

Versuche mit dem Korrosions-Set

Versuchsziele

- Nachweis der Korrosion von Metallen.
- Verhalten von unterschiedlichen Metallen in Elektrolyten.
- Säurekorrosion verschiedener Metalle zeigen.

Grundlagen

Unter Korrosion versteht man die unerwünschte Reaktion eines Werkstoffes mit seiner Umgebung (z. B. mit Wasser oder mit Sauerstoff), die zu seiner allmählichen Zerstörung führt. Korrosionsschäden haben weitreichende wirtschaftliche Konsequenzen.

An Luft oder in Wasser werden die meisten Metalle oxidiert und gehen damit wieder in ihre stabilere Ursprungsform zurück. Sie gehen wieder in Ionenform über oder bilden Verbindungen wie Oxide oder Sulfide, aus denen sie ursprünglich industriell unter Einsatz von Energie gewonnen wurden.



Der gesamte Korrosionsvorgang ist abhängig vom Metall und von der Umgebung (z. B. Medium oder Reaktionspartner).

Metalle lösen sich in Säuren auf. In einem sauren Medium mit genügend hoher H_3O^+ -Ionen-Konzentration können prinzipiell alle Metalle mit negativem Standard-Potential angegriffen werden. Aber selbst schwache, natürlich vorkommende Säuren, wie z. B. kohlensäurehaltiger Regen mit einem pH-Wert

von 5 bis 6, können ungeschützte Metalle im Laufe der Zeit schädigen – erst recht schwefel- und salpetersäurehaltiger „saurer“ Regen mit einem pH-Wert von 4 und niedriger. Besonders nachteilig (korrosionsfördernd) wirkt sich die leitende Verbindung verschiedener Metalle aus. Mit dem Korrosions-Set wird demonstriert, dass die Säurekorrosion ihre Ursache in elektrochemischen Vorgängen hat. Wenn sich unterschiedliche Metalle gleichzeitig in einem elektrisch leitenden Medium, wie z. B. verdünnter Schwefelsäure befinden, erzeugen sie eine elektrische Spannung. Diese Spannung wächst mit größer werdendem Abstand der Metalle in der elektrochemischen Spannungsreihe. Jedes Metall kann an alle in der Spannungsreihe darunter stehenden Metalle Elektronen abgeben und selbst in die Ionenform übergehen. Beim Eintauchen eines unedleren Elements in die Lösung der Ionen eines edleren Elements werden diese entladen; das edlere Element scheidet sich als Metall ab, die Atome des unedleren Elements gehen als Ionen in Lösung.

Als Konsequenz des Stromflusses vom unedlen zum edleren Metall zeigt sich eine Zersetzung des unedleren Metalls. Diese Zersetzung tritt umso intensiver auftritt, je größer der Spannungsunterschied der beiden Metalle ist.

