

Praktikum Anorganische Chemie

Wikibooks.org

9. November 2011

Inhaltsverzeichnis

1 SICHERHEITSVORSCHRIFTEN	3
1.1 SICHERHEITSVORSCHRIFTEN	3
2 QUALITATIVE ANALYSE	9
2.1 VORPROBEN	11
2.2 AUFSCHLÜSSE	27
2.3 NACHWEISREAKTIONEN	33
2.4 KATIONENTRENNUNGSGANG	170
3 QUANTITATIVE ANALYSE	201
3.1 TITRIMETRIE	201
4 AUTOREN	219
4.1 TEXT	219
4.2 BILDER	242
5 AUTOREN	243
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	247

1 Sicherheitsvorschriften

1.1 Sicherheitsvorschriften

Bei allen Arbeiten im Labor muss immer eine Schutzbrille und ein Schutzkittel sowie geeignete Kleidung (lange Hose und geschlossene Schuhe) getragen werden. Gegebenenfalls muss zusätzlich eine Gummi- oder Lederschürze getragen werden. Gearbeitet wird in der Regel im Abzug. Zum einen verhindert man so das Austreten von Gasen und Dämpfen in die Raumluft und ist zusätzlich noch vor Spritzern usw. sicher. Bei Arbeiten, die bekanntermaßen sicher sind, wie z.B. Titrationsen oder bei vielen Reaktionen in der Tüpfelplatte, kann auch auf dem Labortisch gearbeitet werden. Die Schutzscheibe des Abzugs muss so weit wie möglich geschlossen gehalten werden, damit er eine wirkungsvolle Sogwirkung entfalten kann und einen Spritz- und Explosionsschutz bietet. Ein Bunsenbrenner sollte in einem gewissen Abstand zur Scheibe aufgestellt werden, da eine dauerhafte thermische Belastung zu Rissen führen kann und wieder die Sicherheit gefährdet. Substanzen, die ätzende oder giftige Gase absondern, sollten auch unter dem Abzug nur in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

Beim Umgang mit einigen Substanzen muss außerdem ein Gesichtsschutz verwendet werden (z. B. Flusssäure). Handschuhe sind beim Umgang mit giftigen oder ätzenden Stoffen angebracht. Sie sollten jedoch nicht dazu verleiten unsauber zu arbeiten. Außerdem ist nicht jedes Handschuhmaterial für jeden Stoff ge-

eignet.¹ Vor allem Einmalhandschuhe sind als Schutz gegen Lösungsmittel gänzlich ungeeignet. Gegen wässrige Lösungen und manche Feststoffe bieten sie einen begrenzten Schutz. Handschuhe aus Nitril sind gegen manche Lösungsmittel, vor allem Aceton, unbeständig. Daher informiere man sich vor Arbeitsbeginn anhand der Beständigkeitsliste des Herstellers über die Eignung des Materials. Über die genauen Schutzmaßnahmen geben die Sicherheitsdatenblätter des Herstellers oder Händlers von Chemikalien Auskunft. Außerdem sind Betriebsanweisungen zu beachten!



Abb. 1:
Augenschutz
benutzen



Abb. 2:
Handschutz
benutzen



Abb. 3:
Schutzkleidung
benutzen

1 BERICHT DER BERUFGENOSSENSCHAFT CHEMIE ÜBER EINEN TÖDLICHEN UNFALL BEI VERWENDUNG UNGEEIGNETER HANDSCHUHE
{[HTTP://WWW.BGCHEMIE.DE/WEBCOM/SHOW_ARTICLE.PHP/_C-100/_NR-1/_P-1/I.HTML](http://www.bgchemie.de/webcom/show_article.php/_c-100/_nr-1/_p-1/i.html)}



Abb. 4: Gebrauchsanweisung beachten

Falls besonders giftige Substanzen entstehen, wird in diesem Arbeitsbuch mit dem Totenkopf darauf aufmerksam gemacht. Das entbindet jedoch nicht vor der Pflicht, sich vor Beginn eines Versuches genau über die Gefahren-, Sicherheits- und Entsorgungshinweise zu informieren. Gefahrstoffe sind stets mit den Gefahrensymbolen und R- UND S-SÄTZEN² (Risiko und Sicherheit) zu kennzeichnen. Zuverlässige Internetquellen findet man unter [W:WIKIPEDIA:REDAKTION CHEMIE/QUELLEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Redaktion_Chemie/Quellen)³.

2 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/R-%20UND%20S-S%E4TZE](http://de.wikipedia.org/wiki/R-%20UND%20S-S%E4TZE)

3 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WIKIPEDIA%3AREDAKTION%20CHEMIE%2FQUELLEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia%3AREDAKTION%20CHEMIE%2FQUELLEN)



Abb. 5: explosiv (E)



Abb. 6: brandfördernd (O)



Abb. 7: leichtentzündlich (F)

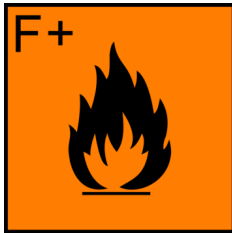


Abb. 8: hochentzündlich (F+)



Abb. 9: giftig (T)



Abb. 10: hochgiftig (T+)



Abb. 11: gesundheitsschädlich (Xn)



Abb. 12: reizend (Xi)



Abb. 13: ätzend (C)



Abb. 14:
umweltgefährlich (N)

Vor jeder Arbeitspause, nach dem Arbeitsende und natürlich auch bei direktem Kontakt mit Chemikalien gründlich die Hände waschen!

Gefahrstoffwarnung! ☠ Alle Blei- und Quecksilbersalze sowie sechswertige Chromverbindungen sind giftig und sollten daher nur in kleinstmöglichen Mengen verwendet werden. Jeglicher Hautkontakt mit der Probe- bzw. Salzlösung ist zu vermeiden (evtl. Handschuhe), da vor allem Chromate sowie Nickel auch Kontaktallergien auslösen können. Sechswertige Chromverbindungen (Chromate und Dichromate) sind außerdem krebserregend (Kategorie I)! Entsorgung von Chromaten und Dichromaten: Im gekennzeichneten Becherglas sammeln und mit **NASZIERENDEM WASSERSTOFF**⁴ (aus der Reaktion von Salzsäure mit unedlem Metall, z.B. Zink) oder mit Ethanol in Gegenwart von Schwefelsäure über längere Zeit behandeln. Das hierbei entstehende grüne Chrom(III) entsprechend den anderen Schwermetallen entsorgen.

4 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NASZIERENDER%20WASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Naszierender%20Wasserstoff)

2 Qualitative Analyse

2.0.1 Nachweisreagenzien

Dies ist eine Liste von Nachweisreaktionen geordnet nach Reagenzien. Sie ist möglicherweise nützlich, wenn eine Nachweisreaktion nicht so klappt wie gewünscht und man nun auf der Suche nach einem Hinweis ist, was stattdessen reagiert hat.

	EISEN(III) ¹	COBALT ²
Thiocyanat	$[\text{Fe}(\text{SCN})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ stierblutrot	$\text{Co}_2[\text{H}_2\text{O}]_5[\text{SCN}]$ pink, nach Extraktion mit Pentanol blau

	KUPFER(II) ³	KUPFER(I) ⁴
Thiocyanat	$\text{Cu}(\text{SCN})_2$ schwarz	$\text{Cu}(\text{SCN})$ weiß

In ammoniakalischen Lösungen bilden sich folgende Färbungen/Niederschläge mit dem Chelatkomplexbildner w:DIACETYLDIOXIM⁵:

NICKEL⁶	himbeerrot
---------------------------	------------

1 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

2 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

3 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

4 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

5 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIACETYLDIOXIM](http://de.wikipedia.org/wiki/Diacetyldioxim)

6 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

KUPFER ⁷	braunrot
EISEN(II) ⁸	rot
COBALT ⁹	braunrot
BISMUT ¹⁰	zitronengelb
BLEI ¹¹	weiß
PALLADIUM ¹²	gelblich

Blutlaugensalze

	EISEN(II) ¹³	EISEN(III) ¹⁴
K₄[Fe(CN)₆] ¹⁵ gelbes Blutlaugensalz		K[Fe ^{III} Fe ^{II} (CN) ₆]↓ W:BERLINER BLAU ¹⁶
K₃[Fe(CN)₆] ¹⁷ rotes Blutlaugensalz	K[Fe ^{III} Fe ^{II} (CN) ₆] W:TURNBULLS BLAU ¹⁸	

	KUPFER ¹⁹	ZINK ²⁰
K₄[Fe(CN)₆] ²¹ gelbes Blutlaugensalz	Cu ₂ [Fe(CN) ₆]↓ roter Niederschlag	K ₂ Zn ₃ [Fe(CN) ₆]↓ weißer Niederschlag

7 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

8 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

9 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

10 Kapitel 2.3.4 auf Seite 49

11 Kapitel 2.3.5 auf Seite 52

12 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_PALLADIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_PALLADIUM)

15 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29)

16 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/BERLINER%20BLAU)

17 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28III%29](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28III%29)

18 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TURNBULLS%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/TURNBULLS%20BLAU)

21 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29)

	KUPFER ¹⁹	ZINK ²⁰
$K_3[Fe(CN)_6]$ ²² rotes Blutlaugensalz		$Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ ↓ gelb-brauner Niederschlag

Iodidlösung

	BLEI ²³	BISMUT ²⁴
Iodidlösung	PbI_2 ↓ gelber Niederschlag	BiI_3 ↓ schwarzer Niederschlag
Iodidlösung <i>Überschuss</i>	$[PbI_4]^{2-}$ farbloser Komplex	$[BiI_4]^-$ orangefarbener Komplex

2.1 Vorproben

2.1.1 Flammenfärbung

Die W:FLAMMENFÄRBUNG²⁵ ist eine Vorprobe für viele Kationen und besonders bei Alkali- und Erdalkalimetallen zum Nachweis geeignet. Die Flammenfärbung wird mit einem Bunsen- oder Teclubrenner durchgeführt. Die Brennertypen unterscheiden sich in der Form und der Bedienung leicht. Während beim Bunsenbrenner die unterschiedlichen Flammtypen durch Verstellen der Abdeckung über den Lüftungsschlitzen eingestellt werden, geschieht dies beim Teclubrenner durch Verstellen der Abdeckung an der Unterseite des Brennerkamins. Die wichtigsten Flammentypen sind die leuchtende Flamme, bei welcher die Luftöffnungen verschlossen sind und eine unvollständige Verbrennung stattfindet. Die Flamme ist durch verglühende Rußteilchen gelb gefärbt. Bei nahezu vollständig geöffneter Belüftung entsteht eine Flamme,

22 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28III%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat%28III%29)

25 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLAMMENF%e4rbung](http://de.wikipedia.org/wiki/Flammenf%e4rbung)

die leicht blau gefärbt ist und in die Reduktionszone im inneren Kegel und die Oxidationszone im äußeren Kegel eingeteilt werden kann. Sie ist wesentlich heißer und ist die in der Regel verwendete Flamme bei beiden Brennertypen.



Abb. 15:
Bunsenbrenner

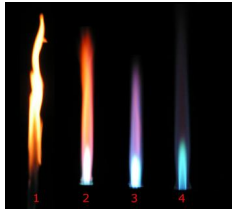


Abb. 16:
Flammentypen in
Abhängigkeit von
der Luftmenge, die
das Luftventil

passiert:
1: Ventil geschlossen
(Diffusionsflamme)
2: Ventil zur Hälfte
geöffnet
3: Ventil fast
vollständig offen
4: Ventil voll
geöffnet
(Vormischflamme)

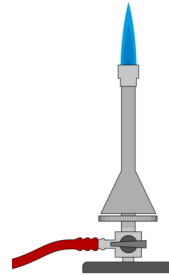


Abb. 17:
Teclubrenner



Abb. 18: Natrium-D-LINIE²⁶ durch ein Spektroskop bei 589 nm

Man nimmt einen Magnesiastab und glüht diesen 5 Minuten lang im W:BUNSENBRENNER²⁷ aus, bis die gelbe Farbe verschwindet. Es handelt sich um eine Natriumflammenfärbung, da alles, was man berührt mit kleinen Mengen Handschweiß kontaminiert ist. Danach nimmt man mit dem heißen Magnesiastab etwas Analysensubstanz auf und hält ihn in die Brennerflamme, am besten in einem abgedunkeltem Abzug. Durch die Farbe der Flamme kann man einen ersten Hinweis erhalten. Eine exakte Unterscheidung ist jedoch nur mit einem Handspektroskop möglich. Falls Natrium in der Probe ist, werden alle anderen Flammenfärbungen überdeckt, hier hilft ein Blick durch Cobaltglas, welches das intensive Natriumgelb herausfiltert.

Farben

²⁶

²⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUM-D-LINIE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-D-Linie)

²⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BUNSENBRENNER](http://de.wikipedia.org/wiki/Bunsenbrenner)



Abb. 19:
ANTIMON²⁸,
fahlblau



Abb. 20: ARSEN²⁹,
fahlblau



Abb. 21: BLEI³⁰,
fahlblau

²⁸
²⁸ Kapitel 2.3 auf Seite 33

²⁹
²⁹ Kapitel 2.3.2 auf Seite 38

³⁰
³⁰ Kapitel 2.3.5 auf Seite 52



Abb. 22: Borat
(BOR³¹), kräftig
grün



Abb. 23:
CALCIUM³²,
ziegelrot



Abb. 24: KALIUM³³,
violett

³¹
³¹ Kapitel 2.3.6 auf Seite 55

³²
³² [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_CALCIUM)

³³
³³ Kapitel 2.3.17 auf Seite 87



Abb. 25: KUPFER³⁴,
grün, auch blau

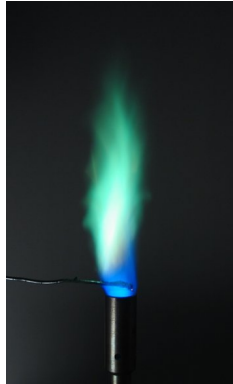


Abb. 26:
Kupfersulfat, stark
grün



Abb. 27:
LITHIUM³⁵,
karminrot

³⁴
³⁴ Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

³⁵
³⁵ Kapitel 2.3.19 auf Seite 95

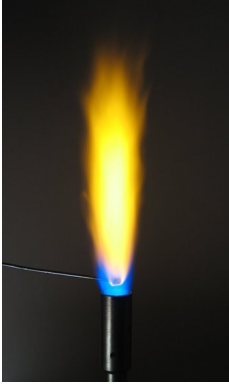


Abb. 28:
NATRIUM³⁶, gelb



Abb. 29:
NATRIUM³⁷ durch
Cobaltglas



Abb. 30:
STRONTIUM³⁸, rot

³⁶
³⁶ Kapitel 2.3.23 auf Seite 105

³⁷
³⁷ Kapitel 2.3.23 auf Seite 105

³⁸
³⁸ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_Strontium)

Spektren

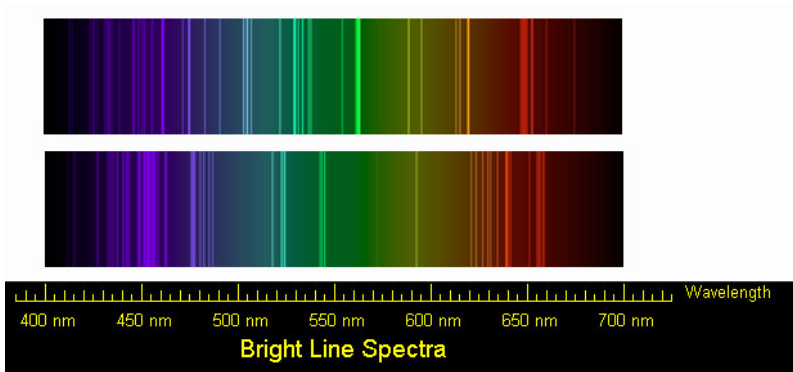


Abb. 31: zentriert

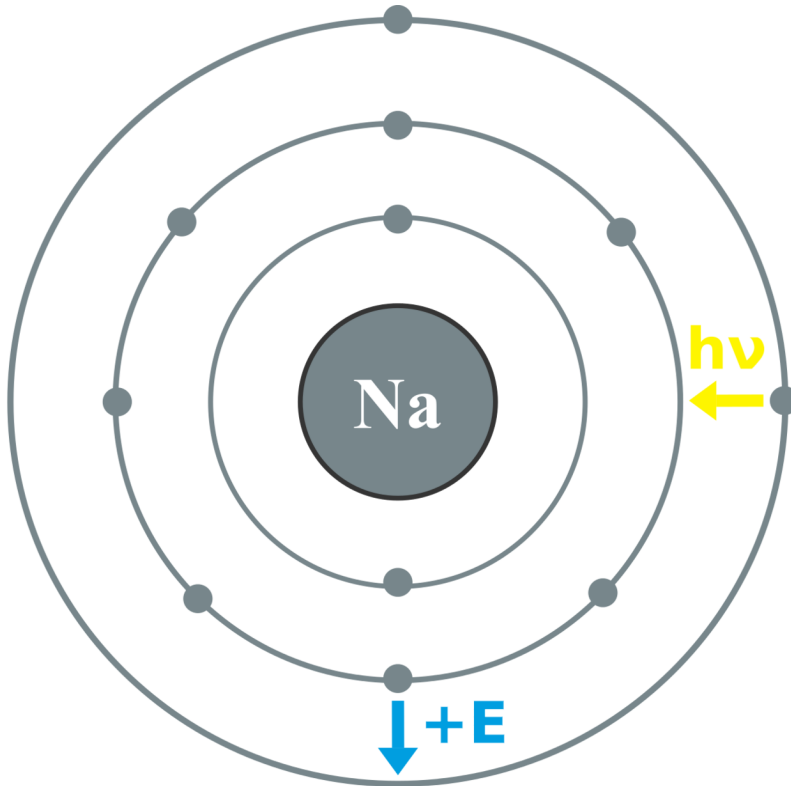
Erklärung

Abb. 32: Elektronenanhebung und Zurückfallen im Valenzschalenmodell

Durch die Wärmeenergie werden die Elektronen auf ein höheres Energieniveau befördert (W:ANGEREGETER ZUSTAND³⁹). Diese Energie geben sie aber oft schnell wieder ab und fallen auf ihr

39 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ANGEREGETER%20ZUSTAND](http://de.wikipedia.org/wiki/angeregter%20zustand)

vorheriges Niveau zurück. Die Energie, die sie abgeben, wird in Form von Licht spezifischer Wellenlänge abgegeben und ist bei gleichen Niveauänderungen immer gleich. Deshalb kann dies zur Identifikation eines Elementes dienen. Mit einem Spektroskop, das das Licht in seine Spektralfarben (vgl. Regenbogen) aufbricht, kann man die charakteristischen LINIENSPEKTREN⁴⁰ erkennen. Was vom menschlichen Auge als eine Farbe wahrgenommen wird, ist in Wirklichkeit ein diskontinuierliches Spektrum mit einzelnen Banden.

2.1.2 Borax- und Phosphorsalzperle

Die Schmelzperle aus Borax oder Phosphorsalz ist eine beliebte Vorprobe für Kationen. Man sollte sich jedoch nicht gänzlich auf das Ergebnis verlassen, sondern es eher als Hinweis sehen und versuchen die Indizien durch spezifische Nachweisreaktionen zu erhärten.

40 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LINIENSPEKTRUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Linienspektrum)

Durchführung

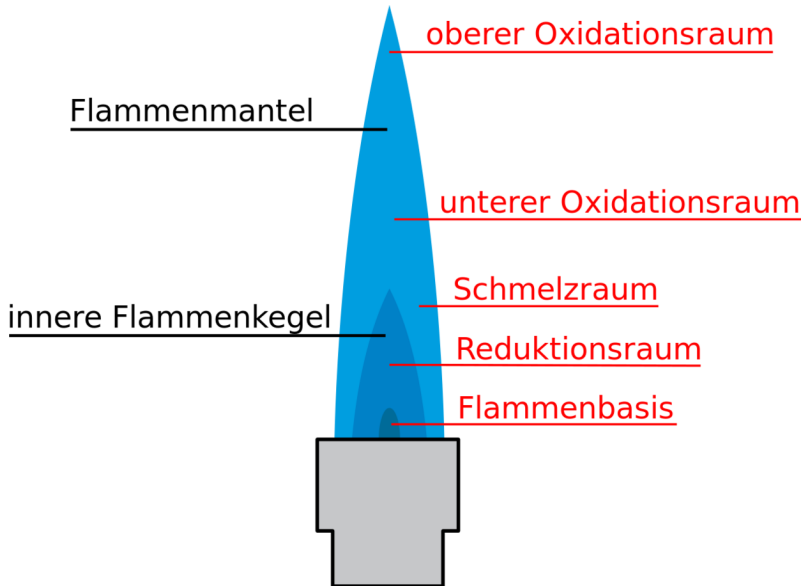


Abb. 33: äußerste Spitze des inneren Flammenkegels wirkt reduzierend, gesamte äußere Flammenkegel ist Oxidationszone

Man erhitzt ein Magnesiastäbchen oder ein Öse vom Platindraht im Bunsenbrenner. Der Platindraht bringt in dieser Probe aber keinen Vorteil gegenüber dem Magnesiastäbchen. Nun tunkt man sie in ein wenig $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ NATRIUMAMMONIUMHYDROGENPHOSPHAT⁴¹ oder $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ w: BORAX⁴² (Natriumtetraborat) und schmilzt diese in der Bunsenbrennerflamme, nimmt wieder ein wenig Salz und schmilzt weiter, bis man zu einer möglichst

41 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumhydrogenphosphat)

42 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BORAX](http://de.wikipedia.org/wiki/Borax)

gleichmäßigen, durchsichtigen Perle gelangt. Diese stippt man direkt in die Analyselösung oder kurz in eine wenig verdünnte Salzsäure und dann in die Analysesubstanz. Dann wieder kurz in die Bunsenbrennerflamme halten und versuchen die Substanz in die Perle einzuschmelzen. Je nachdem ob man in der Oxidations- oder der Reduktionsflamme glüht, erhält man andere Färbungen. Die tiefblaue Cobaltperle ist am eindeutigsten, überdeckt jedoch auch alle anderen Perlenfärbungen.

Farben

	Oxidationsflamme			
	Phosphorsalz		Borax	
	heiß	kalt	heiß	kalt
CHROM ⁴³	dunkelgelb	grün	grün	grün
MANGAN ⁴⁴	violett	violett	violett	violett
EISEN ⁴⁵	gelbrot	gelb	gelbrot	gelbrot
COBALT ⁴⁶	blau	blau	blau	blau
NICKEL ⁴⁷	rotbraun	gelb	rotbraun	farblos
KUPFER ⁴⁸	grün	blaugrün	grün	blaugrün

	Reduktionsflamme			
	Phosphorsalz		Borax	
	heiß	kalt	heiß	kalt
CHROM ⁴⁹	grün	grün	grün	grün
MANGAN ⁵⁰	farblos	farblos	farblos	farblos
EISEN ⁵¹	grünlich	grünlich	orange	grün

43 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

44 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

45 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

46 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

47 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

48 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

49 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

50 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

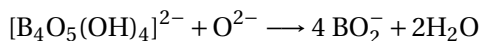
51 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

COBALT ⁵²	blau	blau	blau	blau
NICKEL ⁵³	farblos	farblos	farblos	farblos
KUPFER ⁵⁴	farblos	lackrot	grünlich	lackrot

Erklärung

Boraxperle

Das Borax-Anion kann bei dem Schmelzvorgang ein Sauerstoff-Ion aufnehmen:



Tetraborat reagiert mit einem Sauerstoffion zu einem Metaboration und Wasser

Das Metaboration verbindet sich dann mit einem Metallkation zu einer farbigen Verbindung:



Borax reagiert Cobaltsulfat zu Natriummeterborat, Cobaltmetaborat und Sulfit

Phosphorsalzperle

Beim Erhitzen kondensiert $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ zu Polyphosphaten, z.B. in ringförmige Metaphosphate $\text{Na}_3(\text{P}_3\text{O}_9)$. In der Reaktionsgleichung wird vereinfachend von dem Monomer NaPO_3 ausgegangen.

52 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

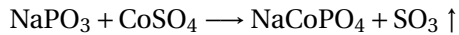
53 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

54 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88



Natriumammoniumhydrogenphosphat reagiert zu Natriumphosphat, Ammoniak und Wasser

Bei der Reaktion mit Sulfaten ergibt sich folgende Reaktionsgleichung



Natriummetaphosphat und Cobaltsulfat reagieren zu Natriumcobaltphosphat und Schwefeltrioxid

Sicherheitshinweis

Borax kann Schäden am ungeborenen Kind hervorrufen.

2.1.3 Oxidationsschmelze



Abb. 34: blaugrün: Manganat;
gelb: Chromat

Die Oxidationsschmelze eignet sich als Nachweis für CHROM⁵⁵ und MANGAN⁵⁶ und wird auch als Aufschluss für säureschwerlösliche Stoffe verwendet.

55 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

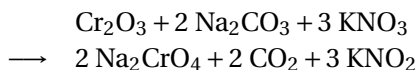
56 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

Durchführung

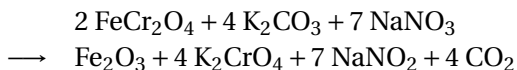
Die Substanz wird sehr fein gepulvert, mit der dreifachen Menge einer 1:1-Mischung von Soda (w:NATRIUMCARBONAT⁵⁷) und Kalialpeter (w:KALIUMNITRAT⁵⁸) vollständig vermischt und im Porzellantiegel oder auf der Magnesiumrinne vorsichtig zur Schmelze gebracht.

Erklärung

Oxidationsschmelze von Chrom-(III)-Oxid (grün) zu gelbem Chromat



Oxidationsschmelze von Eisen-(II)-Chromit zu gelbem Chromat und Eisen-III-oxid



2.1.4 Kaliumhydroxidschmelze

Die Oxidationsschmelze eignet sich als Nachweis bzw. Vorprobe für MANGAN⁵⁹. Sie kann auch als Aufschluss in größerem Maßstab im Nickeltiegel durchgeführt werden.

57 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumcarbonat)

58 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumnitrat)

59 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

Durchführung

Die Substanz wird mit einem Kaliumhydroxid-Plätzchen auf einer Magnesiumrinne vorsichtig geschmolzen. Nach beendeter Reaktion und Vorhandensein von Mangan bildet sich ein, teils nur sehr leichter, grüner Rand auf der Rinne. Zur besseren Überprüfung wird die Schmelze mit Wasser in eine Porzellanschale gespült. Dabei bildet sich eine grüne Lösung. Versetzt man die Lösung vom Rand her mit konzentrierter Essigsäure, so färbt sie sich rosa und man beobachtet einen schwarzen Niederschlag. Am besten führt man hier eine Blindprobe durch.

Erklärung

Mangan wird in der Schmelze bis zur Oxidationszahl +VII oxidiert. Grünes Kaliummangan(VII)oxid ist in alkalischer Lösung stabil und disproportioniert in saurer Lösung in Permanganat und Mangan(IV).

2.2 Aufschlüsse

2.2.1 Sodauszug

Metallkationen stören viele Anionennachweise und müssen daher vorher abgetrennt werden.

Durchführung

Hierfür kocht man 0,1g der Ursubstanz mit der vierfachen Menge Soda und eineinhalb Reagenzgläsern Wasser etwa 15 Minuten

lang. Dann lässt man die Lösung wieder abkühlen, damit möglichst vollständig ausgefällt wird. Man filtriert oder zentrifugiert die Lösung und verwirft den Rückstand. Durch leichtes Ansäuern und Erwärmen wird das enthaltene CO_2 ausgetrieben. Aus dem klaren Filtrat können nun Anionennachweise durchgeführt werden.

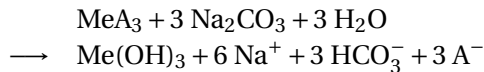
Erklärung

Es fallen die Kationen aus, die schwerlösliche Carbonate bilden:



Metallsalz und Natriumcarbonat reagiert zu Metallcarbonat, Anion geht in Lösung

und diejenigen, die im alkalischen Milieu schwerlösliche Hydroxide bilden:



Metallsalz und Natriumcarbonat reagiert zu Metallhydroxid und Hydrogencarbonat, Anion geht in Lösung

2.2.2 Soda-Pottasche-Aufschluss

Der Soda-Pottasche-Aufschluss erlaubt die Überführung von Erdalkalisulfaten, hochgeglühten Oxiden, Silikaten und Silberhalogeniden in leichter lösliche Verbindungen. Durch die Verwendung eines Salzgemisches aus Soda und Pottasche wird der Schmelzpunkt gegenüber den reinen Verbindungen abgesenkt.

Das Tiegelmateriale wird durch die Zusammensetzung der Ursubstanz bestimmt.

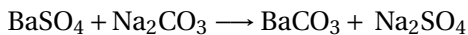
Durchführung

Zunächst versucht man, die Ursubstanz in Salzsäure zu lösen. Der unlösliche Rückstand wird mit destilliertem Wasser gewaschen und im Trockenschrank getrocknet. Die Substanz wird sehr fein gepulvert, mit der vier- bis sechsfachen Menge einer 1:1-Mischung von Soda (W:NATRIUMCARBONAT⁶⁰) und Pottasche (W:KALIUMCARBONAT⁶¹) vollständig vermischt und im Porzellantiegel (für Aluminiumoxid und Silikate) oder in einem Nickeltiegel (für Sulfate und hochgeglühte Oxide) vorsichtig bis zur klaren Schmelze erhitzt. Es ist zu beachten, dass dabei immer Verunreinigungen durch Aluminium und Silicium bzw. Nickel in die Analysesubstanz übergehen.

Nach dem Abkühlen wird die Schmelze gemörsert und in Wasser aufgenommen. Solange mit verdünnter Natriumcarbonatlösung waschen, bis das Filtrat sulfatfrei ist (keine Trübung von Bariumchloridlösung mehr).

Erklärung

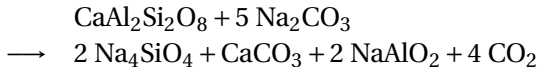
Erdalkalisulfate werden in Carbonate überführt:



Schwerlösliche Silikate werden in lösliches Natriumsilikat überführt:

60 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumcarbonat)

61 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumcarbonat)



2.2.3 Freiburger Aufschluss

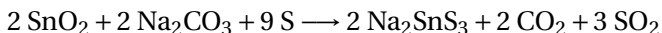
Mit dem Freiburger Aufschluss ist ein Aufschluss für w:ZINN(IV)-OXID⁶² (SnO_2 , Zinnstein). Zinn bildet ein leichtlösliches Thiostannat. Er kann aber auch zum Aufschluss anderer Metalloxide, die leichtlösliche Thioverbindungen bilden, verwendet werden.

Durchführung

Die Substanz, normalerweise der in Salzsäure unlösliche Rückstand, wird im bedeckten Porzellantiegel mit der sechsfachen Menge eines Gemisches aus Schwefel und wasserfreiem Natriumcarbonat (1:1) geschmolzen. Während der Reaktion entsteht Schwefeldioxid und Kohlendioxid. Hört die Gasentwicklung auf, ist die Reaktion beendet. Der Schmelzkuchen wird in verdünnter Natronlauge gelöst und unlösliche Bestandteile abgetrennt. Die Lösung wird dann mit verdünnter Salzsäure angesäuert. Dabei fallen die entsprechenden Sulfidverbindungen aus. Sie können dann mit den entsprechenden Nachweisen nachgewiesen werden.

Erklärung

Aufschluss von Zinndioxid



62 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN%28IV%29-OXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn%28IV%29-oxid)

2.2.4 Saurer Aufschluss

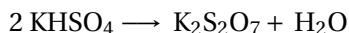
Der saure Aufschluss wird verwendet um basische oder amphotere Metalloxide, vor allem Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 , Chrom(III)-oxid Cr_2O_3 und Aluminiumoxid Al_2O_3 , aufzuschließen.

Durchführung

Die Substanz wird mit der sechsfachen Menge $\text{w:KALIUMHYDROGENSULFAT}^{63}$ verrieben und bei so niedriger Temperatur wie möglich (s.u.) in einem Nickel- oder Platintiegel(!) geschmolzen. Porzellantiegel sind ungeeignet, da das Reagens Aluminium aus dem Porzellan löst und die Analyse verfälschen kann. Die Reaktion ist beendet, sobald aus der klaren Schmelze Schwefeltrioxid als weißer Nebel zu entsteigen beginnt. Der Schmelzkuchen wird in verdünnter Schwefelsäure gelöst. Zum Aufschluss von Aluminiumoxid kann der Schmelzkuchen auch in verdünnter Natronlauge gelöst werden (Bildung von Tetrahydroxyaluminat). Der entstandene Komplex kann durch Säure als Aluminiumhydroxid gefällt werden.

Erklärung

Das eigentliche Aufschlussreagens ist das in der Hitze entstehende Kaliumdisulfat und das sich daraus entwickelnde Schwefeltrioxid. Bei ca. 250 °C bildet sich zunächst aus Kaliumhydrogensulfat Kaliumdisulfat (Pyrosulfat):

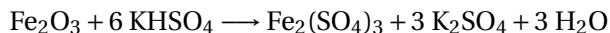


⁶³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROGENSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhydrogensulfat)

Kaliumdisulfat zersetzt sich bei höheren Temperaturen in Kaliumsulfat und Schwefeltrioxid:



Aufschluß von Eisen(III)-oxid:



2.2.5 Kaliumhydroxidauszug

Da der alkalische Sturz nach der AMMONIUMSULFIDFÄLLUNG⁶⁴ Anfängern häufig Schwierigkeiten bereitet, kann für schwer nachweisbare Stoffe ein Kaliumhydroxidauszug aus der Ursubstanz hergestellt werden. Hierfür wird die Ursubstanz mit 3 Kaliumhydroxid-Plätzchen und 5 ml Wasser versetzt. Es fallen Kupfer, Bismut, Nickel, Cobalt, Eisen und Mangan unter Bildung schwerlöslicher Hydroxide aus. In Lösung verbleiben. ANTIMON⁶⁵, ZINN⁶⁶, ALUMINIUM⁶⁷, ZINK⁶⁸ und CHROM⁶⁹, die nun mit spezifischen Nachweisreaktionen nachgewiesen werden können.

64 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

65 Kapitel 2.3 auf Seite 33

66 Kapitel 2.3.36 auf Seite 163

67 Kapitel 2.3.1 auf Seite 34

68 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

69 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

2.3 Nachweisreaktionen

2.3.1 Antimon

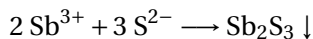
Nachweis als Antimonsulfid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	
Indikation	oranger Niederschlag

Durchführung

Hier wird konzentrierte Schwefelwasserstoffsäurelösung oder eine Alkalisulfidlösung zur Stoffprobe gegeben. Es muss jedoch beachtet werden, dass vorher störende Arsen- und Zinn-Ionen auszufällen sind.

Erklärung



Antimon- und Sulfid-Ionen reagieren im wässrigen Milieu zu Antimon(III)-sulfid.

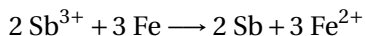
Eisennagelprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ⁷⁰
pH	<7
Indikation	schwarze Flocken

Durchführung

Dazu wird ein Eisennagel in die Antimonsalz-Lösung gelegt. Es bilden sich nach einigen Minuten bis Stunden eine schwarze Schicht elementarem Antimon. Lässt man den Nagel jedoch über Nacht im Reagenzglas liegen, so scheidet sich alles mögliche, was noch in der Lösung schwimmt, ab. Beobachtet man jedoch eine schwarze Schicht, so kann diese im Säuren wieder gelöst werden und weiter untersucht werden, z.B. durch eine Sulfidfällung (siehe oben).

Erklärung



Antimon(III)-Ionen zu elementarem Antimon reduziert und elementares Eisen zu Eisen(II)-Ionen oxidiert.

Antimon-Nachweis mittels Marhscher Probe

Alternativ kann auch die **MARSHSCHE PROBE**⁷¹ direkt aus der Ursubstanz durchgeführt werden.

2.3.2 Aluminium

W:ALUMINIUM⁷² Aluminium kommt in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE⁷³ vor und fällt nach dem Alkalisturz als farbloses Hy-

71 Kapitel 2.3.3 auf Seite 44

72 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ALUMINIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium)

73 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

dioxid aus. Alternativ kann man auch einen KALIUMHYDROXID-AUSZUG⁷⁴ versuchen und das Aluminium dort fällen.

Nachweis als Cobaltaluminat

auch Cobaltblau, Dumonts Blau, Coelestinblau, Leithners Blau, Thénards Blau

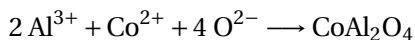
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Entstehung eines MISCHPHASENOXIDPIGMENTS ⁷⁵
pH	egal
Indikation	blaue Schmelze

Durchführung

Auf eine Magnesiumrinne wird wenig Analysensubstanz und darauf ein paar Tropfen einer verdünnten COBALTNITRATLÖSUNG⁷⁶ gegeben. Ist die Schmelze nach dem Glühen im Bunsenbrenner blau, war Aluminium in der Probe.

Erklärung

W:THÉNARDS BLAU⁷⁷



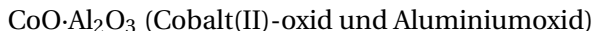
Aluminium-Ionen, Cobalt-Ionen und Oxidionen reagieren zum blauen Cobaltaluminat.

74 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

76 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALTNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobaltnitrat)

77 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TH%E9NARDS%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9nard's%20blau)

Cobaltaluminat ist ein Cobalt-Aluminium-Spinell, die Strukturformel lautet



Nachweis als fluoreszierender Morinfarblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	neutral bis essigsauer, vorher basisch
Indikation	grüne Fluoreszenz mit UV-Licht

Durchführung

Zunächst mit w: SALZSÄURE⁷⁸ versetzen, um eventuell vorhandenes Aluminium zu lösen. Anschließend mit w: KALIUMHYDROXID⁷⁹ stark alkalisch machen. Nun mit etwas Morin-Lösung versetzen und mit Eisessig (konzentrierte w: ESSIGSÄURE⁸⁰) ansäuern. Unter der UV-Lampe sollte die Lösung nun stark grün fluoreszieren. Hinweis: unbedingt Blindprobe machen und vergleichen, da MORIN⁸¹ auch eine gewisse Eigenfluoreszenz hat.

Erklärung

Al(III) bildet in neutralen sowie essigsauen Lösungen in Verbindung mit Morin eine fluoreszierende kolloidale Suspension.

78 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29](http://de.wikipedia.org/wiki/SALZS%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29)

79 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMHYDROXID)

80 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29](http://de.wikipedia.org/wiki/ESSIGS%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29)

81 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MORIN%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29](http://de.wikipedia.org/wiki/MORIN%20%28CHEMISCHE%20SUBSTANZ%29)

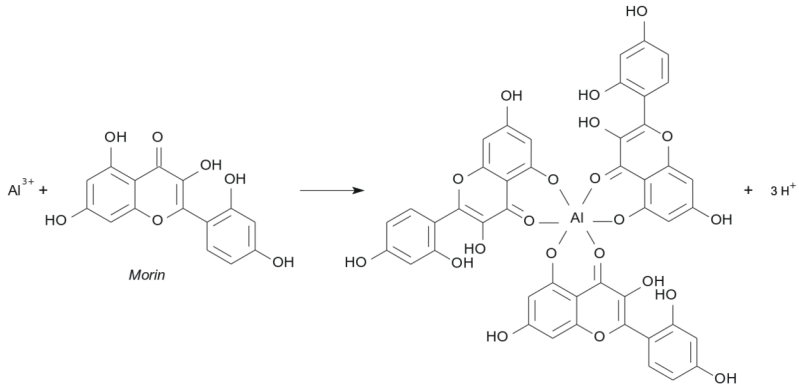


Abb. 35

Nachweis als Alizarin-S-Farblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	neutral bis essigsauer, vorher basisch
Indikation	Rotfärbung

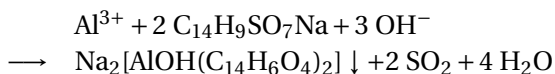
Eine saure Lösung mit Aluminium-Ionen wird mit möglichst wenig Kaliumhydroxid basisch gemacht und zentrifugiert. 1 Tropfen des Zentrifugats wird auf der Tüpfelpalette oder auf dem Objektträger mit 1 Tropfen 0,1%ige Natriumalizarinsulfonatlösung (**Alizarin S**) versetzt und 1 mol/l Essigsäure bis zum Verschwinden der rotvioletten Farbe und danach noch ein weiterer Tropfen Essigsäure zugegeben. Die Bildung eines roten Niederschlags oder eine Rotfärbung zeigt Aluminium an. Der Niederschlag wird häufig erst nach einigem Stehen sichtbar. Die rotgefärbte Verbindung ist in verdünnter Essigsäure schwer löslich, während die rotviolette Färbung der ammoniakalischen Alizarin-S-Lösung beim Ansäuern in Gelb umschlägt.

Störung

Eisen, Chrom und Titan geben ähnlich gefärbte, gegen Essigsäure stabile Lacke. Auch Erdalkaliionen in konzentrierter Lösung geben gefärbte Niederschläge mit Alizarin, die jedoch in Essigsäure löslich sind.

Erklärung

Aluminium-Ionen bilden mit dem Farbstoff Alizarin S einen sogenannten Farblack



Aluminium-Ionen und Natriumalizarinsulfonat reagieren im alkalischen Milieu zum Alizarin Aluminium-Natriumkomplex, Schwefeldioxid und Wasser.

2.3.3 Arsen

w:ARSEN⁸² Arsen fällt in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE⁸³ als gelbes Arsensulfid aus.

Nachweis mittels Marshscher Probe

Man sollte unbedingt die **MARSHSCHE PROBE**⁸⁴ ausprobieren. Auch wenn diese aus der Ursubstanz durchgeführt wird und wie eine Vorprobe wirkt, ist die Nachweisreaktion sehr spezifisch und kann auch kleinste Menge Arsen zuverlässig anzeigen.

82 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsen)

83 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

84 Kapitel 2.3.3 auf Seite 44

Nachweis mittels Bettendorfsche Probe

BETTENDORFSCHE PROBE⁸⁵

Nachweis mittels Gutzeitsche Probe

GUTZEITSCHES PROBE⁸⁶

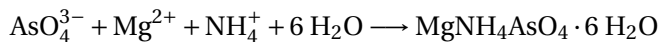
Nachweis mittels Fleitmannsche Probe

FLEITMANNSCHE PROBE⁸⁷

Arsenat-Nachweis mit Magnesiumsalz

W:ARSENAT⁸⁸-Ionen ähneln dem PHOSPHAT⁸⁹-Anion. Entsprechend gibt es weitere, den Phosphat-Nachweisen ähnliche Reaktionen zur Identifikation von Arsenat:

Gibt man zu einer ammoniakalischen, ammoniumchloridhaltigen Lösung von Arsenat Magnesium-Ionen, so erhält man einen kristallinen Niederschlag von Magnesiumammoniumarsenat-Hexahydrat:



85 Kapitel 2.3.3 auf Seite 40

86 Kapitel 2.3.3 auf Seite 43

87 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE%2F%20FLEITMANNSCHE%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie%2F%20Fleitmannsche%20Probe)

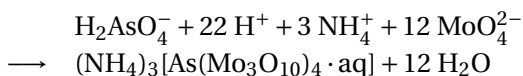
88 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenat)

89 Kapitel 2.3.29 auf Seite 130

Arsenat reagiert mit Magnesiumionen, Ammoniumionen und Wasser zu Magnesiumammoniumarsenat-Hexahydrat.

Arsenatnachweis mit Molybdatlösung

Eine weitere, dem Phosphatnachweis ähnliche Nachweisreaktion von Arsenat in wässriger Lösung ist die Fällung mit w:AMMONIUMMOLYBDAT⁹⁰. Der gelbe Niederschlag ist schwerlöslich in Säuren, aber gut löslich in Basen:



Dihydrogenarsenat reagiert mit Wasserstoffionen, Ammoniumionen und Molybdationen zu Ammoniumarsenomolybdat und Wasser.

Bettendorfsche Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:REDOXREAKTION ⁹¹
pH	<7 salzsauer
Indikation	schwarzer Niederschlag / Braunfärbung der Lösung

Gefahrstoffwarnung! 

