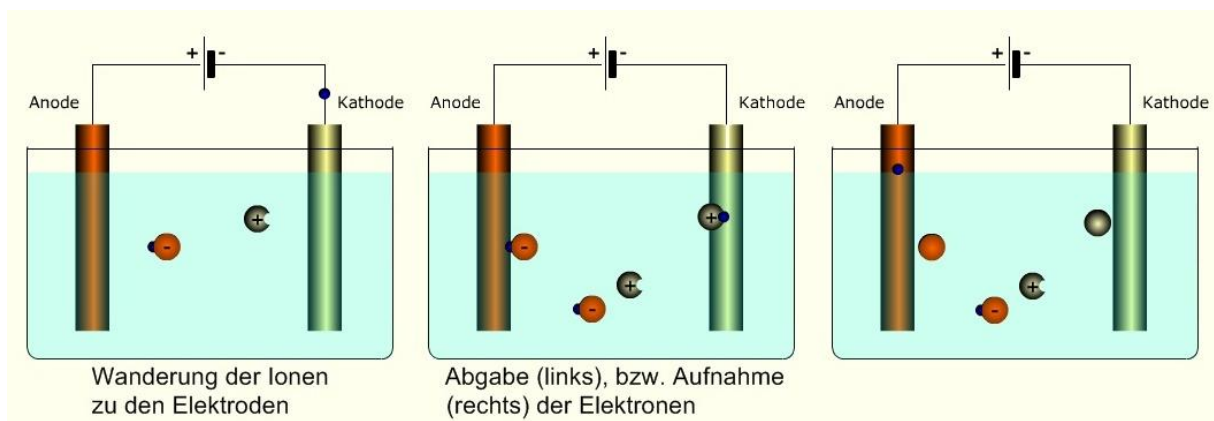
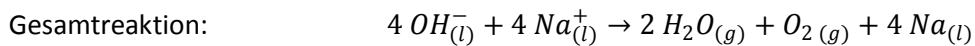
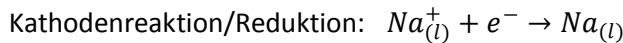
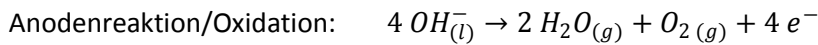


Abb. 5: Schematische Darstellung einer Elektrolyse<sup>[1a]</sup>

Natriumhydroxid besitzt eine Schmelztemperatur von 318 °C, welche in dem Porzellantiegel ohne Mühe erreicht wurde. Nach dem Schmelzen des Natriumhydroxids liegen dann die Natrium- ( $\text{Na}^+$ ) und Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ) in der Schmelze dissoziiert vor. Beim Einschalten des Trafo bildet die an den positiven Pol der Stromquelle angeschlossene Kupferelektrode die Anode und die an den

negativen Pol der Stromquelle angeschlossene Kupferelektrode die Kathode. Nach dem Anlegen der Spannung wandern nun die negativen Hydroxid-Ionen zur positiven Anode und die positiv geladenen Natrium-Ionen zur Kathode. Die Hydroxid-Ionen geben dann an der Anode ein Elektron ab und bilden dort mit weiteren Hydroxidmolekülen Wasser und Sauerstoff, während die Natrium-Ionen an der Kathode ein Elektron aufnehmen und zu elementarem Natrium reagieren.

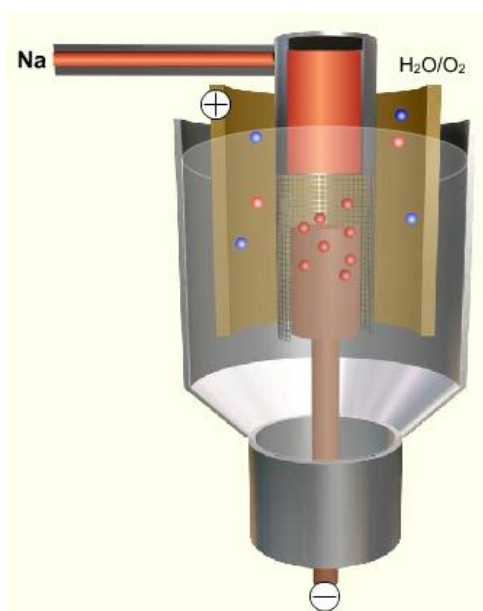


Bei dem gebildeten Wasser ist davon auszugehen, dass es aufgrund der hohen Temperatur als Wasserdampf in die Luft entweicht und nicht in der Schmelze verbleibt. Das starke Aufschäumen ist somit durch die Bildung von Sauerstoff und Wasserdampf zu erklären.