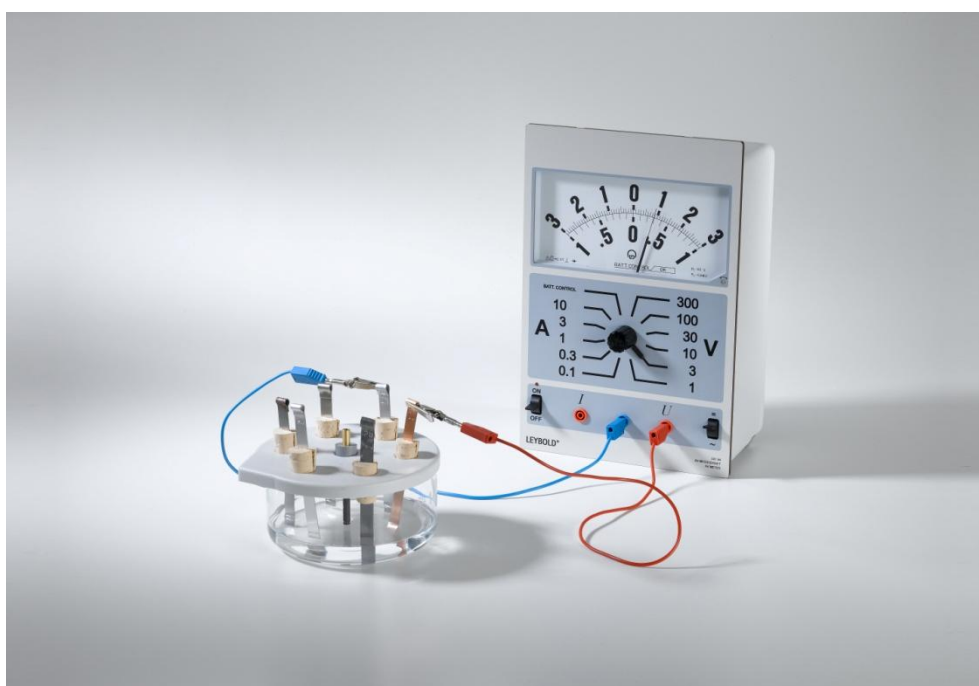



Abb. 1: Versuchsaufbau.

Gefährdungsbeurteilung

Schwefelsäure ist in der verwendeten Konzentrationen ätzend. Mit Schutzbrille und Handschuhen abfüllen.

Schwefelsäure, verdünnt	
 <p>Signalwort: Achtung</p>	<p>Gefahrenhinweise</p> <p>H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.</p> <p>H315 Verursacht Hautreizungen.</p> <p>H319 Verursacht schwere Augenreizung.</p> <p>Sicherheitshinweise</p> <p>P280 Schutzhandschuhe / Augenschutz tragen.</p> <p>P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.</p> <p>P337+P313 Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.</p> <p>P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.</p>

Geräte und Chemikalien

1 Korrosions-Set	664 3561
1 AV-Messgerät	531 94
1 Experimentierkabel, 50 cm, rot/blau.....	501 45
1 Schnabelklemmen, blank, 6 Stück.....	501 861
1 Schmirgelstein, Satz 4	664 391ET4
1 Schwefelsäure, ca. 2 N (=10%), 500 ml...	674 7920
1 Messzylinder, 500 ml	665 756
1 Messpipette, 10 ml.....	665 997
1 Pipettierball	666 003
1 Glasrührstab	665 212ET10

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Versuchsaufbau

Das Korrosions-Set enthält einen Satz von 7 Elektroden, wovon die Kohlelektrode eine Stabelektrode ist. Die Metallelektroden mit einem Schmirgelstein blank reiben. Dann je eine Elektrode zwischen zwei Korkhälften legen und in die Abdeckung eindrücken. Die Glasschale des Korrosions-Sets bis etwa zur Hälfte mit 1%iger Schwefelsäure befüllen. (Die Schwefelsäure (674 7920) ist 10% und wird mit Wasser 1:10 verdünnt. Dazu werden 270 ml Wasser in die Glasschale gegossen und 30 ml Schwefelsäure dazu pipettiert. Die Mischung mit dem Glasrührstab durchmischen.)

Deckel mit den Elektroden auf die Glasschale aufsetzen, so dass die Elektroden in die Flüssigkeit eintauchen.

Kabel an einer Seite mit Krokodilklemmen versehen. AV-Messgerät neben dem Korrosions-Set aufstellen (siehe Abb. 1). Das blaue Kabel mit der Massebuchse verbinden und das rote Kabel in die Eingangsbuchse für Spannungsmessung stecken.

Versuchsdurchführung

1. Die Kohlelektrode als Bezugsquelle wählen. Die Kohlelektrode mit dem roten Kabel verbinden, welches in die rote Buchse des AV-Messgerät in den Eingang U geht. Das blaue Kabel mit Hilfe der Krokodilklemme an z. B. die Zink-Elektrode klemmen, welche dadurch mit der blauen Massebuchse des AV-Messgerät verbunden ist. AV-Messgerät einschalten und mit dem Umschalter auf Gleichstrom stellen. Mit dem Wahlschalter für Messbereiche den geeigneten Messbereich auswählen.

2. Messwert ablesen und notieren.

3. Mit den anderen Elektroden ebenso verfahren.

In weiteren Versuchen kann z. B die Kupferelektrode als Bezugslektrode verwendet werden.

Beobachtung

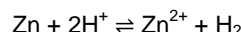
An der Zink-Elektrode ist eine deutliche Gasentwicklung, kurz nachdem sie in die Säure eingetaucht wurde, zu beobachten. Dies geschieht ohne, dass sie mit einer anderen Elektrode verbunden ist. An den anderen Elektroden lässt sich keine sichtbare Gasentwicklung wahrnehmen.