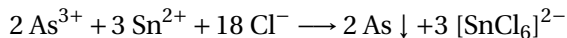
Durchführung

Bei der Bettendorfschen Probe wird die reduzierende Wir-

⁹⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMMOLYBDAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniummolybdat)

kung des W:ZINN(II)-CHLORID⁹²s ausgenutzt. Dieser Nachweis ist innerhalb der ARSENGRUPPE⁹³ spezifisch für ARSEN⁹⁴. Es werden 5 Tropfen der Probelösung auf einem Uhrglas mit 3 Tropfen verdünntem W:AMMONIAKWASSER⁹⁵, 1 Tropfen 30%-igem W:WASSERSTOFFPEROXID⁹⁶ und 3 Tropfen 0,1 molarer W:MAGNESIUMCHLORID⁹⁷lösung versetzt und langsam zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wird nach kurzem Erhitzen auf Rotglut mit 3 bis 5 Tropfen Zinn(II)-chloridlösung versetzt und schwach erwärmt. Ein schwarzer Niederschlag bzw. eine Braunfärbung der Lösung deutet auf Anwesenheit von Arsen. Sehr kleine Arsenmengen lassen sich nachweisen, wenn man mit W:ETHER⁹⁸ oder W:AMYLALKOHOL⁹⁹ ausschüttelt, die Folge ist eine schwarze Zone in der Grenzschicht.

Erklärung



Arsen(III)-Ionen reagieren mit Zinn(II)-Ionen und Chlorid-Ionen zu braunschwarzem, elementarem Arsen und dem Hexachlorostannat(IV)-Komplexion.

92 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN%28II%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn%28II%29-chlorid)

93 Kapitel 2.4.2 auf Seite 181

94 Kapitel 2.3.2 auf Seite 38

95 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAKWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniakwasser)

96 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

97 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAGNESIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Magnesiumchlorid)

98 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ETHER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ether)

99 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMYLALKOHOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Amylalkohol)

Nachweis von Arsen und Antimon mittels Fleitmannscher Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ¹⁰⁰
pH	>7 alkalisch
Indikation	Gelbfärbung, allmählich schwarz

Gefahrstoffwarnung! ☠ Bei der Fleitmannschen Probe wird im alkalischen Medium Arsenwasserstoff gebildet:

Durchführung

Dazu wird die Probelösung in einem kleinen Erlenmeyerkolben mit W:KALIUMHYDROXID¹⁰¹ und W:ALUMINIUM¹⁰² pulver erhitzt. Eventuell entstehender Schwefelwasserstoff wird mit W:BLEI(II)-ACETAT¹⁰³ lösung (auf einem Wattebausch in der Mündung des Reagenzglases) abgefangen. Die Öffnung des Kolbens wird mit einem Filterpapier bedeckt, das mit W:SILBERNITRATLÖSUNG¹⁰⁴ oder W:QUECKSILBER(II)-CHLORID¹⁰⁵ lösung getränkt ist. Eine Gelbfärbung, die allmählich in Schwarz übergeht bzw. eine sofortige Braunfärbung zeigen Arsen an.

Erklärung

Reaktionsgleichungen für die Reaktion mit Silbernitrat sind identisch mit der GUTZEITSCHEN PROBE¹⁰⁶.

101 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhydroxid)

102 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ALUMINIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium)

103 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI%28II%29-ACETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Blei%28II%29-acetat)

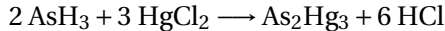
104 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERNITRATL%F6SUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Silbernitratl%F6sung)

105 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER%28II%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber%28II%29-chlorid)

106 Kapitel 2.3.3 auf Seite 43



Arsen(III)-Ionen reagieren mit Aluminium im alkalischen Medium zu w:ARSENWASSERSTOFF¹⁰⁷ und zum Tetrahydroxoaluminat(III)-Ion.



Arsenwasserstoff reagiert mit Quecksilber(II)-chlorid zum braunefärbten Arsenmercurid und w:CHLORWASSERSTOFF¹⁰⁸.

Nachweis von Arsen und Antimon mittels Gutzeitscher Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:REDOXREAKTION ¹⁰⁹
pH	<7 schwefelsauer
Indikation	Gelbfärbung, anschließende Schwärzung

Gefahrstoffwarnung! 

Durchführung

Etwas Ursubstanz wird in einem kleinem Erlenmeyerkolben mit einer w:ZINK¹¹⁰granalie und etwas w:SCHWEFELSÄURE¹¹¹ versetzt. Der Kolben wird mit einem Wattebausch verschlossen und auf seine Öffnung ein Filterpapier mit etwas festem w:SILBERNITRAT¹¹² und einigen Tropfen Wasser gelegt. Durch

107 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenwasserstoff)

108 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlorwasserstoff)

110 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINK](http://de.wikipedia.org/wiki/Zink)

111 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

112 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Silbernitrat)

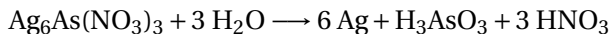
W:ARSENWASSERSTOFF¹¹³ kommt es zur Gelbfärbung des Nitrats und anschließender Schwärzung durch elementares Silber.

Erklärung

Arsen(III)-Ionen bilden mit naszierendem Wasserstoff Arsenwasserstoff, welcher mit Silbernitrat zu dem gelben Doppelsalz Silberarsenidnitrat reagiert. Dieses färbt sich nach einigem Stehen unter Silberbildung schwarz.



Arsenwasserstoff reagiert mit Silbernitrat zu Silberarsenidnitrat und Salpetersäure.



Silberarsenidnitrat reagiert mit Wasser zu elementarem Silber, arseniger Säure und Salpetersäure.

Nachweis von Arsen und Antimon mittels Marshscher Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ¹¹⁴
pH	<7 salzsauer
Indikation	orange Flamme, schwarzer Spiegel

Gefahrstoffwarnung! ☠

¹¹³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenwasserstoff)

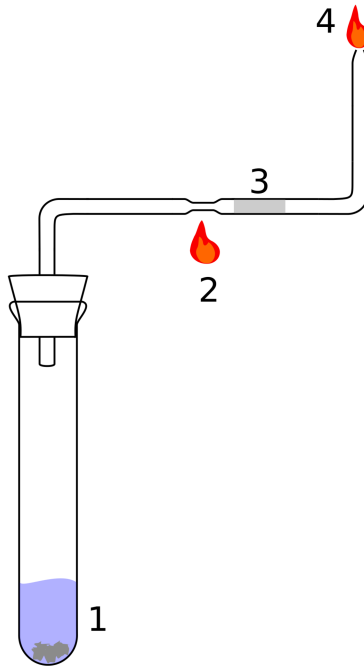


Abb. 36: Aufbau

Die w:MARSHSCHE PROBE¹¹⁵ ist eine Nachweisreaktion mit der man noch kleinste Mengen Arsen oder Antimon zuverlässig nachweisen kann. Sie stammt von dem englischen Chemiker James Marsh und erlangte 1832 Bekanntheit, weil es der erste gute gerichtsmmedizinische Nachweis für das hochgiftige Arsen war. Es eignet sich gut als Vorprobe aus der Ursubstanz.

115 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MARSHSCHE%20PROBE](http://de.wikipedia.org/wiki/Marshsche%20Probe)

Durchführung

Gefahren: Es gibt ein paar Dinge zu beachten: Arsensalze sowie das entstehende Arsenwasserstoffgas sind hochgiftig, also mit Handschuhen und unter dem Abzug arbeiten. Das Gasgemisch ist brisant, also vorher Knallgasprobe machen, ansonsten gibt es eine unangenehme kleine Explosion im Reagenzglas mit hochgiftigen Substanzen. Wenn man den Versuch aber richtig durchführt und sich an die Sicherheitsvorschriften hält, ist er nicht gefährlich.

Zunächst erwärmt man eine Tropfpipette, zieht diese vorsichtig aus und biegt sie wie in der Abbildung zurecht und steckt einen Stopfen durch das dickere Ende der Pipette. Die Konstruktion kann mehrfach verwendet werden. Man gibt etwas Salzsäure, Zinkperlen, Kupfersulfat und einen Teil der Analysesubstanz in ein Reagenzglas (1). Es sollte eine sprudelnde Reaktion unter Bildung von Wasserstoffgas entstehen. Bevor man weitermacht sollte man eine W:KNALLGASPROBE¹¹⁶ machen: wenn es nur noch leicht ploppt setzt man die präparierte Pipette mit Stopfen auf. Man kann jetzt einen Teil der des Glasrohres erwärmen (2) und im Glas auf eine Metallspiegel achten (3). Meist zündet man jedoch den Wasserstoff an dem verjüngten Ende Pipette an (4) und kann dann mit der Flamme auf der Unterseite einer Porzellanabdampfschale einen schwarzen Spiegel hinterlassen. Man kann damit regelrecht "malen".

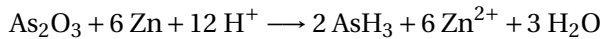
Um nun zu prüfen ob Antimon oder Arsen in der Probe ist, gibt man eine ammoniakalische Wasserstoffperoxid-Lösung auf den schwarzen Spiegel. Arsen löst sich, Antimon nicht. Man kann den schwarzen Spiegel auch weiter untersuchen um zweifelsfrei Arsen nachzuweisen. Dafür erhitzt man die Lösung um Wasserstoffperoxid zu vertreiben, säuert an und versucht eine Fällung mit

116 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KNALLGASPROBE](http://de.wikipedia.org/wiki/Knallgasprobe)

Schwefelwasserstoff. ARSEN¹¹⁷ fällt dabei als gelbes Arsensulfid und kann weiter untersucht werden.

Erklärung

Der Nachweis beruht darauf, dass Zink und Säure NASZIERENDEN¹¹⁸ (sehr reaktiven) Wasserstoff bilden, der sofort mit W:ARSEN¹¹⁹ den W:ARSENWASSERSTOFF¹²⁰ bildet. Das Kupfersulfat dient dazu die Reaktion durch Bildung eines Lokalelements an den Zinkstückchen zu beschleunigen.



Arsen(III)-oxid reagiert mit Zink in saurer Lösung zu Arsenwasserstoff, Zink(II) und Wasser

W:BARIIUM¹²¹

2.3.4 Barium

Barium verbleibt im Trennungsgang in der AMMONIUMCARBONATGRUPPE¹²². Es lässt sich wie die meisten Erdalkalitionen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG¹²³ aufspüren.

117 Kapitel 2.3.2 auf Seite 38

118 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NASZIERENDER%20STOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Naszierender%20Stoff)

119 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENİK](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenik)

120 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenwasserstoff)

121 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Barium)

122 Kapitel 2.4.3 auf Seite 195

123 Kapitel 2.1 auf Seite 11

Nachweis als Bariumsulfat

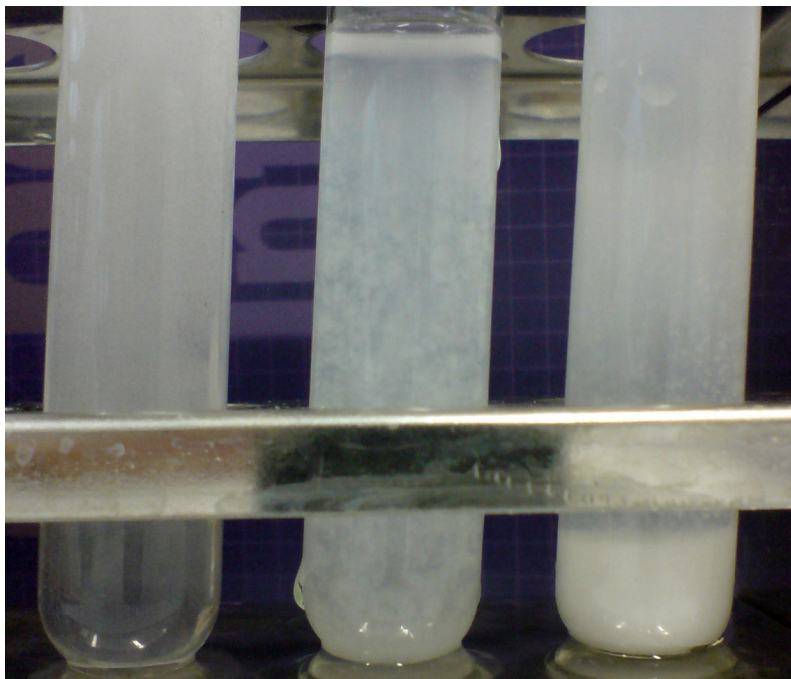


Abb. 37: 1. Bariumhydroxid, 2. Bariumcarbonat, 3. Bariumsulfat

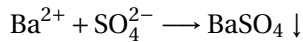
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:FÄLLUNGSREAKTION ¹²⁴
pH	egal
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Zur Probelösung wird Sulfatlösung (z.B. verdünnte

W: SCHWEFELSAURE¹²⁵) geben. Mit Ba^{2+} entsteht ein weißer Niederschlag.

Erklärung



Bariumkationen und Sulfatanionen reagieren zum weißen W: BARIUMSULFAT¹²⁶.

Störung

CALCIUM¹²⁷ und STRONTIUM¹²⁸ stören.

2.3.5 Bismut

Nachweis als Bismutiodid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion, Komplexbildung
pH	<7 HNO_3 oder H_2SO_4
Indikation	schwarzer Niederschlag, orange Lösung

Durchführung

Nach Zugabe von Iodidlösung fällt schwarzes Bismutiodid aus, welches sich im Iodidüberschuss als orangener Komplex löst.

125 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

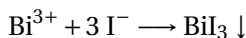
126 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumsulfat)

127 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_CALCIIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_Calcium)

128 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_Strontium)

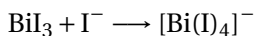
Erklärung

Zunächst eine Fällungsreaktion zu schwarzem Bismutiodid:



Bismut(III)-Ionen und Iodid-Ionen reagieren zu Bismut(III)-iodid.

Im Überschuss von Iodidlösung kommt es zur Bildung eines orangenen Komplexes:



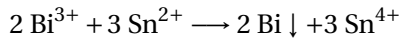
Bismut(III)-iodid und Iodid-Ionen reagieren zum Tetraiodobismutat(III)-Komplex.

Nachweis als Bismut

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	6,5-8
Indikation	schwarzer Niederschlag

Durchführung

Zum Nachweis von Bismut(III)-Kationen sollte die zu untersuchende Lösung erst einmal neutralisiert werden (pH 6,5-8). Anschließend wird alkalische Zinn(II)-Lösung hinzugegeben. Die Zinn(II)-Ionen wirken dabei als Reduktionsmittel, sie reduzieren also Bismut(III)-Ionen zu elementarem, schwarzem Bismut, welches in wässriger Lösung ausfällt.

Erklärung

Bismut(III)-Ionen und Zinn(II)-Ionen reagieren zu elementarem Bismut und Zinn(IV)-Ionen.

Nachweis mittels Bismutrutsche

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ¹²⁹
pH	<7 HNO ₃
Indikation	zitronengelber Komplex

Durchführung

Zum Nachweis aus der Ursubstanz kann man die "Bismutrutsche" mit W:THIOHARNSTOFF¹³⁰ verwenden. Dieser Nachweis gilt als ziemlich sicher da eventuell störende Ionen vorher ausfallen. Ein angefeuchtetes Filterpapier wird in der Mitte geknickt und in folgender Reihenfolge mit der Ursubstanz und den Fällungsmitteln beschichtet. Zunächst legt man die Ursubstanz auf das Filterpapier, dann W:NATRIUMFLUORID¹³¹, welches mit ALUMINIUM¹³² und EISEN¹³³ ein Komplex bildet, nun W:NATRIUMCHLORID¹³⁴, welches SILBER¹³⁵ und QUECKSILBER¹³⁶

130 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOHARNSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Thioharnstoff)

131 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumfluorid)

132 Kapitel 2.3.1 auf Seite 34

133 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

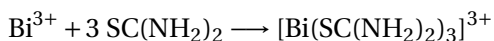
134 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumchlorid)

135 Kapitel 2.3.31 auf Seite 136

136 Kapitel 2.3.30 auf Seite 133

fällt, es folgt w:KALIUMNATRIUMTARTRAT¹³⁷, das mit ANTIMON¹³⁸ und ZINN¹³⁹ ein Komplex bildet und schließlich Thioharnstoff als eigentliche Nachweisreagenz. Nun hält man das Filterpapier schräg und tropft verdünnte w:SALPETERSÄURE¹⁴⁰ darauf und lässt diese auf dem Filterpapier "rutschen". Bei Anwesenheit von Bismut entsteht ein zitronengelber Thioharnstoff-Komplex.

Erklärung




2.3.6 Blei

Nachweis als Bleiiodid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	<7 bis 7
Indikation	gelber Niederschlag

Durchführung

Gefahrstoffwarnung!  Gibt man zur der Analysenlösung etwas w:KALIUMIODID¹⁴¹ so entsteht ein voluminöser gelber Niederschlag, der sich im Überschuss von Iodidlösung wieder löst.

137 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMNATRIUMTARTRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMNATRIUMTARTRAT)

138 Kapitel 2.3 auf Seite 33

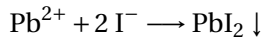
139 Kapitel 2.3.36 auf Seite 163

140 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%EAURE](http://de.wikipedia.org/wiki/SALPETERS%EAURE)

141 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMIODID](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMIODID)

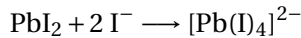
Die Verbindung lässt sich auch Umkristallisieren: dafür erhitzt man die Lösung mit einem Bunsenbrenner, so dass das w:BLEI(II)-IODID¹⁴² wieder in Lösung geht. Nach dem Abkühlen fällt das Bleiiodid wieder in gelben glitzernden Plättchen aus.

Erklärung



Blei(II)-Ionen und Iodid-Ionen reagieren zum schwer löslichen, gelbfarbenden Blei(II)-iodid.

Nach Zugabe weiterer Iodidlösung reagiert das Blei(II)-Iodid zum farblosen Tetraiodoplumbat(II)-komplex weiter.



Blei(II)-iodid und Iodid-Ionen reagieren zum gut löslichen, farblosen Tetraiodoplumbat(II)-komplex.

Störung

Der Nachweis wird durch viele andere Schwermetall-Kationen gestört, daher müssen diese vorher abgetrennt werden. Im Kationentrennungsgang erfolgt dies in der SALZSÄUREGRUPPE¹⁴³ und in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁴⁴.

142 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI%28II%29-IODID](http://de.wikipedia.org/wiki/Blei%28II%29-iodid)


143 Kapitel 2.4 auf Seite 170

144 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

Nachweis als Bleichromat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	>7
Indikation	gelber Niederschlag, in Natronlauge rot

Durchführung

Gefahrstoffwarnung!  Bei Versetzen einer Blei(II)-Ionenhaltigen Lösung mit w:KALIUMCHROMAT¹⁴⁵ kommt es zur Bildung eines gelben, in w:ESSIGSÄURE¹⁴⁶ und w:AMMONIAK¹⁴⁷ unlöslichen, jedoch in w:NATRONLAUGE¹⁴⁸ und w:SALPETERSÄURE¹⁴⁹ löslichen, kristallinen Niederschlages. Die Kristallstruktur kann unter dem Mikroskop betrachtet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Reaktion aufgrund des "Chromat-Dichromat-Gleichgewichtes" im richtigen pH-Wert-Bereich (am besten >6) durchgeführt wird.

Die schwach alkalische Lösung wird mit wenig verdünnter Kaliumchromat-Lösung versetzt und anschließend mit verdünnter Essigsäure schwach angesäuert, Folge: ein Niederschlag von gelbem, schwer löslichem Bleichromat, das sich in Essigsäure nicht löst, entsteht. Beim Behandeln mit etwas Natronlauge bildet sich rotes, basisches Bleichromat.

Erklärung

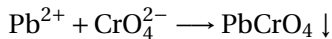
145 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCHROMAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMCHROMAT)

146 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/ESSIGSÄURE)

147 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAK](http://de.wikipedia.org/wiki/AMMONIAK)

148 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/NATRONLAUGE)

149 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/SALPETERSÄURE)



Blei(II)-Ionen und Chromat-Ionen reagieren zum schwer löslichen, gelbem Bleichromat.



Bleichromat reagiert mit Natronlauge zu rotbraunem basischem Bleichromat und Natriumchromat.

2.3.7 Bor

w:BOR¹⁵⁰ Bor kommt im anorganischen Praktikum als Borat BO_3^{2-} vor.

2.3.8 Borat

w:BORATE¹⁵¹ Die Standardreagenz dieser Stoffklasse ist w:BORAX¹⁵² (Natriumborat), ein weißes bis gräulich gefärbtes Salz.

150 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Bor)

151 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BORATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Borate)

152 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BORAX](http://de.wikipedia.org/wiki/Borax)

Borat-Nachweis als Methylester

Durchführung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Veresterung
pH	<7 schwefelsauer
Indikation	grüne Flamme

Gefahrstoffwarnung! 

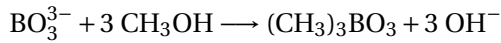


Abb. 38: Boratflamme

Die Analysesubstanz wird mit w:METHANOL¹⁵³ und einigen Tropfen Schwefelsäure als Katalysator versetzt. Die Dämpfe werden in einem abgedunkelten Abzug vorsichtig angezündet. Der Nachweis ist positiv, wenn sich die Flamme grün färbt.

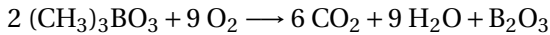
¹⁵³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHANOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Methanol)

Erklärung



Borat-Ionen und Methanol reagieren unter dem Katalysator Schwefelsäure zu Trimethylborat und Hydroxid-Ionen.

Die Dämpfe des Methanol/Trimethylborat-Gemisches werden entzündet. Es erscheint eine leuchtend grüne Flamme.



Beim Verbrennen des Trimethylborats entsteht Kohlenstoffdioxid, Wasser und Bortrioxid

2.3.9 Cadmium

W:CADMIUM¹⁵⁴

Nachweis als Cadmiumsulfid

Cadmium weist man durch Zugabe von Natrium- oder Ammoniumsulfidlösung zur essigsauren Cadmiumsalzlösung nach: Es entsteht ein gelber Niederschlag von Cadmiumsulfid. Im Kationentrenngang ist Cadmium zuvor von störenden Begleitmetallen bzw. -schwermetallkationen im SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁵⁵ zu trennen. Insbesondere KUPFER¹⁵⁶ionen stören hier die-

154 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CADMIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Cadmium)

155 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

156 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

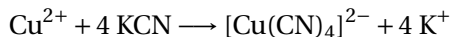
sen Nachweis und müssen zuvor mit giftigem Kaliumcyanid „mas-kiert“ werden.

Durchführung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	>7
Indikation	gelber Niederschlag

Gefahrstoffwarnung! ☠ Kupfersalze müssen im Kationentrenngang vor dem Cadmiumnachweis aufwändig in einen farblosen Tetracyanidocuprat(II)-Komplex überführt werden: Nach Zugabe von w:ZYANKALI¹⁵⁷ (KCN) zur Hauptlösung der Kupfergruppe muss sich die Lösung entfärben (ein zusätzlicher Nachweis für Cu; Achtung: Ab hier die Lösung nicht mehr ansäuern, sonst entsteht hochgiftige w:BLAUSÄURE¹⁵⁸ (HCN-Gas)! Bei der Entsorgung beachten – mit konz. w:WASSERSTOFFPEROXID¹⁵⁹ entgiften!). Wenn man bis zur vollständigen Entfärbung KCN zugeben hat, kann man dann mit einer Sulfid-Lösung das gelbe w:CADMIUMSULFID¹⁶⁰ CdS ausfällen, ohne dass schwarzes Kupfer(II)-sulfid stört.

Erklärung



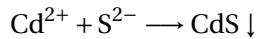
157 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZYANKALI](http://de.wikipedia.org/wiki/Zyankali)

158 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLAUSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Blausäure)

159 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

160 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CADMIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Cadmiumsulfid)

Kupfer und Cyanid reagiert zum farblosen Tetracyanidocuprat(II)-Komplex



Cadmium(II)-Ionen und Sulfid-Ionen reagieren im wässrigen Milieu zum gelben Cadmiumsulfid, welches ausfällt.

2.3.10 Carbonat

Carbonat-Nachweis nach Kohlendioxidentwicklung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W: VERDRÄNGUNGSREAKTION ¹⁶¹
pH	<7 salzsauer
Indikation	getrübtes Barytwasser

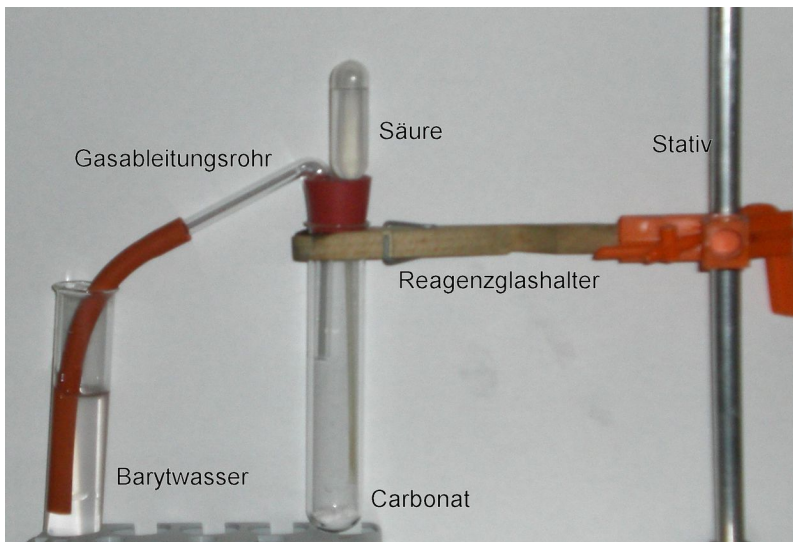


Abb. 39: Mögliche Versuchsanordnung

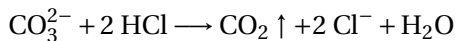
Durchführung

Carbonat-Ionen (CO_3^{2-}) lassen sich durch Zugabe von Salzsäure nachweisen, bei der Kohlenstoffdioxid entsteht. Als Vorversuch kann man festes Analysegut mit konzentrierter Salzsäure versetzen. Eine Gasentwicklung (CO_2) deutet auf Carbonat hin. Bei Durchführung dieses Tests im Reagenzglas sollte die Flamme eines eingebrachten brennenden Spans erstickt werden.

Das entstehende Gas kann auch durch eine Fällungsreaktion identifiziert werden: Das gasförmige Kohlenstoffdioxid wird in Kalk- oder w:BARYTWASSER¹⁶² geleitet, z. B. über eine Rohrkonstruktion. Einfacher ist es, ein Gärröhrchen (Carbonatröhrchen), das an dem einen Ende in einem durchbohrten Stopfen steckt, mit Kalk- oder Barytwasser zu füllen und mit Stopfen auf das Reagenzglas mit Säure und Analysesubstanz zu stecken. Der Nachweis ist positiv wenn sich eine weiße Trübung von Calcium- bzw. Bariumcarbonat bildet.

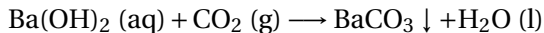
Falls man Blasen sieht, aber die Kalk-/Barytwasserlösungen sich nicht trüben, kann es sein, dass das Carbonat zu schnell ausgetrieben wird. Dann bietet es sich an, eine schwächere Säure zu nehmen (z. B. Essigsäure) und das Gemisch länger im Wasserbad mit Gärröhrchen zu erwärmen. Die Trübung bildet sich dann mit der Zeit.

Erklärung



Carbonate reagieren mit Salzsäure zu gasförmigem Kohlendioxid, Chlorid und Wasser

¹⁶² [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARYTWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Barytwasser)



Bariumhydroxid und Kohlenstoffdioxid reagieren zu Bariumcarbonat und Wasser

Störung

Bei dem Versuch ist der störende Einfluss von Sulfid- und Thiosulfationen zu beachten. Diese können durch vorheriges Zutropfen von Wasserstoffperoxidlösung entfernt werden.

2.3.11 Chrom

w:CHROM¹⁶³ Chrom kommt in den klassischen Trennungsgängen in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁶⁴ im alkalischen Sturz vor und kann auch im KALIUMHYDROXIDAUSZUG¹⁶⁵ abgetrennt werden.

Nachweis als Chromat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	>7
Indikation	gelbe Lösung (in Säuren orange), mit Barium orangefarbener NS

Gefahrstoffwarnung! ☠ Chrom(III)-salze ergeben bei der Reaktion mit dem „Alkalischen Bad“ (Ätznatron in konz. WASSERSTOFF-

163 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROM](http://de.wikipedia.org/wiki/Chrom)

164 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

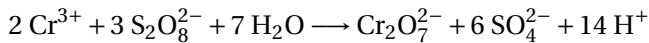
165 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

PEROXIDLÖSUNG¹⁶⁶) gelbe CHROMATLÖSUNGEN¹⁶⁷, die im Sauren zu orangem Dichromat reagieren:



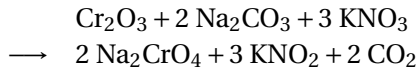
Chrom(III)-Ionen reagieren im alkalischen Bad zu gelbem Chromat-Ionen und Wasser.

Auch im sauren Medium können Chrom(III)-salze aufoxidiert werden. Dazu sind jedoch besonders starke Oxidationsmittel notwendig, so zum Beispiel Peroxodisulfate.



Chrom(III)-Ionen reagieren im wässrigen Milieu mit Peroxodisulfaten zu orangefarbenden Dichromat-Ionen sowie Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

Bei der OXIDATIONSSCHMELZE¹⁶⁸ mit Soda und Salpeter werden Chrom(III)-Ionen hingegen wieder zu gelben Chromat-Ionen gemäß folgender Reaktionsgleichung aufoxidiert:



Chrom(III)oxid reagiert mit Soda und Salpeter zu gelbfarbendem Natriumchromat, Kaliumnitrit und Kohlenstoffdioxid.

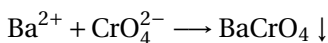
166 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

167 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

168 Kapitel 2.1.2 auf Seite 24

Auch bei den Vorproben tritt beim Schmelzen der SALZPERLE MIT PHOSPHORSALZ ODER BORAX¹⁶⁹ eine charakteristisch grüne Färbung mit Chrom(III)-Ionen auf.

Mit Bariumsalzen entsteht ein orangefarbenes w:BARIUMCHROMAT¹⁷⁰. Hierfür wird alkalische Chromatlösung mit w:EISESSIG¹⁷¹ sauer gemacht (pH 3-5) und mit w:NATRIUMACTETAT¹⁷² gepuffert. Anschließend kann mit w:BARIUMCHLORID¹⁷³ ausgefällt werden. Bariumchromat löst sich in HCl wieder.




Bariumsalzen fällen w:CHROMATE¹⁷⁴ als orangefarbenes Bariumchromat

Nachweis als Chrompentoxid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	<7
Indikation	blaue Etherschicht (oben)

Durchführung

Gefahrstoffwarnung!  Die Lösung muss salpetersauer sein. Sie wird im Reagenzglas mit ETHER¹⁷⁵ überschichtet, mit einigen

169 Kapitel 2.1.1 auf Seite 20

170 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHROMAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumchromat)

171 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISESSIG](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisessig)

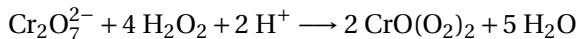
172 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMACTETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumactetat)

173 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumchlorid)

174 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

175 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIETHYLETHER](http://de.wikipedia.org/wiki/Diethylether)

Tropfen w:WASSERSTOFFPEROXID¹⁷⁶ (30%) versetzt und geschüttelt. Bei einer blauen Etherschicht (oben) war Chrom vorhanden. Die Färbung verschwindet bald wieder und ist wenn überhaupt dann nur leicht blau.



Erklärung

Der blaue Komplex von Chrompentoxid (auch Chrom(VI)-peroxid oder Schmetterlingskomplex) ist nur in Ether stabil.

w:COBALT¹⁷⁷

176 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

177 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALT](http://de.wikipedia.org/wiki/COBALT)

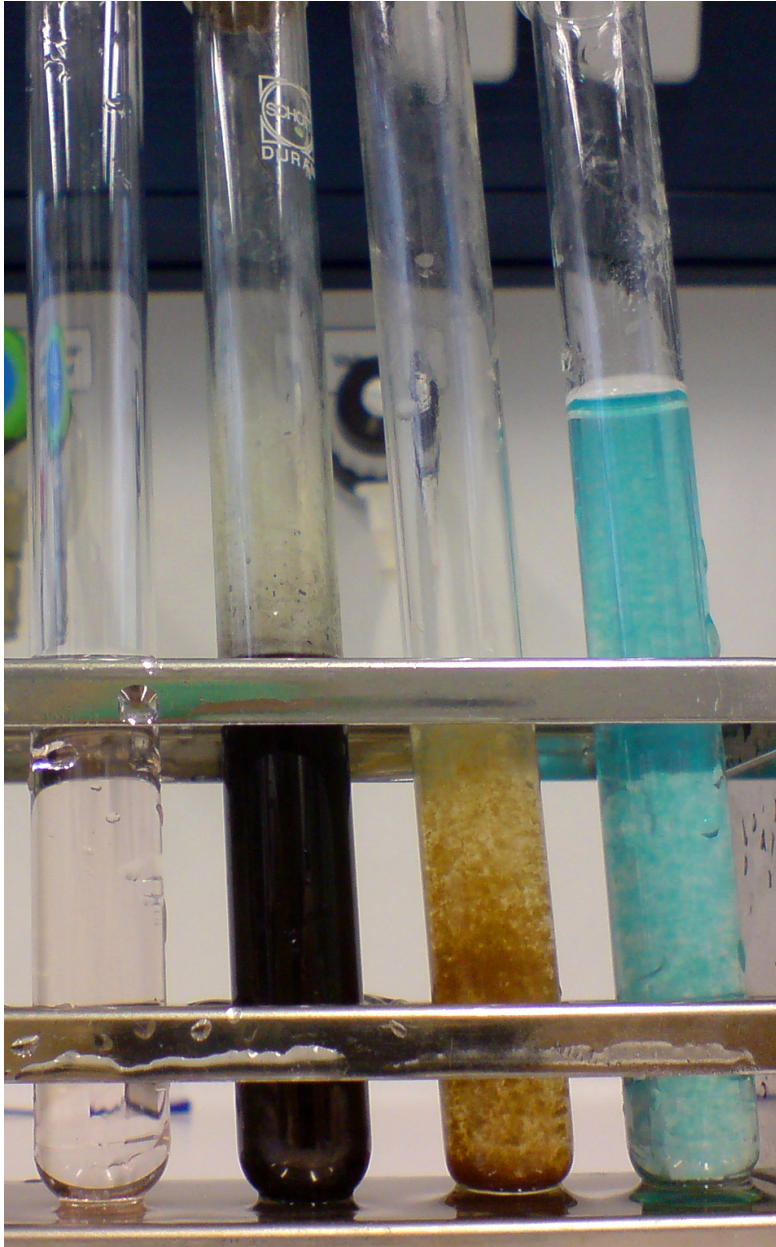
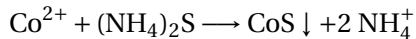


Abb. 40: 1: Cobaltnitrat, 2: Cobaltsulfid, 3: Cobalhydroxid,
4: blaue Carbonate wechselnder Zusammensetzung

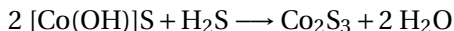
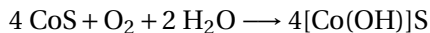
2.3.12 Cobalt

COBALT¹⁷⁸-Kationen werden im Kationentrennungsgang in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁷⁹ neben Nickel-Kationen als schwarzes Cobalt(II)-sulfid gefällt.



Cobalt-Kationen reagieren in nichtsaurer, acetathaltiger Lösung mit Ammoniumsulfid zum schwarzem Cobalt(II)-sulfid und Ammonium-Ionen.

Wird unter starkem Luftzutritt und bei Gegenwart von überschüssigem Ammoniumsulfid gefällt, bildet sich aus Cobalt(II)-sulfid zunächst Hydroxocobalt(III)-sulfid, das in Cobalt(III)-sulfid übergeht.



Cobaltsulfid reagiert in wässriger Lösung mit Sauerstoff zum Hydroxocobalt(III)-sulfid, welches mit Schwefelwasserstoff zum Cobalt(III)-sulfid weiterreagiert. Als Nebenprodukt entsteht Wasser.

Eine relativ aussagekräftige Vorprobe für Cobalt ist die BORAX-UND PHOSPHORSALZPERLE¹⁸⁰, die von Cobaltionen intensiv blau gefärbt wird.

178 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

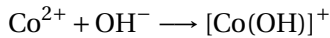
179 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

180 Kapitel 2.1.1 auf Seite 20

Nachweis als Cobalhydroxid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	>>7
Indikation	blauer, im Überschuss roter Niederschlag

Bei Zugabe einer starken Hydroxidlösung, z. B. Natriumhydroxidlösung zu der zu untersuchenden Stoffprobe bildet sich zuerst ein blauer Niederschlag eines basischen Cobaltsalzes wechselnder Zusammensetzung.



Cobalt-Kationen reagieren in der Kälte (max. 15°C) mit Hydroxid-Ionen zum Hydroxocobalt(II)-komplexion. Der Komplex kann mit verschiedensten Anionen basische Salze bilden.

Bei Erhitzung der immer noch alkalischen Probelösung zerfällt das Hydroxocobalt(II)-komplexion und es bildet sich das rosenrote Cobalt(II)hydroxid.



Hydroxocobalt(II)-Ionen reagieren unter Hitze in alkalischer Lösung in das rosenrote Cobalt(II)hydroxid.

Nachweis als Thiocyanatokomplex

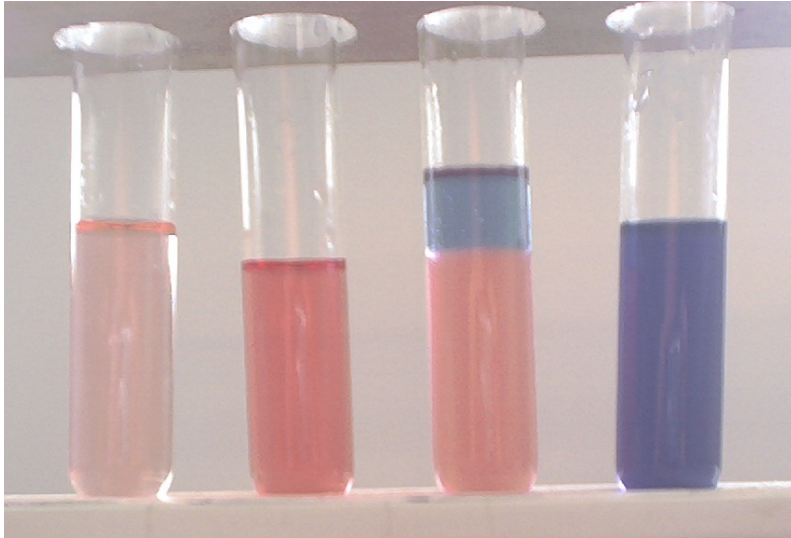
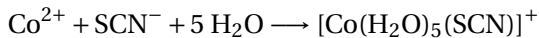


Abb. 41: Von links nach rechts: $\text{CoCl}_2\text{-Hexahydrat 1\%}$;
 $\text{CoCl}_2\text{-Lösung} + 2\% \text{NH}_4\text{SCN}$; $\text{CoCl}_2\text{-Lösung} + 2\% \text{NH}_4\text{SCN} +$
 $40\% \text{Butanol}$; $\text{CoCl}_2\text{-Lösung} + 20\% \text{NH}_4\text{SCN}$

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	
Indikation	pinke Lösung

Bei Zugabe von Thiocyanat (am besten festes Salz statt Lösung) entsteht je nach Konzentration eine pinkfarbene bis blaue Lösung. Der blaue Komplex kann mit einem organischen Lösungsmittel (z. B. Butanol) extrahiert werden.

Erklärung



Cobalt-Kationen reagieren im wässrigen Milieu bei Zugabe von Thiocyanat-Ionen zum pinken Pentaaquathiocyanatocobalt(II)-komplex.

Störung

Der Nachweis mit Thiocyanat interferiert mit EISEN¹⁸¹- und KUPFER¹⁸²-Kationen.

2.3.13 Eisen

w:EISEN¹⁸³ Eisen lässt sich mit Blutlaugensalzen aus der Ursubstanz nachweisen, falls kein weiterer Stoff mit dem Blutlaugensalz ebenfalls zu farbigen Niederschlägen reagiert, siehe NACHWEISREAGENZNIEN#BLUTLAUGENSALZE¹⁸⁴.

Im Kationentrennungsgang fällt Eisen erstmalig in der Hydrolysegruppe als braunes w:EISENHYDROXID¹⁸⁵: Zu dem Filtrat aus der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁸⁶ gibt man konzentrierte w:SALPETERSÄURE¹⁸⁷ um Fe^{2+} zu Fe^{3+} zu oxidieren. Dann gibt man dazu noch konzentriertes Ammoniakwasser.

181 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

182 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

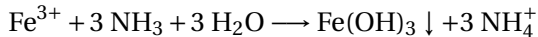
183 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN](http://de.wikipedia.org/wiki/EISEN)

184 Kapitel 2.0.1 auf Seite 10

185 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISENHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/EISENHYDROXID)

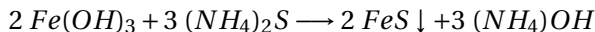
186 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

187 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%4AURE](http://de.wikipedia.org/wiki/SALPETERS%4AURE)



Eisen(III)-Kationen reagieren mit Ammoniak zu braunem Eisenhydroxid und Ammoniumionen

Danach erfolgt die Abtrennung in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁸⁸:



Eisenhydroxid und w:AMMONIUMSULFID¹⁸⁹ reagiert zu braunem w:EISEN(II)-SULFID¹⁹⁰ und w:AMMONIUMHYDROXID¹⁹¹

Eisen(II) mit rotem Blutlaugensalz

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Bildung eines w:CHARGE-TRANSFER-KOMPLEXE ¹⁹² s
pH	<7 salzsauer
Indikation	tiefblauer Niederschlag

188 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

189 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

190 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28II%29-sulfid)

191 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumhydroxid)

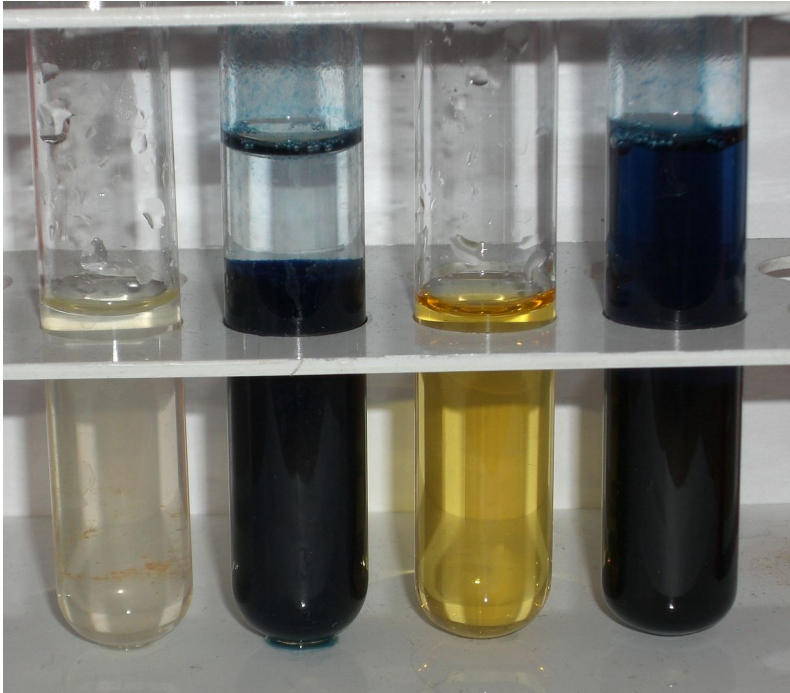


Abb. 42: Eisen(II)-sulfat (schwach gelb-grünlich) sowie Eisen(III)-chlorid (gelb-bräunlich) und deren Nachweise mit Blutlaugensalzen

Hierfür wird die Analysenlösung mit verdünnter Salzsäure und ROTEM BLUTLAUGENSALZ¹⁹³ versetzt. Dabei entsteht ein Eisen(II)-Eisen(III)-Komplex, der tiefblau ist und sich in wässriger Lösung langsam absetzt, er ist also schwer wasserlöslich (siehe Bild zweites Reagenzglas von links). Das Pigment trägt den Namen w:BERLINER BLAU¹⁹⁴ (auch Pariser Blau, Französischblau, Eisen-

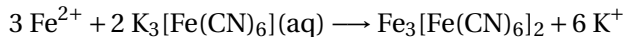
193 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ROTES%20BLUTLAUGENSALZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Rotes%20Blutlaugensalz)

194 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20blau)

cyanblau, Turnbulls Blau, Bronzeblau, Preußisch Blau, Pottascheblau, Chinesischblau, Miloriblau, Stahlblau, Tintenblau, Tonerblau).

