

Untersuchung von Münzen – mit geringstem Chemikalieneinsatz

Schüler: MIKE FEIGL, TOBIAS WEINERT
Lehrer: HELGE-BJÖRN SAWAL

Friedrich-Schiller-Gymnasium,
15711 Königs Wusterhausen

Es ging uns darum, Nachweise von Ionen auf Metalloberflächen durchzuführen. Dabei haben wir einerseits bekannte Nachweismethoden angewandt, andererseits neue Methoden entwickelt oder Bekanntes verfeinert.

Um die Experimente leicht handhabbar und lebensverbunden zu gestalten, verwendeten wir Münzmetalle unserer Währung. Dadurch ergab sich neben dem Hauptzweck, abfallfreie/abfallarme Experimente, auch die Möglichkeit, das Thema in größeren Zusammenhängen zu behandeln.

Die Oberflächen von Münzen sind mit einer Metall/Metall-Ionen-Elektrode vergleichbar. Uns ist es durch einfache Reaktionen (Tüpfeln, Wattestäbchen mit Reagenzlösung, Analysestäbchen, Borax- und Phosphorsalzglasuren, Lötrohrprobe) gelungen, den Nachweis von Metall-Ionen auf Münzen durchzuführen. Elektrolyte dieser Systeme sind Schweiß, Feuchtigkeit oder auch Bestandteile des Reagenzes. Wir haben sogar Schweiß synthetisch hergestellt und konnten zeigen, daß auch dieser „Kunstschweiß“ die Bildung von Metall-Ionen auf der Münze auslösen kann.

Tüpfeln

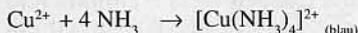
Beim Tüpfeln haben wir die Reagenzien direkt auf die Münze aufgetropft. Es ist erstaunlich, welche guten Ergebnisse erreicht werden. Es gibt bei entsprechendem Gehalt der Münzen eindeutige Reaktionen auf Kupfer, Nickel, Zink, Aluminium und Eisen. Der Chemikalienverbrauch beträgt im Durchschnitt nur 0,1 bis 0,2 ml Reagenzlösung.

Kupfernachweis

Pfennigstücke der Werte 1, 2, 5 und 10 werden mit je einem Tropfen 25%iger Ammoni-

aklösung (Xn) benetzt. Nach kurzer Zeit ergibt sich eine blaue Färbung.

Kupfer(II)-Ion + Ammoniak →
Tetraamminkupfer(II)-Ion



Nickelnachweis

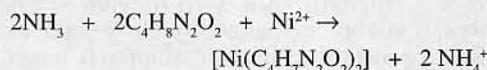
50-Pfennig-Stücke, 1-, 2- und 5-Mark-Stücke benetzt man mit einem Tropfen einer einprozentigen Dimethylglyoximlösung (Diacetyldioximlösung) in Ethanol (F) und setzt etwas 10%ige Ammoniaklösung (Xn) zu. Nach kurzer Zeit ergibt sich eine Rotfärbung.

Der qualitative Nachweis beruht auf denselben chemischen Reaktionen wie der halbquantitative Nachweis mit Teststäbchen.

Hierzu stellt man eine 1:1-Mischung von Ammoniakwasser (25%ig) mit Dimethylglyoximlösung her. In diese Lösung wird ein Wattestäbchen eingetaucht, welches dann auf dem Objekt gerieben wird. Wenn Nickel-Ionen vorhanden sind, kann man eine leichte Rotfärbung feststellen.

Ammoniak- + Dimethylglyoxim- + Nickel- →
wasser lösung Ionen

Nickeldimethyl- + Ammonium-
glyoxim Ionen



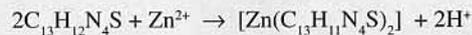
Dieses Reagenz ist sehr lange haltbar.

Zinknachweis

5- und 10-Pfennig-Stücke werden mit einer frisch zubereiteten Lösung von Dithizon (0,5 %) in Aceton betupft. Nach kurzer Zeit schlägt die Grünfärbung in Rot um.

Zink kann man in Lösungen mit Hilfe von Dithizon (1,5-Diphenylthiocarbazon) nachweisen. Dithizon bildet mit den Zink-Ionen einen roten Komplex.

