

Galvanisieren – Verkupfern einer Münze

Einleitung

Die meisten chemischen Reaktionen sind mit einem partiellen oder vollständigen Transfer von Elektronen verbunden:

Bsp.: Verbrennung von Magnesium



Betrachten wir die Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff (also eine Oxidationsreaktion) auf der Ebene der kleinsten Teilchen, so stellen wir fest, dass aus Magnesiumatomen Magnesiumionen und aus Sauerstoffatomen Sauerstoffionen entstanden. Da aus ungeladenen Atomen geladene Atome (= Ionen) wurden, müssen Elektronen übertragen worden sein.

Auf der Ebene der Elektronen stellen wir fest, dass die Sauerstoffatome Elektronen aufnahmen, während die Magnesiumatome Elektronen abgaben. Da solche Elektronentransfers nicht nur beim Sauerstoff, sondern auch bei anderen Atomsorten zu beobachten sind, wurden die Begriffe Oxidation respektive Reduktion bekanntermassen auf der Basis der Elektronen erweitert:

Oxidation:	Oxidation ist Elektronenabgabe (im ursprünglichen Sinn: Sauerstoffaufnahme).
Reduktion:	Reduktion ist Elektronenaufnahme (im ursprünglichen Sinn: Sauerstoffabgabe).
Redoxreaktion:	Unter normalen Bedingungen liegen keine freien Elektronen vor. Oxidation und Reduktion laufen also immer gekoppelt – d. h. gleichzeitig und voneinander abhängig – ab (= Redoxreaktion). Man bezeichnet ein solches e ⁻ -aufnehmendes und e ⁻ -abgebendes System als Redoxsystem (Reduktions-Oxidations-System).

Gibt ein Stoff gerne Elektronen ab, ein anderer jedoch weniger gern, so ist an einem Ort die Elektronenkonzentration hoch, an einem Ort gering, womit eine *Spannung* (= unterschiedlicher Elektronendruck, gemessen in Volt [V]) messbar ist. Werden diese 2 Orte unterschiedlicher Elektronenkonzentration über einen Leiter (Elektrokabel = Kupferkabel) und eine leitende Flüssigkeit (Elektrolyt = Salzlösung) verbunden, so fliesst ein elektrischer Strom. Strom ist nichts anderes als ein Fluss von frei beweglichen Ladungsträgern (Elektronen in Feststoffen, Ionen in Flüssigkeiten). Die Stromstärke (gemessen in Ampere [A]) gibt an, wie viel Ladung pro Zeiteinheit durch einen Leiter fliesst. Die Stromstärke von 1 Ampere bedeutet, dass eine Ladungsmenge von 1 Coulomb pro Sekunde durch einen Leiterquerschnitt fliesst. Zur Erinnerung: Die Ladung eines Elektrons beträgt $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Die Reaktion von Magnesium und Sauerstoff ist stark exotherm und läuft nach Zuführung von genügend Aktivierungsenergie freiwillig ab. Solche Redoxreaktionen sind im Prinzip *umkehrbar*. Dazu müssen die Elektronen einfach in umgekehrter Richtung zum Fliessen gebracht werden, was mit einer externen Stromquelle (= "Elektronenpumpe", d.h. Steckdose mit Netzstrom) bewerkstelligt werden kann. Man kann dieses Verfahren, d.h. die Stromzuführung zu einer Metallsalzlösung, auch dazu benutzen, Gegenstände mit einer schützenden Metallschicht zu überziehen. Dieses Verfahren basiert auf der Elektrolyse und heisst Galvanisieren. Das Galvanisieren hat in der Praxis eine grosse Bedeutung (z.B. vernickelte, verchromte oder vergoldete Gegenstände).

In diesem Praktikum wirst du selbst eine Münze verkupfern.

- Lernziele:**
- Du bist in der Lage, den Versuchsaufbau und die Abläufe beim Galvanisieren an einem gegebenen Beispiel (Metall und Überzugsmetall) mit einem Schema und in Worten und Reaktionsgleichungen darzulegen und zu begründen.

