

Das Magnesium-Luft-Element

Versuchsziele

- Magnesium und Luft können ein galvanisches Element bilden.
- Galvanische Elemente können auch mit gasförmigen Halbzellen aufgebaut werden.
- Für das Magnesium-Luft-Element wird Salz als Elektrolyt benötigt.

Grundlagen

Im Magnesium-Luft-Element erfolgt die Gewinnung elektrischer Energie aus Magnesium auf elektrochemischem Wege. Mit Salzwasser als Elektrolyt reagiert Magnesium bei Verbindung mit einem Verbraucher mit dem Sauerstoff aus der Umgebungsluft. Metallisches Magnesium geht dabei in Lösung und Sauerstoff reagiert zu Hydroxid-Ionen:

			Redox- potenzial
Anode	$\overset{0}{\text{Mg}}$	$\rightarrow \overset{+II}{\text{Mg}^{2+}} + 2 e^-$	+ 2,36 V
Kathode	$\overset{0}{\text{O}_2} + \text{H}_2\text{O} + 2 e^-$	$\rightarrow \overset{-II}{2 \text{OH}^-}$	- 0,56 V
Gesamt	$\text{Mg} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow \text{Mg(OH)}_2$	+ 1,8 V

An der Anode wird Magnesium oxidiert und geht in Lösung. Die frei werdenden Elektronen wandern durch den elektrischen Leiter. Auf der anderen Seite des Elements, der Kathode, wandert Sauerstoff aus der Luft durch die Membran des Elements und nimmt die überschüssigen Elektronen auf. Sauerstoff reagiert dabei mit Wasser und den Elektronen zum Hydroxid-Ion. In der Gesamtreaktion reagieren Magnesium und Sauerstoff in Anwesenheit von Wasser zu Magnesiumhydroxid.

Salz dient hierbei als Elektrolyt und Katalysator. Salz beschleunigt die Reaktion zwischen Magnesium und Wasser, indem es die schützende Oxid-Schicht des Magnesiums durch Lokalelemente zerstört, und es ermöglicht den Ladungsaustausch.

Das Magnesium-Luft-Element kann theoretisch eine Spannung von 1,8 V erreichen. Unter realen Bedingungen ist diese jedoch niedriger. Magnesium-Luft-Elemente werden auch Magnesium-Luft-Brennstoffzellen genannt, weil der Sauerstoff unbegrenzt nachgeliefert werden kann, ein Charakteristikum von Brennstoffzellen. Aufgrund der relativ hohen Kennwerte eignen sich Mg/O-Brennstoffzellen für vielfältige Anwendungen.

In diesem Versuch wird ein Magnesium-Luft-Element hergestellt. Dann wird die Rolle von Kochsalz und Temperatur untersucht.

Gefährdungsbeurteilung

Die eingesetzten Geräte und Chemikalien sind generell ungefährlich. Nach jedem Versuch die Anoden-Platte (Magnesium) trocknen und reinigen. An einem trockenen Ort lagern.



Geräte und Chemikalien

1	Magnesium-Luft-Element.....	664 4081
1	Demogerät Elektrochemie, CPS	664 4071
1	Standfüße, Paar.....	301 339
2	Adapterkabel 2-/4-mm, rot, aus Satz 5	571 262ET5
2	Adapterkabel 2-/4-mm, blau, aus Satz 5.....	571 26
1	Kabel 2-mm-Stecker, rot, aus Satz 5	571 231
1	Becherglas, Boro 3.3, 150 ml, hF.....	602 010
1	Messzylinder 25 ml, Kunststofffuß	665 752
1	Löffelspatel Edelstahl, 150 mm	666 967
1	Glasrührstab, 200 mm, aus Satz 10.....	665 212ET10
1	Universalindikatorpapier pH 1...14,	MA9 0204
1	Kompaktwaage 440-3N, 200 g : 0,01 g.....	667 7977
1	Natriumchlorid, 250 g.....	673 5700
1	Wasser, rein, 1l.....	675 3400

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Das Demogerät Elektrochemie auf die Standfüße stellen. Das Magnesium-Luft-Element auf seinen Ständer stellen und vor dem Demogerät platzieren.

15 ml einer 10-%igen Salzlösung herstellen. Dafür 1,5 g Natriumchlorid im Becherglas abwägen und mit 15 ml Wasser mischen. Rühren, bis sich das Salz vollständig gelöst hat.

Versuchsdurchführung**Elektrische Energie erzeugen**

- Um das Magnesium-Luft-Element zu öffnen, die beiden blauen Schnallen an der Seite eindrücken und die Magnesium-Anode aus dem Tank ziehen.
- Die vorbereitete Salzlösung vollständig in den Tank gießen.
- Die Magnesium-Anode wieder in den Tank einsetzen.
- Das Magnesium-Luft-Element mit dem Motor vom Demogerät Elektrochemie verbinden. Dafür das Element so stellen, dass alle drei Buchsen vorne sind. Mit einem roten Kabel mit 2-mm-Stecker die rote Buchse auf der linken Seite mit der roten Buchse auf der Rückseite verbinden (siehe Abbildung).
- Mit Adapter-Kabeln die schwarze und die andere rote Buchse auf der Vorderseite mit den entsprechenden Buchsen am Motor vom Demogerät Elektrochemie verbinden. Beobachten.
- Das Magnesium-Luft-Element mit dem Voltmeter vom Demogerät Elektrochemie verbinden (siehe Abbildung). Leerlaufspannung notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element gleichzeitig mit Voltmeter und Motor verbinden. Spannung unter Last notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element eine Weile laufen lassen. Die Elektrode entfernen und mit Universalindikatorpapier den pH-Wert messen.
- Das Magnesium-Luft-Element auseinander bauen und die Einzelteile mit Wasser spülen und abtrocknen.
- Die Magnesium-Elektrode betrachten. Sind Änderungen sichtbar?

Die Aufgabe von Salz im Magnesium-Luft-Element

Die Versuchsfolge mit reinem Wasser anstatt Salzlösung wiederholen. Dafür:

- 15 ml reines Wasser in den Tank geben.
- Das Magnesium-Luft-Element analog zum ersten Versuchsteil zunächst mit dem Motor verbinden. Beobachtung notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element mit dem Voltmeter verbinden. Beobachtung notieren.

- Das Magnesium-Luft-Element mit Motor und Voltmeter verbinden. Beobachtung notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element auseinander bauen und die Einzelteile mit Wasser spülen und abtrocknen.

Temperaturabhängigkeit

Die Versuchsfolge mit einer heißen Salzlösung durchführen. Dafür:

- 15 ml einer Salzlösung (10%) mit heißem Wasser ansetzen. Dafür 1,5 g Salz abwägen und in 15 ml heißem Wasser lösen.
- Das Magnesium-Luft-Element analog zum ersten Versuchsteil zunächst mit dem Motor verbinden. Beobachtung notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element mit dem Voltmeter verbinden. Beobachtung notieren.
- Das Magnesium-Luft-Element mit Motor und Voltmeter verbinden. Beobachtung notieren.

Beobachtung

Die Messergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Der Motor dreht sich nur, wenn Salzwasser als Elektrolyt verwendet wird. Die Erhöhung der Temperatur hat einen geringen positiven Einfluss auf die Spannung.

	Motor	Leerlaufspannung V ₀	Spannung unter Last (Motor)
Mit Salz, kühl	Dreht	1,49 V	1,11 V
Ohne Salz, kühl	Dreht nicht	1,15 V	1,15 V
Mit Salz, heiß	Dreht	1,50 V	1,15 V

Das pH-Papier färbt sich grün bis blau, je nachdem, wie lange das Element Strom produzierte. Die Magnesium-Elektrode ist von schwarzen und weißen Stellen bedeckt.

Ergebnis

Das Magnesium-Luft-Element erzeugt elektrischen Strom, wenn es mit einer Salzlösung gefüllt ist. Die erzeugte Spannung ist etwas niedriger als die theoretisch berechnete. Dies liegt an Nebenreaktionen und daran, dass nicht unter Standardbedingungen gearbeitet wird.

Während der Reaktion entstehen Hydroxid-Ionen. Diese erhöhen den pH-Wert des Elektrolyten. Er wird basisch, was mit Indikatorpapier gemessen werden kann. Die Magnesium-Elektrode wird während der Reaktion verbraucht. Dies ist an schwarzen Stellen und Löchern zu sehen. Manchmal sind auch Ablagerungen von weißem Salz zu sehen. Dabei handelt es sich um das ausgefallene Magnesiumhydroxid.

Reinigung und Entsorgung

Die verwendeten Elektrolytlösungen können im Abwasser entsorgt werden. Das Magnesium-Luft-Element auseinander bauen, die Einzelteile gut spülen und trocknen. Trocken aufbewahren.

Weiterführende Versuche

Mit Hilfe eines regelbaren Belastungselements, z.B. 664 406, können Kennlinien analog zu Versuch C4.4.7.2 aufgenommen werden. Dann kann auch die Kapazität des Elementes bestimmt werden.