Die Funken und kleinen Explosionen entstehen durch das sofortige Abreagieren des Natriums. Dies geschieht, sobald das frische Natrium mit dem Sauerstoff oder Wasserresten in Kontakt tritt. Durch die hohe Temperatur wird dies weiter begünstigt.

Der Porzellantiegel muss nach dem Ende des Versuchs mitsamt der erstarrten Schmelze entsorgt werden, da sich die Schmelze nicht mehr vollständig aus dem Tiegel lösen lässt. Sollte dies dennoch gelingen, so ist die Oberfläche des Tiegels von der NaOH-Schmelze so stark angegriffen und beschädigt worden, dass er beim nächsten Erhitzen platzen würde.

Bei der Natriumdarstellung muss man sich der Schmelzelektrolyse bedienen, da Natrium ein sehr unedles Metall ist und sich seine Verbindungen daher nur schwer zum Metall reduzieren lassen. Da das  $\text{H}^+$ -Ion leichter entladbar ist als das  $\text{Na}^+$ -Ion, darf hierbei aber keine wässrige Lösung, sondern nur eine wasserfreie Schmelze benutzt werden. Früher wurde dazu das Castner-Verfahren, bei dem mit einer NaOH-Schmelze gearbeitet wurde, eingesetzt.



Die Castner-Zelle (Abb.6) besteht aus einem Eisenzylinder, welcher sich nach unten verjüngt. Von unten wurde ein Kupferstab eingeführt, welcher als Kathode fungiert. Um die Kathode herum wurde ein Nickelzylinder gefasst, welcher die Anode darstellt. Zwischen Kathode und Anode befindet sich ein Eisendrahtnetz, der an einer Sammelglocke befestigt ist und den Kathoden- und Anodenraum voneinander trennt. Wird die Reaktion gestartet, so bildet sich an der Kathode flüssiges Natrium, welches in der Sammelglocke nach oben steigt und von dort abgesaugt wird. Die an der Anode anfallenden Reaktionsprodukte (Wasser und Sauerstoff) werden durch den Drahtnetzzyylinder vom Natrium getrennt. Sie können außen empor steigen und gesammelt werden.

Abb. 6: Castner-Zelle zur Schmelzelektrolyse von NaOH<sup>[1b]</sup>

Aber statt des Natriumhydroxids benutzt man heute Natriumchlorid (NaCl) im Downs-Verfahren als Elektrolyt. Dabei werden die  $\text{Na}^+$ -Ionen an einer ringförmigen Eisenkathode zu metallischem Natrium reduziert und dieses durch ein Steigrohr aufgefangen. Die  $\text{Cl}^-$ -Ionen oxidieren an einer Graphitelektrode zu Chlorgas und entweichen der Schmelze nach oben:

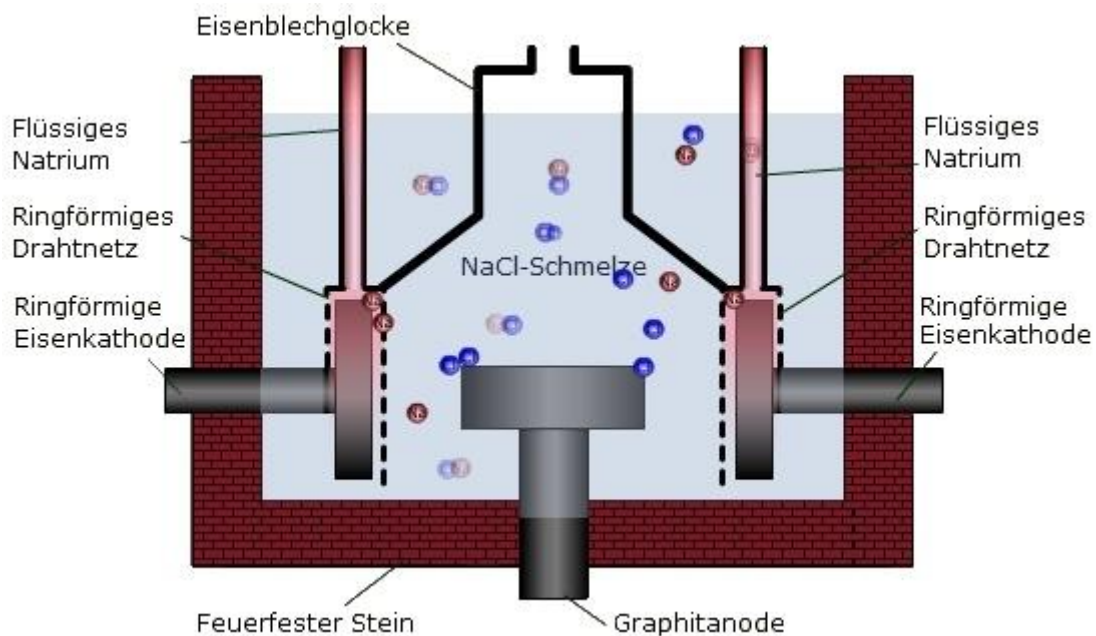
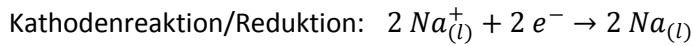
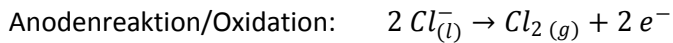
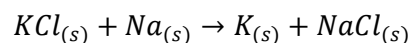