Erklärung

Es läuft in gewissem Sinne jedoch keine W:KOMPLEXBILDUNGSREAKTION¹⁹⁵ ab, sondern zunächst lediglich ein Ionenaustausch / W:FÄLLUNGSREAKTION¹⁹⁶, in dessen Niederschlagsprodukt dann jedoch beide Eisenionen unterschiedlicher Wertigkeit wie in einem agieren können (engl.: *charge transfer*):



Eisen(II)-Ionen reagieren mit Kaliumhexacyanidoferrat(III) zu einem Eisenhexacyanidoferratkomplex und Kaliumionen

Eisen(III) mit gelbem Blutlaugensalz

Durchführung

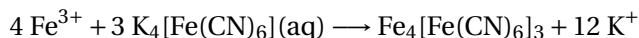
Eisen(III)-Ionen lassen sich analog mit GELBEM BLUTLAUGENSALZ¹⁹⁷ nachweisen, wobei ein Eisen(III)-Eisen(II)-Komplex entsteht, der auch tiefblau gefärbt ist, aber im Gegensatz zum Eisen(II)-Eisen(III)-Komplex sich kolloid in Wasser löst.

Erklärung

195 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KOMPLEXBILDUNGSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Komplexbildungsreaktion)

196 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/F%E4LLUNGSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/F%E4llungsreaktion)

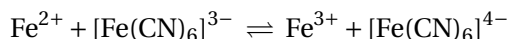
197 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GELBES%20BLUTLAUGENSALZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Gelbes%20Blutlaugensalz)



Eisen(III)-Ionen reagieren mit Kaliumhexacyanidoferrat(II) zu einem Eisenhexacyanidoferratkomplex und Kaliumionen.

Bei dieser Nachweisreaktion entsteht W:BERLINER BLAU¹⁹⁸, ein wichtiger Farbstoff. Turnbulls Blau und Berliner Blau sind trotz der hier angegebenen, unterschiedlichen Formeln identisch – nur ihre Herstellungswege sind unterschiedlich: Die Gewinnung von Turnbulls Blau erfolgt durch das Umsetzen von Eisen(II)-salzen mit Kaliumhexacyanoferrat(III) (rotem Blutlaugensalz) in wässriger Lösung – die von Berliner Blau durch Umsetzen von Eisen(III)-salzen mit Kaliumhexacyanoferrat(II) (gelbes Blutlaugensalz).

Mittels EPR-¹⁹⁹ und MÖSSBAUERSPEKTROSKOPIE²⁰⁰ konnte jedoch festgestellt werden, dass die Reaktionsprodukte beider Nachweisreaktionen weitgehend identisch sind, da folgendes Gleichgewicht besteht:



Eisen(III) mit Thiocyanat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	blutroter Niederschlag

198 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20Blau)

199 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ELEKTRONENSPINRESONANZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektronenspinresonanz)

200 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/M%F6%DFBAUER-EFFEKT](http://de.wikipedia.org/wiki/M%F6%DFbauer-Effekt)

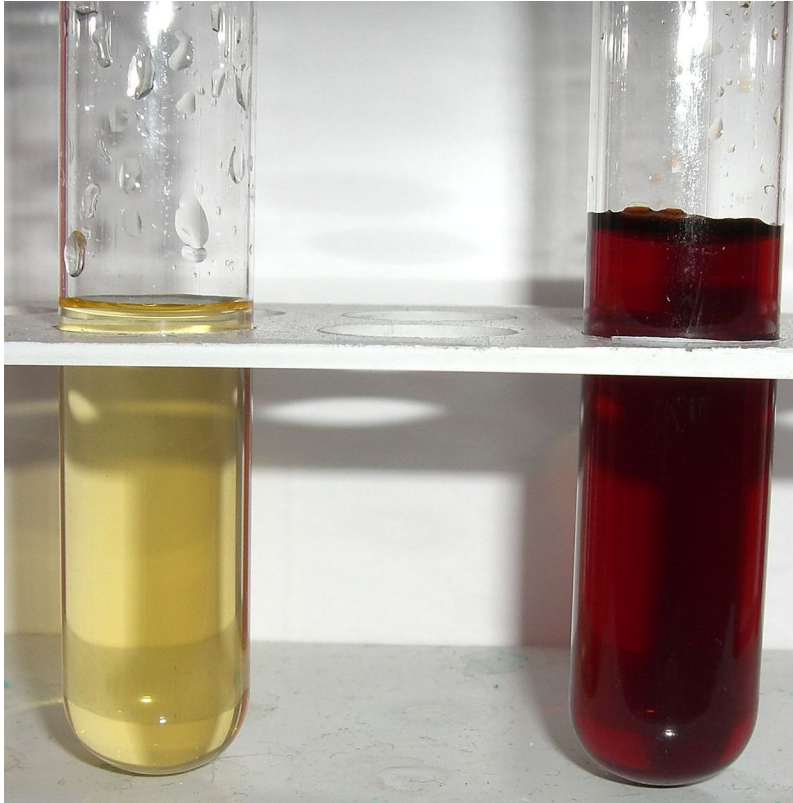


Abb. 43: Eisen(III)-Lösung und Eisen(III)thiocyanat

Durchführung

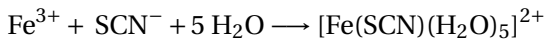
Alternativ kann man Eisen(III)-salze (siehe Bild linkes Reagenzglas, hier als Beispiel Eisen(III)-chlorid). Die Analysenlösung wird mit verdünnter Salzsäure versetzt und in dieser kann dann durch Zugabe einer Thiocyanatlösung Eisen nachgewie-

sen werden. Als Reagenzien eignen sich W:KALIUMTHIOCYANAT²⁰¹ oder W:AMMONIUMTHIOCYANAT²⁰² („Rhodanid“). Dieser Nachweis wird manchmal wegen der Färbung bei positiver Probe auch als „Stierblutprobe“ bezeichnet.

Die Probe ist sehr empfindlich und wird auch in der Spurenanalytik eingesetzt. Hier ist besonders sauberes Arbeiten nötig, um das Ergebnis nicht zu verfälschen (z. B. keinen Edelstahlspatel in die salzsaure Probelösung eintauchen). Sicherheitshalber auch eine Blindprobe durchführen um eine Verunreinigung der Salzsäure oder des Reagens' selbst durch Eisen, z. B. aus Rost, welcher in kleinsten Partikeln in der Luft vorhanden sein könnte, und somit ein falsch-positives Ergebnis, auszuschließen.

Erklärung

Es reagieren dabei die Eisen(III)-Kationen mit den Thiocyanat-Ionen zu einem blutroten Komplex, dem Pentaaquathiocyanatoferrat(III). (siehe Bild rechtes Reagenzglas)



Eisen(III)-Ionen und Thiocyanat-Ionen reagieren in einem wässrigen Milieu zum Pentaaquathiocyanatoferrat(III)-komplex.

W:HALOGENIDE²⁰³

201 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMTHIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumthiocyanat)

202 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMTHIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumthiocyanat)

203 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HALOGENIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Halogenide)

2.3.14 Halogenide

Halogenide sind chemischen Verbindungen der 7. Hauptgruppe des PSE (Halogene) mit der Oxidationszahl -I und kommen in Salzen als einfach negativ geladene Ionen daher.

Nachweise mit Silbersalzlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	<7 salpetersauer
Indikation	weiße Niederschläge

Die Silbersalze der Halogenide Chlorid, Bromid und Iodid zeichnen sich durch ihre Schwerlöslichkeit aus. Aus salpetersaurer Lösung fallen sie als dicker („käsiger“) weißer (Chlorid) bzw. gelblicher (Bromid, Iodid) Niederschlag aus.

Zu beachten ist, dass FLUORID²⁰⁴-Ionen, die ja auch unter die Halogenid-Ionen zählen, keinen Niederschlag mit Silbersalzlösung bilden, da Silberfluorid ein in Wasser gut lösliches Salz ist.

Durchführung

²⁰⁴ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE%2F%20FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie%2F%20Fluorid)

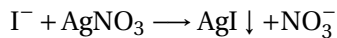


Abb. 44: AgX Niederschläge: X = I, Br, Cl; NH₃ Zugabe daneben)

Zum Nachweis wird die Probelösung mit Salpetersäure HNO₃ angesäuert und mit etwas Silbernitratlösung AgNO₃ versetzt. Der Niederschlag von Silberchlorid AgCl ist in Ammoniumcarbonatlösung (NH₄)₂CO₃ löslich, wobei der Diamminsilber(I)-chlorid-Komplex [Ag(NH₃)₂]Cl entsteht. Der Niederschlag von Silberbromid AgBr löst sich in konzentrierter Ammoniaklösung NH₃aq, und der von Silberiodid AgI bleibt zurück.

Erklärung

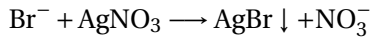
Bei IODID²⁰⁵-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 1): Ausbildung eines käsig-gelben Niederschlags. Silberiodid ist gänzlich unlöslich in Ammoniakwasser.



Iodid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberiodid und Nitrat-Ionen.

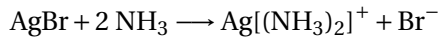
205 Kapitel 2.3.17 auf Seite 85

Bei BROMID²⁰⁶-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 3): Ausbildung eines weiß/gelblichen Niederschlags.



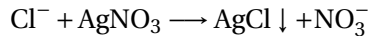
Bromid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberbromid und Nitrat-Ionen.

Silberbromid ist in konz. Ammoniakwasser etwas löslich. (Reagenzglas 4)



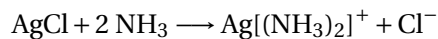
Silberbromid reagiert mit Ammoniakwasser zum löslichen Silberdiammin-Komplexion und Bromid-Ionen.

Bei CHLORID²⁰⁷-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 5): Ausbildung eines weißen Niederschlags.



Chlorid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberchlorid und Nitrat-Ionen.

Silberchlorid ist selbst in schwach konz. Ammoniakwasser recht gut löslich. (Reagenzglas 6)



Silberchlorid reagiert mit Ammoniakwasser zum löslichen Silberdiammin-Komplexion und Chlorid-Ionen.

206 Kapitel 2.3.15 auf Seite 83

207 Kapitel 2.3.16 auf Seite 84



Abb. 45: AgCl
(links); +NH₃
(rechts)



Abb. 46: AgBr
(links); +NH₃
(rechts)



Abb. 47: AgI
(links); +NH₃
(rechts)

Störung

Wenn man das Filtrat mit verdünnter Salpetersäure ansäuert, sollte das störende Ausfallen von Silbercarbonat vor der Zugabe von Silbernitratlösung verhindert werden.

Vor der Analyse sollte eine SODAAUSZUG²⁰⁸ vorgenommen werden, da z. B. Kupferionen stören, weil eine Kupfer(II)-salzlösung bei Zugabe von Ammoniak aufgrund der Bildung des Amminkomplexes $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ tiefblau wird.

Silberhalogenidfällungen mit Zink unterscheiden

Gibt man zu dem in Ammoniak gelösten Silberbromid elementarem Zink (Zn), so wird das Silber reduziert und somit Br in der Lösung freigesetzt. Dieses lässt sich nun mit Chlorwasser über die braune Färbung nachweisen.

208 Kapitel 2.2 auf Seite 27

Auch der Silberiodid-Niederschlag kann mit Zn reduziert werden, wobei die freiwerdenden Iodid-Ionen in Lösung gehen können. Auch dieses kann durch versetzen mit Chlorwasser nachgewiesen werden (violette Färbung)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ²⁰⁹
pH	<8
Indikation	Brom: orangebraun Iod: rosaviolett, in O-haltigen LöMi braun

Nachweis als Brom und Iod

Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit für Bromid und Iodid ist die Zugabe von W:CHLORWASSER²¹⁰ oder (wenig) W:CHLORAMIN T²¹¹ mit W:SALZSÄURE²¹² wobei die Halogenidionen zum Halogen oxidiert werden. Man gibt dann ein organisches Lösungsmittel wie W:N-HEXAN²¹³ hinzu und löst die Halogene durch kräftiges Schütteln in der organischen Phase (W:EXTRAKTION²¹⁴). Brom oder Iod kann dort einfach aufgrund der Färbung identifiziert werden. Alternativ kann man auch mit W:CHLOROFORM²¹⁵ extrahieren. Die organische Phase färbt sich braun bei Bromid und violett bei Iodid. Liegen beide Elemente vor, so ergibt sich eine Mischfarbe. Mit einiger Übung kann hier der Anteil der beiden Halogenide an der Mischung

²¹⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlorwasser)

²¹¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORAMIN%20T](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloramin%20T)

²¹² [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%E4ure)

²¹³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/N-HEXAN](http://de.wikipedia.org/wiki/N-Hexan)

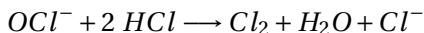
²¹⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EXTRAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Extraktion)

²¹⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOROFORM](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloroform)

abgeschätzt werden. In sauerstoffhaltigen Lösungsmitteln wie w:DIETHYLETHER²¹⁶ ist Iod braun.

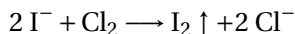
Erklärung

Löst man Chloramin T in Wasser so entsteht w:HYPOCHLORIT²¹⁷, welches wiederum in Salzsäure nicht stabil ist.

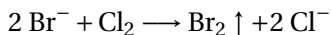


Hypochlorit mit Salzsäure SYNPROPORTIONIERT²¹⁸ zu Chlor und Chlorid.

Aufgrund der ELEKTROCHEMISCHEN SPANNUNGSREIHE²¹⁹ entsteht zunächst Iod und anschließend Brom.



Iodid-Ionen werden durch Chlor zu elementarem Iod oxidiert, welches sich in Hexan mit einer dunkelvioletten Färbung löst.



Bromid-Ionen werden durch Chlor zu elementarem Brom oxidiert, welches sich in Hexan mit einer braunorangenen Färbung löst.

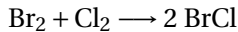
Die Folgereaktion zu Bromchlorid färbt die Lösung weingelb.

216 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIETHYLETHER](http://de.wikipedia.org/wiki/Diethylether)

217 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HYPOCHLORIT](http://de.wikipedia.org/wiki/Hypochlorit)

218 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SYNPROPORTIONIERUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Synproportionierung)

219 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ELEKTROCHEMISCHE%
20SPANNUNGSREIHE](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrochemische_Spannungsreihe)



Brom und Chlor reagieren weingelben Bromchlorid

Störung

Gestört wird dieser Nachweis, wenn die zu untersuchende Lösung gleichzeitig SULFID²²⁰- oder THIOSULFAT²²¹-Anionen enthält. In diesem Fall fällt gelbweißer SCHWEFEL²²² als Trübung aus, da das Chlorwasser Sulfid zu Schwefel oxidiert. Auch darf der pH-Wert nicht über 8 liegen, da Halogene im alkalischen zu Hypohalogenationen reagieren.

Im Überschuss von Chloramin T kann die Lösung farblos werden, daher am besten nur eine 10-prozentige Lösung ansetzen.

2.3.15 Brom

W:BROM²²³ Brom fällt in anorganischen Salzen als Bromid- und Bromatanion an.

Bromid

W:BROMID²²⁴ kann mit den anderen HALOGENIDEN²²⁵ nachgewiesen werden.

220 Kapitel 2.3.34 auf Seite 144

221 Kapitel 2.3.34 auf Seite 152

222 Kapitel 2.3.33 auf Seite 144

223 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BROM](http://de.wikipedia.org/wiki/Brom)

224 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BROMID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bromid)

225 Kapitel 2.3.13 auf Seite 76

Nachweis von Bromid mit Schwefelsäure

Eine weitere Möglichkeit ist, die Substanz mit konzentrierter w:Schwefelsäure²²⁶ zu erhitzen, wobei braune Dämpfe aufsteigen (elementares Brom). Hält man ein Filterpapier, das man mit w:Fluorescein²²⁷ (z. B. von einem gelben Textmarker) versehen und angefeuchtet hat, über das Reagenzglas, färben die braunen Dämpfe das Papier an der entsprechenden Stelle braunrot.

2.3.16 Chlor

w:Chlor²²⁸ fällt in anorganischen Salzen als Chlorid, Chlorit, Hypochlorit, Chlorat und Perchlorat an.

Chlorid

w:Chloride²²⁹ können mit den anderen Halogeniden²³⁰ nachgewiesen werden.

Perchlorat

w:Perchlorate²³¹ können als Kaliumperchlorat nachgewiesen werden.

226 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%e4ure)

227 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLUORESC EIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Fluorescein)

228 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlor)

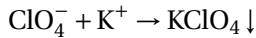
229 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloride)

230 Kapitel 2.3.13 auf Seite 76

231 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PERCHLORATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Perchlorate)

Durchführung

Ein Teil der Urprobe wird mit einer Kaliumlösung versetzt und danach gut abgekühlt (Eiswasser). Ein feinkristalliner Niederschlag zeigt das Vorliegen von Perchlorat an.



2.3.17 Iod

w:IOD²³² Iod fällt in anorganischen Salzen als Iodidanion I und Iodatanion IO₃ an.

Iodid

w:IODIDE²³³ in Lösung ergeben, erhitzt mit konzentrierter w:SCHWEFELSÄURE²³⁴, violette Dämpfe von elementarem Iod. Sie können mit den anderen HALOGENIDEN²³⁵ nachgewiesen werden. Wichtig ist ebenfalls die UNTERSCHIEDUNG VON IODID UND IODAT²³⁶.

Unterscheidung von Iodid und Iodat (nach Kaiser)

Die Unterscheidung von Iodid und Iodat nach Kaiser dient zum selektiven Nachweis von IODID²³⁷ (auch BROMID²³⁸) und Iodat

232 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod)

233 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IODIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Iodide)

234 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

235 Kapitel 2.3.13 auf Seite 76

236 Kapitel 2.3.17 auf Seite 85

237 Kapitel 2.3.17 auf Seite 85

238 Kapitel 2.3.15 auf Seite 83

nebeneinander in Substanzproben und gemischen. Die Methode ist als Adaption und Verallgemeinerung der Anwendbarkeit der Iodidnachweise, die in Lehrbüchern, wie zum Beispiel Jander-Blasius' „Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie“, aufgeführt werden, zu sehen.

Durchführung

Die Probe (bei unlöslichen Proben der SODAAUSZUG²³⁹) wird in einem Reagenzglas langsam mit verdünnter w:SALPETERSÄURE²⁴⁰ (c 3 mol/L) leicht angesäuert, bis die Gasentwicklung aufhört (es kann auch mit Indikatorpapier nachgeprüft werden) und dann mit w:CHLOROFORM²⁴¹ unterschichtet. Färbt sich das Chloroform dabei braun oder violett, so ist dieses abzutrennen und die Probe zwei weitere Male mit Chloroform auszuschütteln, bis eine Färbung beim Unterschichten ausbleibt.

Die so behandelte Probe wird mit 30%igem w:WASSERSTOFFPEROXID²⁴² versetzt und geschüttelt, gegebenenfalls unter leichtem Erwärmen. Tritt hierbei eine violette Färbung des Chloroforms auf, so war Iodid zugegen; eine Braunfärbung weist auf Bromid hin. Liegen beide Halogenide vor, treten die Färbungen nacheinander auf.

Die angesäuerte, mit Chloroform unterschichtete Probe (s.o.) wird mit Zinkstaub versetzt und leicht erwärmt, womit naszierender Wasserstoff erzeugt wird. Eventuell vorhandenes Iodat wird von diesem zum Iod reduziert und das Chloroform färbt sich violett. Man sollte hierbei die Gasentwicklung im Reagenzglas im Auge

239 Kapitel 2.2 auf Seite 27

240 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

241 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOROFORM](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloroform)

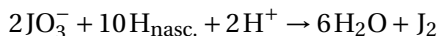
242 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

behalten, da es unter Umständen zur Entzündung des Wasserstoffs am Brenner kommen kann.

Erklärung



Iodid und Bromid werden hierbei von Wasserstoffperoxid im sauren Milieu zu Iod bzw. Brom oxidiert, die jeweils die Färbungen des Chloroforms verursachen.



1. redirect PRAKTIKUM ANORGANISCHE CHEMIE/ FLUORID²⁴³

2.3.18 Kalium

w:KALIUM²⁴⁴ Kalium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²⁴⁵. Es lässt sich wie die meisten Alkalikationen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG²⁴⁶ aufspüren.

²⁴³ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE%2F%20FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE%2F%20FLUORID)

²⁴⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUM)

²⁴⁵ Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

²⁴⁶ Kapitel 2.1 auf Seite 11

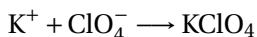
Nachweis als Kaliumperchlorat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	egal
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Zur Probelösung werden einige Tropfen w:PERCHLORSÄURE²⁴⁷ (65 %) gegeben. Es fällt ein weißer Niederschlag aus. Zur Sicherheit wird mit dem Niederschlag noch eine FLAMMENFÄRBUNG²⁴⁸ durchgeführt (Cobaltglas!). Falls ein Spektrometer zur Verfügung steht, wird natürlich auch dieses verwendet. Der Nachweis ist nicht sehr empfindlich.

Erklärung



Kalium-Ionen und Perchlorat-Ionen reagieren zum weißen w:KALIUMPERCHLORAT²⁴⁹.

Perchlorsäure ist die stärkste anorganische Säure und verdrängt alle anderen Säuren aus ihren Salzen.

247 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PERCHLORSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Perchlorsäure)

248 Kapitel 2.1 auf Seite 11

249 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERCHLORAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumperchlorat)

2.3.19 Kupfer

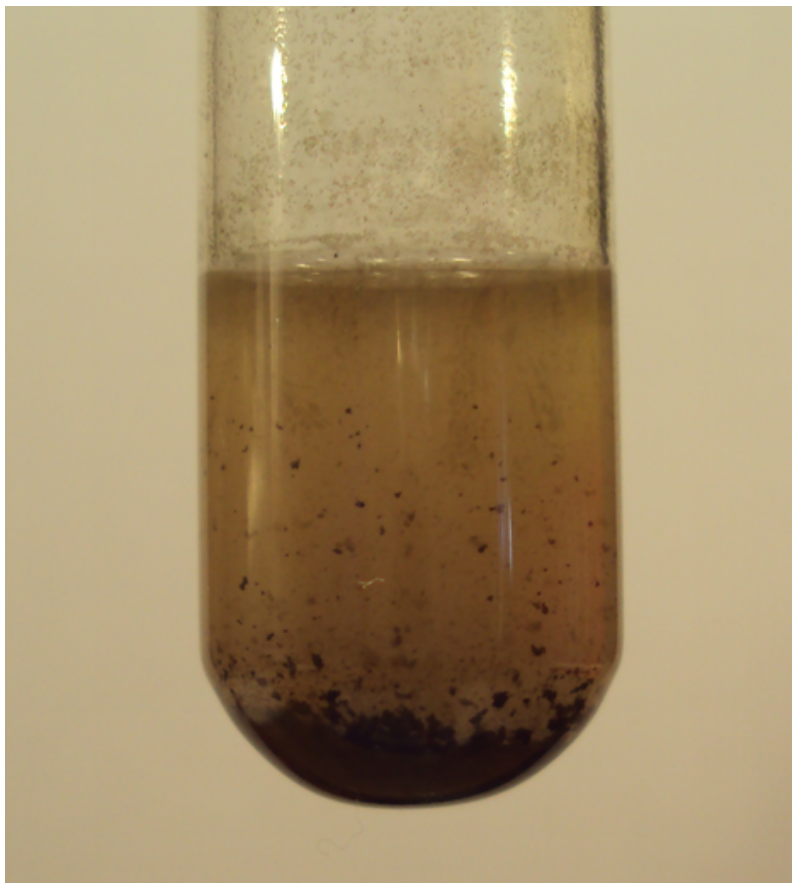
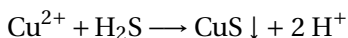


Abb. 48: Kupfersulfid

W:KUPFER²⁵⁰ **Tipp:** Kupfer(II)-salze färben Lösungen meist bläulich.

Eine mögliche Vorprobe ist die BORAX UND PHOSPHORSALZPERLE²⁵¹, welche in der Oxidationsflamme grün und in der Reduktionsflamme rötlich gefärbt ist.

Im Kationentrennungsgang fällt es in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE²⁵² aus:



Kupfer(II)-Kationen reagieren mit W:SCHWEFELWASSERSTOFF²⁵³ zu schwarzem W:KUPFER(II)-SULFID²⁵⁴

Nachweis als Kupfertetramminkomplex

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁵⁵
pH	>>7 stark ammoniakalisch
Indikation	tiefblaue Lösung

Durchführung

Versetzt man die Analysenlösung mit W:AMMONIAKWASSER²⁵⁶ so bilden sich bei pH-Werten über 8 tiefblaue Komplexsalz-Lösungen (siehe Bild mittiges Reagenzglas).

250 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KUPFER](http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer)

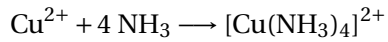
251 Kapitel 2.1.1 auf Seite 20

252 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

253 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

254 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KUPFER%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer%28II%29-sulfid)

256 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAKWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniakwasser)

Erklärung

Kupfer(II)-Ionen und Ammoniak reagieren zum tiefblauen Komplex-Ion Tetraamminkupfer(II)

Störungen

Ni(II)-Ionen bilden ebenfalls blaue Komplexe, die nur geringfügig heller sind.

Nachweis als Kupferhexacyanidoferrat

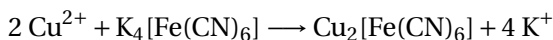


Abb. 49: CuSO_4 (links), Nachweis als $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4$ (tiefblau) als $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (braunrot)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁵⁷
pH	?
Indikation	braunroter Niederschlag

Durchführung

Eine weitere Variante Kupfer(II)-Ionen nachzuweisen erfolgt mit einer w:KALIUMHEXACYANIDOFERRAT(II)²⁵⁸-Lösung (Gelbes Blutlaugensalz, früher: Kaliumhexacyanoferrat-II). Nach Zugabe von Blutlaugensalz zur Analysenlösung fällt ein braunroter Niederschlag aus (siehe Bild, rechtes Reagenzglas).

Erklärung

Kupfer(II)-Ionen und Kaliumhexacyanidoferrat(II) reagieren zum roten Komplex Kupfer(II)-hexacyanidoferrat(II) und Kalium-Ionen

Nachweis als Kupferthiocyanat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:REDOXREAKTION ²⁵⁹ , w:KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁶⁰
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

²⁵⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat%28II%29)



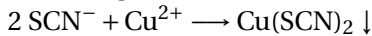
Abb. 50: zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

Durchführung

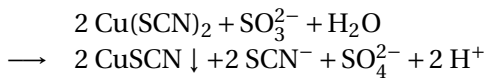
Bei Reaktion von Thiocyanat-Ionen mit Kupfer(II)-Ionen beobachtet man zunächst eine grüne Färbung der Lösung (siehe Bild linkes Reagenzglas). Beim Vorhandensein von Thiocyanat-Ionen oder Kupfer(II)-Ionen im Überschuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas) Wird der Nieder-

schlag mit SULFIT²⁶¹-Ionen behandelt, so löst sich der schwarze Niederschlag und es bildet sich ein weißer Niederschlag. (Redoxreaktion, siehe Bild rechtes Reagenzglas)

Erklärung



Reaktion: Thiocyanat-Ionen reagieren mit Kupfer(II)-Ionen zu schwarzem, wasserunlöslichem Kupfer(II)-thiocyanat.



Reaktion: Schwarzes Kupfer(II)-thiocyanat reagiert mit Sulfit-Ionen im wässrigen Milieu zu weißem Kupfer(I)-thiocyanat, Thiocyanat-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

2.3.20 Lithium

w:LITHIUM²⁶² Lithium bleibt im Kationentrennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²⁶³ zurück. Wer versuchen möchte es zu fällen, kann versuchen dies durch Eindampfen und Aufnahme mit konz. HCl als w:LITHIUMCHLORID²⁶⁴ hinzubekommen. Zum Abtrennen kann man sich zu nutze machen, dass es sich als einziges Alkali-chlorid in w:AMYLALKOHOL²⁶⁵ löst.

261 Kapitel 2.3.34 auf Seite 147

262 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LITHIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Lithium)

263 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

264 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LITHIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Lithiumchlorid)

265 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMYLALKOHOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Amylalkohol)

Nasschemische Nachweise von Lithium sind schwierig, die karminrote FLAMMENFÄRBUNG²⁶⁶ ist der einzig wirklich einfache und sichere Nachweis.

Nachweis als Lithiumphosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ²⁶⁷
pH	>>7
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird stark alkalisch gemacht und festes W:DINATRIUMHYDROGENPHOSPHAT²⁶⁸ hinzugegeben. Nach einiger Zeit sollte sich ein Niederschlag bilden. Ansonsten kann man versuchen mehr Na₂HPO₄ hinzuzugeben. Die Lösung muss jedoch wirklich viel Li⁺ enthalten, damit es funktioniert.

Erklärung



266 Kapitel 2.1 auf Seite 11

268 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DINATRIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinatriumhydrogenphosphat)

2.3.21 Magnesium

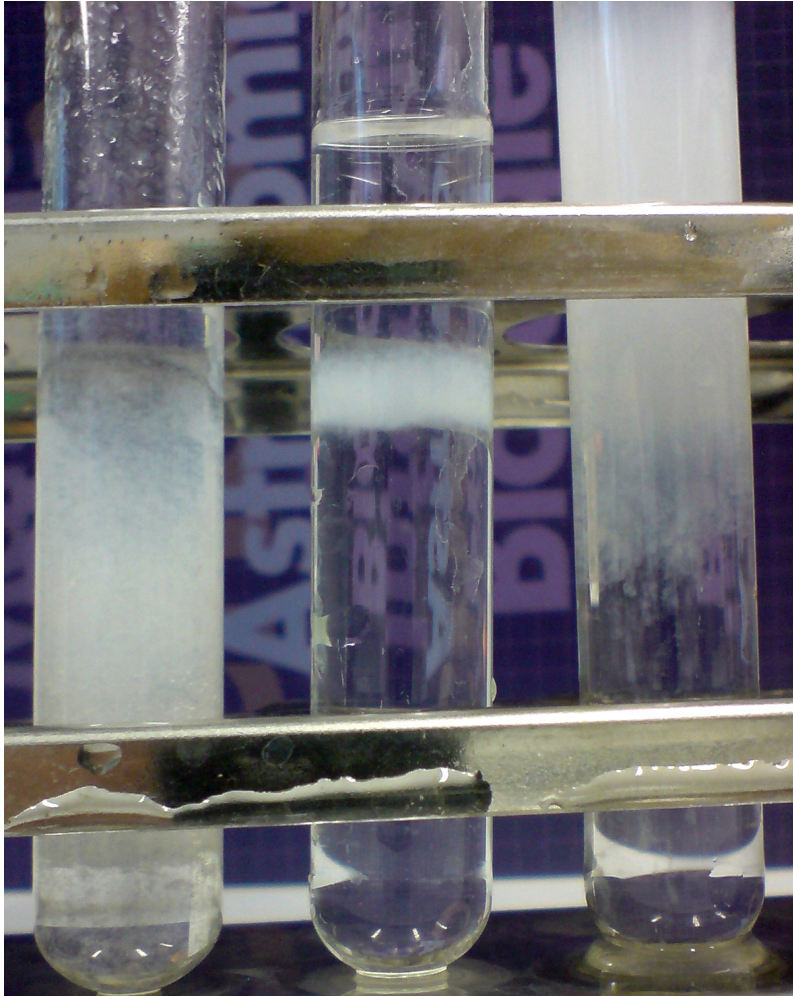


Abb. 51: Magnesiumhydroxide und -carbonate

W:MAGNESIUM²⁶⁹ Magnesium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²⁷⁰. Erstes Anzeichen für Magnesium in der Probe kann eine sprühende Flamme (vgl. Wunderkerze) sein. Zum Nachweis muss stets sehr sauber abgetrennt werden, was Magnesium in Gemischen schwer nachweisbar macht.

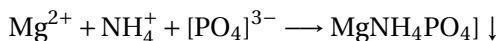
Nachweis als Ammoniummagnesiumphosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ²⁷¹
pH	>>7 NH ₃
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird mit konz. NH₃ alkalisch gemacht und W:AMMONIUMCHLORID²⁷² und W:NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT²⁷³ hinzugeben. Nach Erwärmen (~5 min) entsteht ein weißer Niederschlag. Unter dem Mikroskop sehen die Kristalle wie "Sargdeckel" aus: VERGLEICHSBILD²⁷⁴.

Erklärung



269 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAGNESIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Magnesium)

270 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

272 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

273 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydrogenphosphat)

274 [HTTP://WWW.BIORAMA.CH/BIBLIO/B50CHEM/K30NIERE/ALBUM/ALBUMBIG/BIG009.JPG](http://www.biorama.ch/biblio/b50chem/k30niere/album/albumbig/big009.jpg)

Störung

CALCIUM²⁷⁵, STRONTIUM²⁷⁶, BARIUM²⁷⁷ und ZINK²⁷⁸ stören, weil sie ebenfalls einen Niederschlag bilden. Die Kristallform ist jedoch charakteristisch.

Nachweis als Chinalizarin-Farblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FARBLACK ²⁷⁹ -Bildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	Blaufärbung

Durchführung

Die mit HCl dil. angesäuerte Lösung wird mit W:CHINALIZARIN²⁸⁰-Lösung versetzt und mit NaOH stark alkalisiert. Falls ein KORNBLOMENBLAUER²⁸¹ Niederschlag ausfällt, ist dies ein positiver Hinweis auf Magnesium.

275 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_CALCIIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_CALCIIUM)

276 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_STRONTIUM)

277 Kapitel 2.3.3 auf Seite 47

278 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

280 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHINALIZARIN](http://de.wikipedia.org/wiki/CHINALIZARIN)

281 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KORNBLOME](http://de.wikipedia.org/wiki/KORNBLOME)

Störung

ALUMINIUM²⁸², BERYLLIUM²⁸³, BOR²⁸⁴, CALCIUM²⁸⁵, COBALT²⁸⁶, FLUORIDE²⁸⁷, GALLIUM²⁸⁸, INDIUM²⁸⁹, NICKEL²⁹⁰, ZINK²⁹¹ stören.

Nachweis als Thiazolgelb-Farblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:FARBLACK ²⁹² -Bildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	Rotfärbung

Durchführung

Die Probe wird in Wasser gelöst und angesäuert. Anschließend wird sie mit einem Tropfen der w:THIAZOLGELB²⁹³-Lösung (auch Titangelb genannt, obwohl kein Titan vorkommt) versetzt und mit verdünnter Natronlauge alkalisch gemacht. Bei Anwesenheit von Magnesium entsteht ein hellroter Niederschlag.

282 Kapitel 2.3.1 auf Seite 34

283 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_BERYLLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_BERYLLIUM)

284 Kapitel 2.3.6 auf Seite 55

285 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_CALCIIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_CALCIIUM)

286 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

287 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_FLUORID)

288 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_GALLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_GALLIUM)

289 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_INDIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_INDIUM)

290 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

291 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

293 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIAZOLGELB](http://de.wikipedia.org/wiki/THIAZOLGELB)

Störung

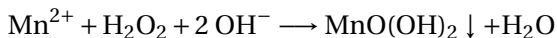
NICKEL²⁹⁴-, ZINK²⁹⁵-, MANGAN²⁹⁶- und COBALT²⁹⁷-Ionen stören diesen Nachweis und sollten vorher als Sulfide ausgefällt werden.

2.3.22 Mangan**Nachweis als Braunstein**

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ²⁹⁸
pH	>>7
Indikation	schwarz-braune Lösung

Durchführung

Mangan(II)-Kationen werden zum Nachweis im Kationentrennungsgang im so genannten „Alkalischen Bad“ – einer Mischung aus konz. W:WASSERSTOFFPEROXID²⁹⁹ und W:NATRIUMHYDROXID³⁰⁰ – zum Mangan(IV)-Kation oxidiert.

Erklärung

294 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

295 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

296 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

297 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

299 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

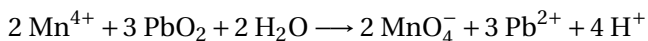
300 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydroxid)

Farblose Mangan(II)-Ionen reagieren mit Wasserstoffperoxid in alkalischer Lösung zu braunem Manganoxidhydroxid (Braunstein) und Wasser.

Nachweis als Permanganat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w: REDOXREAKTION ³⁰¹
pH	<7
Indikation	violette Lösung

Das Mangan(IV)-oxid-hydroxid „Braunstein“ wird dann durch Kochen in konz. w: SALPETERSÄURE³⁰² gelöst und mit Blei(IV)-oxid zum violetten PERMANGANAT³⁰³ aufoxidiert:



Braune Mangan(IV)-Ionen reagieren mit Blei(IV)-oxid in Wasser zu violetten Permanganat-Ionen, Blei(II)-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

Ist die Aufschwemmung durch Blei(IV)-oxid zu dunkel, füllt man vorsichtig etwas Wasser auf, welches sich verfärbt. Das Verfahren eignet sich auch als Vorprobe, wird aber von Iodid gestört.

302 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERSAEURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpetersaeure)

303 Kapitel 2.3.28 auf Seite 128

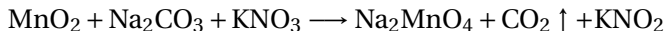
Nachweis über Oxidationsschmelze

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ³⁰⁴
pH	entfällt
Indikation	blaugrüne Salze

Durchführung

Nachweis über die OXIDATIONSSCHMELZE³⁰⁵: Die Probe wird mit einer stöchiometrisch angepassten Menge eines Soda-Salpeter-Salzgemisches gemörsert und im Porzellantiegel erhitzt - blaugrünes Manganat(VI) zeigt Mangansalze an.

Tipp: Das Manganat(VI) disproportioniert bei Kontakt mit W:ESSIGSÄURE³⁰⁶ zum rosavioletten PERMANGANAT³⁰⁷ und braunen Mangan(IV)-oxid (Redoxreaktion).

Erklärung

Mangan(IV)oxid reagiert mit Natriumcarbonat und Kaliumnitrat zu Natriummanganat(VI) (blaugrün), Kohlenstoffdioxid und Kaliumnitrit.

305 Kapitel 2.1.2 auf Seite 24

306 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigsaeure)

307 Kapitel 2.3.28 auf Seite 128

2.3.23 Molybdän

W:MOLYBDÄN³⁰⁸ Molybdän kommt im KTG in der SCHWEFELWAS-
SERSTOFFGRUPPE³⁰⁹, genauer in der Arsen-Gruppe vor.

Vorprobe als Molybdänblau

Man kocht etwas Ursubstanz mit wenig W:ZINNCHLORID³¹⁰ und 20 mL konz. W:SCHWEFELSÄURE³¹¹ in einer offenen Schale fast bis zur Trockene ab. Beim Erkalten tritt eine intensive Blaufärbung ein, die von einem Oxid der ungefähren Zusammensetzung Mo_3O_8 ($=\text{MoO}_3 \cdot \text{Mo}_2\text{O}_5$) hervorgerufen wird.

Störungen

WOLFRAM³¹² bildet ein himmelblaues Oxid (Wolframblau) und VANADIUM³¹³ zeigt ebenfalls eine hellblaue Färbung.

Nachweis als Molybdophosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ³¹⁴
pH	<<7 salpetersauer
Indikation	gelbe Kristalle

308 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MOLYBD%E4N](http://de.wikipedia.org/wiki/Molybd%C4N)

309 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

310 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINNCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinnchlorid)

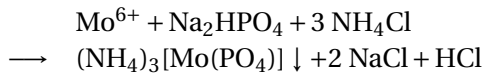
311 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4A9RE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C4A9re)

312 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_WOLFRAM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_Wolfram)

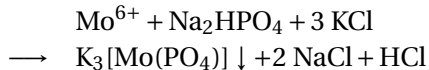
313 Kapitel 2.3.34 auf Seite 157

Durchführung

Die stark salpetersaure Lösung wird in einem kleinen Reagenzglas mit wenig w:AMMONIUMCHLORID³¹⁵ bzw. w:KALIUMCHLORID³¹⁶ sowie 1-2 Tropfen 2 mol/L w:NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT³¹⁷ versetzt und erwärmt. Es scheiden sich äußerst feine gelbe Kristalle von Ammonium- bzw. w:KALIUMMOLYBDOPHOSPHAT³¹⁸ ab.

Erklärung

Molybdän-Ionen reagieren mit Natriumhydrogenphosphat und Ammoniumchlorid zu gelbem Ammoniummolybdophosphat, welches ausfällt, sowie Natriumchlorid und Salzsäure.



Molybdän-Ionen reagieren mit Natriumhydrogenphosphat und Kaliumchlorid zu gelbem Kaliummolybdophosphat, welches ausfällt, sowie Natriumchlorid und Salzsäure.

315 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

316 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumchlorid)

317 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydrogenphosphat)

318 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMMOLYBDOPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliummolybdophosphat)

2.3.24 Natrium

w:NATRIUM³¹⁹ Natrium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE³²⁰. Es lässt sich wie die meisten Alkalikationen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG³²¹ aufspüren. Dort muss es jedoch lange (mindestens 3 Minuten) zu sehen sein, da Natriumverunreinigungen überall vorkommen (z.B. Handschweiß). Weil fast alle Natriumsalze gut löslich sind, ist es schwierig Natrium naschemisch mit Fällungsreaktionen zu finden.

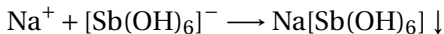
Nachweis als Natriumhexahydroxoantimonat(V)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:FÄLLUNGSREAKTION ³²²
pH	>>7 KOH
Indikation	weißer feinkristalliner Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird stark alkalisch gemacht und auf einem Uhrglas mit einigen Tropfen $K[Sb(OH)_6]$ ³²³-Lösung versetzt. Nach einer Viertelstunde bildet sich ein weißer feinkristalliner Niederschlag, der sich mit Wasser nicht abspülen lässt und sich sandig anfühlt.

Erklärung



319 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium)

320 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

321 Kapitel 2.1 auf Seite 11

323 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXAHYDROXIDOANTIMONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexahydroxoantimonat)

Störung

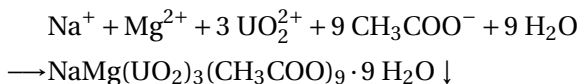
LITHIUM³²⁴ und AMMONIUM³²⁵ stören, weil sie ebenfalls einen Niederschlag bilden. Der Versuch funktioniert nur mit konzentrierter Natriumlösung

Nachweis als Natrium-Magnesium-triuranil-nonaacetat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ³²⁶
pH	<7 essigsauer
Indikation	gelbe Kristalle

Durchführung

Die Lösung wird essigsauer gemacht und mit ein paar Tropfen MAGNESIUMURANYLACETAT³²⁷-Lösung versetzt. Nach einiger Zeit fallen gelbe Kristalle aus.

Erklärung**Störung**

LITHIUM³²⁸ stört, weil es ebenfalls einen Niederschlag bildet.

