

Elektrochemischer Korrosionsschutz

Versuchsziele

- Zwei Korrosionsschutzmaßnahmen kennenlernen.
- Die Funktion einer Opferanode nachvollziehen.
- Korrosionsschutz durch Gleichspannung durchführen.
- Mit dem Demonstrationsgerät Elektrochemie arbeiten.

Grundlagen

Unter Korrosion versteht man die langsame Oxidation von Metallen unter dem Einfluss des umgebenden Mediums. Metall-Korrosion kann beträchtliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Früher waren bei Autos häufig Rostschäden an der Karosserie zu beklagen. Mittlerweile sind die Karosserien durch Korrosionsschutz besser vor dem Durchrosten geschützt.

Unter Korrosionsschutz versteht man verschiedene Verfahren die zur Verhinderung von Korrosion eingesetzt werden. Das Metall wird dabei vor Luft und Wasser geschützt.

Korrosionsschutz kann durch Schutzschichten oder auf elektrochemischen Weg erfolgen. Bei dem elektrochemischen Korrosionsschutz kann man den Werkstoff durch eine Gegenelektrode, eine sogenannte Opferelektrode, schützen. Die Opferelektrode für ein zu schützendes Metall besteht aus einem unedleren Metall, welches anstatt des edleren Metalls

angegriffen wird, d. h. korrodiert. Alternativ ist elektrochemischer Korrosionsschutz durch Anlegen einer Gleichspannung möglich.

In diesem Versuch werden die zwei Möglichkeiten des elektrochemischen Korrosionsschutzes vorgestellt. Im ersten Versuchsteil wird das zu schützende Metall leitend mit einem unedleren Metall verbunden. Es bildet sich ein Korrosionselement aus, bei dem das unedlere Metall (Opferelektrode) in Lösung geht und das edlere Metall dadurch geschützt bleibt.

Im zweiten Versuchsteil wird das zu schützende Metall mit dem negativen Pol (Kathode) einer Gleichstromquelle verbunden. Zusammen mit einer Kohle-Elektrode als Anode bildet sich ein Stromkreis. Das zu schützende Metall erhält Elektronen aus der Stromquelle und wird dadurch geschützt.

Beide Methoden spielen eine große Rolle beim Schutz von Schiffsrümpfen, Hafenanlagen, Pipelines, Röhren und Behältern.