- Sicherheit:**
- Du arbeitest mit Netzgeräten, Leiterkabeln, d.h. mit Strom: Berühre keine Leiterkomponenten (z.B. nicht isolierte Krokodilklemmen), die unter Strom stehen.
 - Der verwendete Elektrolyt ist ätzend (enthält verd. Schwefelsäure) → Schutzbrille.
 - Aceton reizt die Augen und kann zu rissiger Haut führen → Schutzbrille.

- Entsorgung:**
- Kupferionen (Schwermetallionen) sollten nicht ins Abwasser gelangen. Lösungen und Metalle werden wieder verwendet. Lösungsrückstände (Tropfen in Becherglas, Metalloberfläche) gebe man in den normalen Abfall (Kehricht).

Versuch

Geräte / Material

- Netzgerät PS-303D
- 1 rotes und 1 blaues Kabel
- Stativ, Muffe, Klammer
- Becherglas (100 ml), Hochform
- Plastikpinzette
- Haushaltspapier
- Schutzbrille
- Kit Galvanisieren (Verkupfern einer Münze):*
 - 6 Trägerrohre mit 2 Krokodilklemmen
 - 6 Kupferbleche (ca. 1 x 4 cm)
 - Münzen (5- oder 10-Rappen-Stücke)
 - 3 Flaschen mit Kupferbad
 - 3 Dosen Scheuerpulver (je 1 pro Lavabo)
 - 3 trockene Lappen zum Polieren (je 1 pro Lavabo)
 - 1 Verschlussglas mit Aceton zum Entfetten (zentral)
 - 1 Schnappdeckelglas mit Demomünzen (zentral)
 - 1 Sammelglas für alte Münzen (zentral)
 - 1 Nagellack, schnell trocknend (zentral)

Chemikalien

- Kupferbad [5 g CuSO₄ · 5 H₂O in 150 ml H₂O, 50 ml H₂SO₄ (2 M), 20 ml Ethanol], in Kit
- Aceton (CH₃COCH₃), in Kit
- dest. Wasser

(1)  Reinige die Münze gründlich mithilfe von wenig Scheuerpulver und Wasser mit deinen Fingern. Spüle die Münze und deine Finger gründlich unter dem laufenden Wasser ab (Wasserhahn). Merke dir das Prägejahr der Münze und lege die Münze zum Entfetten in das Verschlussglas mit Aceton (→ vorderste Kapelle). Deckel schliessen.

(2) Bereite das Netzgerät vor (noch nicht einschalten): Stecke das blaue Kabel in die blaue Buchse, das rote Kabel kommt in die rote Buchse.

Stelle die erforderliche Spannung ein: Bevor du das Netzteil einschaltest, drehst du alle Schalter (Amp, Volt Fine, Volt Coarse) auf '0'.

Schalte das Netzgerät ein und drehe am Stromregler (Amp), bis die grüne Diode aufleuchtet (Const V). Drehe nun am Spannungsregler (Volt Fine), bis die Anzeige auf dem Display gerade 0.3 V anzeigt. Schalte das Netzgerät wieder ab.

(3) Erscheine – mit der Plastikpinzette ausgerüstet – bei der Lehrperson, welche deine Münze aus dem Entfettungsbad nehmen wird. Die Münze darf nun nicht mehr mit den Fingern berührt werden. Die Münze wird mit einer Krokodilklemme am Trägerrohr befestigt.

An die zweite Klemme kommt das Kupferblech. Das Trägerrohr mit den Klemmen wird nun auf das 100 ml-Becherglas (Hochform) gestellt.

Praktikum 2: Elektrochemie – Galvanisieren

- (4) Nun kannst du abschätzen, wie viel Milliliter Kupferbad (Elektrolyt) es braucht. Der grösste Teil des Kupferblechs sollte eintauchen, die Münze sollte jedoch nur etwas mehr als zur Hälfte eintauchen. Vorsicht: Die Flüssigkeit klettert an den eingetauchten Objekten einige Millimeter hoch; die Klemmen dürfen jedoch nicht (!) mit dem Elektrolyten in Kontakt kommen, da sie sonst auch verkupfert werden.

Die Position (Höhe) der Münze und des Blechs kannst du über die Schrauben am Trägerrohr verändern. Beide Objekte dürfen die Becherglaswand nicht berühren.