324 Kapitel 2.3.19 auf Seite 95

325 Kapitel 2.3.26 auf Seite 112

327 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/URANYLACETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Uranylacetat)

328 Kapitel 2.3.19 auf Seite 95

2.3.25 Nickel

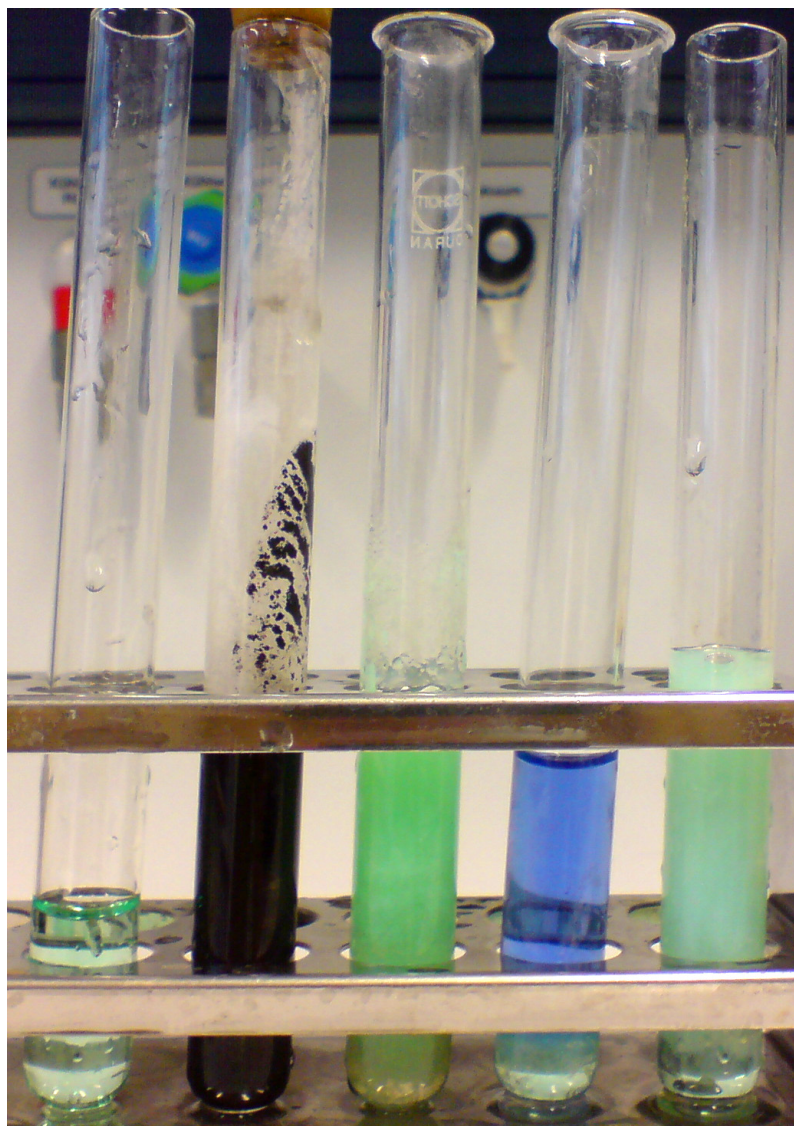
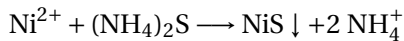


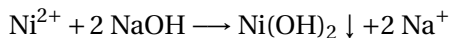
Abb. 52: (1) grünes Nickel(II)nitrat,
(2) schwarzes Nickelsulfid,
(3) hellgrünes Nickelhydroxid,
(4) blaues Hexamethylnickel,
(5) basische grüne Carbonatsalze wechselnder
Zusammensetzung

Nickelsalze fallen im Trennungsgang in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE³²⁹ als schwarze Sulfide aus.



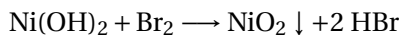
Nickel(II)-Ionen reagieren mit Ammoniumsulfid zu Nickel(II)sulfid und Ammonium-Ionen.

Des Weiteren ist die Fällung des Hydroxids möglich, das man an seiner spezifisch grünen Farbe erkennen kann. Als Fällungsmittel wird meist w:NATRONLAUGE³³⁰ verwendet.



Nickel(II)-Ionen reagieren mit Natronlauge zu grünem, wasserlöslichem Nickel(II)hydroxid und Natrium-Ionen.

Durch Zugabe von starken Oxidationsmitteln wie w:CHLOR³³¹ oder w:BROM³³², jedoch nicht mit Wasserstoffperoxid, geht das grüne Hydroxid in ein höheres, schwarzes Oxid über.



Grünes Nickel(II)hydroxid reagiert mit Brom zu schwarzem, wasserunlöslichem Nickel(IV)oxid und Bromwasserstoff.

Wird zu einer Probelösung, die Nickel(II)-Ionen enthalten soll, AMMONIAK-LÖSUNG³³³ zutropft, kann man beobachten, das

329 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

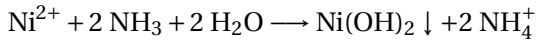
330 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

331 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlor)

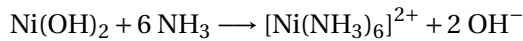
332 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BROM](http://de.wikipedia.org/wiki/Brom)

333 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAKWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniakwasser)

sich zuerst ein grüner Niederschlag von Nickel(II)-hydroxid bildet, der bei Überschuss von Ammoniak sich unter Blaufärbung wieder auflöst.



Nickel(II)-Ionen reagieren im wässrigen Milieu mit Ammoniak zu grünem, wasserunlöslichem Nickel(II)hydroxid und Ammonium-Ionen.



Nickel(II)-Ionen reagieren bei Überschuss von Ammoniak zu blauen, wasserlöslichen Hexaamminnickel(II)-Ionen und Hydroxid-Ionen.

Nachweis mit DAD

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	CHELATKOMPLEXBILDUNG ³³⁴
pH	>7 alkalisch
Indikation	himbeerroter Niederschlag

Durchführung

Man versetzt die zuvor alkalische gemachte Analysenlösung mit einer alkoholischen Lösung von w:DIACETYLDIOXIM³³⁵ (=Dimethylglyoxim), die auch Tschugajews Reagens genannt wird. Es bildet sich ein himbeerroter voluminöser Niederschlag, der in verdünnten Mineralsäuren wieder zerfällt. In Natronlauge und in

³³⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIACETYLDIOXIM](http://de.wikipedia.org/wiki/Diacetyldioxim)

Gegenwart von starken Oxidationsmitteln wie Peroxodisulfat erscheint eine ebenfalls intensiv rote, jedoch lösliche Nickel(III)-Verbindung.

Erklärung

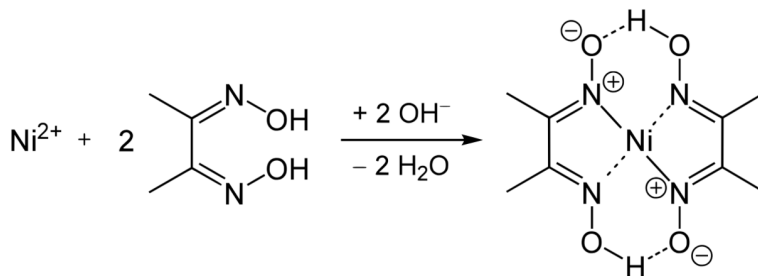


Abb. 53

Diacetyldioxim bildet mit Nickel in alkalischer Lösung einen Chelatkomplex.

2.3.26 Stickstoff

W:STICKSTOFF³³⁶ Anorganisch gebundener **Stickstoff** kommt als NH_4^+ AMMONIUMKATION³³⁷ sowie in den Anionen CYANID³³⁸ CN^- , THIOCYANAT³³⁹ SCN^- , NITRAT³⁴⁰ NO_3^- und Nitrit NO_2^- vor.

336 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STICKSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoff)

337 Kapitel 2.3.26 auf Seite 112

338 Kapitel 2.3.27 auf Seite 115

339 Kapitel 2.3.34 auf Seite 153

340 Kapitel 2.3.28 auf Seite 122

2.3.27 Ammonium

Nachweis mittels Kreuzprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W: VERDRÄNGUNGSREAKTION ³⁴¹
pH	>7 alkalisch
Indikation	verfärbtes Indikatorpapier

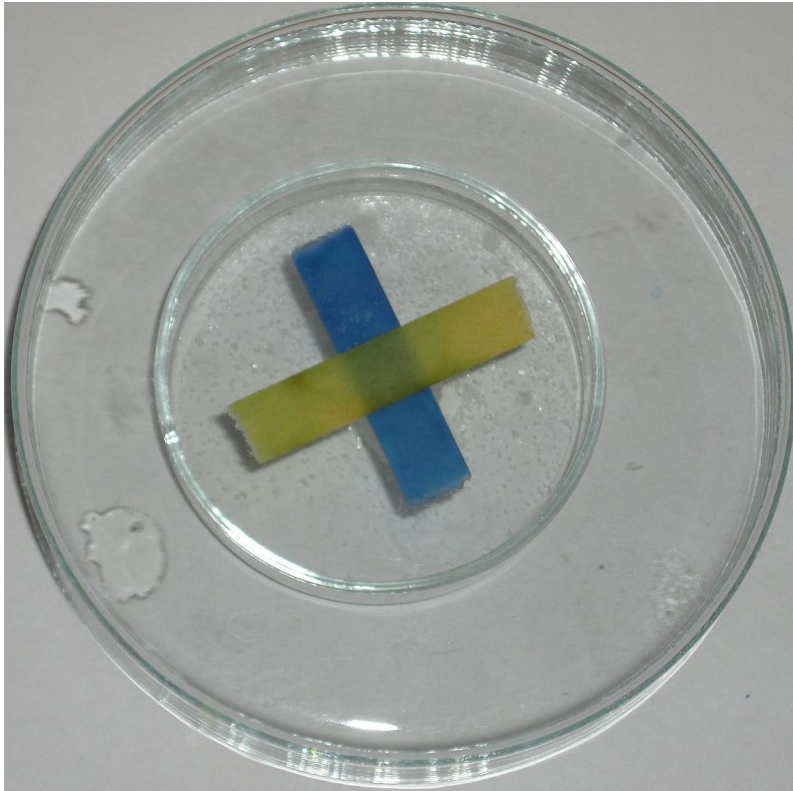
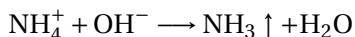


Abb. 54: positive Kreuzprobe

Durchführung

In einem Uhrglas wird angefeuchtetes Universalindikatorpapier befestigt, in ein zweites Uhrglas gibt man die Probe, etwas w:NATRONLAUGE³⁴² und einige Tropfen Wasser und bedeckt nun das zweite Uhrglas mit dem ersten. Eine Blaufärbung des Indikatorpapiers zeigt Hydroxidionen, die durch Ammoniak entstanden sind, das aus dem Ammoniumsalz freigesetzt wurde. Das Indikatorpapier kann dabei nicht die Lauge, die durch das NaOH eingebracht wurde, anzeigen, weil dieses die wässrige Lösung nicht verlassen können. Das Indikatorpapier sollte also nicht in die Lösung fallen. Zum Vergleich legt man meist außerhalb der beiden Uhrgläser nochmal einen Streifen Indikatorpapier darüber und befeuchtet ihn mit dest. Wasser, das auch schon leicht alkalisch ist.

Erklärung



Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen reagieren zu gasförmigem Ammoniak und Wasser.

Nachweis mittels Neßlers-Reagenz

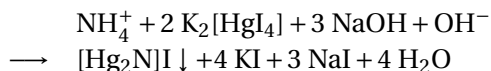
Durchführung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³⁴³
pH	>7 alkalisch
Indikation	gelbbrauner Niederschlag

342 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

Beim Nachweis mit der W:NESSLERS-REAGENZ³⁴⁴ wird eine Kaliumtetraiodomercurat(II)-Lösung mit Natronlauge alkalisiert. Die Probelösung, die auf Ammonium-Ionen untersucht werden soll, wird mit wenig Neßlers Reagenz umgesetzt. Bei gelbbrauner Färbung bzw. brauner Ausflockung sind Ammonium-Ionen nachgewiesen, es entsteht das Iodidsalz der W:MILLONSCHE BASE³⁴⁵.

Erklärung



Ammonium-Ionen, Kaliumtetraiodomercurat(II), Natronlauge und Hydroxid-Ionen reagieren zum Iodidsalz der Millonschen Base, die in wässriger Lösung ausflockt, Kaliumiodid, Natriumiodid und Wasser.

2.3.28 Cyanid

Nachweis als Berliner Blau

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³⁴⁶
pH	8-9
Indikation	tiefblaue Lösung

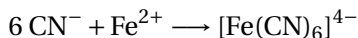
³⁴⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NE%DFLERS-REAGENZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Ne%DFLERS-REAGENZ)

³⁴⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MILLONSCHE%20BASE](http://de.wikipedia.org/wiki/MILLONSCHE%20BASE)

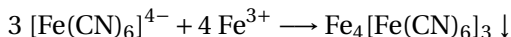
Durchführung

Gefahrstoffwarnung! ☠ Zur Prüfung auf Cyanid-Ionen in einer Probe wird, sofern noch nicht geschehen, die Probe mit Natronlauge auf pH-Wert 8 bis 9 alkalisiert. Anschließend wird w:EISEN(II)-SULFAT³⁴⁷ lösung im Unterschuss hinzugegeben und diese Mischung mit fächelnder Flamme bis zur Trocknung eingedampft (Arbeit unter dem Abzug unabdingbar! Giftige Cyanid-dämpfe können entweichen!). Anschließend wird der Rückstand mit verdünnter Salzsäure gelöst, es entsteht eine klare Lösung, die mit verdünnter w:EISEN(III)CHLORID³⁴⁸ lösung versetzt wird. Bei Anwesenheit von Cyanid bildet sich das tiefblaue Pigment w:BERLINER BLAU³⁴⁹.

Erklärung



Cyanid-Ionen reagieren mit Eisen(II)-Ionen zu Hexacyanidoferrat(II)-Ionen.



Hexacyanoferrat(II)-Ionen reagieren mit Eisen(III)-Ionen zu blauem Eisen(III)hexacyanoferrat(II).

347 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28II%29-SULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28II%29-sulfat)

348 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28III%29CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28III%29chlorid)

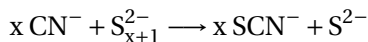
349 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20blau)

Nachweis mit Polysulfiden

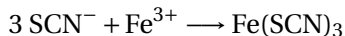
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³⁵⁰
pH	
Indikation	tiefrote Lösung

Durchführung

Alternativ können Cyanide mit Polysulfiden zu Thiocyanat umgesetzt werden. Dazu werden einige Tropfen Ammoniumpolysulfidlösung (gelbes Ammoniumsulfid) zu der in Wasser gelösten Ursubstanz gegeben. Die Lösung wird bis zur Trocknung erhitzt und der Rückstand in wenig verdünnter Salzsäure suspendiert. Anschließend wird filtriert. Die klare Lösung wird mit wenig verdünnter Eisen(III)-chloridlösung versetzt. Beim Entstehen einer tiefroten Färbung, hervorgerufen durch w:EISEN(III)-THIOCYANAT³⁵¹, war Cyanid zugegen.

Erklärung

Cyanid-Ionen reagieren mit Polysulfid-Ionen zu Thiocyanat-Ionen und Sulfid-Ionen.



351 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28III%29-THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28III%29-thiocyanat)

Thiocyanat-Ionen reagieren mit Eisen(III)-Ionen zu blutrotem Eisen(III)-thiocyanat.

Thiocyanat

Stierblutprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³⁵²
pH	
Indikation	tiefrote Färbung

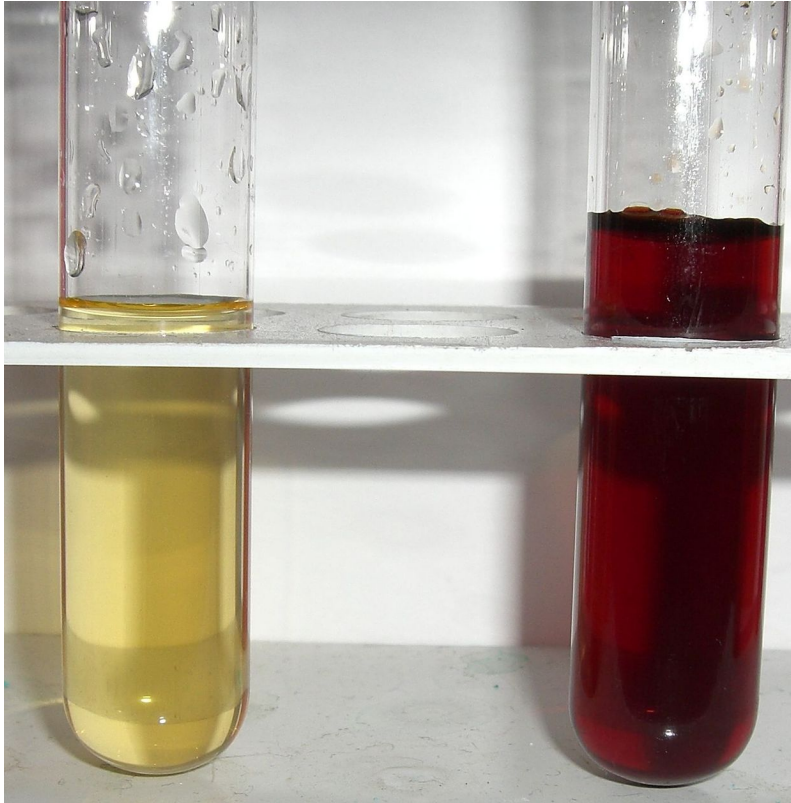


Abb. 55: Eisensalzlösung (links) und Eisen-III-thiocyanat

$\text{W:THIOCYANAT}^{353}$ -, oder auch Rhodanid-Ionen werden qualitativ mit der „Stierblutprobe“ nachgewiesen. Diese Reaktion wird auch zum Nachweis von EISEN^{354} mit Thiocyanatlösung eingesetzt.

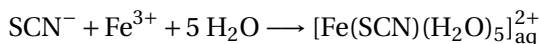
353 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiocyanat)

354 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

Durchführung

Dabei wird der zu untersuchenden Lösung eine gesättigte w:EISEN(III)-CHLORID³⁵⁵-Lösung zugegeben. Erscheint eine intensiv „stierblutrote“ Färbung, so waren Thiocyanat-Ionen vorhanden.

Erklärung



Reaktion: Thiocyanat-Ionen und Eisen(III)-Ionen reagieren im wässrigen Milieu zum Komplex Pentaaquathiocyanatoferrat(III), welcher blutrot erscheint.

Nachweis mit Kupfersulfat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:REDOXREAKTION ³⁵⁶ , KOMPLEXBILDUNG ³⁵⁷
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

355 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28III%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28III%29-chlorid)



Abb. 56: zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

Ein weiterer spezifischer Nachweis kann mit Kupfersulfatlösung erfolgen.

Durchführung

Zur in Wasser gelösten Ursubstanz wird frisch bereitete Kupfer(II)-sulfat zugegeben. Bei Reaktion von Thiocyanat-Ionen mit Kupfer(II)-Ionen beobachtet man zunächst eine grüne Färbung der Lösung (siehe Bild linkes Reagenzglas). Beim Vorhandensein von Thiocyanat-Ionen oder Kupfer(II)-Ionen im Über-

schuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas) Wird der Niederschlag mit SULFIT³⁵⁸-Ionen behandelt, so löst sich der schwarze Niederschlag und es bildet sich ein weißer NS. (Redoxreaktion, siehe Bild rechtes Reagenzglas)

Erklärung

$2 \text{SCN}^- + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Cu}(\text{SCN})_2 \downarrow$ Reaktion: Thiocyanat-Ionen reagieren mit Kupfer(II)-Ionen zu schwarzem, wasserunlöslichem Kupfer(II)-thiocyanat.

$2 \text{Cu}(\text{SCN})_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{CuSCN} \downarrow + 2 \text{SCN}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+$
 Reaktion: Schwarzes Kupfer(II)-thiocyanat reagiert mit Sulfit-Ionen im wässrigen Milieu zu weißem Kupfer(I)-thiocyanat, Thiocyanat-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

Nitrat

Nitratnachweis mittels Ringprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ³⁵⁹ , KOMPLEXBILDUNG ³⁶⁰
pH	<<7 schwefelsauer
Indikation	brauner Ring

358 Kapitel 2.3.34 auf Seite 147

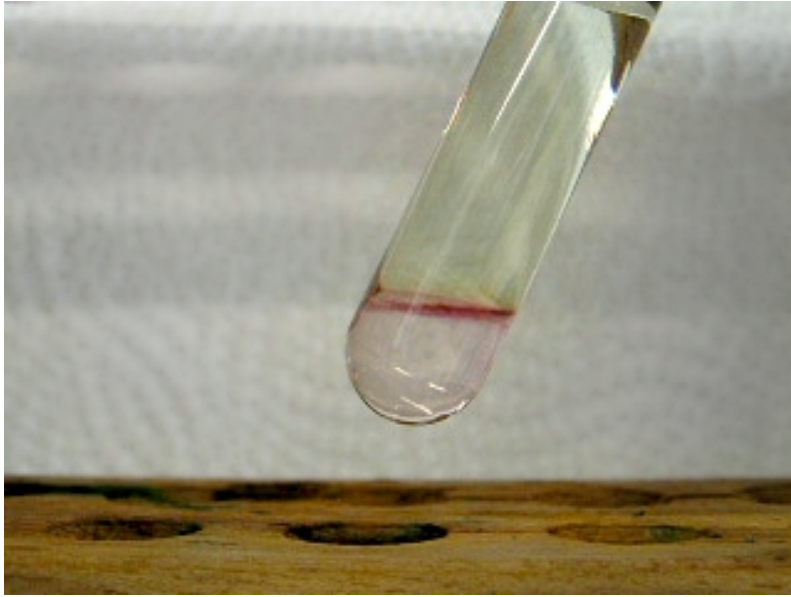


Abb. 57: positive Ringprobe

Durchführung

Zum Nitratnachweis mittels Ringprobe wird die Analysensubstanz mit einigen Tropfen w:EISEN(II)-SULFAT³⁶¹-Lösung und verdünnter w:Schwefelsäure³⁶² versetzt. Anschließend hält man das Reagenzglas schräg und lässt am Rand vorsichtig einige Tropfen konzentrierter w:Schwefelsäure³⁶³ herunterlaufen, um die Lösung zu unterschichten. Eine ringförmige Braunfärbung an der Grenzschicht zeigt Nitrat an. Zum besseren Erkennen bei geringer

361 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28II%29-SULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28II%29-Sulfat)

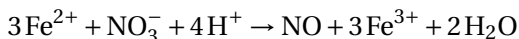
362 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

363 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

Konzentration hält man das Reagenzglas vor einen weißen Kittelärmel oder gegen ein Blatt Papier. Je nach Konzentration kann der Ring auch bis auf ein fahles Violett verringert sein, es ist daher eine Negativprobe zum Vergleich sehr hilfreich.

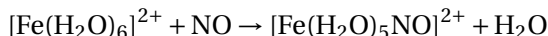
Erklärung

An der Schichtgrenze von Probelösung und Schwefelsäure findet eine Redoxreaktion statt:



Nitrat-Ionen werden zu Stickstoffmonoxid reduziert und die Eisen(II)-Ionen zu Eisen(III)-Ionen oxidiert

Im weiteren Reaktionsverlauf bildet sich ein Komplex, der für die Braunfärbung sorgt, die namensgebend für die Nachweisreaktion ist:



Aus Eisen(II)-Ionen an den sich Stickstoffmonoxid angelagert hat, bildet sich in wässriger Lösung der Pentaaquanitrosyleisen(II)-Komplex

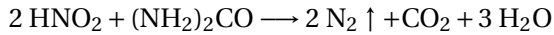
Störung

Es kann zu Konzentrationsniederschlag entlang der Schichtgrenze kommen. Diese ist meist weiß und lässt subtil positive Ergebnisse nicht mehr erkennen.

NITRIT³⁶⁴-Ionen stören ebenfalls diesen Nachweis, da sich die Lösung bereits bei der Zugabe der Eisen(II)-Lösung braun färbt.

364 Kapitel 2.3.28 auf Seite 126

Durch Kochen mit w:HARNSTOFF³⁶⁵ werden anwesende Nitrit-Ionen beseitigt.



Salpetrige Säure und Harnstoff reagieren zu Stickstoff, Kohlendioxid und Wasser

Nitratnachweise mit Lunges Reagenzien

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktionen, Bildung eines AZOFARBSTOFFES ³⁶⁶
pH	< essigsauer
Indikation	rote Farbe

Durchführung

Bei dieser Reaktion muss die Lösung Nitritionen-frei sein. Man kann entweder eine Abtrennung (siehe #NITRATNACHWEIS MITTELS RINGPROBE³⁶⁷) probieren oder vor der Zugabe von Zink die Nitritionen mit w:AMIDOSCHWEFELSÄURE³⁶⁸ zu Stickstoff reduzieren.

Die Lösung wird, wenn sie sauer ist, mit Carbonationen neutralisiert und anschließend mit Essigsäure, auf einer Tüpfelplatte, angesäuert. Danach kommen einige Tropfen Sulfanilsäure und ein Kristall 1-Naphthylamin hinzu. Es darf an dieser Stelle keine Färbung auftreten, ansonsten ist die Probelösung nitritthaltig, was mit

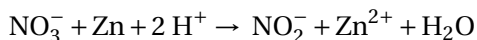
365 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HARNSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff)

367 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%23NITRATNACHWEIS%20MITTELS%20RINGPROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/%23Nitratnachweis%20mittels%20ringprobe)

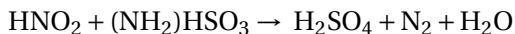
368 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMIDOSCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Amidoschwefelsaeure)

Zugabe von Harnstoff behoben werden muss. Nun wird noch etwas Zinkstaub hinzugegeben, der Nitrationen zu Nitriten reduziert und für eine langsame gelb-orange Färbung der Lösung und eine rote Färbung des Kristalls sorgt.

Erklärung



Nitrat wird durch Zinkstaub und Eisessig (Ethansäure) zu Nitrit reduziert.



Salpetrige Säure wird Amidoschwefelsäure zu Schwefelsäure, Stickstoff und Wasser reduziert

Der Rest ist analog zum NITRITNACHWEIS MIT LUNGES REAGENZ-EN³⁶⁹.

Störung

Der Nachweis wird durch die Anwesenheit von Nitrit-, Sulfit-, Thiosulfat- und Hexacyanoferrat(III)-Ionen gestört.

369 Kapitel 2.3.28 auf Seite 127

Nitrit (NO₂⁻)**Nitritnachweis mit Lunges Reagenzien**

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Bildung eines AZOFARBSTOFFES ³⁷⁰
pH	<7 schwach sauer
Indikation	Rotfärbung

Durchführung

Die Probelösung muss bei Untersuchung auf Nitrit-Ionen keine besonderen Eigenschaften besitzen. Sie sollte nur nicht zu sauer sein, ansonsten muss die Lösung mit Carbonat-Ionen neutralisiert werden. Nun wird die Probelösung wiederum mit stark konzentrierter w:ESSIGSÄURE³⁷¹ angesäuert. Danach kommen jeweils 2–3 Tropfen Tropfen w:SULFANILSÄURE³⁷² (Lunge I) hinzu und ein Kristall w:-NAPHTHOL³⁷³ (Lunge II). Nimmt der Kristall an dieser Stelle eine rote Färbung an, so sind Nitrit-Ionen in der Lösung enthalten.

Erklärung

Durch Zugabe von Sulfanilsäure (**1**) und w:1-NAPHTHYLAMIN³⁷⁴ (**3**) bildet sich zuerst ein DIAZONIUMSALZ³⁷⁵ (**2**), das mit Naphthylamin weiter zu einem w:AZOFARBSTOFF³⁷⁶ (**4**) reagiert und die Lösung sehr schnell rot färbt:

371 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigsaeure)

372 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SULFANILS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Sulfanilsaeure)

373 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/%03%B2-NAPHTHOL](http://de.wikipedia.org/wiki/B2-Naphthol)

374 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/1-NAPHTHYLAMIN](http://de.wikipedia.org/wiki/1-Naphthylamin)

375 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIAZONIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Diazonium)

376 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AZOFARBSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Azofarbstoff)

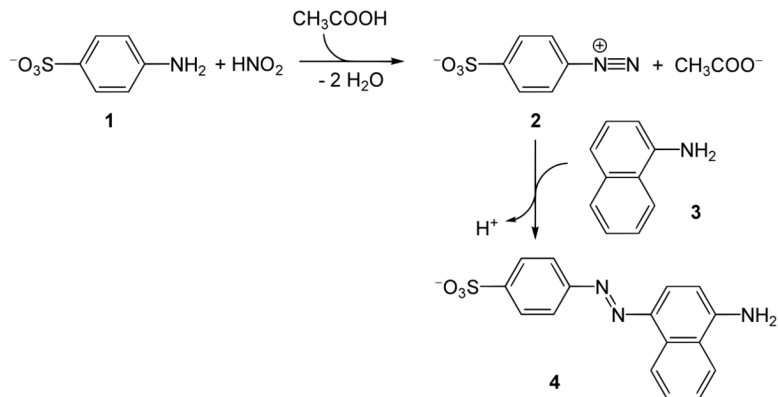


Abb. 58: Reaktionsschema der Reaktion des Lunges Reagens mit Nitrit

2.3.29 Permanganat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ³⁷⁷ , W:IODPROBE ³⁷⁸
pH	<<7 schwefelsauer
Indikation	Gelbfärbung, mit Stärke intensiv blau bis schwarz

Um W:PERMANGANAT³⁷⁹-Ionen nachzuweisen, gibt es eine Reihe von Experimenten, wobei immer auf die Fähigkeit des MnO_4^- Stoffe zu oxidieren, zurückgegriffen wird.

³⁷⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Permanganat)

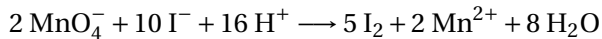
Nachweis mit Iodid

Eine Reaktion, bei der man sehr schön erkennen kann, dass es sich um Permanganat-Ionen handelt, ist die Oxidation von W:IODID³⁸⁰-Ionen in einer W:KALIUMIODID³⁸¹-Lösung.

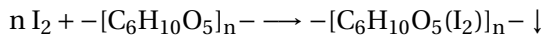
Durchführung

Der Probelösung (schwach violett bis violett, schwefelsauer) wird eine gesättigte Kaliumiodidlösung zugegeben. Eine Gelbfärbung ist erstes Anzeichen für die Oxidation der Iodid-Ionen zu elementarem W:IOD³⁸². Um jedoch sicher zu sein, wird etwas W:STÄRKE³⁸³ zu der vermeintlichen W:IOD-KALIUMIODID-LÖSUNG³⁸⁴ gegeben: Eine intensive blaue bis schwarze Färbung zeigt elementares Iod an.

Erklärung



Permanganat-Ionen, Iodid-Ionen und Wasserstoff-Ionen reagieren zu Iod, Mangan(II)-Ionen und Wasser.



380 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IODID](http://de.wikipedia.org/wiki/Iodid)

381 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMIODID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumiodid)

382 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod)

383 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ST%E4RKE](http://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%A4rke)

384 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD-KALIUMIODID-L%
F6SUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod-Kaliumiodid-L%C3%B6sung)

Iod (gelb) und Stärke (weiß) reagieren zu Iodstärke (blauschwarz), welches in wässriger Lösung ausfällt.

w:PHOSPHOR³⁸⁵ Die quantitative und qualitative Bestimmung von Phosphor erfolgt über das Phosphat (genauer Orthophosphat PO_4^{3-}). Gebundener Phosphor wird hierzu gegebenenfalls durch oxidierenden Aufschluss in Phosphat überführt.

2.3.30 Phosphat

Phosphat als Zirkoniumphosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	<< 7 stark salzsauer
Indikation	durchsichtiger Niederschlag

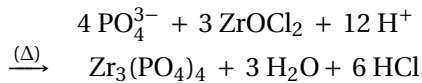
Durchführung

Phosphat (PO_4^{3-}) lässt sich als Zirkoniumphosphat nachweisen. Dazu wird die stark salzsaure Analysenlösung mit möglichst frisch hergestellter Lösung von w:ZIRCONIUMOXIDCHLORID³⁸⁶ auch Zirkonylchlorid (ZrOCl_2) oder w:ZIRCONIUMOXIDNITRAT³⁸⁷ auch Zirkonylnitrat ($\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$) versetzt. Es fällt ein durchsichtigmilchiger, gallertartiger, flockiger Niederschlag aus. Bei verdünnten Lösungen kann ein Erwärmen der Probe die Reaktion beschleunigen.

385 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PHOSPHOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Phosphor)

386 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZIRCONIUMOXIDCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zirkoniumoxidchlorid)

387 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZIRCONIUMOXIDNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Zirkoniumoxidnitrat)

Erklärung

Phosphat und Zirconylchlorid reagieren in saurer Lösung zu einem milchigen Niederschlag von Zirkoniumphosphat, Wasser und Salzsäure.

Nachweis mit Molybdatlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	<7
Indikation	gelber Niederschlag

Durchführung

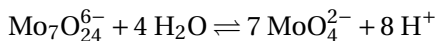
Die schwermetallfreie Probelösung wird mit konzentrierter W:SALPETERSÄURE³⁸⁸ aufgekocht (Oxidation störender Reduktionsmittel), mit AMMONIUMMOLYBDATLÖSUNG³⁸⁹ versetzt und erneut kurz aufgekocht. Dabei weist eine gelbe Trübung auf Phosphate hin, die mit Molybdaten den gelben Ammoniummolybdato-phosphatkomplex bilden.

Erklärung

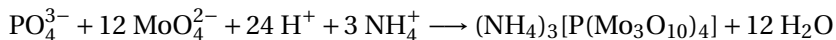
Unter Berücksichtigung, dass Ammoniumheptamolybat in wässriger Lösung ein Gleichgewicht eingeht:

388 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERSAEURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpetersaeure)

389 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMMOLYBDAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniummolybdat)



ergibt sich folgende Reaktionsgleichung:



Ammoniummolybdat und Phosphationen bilden in saurer Lösung den gelben Ammoniummolybdatphosphatkomplex

Störung

In Anwesenheit reduzierender Ionen wie Sulfid, Bromid, Iodid, Thiosulfat oder auch Zinn(II)-Kationen entsteht stattdessen W:MOLYBDÄNBLAU³⁹⁰.

Nachweis mit ammoniakalischer Magnesiumsalzlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	>7
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Die schwermetallfreie, mit AMMONIAK³⁹¹ und W:AMMONIUMCHLORID³⁹² auf pH 8–9 gepufferte Probelösung

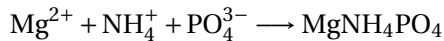
390 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MOLYBDÄNBLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Molybdänblau)

391 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAKWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniakwasser)

392 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)


wird mit Magnesiumchloridlösung versetzt. Eine weiße Trübung von Magnesiumammoniumphosphat (MgNH_4PO_4) zeigt ebenfalls Phosphat an (säurelöslich):

Erklärung



Magnesiumsalze bilden in ammoniakalischer Lösung Magnesiumammoniumphosphat (weiß).

2.3.31 Quecksilber

W:QUECKSILBER³⁹³ **Gefahrstoffwarnung!**  Quecksilber wird im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE³⁹⁴ abgetrennt und fällt gegebenenfalls auch in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE³⁹⁵ als schwarzes Sulfid aus.

Fast alle anorganischen Quecksilbersalze sind hochgiftig. Elementares Quecksilber verdampft bei Zimmertemperatur. Eingeatmete Dämpfe sind ebenfalls stark toxisch und führen zur W:QUECKSILBERVERGIFTUNG³⁹⁶.

393 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber)

394 Kapitel 2.4 auf Seite 170

395 Kapitel 2.4.1 auf Seite 173

396 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBERVERGIFTUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilbervergiftung)

Nachweis mit Ammoniak

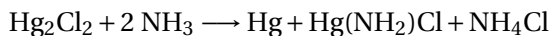
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:DISPROPORTIONIERUNG ³⁹⁷
pH	<7 salz- und salpetersauer
Indikation	schwarzer Filter

Durchführung

Löst man die Analysensubstanz in HNO_3 und versetzt mit HCl liegt Quecksilber als w:QUECKSILBER(I)-CHLORID³⁹⁸ (Hg_2Cl_2) vor (passiert im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE³⁹⁹). Versetzt man nun mit halbkonzentriertem Ammoniak, so färbt sich der Filter schwarz.

Erklärung

Es entsteht ein Gemisch von weißem Quecksilber(I)-amidochlorid und feinverteiltem, schwarzem Quecksilber, welches den Niederschlag schwarz färbt.



Quecksilber(I)-chlorid und Ammoniak reagiert zu elementarem Quecksilber (schwarz) und Quecksilber(I)-amidochlorid (weiß) und Ammoniumchlorid

398 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER%28I%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber%28I%29-chlorid)

399 Kapitel 2.4 auf Seite 170

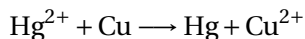
Amalganprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ⁴⁰⁰
pH	
Indikation	silbriger Belag

Durchführung

Ein Kupferblechschnipsel wird auf einem Uhrglas unter dem Abzug mit einem kleinen Tropfen der gelösten Analysensubstanz befeuchtet. Nach einigen Minuten sitzt auf dem Kupfer-Blech ein silbriger Belag, der beim Polieren mit einem Filterbausch silberglänzend wird (Bildung von W:AMALGAM⁴⁰¹ nach Redoxreaktion). Wenn der Belag vollständig abgerieben werden kann, liegt kein Quecksilber sondern ausschließlich Silber vor.

Erklärung



Quecksilberkationen oxidieren Kupfer zu Kupferionen und Quecksilber.

⁴⁰¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMALGAM](http://de.wikipedia.org/wiki/Amalgam)

Nachweis als Cobaltthiocyanatomercurat(II)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ⁴⁰²
pH	
Indikation	blaue Kristalle

Durchführung

Quecksilber(II)-Kationen können auch mit einer cobalthaltigen Thiocyanat-Lösung nachgewiesen werden. Dazu wird 1 Tropfen der Lösung auf dem Objektträger mit 1 Tropfen 14 mol/l Salpetersäure vorsichtig zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wird mit 1 Tropfen 1 mol/l Essigsäure und danach mit einem kleinen Tropfen Reagenzlösung versetzt, wobei die Reagenzlösung aus 3,3 g Ammoniumthiocyanat und 3 g Cobaltnitrat welches zusammen in 5 ml Wasser gelöst wurde, besteht. Die Bildung blauer, keilförmiger Kristalle von Cobaltthiocyanatomercurat(II) zeigt Quecksilber(II)-Ionen an.

Erklärung

Quecksilber-Ionen, Cobalt-Ionen und Thiocyanat-Ionen reagieren zum blauen, keilförmigen Cobaltthiocyanatomercurat(II).

2.3.32 Silber

W:SILBER⁴⁰³ Silber wird im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE⁴⁰⁴ abgetrennt. Durch Ansäuern der Diamminsilberchlorid-Lösung (z.B. mit HNO₃) lässt es sich nachweisen, wobei farbloses Silberchlorid (AgCl) ausfällt.

Nachweis mit Chloridlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ⁴⁰⁵ , Komplexbildung
pH	<7 salpetersauer
Indikation	weißer Niederschlag, der im Überschuss oder durch Zugabe von Ammoniak verschwindet

Der Nachweis erfolgt analog zu den HALOGENIDNACHWEISEN MIT SILBERSALZSLÖSUNG⁴⁰⁶

403 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBER](http://de.wikipedia.org/wiki/Silber)

404 Kapitel 2.4 auf Seite 170

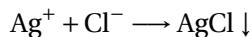
406 Kapitel 2.3.14 auf Seite 77



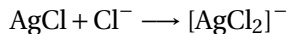
Abb. 59: AgCl als weißer NS; rechts: AgCl gelöst in Ammoniakwasser

Durchführung

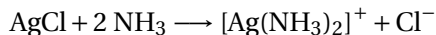
Der Nachweis erfolgt durch Zugabe einer wässrigen Chloridlösung zur Stoffprobe. Chlorid-Ionen bilden mit Silber(I)-Ionen einen weißen, käsigen Niederschlag, der sehr lichtempfindlich ist und sich nach einiger Zeit infolge der Zersetzung von Silber(I)-chlorid in freies Chlor und feinverteiltem, kolloidalem Silberblaugrau verfärbt. Silber(I)-chlorid löst sich jedoch im Chlorid-Überschuss unter Bildung eines Dichloroargentat-Komplexes. Auch löst sich Silber(I)-chlorid in verdünntem Ammoniakwasser unter Bildung des Amminkomplexes wieder auf.

Erklärung

Silber(I)-Ionen und Chlorid-Ionen reagieren in wässriger Lösung zum einem weißen Niederschlag von Silber(I)-chlorid.



Silberchlorid reagiert bei Chlorid-Ionen-Überschuss zum löslichen Dichloroargentat(I)-komplexion.



Das in Wasser unlösliche Silber(I)-chlorid reagiert nach Zugabe von Ammoniakwasser zu einem farblosen Komplex, dem Diamminsilber(I)-komplex und Chlorid-Ionen.

Nachweis mit Cyanid oder Thiocyanat

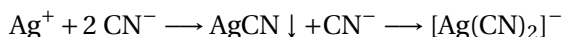
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	7 neutral
Indikation	weißer Niederschlag, im Überschuss löslich

Gefahrstoffwarnung! ☠

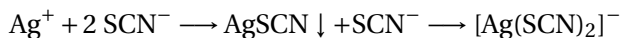
Durchführung

Eine weitere Methode ist die Fällung mit Cyanid-Ionen bzw. Thiocyanat-Ionen in neutraler Lösung. Sie sind nicht säurelöslich, lösen sich jedoch im Fällungsmittel unter Bildung der komplexen Anionen.

Erklärung



Silber(I)-Ionen und Cyanid-Ionen reagieren in wässriger Lösung zum einem weißen Niederschlag von Silber(I)-cyanid, der sich mit Cyanid-Ionen im Überschuss zum komplexen Anion Dicyanoargentat(I) löst.



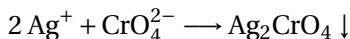
Silber(I)-Ionen und Thiocyanat-Ionen reagieren in wässriger Lösung zum einem weißen Niederschlag von Silber(I)-thiocyanat, der sich mit Thiocyanat-Ionen im Überschuss zum komplexen Anion Dithiocyanatoargentat(I) löst.

Nachweis mit Chromat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	7 neutral
Indikation	rotbrauner Niederschlag

Gefahrstoffwarnung! **Durchführung**

Auch ist der Nachweis als w:SILBERCHROMAT⁴⁰⁷ charakteristisch. Das Silber(I)-Ion fällt aus neutraler Probelösung mit Chromat-Ionen als rotbraunes Silberchromat. Es ist in verdünnter Salpetersäure sowie Ammoniak löslich.

Erklärung

Silber(I)-Ionen und Chromat-Ionen reagieren in wässriger Lösung zum einem rotbraunen Niederschlag von Silber(I)-chromat.

2.3.33 Silicium

w:SILICIUM⁴⁰⁸ Silicium kommt im anorganischen Praktikum als Silicat SiO_3^{2-} vor.

407 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERCHROMAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Silberchromat)

408 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILICIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Silicium)

Silicat

SILICATANIONEN⁴⁰⁹ SiO_4^{4-} bilden säureschwerlösliche Salze. In Mineralien kommt sie sehr häufig vor.

Bleitiegelprobe / Wassertropfenprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W: VERDRÄNGUNGSREAKTION ⁴¹⁰
pH	<7 schwefelsauer
Indikation	weißes W: SILICUMOXID ⁴¹¹

Durchführung

Gefahrstoffwarnung! ☠

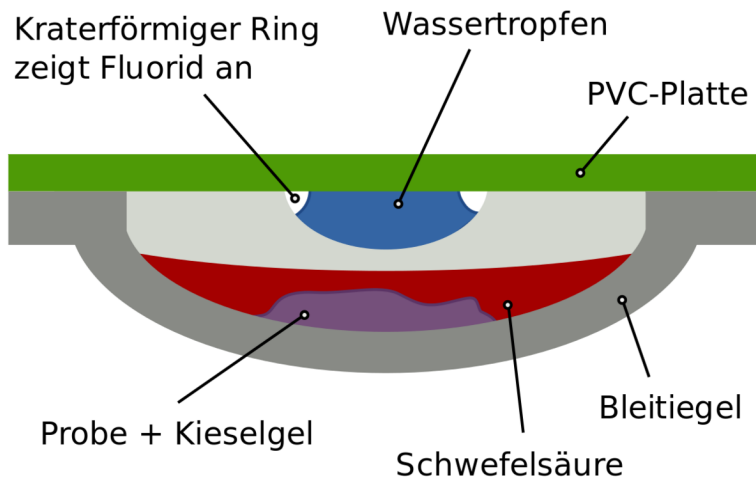


Abb. 60: Bleitiegeltest mit Wassertropfen

⁴⁰⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILICATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Silicate)

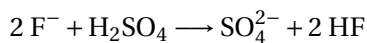
Zum Nachweis der Silikatanionen wird eine kleine Portion der Probe in einen Bleitiegel gegeben, mit gepulverter W:CALCIUMFLUORID⁴¹² versetzt (Mengenverhältnis Probe : Calciumfluorid etwa 3:1) und vermischt. Anschließend überschichtet man vorsichtig mit W:SCHWEFELSÄURE⁴¹³. Es bildet sich das gasförmige W:SILICIUMTETRAFLUORID⁴¹⁴.