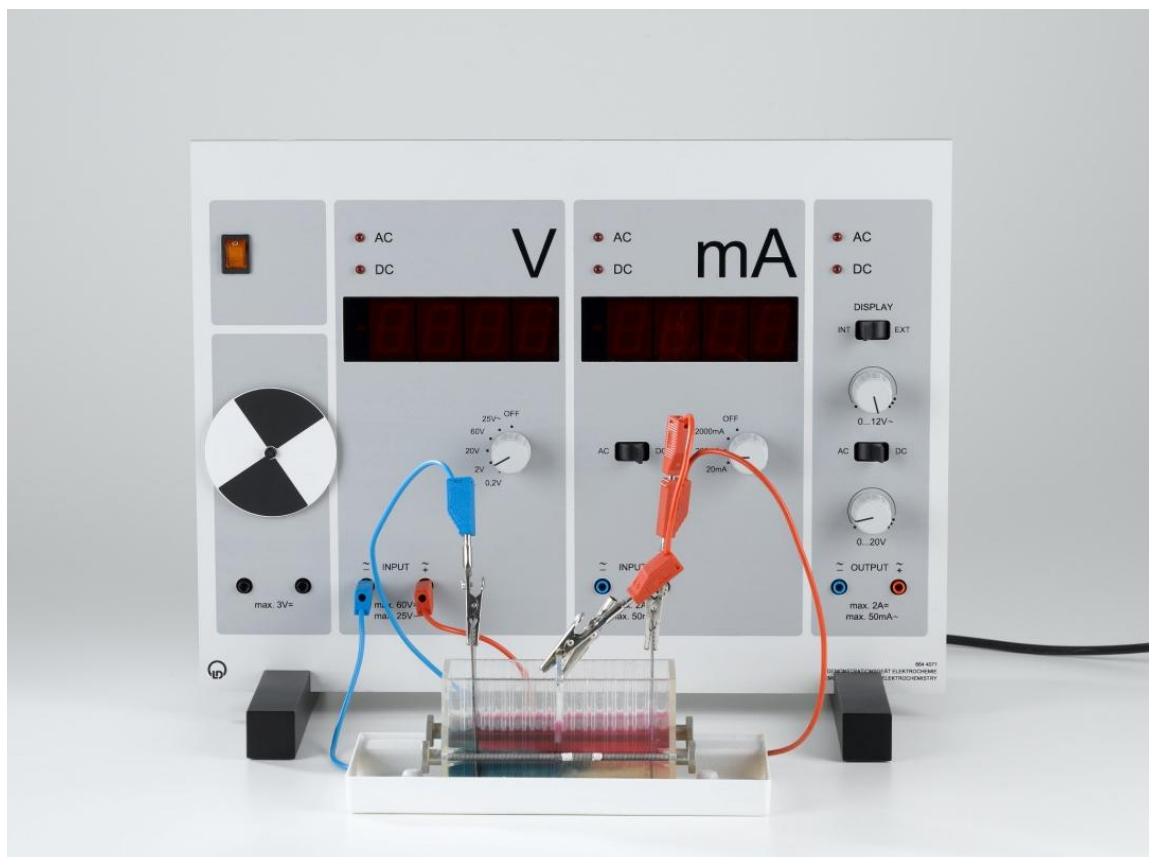





Abb. 1: Versuchsaufbau.

Gefährdungsbeurteilung

Magnesium ist ein entzündbarer Feststoff, daher müssen Feuer und ähnliche Zündquellen entfernt werden. Staubentwicklung vermeiden; Stäube nicht einatmen, nicht rauchen. Nach Gebrauch die Hände waschen. Persönliche Schutzkleidung (Brille, Kittel) sollten getragen werden. Phenolphthalein ist in Ethanol gelöst. Entwicklung von Dämpfen/Aerosolen vermeiden. Zündquellen fernhalten, nicht rauchen. Maßnahmen gegen statische Aufladungen treffen. Gefäße nicht offen stehen lassen. Allgemeine Hygienemaßnahmen beachten und persönliche Schutzkleidung (Brille, Kittel) tragen.

Magnesium, Band	
 Signalwort: Achtung	Gefahrenhinweise H228 Entzündbarer Feststoff. Sicherheitshinweise P370+P378 Bei Brand: Metallbrandlöscher / Sand zum Löschen verwenden.
Phenolphthaleinlösung (enthält Ethanol)	
  Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H350 Kann Krebs erzeugen. H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen. Sicherheitshinweise P210 Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen P233 Behälter dicht verschlossen halten. P281 Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung verwenden. P308+P313 Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Geräte und Chemikalien

1 Demogerät Elektrochemie, CPS	664 4071
1 Standfüße, Paar	301 339
1 Elektrochemie-Zubehörset	664 401
1 Kompaktwage 200 g : 0,01 g	667 7977
1 Messkolben Boro 3.3, 500 ml	665 795
1 Messkolben Boro 3.3, 100 ml	665 793
1 Tropfpipette 150 x 7 mm, Satz 10	665 953
1 Gummikappen, 10 Stück	665 954
1 Löffelspatel, Edelstahl	666 967
1 Schere, 125 mm lang	667 017
1 Trichter PP, 50 mm Ø	665 008
1 Natriumchlorid, 250 g	673 5700
1 Kaliumhexacyanoferrat(III), 50 g	672 6100
1 Magnesium, Band, 25 g	673 1000
1 Phenolphthalein-Lösung, 1%, 100ml	674 2500

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Ansetzen der Lösungen

Es wird eine „Korrosionsindikatorlösung“ angesetzt. Sie besteht aus 10-%iger NaCl-Lösung, 1-%iger $K_3Fe(CN)_6$ -Lösung und 1-%iger Phenolphthalein-Lösung.