Fülle nun das Becherglas bis zur notwendigen Höhe mit Kupferbad (rund 25 ml). Das Kupferbad besteht aus einer Kupfersalzlösung (CuSO_4), Schwefelsäure und Ethanol. Das Verkupfern wäre auch ohne die zwei letzten Substanzen möglich.

Montiere nun das Trägerrohr im Stativ – knapp über dem Becherglas.

- (5) Verbinde nun das Netzgerät mit den Klemmen am Trägerrohr: Die Münze kommt an den Minuspol (blaues Kabel), das Blech an den Pluspol (rotes Kabel). Schalte das Netzgerät ein und galvanisiere bei 0.3 V ca. 6–10 Min (Spannung allenfalls am Volt-Fine-Regler so nachjustieren, dass der Wert auf dem Display gerade wieder 0.3 V anzeigt).

Skizziere während der Wartezeit den Versuchsaufbau, d.h. löse nun die *Aufgabe 1a*.

Schalte das Netzgerät aus und drehe die Münze mittels einer Pinzette in der Klemme um 180°, so dass der nicht verkupferte Teil nach unten schaut. Galvanisiere nochmals weitere 6–10 Minuten.

Wie funktioniert das Verkupfern? Mache dir während der Wartezeit Gedanken zur *Aufgabe 1b*.

Schalte das Netzgerät aus und löse die Münze aus der Klemme. Betrachte auch das Kupferblech. Notiere deine Beobachtung.

- (6) Tupfe die Münze mit Haushaltspapier ab und spüle sie kurz unter dem Wasserhahn ab. Behandle sie wiederum mit wenig Scheuerpulver und Wasser, diesmal aber nur kurz. Spüle die Münze mit Wasser ab. Poliere die Münze durch Reiben mit einem trockenen Lappen, bis der Kupferbelag schön glänzt.

Fakultativ: Schütze die Münze mit Nagellack, um langfristig den Kupferglanz zu erhalten. Lass den Nagellack 10 min trocknen. Vergiss nicht auch den Rand der Münze zu behandeln.

- (7) Aufräumen: Trockne das Kupferblech mit Haushaltspapier ab und spüle es dann mit dest. Wasser. Das Kupferbad gibst du in die Flasche zurück. Das Becherglas wird zuerst mit Haushaltspapier ausgetrocknet, dann mit Leitungswasser gereinigt, anschliessend mit dest. Wasser gespült und am zentralen Materialvorbereitungsort deponiert. Alles Material aus dem Kit 'Galvanisieren' ins Kit zurücklegen.

Aufgaben

- (1) (a) Erstelle eine schematische Skizze des Versuchsaufbaus zum Verkupfern einer Münze. Kennzeichne Plus- und Minuspol.
(b) Erkläre die Vorgänge beim Verkupfern in Worten.

Hilfeleistung: Der Minuspol heisst so, da dort der Elektronendruck gross ist, hier durch Zufluss von Elektronen des Netzstroms (Steckdose). Damit der Stromkreis geschlossen ist, müssen am anderen Pol (Pluspol: Kupferblech) wieder Elektronen abfließen.

- (i) Welche Substanz respektive welche Teilchen geben diese Elektronen ab und welche Teilchen entstehen in der Folge am Pluspol?

Der Elektrolyt ist eine Kupfersulfatlösung [$\text{CuSO}_4 \text{ (aq)}$], enthält also Cu^{2+} -Ionen und SO_4^{2-} -Molekülen. Diese geladenen Teilchen bewegen sich im elektrischen Feld zwischen Minus- und Pluspol und bewirken damit einen Strom. Sie schliessen damit den Stromkreis in der Flüssigkeit. Die Sulfat-Teilchen sind sehr stabil und bleiben unverändert in Lösung.

- (ii) Wohin bewegen sich die Cu^{2+} - und die SO_4^{2-} -Ionen? Was passiert mit den Cu^{2+} -Ionen?

- (c) Formuliere die Teilreaktionen am Plus- und Minuspol.

- (d) Was passiert, wenn man die Münze als Pluspol anstatt als Minuspol schaltet?