Man verschließt den Tiegel mit einer PVC-Platte, an deren Unterseite sich ein kleiner Wassertropfen befindet (dieser darf natürlich nicht in die Probe hängen) und lässt ihn ungefähr eine Minute stehen. Das SiF_4 reagiert mit dem Wasser wieder zu weißem Siliciumdioxid, das sich kraterförmig im Tropfen absetzt.

Eine Alternative zur PVC-Platte mit Wassertropfen ist ein schwarzes Filterpapier, das angefeuchtet wird. Das entweichende SiF_4 -Gas zersetzt sich dort zu SiO_2 , was an einem weißen Fleck erkennbar ist.

Hinweis: Keinen Überschuss von CaF_2 benutzen, da sonst H_2SiF_6 gebildet wird.

Erklärung



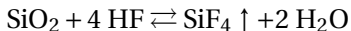
Fluoridanionen reagieren mit Schwefelsäure zu Sulfatanionen und W:FLUORWASSERSTOFF⁴¹⁵.

412 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CALCIUMFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Calciumfluorid)

413 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%AE4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

414 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILICIUMTETRAFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Siliciumtetrafluorid)

415 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLUORWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Fluorwasserstoff)



Siliciumdioxid reagiert mit Fluorwasserstoff zu Siliciumtetrafluorid und Wasser.

Die Hinreaktion läuft unten im Tiegel ab, die Rückreaktion oben am Deckel.

2.3.34 Schwefel

W: SCHWEFEL⁴¹⁶ Schwefel kommt im anorganischen Praktikum als Sulfat SO_4^{2-} , Thiosulfat $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, Sulfit SO_3^{2-} und Sulfid S^{2-} vor.

Sulfid

Sulfid-Anionen mit Bleiacetatpapier

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:FÄLLUNGSREAKTION ⁴¹⁷
pH	?
Indikation	schwarze Färbung

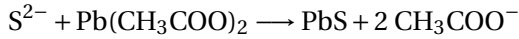
Sulfid-Ionen (S^{2-}) lassen sich mit BLEIACETATPAPIER⁴¹⁸ nachweisen, wobei eine schwarze Färbung des Papiers eintritt, hervorgehoben von W:BLEISULFID⁴¹⁹.

Erklärung

416 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFEL](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel)

418 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEIACETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Bleiacetat)


419 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEISULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bleisulfid)



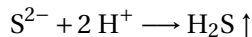
Sulfid-Ionen reagieren mit Blei(II)acetat zu Blei(II)sulfid und Acetat-Ionen.

Stinkprobe: Nachweis als Schwefelwasserstoff

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:VERDRÄNGUNGSREAKTION ⁴²⁰
pH	<<7
Indikation	Gestank

Gefahrstoffwarnung!  Eine weitere Möglichkeit ist das Ansäuern einer festen Probe mit einer starken Säure. Es entsteht ein abscheulicher, charakteristischer Geruch nach faulen Eiern, hervorgerufen durch das Gas W:SCHWEFELWASSERSTOFF⁴²¹, welches mit der Säure aus dem Sulfid verdrängt werden konnte. Das H₂S-Gas hat die gleiche Toxizität wie Blausäure und sollte entsprechend unter dem Abzug gehandhabt werden.

Erklärung



Sulfid-Ionen reagieren mit Wasserstoff-Ionen zu dem Gas Schwefelwasserstoff.


⁴²¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

Iod-Azid-Reaktion

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W:REDOXREAKTION ⁴²²
pH	?
Indikation	Entfärbung, Gasentwicklung

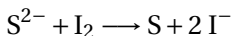
Reine Lösungen von w:NATRIUMAZID⁴²³ (NaN_3) und w:IOD⁴²⁴ (I_2) sind längere Zeit nebeneinander beständig. Sie werden aber durch Einwirkung von S^{2-} (auch schwerlösliche Schwermetallsulfide) katalytisch zersetzt. SCN^{425} reagiert analog.

Durchführung

Reagenz: 1 g NaN_3 in 75 ml Wasser bzw. 1 g I_2 in 75 ml w:ETHANOL⁴²⁶ **Gefahrstoffwarnung!**  Auf der Tüpfelplatte wird etwas Ursubstanz oder eine kleine Menge Niederschlag mit 1 Tropfen Reagenzlösung versetzt. Die Entwicklung von freien *Gasbläschen* (durch Zersetzung von Azid-ionen) und gleichzeitige *Entfärbung* der Reaktionslösung (durch Reduktion von Iod) deuten auf Anwesenheit von S^{2-} .

Da die eingesetzten Substanzmengen meist relativ gering sind, ist die Gasentwicklung nicht immer gut zu erkennen.

Erklärung



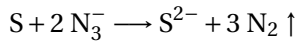
423 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMAZID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumazid)

424 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod)

425 Kapitel 2.3.34 auf Seite 153


426 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ETHANOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol)

Sulfidanionen und Iod reagieren zu Schwefel und Iodid. (Entfärbung)



Schwefel und Azidionen reagieren zu Sulfid und molekularem Stickstoff. (Gasentwicklung)

Störungen

Gefahrstoffwarnung!  Größere Mengen an I stören die Reaktion. In diesem Fall bewirkt die Zugabe von einigen Tropfen $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung die Bildung von $[\text{HgI}_4]^{2-}$. Letzteres hat keinen Einfluss auf die beschriebene katalytische Zersetzung von Iod/Azid.

Sulfit

Sulfit mit Permanganat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	<7 essigsauer
Indikation	Entfärbung

Schon die Redoxreaktion mit Kaliumpermanganat als Oxidationsmittel kann einen Hinweis auf Sulfit (SO_3^{2-}) geben (wie auch auf Eisen(II)-Ionen und alle anderen Reduktionsmittel). Diese Reaktion kann man sich jedoch für einen indirekten Nachweis zu Nutzen machen

427 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER%28II%29-NITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber%28II%29-nitrat)



Abb. 61: links: Permanganat; mitte: Lösung entfärbt, Bariumsulfat gefällt; rechts: Reaktion zu langsam

Durchführung

Man gibt zu 10 ml einer essigsauren (keinesfalls schwefelsauer!) w:KALIUMPERMANGANAT⁴²⁸-Lösung (schwach rosaviolett) 10 Tropfen verdünnte w:BARIUMCHLORID⁴²⁹lösung. (siehe Bild: linkes Reagenzglas)

428 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMPERMANGANAT)

429 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/BARIUMCHLORID)

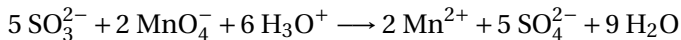
Die zu untersuchende Substanz wird nun dieser Reagenzlösung zügig zugegeben. Beim Verschwinden der rosavioletten Farbe und Ausfällen eines weißen Niederschlages, enthielt die Ursubstanz Sulfite-Ionen (siehe Bild: mittiges Reagenzglas).

Erklärung der Erscheinung: Kaliumpermanganat oxidiert wie oben beschrieben Sulfite-Ionen zu Sulfat-Ionen; das Permanganat selbst wird zu farblosem Mangan(II) reduziert; Folge: Entfärbung. Das entstandene SULFAT⁴³⁰ kann nun mit der Nachweisreaktion #SULFAT ALS BARIUMSULFAT⁴³¹ bestätigt werden.

Achtung! Es kann passieren, dass die violette Farbe anfangs immer schwächer wird, ein weißer Niederschlag auch ausfällt, jedoch eine gewisse Farblichkeit bestehen bleibt und diese trotz Zugabe weiterer Ursubstanz nicht verschwindet (siehe Bild: rechtes Reagenzglas). Dann haben sich Permanganat-Ionen im regelmäßigen Kristallgitter des Bariumsulfats eingelagert. Diese sind dort fest angeordnet und können folglich nicht reduziert werden. Dieser Sachverhalt tritt hauptsächlich ein, wenn die Ursubstanz zu langsam zugegeben wurde oder die Konzentration der Sulfite-Ionen zu schwach ist. Der Vorgang sollte dann wiederholt werden.

Erklärung

Erklärung der Erscheinung: Kaliumpermanganat oxidiert wie oben beschrieben Sulfite-Ionen zu Sulfat-Ionen; das Permanganat selbst wird zu farblosem Mangan(II) reduziert; Folge: Entfärbung.



430 Kapitel 2.3.34 auf Seite 151

431 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%23SULFAT%20ALS%20BARIUMSULFAT](http://de.wikibooks.org/wiki/%23SULFAT%20ALS%20BARIUMSULFAT)

Sulfit-Ionen reagieren mit Permanganat-Ionen in saurer Umgebung zu Mangan(II)-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasser.

Störung

Um das Entstehen von Bariumcarbonat zu verhindern, muss die Reagenzlösung essigsauer sein. Bevor man den Nachweis durchführt, ist die Probelösung mit salzsaurer Bariumchloridlösung unbedingt auf Sulfat-Ionen zu prüfen. Bei Anwesenheit dieser müssen sie zuvor vollständig entfernt werden. Dies kann man wie folgt beschrieben ohne Sulfit-Verlust erreichen:

Zum Gelingen der Trennung ist zügiges Arbeiten zu verlangen. 20 mL der Probesubstanz werden mit 10 ml einer HCl/BaCl₂-Lösung ($c(\text{H}^+) = 1 \text{ mol/L}$) filtriert. (Zusammenführen der Lösungen erst kurz vor Filtrierung!) Im Erlenmeyerkolben werden 10 mL einer 0,5-molaren Natronlauge vorgelegt. Die Sulfat-Ionen werden gefällt und bleiben als Bariumsulfat im Rückstand. Entstehendes Bariumsulfid ist säurelöslich, sodass die Sulfit-Ionen ins Filtrat gelangen. Die vorhandene Natronlauge verhindert den Verlust der Sulfit-Ionen durch eventuelle Reaktion mit den Wasserstoff-Ionen der Säure. Ein Niederschlag im Filtrat durch entstehendes Bariumhydroxid kann in einem sauberen Filter abfiltriert werden. Jetzt kann die Lösung auf Sulfit-Ionen geprüft werden.

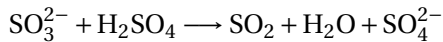
Sulfit mit Schwefelsäure

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	W: VERDRÄNGUNGSREAKTION ⁴³²
pH	<7 essigsauer
Indikation	Schwefeldioxidgas

Gefahrstoffwarnung! 

Durchführung

Sulfit-Ionen (SO_3^{2-}) lassen sich auch per Verdrängungsreaktion mit (konzentrierter) w:SCHEWELSAURE⁴³³ nachweisen. Es entsteht ein stechender Geruch von w:SCHEWELDIOXID⁴³⁴, der mittels feuchtem Unitest-Papier nachgewiesen werden kann:

Erklärung

Sulfit-Ionen reagieren mit Schwefelsäure zu Schwefeldioxid, Wasser und Sulfat-Ionen.

Sulfat**Sulfat als Bariumsulfat**

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	<7 leicht salzsauer
Indikation	farbloser Niederschlag

Sulfat (SO_4^{2-}) lässt sich durch Fällung als Bariumsulfat nachweisen.

Durchführung

Dazu wird die leicht mit Salzsäure (HCl) angesäuerte Probenlösung mit einigen Tropfen w:BARIIUMCHLORID⁴³⁵lösung (BaCl_2)

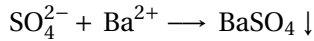
433 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

434 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELDIOXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefeldioxid)

435 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumchlorid)

versetzt. Ist Sulfat vorhanden, so fällt unmittelbar ein farbloser, feinkristalliner Niederschlag aus.

Erklärung



Störung

Dieser Nachweis kann durch Vorliegen von F^- -Ionen gestört werden. In diesem Fall kann sich BaF_2 bilden, welches ebenfalls ausfällt. Dieses geht allerdings beim Erhitzen mit Salzsäure wieder in Lösung. Falls nicht angesäuert wird können andere schwerlösliche Bariumsalze ausfallen.

Thiosulfat

Sonnenuntergang

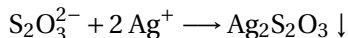
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion, Disproportionierung (Redox)
pH	<7 leicht salzsauer
Indikation	weißer Niederschlag, dann über gelb, orange, braun zu schwarz

w:THIOSULFAT⁴³⁶-Anionen ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) werden durch Zugabe von Silbernitratlösung im Überschuss bei pH um 7 nachgewiesen („Sonnenuntergang“): Es entsteht ein weißer Niederschlag, der sich

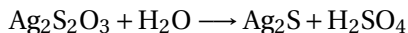
436 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiosulfat)

langsam von gelb, orange über braun bis hin zum schwarzen Silbersulfid verfärbt (Reaktion in 2 Schritten – Ausfällung mit anschließender Redoxreaktion in Form einer Disproportionierung).

Erklärung



1. Schritt: Thiosulfat wird durch Silberionen schnell ausgefällt, es entsteht sofort weißes Silberthiosulfat.



2. Schritt: Das Thiosulfat (Oxidationszahl Schwefel: +II) zerfällt langsam in Verbindungen mit günstigerer Oxidationszahl: Sulfide (II) und Sulfate|Sulfat (+VI).

Thiocyanat

Stierblutprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ⁴³⁷
pH	
Indikation	tiefrote Färbung

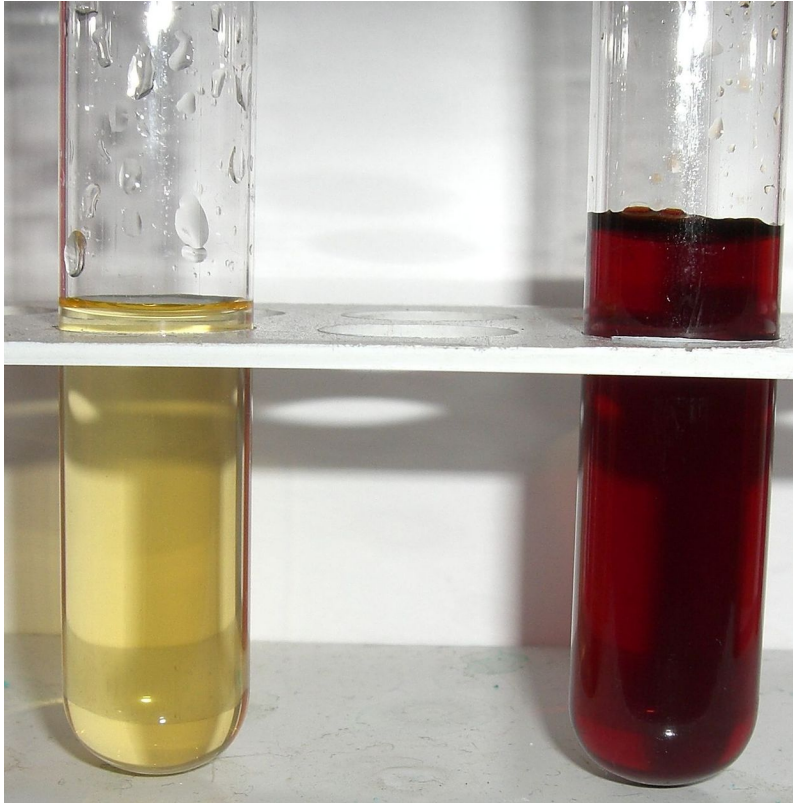


Abb. 62: Eisensalzlösung (links) und Eisen-III-thiocyanat

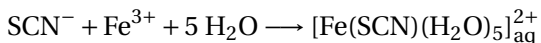
w:THIOCYANAT⁴³⁸-, oder auch Rhodanid-Ionen werden qualitativ mit der „Stierblutprobe“ nachgewiesen. Diese Reaktion wird auch zum Nachweis von EISEN⁴³⁹ mit Thiocyanatlösung eingesetzt.

438 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiocyanat)

439 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

Durchführung

Dabei wird der zu untersuchenden Lösung eine gesättigte w:EISEN(III)-CHLORID⁴⁴⁰-Lösung zugegeben. Erscheint eine intensiv „stierblutrote“ Färbung, so waren Thiocyanat-Ionen vorhanden.

Erklärung

Reaktion: Thiocyanat-Ionen und Eisen(III)-Ionen reagieren im wässrigen Milieu zum Komplex Pentaaquathiocyanatoferrat(III), welcher blutrot erscheint.

Nachweis mit Kupfersulfat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w:REDOXREAKTION ⁴⁴¹ , KOMPLEXBILDUNG ⁴⁴²
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfid weiß

⁴⁴⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28III%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28III%29-chlorid)



Abb. 63: zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

Ein weiterer spezifischer Nachweis kann mit Kupfersulfatlösung erfolgen.

Durchführung

Zur in Wasser gelösten Ursubstanz wird frisch bereitete Kupfer(II)-sulfat zugegeben. Bei Reaktion von Thiocyanat-Ionen mit Kupfer(II)-Ionen beobachtet man zunächst eine grüne Färbung der Lösung (siehe Bild linkes Reagenzglas). Beim Vorhandensein von Thiocyanat-Ionen oder Kupfer(II)-Ionen im Über-

schuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas) Wird der Niederschlag mit SULFIT⁴⁴³-Ionen behandelt, so löst sich der schwarze Niederschlag und es bildet sich ein weißer NS. (Redoxreaktion, siehe Bild rechtes Reagenzglas)

Erklärung

$2 \text{SCN}^- + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Cu}(\text{SCN})_2 \downarrow$ Reaktion: Thiocyanat-Ionen reagieren mit Kupfer(II)-Ionen zu schwarzem, wasserunlöslichem Kupfer(II)-thiocyanat.

$2 \text{Cu}(\text{SCN})_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{CuSCN} \downarrow + 2 \text{SCN}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+$
 Reaktion: Schwarzes Kupfer(II)-thiocyanat reagiert mit Sulfit-Ionen im wässrigen Milieu zu weißem Kupfer(I)-thiocyanat, Thiocyanat-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

2.3.35 Vanadium

W:VANADIUM⁴⁴⁴ Eine Vorprobe liefert die PHOSPHORSALZPERLE⁴⁴⁵, bei der Vanadium in der Reduktionsflamme charakteristisch heiß bräunlich und kalt grün erscheint. Die Oxidationsflamme ist heiß rotbraun und kalt: orange.

Nachweis als Sulfid

Mit W:AMMONIUMSULFID⁴⁴⁶ erfolgt aus neutraler oder basischer Lösung keine Fällung. Es bilden sich stattdessen lösliche braun bis rotviolette Thiovanadate. Beim Sättigen der Lösung mit

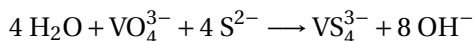
443 Kapitel 2.3.34 auf Seite 147

444 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VANADIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Vanadium)

445 Kapitel 2.1.1 auf Seite 20

446 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

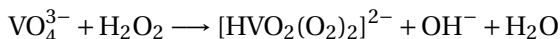
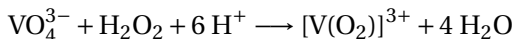
w: SCHWEFELWASSERSTOFF⁴⁴⁷ beobachtet man eine Rotviolettfärbung durch $[\text{VS}_4]^{3-}$. Durch Versetzen mit Säure fällt braunes V_2S_5 aus.



Nachweis mit Wasserstoffperoxid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	w: OXIDATIONSREAKTION ⁴⁴⁸
pH	<7 sauer
Indikation	rötlich-braun bis gelb

In saurer Lösung entsteht mit w: WASSERSTOFFPEROXID⁴⁴⁹ zunächst das rötlich-braune $[\text{V}(\text{O}_2)]^{3+}$, aus dem sich bei weiterem Peroxidzusatz gelb gefärbte Peroxovanadinsäure $[\text{VO}_2(\text{O}_2)_2]^{3-}$ bzw. $\text{H}_3[\text{VO}_2(\text{O}_2)_2]$ bildet.



Störung

TITAN(IV)⁴⁵⁰ gibt eine analoge Reaktion und muss daher vorher abgetrennt werden.

447 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

449 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

450 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_TITAN](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_TITAN)

DICHROMAT⁴⁵¹ und Vanadat lassen sich nebeneinander nachweisen, da sich Dichromat mit organischen Lösungsmitteln ausschütteln lässt, während Vanadat in der wässrigen Phase verbleibt. Aufpassen: bei zu niedrigem pH zerfällt CrO_5 .

2.3.36 Zink

Nachweis als Zinksulfid

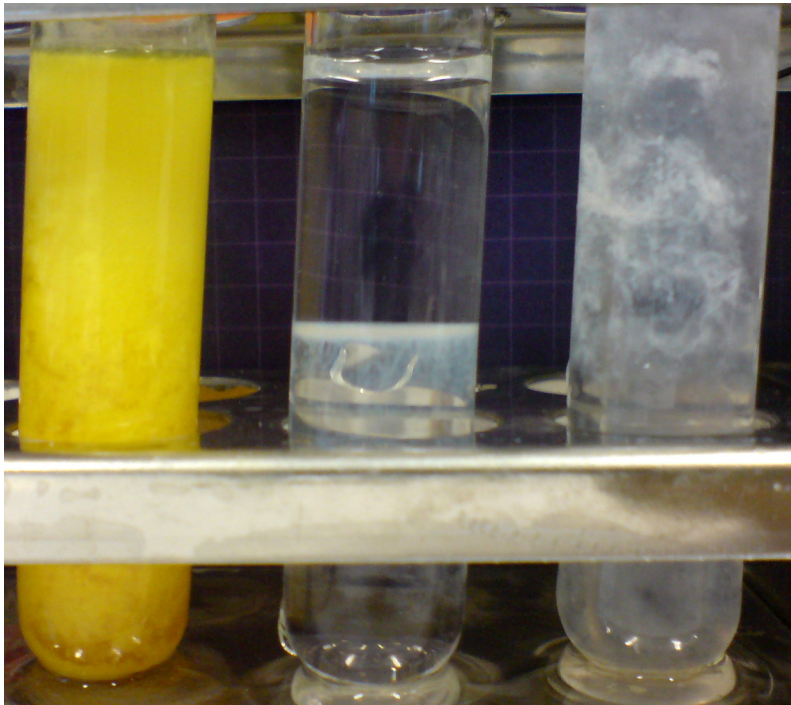


Abb. 64: weißes ZnS in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (weißlich), Zinkcarbonate (weißlich)

⁴⁵¹ Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

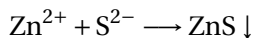
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	7 neutral
Indikation	weißer voluminöser Niederschlag

Zink-Kationen können mit einer Alkalisulfidlösung oder einer konz. Schwefelwasserstofflösung nachgewiesen werden. Eigentlich handelt es sich um eine Sulfidfällung im Kationentrennungsgang, die Reaktion ist aber spezifisch für Zink-Ionen, da Zinksulfid das einzige schwerlösliche Sulfid ist, das eine weiße Farbe hat. Er wird jedoch durch alle anderen dunkleren Sulfidniederschläge verdeckt, so dass diese vorher abgetrennt werden müssen.

Durchführung

Die Fällung von Zinksulfid kann etwas kniffliger werden. Es sollte im neutralen pH-Bereich gefällt werden, da Zinksulfid schon in verdünnten Mineralsäuren löslich ist. Eine Fällung mit Ammoniumacetat gepufferter w:ESSIGSÄURE⁴⁵² und AMMONIUMSULFIDLÖSUNG⁴⁵³ sei hier empfohlen. Falls man in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE⁴⁵⁴ auf Schwierigkeiten stößt, kann man auch versuchen aus dem KALIUMHYDROXIDAUSZUG⁴⁵⁵ zu arbeiten.

Erklärung



452 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%E4ure)

453 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

454 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

455 Kapitel 2.4.4 auf Seite 198

Zink-Kationen reagieren mit Sulfid-Ionen zum weißen, schwerlöslichen Zinksulfid

Nachweis mit gelben Blutlaugensalz

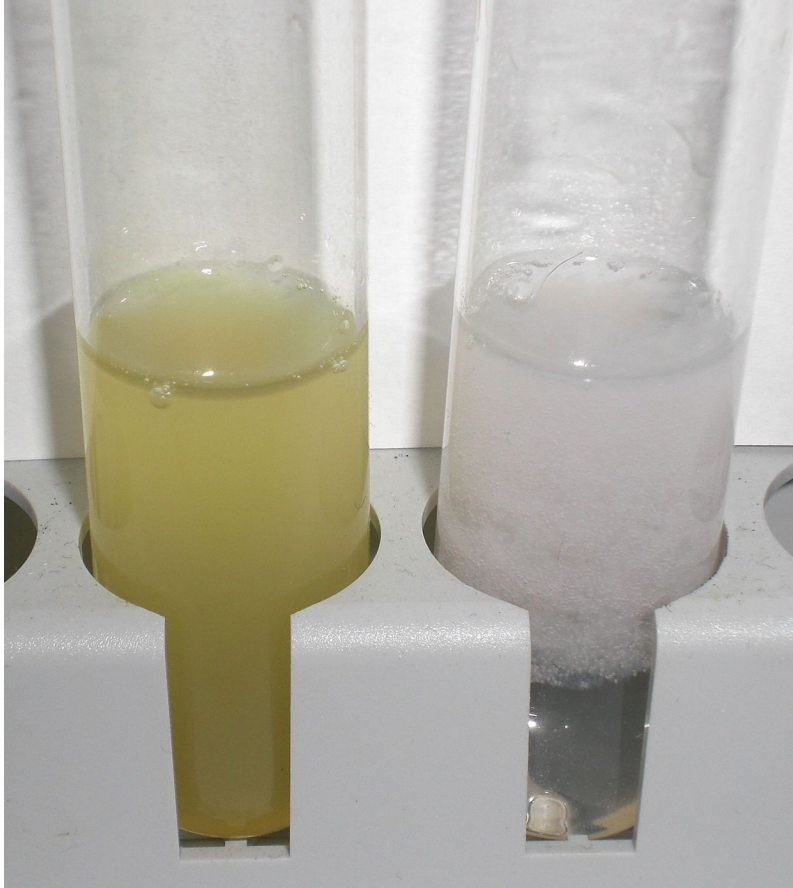


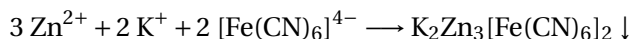
Abb. 65: links: Reaktion mit rotem Blutlaugensalz; rechts: Reaktion mit gelbem Blutlaugensalz

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	7 neutral
Indikation	schmutzig weißer Niederschlag

Durchführung

Einige Tropfen einer salzsauren, mit Acetat gepuffer-ten Lösung werden mit wenigen Tropfen verdünnter w:KALIUMHEXACYANIDOFERRAT(II)⁴⁵⁶-Lösung versetzt. Es ent-steht ein schmutzig weißer Niederschlag, der sich in der Wärme bildet und sich in konzentrierter Salzsäure sowie verdünnter Natronlauge wieder löst. Der Niederschlag ist auf einer dunklen Tüpfelplatte am besten sichtbar.

Erklärung




Zink(II) reagiert mit Kaliumhexacyanoferrat(II) zu Kaliumzink-hexacyanidoferrat(II)

Nachweis als Rinmans Grün

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Bildung eines Gemisches von ZnO und CoO
pH	egal
Indikation	grüne Rinne

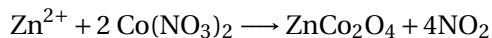
456 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT%28II%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat%28II%29)

Gefahrstoffwarnung!  Dieser Nachweis kann als Vorprobe aus der Ursubstanz oder aus dem Trennungsgang durchgeführt werden.

Durchführung

Man gibt Analysesubstanz und wenige Tropfen einer stark verdünnte w:COBALTNITRAT⁴⁵⁷-Lösung auf eine Magnesiumrinne und glüht diese kurz in der oxidierenden Flamme des Bunsenbrenners. Arbeitet man mit einer Lösung aus dem Kationentrennungsgang, so stippt man die Rinne zuerst in die Cobaltnitratlösung und pipettiert dann etwas Analysenlösung darauf. Ist Zink in der Lösung so bildet sich w:RINMANS GRÜN⁴⁵⁸. Ist die Rinne schwarz gefärbt so war zu viel Cobaltnitrat im Gemisch.

Erklärung



Zink(II) reagiert mit Cobaltnitrat zu einer grünen Zink-Cobalt-Spinellverbindung

2.3.37 Zinn

Zinn fällt im Kationentrennungsgang in der ARSENGRUPPE⁴⁵⁹ aus.

457 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALTNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobaltnitrat)

458 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RINMANS%20GR%FCN](http://de.wikipedia.org/wiki/Rinmans%20Gr%FCN)

459 Kapitel 2.4.2 auf Seite 181

Nachweis mittels Leuchtprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	<7 salzsauer
Indikation	blaue Lumineszenz

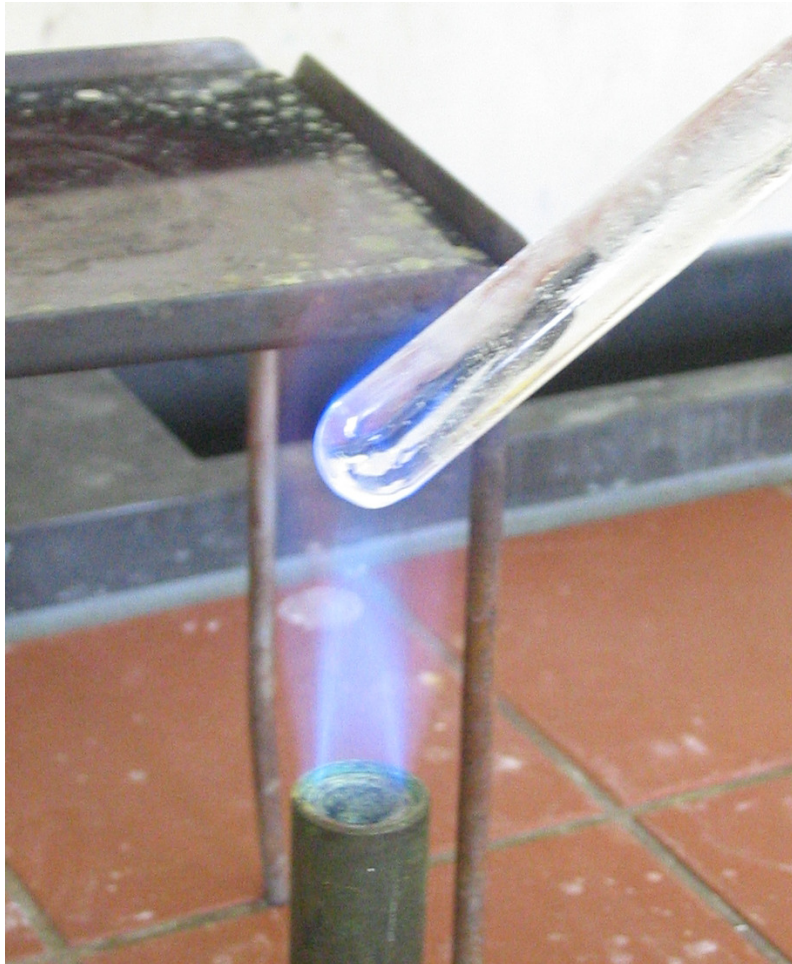


Abb. 66: blaue Lumineszenz am Reagenzglasrand

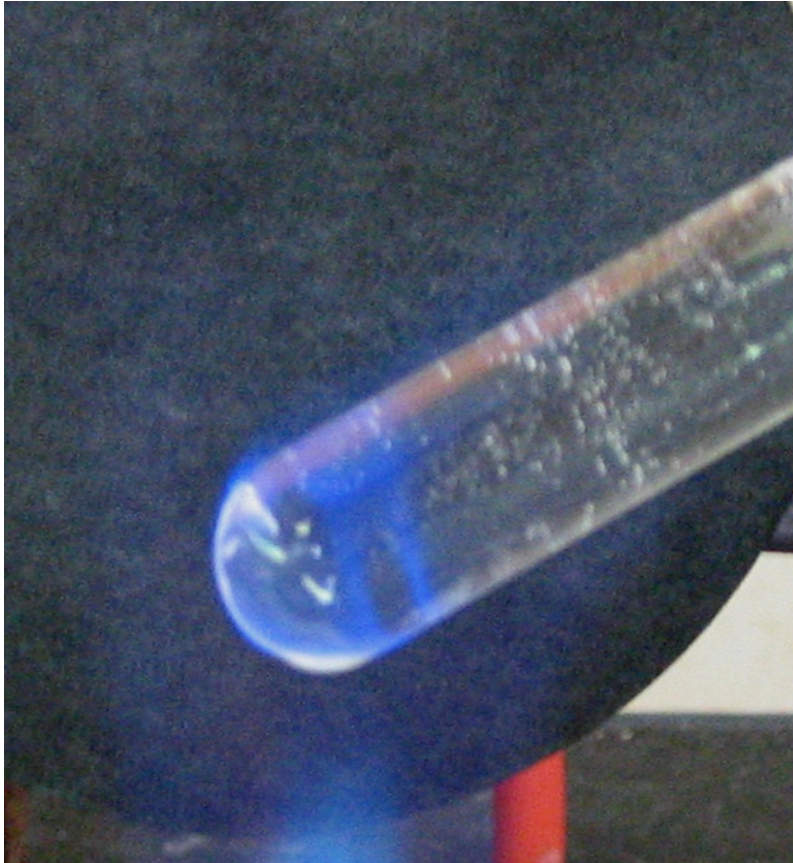


Abb. 67: Detailaufnahme

Die Leuchtprobe ist ein empfindlicher Nachweis für Zinn(II)-Ionen. Sie kann als Vorprobe oder als Nachweis im Kationentrennungsgang erfolgen.

Durchführung

Die zu prüfende feste Substanz wird mit etwas festem Zink und 20-prozentiger Salzsäure vermischt. Nachdem man 15 Minuten gewartet hat, füllt man ein Reagenzglas mit kaltem Wasser oder Eis. Jetzt stüpft man das Reagenzglas mit der Außenseite in die Mischung aus Zink, Salzsäure und Analysensubstanz und hält es in eine entleuchtete Bunsenbrennerflamme. Sieht man am Rand des Reagenzglases eine blaue Lumineszenz, so war Zinn in der Probe.

Die blaue Lumineszenz kann man leicht mit der blauen Bunsenbrennerflamme verwechseln, deshalb sollte man vorher eine Vergleichsprobe mit einer zinnhaltigen Substanz und eine Blindprobe ohne Zinn gemacht haben. Auf der anderen Seite kann das Leuchten auch schwer zu erkennen sein. **Tipp:** Statt Wasser, eine dunkel gefärbte KALIUMPERMANGANATLÖSUNG⁴⁶⁰ in das Reagenzglas füllen, damit man einen besseren Kontrast hat. Ein abgedunkelter Abzug hilft auch die Lumineszenz besser zu erkennen.

Erklärung

Hält man das Reagenzglas in die Bunsenbrennerflamme, so entsteht die blaue Lumineszenz, zu deren Ursprung es verschiedene Meinungen gibt. Es entsteht entweder durch das Gas W:STANNAN⁴⁶¹ oder Zinnchloride in verschiedenen Oxidationsstufen.⁴⁶²

Bei der Zugabe von Salzsäure zu Zink entsteht naszierender Wasserstoff, ein sehr gutes Reduktionsmittel.



460 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMPERMANGANAT)

461 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANNAN](http://de.wikipedia.org/wiki/STANNAN)

462 Zum Nachweis von Zinn (II) DOI:10.1007/BF00533516⁴⁶³

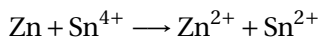
Zink und Salzsäure reagiert zu naszierendem Wasserstoff und Zinkchlorid.

Das Gas w:STANNAN⁴⁶⁴ sorgt für das Leuchten



Zinn(II)-Ionen reagieren mit naszierendem Wasserstoff zu Stannan.

Das Zink reduziert eventuell vorhandene schwerlösliche Sn(IV)-Verbindungen in Sn(II)-Verbindungen:



Es entsteht durch w:ZINN(II)-CHLORID⁴⁶⁵.



Es entsteht direkt w:ZINN(IV)-CHLORID⁴⁶⁶.



Störung

Niob bildet ähnlich fluoreszierende Verbindungen und führt zu falsch positiven Nachweisen. Größere Mengen ARSEN⁴⁶⁷ stören ebenfalls, da AsH₃ auch mit blauer Flamme brennt.

464 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANNAN](http://de.wikipedia.org/wiki/Stannan)

465 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN%28II%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn%28II%29-chlorid)

466 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN%28IV%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn%28IV%29-chlorid)

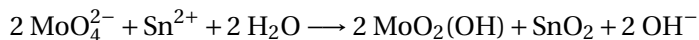
467 Kapitel 2.3.2 auf Seite 38

Nachweis als Molybdänblau

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	7
Indikation	blaue Ringe

Durchführung

Zur Probe auf Zinn wird die Probelösung mit Zinkperlen versetzt um Zinn(IV) zu Zinn(II) zu reduzieren. Auf ein mit 5-prozentiger W:AMMONIUMMOLYBDAT⁴⁶⁸-Lösung getränktes Filterpapier wird die Lösung pipettiert. Es entstehen blaue Ringe (Molybdänblau, CAS 66771-43-5), die beim Trocknen des Filterpapiers deutlicher zu sehen sind und Zinn anzeigen.

Erklärung

Molybdatlösung reagiert mit Zinn(II)-Kationen zu Molybdänblau und Zinnoxid

468 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMMOLYBDAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniummolybdat)

2.4 Kationentrennungsgang

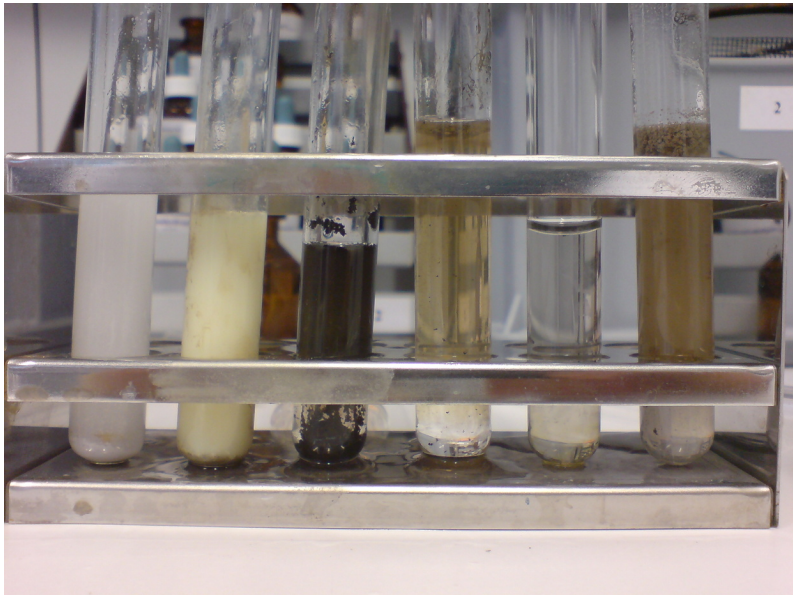


Abb. 68: AgCl (weiß), AgI (gelb), Ag₂S (schwarz), Ag₂O (bräunlich), [Ag(NH₃)₂]⁺ (durchsichtig), Ag₂CO₃ (bräunlich)

2.4.1 Salzsäuregruppe

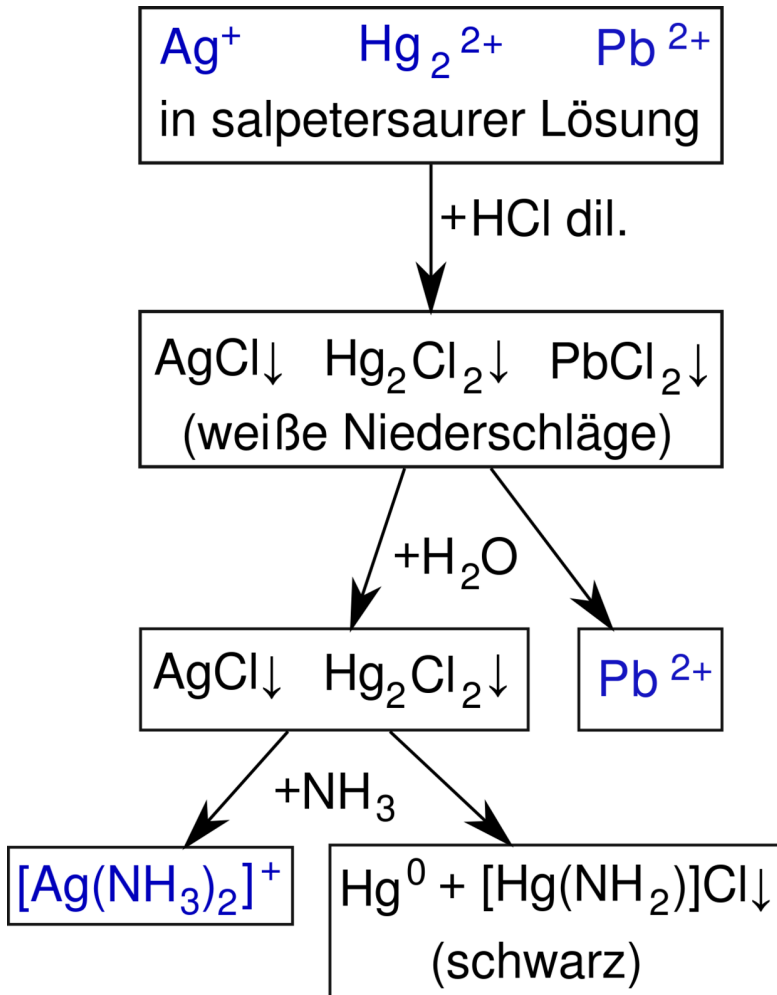


Abb. 69: Schema der Salzsäuregruppe

Fällung und Filtration der Salzsäuregruppe

Bei einem pH-Wert von 0 bis 3,5 fallen in HCl-haltiger Lösung die weißen/farblosen Chloride von Ag(I), Pb(II) und Hg(I/II) aus:

- QUECKSILBER(I)-CHLORID⁴⁶⁹ – Hg_2Cl_2
- QUECKSILBER(II)-CHLORID⁴⁷⁰ – HgCl_2
- BLEI(II)-CHLORID⁴⁷¹ – PbCl_2 - löslich in heißem Wasser
- SILBERCHLORID⁴⁷² – AgCl – als Silberdiamminkomplex löslich in konz. Ammoniakwasser. Ist die Konzentration der Salzsäure zu hoch, kann das AgCl komplexiert werden und geht dann als $[\text{AgCl}_2]^-$ in Lösung. Bei Verdacht auf Silber sollte die Lösung u.U. etwas mit Wasser verdünnt werden. AgCl fällt dann aus.

Abtrennung des Blei(II)-chlorides

Der Niederschlag wird unter dem Abzug mehrmals mit 1 ml Wasser und 1 Tropfen ca. 2-molarer Salzsäure aufgekocht und heiß durch einen durch kochendes Wasser oder im Trockenschrank und mit Filterpapier auf rund 100 Grad Celsius vorgewärmten Glastrichter filtriert. Das Filtrat lässt man abkühlen, um hieraus BLEI⁴⁷³ durch Zugabe von einem Tropfen ca. 0,5-molarer Kaliumchromat- oder KALIUMDICHROMATLÖSUNG⁴⁷⁴ ALS GELBES BLEI(II)-CHROMAT PbCrO_4 NACHZUWEISEN⁴⁷⁵.

469 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER%28I%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber%28I%29-chlorid)

470 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER%28II%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber%28II%29-chlorid)

471 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI%28II%29-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Blei%28II%29-chlorid)

472 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Silberchlorid)

473 Kapitel 2.3.5 auf Seite 52

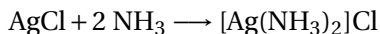
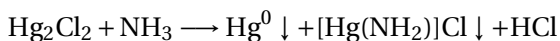
474 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMDICHROMAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumdichromat)

475 Kapitel 2.3.6 auf Seite 54

Alternativ kann Natriumiodidlösung zugegeben, mit der Blei(II)-Ionen ALS GELBES BLEI(II)-IODID PbI_2 AUSFALLEN⁴⁷⁶. Alternativ kann man auch eine Nadel auskristallisierendes Blei(II)-chlorid nehmen und diese auf ein Kaliumiodid-Papier legen. Da sich das schwerlöslichere gelbe Bleiiodid bildet, ist nach einigen Minuten um die Nadel herum ein gelber Hof von Blei(II)-Iodid zu sehen.