Ansetzen einer 10-%igen NaCl-Lösung: Es werden 50 g NaCl abgewogen und in den Messkolben (500 ml) gegeben. Der Messkolben wird mit destilliertem Wasser bis zur 500-ml-Marke aufgefüllt.

Ansetzen einer 1-%igen $K_3Fe(CN)_6$ -Lösung: Es wird 1 g Kaliumhexacyanoferrat abgewogen, in den 100-ml-Messkolben gegeben und mit destilliertem Wasser auf 100 ml aufgefüllt.

Es werden aus 4 Halbzellenblöcke zwei Zelltröge zusammengesetzt und mit den Schrauben verbunden. Den Zelltrög im Versuch in eine Auffangschale setzen.

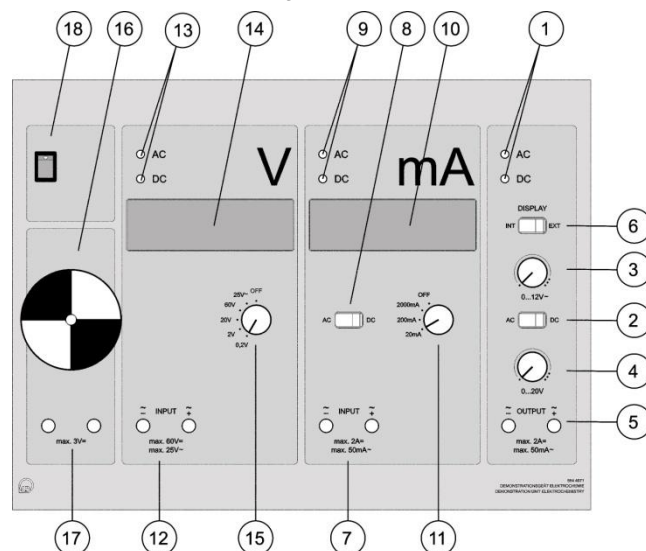


Abb. 2: Das Demonstrationsgerät zur Elektrochemie.

Versuchsdurchführung

Versuch a: Korrosionsschutz durch Opferelektrode

1. Das Demogerät Elektrochemie in die beiden Standfüße stellen, ans Netz anschließen und mit dem Schalter (18) einschalten.
2. Die Eisen-Elektroden mit dem Schmirgelstein blank reiben. Vom Magnesiumband ein ca. 7 cm langes Stück abschneiden.
3. Den Zelltrög 2 cm hoch mit 10-%iger NaCl Lösung befüllen. 0,5 cm hoch 1-%ige $K_3Fe(CN)_6$ -Lösung dazugeben. Etwa 10 Tropfen Phenolphthalein-Lösung zu pipettieren und bis zur 4-cm-Marke mit destilliertem Wasser auffüllen.
4. Die Eisen-Elektroden jeweils in die erste Nut vom Rand einsetzen. Das Stück Magnesiumband mit einer Schnabelklemme in der Mitte des Zelltrögs am Rand befestigen (siehe Abb.1). Die Vorgänge an der Magnesium-Elektrode und der Eisen-Elektrode beobachten und notieren.
5. Ein rotes Kabel an beiden Enden mit Schnabelklemmen versehen. Das überstehende Stück Magnesiumband mit der Schnabelklemme des roten Kabels verbinden und das andere Ende mit der Schnabelklemme an einer Eisen-Elektrode befestigen. Die Vorgänge an den Elektroden beobachten und notieren.
6. Nun beide Elektroden mit dem Voltmeter verbinden. Das blaue Kabel mit der Schnabelklemme an der zweiten Eisen-Elektrode befestigen und das freie Ende des Kabels mit dem

Minuspol des Voltmeters am Demogerät-Elektrochemie (12) verbinden. Mit dem roten Kabel eine Verbindung zwischen dem Pluspol des Voltmeters und der Eisen-Elektrode, die mit dem Magnesiumband verbunden ist, herstellen. Die Vorgänge an den Elektroden beobachten und notieren. Messwert vom Display (14) des Voltmeter ablesen und notieren.