Abb. 7: Schematische Darstellung der Downs-Zelle<sup>[1c]</sup>

Da Natriumhydroxid erst mithilfe der Chloralkali-Elektrolyse aus Natriumchlorid gewonnen werden müsste, erfordert die Natriumgewinnung aus Natriumhydroxid einen höheren Energieaufwand (18 kWh pro kg Natrium) als die direkte Elektrolyse von Natriumchlorid (11 kWh pro kg Natrium), trotz des höheren Schmelzpunktes von NaCl (808 °C, statt 318 °C bei NaOH). Ein weiteres Problem ist, dass sich Natrium bei 808 °C zu einem gewissen Teil in der Schmelze löst. Aber durch den Zusatz von Calciumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ ) ist eine Reaktionstemperatur von ca. 600 °C ausreichend. Außerdem scheidet sich das Natrium dann bei niedrigen Temperaturen wieder an der Oberfläche der Schmelze ab.

Bei Kalium wäre dies nicht der Fall, es löst sich wesentlich besser in geschmolzenem Kaliumchlorid (KCl). Daher nutzt man zur Kaliumdarstellung heutzutage einzig die Reduktion von Kaliumchlorid mit Natrium, wobei das flüchtigere Kalium dann bei 850 °C abgedampft wird.



Um Natriumverunreinigungen zu beseitigen wird das Kalium anschließend fraktionierend destilliert.

### Methodisch didaktische Analyse

#### **Einordnung**

Nach dem hessischen Lehrplan G8 ist der Versuch in die Stufe 8G.2 im Thema „Ordnung in der Vielfalt, Atombau und Periodensystem“ und in das Unterthema „2.4 Alkalimetalle“ einzuordnen. Dabei sollte meines Erachtens das Natriumhydroxid als eine der wichtigsten Natriumverbindungen besprochen werden. Obwohl die Elektrolyse erst im folgenden Themenbereich (8G.3 „Elektrolyse und Ionenbegriff“ und hier auch die „Herstellung von Alkalimetallen“) erwähnt wird, so wird auch vorgeschlagen, dass dieses Thema vorgezogen werden kann. Somit könnte dieser Versuch zur Einführung in die Thematik der Elektrolyse und des Ionenbegriffs dienen. Ebenfalls wird in diesem Bereich die Art der Schmelzelektrolyse erwähnt, welche hier durchgeführt wurde.

Gleichzeitig stellt der Versuch einen geschichtlichen Bezug zur erstmaligen Darstellung des Natriums her. Um die Gefährlichkeit einer Natriumhydroxid-Lösung zu verdeutlichen ist es möglich, den Versuch „A09 Die Wirkung von Säuren und Laugen auf tierisches Gewebe“ im Anschluss zu behandeln, wobei auf die ätzende Wirkung der Natronlauge eingegangen wird.

#### **Aufwand**

Der Aufbau ist mit 30 Minuten etwas zeitaufwendig, aber die benötigten Materialien sollten alle in einer Laborsammlung vorhanden sein. Der Tiegel muss nach dem Versuch leider entsorgt und ersetzt werden. Aber günstige Tiegel (ab etwa 3 €) gibt es auch im Internet zu bestellen<sup>[7]</sup>.

#### **Durchführung**

Der Versuch funktioniert sehr gut und zeigt tolle Effekte. Diese sind auch gut zu sehen, allerdings ist der Porzellantiegel relativ klein und so müssten sich die Schüler eng um diesen versammeln, um das ganze Schauspiel zu sehen. Theoretisch könnte der Versuch als Schülerversuch durchgeführt werden. Aber da eine heiße Schmelze von Natriumhydroxid verwendet wird, ist davon eher abzuraten. Aufgrund der genannten Umstände wird empfohlen, bei Bedarf das vorliegende Video zu zeigen, da hier der Gesamttablauf und die Effekte von allen gut sichtbar beobachtet werden können.

Die Färbungen der Schmelze sind vermutlich auf Reaktionen z.B. der Kupferelektroden zurückzuführen, welche sich auch zu einem gewissen Teil in der Schmelze lösen. Da dies aber nicht genauer geklärt werden konnte, sollte diese Erklärung für die Schüler ausreichen.

#### **Fazit**

Ein Versuch mit geschichtlichem Bezug zur ersten Darstellung von Natrium nach Davy (1808). Die Effekte sind sehr gut zu sehen und sollten die Schüler durchaus begeistern können.

#### **Literaturangaben**

### Versuchsquelle

Berger, C.; Fickenfrerichs, H.; Peper, R.; Jansen, W.: *Die Entdeckung der Alkalimetalle Natrium und Kalium*. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie. Band 6, Jahrgang 40. Seite 2-9. Hallbergmoos: Aulis Verlag. 1991.

### Sekundärliteratur

[1a] FIZ CHEMIE (Fachinformationszentrum Chemie GmbH): *Encyclopedia - ChemgaPedia*. Zu finden unter URL:

[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap\\_11/vlus/elektrolyse.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap\\_11/kap\\_11\\_3/visualisierung.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_11/vlus/elektrolyse.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_11/kap_11_3/visualisierung.vscml.html). Letzter Zugriff am 11.04.2010.

[1b] FIZ CHEMIE (Fachinformationszentrum Chemie GmbH): *Encyclopedia - ChemgaPedia*. Zu finden unter URL:

[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/1/pc/pc\\_07/pc\\_07\\_04/pc\\_07\\_04\\_03.vlu/Page/vsc/de/ch/1/pc/pc\\_07/pc\\_07\\_04/pc\\_07\\_04\\_21.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/1/pc/pc_07/pc_07_04/pc_07_04_03.vlu/Page/vsc/de/ch/1/pc/pc_07/pc_07_04/pc_07_04_21.vscml.html). Letzter Zugriff am 11.04.2010.

[1c] FIZ CHEMIE (Fachinformationszentrum Chemie GmbH): *Encyclopedia - ChemgaPedia*. Zu finden unter URL:

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/supplement/vlu/vsc/de/ch/16/ac/elemente/vlu/11a.vlu/Page/vsc/de/ch/16/ac/elemente/alkalimetalle/natrium/gewinnung1.vscml/Fragment/b0f20a7e507887dc265d143a97d7b031-64.html>. Letzter Zugriff am 11.04.2010.

[2] Hessisches Kultusministerium: *Lehrplan Chemie Gymnasialer Bildungsgang Jahrgangsstufen 7G bis 12G. 2008*. Zu finden unter URL:

[http://www.kultusministerium.hessen.de/iri/HKM\\_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2](http://www.kultusministerium.hessen.de/iri/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2). Letzter Zugriff am 11.04.2010.

[3] Hollemann, A. F.; Wiberg, E.; Wiberg, N.: *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*. Seite 1272f. 102., stark umgearbeitete und verbesserte Auflage. Berlin, New York: de Gruyter. 2008.

[6] Mortimer, C. E.: *Chemie – Das Basiswissen der Chemie*. 7., korrigierte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 2001.

[7] Omikron GmbH Naturwaren: *Omikron-online.de*. Zu finden unter URL: [http://www.omikron-online.de/lshop,showdetail,3169,d,1271075226-4944,laborgeraete.laborgeraete\\_porzellan,101703-1,,Tshowrub--laborgeraete.laborgeraete\\_porzellan,.htm](http://www.omikron-online.de/lshop,showdetail,3169,d,1271075226-4944,laborgeraete.laborgeraete_porzellan,101703-1,,Tshowrub--laborgeraete.laborgeraete_porzellan,.htm). Letzter Zugriff am 11.04.2010.

[8] Unfallkasse Hessen; Hessisches Kultusministerium: *Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule - HessGISS*. Version 11. 2006/2007.