Trennung des Quecksilber(I)-chlorides (Hg_2Cl_2) vom Silberchlorid

Ein Teil des Filtrerrückstandes wird im Reagenzglas mit 1 ml konz. Ammoniaklösung behandelt. Das Auftreten einer Schwarzfärbung (durch Bildung u.a. von QUECKSILBER⁴⁷⁷) beweist die Gegenwart von Quecksilbersalzen. Der schwarze Niederschlag wird abfiltriert und das Filtrat mit einem Tropfen Salzsäure angesäuert. Es entsteht unter Umständen ein weißer Niederschlag von Silberchlorid, der sich bei Zugabe von verdünntem Ammoniakwasser unter Bildung des Diammin-Silber(I)-komplexes $[Ag(NH_3)_2]^+$ löst.



nachzuweisende Kationen in der Salzsäuregruppe

BLEI^a - SILBER^b - QUECKSILBER^c

a Kapitel 2.3.5 auf Seite 52

b Kapitel 2.3.31 auf Seite 136

c Kapitel 2.3.30 auf Seite 133

476 Kapitel 2.3.6 auf Seite 52

477 Kapitel 2.3.30 auf Seite 133

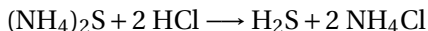
2.4.2 Schwefelwasserstoffgruppe

Die Gruppenfällung mit Schwefelwasserstoff

Bei einem pH-Wert von 0 bis 5 fallen in H₂S-haltiger Lösung die Sulfide von As(III,V), Sb(III,V), Sn(II,IV), Hg(II), Cu(II), Pb(II), Bi(III,V) und Cd aus. Die zu analysierende Lösung muss zu Beginn der Fällung schwach salzsauer bis essigsauer sein. Ist die Analyse in konzentrierten oxidierenden Säuren gelöst worden, muss dieses Oxidationsmittel komplett durch Sieden vertrieben werden, da sich sonst während der Zugabe von H₂S eventuell S₈ bilden könnte. Bei gleichen Mengen der Stoffe in der Analysesubstanz fallen die Sulfide dann in folgender Reihenfolge aus:

1. As₂S₃ (gelb)
2. SnS₂ (hellgelb)
3. Sb₂S₅ (orange)
4. HgS (schwarz)
5. PbS (schwarz)
6. CuS (schwarz)
7. SnS (schwarz bis braun)
8. Bi₂S₃ (schwarz bis braun)
9. zuletzt CdS (eigelt)

Gefahrstoffwarnung! ☠ Da H₂S ein sehr giftiges Gas ist, wird stattdessen oft mit einem Gemisch von Na₂S mit NH₄Cl/HCl Puffer (alles aq) gearbeitet. Eine weitere Möglichkeit ist 5 ml Ammoniumsulfid in 80 ml verdünnte Salzsäure einzurühren. Nach einer Stunde sinkt die ~0.15 molare Lösung auf 0.1 molar ab.



W:AMMONIUMSUFILD⁴⁷⁸ und W:SALZSÄURE⁴⁷⁹ reagieren zu W:SCHWEFELWASSERSTOFF⁴⁸⁰ und W:AMMONIUMCHLORID⁴⁸¹

Achtung: Auch wenn hier mit wässrigen Lösungen gearbeitet wird, bilden sich ständig giftige Schwefelwasserstoffdämpfe. Das H₂S-Wasser nur unter dem Abzug und am besten in einem abgedeckelten Gefäß aufbewahren.

Zunächst werden aus relativ saurer Lösung (niedriger pH) die schwerlöslichen Sulfide gefällt. Dann wird die Lösung verdünnt und bei max. pH 3,5 die weniger schwerlöslichen, aber noch im Sauren fällbaren Sulfide gefällt. Der pH Wert ist ständig zu kontrollieren, besonders wenn der pH-Wert nicht nur durch weitere Zugabe der Na₂S-Lösung (hier Na₂S-Lösung=H₂S Wasser) erhöht wird.

(Hinweise: Logarithmische Skala! In der Praxis wird häufig zusätzlich NH₃⁴⁸² dazu gegeben. Dies wird jedoch als unsaubereres Arbeiten betrachtet! Wird der pH-Wert nicht eingehalten fällt unter Umständen CdS nicht, bzw. die Sulfide der nachfolgenden Gruppe (NH₄)₂S-Gruppe fallen zu früh aus. Hier ist das LÖSLICHKEITSPRODUKT⁴⁸³ zu beachten!)

Man verfährt mithin z.B. folgendermaßen: Das Filtrat der SALZSÄUREGRUPPE⁴⁸⁴ wird bis fast zur Trockene eingedampft (Befreiung von Salpetersäure), mit etwa 0,5 mL halbkonz. Salzsäure unter Erwärmen gelöst und in ein Normal-Reagenzglas überführt. Durch eine Kapillarpipette wird etwa 3 min Schwefelwasserstoff eingeleitet (oder es werden unter dem Abzug 1-2 mL

478 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSUFILD](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

479 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzsäure)

480 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

481 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

482 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAK](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniak)

483 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LÖSLICHKEITSPRODUKT](http://de.wikipedia.org/wiki/Löslichkeitsprodukt)

484 Kapitel 2.4 auf Seite 170

Ammoniumsulfid-Lösung zugegeben, wobei der - ggf. gepufferte - pH-Wert unter 4-5 bleiben muss!).

Nach einer Minute wird die Lösung auf etwa das Fünffache verdünnt - also max. 10 mL. Danach wird erneut der pH-Wert kontrolliert, gegebenenfalls wieder angesäuert und filtriert. Der Filtrerrückstand wird - immer noch unter dem Abzug - mit Schwefelwasserstoff-Lösung (ca. 1 mol/L) gewaschen. In einen halben mL des mit dem Waschwasser vereinigten Filtrates wird erneut Schwefelwasserstoff-Wasser gegeben. Wenn dabei nichts mehr ausfällt (pH stets unter 7 halten!), war die Fällung quantitativ - ansonsten ist das Einleiten und Filtrieren zu wiederholen.

(Hinweise: Zur Kontrolle kann ein kleiner Teil des Filtrats auch mit Cd-Acetat versetzt werden. Fällt sofort das typische gelbe Kadmiumsulfid CdS aus, so ist der S^{2-} Gehalt der Analyselösung hoch genug und man kann annehmen das alle Sulfide die in der Analyse enthalten sind bereits gefallen sind. Bei Verwendung der Na_2S -Lösung entsteht mitunter auch rotes HgS . $As(V)$, $Sb(V)$, $Bi(V)$ und $Sn(IV)$ oxidieren S^{2-} zu elementarem Schwefel. Dieser schwimmt häufig oben auf der Lösung auf oder bleibt sogar nach dem Filtrieren kolloid in Lösung).

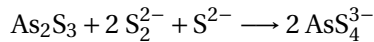
Trennung der H_2S Gruppe in 2 Untergruppen

Zunächst muss die Arsen- von der Kupfergruppe getrennt werden:

Der Niederschlag (Nd.) der Schwefelwasserstoff-Gruppe wird im Reagenzglas mit 2 mL gelber Ammoniumpolysulfid-Lösung bei etwa 50-60°C ausgelaugt (auslaugen = Feststoffgemisch zwecks teilweiser Auflösung desselben unter Umrühren in Flüssigkeit erwärmen), danach filtriert. Der Filtrerrückstand ist mit 1-2 mL Wasser auszuwaschen: Im Filtrat findet sich die As-Sn-Gruppe (lösli-

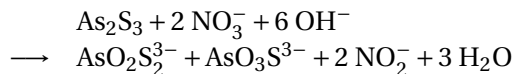
che Thiosalze: AsS_4^{3-} SbS_4^{3-} SnS_3^{2-}), im Filtrerrückstand die Cu-Gruppe.

z.B.



Sodann wird Schwefel unter Sieden und Rühren im Ammoniumsulfidlösung gelöst. Es bildet sich gelbe **Ammoniumpolysulfidlösung**. Die Sulfide von As, Sb und Sn (Arsen-Gruppe) bilden also mit dieser Ammoniumpolysulfidlösung $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ - bzw. mit LiOH/KNO_3 - Lösung lösliche Thiometallat- bzw. Oxothiometallat-Komplexe. Die Sulfide von Hg, Pb, Bi, Cu und Cd (Kupfer-Gruppe) lösen sich nicht und bleiben zurück. Die Sulfidfällung ist mit ausreichend H_2S Wasser zu waschen, solange bis kein Cl^- mehr im Waschwasser ist. (Nachweis: AgNO_3 Lösung zum Waschwasser tropfen). Danach den Niederschlag (Nd.) mit $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ digerieren.

z.B.



Kupfergruppe, Abtrennung von Quecksilberionen

Der Nd. der Cu-Gruppe wird mit 1-2 mL warmer halbkonzentrierter HNO_3 (ca. 4-7 mol/L Salpetersäure) erwärmt. Es lösen sich alle Sulfide bis auf HgS .

(Hinweise: Proben auf QUECKSILBER⁴⁸⁵ durchführen, z.B. "Amalgamprobe" mit einem Stück Kupferblech, Zur Sicherheit HgS in wenig konz. HCl / konz HNO_3 , lösen HNO_3 abrauchen und weitere Hg Proben durchführen. Reduktion mit SnCl_2 usw.)

Abtrennung von Blei(II)-Ionen

Das salzsaure Filtrat vom HgS-Rückstand wird unter Zusatz von 0,5 mL konz. Schwefelsäure im Porzellanschälchen eingedampft, bis dass weiße Nebel entstehen (Schwefeltrioxid). Nach dem Abkühlen wird vorsichtig mit verdünnter Schwefelsäure verdünnt: In Gegenwart von Pb^{2+} bildet sich ein weißer Niederschlag (PbSO_4 Blei-II-Sulfat). Dieser wird abfiltriert, in Ammoniumtartratlösung gelöst (Komplexbildungsreaktion) und wie in der HCl-Gruppe nachgewiesen mit Iodid-, Natriumsulfid-, Kaliumdichromat-Lösung.

486 Kapitel 2.3.5 auf Seite 52

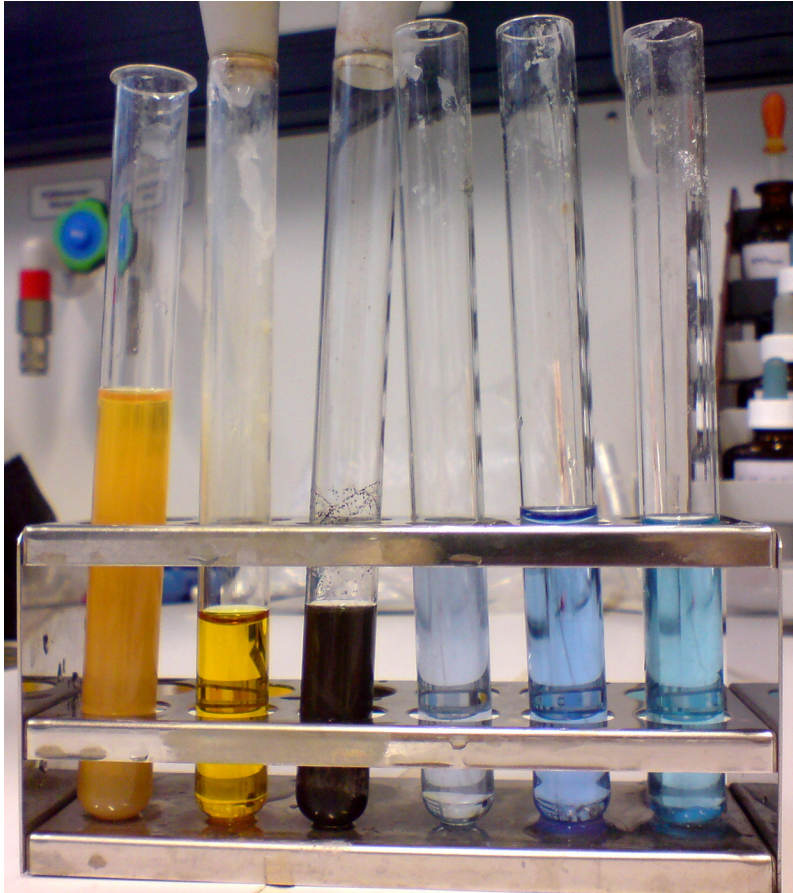
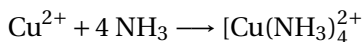
Bismut sowie Kupfer neben Cadmium nachweisen

Abb. 70: CuI (weiß), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$ (keine Reaktion), CuS (schwarz), $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (blau), $[\text{Na}_2\text{Cu}(\text{OH})_4]$ (blau), $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (blau), CuCO_3 (blau)

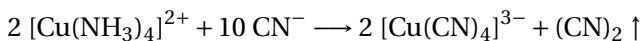
Die Lösung ist nun ammoniakalisch zu machen. KUPFER⁴⁸⁷ ist sofort an der blauen Farbe der Lösung zu erkennen:



Kupfer(II)-Kationen reagieren mit Ammoniak zu dem blauem Tetraaminkupfer(II)-Komplex.

(Achtung die Färbung kann auch sehr schwach sein! NH₃ im Überschuss zugeben, bei Anwesenheit von Bi fällt weißes Bi(OH)₃. Dieses löst sich in HCl. Zum Nachweis Niederschlag neutralisieren und mit alkalischer STANNAT(II) LSG.⁴⁸⁸ versetzten (Elementares BISMUT⁴⁸⁹ fällt schwarz aus) oder mit Natriumiodidlösung (zunächst fällt schwarzes Bismut-III-iodid aus, das sich dann im Iodidüberschuss als orangefarbiger Tetraiodobismutat-Komplex löst).

Gefahrstoffwarnung! ☠ Nach Zugabe von KCN⁴⁹⁰ zur Hauptlösung der Kupfergruppe muss sich die Lösung entfärben (ein zusätzlicher Nachweis für Cu).



Der blaue Kupfertetraminkomplex reagiert mit Cyanid zu einem Kupfer(I)tetracyanido-Komplex und dem giftigen Gas w:DICYAN⁴⁹¹

487 Kapitel 2.3.18 auf Seite 88

488 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANNAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Stannat)

489 Kapitel 2.3.4 auf Seite 49

490 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCYANID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumcyanid)

491 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DICYAN](http://de.wikipedia.org/wiki/Dicyan)

Achtung: Ab hier die Lösung nicht mehr ansäuern, sonst entsteht hochgiftige BLAUSÄURE⁴⁹² (HCN-Gas)! Bei der Entsorgung beachten – mit konz. Wasserstoffperoxid entgiften!).

Wenn man bis zur vollständigen Entfärbung KCN zugegeben hat, kann man dann mit H₂S-Wasser CADMIUM⁴⁹³ als gelbes Cadmiumsulfid CdS ausfällen, ohne dass schwarzes Kupfer-II-sulfid stört (Entsteht dennoch ein dunkler Nd., so hat die Trennung innerhalb der Gruppe versagt. Falls Unsicherheiten aufgetreten sind, ist die gesamte Trennung der Kupfer-Gruppe zu wiederholen).

Arsen-Zinn-Gruppe

Im **vereinfachten** Kationentrenngang in Abwesenheit giftigen Arsens verfährt man folgendermaßen:

Trennung Sb von Sn

Die As-Sn-Gruppe (Filtrat der Cu-Gruppe, s.o.) wird unter dem Abzug mit 7M HCl kurz aufgeköcht und durch mehrmaliges Filtrieren durch den gleichen Filter weitgehend von kolloidalem Schwefel befreit.

Durchführung der Nachweisreaktionen für Zinn und Antimon

Das Filtrat wird durch unedle Metalle (Mg-, Al-, Zn-, Fe-Pulver) reduziert, so dass schwarzes, elementares Sb⁴⁹⁴ ausfällt (zum Einzelnachweis im Filter waschen, in Königswasser lösen, abrauchen

492 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLAUS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/BLAUS%E4URE)

493 Kapitel 2.3.8 auf Seite 58

494 Kapitel 2.3 auf Seite 33

und mit Ammoniumsulfid-Lösung als orangefarbenen Antimon-V-sulfid-Nd. nachweisen) und das Sn(IV) zu Sn(II) reduziert wird (zum Einzelnachweis Sn per Leuchtprobe s.u.)

Abtrennung von Arsen und Nachweisreaktionen für Zinn und Antimon

Gefahrstoffwarnung! ☠ Im um ARSEN⁴⁹⁵ erweiterten Trennungsgang verfährt man hier anders:

Die Lösung der Thiometallat- bzw. Oxothiometallat-Komplexe von As, Sb, Sn ist zunächst mit HCl anzusäuern (Achtung: Schwefelwasserstoff entweicht!): Die Sulfide von As, Sb und Sn fallen erneut aus (die Farben erneut beobachten!). Die Sulfide sind nun abzutrennen und mit wenig konz. HCl zu erwärmen: As₂S₅ bleibt als gelbes Sulfid zurück, Sb und Sn gehen in Lösung. Mit NH₃/H₂O₂ lässt sich das Arsensulfid in Lösung bringen und danach getrennt nachweisen, z.B. durch die MARSHSCHE PROBE⁴⁹⁶.

Die Lösung ist danach einzuengen um **Sb** und **Sn** anschließend nebeneinander nachzuweisen (Nagelprobe: Einen Eisennagel in die Lösung legen, an ihm bildet sich elementares ANTIMON⁴⁹⁷ (Sb). Diese kann erneut im Sauren gelöst und mit H₂S Wasser als orangefarbenes Sulfid gefällt werden. SN⁴⁹⁸ verbleibt in der Lösung. Es kann sehr gut mit der Leuchtprobe nachgewiesen werden.

495 Kapitel 2.3.2 auf Seite 38

496 Kapitel 2.3.3 auf Seite 44

497 Kapitel 2.3 auf Seite 33

498 Kapitel 2.3.36 auf Seite 163

nachzuweisende Kationen in der Schwefelwasserstoffgruppe

ARSEN^a - ANTIMON^b - ZINN^c - QUECKSILBER^d - BLEI^e - KUPFER^f -
BISMUT^g - CADMIUM^h

-
- a* Kapitel 2.3.2 auf Seite 38
 - b* Kapitel 2.3 auf Seite 33
 - c* Kapitel 2.3.36 auf Seite 163
 - d* Kapitel 2.3.30 auf Seite 133
 - e* Kapitel 2.3.5 auf Seite 52
 - f* Kapitel 2.3.18 auf Seite 88
 - g* Kapitel 2.3.4 auf Seite 49
 - h* Kapitel 2.3.8 auf Seite 58

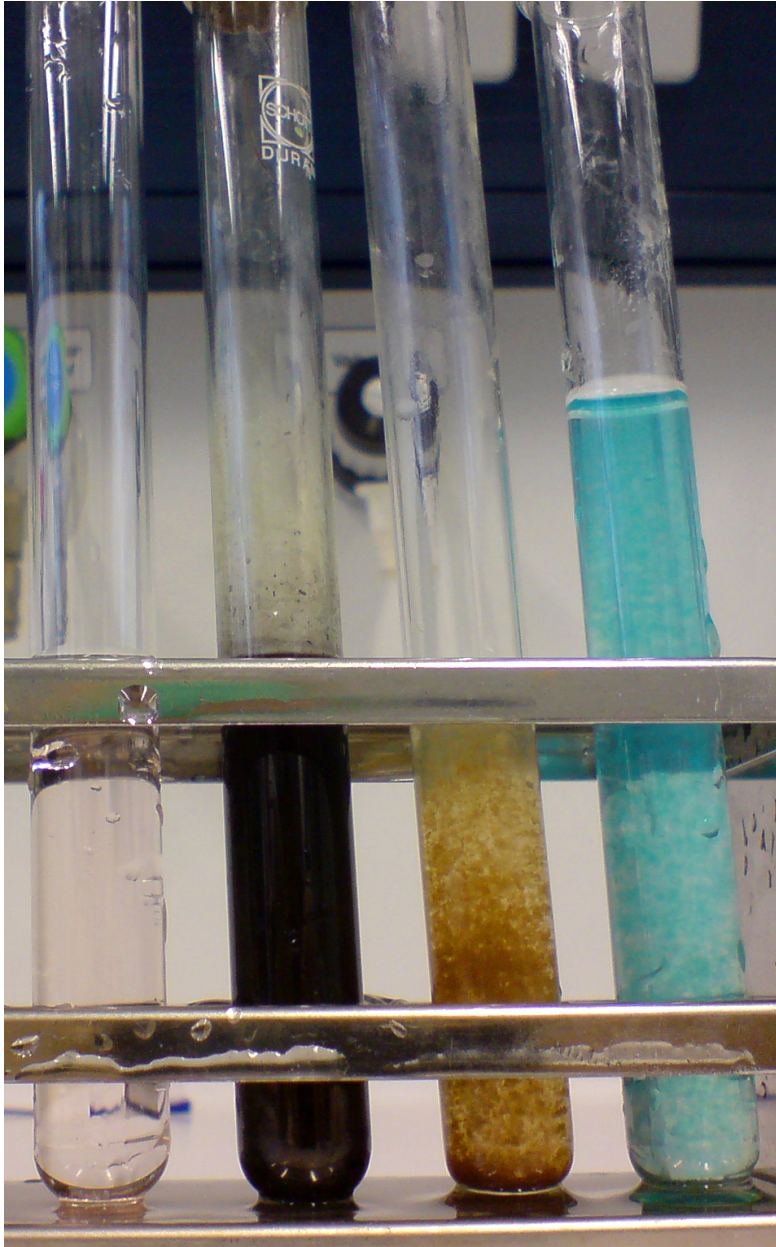


Abb. 71: CoNO_3 (schwach pink), CoS (schwarz), Co(OH)_2 (braun), Cobaltcarbonate (blau)

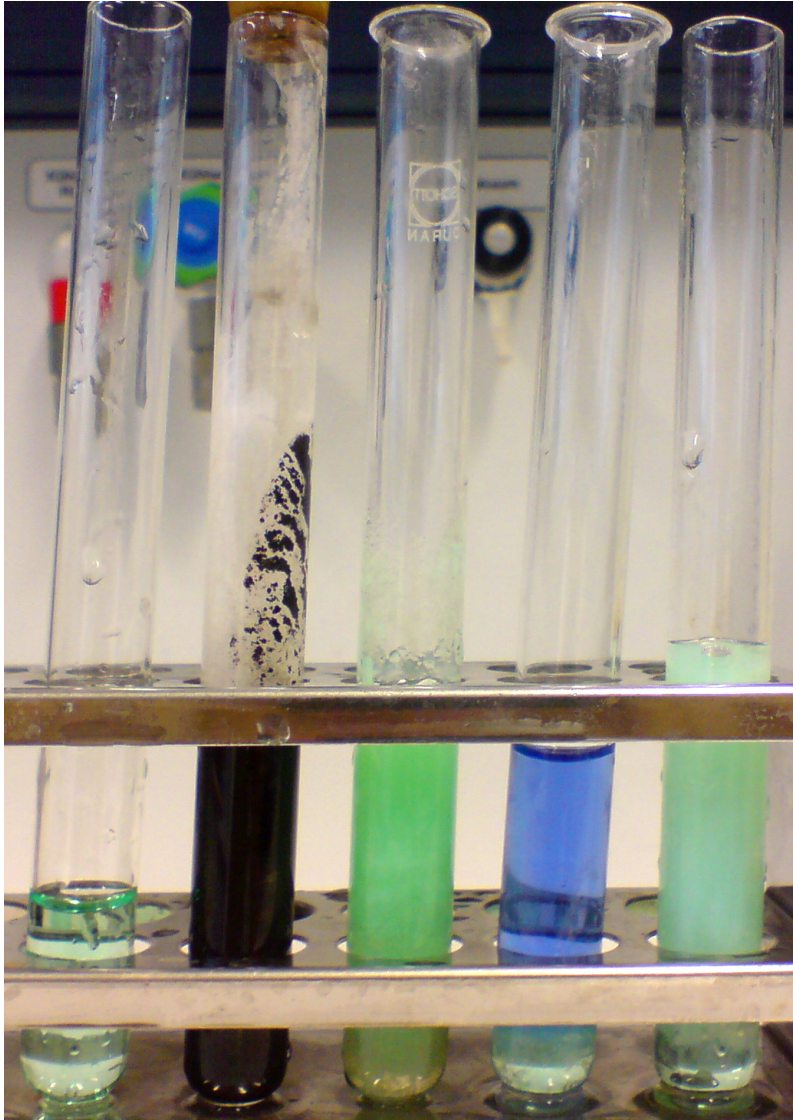


Abb. 72: NiNO_3 (grün), NiS (schwarz), Ni(OH)_2 (grün), $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ (blau), Nickelcarbonate (grün)

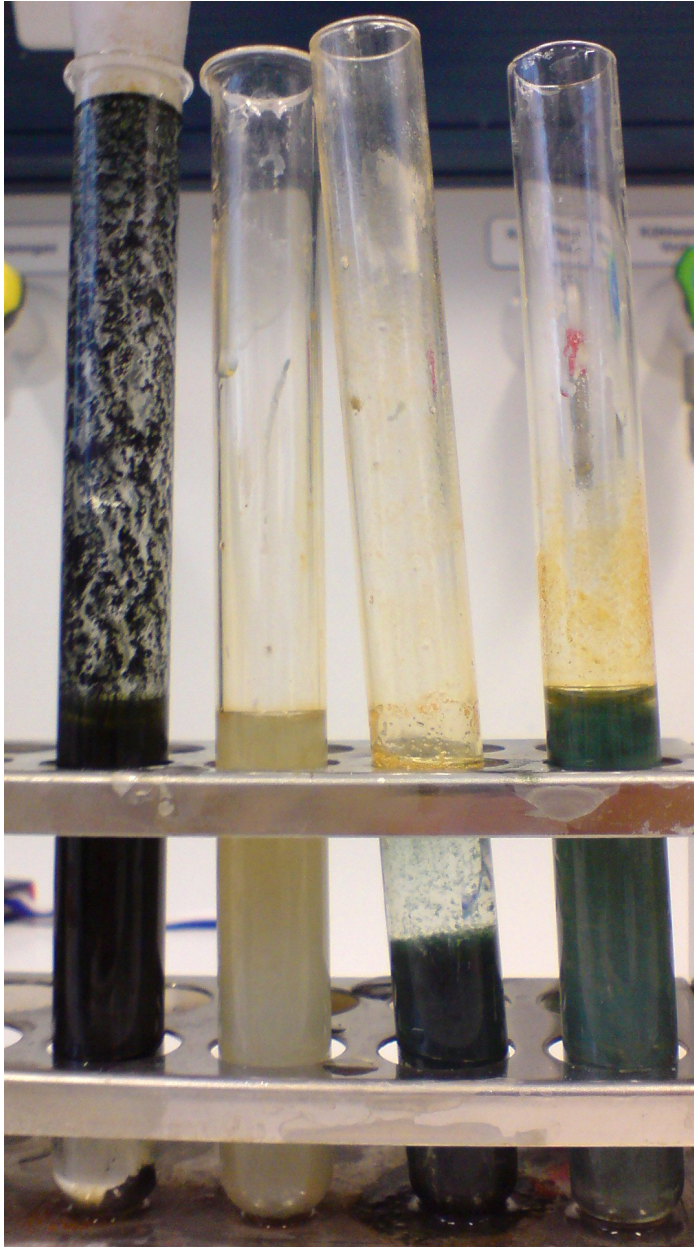


Abb. 73: FeS (schwarz), Fe(OH)_2 (weiß), Fe(OH)_3 (braun), FeCO_3 (eigentlich weiß)

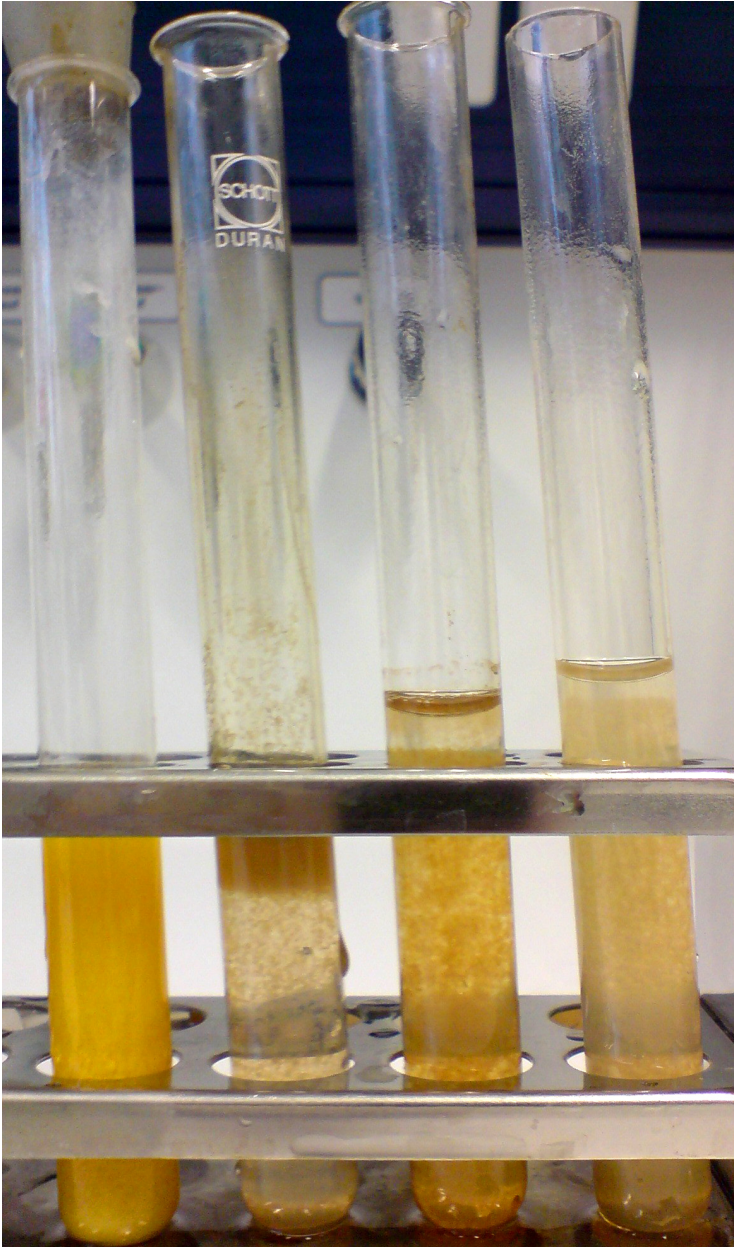


Abb. 74: MnS (orangegelb), MnO(OH) (bräunlich), MnCO_3 (bräunlich, natürliches Mineral rosa)



Abb. 75: links: $\text{Al}(\text{OH})_3$ (weiß), rechts: $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ (weiß)
188

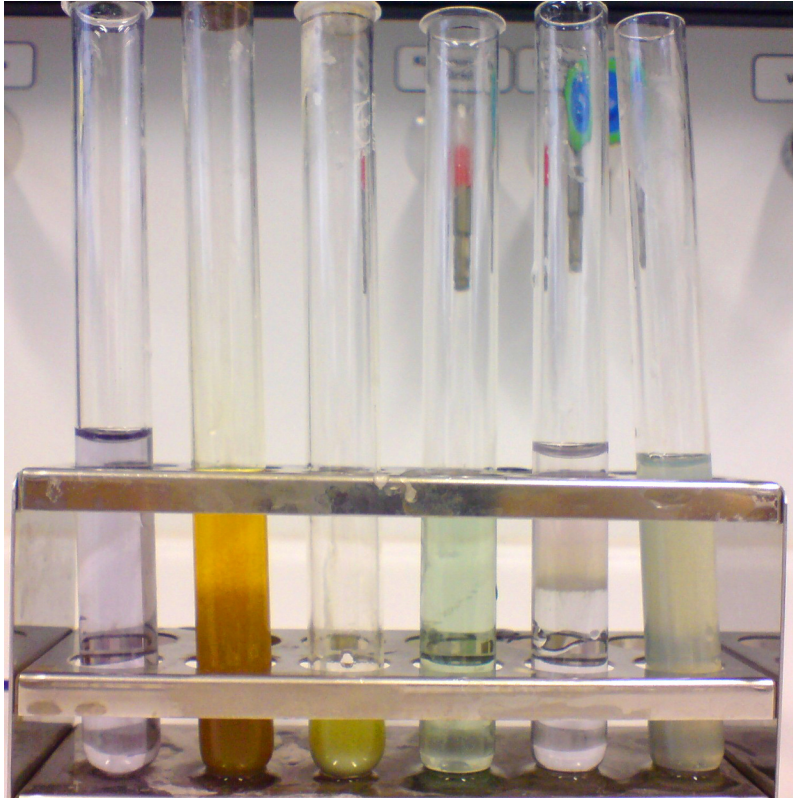


Abb. 76: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (bläulich), $\text{Cr}(\text{OH})_3$ in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$,
 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (graugrün), $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ (grünlich), $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
(gelblich), $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3/\text{Cr}(\text{OH})_3$ (graugrün)

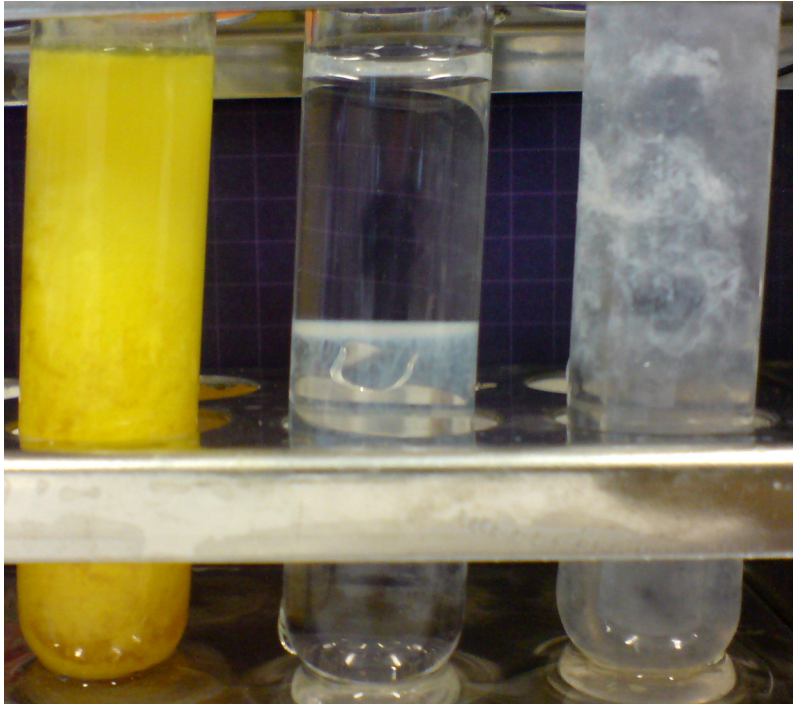


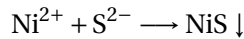
Abb. 77: weißes ZnS in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (weißlich), Zinkcarbonate (weißlich)

2.4.3 Ammoniumsulfidgruppe

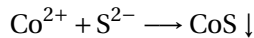
Die Gruppenfällung mit Ammoniumsulfidlösung

Bei einem pH-Wert von 8 bis 9 fallen in $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -haltiger Lösung die Sulfide von Co(II), Ni(II), Mn(II), Zn(II), Eisen(II,III) – letzteres als FeS (Redoxreaktion mit Sulfidanionen als Reduktionsmittel für

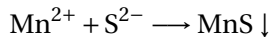
Eisen-III-Kationen). Als unlösliche Hydroxide fallen $\text{Al}(\text{OH})_3$ und $\text{Cr}(\text{OH})_3$ aus.



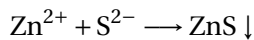
NICKEL⁴⁹⁹ fällt als schwarzes W:NICKEL(II)-SULFID⁵⁰⁰.



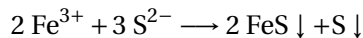
COBALT⁵⁰¹ fällt als schwarzes W:COBALT(II)-SULFID⁵⁰².



MANGAN⁵⁰³ fällt als rosafarbenes W:MANGAN(II)-SULFID⁵⁰⁴.



ZINK⁵⁰⁵ fällt als weißes W:ZINK(II)-SULFID⁵⁰⁶.



EISEN(III)⁵⁰⁷ wird zu hellbraunem W:EISEN(II)-SULFID⁵⁰⁸ reduziert. Dabei entsteht elementarer Schwefel.

499 Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

500 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NICKEL%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Nickel%28II%29-sulfid)

501 Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

502 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALT%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobalt%28II%29-sulfid)

503 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

504 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MANGAN%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Mangan%28II%29-sulfid)

505 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

506 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINK%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zink%28II%29-sulfid)

507 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

508 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN%28II%29-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen%28II%29-sulfid)

Bei der Ausfällung der $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -Gruppe bilden sich neben diesen Sulfidniederschlägen auch Ausfällungen von Aluminium- und Chromhydroxid. Die Ursache zeigt sich beim Vergleich der Löslichkeitsprodukte zu Ammoniumsulfidgruppe.

Das Filtrat der Schwefelwasserstoffgruppe wird dazu in einer Porzellanschale oder einem kleinen Becherglas unter Zusatz von 1 Spatelspitze festem Ammoniumchlorid auf ca. 1 mL eingeeengt. Bis zur deutlich alkalischen Reaktion wird konz. Ammoniak zugefügt, mit 1-2 mL Ammoniumsulfidlösung versetzt und der Nd. einige min. erwärmt, dann abfiltriert. 1 Tropfen Filtrat wird mit 1 Tropfen Blei-II-acetat versetzt (oder auf Bleiacetatpapier gegeben). Schwarzes PbS zeigt Vollständigkeit der Fällung an. Der Nd. wird sofort mit stark verdünnter Ammoniumsulfidlösung gewaschen.

(Hinweis: Bei orangeroter oder violetter Farbe zuvor mit Ethanol kochen! - Filtrat prüfen: Bei gelbbrauner Trübung durch NiS-Kolloid mit Ammoniumacetat und Filterpapierschnipseln kochen und neu filtrieren. Das wird u.U. erforderlich, denn NiS und CoS bilden Kolloide; Kolloide sind große Molekülverbände, wobei die Moleküle nur durch intermolekulare Kräfte zusammengehalten werden (Dipol, Wasserstoffbrücken). Durch ihre molekulare Struktur (hydrophile und lipophile Bereiche der Seifenmoleküle) oder durch elektrische Ladungen werden diese Molekülaggregate in Lösung gehalten (kolloidale Lösung; Thyndall-Effekt). Das Erwärmen der Lösung mit Filterpapierschnitzeln führt zu einer Vergrößerung der Teilchen, die man filtrieren kann. Durch Zugabe von Ammoniumacetat kann die elektrische Ladung aufgehoben werden und die Aggregate fallen aus).

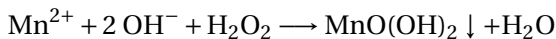
Alkalischer Sturz

Abtrennung und Nachweis von Cobalt und Nickel

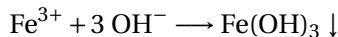
Der Sulfidniederschlag wird sofort mit 1-2 mL verdünnter Salzsäure behandelt, um anschließend den ungelösten Rest (CoS, NiS) abzufiltrieren und in je einigen mL verdünnter Essigsäure und konz. Wasserstoffperoxidlösung zu lösen. Danach ist aus der essigsäueren Co-Ni-Lösung Fe-Reste mit Ammoniak auszufällen, abzufiltrieren und vom Fe-Rest befreites Filtrat für die einzelnen Nachweisreaktionen von Co und Ni zu nutzen.

Abtrennung von Eisen(III)-hydroxid und Braunstein (Mangandioxid)

Von Ni & Co befreites Filtrat der Sulfide aufkochen, konz. Salpetersäure zugeben und eindampfen, neutralisierte Rest-Tröpfchen in alkalisches Bad geben (aus Ätznatron und konz. Wasserstoffperoxid) und erhitzen, abfiltrierten Niederschlag mit warmem Wasser waschen, in HCl lösen; in einem Teil der Lösung Fe nachweisen, den anderen Teil 2 mal mit 1 mL konz Salpetersäure abrauchen und mit konz. Salpetersäure und Blei(IV)-oxid aufkochen, filtrieren (Nachweisreaktion: Violettfärbung zeigt Permanganat an).



MANGAN(II)⁵⁰⁹ + Natronlauge + Wasserstoffperoxid ergibt
W: BRAUNSTEIN⁵¹⁰.



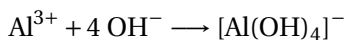
509 Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

510 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BRAUNSTEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Braunstein)

EISEN(III)⁵¹¹ fällt als braunes W:EISENHYDROXID⁵¹²

Abtrennung von Aluminiumhydroxid

Stark alkalische Lösung durch Kochen von Wasserstoffperoxid befreien (Nachweisreaktion: bei Gelbfärbung Chromat!), mit HCl neutralisieren, einige Tropfen Ammoniak und 2-3 Spatelspitze Ammoniumchlorid zugeben, aufkochen, den weißen Aluminiumhydroxid-Niederschlag abfiltrieren und ALUMINIUM-EINZELNACHWEISE⁵¹³ durchführen.



Aluminium fällt als Aluminiumhydroxid, dass im Überschuss als farbloser Komplex gelöst wird.

Abtrennung von Chrom(at) zum Nachweis von Zink

Filtrat vom Aluminiumhydroxid-Nd. bei Gelbfärbg. mit Bariumchlorid-Lösung behandeln (nach Pufferung mit HAc/NaAc!) und Bariumchromat abfiltrieren, gelben Filterrückstand in verdünnter Schwefelsäure lösen, mit Wasserstoffperoxid und Ether schütteln (Nachweisreaktion ähnlich wie beim alkalischen Bad: zusätzl. CHROMNACHWEIS⁵¹⁴, kann bei eindeutiger Vorprobe und Gelbfärbung u.U. entfallen (**Vorsicht:** Etherdämpfe können sich in Flammennähe explosionsartig entzünden!). In schwach essigsäures Filtrat vom Bariumchromat Schwefelwasserstoff-Gas einleiten, weißen ZnS-Niederschlag

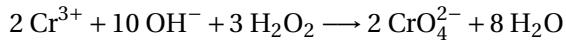
511 Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

512 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISENHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisenhydroxid)

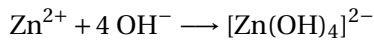
513 Kapitel 2.3.1 auf Seite 34

514 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

abfiltrieren, in HCl lösen, mit NaOH kochen und - falls nötig - störende Niederschläge abfiltrieren (im Filtrat ist Zn als Hydroxidozinkat-Komplex farblos gelöst), mit HAc/NaAc puffern und erneut ZnS zum ZINKEINZELNACHWEIS⁵¹⁵ ausfällen.



Chrom(III) wird zu einer gelben CHROMATLÖSUNG⁵¹⁶ oxidiert.



Zink geht als farbloser Hydroxidozinkat-Komplex in Lösung.

nachzuweisende Kationen in der Ammoniumsulfidgruppe

NICKEL^a - COBALT^b - MANGAN^c - ZINK^d - EISEN^e

a Kapitel 2.3.24 auf Seite 107

b Kapitel 2.3.11 auf Seite 65

c Kapitel 2.3.21 auf Seite 101

d Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

e Kapitel 2.3.12 auf Seite 70

2.4.4 Ammoniumcarbonatgruppe

Die Gruppenfällung mit Ammoniumcarbonatlösung

Filtrat der Ammoniumsulfidgruppe mit HCl ansäuern und Schwefelwasserstoff verkochen; aus nicht allzu verdünnter Lösung (gegf.

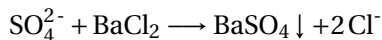
⁵¹⁵ Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

⁵¹⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

Volumen durch Sieden auf einige mL einengen) im ammoniakalischen mit einem Überschuss an konzentrierter Ammoniumcarbonatlösung ausfällen. Bei einem pH-Wert von 8 bis 9 fallen in $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -haltiger Lösung die Carbonate von **Ca(II)**, **Sr(II)** und **Ba(II)** mit Carbonat-Anionen. Filtrat auf Vollständigkeit der Fällung prüfen und den Niederschlag mit Ammoniumcarbonatlösung waschen.