Am AV-Messgerät werden folgende Werte gemessen:

Elektrodenpaar	Potentialdifferenz [V]
C/Cu	0,35
C/Ag	0,25
C/Ni	0,40
C/Fe	0,85
C/Zn	1,30
C/Al	1,05

Auswertung

Die Zink-Elektrode löst sich ohne Verbindung zu einer zweiten Elektrode in der Säure auf.



Es entsteht das Gas Wasserstoff, welches an der Elektrode hochperlt.

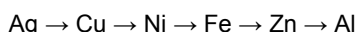
Die Kombination von Kohle- und Metallelektrode liefert je nach Metall unterschiedliche Spannungswerte. Metalle reagieren unterschiedlich in Säuren. Dies hängt von ihrem Elektrodenpotential ab.

Reiht man die Metalle entsprechend der gemessenen Potentialdifferenz in aufsteigender Reihe auf, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

Metall	Ag	Cu	Ni	Fe	Al	Zn
Potentialdifferenz [V]	0,25	0,35	0,40	0,85	1,05	1,30

Ergebnis

In der Literatur findet man folgende Spannungsreihe der Metalle:



Die in der Literatur angegebenen Normalpotentiale der Spannungsreihe lassen sich nur mit speziellen Aufbauten (z.B. Elektrochemie-Arbeitsplatz 664 3951) realisieren. Mit dem Korrosions-Set wird hingegen die tatsächliche Korrosion gemessen. Die Spannungsverhältnisse der einzelnen Metalle

zueinander werden in diesem Aufbau aber besonders deutlich gemacht.

Aus der Potentialdifferenz der verwendeten Metalle lässt sich in diesem Versuchsaufbau folgende Reihenfolge aufstellen:

Ag → Cu → Ni → Fe → Al → Zn

In unserem Versuch reagiert Aluminium mit einem größeren Potential, als in der Literatur angegeben ist. Aluminium reagiert bei Raumtemperatur nur oberflächlich mit Luft und Wasser (Passivierung). Diese passivierende Oxidschicht macht reines Aluminium bei pH-Werten von 4 bis 9 sehr korrosionsbeständig.

Berühren sich zwei Metalle und tritt ein Elektrolyt dazu, so löst sich das unedlere Metall auf und das edlere Metall bleibt bestehen.

Das unedlere Metall, in unserem Fall Zink, hat das größere Bestreben, in die stabileren Metallionen überzugehen bzw. Valenzelektronen zu besitzen. Durch diesen Vorgang lassen sie jedoch Elektronen auf dem Metall zurück, die nun wegen der guten elektrischen Leitfähigkeit zum edleren Metall fließen. Das Abfließen der Elektronen bewirkt nun, dass noch mehr Atome des unedleren Metalls in die Ionenform übergehen und sich dieses daher weiter auflöst. Das edlere Metall wird durch den Elektronenzufluss negativ aufgeladen und daher können keine Metallionen gebildet werden. Es entsteht eine Potentialdifferenz.

Korrosionsschutz

Für den Schutz von Oberflächen vor Korrosion stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Die Bedeckung der Oberfläche mit einer undurchlässigen Schutzschicht, (z. B. Lackierung) kann den Zutritt von feuchter Luft zur Oberfläche verhindern. Dieser Schutz versagt, sobald die Schutzschicht porös wird. Die Korrosion schreitet dann unter der Farbschicht fort. Eine andere Variante der Oberflächenbeschichtung ist das Galvanisieren (z. B. das Beschichten einer Eisenoberfläche mit Zink). Manche Metalloxide sind kinetisch inert, d. h. sie haften an der Oberfläche des Metalls und bilden über einen weiten pH-Bereich eine undurchdringliche Schicht. Dies wird als Passivierung bezeichnet. Beim kathodischen Korrosionsschutz wird das Objekt mit einem anderen Metall verbunden, dessen Standardpotential negativer ist als das des zu schützenden Objekts. Magnesium z. B. wirkt als Opferanode. Es gibt seine Elektronen an das Eisen ab und wird dabei selbst oxidiert. Ein Block Magnesium, der von Zeit zu Zeit erneuert werden muss, ist aber viel billiger als das Schiff, das Gebäude oder die Pipeline, die auf diese Weise vor Korrosion geschützt wird.

Reinigung und Entsorgung

Den Inhalt der Glasschale vorsichtig in den Abguss kippen und mit viel Wasser nachspülen. Die Elektrode unter fließendem Wasser spülen und trocknen lassen.