Dithizon + Zink-Ion →
Zinkdithizonat + Wasserstoff-Ionen



Weil beim Zinknachweis Dithizon auch mit anderen Metall-Ionen reagiert, ist ein Einsatz von käuflichen Teststäbchen spezifischer, da störende Ionen ausgeschlossen werden.

Wattestäbchen

Durch Einsatz von Wattestäbchen, wie sie zur Babypflege verwendet werden, kann man den Chemikalienverbrauch weiter minimieren, indem man die Tüpfel-Chemikalien auf ein Wattestäbchen aufträgt und dann auf der Münze intensiv reibt. Man beobachtet sehr deutliche Farben auf der Watte. Die weiße Färbung der Watte bildet einen guten Hintergrund für die Farben.

Analysestäbchen

Mit käuflichen Analysestäbchen werden sehr gute Ergebnisse erzielt, indem man die angefeuchteten Stäbchen auf den Münzen reibt. Nachteilig ist neben den Kosten auch die teilweise „verdeckte Chemie“ der Reaktion. Vorteilhaft sind die Sicherheit der Ergebnisse und die halbquantitative Aussage des Tests.

Kupfernachweis mit Merck-Analysestäbchen Merckoquant 10 003

Zum qualitativen Nachweis von Kupfer enthält das Stäbchen das Reagenz 2,2'-Bichinolin (Cuproin). Es reagiert mit Kupfer(I)-Ionen zu einem wasserunlöslichen, farbigen Komplex. Kupfer(II)-Ionen werden durch in der Reaktionszone enthaltene (nicht genannte) Reduktionsmittel zuerst in Kupfer(I)-Ionen übergeführt.

Kupfer(I)-Ionen + 2,2'-Bichinolin \rightarrow
Kupferdibichinolinkomplex \downarrow (farbig)



Diese Reaktion läuft am besten bei einem pH-Wert von 2 bis 6 ab. Dieser kann durch Säuren wie Salzsäure eingestellt werden. Das hat außerdem den Vorteil, daß die Salzsäure die Oberfläche des zu prüfenden Gegenstandes (z. B. Münze) anlöst und sich dadurch die Kupfer(II)-Ionen leichter aus dem Metall herauslösen.

Nickelnachweis mit Merck-Analysestäbchen Merckoquant 10 006

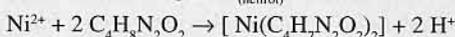
Methode: Die Messung zur Nickelbestimmung bei allen Experimenten erfolgte mit diesen Teststäbchen. Es ist ein orientierender Schnelltest zum Nachweis und zur halbquantitativen Bestimmung von Nickel(II)-Ionen. Der Nachweis erfolgt durch Farbvergleich.

Durchführung: Das Teststäbchen wird kurz in die zu prüfende Lösung so eingetaucht, daß die Testzone vollständig benetzt wird. Es bildet sich ein hellroter Farbkomplex, welcher nach 30 s voll entwickelt ist. Dieser Komplex, unter dem Mikroskop betrachtet, weist rote Nadeln auf. Deshalb vergleicht man die Testzone nach 30 s mit der Farbskala auf der Packung. Diese Methode ist zwar nicht hundertprozentig genau; sie ist jedoch ausreichend, um einen allgemeinen Überblick über die Konzentrationen des Nickels in unseren Proben zu geben. Um eine Konzentration exakt zu ermitteln ist es möglich, ein Reflektometer zu benutzen.

Theorie: Der Merckoquant-Nickeltest bedient sich einer Standard-Nachweismethode für Nickel(II)-Ionen. Die Nickel(II)-Ionen reagieren mit Diacetyldioxim unter Bildung eines hellroten Komplexes, eine Umsetzung, die praktisch quantitativ verläuft, wenn die dabei entstehenden Wasserstoff-Ionen durch einen Puffer abgefangen werden.

Nickel(II)-Ionen + Diacetyldioxim \rightarrow

Komplex \downarrow (hellrot) + Wasserstoff-Ionen



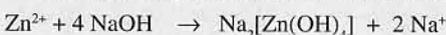
Da das Diacetyldioxim aber auch auf andere zweiwertige Ionen komplexierend wirkt, enthält die Reaktionszone der Stäbchen Maskierungsmittel, die die störenden Nebenreaktionen unterdrücken (z. B. mit Fe). Infolgedessen arbeitet der Nickeltest so spezifisch, daß sich zum Beispiel noch 10 mg/l Ni^{2+} neben 5000 mg/l Cu^{2+} und 5000 mg/l Fe^{3+} bestimmen lassen. Im pH-Bereich 2 – 7 ist die Nachweisgenauigkeit unabhängig vom pH-Wert der zu prüfenden Lösung.

Zinknachweis mit Merck-Analysestäbchen Merckoquant 10 038

Zink kann man in Lösungen mit Hilfe des Reagenzes Dithizon nachweisen (siehe Tüpfeln). Weil Dithizon auch mit anderen Metallionen reagiert, ist es wichtig, die zu prüfende Lösung mit Natronlauge zu versetzen. Erstens werden dadurch störende Ionen ausgefällt, und zweitens werden die Zink-Ionen in das Zinkat übergeführt.

Zink-Ionen + Natronlauge \rightarrow

Natriumtetrahydroxozinkat + Natrium-Ionen



Merkmale kursfähiger Münzen (ohne Sondermünzen) (nach /22/)

1 Pfennig

Münzmetall: Stahlkern mit beidseitiger Kupferauflage

Durchmesser: 16,50 mm

Masse: 2,00 g

2 Pfennig

Münzmetall: 1. Kupferlegierung (Kupfer-Zinn-Zink)

2. Stahlkern mit beidseitiger Kupferauflage

Durchmesser: 19,25 mm

Masse: 1. 3,25 g (Kupfer-Münze) 2. 2,90 g (Stahlkern-Münze)

10 Pfennig

Münzmetall: Stahlkern mit beidseitiger Messingauflage (Kupfer-Zink-Legierung)

Durchmesser: 21,50 mm

Masse: 4,00 g

50 Pfennig

Münzmetall: Kupfer-Nickel-Legierung

(Cu 75 Ni 25)

Durchmesser: 20,00 mm

Masse: 3,50 g

1 Deutsche Mark

Münzmetall: Kupfer-Nickel-Legierung

(Cu 75 Ni 25)

Durchmesser: 23,50 mm

Masse: 5,50 g

2 Deutsche Mark

Münzmetall: Magnimat (Dreischichtenwerkstoff)

Deckschichten: Kupfer-Nickel-Legierung, Kern: Nickel

Durchmesser: 26,75 mm

Masse: 7,00 g

5 Deutsche Mark

II. Ausgabe

Münzmetall: Magnimat (Dreischichtenwerkstoff)

Deckschichten: Kupfer-Nickel-Legierung

Kern: Nickel

Durchmesser: 29,00 mm

Masse: 10,00 g

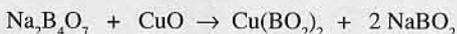
➔ Dithizon + Zinkat-Ion →
Zinkdithizonat + Wasser + Hydroxid-Ionen



Borax- und Phosphorsalzglasur

In Anlehnung an die klassischen Perlen, die üblicherweise auf Magnesiastäbchen erzeugt werden, kam uns die Idee, diese Reaktion auf

der Münze zu erzeugen. Da es sehr problematisch ist, die geringen Mengen Ionen von der Münze auf das Stäbchen zu übertragen, haben wir die Salze auf die Münze gebracht und erhitzt. Dabei kam es zusätzlich zu einer Oxidation der Münzoberfläche. Die entstehenden Metalloxide reagierten dann mit dem Borax bzw. Phosphorsalz zu einer farbigen dauerhaften Glasur.



Der Vorteil dieses von uns modifizierten Nachweises besteht auch darin, daß die glasierte Münze als Anschauungsobjekt aufbewahrt werden kann.

Modifizierte Lötrohrprobe

Die Lötrohrprobe ist ein klassisches, einfaches und häufig vergessenes Nachweisverfahren. Als wir Feilspäne von 2-Pfennig-Stücken (bis 1968 Kupfer-Zinn-Legierung) erhitzen, waren verschiedene Färbungen zu erkennen. Man konnte eine Veränderung der Oberfläche je nach Flammenzone beobachten. Diese „flackernden Felder“ nahmen im Wechsel die Farben Rot bis Rotbraun und Grauschwarz an. Daraus ist ersichtlich, daß sich verschiedene Metalloxide gebildet haben. Die rote Färbung ist ein Merkmal von Kupfer(I)-oxid, die rotbraune Färbung zeigt Kupfer an und die grauschwarze Färbung Kupfer(II)-oxid. Variante: Man hält ein 2-Pfennig-Stück in verschiedene Flammenzonen eines Bunsenbrenners und beobachtet die sofort auftretenden Veränderungen an der Oberfläche. Es ist erstaunlich, mit welchen einfachen Mitteln man wichtige Sachverhalte der Chemie (spontane Oxidation und Reduktion) beobachten und auswerten kann.

Da bei dieser Methode eigentlich Metalloxide durch eine Flamme reduziert werden, haben wir zusätzlich Späne von Münzen oxidiert und dann in der Flamme reduziert. Die dabei auftretenden chemischen Reaktionen verbunden mit entsprechenden Beobachtungen empfinden wir erkenntnistheoretisch als besonders wertvoll.

Chemikalienverbrauch

Kupfernachweise

Für die Tüpfelmethode verwendet man 1...3 Tropfen Ammoniaklösung und eventuell etwas

Vorgesehene technische Merkmale der Euromünzen /22/

Nennwert (Euro)	Durchmesser (mm)	Dicke (mm)	Masse (g)	Farbe	Form	Zusammensetzung	Rändelung
0,01	16,25	1,32	2,2	rot	rund	Stahl mit Cu-Auflage	glatt
0,02	18,75	1,36	3	rot	rund	Stahl mit Cu-Auflage	glatt mit Einkerbung
0,05	21,25	1,41	3,9	rot	rund	Stahl mit Cu-Auflage	glatt
0,10	19,75	1,51	4,1	gelb	rund	Nordisches Gold ²	grob geriffelt
0,20	22,25	1,63	5,7	gelb	„Span. Blume“ ¹	Nordisches Gold ²	ohne Randprägung
0,50	24,25	1,69	7	gelb	rund	Nordisches Gold ²	grob geriffelt
1	23,25	2,125	7,5	außen: gelb; innen: weiß	rund	Nickel-Messing, dreischichtig Kupfer-Nickel/ Nickel/Kupfer-Nickel	gebrochen geriffelt
2	25,75	1,95	8,5	außen: weiß; innen: gelb	rund	Kupfer-Nickel dreischichtig Nickel-Messing/ Nickel/ Nickel-Messing	Schriftprägung, fein geriffelt

¹ Rund mit Einbuchtungen am Rand

² Kupfer/Aluminium/Zink/Zinn-Legierung

destilliertes Wasser, um den blauen Tetrammin-kupferkomplex zu erhalten. Beim Nachweis mit Wattestäbchen werden ähnliche Mengen verbraucht.

Beim Kupfernachweis mit Analysestäbchen fällt pro Nachweis nur ein Teststäbchen als Abfall an.

Nickelnachweise

Für die Tüpfelmethode braucht man 0,2 ml Diacetyldioximlösung und 0,1 ml Ammoniakwasser. Bei den entsprechenden Versuchen mit Wattestäbchen genügen 5 Stück für 10 Nachweise.

Bei den Versuchen mit Analysestäbchen benötigt man ein Teststäbchen pro Experiment.

Zinknachweise

Für die Tüpfel- und Wattestäbchenmethode empfiehlt sich die Verwendung von 1 ... 2 Tropfen Dithizon. Außerdem benötigt man wenige Tropfen Natronlauge, um die Zink-Ionen in das benötigte Zinkat zu überführen. Die Versuche mit Analysestäbchen erfordern ein Teststäbchen pro Experiment.

Borax-/Phosphorsalz-Versuche

Für die Herstellung der farbigen Glasuren auf den Münzoberflächen benötigt man nur wenige Spatelspitzen Substanz.

Weitere Aspekte

Das Thema Münzen bietet wie kaum ein anderes vielfältige Ansätze für das Anknüpfen an andere Unterrichtsdisziplinen. Im folgenden seien einige Anregungen aufgeführt.

Biologie: Wirkung der Metalle Kupfer, Nickel, Zink und Eisen auf Menschen und Tiere (Allergien, Toxizität, essentielle, enzymatische und mikrobielle Aspekte)

Physik: Elektrotechnik, Elektronik, Leitung des elektrischen Stroms, Kristallografie

Geschichte: Münzwährungen in verschiedenen Epochen, Ablaßhandel im Mittelalter
Im täglichen Leben ist der Umgang mit Münz-geld allgegenwärtig. Besondere Aktualität gewinnt das Thema durch die bevorstehende Einführung des Euro. Nicht nur der Wechselkurs sondern auch die Gestaltung der Münzen und Banknoten wird gewöhnungsbedürftig sein.

Es kommt eine Achter-Münzserie mit 1-2-5-10-20-50 Cent sowie 1 und 2 Euro. Die Vorderseite der Geldstücke zeigt den Wert und ist in der europäischen Währungsunion einheitlich, die Rückseite gestaltet jedes Land mit eigenen nationalen Motiven. Die Cent- und Euro-Stücke unterscheiden sich deutlich in Größe, Masse, Material, Farbe und Dicke. Auch der Gesundheitsschutz wird verbessert: Auf das umstrittene Nickel (allergieauslösende Wirkung), das bisher in drei Viertel aller

Legierungen enthalten ist, wird weitgehend verzichtet. (Merkmale der Münzen siehe Tabelle!)

Literatur

- 1 Schülerduden: Die Chemie. – Hg. u. bearb. von Meyers Lexikonredaktion in Zusammenarbeit mit Borukki, H. – Dudenverlag. – Mannheim/Wien/Zürich, 1988 (2. überarb. Aufl.)
- 2 Breuer, H.: dtv-Atlas zur Chemie. – Tafeln und Texte, Band 1 und 2. – Deutscher Taschenbuch Verlag. – München, 1994 (7. akt. Aufl.)
- 3 Fachtexte und Studien. – Bibliothek des Umweltbundesamtes. – Berlin
- 4 Römpp Chemie Lexikon. – Georg Thieme Verlag. – Stuttgart/New York, 1995
- 5 Gebrauchsanweisung des Aquaquant 14414 der Fa. Merck
- 6 Chemie für die S I. – Länderausgabe O, Bd. 1. – Cornelsen Verlag. – Berlin, 1992 (1. Aufl.)
- 7 Tausch; v. Wachtendonk: Chemie S II. – Stoff - Formel - Umwelt. – C. C. Buchners Verlag. – Bamberg, 1993
- 8 Elemente Chemie I und II. – Klett Schulbuchverlag. – Stuttgart, 1986 und 1989
- 9 Münzblatt. – Deutsche Bundesbank. – Frankfurt/M., 1995
- 10 Internetadressen: <http://www.chemie.fu-berlin.de/cgi-bin/chemsafe?-x+r1762-95-4>
<http://www.geo.de/wissen/96/11/FilterMetalle.html>
- 11 Sommer, K.: Wissensspeicher Chemie. – Volk und Wissen Verlag. – Berlin, 1983
- 12 Beilstein E III/IV 23, 1978
- 13 Müller, G.-O.: Lehrbuch der angewandten Chemie. – Bd. I: Qualitativ-anorganisches Praktikum. – Hirzel Verlag. – Leipzig, 1986 (3. Aufl.)
- 14 Stapf: Chemische Versuche im Unterricht. – Teil 2. – Berlin, 1953 (2. Aufl.)
- 15 Lehrbuch der analytischen und präparativen Chemie. – Hirzel Verlag. – Leipzig, 1958 (2. Aufl.)
- 16 Encarta® Enzyklopädie. – Microsoft 1997
- 17 Gebrauchsanweisung für käufliche Nachweistests (z.B. Cu, Ni, Fe, Zn) der Fa. Merck
- 18 Müller: Lehrbuch der angewandten Chemie. – Hirzel Verlag. – Leipzig, 1986
- 19 Fries; Getrost: Organic Reagents for Trace Analysis. – Merck-Selbstverlag. – Darmstadt, 1975
- 20 Anorganikum. – VEB Verlag der Wissenschaften. – Berlin, 1967
- 21 Ebeling: Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. – Weidmannsche Buchhandlung. – Berlin, 1906
- 22 Deutsche Bundesbank. – Informationsblatt Nr. 8 u. 9