Abtrennung des Bariums

Carbonatniederschläge in 1-2 mL 2molarer Essigsäure (HAc) lösen und das Kohlendioxid durch Kochen vertreiben, mit 2-3 Spatelspitzen Salmiaksalz abpuffern und tropfenweise orange Dichromatlösung $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ zugeben, bis das gelbe Bariumchromat ausfällt und überstehende Lösung durch Chromate gelb gefärbt ist (Aufheben!). Niederschlag abfiltrieren, mit H_2O waschen und in 2-3 Tropfen verdünnter HCl lösen. Mit etwas verdünnter oder 1 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure das Bariumsulfat fällen und im Filter waschen (zur Prüfung der FLAMMENFÄRBUNG⁵¹⁷):



Untersuchung auf Strontium und Calcium

Das Filtrat der Bariumchromatfällung wird mit 1 mL konzentrierter Ammoniumcarbonatlösung gekocht (ca. 1 min), filtriert und der Niederschlag wird chromatfrei gewaschen und danach in 5m HCl gelöst. Das Kohlendioxid wird verkocht und die Lösung geviertelt (1:2:1):

517 Kapitel 2.1 auf Seite 11

- a) ein 1. Teil wird mit Ammoniumsulfatlösung versetzt, filtriert und das Filtrat mit Ammoniumoxalatlösung auf noch vorhandene, überschüssige Calciumionen untersucht. Der Calciumoxalatniederschlag sollte eine ziegelrote Flammenfärbung ergeben.
- b) der 2. und 3. Teil werden vereinigt, mit Ammoniumoxalatlösung versetzt, um Calciumionen auszufällen (wie oben), und das Filtrat mit gesättigter Gipslösung versetzen, um das noch schwerer lösliche Strontiumsulfat auszufällen. Der Strontiumsulfatniederschlag wird mit Wasser gewaschen und auf Flammenfärbung untersucht: tiefrote Flamme (ggf. mit je einem Salzkorn Calcium- und Strontiumsalz vergleichen).
- c) der 4. Teil wird ebenfalls mit gesättigter Gipslösung versetzt, um das noch schwerer lösliche Strontiumsulfat auszufällen. Der Strontiumsulfatniederschlag wird mit Wasser gewaschen und auf FLAMMENFÄRBUNG⁵¹⁸ untersucht: tiefrote Flamme (ggf. mit dem Niederschlag aus b) und je einem Salzkorn Calcium- und Strontiumsalz vergleichen).

Ion	FLAMMEN-FÄRBUNG ⁵¹⁹	Reaktion mit OH ⁻ ⁵²⁰	...mit CO ₃ ²⁻ ⁵²¹	...mit C ₂ O ₄ ²⁻ ⁵²²	...mit CrO ₄ ²⁻ ⁵²³
BERYLLIUM ⁵²⁴	keine	Be(OH) ₂ fällt aus	BeCO ₃ ist löslich	?	BeCrO ₄ ist löslich
MAGNESIUM ⁵²⁵	keine	Mg(OH) ₂ fällt aus	MgCO ₃ fällt aus	MgC ₂ O ₄ ist löslich	MgCrO ₄ ist löslich

518 Kapitel 2.1 auf Seite 11

519 Kapitel 2.1 auf Seite 11

520 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HYDROXIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Hydroxide)

521 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CARBONATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Carbonate)

522 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OXALATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Oxalate)

523 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

524 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_BERYLLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_Beryllium)

525 Kapitel 2.3.20 auf Seite 96

CALCIUM ⁵²⁶	ziegelrot	Ca(OH) ₂ fällt aus	CaCO ₃ fällt aus	CaC ₂ O ₄ fällt aus	CaCrO ₄ fällt aus
STRONTIUM ⁵²⁷	intensiv rot	Sr(OH) ₂ fällt aus	SrCO ₃ fällt aus	SrC ₂ O ₄ ist löslich	SrCrO ₄ fällt aus
BARIUM ⁵²⁸	gelb-grün	Ba(OH) ₂ ist löslich	BaCO ₃ fällt aus	BaC ₂ O ₄ ist löslich	BaCrO ₄ fällt aus

Die Kationen der **Löslichen Gruppe** bleibt im Anschluss an die Salzsäure-, Schwefelwasserstoff-, Ammoniumsulfid- und Ammoniumcarbonatgruppe im Filtrat übrig. Hierzu gehören nämlich diejenigen Elemente, die mit keinem der Trennmittel schwerlösliche Niederschläge bilden: NH₄⁺⁵²⁹, Mg²⁺⁵³⁰, K⁺⁵³¹, Na⁺⁵³², Li⁺⁵³³. Diese können mittels spezifischer Nachweisreaktionen und FLAMMENFÄRBUNG⁵³⁴ identifiziert werden.

nachzuweisende Kationen in der löslichen Gruppe

KALIUM^a - MAGNESIUM^b - AMMONIUM^c - NATRIUM^d

a Kapitel 2.3.17 auf Seite 87

b Kapitel 2.3.20 auf Seite 96

c Kapitel 2.3.26 auf Seite 112

d Kapitel 2.3.23 auf Seite 105

526 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/...%2F_CALCINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/...%2F_CALCINIUM)

527 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/...%2F_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/...%2F_STRONTIUM)

528 Kapitel 2.3.3 auf Seite 47

529 Kapitel 2.3.26 auf Seite 112

530 Kapitel 2.3.20 auf Seite 96

531 Kapitel 2.3.17 auf Seite 87

532 Kapitel 2.3.23 auf Seite 105

533 Kapitel 2.3.19 auf Seite 95

534 Kapitel 2.1 auf Seite 11

2.4.5 Kaliumhydroxidauszug

Da der alkalische Sturz nach der AMMONIUMSULFIDFÄLLUNG⁵³⁵ Anfängern häufig Schwierigkeiten bereitet, kann für schwer nachweisbare Stoffe ein Kaliumhydroxidauszug aus der Ursubstanz hergestellt werden. Hierfür wird die Ursubstanz mit 3 Kaliumhydroxid-Plätzchen und 5 ml Wasser versetzt. Es fallen Kupfer, Bismut, Nickel, Cobalt, Eisen und Mangan unter Bildung schwerlöslicher Hydroxide aus. In Lösung verbleiben. ANTIMON⁵³⁶, ZINN⁵³⁷, ALUMINIUM⁵³⁸, ZINK⁵³⁹ und CHROM⁵⁴⁰, die nun mit spezifischen Nachweisreaktionen nachgewiesen werden können.

535 Kapitel 2.4.2 auf Seite 183

536 Kapitel 2.3 auf Seite 33

537 Kapitel 2.3.36 auf Seite 163

538 Kapitel 2.3.1 auf Seite 34

539 Kapitel 2.3.35 auf Seite 159

540 Kapitel 2.3.10 auf Seite 62

3 Quantitative Analyse

3.1 Titrimetrie

W:TITRATION¹

¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TITRATION](http://de.wikipedia.org/wiki/Titration)

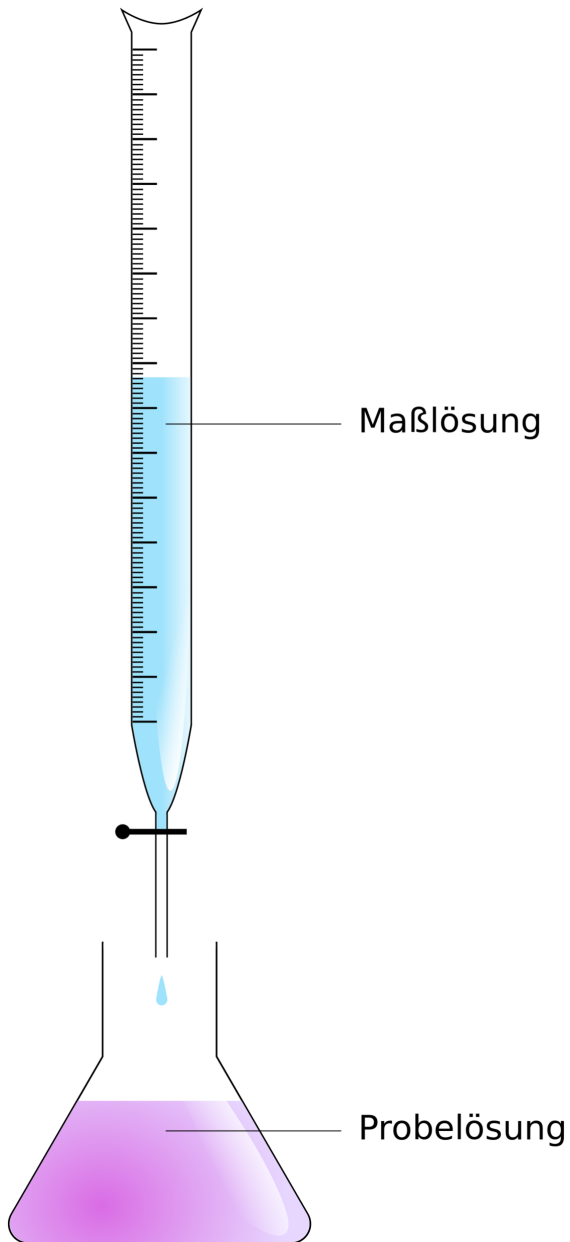


Abb. 78: Versuchsaufbau für eine Titration mit Bürette und Erlenmeyerkolben

Die Titrimetrie (Maßanalyse, Volumetrie) ist eine vielfach gebrauchte Methode für die Gehaltsbestimmung vor allem in wässrigen Lösungen. Das Prinzip ist sehr einfach: Man gibt mit einer Bürette Maßlösung (Titrator, Titrant, Normallösung) bekannter Konzentration zu einer Probelösung (Titrand) bis der Äquivalenzpunkt erreicht ist. Durch stöchiometrische Rechnungen kann dann die Konzentration des gesuchten Stoffes in der Probelösung bestimmt werden. Als Indikator dient entweder eine chemische Verbindung, die unter den Versuchsbedingungen am Äquivalenzpunkt die Farbe ändert, eine Meßelektrode, die über ein Meßgerät den Äquivalenzpunkt anzeigt (z.B. pH-Wert, Potentiometrie) oder die Verfärbung des Niederschlages (z.B. Chloridbestimmung nach Mohr).

Die Titration läßt sich in mehrere Gebiete einteilen:

- SÄURE-BASE-TITRATIONEN² (Acidometrie, Alkalimetrie)
- FÄLLUNGSREAKTION³
- KOMPLEXOMETRIE⁴
- REDOX-TITRATIONEN⁵
- Spezielle Methoden wie die Zwei-Phasen-Titration nach Epton oder die Polyelektrolyttitration zur Bestimmung des kationischen Bedarfs

Als Methoden kommen die *direkte Titration*, bei der direkt in Probelösung titriert wird oder eine Maßlösung mit Probelösung titriert wird (inverse Titration), und die *indirekte Titration*, bei der entweder eine Umsetzung der Probelösung mit einer Reagenzlösung bekannter Menge und Konzentration stattfindet und

2 Kapitel 3.1.5 auf Seite 214

3 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_F%E4LLUNGSREAKTION](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_F%E4LLUNGSREAKTION)

4 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_KOMPLEXOMETRIE](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_KOMPLEXOMETRIE)

5 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/..%2F_REDOX-TITRATIONEN](http://de.wikibooks.org/wiki/..%2F_REDOX-TITRATIONEN)

die Reagenslösung dann titriert wird (Rücktitration) oder der zu bestimmende Stoff nach Reangeszugabe aus dem Reagens einen Stoff freisetzt, der dann titriert wird (Substitutionstitration), in Frage.

3.1.1 Meßgeräte

Bei der Titration werden vor allem die Volumenmeßgeräte Bürette, Pipette, Messzylinder und Messkolben verwendet.

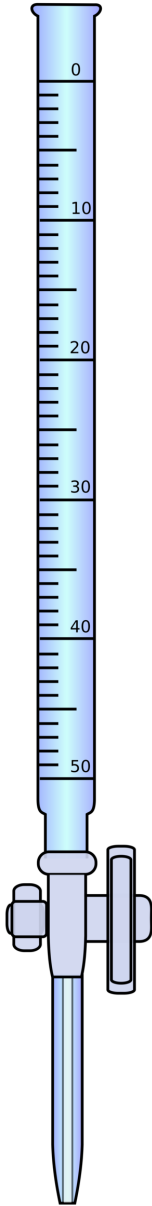


Abb. 79: Bürette

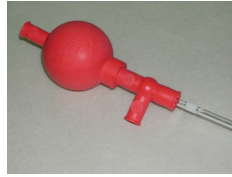


Abb. 80: Peleusball
auf Auslaufpipette



Abb. 81:
Vollpipette



Abb. 82: Maßkolben/Messkolben

3.1.2 Ablesen

Wasser (**A**) bildet durch hydrophile Wechselwirkungen mit dem Glas eine nach unten gewölbte Oberfläche (konkaver w: MENISKUS⁶). Bei Quecksilber (**B**) ist es übrigens anders herum: es kommt zu einer nach oben gewölbten Flüssigkeitsoberfläche. Bei Wasser wird stets der untere Meniskus abgelesen, bei Stoffen, die einen konvexen Meniskus ausbilden, der obere. Meist wird der abzulesende Strich in der Skalierung durch die Lichtbrechung mit dem Wasser vergrößert und kann so bequem abgelesen werden.

6 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MENISKUS](http://de.wikipedia.org/wiki/Meniskus)

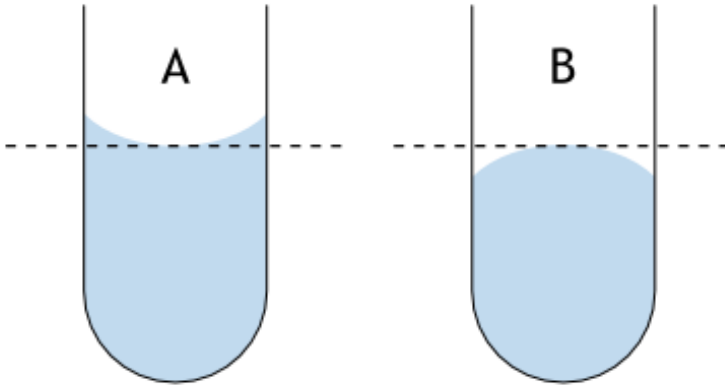


Abb. 83

Desweiteren sollte darauf geachtet werden auf Augenhöhe abzulesen da ansonsten durch den **PARALLAXENFEHLER**⁷ erhebliche Messfehler auftreten können.

⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARALLAXENFEHLER](http://de.wikipedia.org/wiki/Parallaxenfehler)

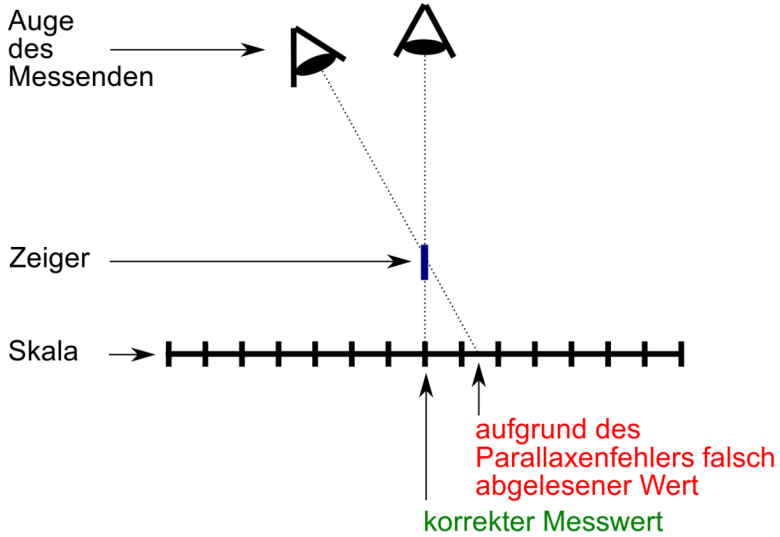


Abb. 84

3.1.3 Konzentrationsangaben

Ein wichtiger Begriff in der Maßanalyse, wie auch in der gesamten quantitativen Analyse überhaupt, ist die Konzentration. Konzentrationsangaben werden in der Maßanalyse in Form der Stoffmengenkonzentration (c , Molarität, Volummolarität). Diese gibt an, wieviel Mol eines Stoffes in einem Liter Lösungsmittel gelöst sind ($[c] = 1 \text{ mol/l}$). Anstelle der Einheit „mol/l“ wird sehr gerne die nicht-gesetzliche Einheit „Molar“ (Einheitenzeichen: M) verwendet. Streng genommen darf sie aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen nicht verwendet werden; „M“ kann heute nur als Abkürzung von „mol/l“ verstanden werden.

Besonders in der Maßanalyse spielt auch noch die Normalität eine Rolle, die angibt, wieviele entsprechende Teilchen (z.B. Protonen) übertragen werden.

3.1.4 Verdünnen

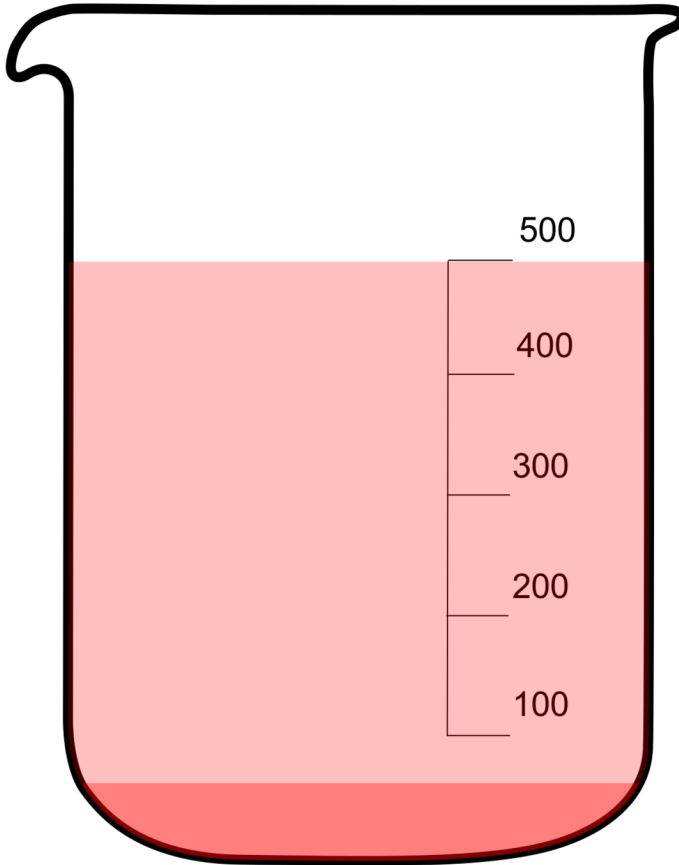


Abb. 85: 1:10 Verdünnung: 50 mL Lösung (dunkelrot) werden mit 450 mL Wasser (hellrot) auf 500 mL aufgefüllt; **Hinweis:** Die Skalierung von Bechergläsern ist viel zu ungenau für die quantitative Analyse und dient nur als anschauliches Beispiel.

Das Verdünnen von konzentrierten Lösungen ist in der Titrimetrie von Bedeutung, wenn die zu analysierende Substanz viel niedriger konzentriert ist als die Maßlösung. Es macht keinen Sinn, in fünf Tropfen bis zum Umschlagspunkt zu titrieren. Die Messungsgenauigkeit wird viel zu hoch. Dagegen kann ein Verdünnen der Maßlösung für die Bürette die Genauigkeit erhöhen, denn der Burettenfehler (ist immer als $\pm 0,1$ aufgedruckt) bleibt konstant. Der relative Fehler = Burettenfehler/Titriervolumen wird kleiner:

$$\frac{0,1\text{ mL}}{1\text{ mL}} = 0,1 = 10\%$$

Man titriert 1 mL mit einem Burettenfehler von 0,1 mL. Egal wie gut man sich anstellt, man hat im Mittel immer 10% Abweichung. Der Wert ist so ungenau, dass das Ergebnis praktisch wertlos ist.

$$\frac{0,1\text{ mL}}{10\text{ mL}} = 0,01 = 1\%$$

Titriert man dagegen 10 mL bis zum Umschlagspunkt in der gleichen Bürette, ist man gleich zehnmal so genau.

$$\frac{0,1\text{ mL}}{20\text{ mL}} = 0,005 = 0,5\%$$

Bei 20 mL ist die Ungenauigkeit gleich nochmal halbiert.

Jedoch ist zu beachten, dass beim Verdünnen ebenfalls Ablesefehler und Gerätefehler (ebenfalls auf Auslaufpipetten und Messkolben als $\pm 0,1$ gedruckt) auftreten.

3.1.5 Titerbestimmung

Der Titer oder Normalfaktor f ist ein Faktor, der die Abweichung der tatsächlichen Konzentration einer Maßlösung von der Nennkonzentration der Lösung angibt.

$$f := \frac{c_{exp.}}{c_{theor.}}$$

Daraus ergibt sich bei der Titration mit der eingestellten Lösung

$$n = V \cdot f \cdot c_{theor.}$$

Der Titer ist ein für die jeweilige Maßlösung spezifischer Wert. Je nach Bestimmungsmethode kann ein leicht unterschiedlicher Titer für ein und dieselbe Maßlösung bestimmt werden. Sinnvollerweise wird die gleiche Methode für die Messung und die Titerbestimmung verwendet, da die Endpunkt-Bestimmung bei jeder Methode unterschiedlich ist und so Differenzen entstehen.

Einige Maßlösungen sind so instabil, dass der Titer bei jeder Verwendung der Maßlösung neu ermittelt werden muss. Dies gilt besonders für niedrig konzentrierte Lösungen von w:IOD⁸, Salzsäure, w:NATRONLAUGE⁹ und w:KALIUMPERMANGANAT¹⁰; Iod und Chlorwasserstoff verdampfen aus der Lösung, Natriumhydroxid bildet mit dem Kohlendioxid der Luft Natriumcarbonat und Kaliumpermanganat zersetzt sich in einem autokatalytischen Prozess zu w:BRAUNSTEIN¹¹.

8 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod)

9 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

10 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumpermanganat)

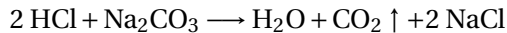
11 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BRAUNSTEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Braunstein)

Einigermaßen stabil sind höherkonzentrierte Maßlösungen von Salz- und Schwefelsäure, Natriumthiosulfat, Cer(IV), Kaliumdichromat, Silbernitrat (unter Lichtausschluss) und natürlich Urtermaßlösungen. Aber auch diese Maßlösungen müssen mindestens einmal pro Monat geprüft werden.

Zur Bestimmung des Titers werden sog. Urtitersubstanzen verwenden. Dies sind Substanzen, die sich zum einen leicht in einer definierten Zusammensetzung (wasserfrei, bestimmtes Hydrat) herstellen lassen, ein möglichst hohes Molekulargewicht haben und sich daher leicht mit geringem Fehler abwiegen lassen. Sie sind Feststoffe wie z.B. W:OXALSÄURE¹² und Natriumcarbonat.

Bestimmung des Titers einer Salzsäurelösung

Als Urtitersubstanz wird W:NATRIUMCARBONAT¹³ gewählt, das mit W:SALZSÄURE¹⁴ wie folgt reagiert:



Aus der Reaktionsgleichung ist ersichtlich, dass die halbe Stoffmenge Natriumcarbonat der verbrauchten Stoffmenge Salzsäure entspricht.

Es wird eine bestimmte Menge Natriumcarbonat, das aus einer gesättigten Lösung mit Kohlendioxid ausgefällt, gewaschen und bis zur Massenkonstanz getrocknet wurde, möglichst genau abgewogen, in Wasser gelöst und mit einem Indikator wie W:METHYLORANGE¹⁵ versetzt. Nun wird bis zum Umschlagpunkt

12 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OXALS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Oxals%C3%A4ure)

13 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumcarbonat)

14 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

15 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHYLORANGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Methylorange)

titriert. Aus dem Verbrauch an Maßlösung und der eingesetzten Stoffmenge an Natriumcarbonat kann die Konzentration der Salzsäurelösung bestimmt werden.

Verbrauch an Maßlösung: 75,0 ml

Stöchiometrie: $0,5 n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \hat{=} n(\text{HCl}) \hat{=} n(\text{H}^+)$

Vorlage: $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,4000 \text{ g}$ ($\sim 3,77 \text{ mmol}$); $c(\text{HCl}) = \text{ca. } 0,1 \text{ mol/l}$

Verbrauch an Maßlösung: 75,0 ml

Stöchiometrie: $0,5 n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \hat{=} n(\text{HCl}) \hat{=} n(\text{H}^+)$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\frac{1}{2} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

(gemäß Beispiel: $2 \cdot 3,77 \text{ mmol} = 7,5 \text{ mmol}$)

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\frac{1}{2} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{HCl})} = c(\text{HCl})$$

$$\frac{0,4000 \text{ g}}{0,5 \cdot 105,9888 \text{ g/mol} \cdot 0,0750 \text{ l}} = 0,10064 \text{ mol/l}$$

Die Salzsäurelösung hat also eine tatsächliche Konzentration von 0,1006 mol/l. Um den Titer zu errechnen, teilt man nun die gemessene tatsächliche Konzentration durch die Nennkonzentration und erhält:

$$f = \frac{c_{exp.}}{c_{theor.}} = 1,006$$

3.1.6 Säure-Base-Titration

Bei der **Säure-Base-Titration** reagieren Säuren und Basen in einer **NEUTRALISATIONSREAKTION**¹⁶ miteinander. Wird eine Säure untersucht und mit einer Base titriert spricht man von **Alkalimetrie**. Wird eine basische Probelösung mit einer sauren Maßlösung titriert so spricht man von einer **Acidimetrie**.

Herstellung einer Maßlösung und Titerbestimmung

Die Maßlösung wird in einem Messkolben hergestellt. Um den Fehler hier zu minimieren sollte ein möglichst großes Volumen angesetzt werden. Maßlösungen werden vorteilhafterweise entweder in „geraden“ Molaritäten (1 mol/l, 0,1 mol/l usw.) oder Normalitäten (0,5 mol/l entspricht 1 normal usw. beispielsweise bei Schwefelsäure) angesetzt. Als Maßlösungen kommen meist nur starke Basen und starke Säuren zum Einsatz.

Fehlerquellen

Natron- und besonders Kalilauge verändern beim Stehen an Luft ihre Konzentration etwas. Dies geschieht aufgrund der Aufnahme von Kohlendioxid aus der Luft; dabei bildet sich das entsprechende Carbonat. Auch auf festem Natrium- und Kaliumhydroxid bildet sich leicht eine Carbonatschicht. Zur Herstellung der Lauge wird daher zunächst die entsprechende Menge Hydroxid eingewogen und dieses dann durch sehr kurzes Abspülen mit Wasser vom Carbonat befreit. Der geringe Unterschied zwischen Einwaage und tatsächlicher Masse nach dem Abspülen wird durch die Bestimmung des Titers ausgeglichen. Für sehr genaue Arbeiten ist

16 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NEUTRALISATIONSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Neutralisationsreaktion)

unter Umständen das Herstellen von carbonatfreiem Wasser nötig.

Wahl der Indikatoren

Es stehen eine große Anzahl von Indikatoren mit verschiedenen Umschlagsbereichen zur Verfügung:

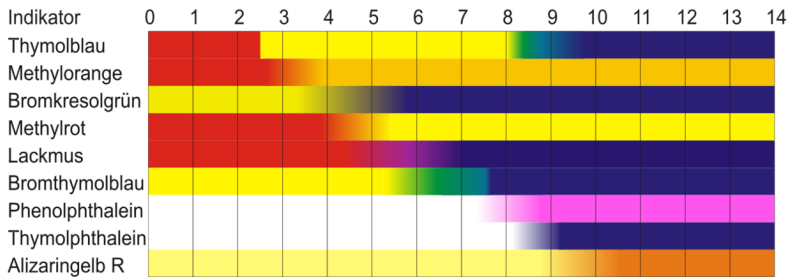


Abb. 86: pH-Indikatoren und ihre Farbskala

Es gilt:

- Starke Säuren und starke Basen können unter Verwendung aller Indikatoren, die zwischen w:METHYLORANGE¹⁷ und w:PHENOLPHTHALEIN¹⁸ umschlagen, miteinander titriert werden.
- Schwache Säuren mit starken Laugen können nur mit Indikatoren, die im schwach alkalischen Gebiet umschlagen titriert werden (z.B. Phenolphthalein).

17 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHYLORANGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Methylorange)

18 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PHENOLPHTHALEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Phenolphthalein)

- Schwache Basen mit starken Säuren lassen sich nur mit Indikatoren, die im schwach sauren Bereich umschlagen titrieren (z.B. Methylorange, besser w:METHYLROT¹⁹)
- Titrationsen schwacher Säuren mit schwachen Basen oder umgekehrt sind zu vermeiden, weil sie ungenaue Resultate bringen. Der richtige Indikator muss hier individuell mit Vergleichslösungen ermittelt werden.

Bestimmung der Konzentration von Salzsäure mit Natronlauge

Zu einem bekannten Volumen an w:SALZSÄURE²⁰ mit unbekannter Konzentration wird aus einer Bürette die Maßlösung (w:NATRONLAUGE²¹ mit bekannter Konzentration) bis zum Umschlagspunkt des Indikators hinzugetropft. Es handelt sich um eine Titration einer starken Säure mit einer starken Base, daher sind alle Indikatoren im Umschlagsbereich pH=4 bis pH=10 zulässig wenn im Konzentrationsbereich 0,1 mol/L mit 0,1% Bestimmungsfehler gearbeitet wird. Im Konzentrationsbereich 0,01 mol/L dürfen die pH-Grenzwerte 5 und 9 nicht unter- bzw. überschritten werden.

Aufgrund des Volumen der untersuchten Salzsäure und verbrauchten Menge an Natronlauge bis zum Umschlagspunkt kann unter Zuhilfenahme der Reaktionsgleichung die Konzentration der Salzsäure berechnet werden.

Die Stoffmenge n der eingesetzten Natronlauge ergibt sich aus der Stoffmengenkonzentration c und dem Volumen V

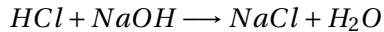
$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

19 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHYLROT](http://de.wikipedia.org/wiki/Methylrot)

20 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%E4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

21 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

Die Reaktionsgleichung der Neutralisation lautet:



Salzsäure und Natronlauge reagieren zu Kochsalz und Wasser

Daraus folgt: Salzsäure reagiert mit Natronlauge im Stoffmengenverhältnis eins zu eins:

$$\frac{n(NaOH)}{n(HCl)} = \frac{1}{1}$$

Die Konzentration der Salzsäure lässt sich nun aus der bekannten Stoffmenge und dem verwendeten Volumen errechnen:

$$c(HCl) = \frac{n(HCl)}{V(HCl)} = \frac{n(NaOH)}{V(HCl)}$$

4 Autoren

4.1 Text

- `BENUTZER:HOLGERB`¹
- `BENUTZER:MATTHIAS M.`²
- `BENUTZER:JANINAM`³

4.1.1 Wikipedia

Teile dieses Wikibooks stammen aus Wikipedia-Artikeln, die aufgrund des stark sachbuchhaften Anleitungscharakters dort unpassend waren. Die Autoren der jeweiligen Artikel sind unten separat aufgeführt. Die Listen wurden mit dem Programm `M:USER:DUESENTRIEB/CONTRIBUTORS`⁴ von `W:BENUTZER:DUESENTRIEB`⁵ auf dem Wikimedia Toolserver erstellt.

1 `HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHOLGERB`
2 `HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS%20M.`
3 `HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AJANINAM`
4 `HTTP://DE.META.ORG/WIKI/USER%3ADUESENTRIEB%2FCONTRIBUTORS`
5 `HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ADUESENTRIEB`

NACHWEIS (CHEMIE)⁶

bis 2006-04-02 danach #NACHWEIS (CHEMIE, METHODENTEIL)⁷

- 87 WÄCHTER⁸ 2006-01-05 11:35 – 2006-03-22 17:56
- 28 82.207.144.171⁹ (anon) 2006-01-11 12:25 – 2006-02-01 14:16
- 9 80.143.235.108¹⁰ (anon) 2006-01-09 11:52 – 2006-01-09 12:05
- 2 CHRISTOPH D¹¹ 2005-03-19 16:10 – 2005-10-18 18:21
- 6 80.143.89.144¹² (anon) 2006-01-13 16:14 – 2006-01-13 16:52
- 5 193.158.3.10¹³ (anon) 2005-09-26 08:14 – 2005-09-26 08:27
- 4 BAULTBEAR¹⁴ 2005-12-04 19:16 – 2005-12-04 19:22
- 4 80.143.110.129¹⁵ (anon) 2006-01-05 11:28 – 2006-01-05 11:45
- 3 80.137.216.237¹⁶ (anon) 2005-11-22 20:28 – 2005-11-22 20:40
- 3 84.166.237.225¹⁷ (anon) 2005-11-23 17:11 – 2005-11-23 17:16

6 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEIS%20%28CHEMIE%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20%28Chemie%29)

7 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%23NACHWEIS%20%28CHEMIE%2C%20METHODENTEIL%29](http://de.wikibooks.org/wiki/%23Nachweis%20%28Chemie%2C%20Methodenteil%29)

8 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C4chter)

9 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A82.207.144.171](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A82.207.144.171)

10 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.235.108](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.235.108)

11 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ACHRISTOPH_D](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AChristoph_D)

12 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.89.144](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.89.144)

13 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A193.158.3.10](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A193.158.3.10)

14 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ABAULTBEAR](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ABaultbear)

15 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.110.129](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.110.129)

16 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.137.216.237](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.137.216.237)

17 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.166.237.225](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.166.237.225)

- 3 80.143.73.138¹⁸ (anon) 2006-01-06 13:41 – 2006-01-06 13:47
- 3 80.143.244.68¹⁹ (anon) 2006-01-10 12:03 – 2006-01-10 12:16
- 3 80.143.77.155²⁰ (anon) 2006-02-01 16:51 – 2006-02-01 16:53
- 2 PIGSGRAME²¹ 2006-02-01 17:37 – 2006-02-03 15:14
- 2 145.254.213.29²² (anon) 2004-10-24 14:49 – 2004-10-24 14:51
- 2 128.130.142.16²³ (anon) 2005-10-20 11:55 – 2005-10-20 11:57
- 2 AGABUGA²⁴ 2005-11-16 19:55 – 2005-11-16 20:02
- 2 158.64.68.1²⁵ (anon) 2005-12-13 07:40 – 2005-12-13 07:44
- 2 85.75.108.22²⁶ (anon) 2005-12-22 11:47 – 2005-12-22 11:47
- 2 PROLINESERVER²⁷ 2006-03-06 20:01 – 2006-03-07 18:53
- 1 HATI²⁸ 2006-03-11 15:54 – 2006-03-11 16:41
- 2 88.73.214.237²⁹ (anon) 2006-03-19 19:42 – 2006-03-19 19:45
- 1 THOMASM³⁰ 2004-03-14 18:39 – 2004-03-14 18:39
- 1 HENHEI³¹ 2004-03-14 18:51 – 2004-03-14 18:51

-
- 18 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.73.138](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.73.138)
- 19 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.244.68](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.244.68)
- 20 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.77.155](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.77.155)
- 21 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3APIGSGRAME](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3APIGSGRAME)
- 22 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A145.254.213.29](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A145.254.213.29)
- 23 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A128.130.142.16](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A128.130.142.16)
- 24 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AAGABUGA](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AAGABUGA)
- 25 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A158.64.68.1](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A158.64.68.1)
- 26 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A85.75.108.22](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A85.75.108.22)
- 27 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3APROLINESERVER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3APROLINESERVER)
- 28 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHATI](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHATI)
- 29 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.73.214.237](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.73.214.237)
- 30 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ATHOMASM](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ATHOMASM)
- 31 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHENHEI](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHENHEI)

- 1 REC³² 2004-03-20 12:08 – 2004-03-20 12:08
- 1 80.134.250.78³³ (anon) 2004-12-07 09:07 – 2004-12-07 09:07
- 1 62.226.215.189³⁴ (anon) 2005-03-02 16:36 – 2005-03-02 16:36
- 1 212.204.24.73³⁵ (anon) 2005-03-26 12:39 – 2005-03-26 12:39
- 1 213.54.225.30³⁶ (anon) 2005-07-23 16:35 – 2005-07-23 16:35
- 1 84.175.127.175³⁷ (anon) 2005-10-18 12:46 – 2005-10-18 12:46
- 1 84.189.120.107³⁸ (anon) 2005-11-21 22:07 – 2005-11-21 22:07
- 1 213.39.153.228³⁹ (anon) 2005-11-30 12:23 – 2005-11-30 12:23
- 1 80.143.81.126⁴⁰ (anon) 2006-01-05 08:01 – 2006-01-05 08:01
- 1 86.56.9.11⁴¹ (anon) 2006-01-08 17:32 – 2006-01-08 17:32
- 1 85.74.61.20⁴² (anon) 2006-01-12 21:24 – 2006-01-12 21:24
- 1 ELYA⁴³ 2006-01-12 21:38 – 2006-01-12 21:38
- 1 80.171.73.187⁴⁴ (anon) 2006-01-13 19:40 – 2006-01-13 19:40

32 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AREC](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AREC)

33 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.134.250.78](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.134.250.78)

34 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.226.215.189](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.226.215.189)

35 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A212.204.24.73](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A212.204.24.73)

36 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A213.54.225.30](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A213.54.225.30)

37 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.175.127.175](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.175.127.175)

38 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.189.120.107](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.189.120.107)

39 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A213.39.153.228](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A213.39.153.228)

40 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.81.126](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.81.126)

41 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A86.56.9.11](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A86.56.9.11)

42 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A85.74.61.20](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A85.74.61.20)

43 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AELYA](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AELYA)

44 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.171.73.187](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.171.73.187)

- 1 80.143.75.169⁴⁵ (anon) 2006-01-17 17:43 – 2006-01-17 17:43
- 1 84.180.43.201⁴⁶ (anon) 2006-01-20 17:42 – 2006-01-20 17:42
- 1 84.139.27.1⁴⁷ (anon) 2006-01-25 17:40 – 2006-01-25 17:40
- 1 80.184.171.204⁴⁸ (anon) 2006-01-26 12:34 – 2006-01-26 12:34
- 1 62.203.4.203⁴⁹ (anon) 2006-01-28 09:36 – 2006-01-28 09:36
- 1 80.133.104.149⁵⁰ (anon) 2006-01-29 17:31 – 2006-01-29 17:31
- 1 COTTBUS⁵¹ 2006-02-16 14:21 – 2006-02-16 14:21
- 1 MKILL⁵² 2006-02-17 01:16 – 2006-02-17 01:16
- 1 132.195.66.162⁵³ (anon) 2006-02-23 07:45 – 2006-02-23 07:45
- 1 87.122.146.57⁵⁴ (anon) 2006-03-04 09:21 – 2006-03-04 09:21
- 1 83.135.218.4⁵⁵ (anon) 2006-03-06 18:52 – 2006-03-06 18:52
- 1 80.143.94.149⁵⁶ (anon) 2006-03-11 12:08 – 2006-03-11 12:08
- 1 193.171.131.240⁵⁷ (anon) 2006-03-18 12:54 – 2006-03-18 12:54

-
- 45 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.75.169](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.75.169)
 - 46 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.180.43.201](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.180.43.201)
 - 47 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.139.27.1](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.139.27.1)
 - 48 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.184.171.204](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.184.171.204)
 - 49 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.203.4.203](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.203.4.203)
 - 50 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.133.104.149](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.133.104.149)
 - 51 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ACOTTBUS](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ACottbus)
 - 52 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMKILL](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMkill)
 - 53 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A132.195.66.162](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A132.195.66.162)
 - 54 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.122.146.57](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.122.146.57)
 - 55 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A83.135.218.4](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A83.135.218.4)
 - 56 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.94.149](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.94.149)
 - 57 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A193.171.131.240](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A193.171.131.240)

- 1 WG0867⁵⁸ 2006-03-25 23:48 – 2006-03-25 23:48
- 1 89.51.248.40⁵⁹ (anon) 2006-03-30 18:26 – 2006-03-30 18:26

NACHWEIS (CHEMIE, METHODENTEIL)⁶⁰

bis 2006-11-26 danach Inhalt ausgelagert nach w:NACHWEIS (CHEMIE)⁶¹, w:NACHWEISE FÜR ANIONEN⁶², w:NACHWEISE FÜR KATIONEN⁶³, w:NACHWEISE ORGANISCHER STOFFE⁶⁴; siehe w:WIKIPEDIA:REDAKTION CHEMIE/ARCHIV/2006/DEZEMBER#KATIONENNACHWEISE⁶⁵

- 8 84.151.235.36⁶⁶ (anon) 2006-10-09 10:28 – 2006-10-09 10:35
- 3 NEUROTIKER⁶⁷ 2006-09-17 20:55 – 2006-11-26 23:34
- 4 84.170.137.15⁶⁸ (anon) 2006-05-21 19:16 – 2006-05-21 19:20

58 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AWG0867](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:3AWG0867)

59 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A89.51.248.40](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:3A89.51.248.40)

60 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEIS%20%28CHEMIE%2C%20METHODENTEIL%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20%28Chemie%2C%20Methodenteil%29)

61 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEIS%20%28CHEMIE%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20%28Chemie%29)

62 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%FCR%20ANIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%FCR%20Anionen)

63 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%FCR%20KATIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%FCR%20Kationen)

64 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20ORGANISCHER%20STOFFE](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20Organischer%20Stoffe)

65 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WIKIPEDIA%3AREDAKTION%20CHEMIE%2FARCHIV%2F2006%2FDEZEMBER%23KATIONENNACHWEISE](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia%3ARedaktion%20Chemie%2FArchiv%2F2006%2FDezember%23Kationennachweise)

66 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.151.235.36](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:3A84.151.235.36)

67 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ANEUROTIKER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:3ANEUROTIKER)

68 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.170.137.15](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:3A84.170.137.15)

- 1 STEFAN HORN⁶⁹ 2006-07-27 07:43 – 2006-07-27 07:47
- 1 WG0867⁷⁰ 2006-04-02 21:12 – 2006-04-02 21:36
- 2 84.170.8.76⁷¹ (anon) 2006-06-20 14:27 – 2006-06-20 14:28
- 2 W!B!⁷² 2006-08-02 01:24 – 2006-08-06 16:47
- 2 217.230.58.106⁷³ (anon) 2006-10-18 14:55 – 2006-10-18 14:56
- 1 HANGY⁷⁴ 2006-04-26 16:27 – 2006-04-26 16:27
- 1 84.136.219.94⁷⁵ (anon) 2006-05-10 16:54 – 2006-05-10 16:54
- 1 84.180.147.186⁷⁶ (anon) 2006-06-12 17:38 – 2006-06-12 17:38
- 1 80.132.108.240⁷⁷ (anon) 2006-07-27 11:15 – 2006-07-27 11:15
- 1 MKILL⁷⁸ 2006-07-29 20:08 – 2006-07-29 20:08
- 1 84.136.206.55⁷⁹ (anon) 2006-07-30 15:58 – 2006-07-30 15:58
- 1 ONKEL MARKUS⁸⁰ 2006-08-21 15:22 – 2006-08-21 15:22
- 1 217.255.172.186⁸¹ (anon) 2006-08-24 08:22 – 2006-08-24 08:22
- 1 WAH⁸² 2006-08-24 13:38 – 2006-08-24 13:38

69 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ASTEFAN_HORN](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AStefan_Horn)

70 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AWG0867](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AWG0867)

71 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.170.8.76](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.170.8.76)

72 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%21B%3A](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%21B%3A)

73 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.230.58.106](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.230.58.106)

74 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHANGY](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHangy)

75 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.136.219.94](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.136.219.94)

76 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.180.147.186](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.180.147.186)

77 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.132.108.240](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.132.108.240)

78 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMKILL](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMKill)

79 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.136.206.55](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.136.206.55)

80 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AONKEL_MARKUS](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aonkel_Markus)

81 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.255.172.186](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.255.172.186)

82 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AWAH](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AWah)

- 1 87.78.157.232⁸³ (anon) 2006-09-14 14:15 – 2006-09-14 14:15
- 1 62.178.201.41⁸⁴ (anon) 2006-09-15 20:39 – 2006-09-15 20:39
- 1 88.64.190.51⁸⁵ (anon) 2006-10-25 15:23 – 2006-10-25 15:23
- 1 217.227.215.186⁸⁶ (anon) 2006-11-12 12:45 – 2006-11-12 12:45
- 1 87.168.222.228⁸⁷ (anon) 2006-11-22 05:05 – 2006-11-22 05:05