7. Die beiden Kabel vom Voltmeter-Eingang lösen und mit der Buchse (7) am Eingang am Amperemeter verbinden. Messwert vom Display (10) ablesen und notieren. Beide Kabel auch mit dem Eingang vom Motor (17) verbinden und beobachten.

Versuch b: Korrosionsschutz durch Gleichspannung

- Die Eisen-Elektroden mit dem Schmirgelstein blank reiben.
- In die äußersten Nuten des zweiten Zelltrags ebenfalls je eine Eisen-Elektrode setzen. Etwa in die Mitte des Zelltrags eine zusätzliche Kohle-Elektrode setzen
- Die Kohle-Elektrode und eine der Eisen-Elektroden mit zwei Experimentierkabeln, die mit je einer Abgreifklemme versehen sind, mit der Buchse (5) am Netzteil des Demogeräts Elektrochemie verbinden. Dabei die Kohle-Elektrode mit dem Pluspol und die Eisen-Elektrode mit dem Minuspol des Netzteils verbinden. Kabel entsprechend der Farbcodierung der Buchsen verwenden.
- Mit dem Umschalter (2) des Netzteils wird Gleichstrom eingestellt, ebenso den Umschalter am Amperemeter (8) auf Gleichstrom einstellen.
- Das Demogerät Elektrochemie einschalten und mit dem Drehregler am Netzteil (4) eine Spannung von ca. 2 V einstellen.
- Jetzt die vorbereitete Korrosionsindikatorlösung (siehe Versuch a) 4 cm hoch einfüllen. Darauf achten, dass die Lösung sich gleichmäßig im Zelltrug verteilt. Eventuell die Elektroden kurz hochheben.
- Vorgänge an den Elektroden beobachten und notieren.

Beobachtung

Versuch a: Korrosionsschutz durch Opferelektrode

An den Eisen-Elektroden zeigt sich beim Einsetzen Blaufärbung. Sobald das Magnesiumband in die Lösung eintaucht, tritt Gasbildung auf. Wird die eine Eisen-Elektrode mit der Magnesium-Elektrode verbunden, geht die Blaufärbung zurück und verschwindet vollständig. Es zeigt sich auch hier eine geringe Gasbildung und zusätzlich tritt eine Rotfärbung an der Eisen-Elektrode auf.

An der anderen Eisen-Elektrode bleibt die Blaufärbung und es tritt Korrosion auf. An der mit der Magnesium-Elektrode verbundenen Eisen-Elektrode ist keine Blaufärbung zu sehen. Beim Verbinden der Magnesium-Elektrode und der Eisen-Elektrode mit dem Voltmeter lässt sich die Polung ablesen. Zwischen der Magnesium-Elektrode und der ungeschützten Eisen-Elektrode fließt ein Korrosionsstrom und es lässt sich eine Korrosionsspannung (750 mV) und eine Stromstärke (43 mA) messen. Die Magnesium-Elektrode löst sich nach längerer Zeit auf.

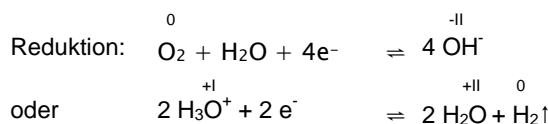
Versuch b: Korrosionsschutz durch Gleichspannung

An der Eisen-Elektrode ohne angelegte Gleichspannung tritt sofort Blaufärbung auf. An der anderen Eisen-Elektrode, die mit dem Netzteil verbunden ist, tritt eine Rotfärbung auf. An der Kohle-Elektrode ist keine Reaktion zu sehen.

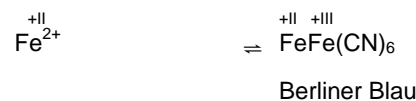
Auswertung und Ergebnis

Mittels der Korrosionsindikator-Lösung werden die in Lösung gegangenen Eisen(II)-Ionen nachgewiesen. Sie bilden mit der Kaliumhexacyanoferrat(III)-Lösung „Berliner Blau“. „Berliner Blau“ hat eine leuchtend blaue Farbe.

Korrosion von Eisen:



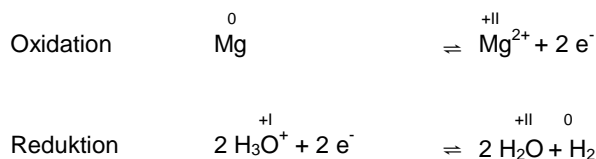
Bildung von „Berliner Blau“:



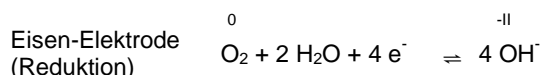
Versuch a: Korrosionsschutz durch Opferelektrode

Wird Eisen mit einem unedleren Metall elektrisch leitend verbunden, kann es vor Korrosion geschützt werden.

Wird das Magnesium-Band in die Indikator-Lösung gegeben, geht es unter Bildung von Wasserstoff (Gasbläschen) in Lösung.



Wird die Magnesium-Elektrode mit der Eisen-Elektrode leitend verbunden, so wandern die abgegebenen Elektronen vom Magnesium zum Eisen (statt zum Wasserstoff). Dort an der Eisen-Elektrode, wird Sauerstoff reduziert. Das Eisen selbst löst sich nicht auf.



Durch das Verbinden mit dem Voltmeter wird die Polung der Elektroden gezeigt. Die Eisen-Elektrode ist der positive Pol, die Magnesium-Elektrode der negative Pol. Die Magnesium-Elektrode löst sich langsam auf.

Es kann eine Spannung von 750 mV gemessen werden. Bei Kurzschluss mit dem Amperemeter fließt ein Strom von 43 mA. Es kann damit der Motor zur Veranschaulichung betrieben werden.

Die Magnesium-Elektrode dient als Opferanode. Sie löst sich auf und schützt die mit ihr verbundene Eisen-Elektrode vor Korrosion. Die Eisen-Elektrode geht nicht in Lösung. Die Elektronen des Magnesiums verhindern eine Oxidation der Eisen-Elektrode. Beim Korrosionsschutz durch eine Opferelektrode geht das unedlere Metall in Lösung und das edlere Metall wird geschützt.

Versuch b: Korrosionsschutz durch Gleichspannung

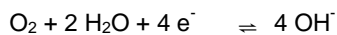
An der Eisen-Elektrode ohne angelegte Gleichspannung ist eine Blaufärbung zu sehen, also tritt Korrosion auf. Dagegen ist an der Eisen-Elektrode, die zusammen mit der Kohle-Elektrode an der Gleichspannungsquelle angeschlossen ist,

eine Rotfärbung der Flüssigkeit zu sehen. Es tritt also keine Korrosion auf. Die Korrosion von Eisen



wird unterbunden, weil Elektronen statt vom Eisen aus dem Stromkreis zur Verfügung gestellt werden.

Die Reduktionsreaktion



tritt weiterhin ein und sorgt für die pH-Wert-Erhöhung.

Der Indikator Phenolphthalein ist im sauren Bereich farblos. Bei einem pH-Wert von 8,2 – 10,0 schlägt die Farbe nach rot um. Dadurch wird an der Eisen-Elektrode ein basischer pH-Wert angezeigt.

Reinigung und Entsorgung

Die Lösungen in den Behälter für organische Lösungen geben.

Elektroden und Zelltrog gut abspülen und trocknen lassen.