NACHWEISE FÜR ANIONEN⁸⁸

- 41 SIEGERT⁸⁹ 2007-03-04 07:16 – 2008-08-10 17:02
- 18 KUEBI⁹⁰ 2008-01-25 08:55 – 2008-01-25 09:02
- 4 NEUROTIKER⁹¹ 2006-11-26 22:23 – 2008-04-21 17:39
- 7 217.93.173.69⁹² (anon) 2006-12-14 14:24 – 2006-12-14 15:13
- 3 84.173.201.201⁹³ (anon) 2007-03-01 21:37 – 2007-03-01 21:40
- 3 90.186.37.30⁹⁴ (anon) 2007-04-28 15:49 – 2007-04-28 15:51

83 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.78.157.232](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.78.157.232)

84 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.178.201.41](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.178.201.41)

85 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.64.190.51](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.64.190.51)

86 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.227.215.186](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.227.215.186)

87 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.168.222.228](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.168.222.228)

88 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%FCr%20ANIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%FCr%20Anionen)

89 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ASIEGERT](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ASiegert)

90 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AKUEBI](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AKuebi)

91 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ANEUROTIKER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ANeurotiker)

92 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.93.173.69](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.93.173.69)

93 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.173.201.201](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.173.201.201)

94 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A90.186.37.30](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A90.186.37.30)

- 3 90.186.25.28⁹⁵ (anon) 2007-04-30 14:42 – 2007-04-30 14:43
- 3 141.43.142.19⁹⁶ (anon) 2008-01-11 17:58 – 2008-01-11 18:25
- 3 MATTHIAS M.⁹⁷ 2008-02-26 23:27 – 2008-05-18 19:38
- 1 HYSTRIX⁹⁸ 2007-06-26 19:58 – 2007-10-23 12:12
- 2 JPIDTFAZ⁹⁹ 2008-07-23 18:32 – 2008-07-23 18:32
- 1 195.93.60.66¹⁰⁰ (anon) 2007-01-05 15:18 – 2007-01-05 15:18
- 1 139.14.30.170¹⁰¹ (anon) 2007-01-26 13:13 – 2007-01-26 13:13
- 1 141.52.232.84¹⁰² (anon) 2007-02-02 09:06 – 2007-02-02 09:06
- 1 84.150.89.86¹⁰³ (anon) 2007-02-25 14:28 – 2007-02-25 14:28
- 1 84.185.221.242¹⁰⁴ (anon) 2007-04-11 12:40 – 2007-04-11 12:40
- 1 82.82.189.32¹⁰⁵ (anon) 2007-05-19 15:28 – 2007-05-19 15:28
- 1 84.178.253.236¹⁰⁶ (anon) 2007-09-08 17:54 – 2007-09-08 17:54

-
- 95 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A90.186.25.28](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A90.186.25.28)
- 96 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A141.43.142.19](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A141.43.142.19)
- 97 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)
- 98 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHYSTRIX](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHystrix)
- 99 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AJPIDTFAZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AJPIDTFAZ)
- 100 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A195.93.60.66](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A195.93.60.66)
- 101 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)
- 102 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A141.52.232.84](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A141.52.232.84)
- 103 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.150.89.86](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.150.89.86)
- 104 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.185.221.242](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.185.221.242)
- 105 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A82.82.189.32](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A82.82.189.32)
- 106 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.178.253.236](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.178.253.236)

- 1 89.49.225.230¹⁰⁷ (anon) 2007-10-06 14:25 – 2007-10-06 14:25
- 1 80.63.151.42¹⁰⁸ (anon) 2007-10-23 09:34 – 2007-10-23 09:34
- 1 87.162.81.70¹⁰⁹ (anon) 2007-11-15 22:10 – 2007-11-15 22:10
- 1 84.58.36.135¹¹⁰ (anon) 2008-02-06 22:29 – 2008-02-06 22:29
- 1 77.5.242.50¹¹¹ (anon) 2008-03-15 15:59 – 2008-03-15 15:59
- 1 62.47.7.104¹¹² (anon) 2008-04-04 09:45 – 2008-04-04 09:45
- 1 MUCK31¹¹³ 2008-04-06 12:47 – 2008-04-06 12:47
- 1 129.217.132.31¹¹⁴ (anon) 2008-04-21 13:55 – 2008-04-21 13:55
- 1 JOHNNY CONTROLETTI¹¹⁵ 2008-04-21 14:20 – 2008-04-21 14:20
- 1 89.247.229.20¹¹⁶ (anon) 2008-06-01 10:43 – 2008-06-01 10:43
- 1 79.196.247.141¹¹⁷ (anon) 2008-09-08 13:16 – 2008-09-08 13:16
- 1 84.186.113.38¹¹⁸ (anon) 2008-11-11 12:35 – 2008-11-11 12:35

107 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A89.49.225.230](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A89.49.225.230)

108 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.63.151.42](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.63.151.42)

109 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.162.81.70](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.162.81.70)

110 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.58.36.135](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.58.36.135)

111 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A77.5.242.50](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A77.5.242.50)

112 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.47.7.104](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.47.7.104)

113 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMUCK31](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMUCK31)

114 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A129.217.132.31](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A129.217.132.31)

115 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AJOHNNY_ CONTROLETTI](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AJOHNNY_CONTROLETTI)

116 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A89.247.229.20](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A89.247.229.20)

117 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A79.196.247.141](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A79.196.247.141)

118 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.186.113.38](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.186.113.38)

- 1 LEYO¹¹⁹ 2008-12-06 21:28 – 2008-12-06 21:28

NACHWEISE FÜR KATIONEN¹²⁰

- 71 SIEGERT¹²¹ 2007-03-16 18:27 – 2008-07-06 09:35
- 1 WÄCHTER¹²² 2006-09-08 11:47 – 2008-04-04 10:30
- 7 91.1.226.160¹²³ (anon) 2007-06-04 17:41 – 2007-06-04 18:01
- 2 NEUROTIKER¹²⁴ 2006-11-26 22:16 – 2007-01-05 22:15
- 4 87.122.15.149¹²⁵ (anon) 2007-02-13 07:22 – 2007-02-13 07:23
- 2 217.235.74.111¹²⁶ (anon) 2007-03-12 20:36 – 2007-03-12 20:36
- 2 MATTHIAS M.¹²⁷ 2008-02-26 23:10 – 2008-05-18 19:37
- 1 88.70.118.175¹²⁸ (anon) 2006-11-15 22:11 – 2006-11-15 22:11
- 1 TANGO8¹²⁹ 2006-12-12 23:02 – 2006-12-12 23:02
- 1 80.129.14.97¹³⁰ (anon) 2006-12-15 00:01 – 2006-12-15 00:01

119 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ALEYO](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aleyo)

120 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%FCR%20KATIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20f%FCR%20kationen)

121 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ASIEGERT](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ASiegert)

122 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%E4chter)

123 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A91.1.226.160](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A91.1.226.160)

124 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ANEUROTIKER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ANeurotiker)

125 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.122.15.149](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.122.15.149)

126 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.235.74.111](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.235.74.111)

127 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

128 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.70.118.175](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.70.118.175)

129 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ATANGO8](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ATango8)

130 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.129.14.97](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.129.14.97)

- 1 89.51.124.18¹³¹ (anon) 2007-01-05 20:44 – 2007-01-05 20:44
- 1 139.14.30.170¹³² (anon) 2007-01-26 13:13 – 2007-01-26 13:13
- 1 AKKARIN¹³³ 2007-02-13 07:24 – 2007-02-13 07:24
- 1 84.173.234.212¹³⁴ (anon) 2007-02-21 23:24 – 2007-02-21 23:24
- 1 BLAUFISCH¹³⁵ 2007-03-17 09:16 – 2007-03-17 09:16
- 1 195.93.60.100¹³⁶ (anon) 2007-03-22 18:05 – 2007-03-22 18:05
- 1 81.189.67.108¹³⁷ (anon) 2007-04-10 15:10 – 2007-04-10 15:10
- 1 84.185.204.10¹³⁸ (anon) 2007-05-09 15:41 – 2007-05-09 15:41
- 1 212.183.65.13¹³⁹ (anon) 2007-05-27 15:05 – 2007-05-27 15:05
- 1 TAFKAS¹⁴⁰ 2007-06-04 17:56 – 2007-06-04 17:56
- 1 217.228.105.26¹⁴¹ (anon) 2007-06-08 20:06 – 2007-06-08 20:06
- 1 84.178.65.250¹⁴² (anon) 2007-07-19 18:17 – 2007-07-19 18:17

131 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A89.51.124.18](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A89.51.124.18)

132 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

133 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AAKKARIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AAKKARIN)

134 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.173.234.212](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.173.234.212)

135 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ABLAUFISCH](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ABLAUFISCH)

136 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A195.93.60.100](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A195.93.60.100)

137 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A81.189.67.108](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A81.189.67.108)

138 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.185.204.10](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.185.204.10)

139 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A212.183.65.13](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A212.183.65.13)

140 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ATAFKAS](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ATAFKAS)

141 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A217.228.105.26](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A217.228.105.26)

142 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.178.65.250](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.178.65.250)

- 1 130.133.10.10¹⁴³ (anon) 2007-08-26 14:03 – 2007-08-26 14:03
- 1 MUCK31¹⁴⁴ 2007-10-14 21:08 – 2007-10-14 21:08
- 1 88.73.38.51¹⁴⁵ (anon) 2007-10-30 21:58 – 2007-10-30 21:58
- 1 82.135.87.215¹⁴⁶ (anon) 2008-01-10 19:06 – 2008-01-10 19:06
- 1 DON MAGNIFICO¹⁴⁷ 2008-01-27 11:48 – 2008-01-27 11:48
- 1 141.30.211.71¹⁴⁸ (anon) 2008-03-11 00:52 – 2008-03-11 00:52
- 1 84.179.221.32¹⁴⁹ (anon) 2008-04-30 09:59 – 2008-04-30 09:59
- 1 FK1954¹⁵⁰ 2008-05-25 15:47 – 2008-05-25 15:47
- 1 79.194.62.11¹⁵¹ (anon) 2008-11-11 07:26 – 2008-11-11 07:26
- 1 HASSEE¹⁵² 2009-01-23 13:00 – 2009-01-23 13:00

SALZSÄUREGRUPPE¹⁵³

- 7 WÄCHTER¹⁵⁴ 2006-01-21 08:18 – 2008-03-03 07:35
- 2 MATTHIAS M.¹⁵⁵ 2008-03-04 08:33 – 2008-03-12 16:33

143 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A130.133.10.10](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A130.133.10.10)

144 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMUCK31](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMuck31)

145 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.73.38.51](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.73.38.51)

146 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A82.135.87.215](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A82.135.87.215)

147 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ADON_MAGNIFICO](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ADon_Magnifico)

148 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A141.30.211.71](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A141.30.211.71)

149 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.179.221.32](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.179.221.32)

150 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AFK1954](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AFK1954)

151 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A79.194.62.11](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A79.194.62.11)

152 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHASSEE](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHASSEE)

153 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%4UREGRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzsaeuregruppe)

154 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%4ECHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AWaechter)

155 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

- 2 HOLGERB¹⁵⁶ 2006-01-23 17:45 – 2007-02-10 18:23
- 2 62.203.4.203¹⁵⁷ (anon) 2006-01-28 13:26 – 2006-01-28 13:28
- 1 84.168.241.111¹⁵⁸ (anon) 2006-04-17 14:51 – 2006-04-17 14:51
- 1 EPHRAIM33¹⁵⁹ 2006-07-29 17:48 – 2006-07-29 17:48
- 1 139.14.30.170¹⁶⁰ (anon) 2007-01-26 13:16 – 2007-01-26 13:16
- 1 62.227.119.38¹⁶¹ (anon) 2007-05-10 22:24 – 2007-05-10 22:24

SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁶²

- 20 WÄCHTER¹⁶³ 2006-01-21 09:22 – 2006-03-11 14:52
- 1 FRANKOE¹⁶⁴ 2006-02-22 10:36 – 2006-03-02 10:04
- 2 MATTHIAS M.¹⁶⁵ 2008-02-27 12:56 – 2008-03-08 16:48
- 3 80.143.78.175¹⁶⁶ (anon) 2006-02-13 17:33 – 2006-02-13 17:38
- 2 213.39.176.29¹⁶⁷ (anon) 2007-04-26 11:28 – 2007-04-26 11:28

156 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHOLGERB](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AHolgerB)

157 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.203.4.203](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.203.4.203)

158 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.168.241.111](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.168.241.111)

159 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AEPHRAIM33](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aephraim33)

160 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

161 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.227.119.38](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.227.119.38)

162 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoffgruppe)

163 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C4chter)

164 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AFRANKOE](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Afrankoe)

165 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

166 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.78.175](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.78.175)

167 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A213.39.176.29](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A213.39.176.29)

- 2 88.207.212.42¹⁶⁸ (anon) 2008-03-03 14:22 – 2008-03-03 14:26
- 1 84.156.207.165¹⁶⁹ (anon) 2006-05-16 16:52 – 2006-05-16 16:52
- 1 139.14.30.170¹⁷⁰ (anon) 2007-01-26 13:13 – 2007-01-26 13:13
- 1 84.56.232.58¹⁷¹ (anon) 2007-01-26 15:04 – 2007-01-26 15:04
- 1 128.176.223.173¹⁷² (anon) 2007-02-22 12:14 – 2007-02-22 12:14
- 1 62.227.119.38¹⁷³ (anon) 2007-05-10 22:08 – 2007-05-10 22:08
- 1 87.180.7.137¹⁷⁴ (anon) 2007-05-29 16:20 – 2007-05-29 16:20
- 1 87.180.9.92¹⁷⁵ (anon) 2007-06-05 17:41 – 2007-06-05 17:41
- 1 193.171.244.138¹⁷⁶ (anon) 2008-01-08 13:38 – 2008-01-08 13:38
- 1 DON MAGNIFICO¹⁷⁷ 2008-01-10 13:16 – 2008-01-10 13:16

168 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.207.212.42](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.207.212.42)

169 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.156.207.165](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.156.207.165)

170 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

171 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.56.232.58](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.56.232.58)

172 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A128.176.223.173](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A128.176.223.173)

173 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A62.227.119.38](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A62.227.119.38)

174 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.180.7.137](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.180.7.137)

175 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A87.180.9.92](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A87.180.9.92)

176 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A193.171.244.138](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A193.171.244.138)

177 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ADON_MAGNIFICO](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ADON_MAGNIFICO)

AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁷⁸

- 14 WÄCHTER¹⁷⁹ 2006-01-21 15:39 – 2008-04-18 10:53
- 2 MATTHIAS M.¹⁸⁰ 2008-03-04 08:37 – 2008-03-08 15:37
- 1 84.190.247.89¹⁸¹ (anon) 2006-02-05 18:07 – 2006-02-05 18:07
- 1 BENJAMINW¹⁸² 2006-05-01 10:56 – 2006-05-01 10:56
- 1 84.187.21.167¹⁸³ (anon) 2006-05-11 09:17 – 2006-05-11 09:17
- 1 AHZ¹⁸⁴ 2006-05-26 13:06 – 2006-05-26 13:06
- 1 139.14.30.170¹⁸⁵ (anon) 2007-01-26 13:14 – 2007-01-26 13:14
- 1 128.176.223.172¹⁸⁶ (anon) 2007-03-22 07:38 – 2007-03-22 07:38
- 1 88.64.123.194¹⁸⁷ (anon) 2007-11-04 19:17 – 2007-11-04 19:17

AMMONIUMCARBONATGRUPPE¹⁸⁸

- 4 WÄCHTER¹⁸⁹ 2006-01-22 13:47 – 2006-03-12 10:55
- 2 MATTHIAS M.¹⁹⁰ 2008-03-04 08:38 – 2008-03-08 16:08

178 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfidgruppe)

179 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%E4chter)

180 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

181 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.190.247.89](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.190.247.89)

182 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ABENJAMINW](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ABenjaminW)

183 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.187.21.167](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.187.21.167)

184 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AAHZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AAHZ)

185 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

186 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A128.176.223.172](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A128.176.223.172)

187 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A88.64.123.194](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A88.64.123.194)

188 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCARBONATGRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumcarbonatgruppe)

189 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%E4chter)

190 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

- 1 80.143.77.155¹⁹¹ (anon) 2006-02-01 16:48 – 2006-02-01 16:48
- 1 84.187.224.171¹⁹² (anon) 2006-04-21 16:39 – 2006-04-21 16:39
- 1 84.58.169.132¹⁹³ (anon) 2006-05-07 20:16 – 2006-05-07 20:16
- 1 129.13.72.33¹⁹⁴ (anon) 2006-09-25 20:12 – 2006-09-25 20:12
- 1 139.14.30.170¹⁹⁵ (anon) 2007-01-26 13:15 – 2007-01-26 13:15
- 1 193.18.239.4¹⁹⁶ (anon) 2007-05-28 09:25 – 2007-05-28 09:25

LÖSLICHE GRUPPE¹⁹⁷

- 5 WÄCHTER¹⁹⁸ 2006-01-22 14:19 – 2006-03-12 10:49
- 2 MATTHIAS M.¹⁹⁹ 2008-03-04 08:43 – 2008-03-08 16:21
- 1 139.14.30.170²⁰⁰ (anon) 2007-01-26 13:11 – 2007-01-26 13:11
- 1 89.245.14.251²⁰¹ (anon) 2007-09-24 17:39 – 2007-09-24 17:39
- 1 MILKY0208²⁰² 2008-02-14 16:08 – 2008-02-14 16:08

191 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A80.143.77.155](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A80.143.77.155)

192 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.187.224.171](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.187.224.171)

193 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A84.58.169.132](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A84.58.169.132)

194 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A129.13.72.33](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A129.13.72.33)

195 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

196 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A193.18.239.4](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A193.18.239.4)

197 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/L%F6SLICHE%20GRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/L%F6SLICHE%20GRUPPE)

198 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%E4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%E4CHTER)

199 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

200 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A139.14.30.170](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A139.14.30.170)

201 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A89.245.14.251](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A89.245.14.251)

202 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMILKY0208](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMILKY0208)

SÄURE-BASE-TITRATION²⁰³

- 6 ROLFS²⁰⁴ 2004-04-10 17:03 – 2004-11-25 18:21
- 5 ROLAND.CHEM²⁰⁵ 2007-01-21 13:36 – 2009-02-08 13:18
- 2 FLOKRU²⁰⁶ 2004-05-10 22:30 – 2004-05-10 22:35
- 1 SOLID STATE²⁰⁷ 2007-01-17 21:36 – 2007-06-24 18:11
- 3 WIKIAUTOR²⁰⁸ 2006-01-14 11:10 – 2006-01-21 19:29
- 3 84.135.202.125²⁰⁹ (anon) 2006-03-17 07:41 – 2006-03-17 07:43
- 3 82.212.52.181²¹⁰ (anon) 2006-12-12 16:50 – 2006-12-12 16:51
- 2 82.212.60.141²¹¹ (anon) 2005-02-05 22:35 – 2005-02-05 22:47
- 2 172.182.152.116²¹² (anon) 2006-02-01 17:44 – 2006-02-01 17:45
- 2 87.79.138.148²¹³ (anon) 2007-07-29 19:15 – 2007-07-29 19:16

203 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SÄURE-BASE-TITRATION](http://de.wikipedia.org/wiki/Säure-Base-Titration)

204 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ARolfs](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ARolfs)

205 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ARoland.Chem](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ARoland.Chem)

206 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3AFlokrU](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3AFlokrU)

207 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ASolid_State](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ASolid_State)

208 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3AWikiautor](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3AWikiautor)

209 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.135.202.125](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.135.202.125)

210 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A82.212.52.181](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A82.212.52.181)

211 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A82.212.60.141](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A82.212.60.141)

212 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A172.182.152.116](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A172.182.152.116)

213 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A87.79.138.148](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A87.79.138.148)

- 2 84.168.90.2²¹⁴ (anon) 2006-03-15 18:31 – 2006-03-15 18:42
- 1 BIRGITLACHNER²¹⁵ 2004-04-09 20:09 – 2004-04-09 20:12
- 2 83.99.65.186²¹⁶ (anon) 2007-06-24 14:45 – 2007-06-24 14:46
- 2 84.156.64.212²¹⁷ (anon) 2005-06-06 15:02 – 2005-06-06 15:02
- 2 80.139.107.167²¹⁸ (anon) 2007-05-02 14:38 – 2007-05-02 14:39
- 1 87.122.55.30²¹⁹ (anon) 2005-11-28 22:27 – 2005-11-28 22:27
- 1 217.93.254.204²²⁰ (anon) 2008-09-03 17:26 – 2008-09-03 17:26
- 1 84.173.162.156²²¹ (anon) 2006-05-31 14:10 – 2006-05-31 14:10
- 1 84.132.108.19²²² (anon) 2007-05-10 06:17 – 2007-05-10 06:17
- 1 213.3.249.224²²³ (anon) 2007-01-22 21:10 – 2007-01-22 21:10

214 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.168.90.2](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.168.90.2)

215 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3Abirgitlachner](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3Abirgitlachner)

216 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A83.99.65.186](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A83.99.65.186)

217 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.156.64.212](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.156.64.212)

218 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A80.139.107.167](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A80.139.107.167)

219 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A87.122.55.30](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A87.122.55.30)

220 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.93.254.204](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.93.254.204)

221 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.173.162.156](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.173.162.156)

222 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.132.108.19](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.132.108.19)

223 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A213.3.249.224](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A213.3.249.224)

- 1 217.85.230.216²²⁴ (anon) 2006-06-21 14:04 – 2006-06-21 14:04
- 1 217.228.156.108²²⁵ (anon) 2007-02-04 15:44 – 2007-02-04 15:44
- 1 93.129.219.64²²⁶ (anon) 2009-01-20 15:28 – 2009-01-20 15:28
- 1 84.58.108.5²²⁷ (anon) 2006-07-26 17:53 – 2006-07-26 17:53
- 1 145.254.239.130²²⁸ (anon) 2005-02-13 14:18 – 2005-02-13 14:18
- 1 134.147.110.105²²⁹ (anon) 2007-02-20 15:27 – 2007-02-20 15:27
- 1 212.152.169.204²³⁰ (anon) 2009-02-10 14:38 – 2009-02-10 14:38
- 1 84.169.127.146²³¹ (anon) 2006-09-17 11:48 – 2006-09-17 11:48
- 1 91.89.9.41²³² (anon) 2009-03-03 13:01 – 2009-03-03 13:01

224 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.85.230.216](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.85.230.216)

225 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.228.156.108](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.228.156.108)

226 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A93.129.219.64](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A93.129.219.64)

227 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.58.108.5](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.58.108.5)

228 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A145.254.239.130](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A145.254.239.130)

229 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A134.147.110.105](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A134.147.110.105)

230 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A212.152.169.204](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A212.152.169.204)

231 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.169.127.146](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.169.127.146)

232 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A91.89.9.41](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A91.89.9.41)

- 1 84.135.231.107²³³ (anon) 2005-06-13 06:59 – 2005-06-13 06:59
- 1 69.152.221.194²³⁴ (anon) 2006-12-06 13:10 – 2006-12-06 13:10
- 1 TERABYTE²³⁵ 2005-06-13 19:07 – 2005-06-13 19:07
- 1 89.54.72.56²³⁶ (anon) 2006-03-20 13:58 – 2006-03-20 13:58
- 1 217.88.44.157²³⁷ (anon) 2007-04-13 10:10 – 2007-04-13 10:10
- 1 143.107.55.161²³⁸ (anon) 2006-05-13 00:16 – 2006-05-13 00:16
- 1 85.176.3.196²³⁹ (anon) 2007-04-17 22:02 – 2007-04-17 22:02
- 1 217.82.176.166²⁴⁰ (anon) 2004-06-02 15:09 – 2004-06-02 15:09
- 1 81.172.157.23²⁴¹ (anon) 2007-01-08 18:27 – 2007-01-08 18:27
- 1 80.134.234.98²⁴² (anon) 2006-05-30 13:04 – 2006-05-30 13:04

233 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.135.231.107](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.135.231.107)

234 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A69.152.221.194](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A69.152.221.194)

235 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ATERABYTE](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ATERABYTE)

236 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A89.54.72.56](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A89.54.72.56)

237 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.88.44.157](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.88.44.157)

238 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A143.107.55.161](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A143.107.55.161)

239 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A85.176.3.196](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A85.176.3.196)

240 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.82.176.166](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.82.176.166)

241 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A81.172.157.23](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A81.172.157.23)

242 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A80.134.234.98](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A80.134.234.98)

- 1 LOUIS BAFRANCE²⁴³ 2007-05-02 14:53 – 2007-05-02 14:53
- 1 FEDI²⁴⁴ 2004-07-13 18:31 – 2004-07-13 18:31
- 1 217.186.183.28²⁴⁵ (anon) 2005-12-12 20:54 – 2005-12-12 20:54
- 1 HOFFMEIER²⁴⁶ 2006-06-01 03:49 – 2006-06-01 03:49
- 1 217.251.104.113²⁴⁷ (anon) 2004-12-08 18:44 – 2004-12-08 18:44
- 1 TALOS²⁴⁸ 2006-01-19 21:15 – 2006-01-19 21:15
- 1 217.88.222.227²⁴⁹ (anon) 2006-06-28 13:54 – 2006-06-28 13:54
- 1 SUMPFSCHNECKE²⁵⁰ 2009-02-06 15:54 – 2009-02-06 15:54
- 1 131.246.90.63²⁵¹ (anon) 2007-02-26 13:17 – 2007-02-26 13:17
- 1 89.13.186.88²⁵² (anon) 2006-11-15 17:58 – 2006-11-15 17:58
- 1 DR.CUEPPERS²⁵³ 2007-11-02 15:10 – 2007-11-02 15:10

243 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ALouis_Bafrance](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ALouis_Bafrance)

244 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3AFedi](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3AFedi)

245 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.186.183.28](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.186.183.28)

246 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3Ahoffmeier](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3Ahoffmeier)

247 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.251.104.113](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.251.104.113)

248 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ATalos](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ATalos)

249 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A217.88.222.227](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A217.88.222.227)

250 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ASumpfschnecke](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ASumpfschnecke)

251 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A131.246.90.63](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A131.246.90.63)

252 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A89.13.186.88](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A89.13.186.88)

253 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3ADr.Cueppers](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ADr.Cueppers)

- 1 87.139.52.245²⁵⁴ (anon) 2007-03-20 09:27 – 2007-03-20 09:27
- 1 88.70.112.55²⁵⁵ (anon) 2006-11-19 22:04 – 2006-11-19 22:04
- 1 85.180.26.200²⁵⁶ (anon) 2008-04-25 07:16 – 2008-04-25 07:16
- 1 134.99.18.167²⁵⁷ (anon) 2005-06-13 19:05 – 2005-06-13 19:05
- 1 62.47.144.132²⁵⁸ (anon) 2006-03-18 18:24 – 2006-03-18 18:24
- 1 132.199.38.123²⁵⁹ (anon) 2006-04-20 13:34 – 2006-04-20 13:34
- 1 80.145.33.113²⁶⁰ (anon) 2004-05-27 13:30 – 2004-05-27 13:30
- 1 80.108.228.220²⁶¹ (anon) 2007-01-08 17:29 – 2007-01-08 17:29
- 1 84.155.222.140²⁶² (anon) 2005-10-26 20:43 – 2005-10-26 20:43

254 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A87.139.52.245](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A87.139.52.245)

255 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A88.70.112.55](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A88.70.112.55)

256 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A85.180.26.200](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A85.180.26.200)

257 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A134.99.18.167](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A134.99.18.167)

258 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A62.47.144.132](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A62.47.144.132)

259 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A132.199.38.123](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A132.199.38.123)

260 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A80.145.33.113](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A80.145.33.113)

261 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A80.108.228.220](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A80.108.228.220)

262 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3A84.155.222.140](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3A84.155.222.140)

4.2 Bilder

- :DATEI:BORATFLAMME.JPG²⁶³ - GNU FDL -
W:Benutzer:ERTUA²⁶⁴
- :DATEI:LEUCHTPROBE1.JPG²⁶⁵, :BILD:LEUCHTPROBE2.JPG²⁶⁶ -
GNU FDL - User:The Viewer²⁶⁷ (David Mülheims)
- :DATEI:SULFIDNIEDERSCHLÄGE.JPG²⁶⁸ - GNU FDL -
W:Benutzer:Wächter²⁶⁹
- :DATEI:READING THE MENISCUS.PNG²⁷⁰ - GNU FDL -
User:JLEEDEV²⁷¹

263 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADATEI%3ABORATFLAMME.JPG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADatei%3ABoratflamme.jpg)

264 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AERTUA](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aertua)

265 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADATEI%3ALEUCHTPROBE1.JPG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADatei%3ALEUCHTPROBE1.JPG)

266 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ABILD%3ALEUCHTPROBE2.JPG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ABild%3ALEUCHTPROBE2.JPG)

267 [HTTP://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/WIKI/USER:THEVIEWER](http://commons.wikimedia.org/wiki/User:TheViewer)

268 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADATEI%3ASULFIDNIEDERSCHL%4GE.JPG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADatei%3ASulfidniederschle4ge.jpg)

269 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aw%4chter)

270 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADATEI%3AREADING%20THE%20MENISCUS.PNG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADatei%3AReading%20The%20Meniscus.PNG)

271 [HTTP://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/WIKI/USER:JLEEDEV](http://commons.wikimedia.org/wiki/User:JLEEDEV)

5 Autoren

Edits	User
1	4TILDEN ¹
1	AZH ²
1	BSPENDRIN ³
1	COMMONSDELINKER ⁴
2	DAS F ⁵
7	DERJOSHI ⁶
41	DIRK HUENNIGER ⁷
1	EINGANGSKONTROLLE ⁸
2	EPHRAIM33 ⁹

-
- 1 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:4TILDEN](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:4TILDEN)
 - 2 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:AZH](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:AZH)
 - 3 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:BSPENDRIN](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:BSPENDRIN)
 - 4 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:COMMONSDELINKER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:COMMONSDELINKER)
 - 5 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DAS_F](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DAS_F)
 - 6 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DERJOSHI](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DERJOSHI)
 - 7 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DIRK_HUENNIGER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DIRK_HUENNIGER)
 - 8 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:EINGANGSKONTROLLE](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:EINGANGSKONTROLLE)
 - 9 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:EPHRAIM33](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:EPHRAIM33)

- 7 FK1954¹⁰
- 1 GERBIL¹¹
- 15 HEULER06¹²
- 2 HOFFMEIER¹³
- 38 HOLGERB¹⁴
- 1 JCS¹⁵
- 1 JD¹⁶
- 1 JWBE¹⁷
- 6 JANINAM¹⁸
- 3 JUETHO¹⁹
- 2 KLARTEXT²⁰
- 21 KLAUS EIFERT²¹

-
- 10 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:FK1954](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:FK1954)
 - 11 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:GERBIL](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:GERBIL)
 - 12 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HEULER06](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:HEULER06)
 - 13 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HOFFMEIER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:HOFFMEIER)
 - 14 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HOLGERB](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:HOLGERB)
 - 15 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JCS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JCS)
 - 16 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JD](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JD)
 - 17 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JWBE](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JWBE)
 - 18 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JANINAM](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JANINAM)
 - 19 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JUETHO](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JUETHO)
 - 20 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:KLARTEXT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:KLARTEXT)
 - 21 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:KLAUS_EIFERT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:KLAUS_EIFERT)

- 1 LETHARGOR²²
- 1 LEYO²³
- 1 LINKSFUSS²⁴
- 1 MABSCHAAF²⁵
- 364 MATTHIAS M.²⁶
- 2 MIRABELLENSAFT²⁷
- 6 MUC AQUARIUS²⁸
- 1 MY NAME²⁹
- 1 NOWIC³⁰
- 1 ORCI³¹
- 1 PIGSGRAME³²
- 1 RELIE86³³

-
- 22 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LETHARGOR](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:LETHARGOR)
 - 23 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LEYO](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:LEYO)
 - 24 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LINKSFUSS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:LINKSFUSS)
 - 25 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MABSCHAAF](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:MABSCHAAF)
 - 26 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MATTHIAS_M.](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:MATTHIAS_M.)
 - 27 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MIRABELLENSAFT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:MIRABELLENSAFT)
 - 28 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MUC_AQUARIUS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:MUC_AQUARIUS)
 - 29 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MY_NAME](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:MY_NAME)
 - 30 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:NOWIC](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:NOWIC)
 - 31 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:ORCI](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:ORCI)
 - 32 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:PIGSGRAME](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:PIGSGRAME)
 - 33 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:RELIE86](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:RELIE86)

- 1 ROLAND1952³⁴
- 1 ROLFS³⁵
- 2 SUNDANCE RAPHAEL³⁶
- 1 THEPACKER³⁷
- 1 THOT³⁸
- 1 TROVIDUS³⁹
- 2 TRÖTE⁴⁰
- 1 TSCHÄFER⁴¹
- 1 XAV⁴²
- 1 ZNELOR⁴³

-
- 34 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
ROLAND1952](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ROLAND1952)
 - 35 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
ROLFS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ROLFS)
 - 36 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
SUNDANCE_RAPHAEL](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:SUNDANCE_RAPHAEL)
 - 37 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
THEPACKER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:THEPACKER)
 - 38 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
THOT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:THOT)
 - 39 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
TROVIDUS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:TROVIDUS)
 - 40 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
TR%C3%B6TE](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:TR%C3%B6TE)
 - 41 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
TSCH%C3%A4FER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:TSCH%C3%A4fer)
 - 42 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
XAV](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:XAV)
 - 43 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
ZNELOR](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ZNELOR)

Abbildungsverzeichnis

- GFDL: Gnu Free Documentation License.
<http://www.gnu.org/licenses/fdl.html>
- cc-by-sa-3.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
- cc-by-sa-2.5: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>
- cc-by-sa-2.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>
- cc-by-sa-1.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 1.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0/>
- cc-by-2.0: Creative Commons Attribution 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>
- cc-by-2.0: Creative Commons Attribution 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.en>
- cc-by-2.5: Creative Commons Attribution 2.5 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/deed.en>
- cc-by-3.0: Creative Commons Attribution 3.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en>
- GPL: GNU General Public License.
<http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.txt>

- PD: This image is in the public domain.
- ATTR: The copyright holder of this file allows anyone to use it for any purpose, provided that the copyright holder is properly attributed. Redistribution, derivative work, commercial use, and all other use is permitted.
- EURO: This is the common (reverse) face of a euro coin. The copyright on the design of the common face of the euro coins belongs to the European Commission. Authorised is reproduction in a format without relief (drawings, paintings, films) provided they are not detrimental to the image of the euro.
- LFK: Lizenz Freie Kunst. <http://artlibre.org/licence/lal/de>
- CFR: Copyright free use.
- EPL: Eclipse Public License. <http://www.eclipse.org/org/documents/epl-v10.php>

1	TORSTEN HENNING ⁴⁴	PD
2	TORSTEN HENNING ⁴⁵	PD
3	TORSTEN HENNING ⁴⁶	PD
4	TORSTEN HENNING ⁴⁷	PD
5		PD
6		PD
7	PHROOD ⁴⁸	PD
8		PD
9		PD
10		PD
11		PD
12		PD
13		PD
14		PD
15		PD
16	Arthur Jan Fijałkowski	GFDL
17	BENEDIKT.SEIDL ⁴⁹	cc-by-sa-3.0
18	TFAUB ⁵⁰	PD
19		PD
20		PD
21		PD
22		PD
23		PD
24		PD

44 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADrTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

45 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADrTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

46 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADrTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

47 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADrTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

48 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3APHROOD](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3Aphrood)

49 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ABENEDIKT.SEIDL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ABenedikt.Seidl)

50 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATFAUB](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATfaub)

25		PD
26	SØREN WEDEL NIELSEN ⁵¹	GFDL
27		PD
28	SØREN WEDEL NIELSEN ⁵²	GFDL
29	SØREN WEDEL NIELSEN ⁵³	GFDL
30		PD
31	NASA	PD
32	<ul style="list-style-type: none"> ELECTRON_SHELL_011_SODIUM.SVG⁵⁴: PUMBAA⁵⁵ (original work by GREG ROBSON⁵⁶) derivative work: MATT⁵⁷ (TALK⁵⁸) 	cc-by-sa-2.0
33	<ul style="list-style-type: none"> TECLUBRENNER.SVG⁵⁹: BENE-DIKT.SEIDL⁶⁰ derivative work: MATT⁶¹ (TALK⁶²) 	cc-by-sa-3.0

51 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASWN](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3ASWN)

52 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASWN](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3ASWN)

53 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASWN](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3ASWN)

54 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3AELECTRON_SHELL_011_SODIUM.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3AElectron_SHELL_011_Sodium.SVG)

55 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3APUMBAA80](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3APumbaa80)

56 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AGREGROBSON](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AGregRobson)

57 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AMatthias%20M.)

58 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User:20Talk%3AMatthias%20M.)

59 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3ATECLUBRENNER.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3ATEclubrenner.SVG)

60 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ABENEDIKT.SEIDL](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3ABenedikt.Seidl)

61 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AMatthias%20M.)

62 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User:20Talk%3AMatthias%20M.)

34	Original uploader was WÄCHTER ⁶³ at DE.WIKIPEDIA ⁶⁴	GFDL
35	DADADDY ⁶⁵	GFDL
36	Original uploader was TALOS ⁶⁶ at DE.WIKIPEDIA ⁶⁷ (Original text : TALOS ⁶⁸ 13:40, 7. Okt 2006 (CEST))	GFDL
37	TUBIFEX ⁶⁹	GFDL
38	ERTUA ⁷⁰	GFDL
39	siegert	PD
40	TUBIFEX ⁷¹	GFDL
41	FK1954 ⁷²	PD
42	USER:SIEGERT ⁷³	PD
43	Siegert	PD
44	USER:SIEGERT ⁷⁴	PD
45	Siegert	PD
46	Siegert	PD
47	siegert	PD
48	DR.T ⁷⁵	GFDL

63 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Ade%3AUser%3AW%E4chter](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3AUser%3AW%E4chter)

64 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

65 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ADadaddy](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADadaddy)

66 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Ade%3AUser%3ATalos](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3AUser%3ATalos)

67 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

68 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Ade%3Abenutzer%3ATalos](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3Abenutzer%3ATalos)

69 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATubifex](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)

70 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Ade%3Abenutzer%3Aertua](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3Abenutzer%3Aertua)

71 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATubifex](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)

72 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3AFK1954](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AFK1954)

73 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ASiegert](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASiegert)

74 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ASiegert](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASiegert)

75 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ADr.T](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADr.T)

49	Siegert	PD
50	USER:SIEGERT ⁷⁶	PD
51	TUBIFEX ⁷⁷	GFDL
52	TUBIFEX ⁷⁸	GFDL
53	YIKRAZUUL ⁷⁹	PD
54	USER:SIEGERT ⁸⁰	PD
55	Siegert	PD
56	USER:SIEGERT ⁸¹	PD
57	Original uploader was RICHARDCORY ⁸² at DE.WIKIPEDIA ⁸³ (Original text : <i>Richardcory</i>)	PD
58	YIKRAZUUL ⁸⁴	PD
59	Siegert	PD
60	Arne Nordmann (NORRO ⁸⁵)	GFDL
61	USER:SIEGERT ⁸⁶	PD
62	Siegert	PD
63	USER:SIEGERT ⁸⁷	PD
64	TUBIFEX ⁸⁸	GFDL
65	USER:SIEGERT ⁸⁹	PD

-
- 76 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)
 - 77 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)
 - 78 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)
 - 79 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AYIKRAZUUL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AYIKRAZUUL)
 - 80 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)
 - 81 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)
 - 82 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Ade%3Auser%3ARICHARDCORY](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3Auser%3ARichardCory)
 - 83 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)
 - 84 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AYIKRAZUUL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AYIKRAZUUL)
 - 85 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ANORRO](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ANORRO)
 - 86 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)
 - 87 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)
 - 88 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)
 - 89 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

66	THE VIEWER ⁹⁰ (David Mülheims)	GFDL
67	THE VIEWER ⁹¹ (David Mülheims)	GFDL
68	TUBIFEX ⁹²	GFDL
69	MATTHIAS M. ⁹³	cc-by-sa-3.0
70	TUBIFEX ⁹⁴	GFDL
71	TUBIFEX ⁹⁵	GFDL
72	TUBIFEX ⁹⁶	GFDL
73	TUBIFEX ⁹⁷	GFDL
74	TUBIFEX ⁹⁸	GFDL
75	TUBIFEX ⁹⁹	GFDL
76	TUBIFEX ¹⁰⁰	GFDL
77	TUBIFEX ¹⁰¹	GFDL
78	<ul style="list-style-type: none"> • TITRAGE.SVG¹⁰²; USER:LIQUID 2003¹⁰³ • derivative work: MATT¹⁰⁴ (TALK¹⁰⁵) 	cc-by-sa-2.0

-
- 90 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATHE%20VIEWER](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AThe%20viewer)
- 91 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATHE%20VIEWER](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AThe%20viewer)
- 92 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 93 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMatthias%20M.)
- 94 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 95 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 96 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 97 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 98 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 99 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 100 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 101 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATubifex)
- 102 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3ATITRAGE.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Afile%3Atitrage.svg)
- 103 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ALIQUID%202003](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ALiquid%202003)
- 104 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMatthias%20M.)
- 105 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMatthias%20M.)

79	MYSID ¹⁰⁶ (original by QUANTOCKGOBLIN ¹⁰⁷)	PD
80	JÉRÔME ¹⁰⁸	GFDL
81	Original uploader was BEMOEIAL ¹⁰⁹ at NL.WIKIPEDIA ¹¹⁰ Later version(s) were uploaded by ROB HOOFT ¹¹¹ at NL.WIKIPEDIA ¹¹² .	GFDL
82	H PADLECKAS ¹¹³	cc-by-sa-2.5
83	USER:JLEEDEV ¹¹⁴	GFDL
84	Uwe Schwöbel, ANDREAS 06 ¹¹⁵ - SPRICH MIT MIR ¹¹⁶ . Original uploader was ANDREAS 06 ¹¹⁷ at DE.WIKIPEDIA ¹¹⁸	GFDL
85	Tobias R. - Metoc	cc-by-sa-2.5

106 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/USER%3AMYSID](http://de.wikipedia.org/wiki/User:3AMYSID)

107 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AQUANTOCKGOBLIN](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AQUANTOCKGOBLIN)

108 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AJBORME](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AJBORME)

109 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ANL%3AUSER%3ABEMOEIAL](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ANL%3AUser%3ABEMOEIAL)

110 [HTTP://NL.WIKIPEDIA.ORG](http://nl.wikipedia.org)

111 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ANL%3AUSER%3AROB%20HOFT](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ANL%3AUser%3AROB%20HOFT)

112 [HTTP://NL.WIKIPEDIA.ORG](http://nl.wikipedia.org)

113 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AH%20PADLECKAS](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AH%20PADLECKAS)

114 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AJLEEDEV](http://de.wikibooks.org/wiki/User:3AJLEEDEV)

115 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3AANDREAS%2006](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABENUTZER%3AANDREAS%2006)

116 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER_DISKUSSION%3AANDREAS_06](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABENUTZER_DISKUSSION%3AANDREAS_06)

117 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3AUSER%3AANDREAS%2006](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3AUser%3AANDREAS%2006)

118 [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

86	<ul style="list-style-type: none"> • SÄUREN UND LAUGEN - FARBSPEKTRUM VERSCHIEDENER INDIKATOREN.PNG¹¹⁹: :DE:BENUTZER:MARKUSZI¹²⁰ • derivative work: MARKUSZI¹²¹ (TALK¹²²) <p>{{created with CorelDRAW</p>	PD
----	---	----

119 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3AS%E4UREN%20UND%20LAUGEN%20-%20FARBSPEKTRUM%20VERSCHIEDENER%20INDIKATOREN.PNG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3A%20S%C3%A4uren%20und%20Laugen%20-%20Farbspektrum%20verschiedener%20Indikatoren.png)

120 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3Abenutzer%3AMarkuszi)

121 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMarkuszi)

122 [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMarkuszi)