

Inhaltsverzeichnis

1	SICHERHEITSVORSCHRIFTEN	5
1.1	SICHERHEITSVORSCHRIFTEN	5
2	QUALITATIVE ANALYSE	11
2.0.1	NACHWEISREAGENZIEEN	11
2.1	VORPROBEN	13
2.1.1	FLAMMENFÄRBUNG	13
2.1.2	BORAX- UND PHOSPHORSALZPERLE . . .	23
2.1.3	OXIDATIONSSCHMELZE	27
2.1.4	KALIUMHYDROXIDSCHMELZE	29
2.2	AUFSCHLÜSSE	30
2.2.1	SODAAUSZUG	30
2.2.2	SODA-POTTASCHE-AUFSCHLUSS	31
2.2.3	FREIBERGER AUFSCHLUSS	32
2.2.4	SAURER AUFSCHLUSS	33
2.2.5	KALIUMHYDROXIDAUSZUG	34
2.3	NACHWEISREAKTIONEN	35
2.3.1	ANTIMON	35
2.3.2	ALUMINIUM	37
2.3.3	ARSEN	41
2.3.4	BARIUM	50
2.3.5	BISMUT	52
2.3.6	BLEI	55
2.3.7	BOR	58
2.3.8	BORAT	58
2.3.9	CADMIUM	61

2.3.10	CARBONAT	63
2.3.11	CHROM	66
2.3.12	COBALT	71
2.3.13	EISEN	74
2.3.14	HALOGENIDE	82
2.3.15	BROM	89
2.3.16	CHLOR	89
2.3.17	IOD	90
2.3.18	KALIUM	91
2.3.19	KUPFER	93
2.3.20	LITHIUM	99
2.3.21	MAGNESIUM	101
2.3.22	MANGAN	105
2.3.23	MOLYBDÄN	107
2.3.24	NATRIUM	109
2.3.25	NICKEL	113
2.3.26	STICKSTOFF	116
2.3.27	AMMONIUM	117
2.3.28	CYANID	120
2.3.29	PERMANGANAT	132
2.3.30	PHOSPHAT	134
2.3.31	QUECKSILBER	137
2.3.32	SILBER	140
2.3.33	SILICIUM	146
2.3.34	SCHWEFEL	148
2.3.35	VANADIUM	162
2.3.36	ZINK	164
2.3.37	ZINN	169
2.4	KATIONENTRENNUNGSGANG	176
2.4.1	SALZSÄUREGRUPPE	177
2.4.2	SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE	180
2.4.3	AMMONIUMSULFIDGRUPPE	196
2.4.4	AMMONIUMCARBONATGRUPPE	201
2.4.5	KALIUMHYDROXIDAUSZUG	205

3	QUANTITATIVE ANALYSE	207
3.1	TITRIMETRIE	207
3.1.1	MESSGERÄTE	210
3.1.2	ABLESEN	213
3.1.3	KONZENTRATIONSANGABEN	215
3.1.4	VERDÜNNEN	218
3.1.5	TITERBESTIMMUNG	220
3.1.6	SÄURE-BASE-TITRATION	223
4	AUTOREN	227
4.1	TEXT	227
4.1.1	WIKIPEDIA	227
4.2	BILDER	255
5	AUTOREN	257
6	BILDNACHWEIS	261

Lizenz

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported License, see <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

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. Außer-

dem ist nicht jedes Handschuhmaterial für jeden Stoff geeignet.¹ Vor allem Einmalhandschuhe sind vor allem 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!



Abbildung 1: Augenschutz benutzen



Abbildung 2: Handschutz benutzen



Abbildung 3: Schutzkleidung benutzen

¹ BERICHT DER BERUFGENOSSENSCHAFT CHEMIE ÜBER EINEN TÖDLICHEN UNFALL BEI VERWENDUNG UNGEEIGNETER HANDSCHUHE²



Abbildung 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 genau zu informieren. Gefahrstoffe sind stets mit den Gefahrensymbolen und R- UND S-SÄTZEN³ (Risiko und Sicherheit) zu kennzeichnen. Zuverlässige Internetquellen findet man unter WIKIPEDIA:REDAKTION CHEMIE/QUELLEN⁴.

³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/R-%20UND%20S-S%C3%A4tze](http://de.wikipedia.org/wiki/R-%20UND%20S-S%C3%A4tze)

⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WIKIPEDIA%3AREDAKTION%20CHEMIE%2FQUELLEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia%3Aredaktion%20chemie%2Fquellen)



Abbildung 5: explosiv (E)

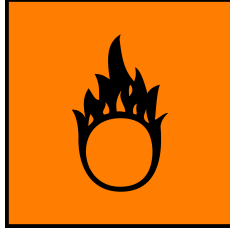


Abbildung 6: brandfördernd (O)



Abbildung 7: leichtentzündlich (F)

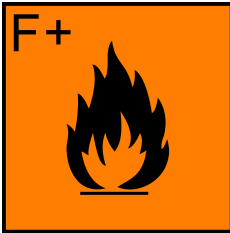


Abbildung 8: hochentzündlich (F+)



Abbildung 9: giftig (T)



Abbildung 10: hochgiftig (T+)



Abbildung 11:
gesundheitsschädlich (Xn)



Abbildung 12:
reizend (Xi)



Abbildung 13:
ätzend (C)



Abbildung 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. Hand-

schuhe), 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 WASSERSTOFF⁵ (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.

⁵[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	KUPFER(II) ³	KUPFER(I) ⁴
Thiocyanat	[Fe(SCN)(H ₂ O) ₅] ²⁺ stierblutrot	[Co ²⁺ (H ₂ O) ₅ (SCN)] ²⁺ pink, nach Extraktion mit Pentanol blau	[Cu(SCN) ₂] schwarz	Cu(SCN) weiß

In ammoniakalischen Lösungen bilden sich folgende Färbungen/Niederschläge mit dem Chelatkomplexbildner DIACETYL-DIOXIM⁵:

NICKEL ⁶	KUPFER ⁷	EISEN(II) ⁸	COBALT ⁹	BISMUT ¹⁰	BLEI ¹¹	PALLADIUM ¹²
himbeerrot	braunrot	rot	braunrot	zitronengelb	weiß	gelblich

¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_EISEN)

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

³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_KUPFER)

⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_KUPFER)

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

⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_NICKEL](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_NICKEL)

⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_KUPFER)

⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_EISEN)

⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_COBALT)

¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_BISMUT](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_BISMUT)

¹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_BLEI](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_BLEI)

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

Blutlaugensalze

	EISEN(II) ¹³	EISEN(III) ¹⁴	KUPFER ¹⁵	ZINK ¹⁶
K₄[Fe(CN)₆] ¹⁷ gelbes Blutlaugensalz		K[Fe ^{III} Fe ^{II} (CN) ₆] BERLINER BLAU ¹⁸	[Cu ₂ [Fe(CN) ₆] ₂] roter Niederschlag	K ₂ Zn ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ weißer Niederschlag
K₃[Fe(CN)₆] ¹⁹ rotes Blutlaugensalz	K[Fe ^{III} Fe ^{II} (CN) ₆] TURNBULLS BLAU ²⁰			Zn ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ gelb-brauner Niederschlag

Iodidlösung

	BLEI ²¹	BISMUT ²²
Iodidlösung	PbI ₂ ↓ gelber Niederschlag	BiI ₃ ↓ schwarzer Niederschlag
Iodidlösung Überschuss	[PbI ₄] ²⁻ farbloser Komplex	[BiI ₄] ⁻ orangefarbener Komplex

¹³ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_EISEN)

¹⁴ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_EISEN)

¹⁵ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KUPFER)

¹⁶ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ZINK)

¹⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT \(II\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat_(II))

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

¹⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT \(III\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat_(III))

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

²¹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BLEI](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BLEI)

²² [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BISMUT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BISMUT)

2.1 Vorproben

2.1.1 Flammenfärbung

Die FLAMMENFÄRBUNG²³ 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 Bundesbrenner 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 Flammtypen 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, 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.

²³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Flammenf%C3%A4rbung)



Abbildung 15:
Bunsenbrenner

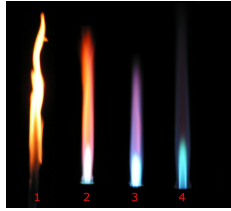


Abbildung 16:
Flammentypen in
Abhängigkeit von
der Luftmenge,
die das Luftventil
passiert:

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

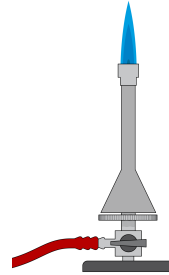


Abbildung 17:
Teclubrenner

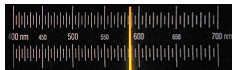


Abbildung 18:
NATRIUM-D-
LINIE²⁴ durch ein
Spektroskop bei
589&nmnbsp;

Man nimmt einen Magnesiastab und glüht diesen 5 Minuten lang im BUNSENBRENNER²⁵ 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

²⁴

²⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUM-D-LINIE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-D-Linie)

²⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BUNSENBRENNER](http://de.wikipedia.org/wiki/Bunsenbrenner)

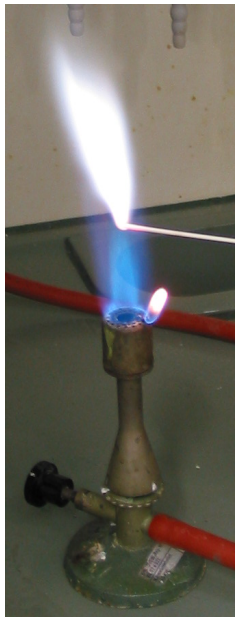


Abbildung 19: AN-
TIMON²⁶, fahlblau



Abbildung 20: AR-
SEN²⁷, fahlblau



Abbildung 21:
BLEI²⁸, fahlblau

²⁶

²⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_ANTIMON)

²⁷

²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_ARSEN](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_ARSEN)

²⁸

²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_BLEI](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_BLEI)

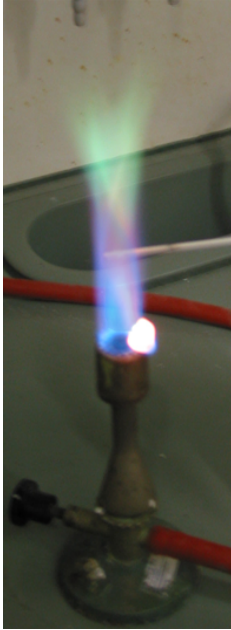


Abbildung 22: Borat (BOR²⁹), kräftig grün



Abbildung 23: CALCIUM³⁰, ziegelrot



Abbildung 24: KALIUM³¹, violett

²⁹

²⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BOR](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BOR)

³⁰

³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_CALCIUM)

³¹

³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KALIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KALIUM)



Abbildung 25:
KUPFER³², grün,
auch blau

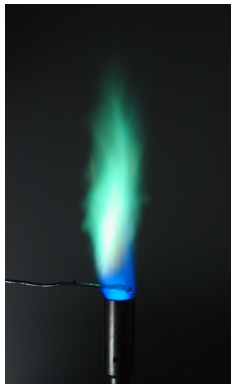


Abbildung 26:
Kupfersulfat, stark
grün



Abbildung 27:
LITHIUM³³,
karminrot

³²

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

³³

³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_LITHIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_LITHIUM)

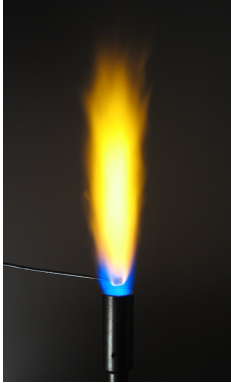


Abbildung 28: Natrium³⁴, gelb

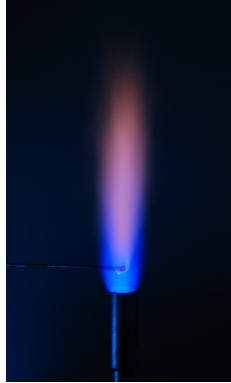


Abbildung 29: Natrium³⁵ durch Cobaltglas



Abbildung 30: Strontium³⁶, rot

³⁴

³⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NATRIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Natrium)

³⁵

³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NATRIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Natrium)

³⁶

³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Strontium)

Spektren

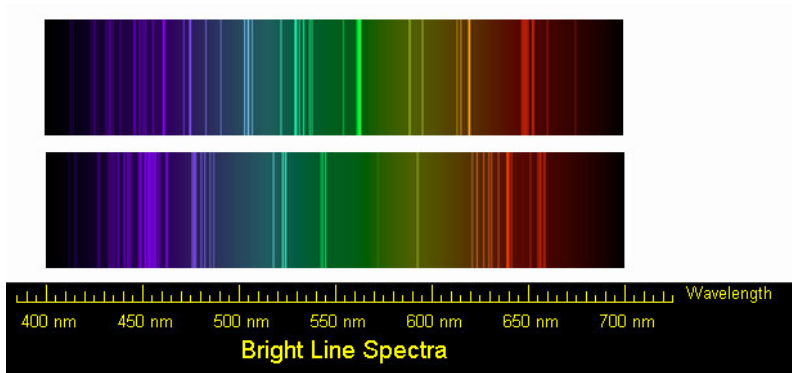


Abbildung 31: zentriert

Erklärung

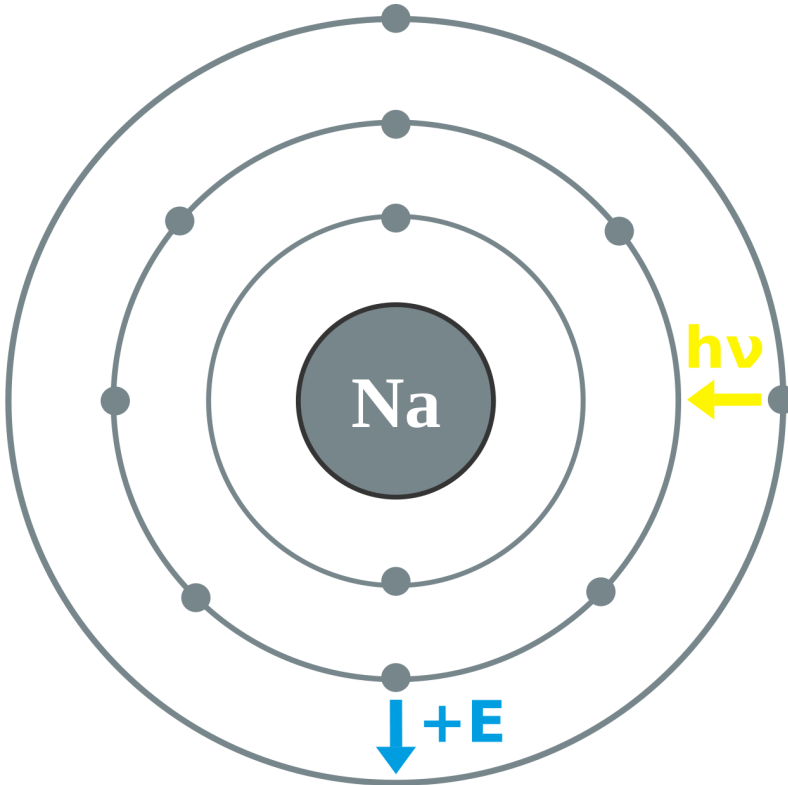


Abbildung 32: Elektronenanhebung und Zurückfallen im Valenzschalenmodell

Durch die Wärmeenergie werden die Elektronen auf ein höheres Energieniveau befördert (ANGEREGETER ZUSTAND³⁷). Diese Energie geben sie aber oft schnell wieder ab und fallen auf ihr vorheriges Niveau zurück. Die Energie, die sie abgeben, wird in Form von Licht

³⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ANGEREGETER%20ZUSTAND](http://de.wikipedia.org/wiki/angeregter%20zustand)

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 LINIENSPEKTREN³⁸ 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 100% auf das Ergebnis verlassen, sondern es eher als Hinweis sehen und versuchen die Indizien durch spezifische Nachweisreaktionen zu erhärten.

³⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LINIENSPEKTRUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Linienspektrum)

Durchführung

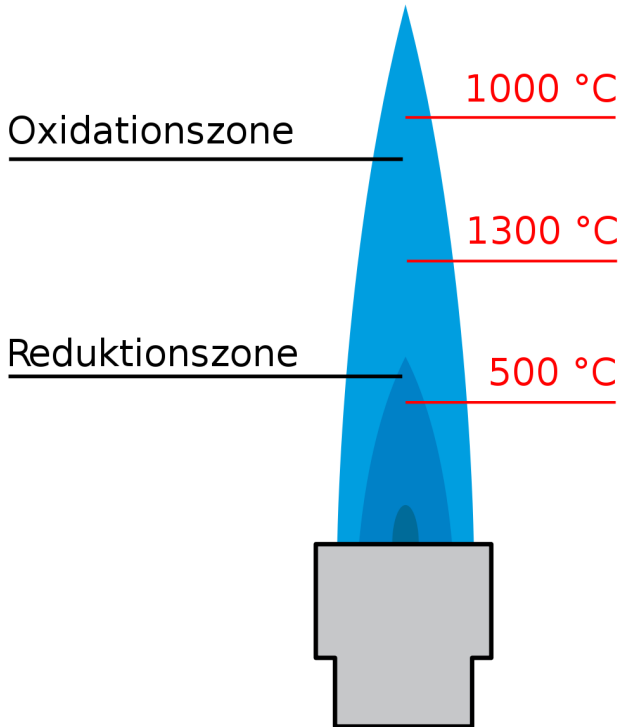


Abbildung 33: äußerste Spitze des inneren Flammenkegels wirkt reduzierend, gesamte äußere Flammenkegel ist Oxidationszone

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 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ NATRIUMAMMONIUMHYDROGENPHOS-

PHAT³⁹ oder $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ BORAX⁴⁰ (Natriumtetraborat) und schmilzt diese in der Bunsenbrennerflamme, nimmt wieder ein wenig Salz und schmilzt weiter, bis man zu einer möglichst gleichmäßigen, durchsichtigen Perle gelangt. Diese stipt 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				Reduktionsflamme			
	Phosphorsalz		Borax		Phosphorsalz		Borax	
	heiß	kalt	heiß	kalt	heiß	kalt	heiß	kalt
CHROM ⁴¹	dunkelgelb	grün	grün	grün	grün	grün	grün	grün
MANGAN ⁴²	violett	violett	violett	violett	farblos	farblos	farblos	farblos
EISEN ⁴³	gelbrot	gelb	gelbrot	gelbrot	grünlich	grünlich	orange	grün
COBALT ⁴⁴	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau
NICKEL ⁴⁵	rotbraun	gelb	rotbraun	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
KUPFER ⁴⁶	grün	blaugrün	grün	blaugrün	farblos	lackrot	grünlich	lackrot

³⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumhydrogenphosphat)

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

⁴¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Chrom)

⁴²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Mangan)

⁴³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Eisen)

⁴⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Cobalt)

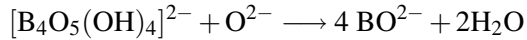
⁴⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20NICKEL](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Nickel)

⁴⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Kupfer)

Erklärung

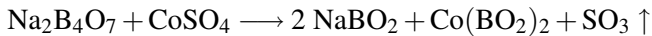
Boraxperle

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 Natriummetaborat, Cobaltmetaborat und Sulfid

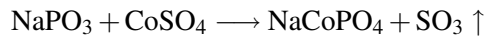
Phosphorsalzperle

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.



Natriumammoniumhydrogenphosphat reagiert zu Natriumphosphat, Ammoniak und Wasser

Bei der Reaktion mit Sulfaten ergibt sich folgende Reaktionsgleichung



Natriummetaphosphat und Cobaltsulfat reagieren zu Natriumcobaltphosphat und Schwefeltrioxid

2.1.3 Oxidationsschmelze



Abbildung 34: blaugrün: Manganat;
gelb: Chromat

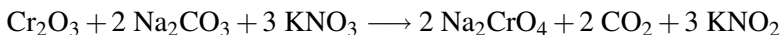
Die Oxidationsschmelze eignet sich als Nachweis für CHROM⁴⁷ und MANGAN⁴⁸ und wird auch als Aufschluss für säureschwerlösliche Stoffe verwendet.

Durchführung

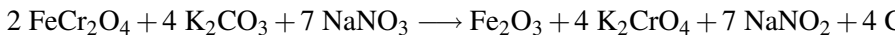
Die Substanz wird sehr fein gepulvert, mit der dreifachen Menge einer 1:1-Mischung von Soda (NATRIUMCARBONAT⁴⁹) und Kalisalpeter (KALIUMNITRAT⁵⁰) vollständig vermischt und im Porzellantiegel oder auf der Magnesiarinne vorsichtig zur Schmelze gebracht.

Erklärung

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



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



⁴⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Chrom)

⁴⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Mangan)

⁴⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumcarbonat)

⁵⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumnitrat)

2.1.4 Kaliumhydroxidschmelze

Die Oxidationsschmelze eignet sich als Nachweis bzw. Vorprobe für MANGAN⁵¹. Sie kann auch als Aufschluss in größerem Maßstab im Nickeltiegel durchgeführt werden.

Durchführung

Die Substanz wird mit einem Kaliumhydroxid-Plätzen 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 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).

⁵¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Mangan)

2.2 Aufschlüsse

2.2.1 Sodaauszug

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 Reagenzglasern 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.

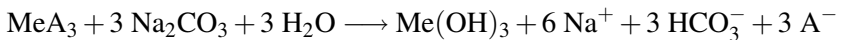
Erklärung

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 Tiegelmaterial 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 (NATRIUMCARBONAT⁵²) und Pottasche (KALIUMCARBONAT⁵³) 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

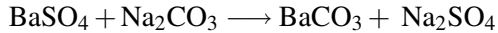
⁵²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumcarbonat)

⁵³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCARBONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumcarbonat)

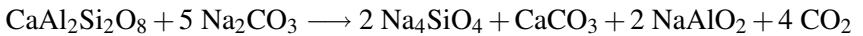
waschen, bis das Filtrat sulfatfrei ist (keine Trübung von Bariumchloridlösung mehr).

Erklärung

Erdalkalisulfate werden in Carbonate überführt:



Schwerlösliche Silikate werden in lösliches Natriumsilikat überführt:



2.2.3 Freiburger Aufschluss

Mit dem Freiburger Aufschluss ist ein Aufschluss für ZINN(IV)-OXID⁵⁴ (SnO_2 , Zinnstein). Zinn bildet ein leichtlösliches Thiostanat. Er kann aber auch zum Aufschluss anderer Metalloxide, die leichtlösliche Thioverbindungen bilden, verwendet werden.

Durchführung

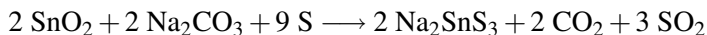
Die Substanz, normalerweise der in Salzsäure unlösliche Rückstand, wird im bedeckten Porzellantiegel mit der sechsfachen Menge eines Gemisches aus Schwefel und wasserfreiem Natriumcarbonat (1:1) geschmolzen. Während der Reaktion entsteht Schefeldioxid und Kohlendioxid. Hört die Gasentwicklung auf, ist die Reaktion

⁵⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN\(IV\)-OXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn(IV)-oxid)

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



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 KALIUMHYDROGENSULFAT⁵⁵ 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

⁵⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROGENSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhydrogensulfat)

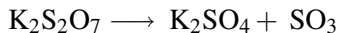
gelöst werden (Bildung von Tetrahydroxyluminat). Der entstandene Komplex kann durch Säure als Aluminiumhydroxid gefällt werden.

Erklärung

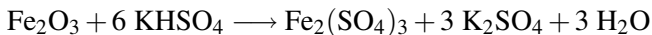
Das eigentliche Aufschlussreagens ist das in der Hitze entstehende Kaliumdisulfat und das sich daraus entwickelnde Schwefeltrioxid. Bei ca. 250 °C bildet sich zunächst aus Kaliumhydrogensulfat Kaliumdisulfat (Pyrosulfat):



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 AMMONIUMSULFIDFÄLLUNG⁵⁶ 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

⁵⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20anorganische%20chemie/%20ammoniumsulfidgruppe)

[20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20anorganische%20chemie/%20ammoniumsulfidgruppe)

Kupfer, Bismut, Nickel, Cobalt, Eisen und Mangan unter Bildung schwerlöslicher Hydroxide aus. In Lösung verbleiben. ANTIMON⁵⁷, ZINN⁵⁸, ALUMINIUM⁵⁹, ZINK⁶⁰ und CHROM⁶¹, die nun mit spezifischen Nachweisreaktionen nachgewiesen werden können.

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.

⁵⁷ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Antimon)

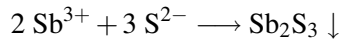
⁵⁸ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ZINN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Zinn)

⁵⁹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ALUMINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Aluminium)

⁶⁰ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Zink)

⁶¹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Chrom)

Erklärung



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

Eisennagelprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ⁶²
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 Marshscher Probe

Alternativ kann auch die **MARSHSCHE PROBE**⁶³ direkt aus der Ursubstanz durchgeführt werden.

2.3.2 Aluminium

ALUMINIUM⁶⁴ Aluminium kommt in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE⁶⁵ vor und fällt nach dem Alkalisturz als farbloses Hydroxid aus. Alternativ kann man auch einen KALIUMHYDROXIDAUSZUG⁶⁶ versuchen und das Aluminium dort fällen.

Nachweis als Cobaltaluminat

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

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Entstehung eines MISCHPHASENOXIDPIGMENTS ⁶⁷
pH	egal
Indikation	blaue Schmelze

⁶³ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MARSHSCHE%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Marshsche%20Probe)

⁶⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ALUMINIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium)

⁶⁵ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE)

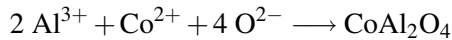
⁶⁶ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KALIUMHYDROXIDAUSZUG](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KALIUMHYDROXIDAUSZUG)

Durchführung

Auf eine Magnesiumrinne wird wenig Analysesubstanz und darauf ein paar Tropfen einer verdünnten COBALTNITRATLÖSUNG⁶⁸ gegeben. Ist die Schmelze nach dem Glühen im Bunsenbrenner blau, war Aluminium in der Probe.

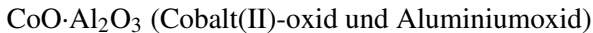
Erklärung

THÉNARDS BLAU⁶⁹



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

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 SALZSÄURE⁷⁰ versetzen, um eventuell vorhandenes

⁶⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALTNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobaltnitrat)

⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TH%C3%A9NARDS%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9nards%20blau)

⁷⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

Aluminium zu lösen. Anschließend mit KALIUMHYDROXID⁷¹ stark alkalisch machen. Nun mit etwas Morin-Lösung versetzen und mit Eisessig (konzentrierte ESSIGSÄURE⁷²) ansäuern. Unter der UV-Lampe sollte die Lösung nun stark grün fluoreszieren. Hinweis: unbedingt Blindprobe machen und vergleichen, da MORIN⁷³ auch eine gewisse Eigenfluoreszenz hat.

Erklärung

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

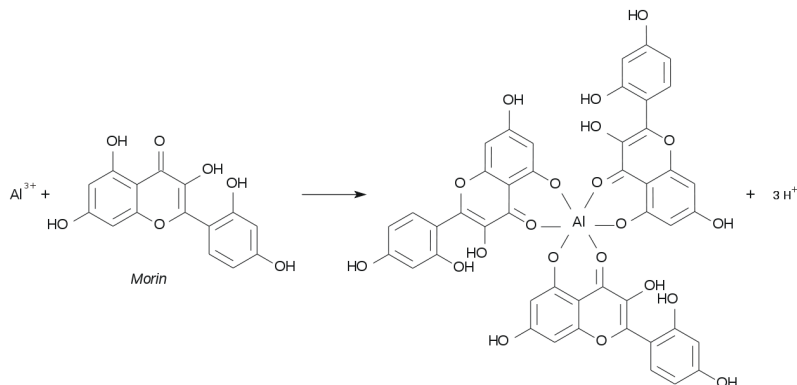


Abbildung 35

⁷¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhydroxid)

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

⁷³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MORIN \(CHEMISCHE%20SUBSTANZ\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Morin)

Nachweis als Alizarin-S-Farblack

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

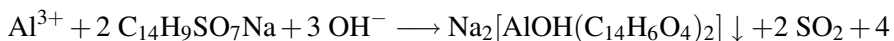
Eine saure Lösung mit Aluminium-Ionen wird mit möglichst wenig Kaliumhydroxid basisch gemacht und zentrifugiert. 1 Tropfen des Zentrifugats wird auf der Tüpfelpalette oder auf dem Objektträger mit 1 Tropfen 0,1%ige Natriumalizarinsulfonatlösung (**Alizarin S**) versetzt und 1 mol/l Essigsäure bis zum 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

ARSEN⁷⁴ Arsen fällt in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE⁷⁵ als gelbes Arsensulfid aus.

Nachweis mittels Marhscher Probe

Man sollte unbedingt die **MARSHSCHE PROBE**⁷⁶ 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.

Nachweis mittels Bettendorfsche Probe

BETTENDORFSCHE PROBE⁷⁷

⁷⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsen)

⁷⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Schwefelwasserstoffgruppe)

⁷⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MARSHSCHE%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Marhsche%20Probe)

⁷⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20BETTENDORFSCHES%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Bettendorfsche%20Probe)

Nachweis mittels Gutzeitsche Probe

GUTZEITSCHES PROBE⁷⁸

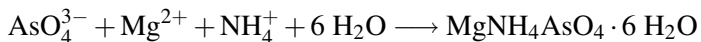
Nachweis mittels Fleitmannsche Probe

FLEITMANNSCHE PROBE⁷⁹

Arsenat-Nachweis mit Magnesiumsalz

ARSENAT⁸⁰-Ionen ähneln dem PHOSPHAT⁸¹-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:



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

⁷⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20GUTZEITSCHES%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Gutzeitsche%20Probe)

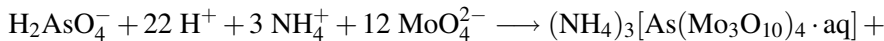
⁷⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20FLEITMANNSCHE%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Fleitmannsche%20Probe)

⁸⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenat)

⁸¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20PHOSPHAT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Phosphat)

Arsenatnachweis mit Molybdatlösung

Eine weitere, dem Phosphatnachweis ähnliche Nachweisreaktion von Arsenat in wässriger Lösung ist die Fällung mit AMMONIUM-MOLYBDAT⁸². 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	REDOXREAKTION ⁸³
pH	<7 salzsauer
Indikation	schwarzer Niederschlag / Braunfärbung der Lösung

Gefahrstoffwarnung!

Durchführung

Bei der Bettendorfschen Probe wird die reduzierende Wirkung des ZINN(II)-CHLORID⁸⁴s ausgenutzt. Dieser Nachweis ist innerhalb der ARSENGRUPPE⁸⁵ spezifisch für ARSEN⁸⁶. Es werden 5 Tropfen

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

⁸⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN\(II\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn(II)-chlorid)

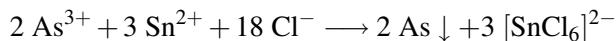
⁸⁵ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_)

SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE%23ARSEN-ZINN-GRUPPE

⁸⁶ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_ARSEN](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_arsen)

der Probelösung auf einem Uhrglas mit 3 Tropfen verdünntem AMMONIAKWASSER⁸⁷, 1 Tropfen 30%-igem WASSERSTOFFPEROXID⁸⁸ und 3 Tropfen 0,1 molarer MAGNESIUMCHLORID⁸⁹lösung 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 ETHER⁹⁰ oder AMYLALKOHOL⁹¹ 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.

⁸⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAKWASSER](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniakwasser)

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

⁸⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAGNESIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Magnesiumchlorid)

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

⁹¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMYLALKOHOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Amylalkohol)

Nachweis von Arsen und Antimon mittels Fleitmannscher Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ⁹²
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 KALIUMHYDROXID⁹³ und ALUMINIUM⁹⁴pulver erhitzt. Eventuell entstehender Schwefelwasserstoff wird mit BLEI(II)-ACETAT⁹⁵lösung (auf einem Wattebausch in der Mündung des Reagenzglases) abgefangen. Die Öffnung des Kolbens wird mit einem Filterpapier bedeckt, das mit SILBERNITRATLÖSUNG⁹⁶ oder QUECKSILBER(II)-CHLORID⁹⁷lösung 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 PROBE⁹⁸.

⁹³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhydroxid)

⁹⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ALUMINIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Aluminium)

⁹⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI\(II\)-ACETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Blei(II)-acetat)

⁹⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERNITRATL%C3%B6SUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Silbernitratl%C3%B6sung)

⁹⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER\(II\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber(II)-chlorid)

⁹⁸ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_GUTZEITSCHEN%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Gutzeitsche%20probe)



Arsen(III)-Ionen reagieren mit Aluminium im alkalischen Medium zu ARSENWASSERSTOFF⁹⁹ und zum Tetrahydroxoaluminat(III)-Ion.



Arsenwasserstoff reagiert mit Quecksilber(II)-chlorid zum braunefärbten Arsenmercurid und CHLORWASSERSTOFF¹⁰⁰.

Nachweis von Arsen und Antimon mittels Gutzeitscher Probe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ¹⁰¹
pH	<7 schwefelsauer
Indikation	Gelbfärbung, anschließende Schwärzung

Gefahrstoffwarnung!

Durchführung

Etwas Ursubstanz wird in einem kleinem Erlenmeyerkolben mit einer ZINK¹⁰²granalie und etwas SCHWEFELSÄURE¹⁰³ versetzt. Der

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

¹⁰⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlorwasserstoff)

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

¹⁰³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELSÄURE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelsaeure)

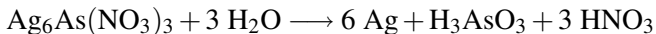
Kolben wird mit einem Wattebausch verschlossen und auf seine Öffnung ein Filterpapier mit etwas festem SILBERNITRAT¹⁰⁴ und einigen Tropfen Wasser gelegt. Durch ARSENWASSERSTOFF¹⁰⁵ kommt es zur Gelbfärbung des Nitrats und anschließender Schwärzung durch elementares Silber.

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	REDOXREAKTION ¹⁰⁶
pH	<7 salzsauer
Indikation	orange Flamme, schwarzer Spiegel

¹⁰⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILBERNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Silbernitrat)

¹⁰⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenwasserstoff)

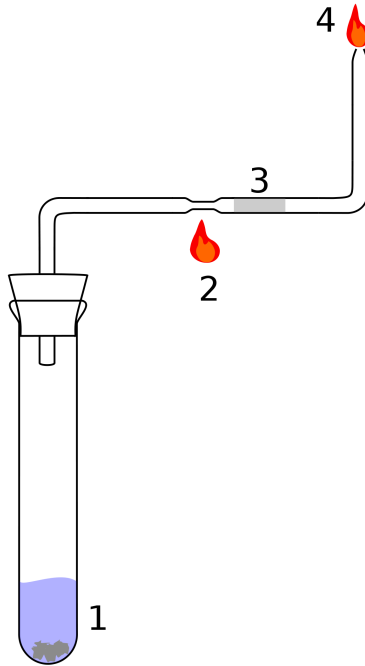
Gefahrstoffwarnung! ☠

Abbildung 36: Aufbau

Die MARSHSCHE PROBE¹⁰⁷ 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 gerichtsmedizinische Nachweis für das hochgiftige Arsen war. Es eignet sich gut als Vorprobe aus der Ursubstanz.

¹⁰⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MARSHSCHE%20PROBE](http://de.wikipedia.org/wiki/Marshsche_Probe)

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 Gasmisch ist brennbar, 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 KNALLGASPROBE¹⁰⁸ 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".

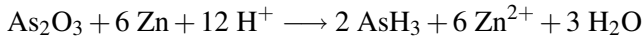
Um nun zu prüfen ob Antimon oder Arsen in der Probe ist, gibt man eine ammoniakalische Wasserstoffperoxid-Lösung auf den schwarzen Spiegel. Arsen löst sich, Antimon nicht. Man kann den schwarzen Spiegel auch weiter untersuchen um zweifelsfrei Arsen nachzuweisen. Dafür erhitzt man die Lösung um Wasserstoffperoxid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

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

wasserstoff. ARSEN¹⁰⁹ fällt dabei als gelbes Arsensulfid und kann weiter untersucht werden.

Erklärung

Der Nachweis beruht darauf, dass Zink und Säure NASZIERENDEN¹¹⁰ (sehr reaktiven) Wasserstoff bilden, der sofort mit ARSENIK¹¹¹ den ARSENWASSERSTOFF¹¹² 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

BARIUM¹¹³

2.3.4 Barium

Barium verbleibt im Trennungsgang in der AMMONIUMCARBONATGRUPPE¹¹⁴. Es lässt sich wie die meisten Erdalkalitionen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG¹¹⁵ aufspüren.

¹⁰⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ARSEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Arsen)

¹¹⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NASZIERENDER%20STOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Naszierender%20Stoff)

¹¹¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ARSENIK](http://de.wikipedia.org/wiki/Arsenik)

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

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

¹¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_](http://de.wikibooks.org/wiki/../_)

AMMONIUMCARBONATGRUPPE

¹¹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Flammenf%C3%A4rbung)

Nachweis als Bariumsulfat

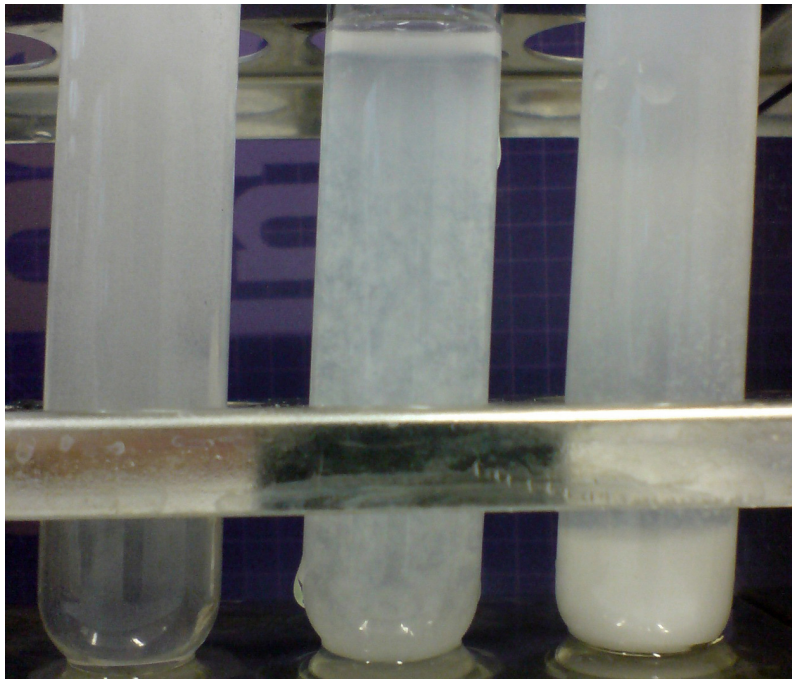


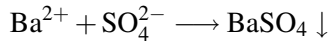
Abbildung 37: 1. Bariumhydroxid, 2. Bariumcarbonat, 3. Bariumsulfat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ¹¹⁶
pH	egal
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Zur Probelösung wird Sulfatlösung (z.B. verdünnte SCHWEFEL-SÄURE¹¹⁷) geben. Mit Ba²⁺ entsteht ein weißer Niederschlag.

Erklärung



Bariumkationen und Sulfatanionen reagieren zum weißen BARIUMSULFAT¹¹⁸.

Störung

CALCIUM¹¹⁹ und STRONTIUM¹²⁰ stören.

2.3.5 Bismut

Nachweis als Bismutiodid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion, Komplexbildung
pH	<7 HNO ₃ oder H ₂ SO ₄
Indikation	schwarzer Niederschlag, orange Lösung

¹¹⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

¹¹⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumsulfat)

¹¹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/._/CALCIUM)

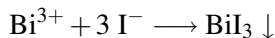
¹²⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/._/STRONTIUM)

Durchführung

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

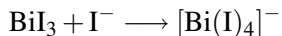
Erklärung

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

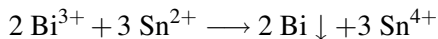
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	6,5-8
Indikation	schwarzer Niederschlag

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	KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ¹²¹
pH	<7 HNO ₃
Indikation	zitronengelber Komplex

Durchführung

Zum Nachweis aus der Ursubstanz kann man die "Bismutrutsche" mit THIOHARNSTOFF¹²² 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 NATRIUMFLUORID¹²³, welches mit ALUMINIUM¹²⁴ und

¹²²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOHARNSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Thioharnstoff)

¹²³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumfluorid)

¹²⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ALUMINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ALUMINIUM)

EISEN¹²⁵ ein Komplex bildet, nun NATRIUMCHLORID¹²⁶, welches SILBER¹²⁷ und QUECKSILBER¹²⁸ fällt, es folgt KALIUMNATRIUMTARTRAT¹²⁹, das mit ANTIMON¹³⁰ und ZINN¹³¹ ein Komplex bildet und schließlich Thioharnstoff als eigentliche Nachweisreagenz. Nun hält man das Filterpapier schräg und tropft verdünnte SALPETERSÄURE¹³² 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

¹²⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../../EISEN)

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

¹²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../SILBER](http://de.wikibooks.org/wiki/../../SILBER)

¹²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../QUECKSILBER](http://de.wikibooks.org/wiki/../../QUECKSILBER)

¹²⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMNATRIUMTARTRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumnatriumtartrat)

¹³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/../../ANTIMON)

¹³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../ZINN](http://de.wikibooks.org/wiki/../../ZINN)

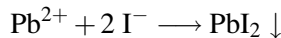
¹³²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

Durchführung

Gefahrstoffwarnung! ☠ Gibt man zur der Analysenlösung etwas KALIUMIODID¹³³ so entsteht ein voluminöser gelber Niederschlag, der sich im Überschuss von Iodidlösung wieder löst.

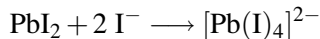
Die Verbindung lässt sich auch Umkristallisieren: dafür erhitzt man die Lösung mit einem Bunsenbrenner, so dass das BLEI(II)-IODID¹³⁴ wieder in Lösung geht. Nach dem Abkühlen fällt das Bleiiodid wieder in gelben glitzernden Plättchen aus.

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

¹³³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMIODID](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMIODID)


¹³⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI\(II\)-IODID](http://de.wikipedia.org/wiki/BLEI(II)-IODID)

gestört, daher müssen diese vorher abgetrennt werden. Im Kationentrennungsgang erfolgt dies in der SALZSÄUREGRUPPE¹³⁵ und in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹³⁶.

Nachweis als Bleichromat

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

Durchführung

Gefahrstoffwarnung!  Bei Versetzen einer Blei(II)-Ionenhaltigen Lösung mit KALIUMCHROMAT¹³⁷ kommt es zur Bildung eines gelben, in ESSIGSÄURE¹³⁸ und AMMONIAK¹³⁹ unlöslichen, jedoch in NATRONLAUGE¹⁴⁰ und SALPETERSÄURE¹⁴¹ 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

¹³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/_SALZS%C3%A4UREGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/_Salzs%C3%A4uregruppe)

¹³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/_Schwefelwasserstoffgruppe)

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

¹³⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%C3%A4ure)

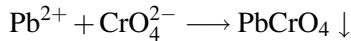
¹³⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAK](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniak)

¹⁴⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

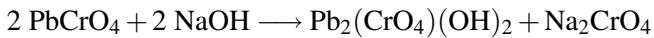
¹⁴¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

löst, entsteht. Beim Behandeln mit etwas Natronlauge bildet sich rotes, basisches Bleichromat.

Erklärung



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

BOR¹⁴² Bor kommt im anorganischen Praktikum als Borat BO_3^{2-} vor.

2.3.8 Borat

BORATE¹⁴³ Die Standardreagenz dieser Stoffklasse ist BORAX¹⁴⁴ (Natriumborat), ein weißes bis gräulich gefärbtes Salz.

¹⁴²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Bor)

¹⁴³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BORATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Borate)

¹⁴⁴[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! 

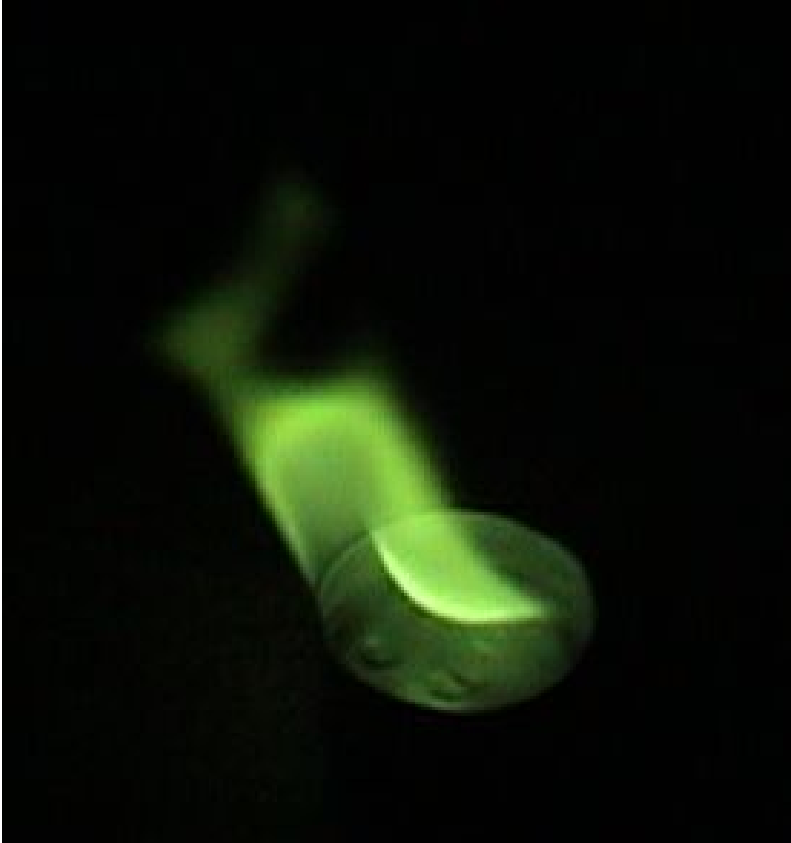
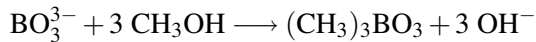


Abbildung 38: Boratflamme

Die Analysensubstanz wird mit METHANOL¹⁴⁵ 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.

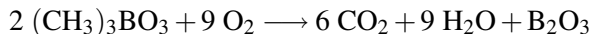
¹⁴⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHANOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Methanol)

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

CADMIUM¹⁴⁶

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 SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁴⁷ zu

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

¹⁴⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE)

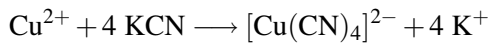
trennen. Insbesondere KUPFER¹⁴⁸ionen stören hier diesen Nachweis und müssen zuvor mit giftigem Kaliumcyanid „maskiert“ werden.

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 ZYANKALI¹⁴⁹ (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 BLAUSÄURE¹⁵⁰ (HCN-Gas)! Bei der Entsorgung beachten – mit konz. WASSERSTOFFPEROXID¹⁵¹ entgiften!). Wenn man bis zur vollständigen Entfärbung KCN zugegeben hat, kann man dann mit einer Sulfid-Lösung das gelbe CADMIUMSULFID¹⁵² CdS ausfällen, ohne dass schwarzes Kupfer(II)-sulfid stört.

Erklärung



¹⁴⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KUPFER)

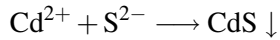
¹⁴⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZYANKALI](http://de.wikipedia.org/wiki/ZYANKALI)

¹⁵⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLAUS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/BLAUS%C3%A4URE)

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

¹⁵²[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	VERDRÄNGUNGSREAKTION ¹⁵³
pH	<7 salzsauer
Indikation	getrübbtes Barytwasser

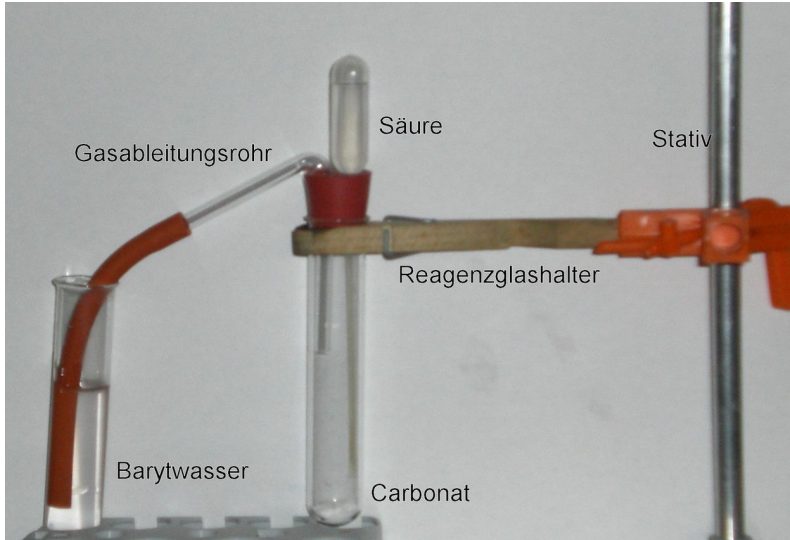


Abbildung 39: Mögliche Versuchsanordnung

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 BARYTWASSER¹⁵⁴ geleitet, z. B. über eine Rohrkonstruktion. Einfacher ist es, ein Gärröhrchen (Carbonatröhrchen), das an dem einen

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

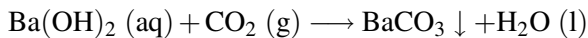
Ende in einem durchbohrten Stopfen steckt, mit Kalk- oder Barytwasser zu füllen und mit Stopfen auf das Reagenzglas mit Säure und Analysensubstanz zu stecken. Der Nachweis ist positiv wenn sich eine weiße Trübung von Calcium- bzw. Bariumcarbonat bildet.

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



Bariumhydroxid und Kohlenstoffdioxid reagieren zu Bariumcarbonat und Wasser

Störung

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

2.3.11 Chrom

CHROM¹⁵⁵ Chrom kommt in den klassischen Trennungsgängen in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁵⁶ im alkalischen Sturz vor und kann auch im KALIUMHYDROXIDAUSZUG¹⁵⁷ 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. WASSERSTOFFPEROXIDLÖSUNG¹⁵⁸) gelbe CHROMATLÖSUNGEN¹⁵⁹, die im Säuren 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.

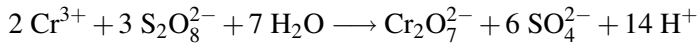
¹⁵⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROM](http://de.wikipedia.org/wiki/Chrom)

¹⁵⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE)

¹⁵⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KALIUMHYDROXIDAUSZUG](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KALIUMHYDROXIDAUSZUG)

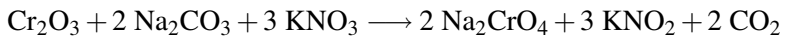
¹⁵⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

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



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

Bei der OXIDATIONSSCHMELZE¹⁶⁰ 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 gelb-farbigem Natriumchromat, Kaliumnitrit und Kohlenstoffdioxid.

Auch bei den Vorproben tritt beim Schmelzen der SALZPERLE MIT PHOSPHORSALZ ODER BORAX¹⁶¹ eine charakteristisch grüne Färbung mit Chrom(III)-Ionen auf.

Mit Bariumsalzen entsteht ein orangefarbenes BARIUMCHROMAT¹⁶². Hierfür wird alkalische Chromatlösung mit EISESSIG¹⁶³ sauer gemacht (pH 3-5) und mit NATRIUMACTETAT¹⁶⁴ gepuffert. Anschließend kann mit BARIUMCHLORID¹⁶⁵ ausgefällt werden. Bariumchromat löst sich in HCl wieder.

¹⁶⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_OXIDATIONSSCHMELZE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_OXIDATIONSSCHMELZE)

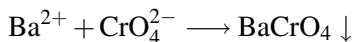
¹⁶¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE)

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

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

¹⁶⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMACTETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/NATRIUMACTETAT)

¹⁶⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/BARIUMCHLORID)



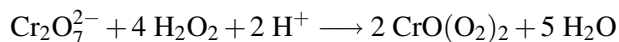
Bariumsalzen fällen CHROMATE¹⁶⁶ als orangefarbenes Bariumchromat

Nachweis als Chrompentoxid

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

Durchführung

Gefahrstoffwarnung! ☠ Die Lösung muss salpetersauer sein. Sie wird im Reagenzglas mit ETHER¹⁶⁷ überschichtet, mit einigen Tropfen WASSERSTOFFPEROXID¹⁶⁸ (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.

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

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

¹⁶⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

COBALT¹⁶⁹

¹⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALT](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobalt)

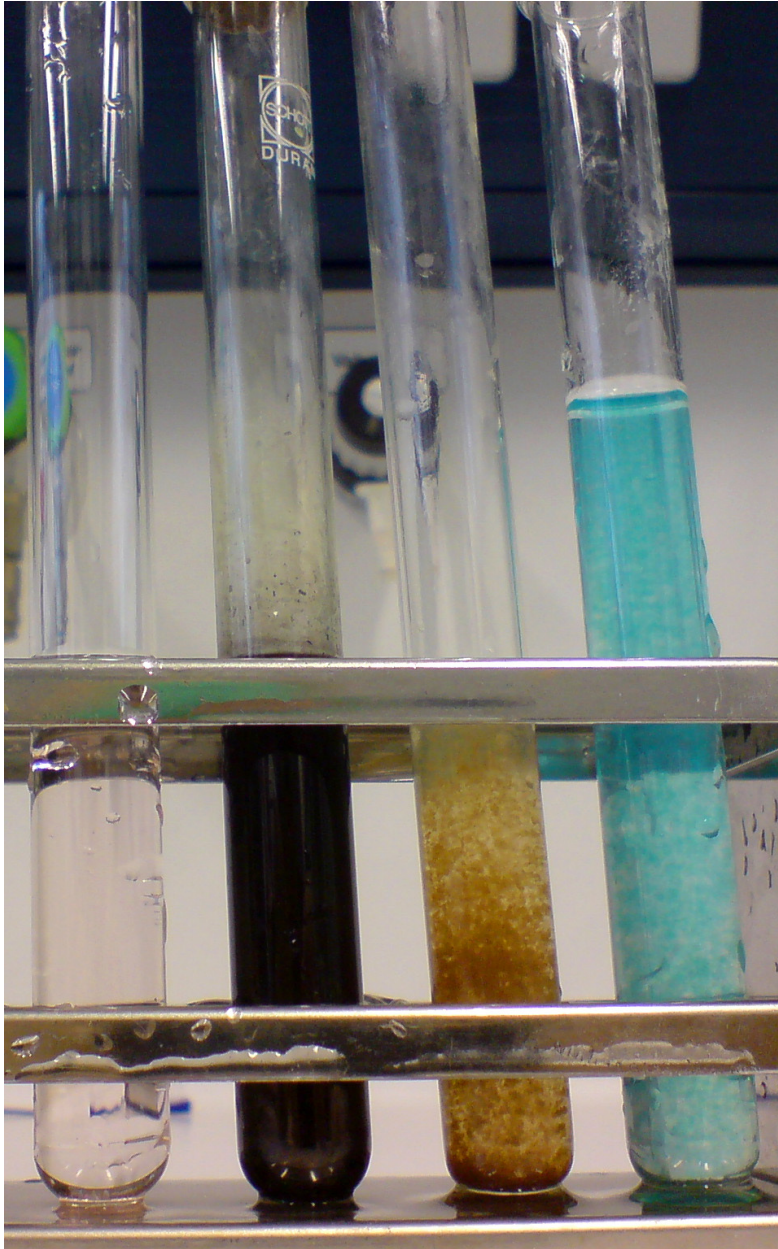
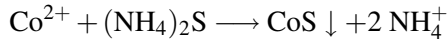


Abbildung 40: 1: Cobaltnitrat, 2: Cobaltsulfid, 3: Cobalhydroxid, 4: blaue Carbonate wechselnder Zusammensetzung

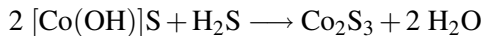
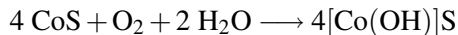
2.3.12 Cobalt

COBALT¹⁷⁰-Kationen werden im Kationentrennungsgang in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁷¹ 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.

¹⁷⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_COBALT)

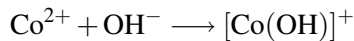
¹⁷¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE)

Eine relativ aussagekräftige Vorprobe für Cobalt ist die BORAX-UND PHOSPHORSALZPERLE¹⁷², die von Cobaltionen intensiv blau gefärbt wird.

Nachweis als Cobalhydroxid

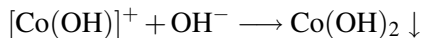
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	>>7
Indikation	blauer, im Überschuss roter Niederschlag

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.



¹⁷²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE)

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

Nachweis als Thiocyanatkomplex

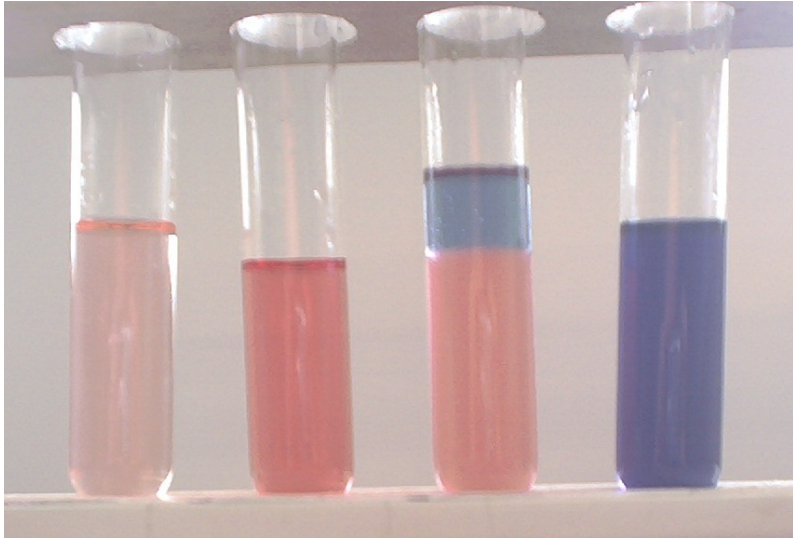
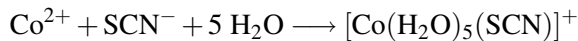


Abbildung 41: Von links nach rechts: CoCl_2 -Hexahydrat 1%; CoCl_2 -Lösung + 2% NH_4SCN ; CoCl_2 -Lösung + 2% NH_4SCN + 40% Butanol; CoCl_2 -Lösung + 20% NH_4SCN

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 Pentaquathiocyanatocobalt(II)-komplex.

Störung

Der Nachweis mit Thiocyanat interferiert mit EISEN¹⁷³- und KUPFER¹⁷⁴-Kationen.

2.3.13 Eisen

EISEN¹⁷⁵ Eisen lässt sich mit Blutlaugensalzen aus der Ursubstanz nachweisen, falls kein weiterer Stoff mit dem Blutlaugensalz ebenfalls zu farbigen Niederschlägen reagiert, siehe NACHWEISREAGENZNIEN#BLUTLAUGENSALZE¹⁷⁶.

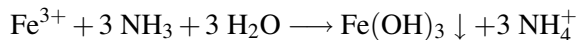
¹⁷³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_EISEN)

¹⁷⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/../_KUPFER)

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

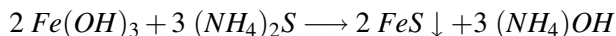
¹⁷⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20NACHWEISREAGENZNIEN%23BLUTLAUGENSALZE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Nachweisreagenzien%23Blutlaugensalze)

Im Kationentrennungsgang fällt Eisen erstmalig in der Hydrolysegruppe als braunes EISENHYDROXID¹⁷⁷: Zu dem Filtrat aus der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE¹⁷⁸ gibt man konzentrierte SALPETERSÄURE¹⁷⁹ um Fe^{2+} zu Fe^{3+} zu oxidieren. Dann gibt man dazu noch konzentriertes Ammoniakwasser.



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

Danach erfolgt die Abtrennung in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE¹⁸⁰:



Eisenhydroxid und AMMONIUMSULFID¹⁸¹ reagiert zu braunem EISEN(II)-SULFID¹⁸² und AMMONIUMHYDROXID¹⁸³

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

¹⁷⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_](http://de.wikibooks.org/wiki/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE)

SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE

¹⁷⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

¹⁸⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Ammoniumsulfidgruppe)

¹⁸¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

¹⁸²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(II)-sulfid)

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

Eisen(II) mit rotem Blutlaugensalz

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Bildung eines CHARGE-TRANSFER-KOMPLEXE ^{184s}
pH	<7 salzsauer
Indikation	tiefblauer Niederschlag

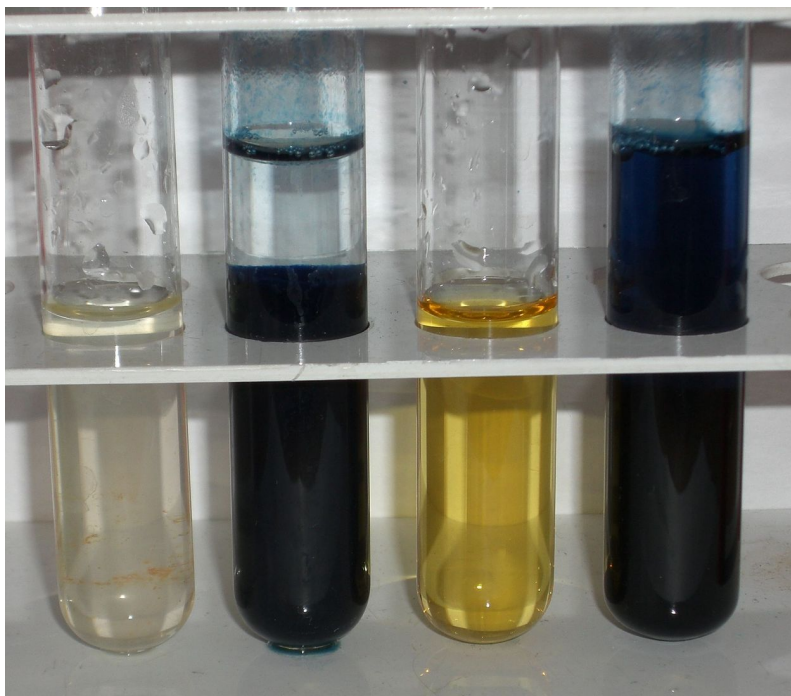
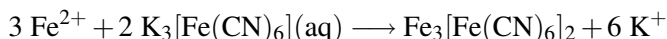


Abbildung 42: Eisen(II)-sulfat (schwach gelb-grünlich) sowie Eisen(III)-chlorid (gelb-bräunlich) und deren Nachweise mit Blutlaugensalzen

Hierfür wird die Analysenlösung mit verdünnter Salzsäure und ROTEM BLUTLAUGENSALZ¹⁸⁵ 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 BERLINER BLAU¹⁸⁶ (auch Pariser Blau, Französischblau, Eisencyanblau, Turnbulls Blau, Bronzeblau, Preußisch Blau, Pottascheblau, Chinesischblau, Miloriblau, Stahlblau, Tintenblau, Tonerblau).

Erklärung

Es läuft in gewissem Sinne jedoch keine KOMPLEXBILDUNGSREAKTION¹⁸⁷ ab, sondern zunächst lediglich ein Ionenaustausch / FÄLLUNGSREAKTION¹⁸⁸, 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 BLUTLAU-

¹⁸⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ROTES%20BLUTLAUGENSALZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Rotes%20Blutlaugensalz)

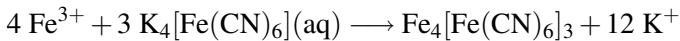
¹⁸⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20Blau)

¹⁸⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KOMPLEXBILDUNGSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Komplexbildungsreaktion)

¹⁸⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/F%3%A4LLUNGSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/F%3%A4llungsreaktion)

GENSALZ¹⁸⁹ 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



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

Bei dieser Nachweisreaktion entsteht BERLINER BLAU¹⁹⁰, 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-¹⁹¹ und MÖSSBAUERSPEKTROSKOPIE¹⁹² konnte jedoch festgestellt werden, dass die Reaktionsprodukte beider Nachweisreaktionen weitgehend identisch sind, da folgendes Gleichgewicht besteht:

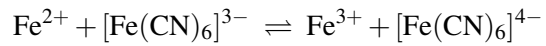
¹⁸⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GELBES%20BLUTLAUGENSALZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Gelbes%20Blutlaugensalz)

¹⁹⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20Blau)

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

¹⁹²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/M%C3%B6ssbauer-Effekt](http://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6ssbauer-Effekt)

9FBAUER-EFFEKT



Eisen(III) mit Thiocyanat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	blutroter Niederschlag

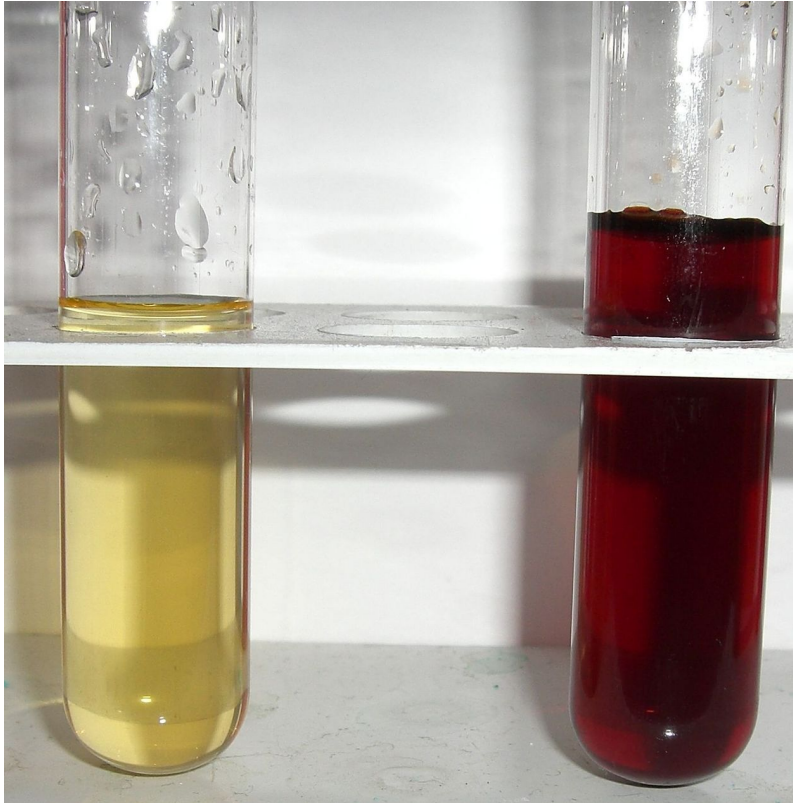


Abbildung 43: Eisen(III)-Lösung und Eisen(III)thiocyanat

Durchführung

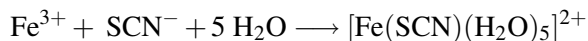
Alternativ kann man Eisen(III)-salze (siehe Bild linkes Reagenzglas, hier als Beispiel Eisen(III)-chlorid). Die Analysenlösung wird mit verdünnter Salzsäure versetzt und in dieser kann dann durch Zugabe einer Thiocyanatlösung Eisen nachgewiesen werden. Als Reagen-

zien eignen sich KALIUMTHIOCYANAT¹⁹³ oder AMMONIUMTHIOCYANAT¹⁹⁴ („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.

HALOGENIDE¹⁹⁵

¹⁹³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMTHIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMTHIOCYANAT)

¹⁹⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMTHIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/AMMONIUMTHIOCYANAT)

¹⁹⁵[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 FLUORID¹⁹⁶-Ionen, die ja auch unter die Halogenid-Ionen zählen, keinen Niederschlag mit Silbersalzlösung bilden, da Silberfluorid ein in Wasser gut lösliches Salz ist.

Durchführung

¹⁹⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Fluorid)

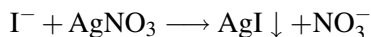


Abbildung 44: AgX Niederschläge: X = I, Br, Cl; NH₃ Zugabe daneben)

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 NH₃ aq, und der von Silberiodid AgI bleibt zurück.

Erklärung

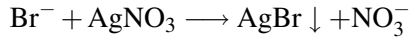
Bei IODID¹⁹⁷-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 1): Ausbildung eines käsigen gelben Niederschlags. Silberiodid ist gänzlich unlöslich in Ammoniakwasser.



¹⁹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20IODID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20anorganische%20chemie/%20iodid)

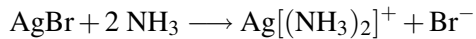
Iodid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberiodid und Nitrat-Ionen.

Bei BROMID¹⁹⁸-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 3): Ausbildung eines weiß/gelblichen Niederschlags.



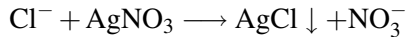
Bromid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberbromid und Nitrat-Ionen.

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



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

Bei CHLORID¹⁹⁹-Ionen (siehe Bild Reagenzglas 5): Ausbildung eines weißen Niederschlags.

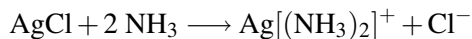


Chlorid-Ionen reagieren mit Silbernitrat zu Silberchlorid und Nitrat-Ionen.

¹⁹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20BROMID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Bromid)

¹⁹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CHLORID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Chlorid)

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



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



Abbildung 45: Ag-Cl (links); +NH₃ (rechts)



Abbildung 46: Ag-Br (links); +NH₃ (rechts)



Abbildung 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 SODAAUSZUG²⁰⁰ vorgenommen werden, da z. B. Kupferionen stören, weil eine Kupfer(II)-salzlösung bei

²⁰⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_SODAAUSZUG](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_SODAAUSZUG)

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.

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	REDOXREAKTION ²⁰¹
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 CHLORWASSER²⁰² oder (wenig) CHLORAMIN T²⁰³ mit SALZSÄURE²⁰⁴ wobei die Halogenidionen zum Halogen oxidiert werden. Man gibt dann ein organisches Lösungsmittel wie N-HEXAN²⁰⁵ hinzu und löst die Halogene durch kräftiges Schütteln in der organischen Phase (EXTRAKTION²⁰⁶). Brom oder Iod kann

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

²⁰³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORAMIN%20T](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloramin%20T)

²⁰⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

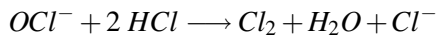
²⁰⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/N-HEXAN](http://de.wikipedia.org/wiki/N-Hexan)

²⁰⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EXTRAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Extraktion)

dort einfach aufgrund der Färbung identifiziert werden. Alternativ kann man auch mit CHLOROFORM²⁰⁷ 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 abgeschätzt werden. In sauerstoffhaltigen Lösungsmitteln wie DIETHYLETHER²⁰⁸ ist Iod braun.

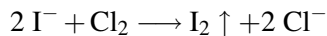
Erklärung

Löst man Chloramin T in Wasser so entsteht HYPOCHLORIT²⁰⁹, welches wiederum in Salzsäure nicht stabil ist.



Hypochlorit mit Salzsäure SYNPROPORTIONIERT²¹⁰ zu Chlor und Chlorid.

Aufgrund der ELEKTROCHEMISCHEN SPANNUNGSREIHE²¹¹ entsteht zunächst Iod und anschließend Brom.



Iodid-Ionen werden durch Chlor zu elementarem Iod oxidiert, welches sich in Hexan mit einer dunkelviolett-

²⁰⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOROFORM](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloroform)

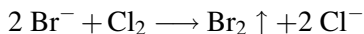
²⁰⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIETHYLETHER](http://de.wikipedia.org/wiki/Diethylether)

²⁰⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HYPOCHLORIT](http://de.wikipedia.org/wiki/Hypochlorit)

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

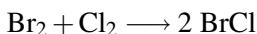
²¹¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ELEKTROCHEMISCHE%
20SPANNUNGSREIHE](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrochemische_Spannungsreihe)

ten 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.



Brom und Chlor reagieren weingelben Bromchlorid

Störung

Gestört wird dieser Nachweis, wenn die zu untersuchende Lösung gleichzeitig SULFID²¹²- oder THIOSULFAT²¹³-Anionen enthält. In diesem Fall fällt gelbweißer SCHWEFEL²¹⁴ als Trübung aus, da das Chlorwasser Sulfid zu Schwefel oxidiert. Auch darf der pH-Wert nicht über 8 liegen, da Halogene im alkalischen zu Hypohalogenitionen reagieren.

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

²¹²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SULFID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Sulfid)

²¹³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20THIOSULFAT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Thiosulfat)

²¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SCHWEFEL](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Schwefel)

2.3.15 Brom

BROM²¹⁵ Brom fällt in anorganischen Salzen als Bromid- und Bromatanion an.

Bromid

BROMID²¹⁶ kann mit den anderen HALOGENIDEN²¹⁷ nachgewiesen werden.

Nachweis von Bromid mit Schwefelsäure

Eine weitere Möglichkeit ist, die Substanz mit konzentrierter SCHWEFELSÄURE²¹⁸ zu erhitzen, wobei braune Dämpfe aufsteigen (elementares Brom). Hält man ein Filterpapier, das man mit FLUORESCEIN²¹⁹ (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

CHLOR²²⁰ Chlor fällt in anorganischen Salzen als Chlorid, Chlorit, Hypochlorit, Chlorat und Perchlorat an.

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

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

²¹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20HALOGENIDE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Halogenide)

²¹⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

²¹⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLUORESCEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Fluorescein)

²²⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlor)

Chlorid

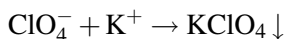
CHLORIDE²²¹ können mit den anderen HALOGENIDEN²²² nachgewiesen werden.

Perchlorat

PERCHLORATE²²³ können als Kaliumperchlorat nachgewiesen werden.

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

IOD²²⁴ Iod fällt in anorganischen Salzen als Iodidanion I^- und Iodatanion IO_3^- an.

²²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLORIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chloride)

²²²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20HALOGENIDE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Halogenide)

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

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

Iodid

IODIDE²²⁵ in Lösung ergeben, erhitzt mit konzentrierter SCHWEFELSÄURE²²⁶, violette Dämpfe von elementarem Iod. Sie können mit den anderen HALOGENIDEN²²⁷ nachgewiesen werden.

1. redirect PRAKTIKUM ANORGANISCHE CHEMIE/ FLUORID²²⁸

2.3.18 Kalium

KALIUM²²⁹ Kalium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²³⁰. Es lässt sich wie die meisten Alkalikationen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG²³¹ aufspüren.

Nachweis als Kaliumperchlorat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	egal
Indikation	weißer Niederschlag

²²⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IODIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Iodide)

²²⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

²²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20HALOGENIDE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Halogenide)

²²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Fluorid)

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

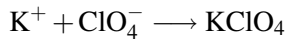
²³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_L%C3%B6SLICHE%20GRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_L%C3%B6sliche%20Gruppe)

²³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_Flammenf%C3%A4rbung)

Durchführung

Zur Probelösung werden einige Tropfen PERCHLORSÄURE²³² (65 %) gegeben. Es fällt ein weißer Niederschlag aus. Zur Sicherheit wird mit dem Niederschlag noch eine FLAMMENFÄRBUNG²³³ 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 KALIUMPERCHLORAT²³⁴.

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

²³²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PERCHLORS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Perchlors%C3%A4ure)

²³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/._/Flammenf%C3%A4rbung)

²³⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERCHLORAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumperchlorat)

2.3.19 Kupfer

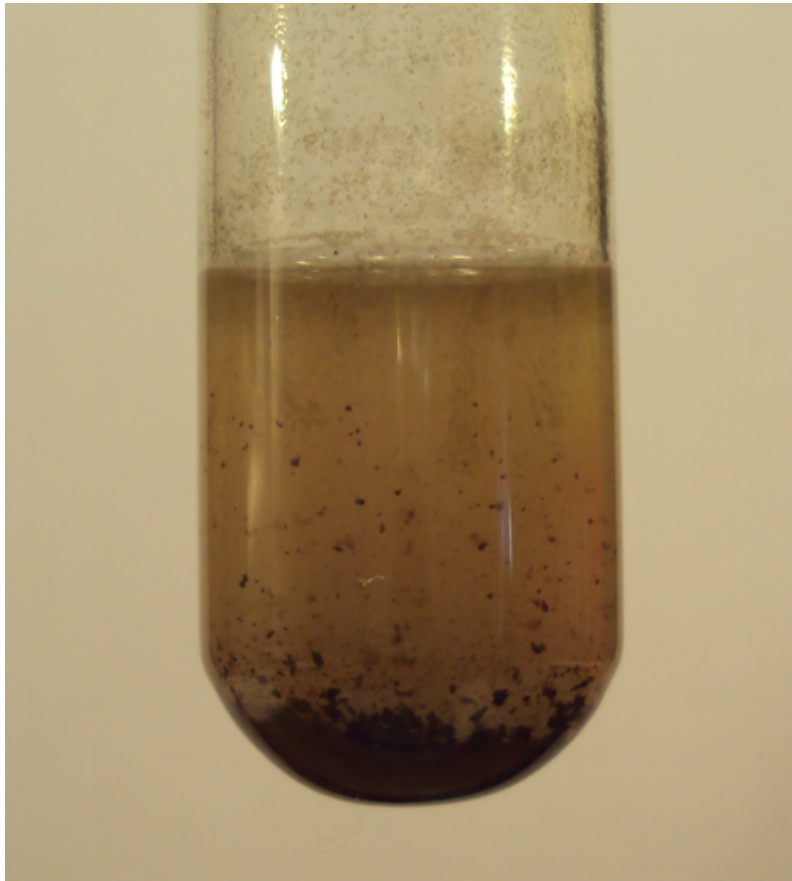


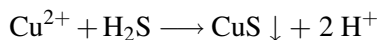
Abbildung 48: Kupfersulfid

KUPFER²³⁵ **Tipp:** Kupfer(II)-salze färben Lösungen meist bläulich.

²³⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KUPFER](http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer)

Eine mögliche Vorprobe ist die BORAX UND PHOSPHORSALZPERLE²³⁶, welche in der Oxidationsflamme grün und in der Reduktionsflamme rötlich gefärbt ist.

Im Kationentrennungsgang fällt es in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE²³⁷ aus:



Kupfer(II)-Kationen reagieren mit SCHWEFELWASSERSTOFF²³⁸ zu schwarzem KUPFER(II)-SULFID²³⁹

Nachweis als Kupfertetramminkomplex

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁴⁰
pH	>>7 stark ammoniakalisch
Indikation	tiefblaue Lösung

Durchführung

Versetzt man die Analysenlösung mit AMMONIAKWASSER²⁴¹ so bilden sich bei pH-Werten über 8 tiefblaue Komplexsalz-Lösungen (siehe Bild mittiges Reagenzglas).

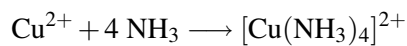
²³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE)

²³⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE)

²³⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

²³⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KUPFER\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer(II)-Sulfid)

²⁴¹[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



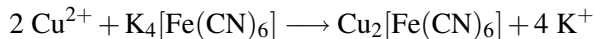
Abbildung 49: CuSO_4 (links), Nachweis als $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4$ (tiefblau) als $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (braunrot)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁴²
pH	?
Indikation	braunroter Niederschlag

Durchführung

Eine weitere Variante Kupfer(II)-Ionen nachzuweisen erfolgt mit einer KALIUMHEXACYANIDOFERRAT(II)²⁴³-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	REDOXREAKTION ²⁴⁴ , KOMPLEXBILDUNGSREAKTION ²⁴⁵
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfid weiß

²⁴³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT\(II\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat(II))



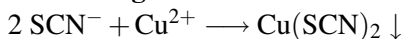
Abbildung 50: zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfit weiß

Durchführung

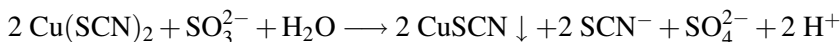
Bei Reaktion von Thiocyanat-Ionen mit Kupfer(II)-Ionen beobachtet man zunächst eine grüne Färbung der Lösung (siehe Bild linkes Reagenzglas). Beim Vorhandensein von Thiocyanat-Ionen oder Kupfer(II)-Ionen im Überschuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas) Wird der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

SULFIT²⁴⁶-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

LITHIUM²⁴⁷ Lithium bleibt im Kationentrennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²⁴⁸ zurück. Wer versuchen möchte es zu fällen, kann versuchen dies durch Eindampfen und Aufnahme mit konz. HCl als LITHIUMCHLORID²⁴⁹ hinzubekommen. Zum Abtrennen kann man sich zu nutze machen, dass es sich als einziges Alkalichlorid in AMYLALKOHOL²⁵⁰ löst.

²⁴⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SULFIT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Sulfit)

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

²⁴⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_L%C3%B6SLICHE%20GRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_L%C3%B6slische%20Gruppe)

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

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

Nasschemische Nachweise von Lithium sind schwierig, die karminrote FLAMMENFÄRBUNG²⁵¹ ist der einzig wirklich einfache und sichere Nachweis.

Nachweis als Lithiumphosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ²⁵²
pH	>>7
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird stark alkalisch gemacht und festes DINATRIUMHYDROGENPHOSPHAT²⁵³ 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



²⁵¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/./_FLAMMENF%C3%A4rbung](http://de.wikibooks.org/wiki/./_FLAMMENF%C3%A4rbung)

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

2.3.21 Magnesium

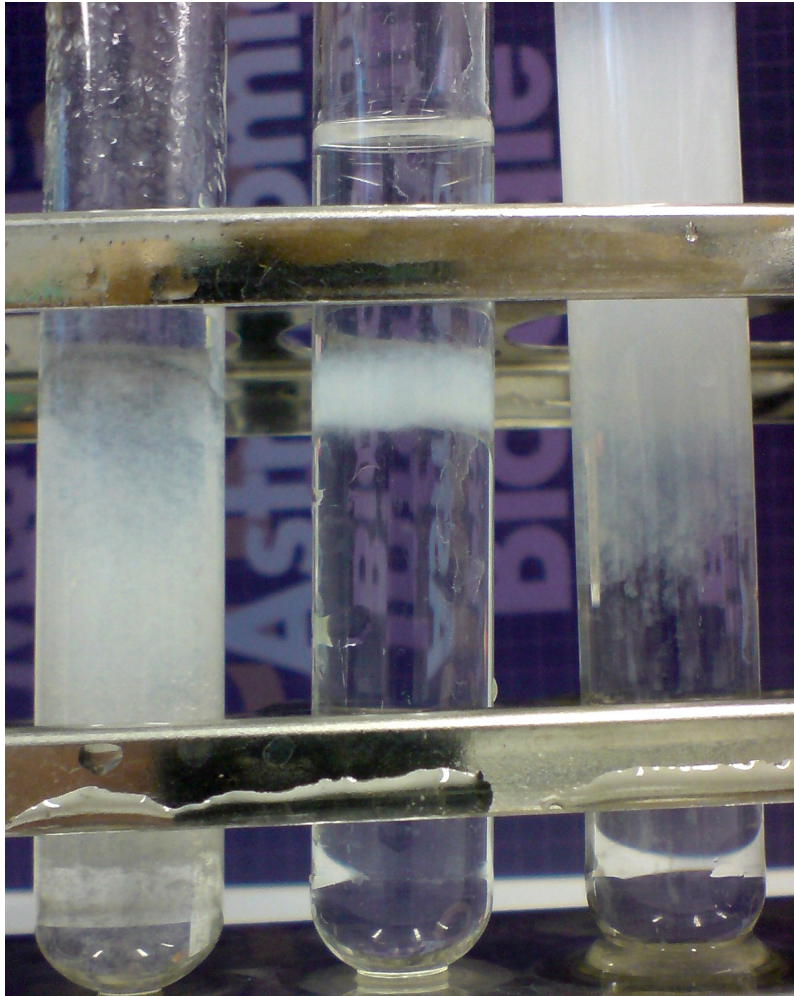


Abbildung 51: Magnesiumhydroxide und -carbonate

MAGNESIUM²⁵⁴ Magnesium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE²⁵⁵. 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.

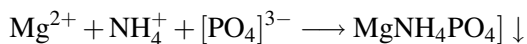
Nachweis als Ammoniummagnesiumphosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ²⁵⁶
pH	>>7 NH ₃
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird mit konz. NH₃ alkalisch gemacht und AMMONIUMCHLORID²⁵⁷ und NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT²⁵⁸ hinzugeben. Nach Erwärmen (~5 min) entsteht ein weißer Niederschlag. Unter dem Mikroskop sehen die Kristalle wie "Sargdeckel" aus: VERGLEICHSBILD²⁵⁹.

Erklärung



²⁵⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAGNESIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Magnesium)

²⁵⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_L%C3%B6slische%20GRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_L%C3%B6slische%20Gruppe)

²⁵⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

²⁵⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydrogenphosphat)

²⁵⁹[HTTP://WWW.BIORAMA.CH/BIBLIO/B50CHEM/K30NIERE/ALBUM/ALBUMBIG/BIG009.JPG](http://www.biorama.ch/biblio/b50chem/k30niere/album/albumbig/big009.jpg)

Störung

CALCIUM²⁶⁰, STRONTIUM²⁶¹, BARIUM²⁶² und ZINK²⁶³ stören, weil sie ebenfalls einen Niederschlag bilden. Die Kristallform ist jedoch charakteristisch.

Nachweis als Chinalizarin-Farblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FARBLACK ²⁶⁴ -Bildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	Blaufärbung

Durchführung

Die mit HCl dil. angesäuerte Lösung wird mit CHINALIZARIN²⁶⁵-Lösung versetzt und mit NaOH stark alkalisiert. Falls ein KORNBLUMENBLAUER²⁶⁶ Niederschlag ausfällt, ist dies ein positiver Hinweis auf Magnesium.

Störung

ALUMINIUM²⁶⁷, BERYLLIUM²⁶⁸, BOR²⁶⁹, CALCIUM²⁷⁰,

²⁶⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_CALCIUM)

²⁶¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_STRONTIUM)

²⁶²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_BARIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_BARIUM)

²⁶³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_ZINK)

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

²⁶⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KORNBLUME](http://de.wikipedia.org/wiki/KORNBLUME)

²⁶⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_ALUMINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_ALUMINIUM)

²⁶⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_BERYLLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_BERYLLIUM)

²⁶⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_BOR](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_BOR)

²⁷⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../../_CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../../_CALCIUM)

COBALT²⁷¹, FLUORIDE²⁷², GALLIUM²⁷³, INDIUM²⁷⁴, NICKEL²⁷⁵, ZINK²⁷⁶ stören.

Nachweis als Thiazolgelb-Farblack

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FARBLACK ²⁷⁷ -Bildung
pH	<7 salzsauer
Indikation	Rotfärbung

Durchführung

Die Probe wird in Wasser gelöst und angesäuert. Anschließend wird sie mit einem Tropfen der THIAZOLGELB²⁷⁸-Lösung (auch Titan gelb genannt, obwohl kein Titan vorkommt) versetzt und mit verdünnter Natronlauge alkalisch gemacht. Bei Anwesenheit von Magnesium entsteht ein hellroter Niederschlag.

Störung

NICKEL²⁷⁹-, ZINK²⁸⁰-, MANGAN²⁸¹- und COBALT²⁸²-Ionen stören diesen Nachweis und sollten vorher als Sulfide ausgefällt werden.

²⁷¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_COBALT)

²⁷²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_FLUORID](http://de.wikibooks.org/wiki/../_FLUORID)

²⁷³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_GALLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_GALLIUM)

²⁷⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_INDIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_INDIUM)

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

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

²⁷⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIAZOLGELB](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiazolgelb)

²⁷⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NICKEL](http://de.wikibooks.org/wiki/../_NICKEL)

²⁸⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ZINK)

²⁸¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_MANGAN)

²⁸²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_COBALT)

2.3.22 Mangan

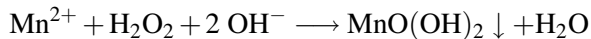
Nachweis als Braunstein

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ²⁸³
pH	>>7
Indikation	schwarz-braune Lösung

Durchführung

Mangan(II)-Kationen werden zum Nachweis im Kationentrenngang in so genannten „Alkalischen Bad“ – einer Mischung aus konz. WASSERSTOFFPEROXID²⁸⁴ und NATRIUMHYDROXID²⁸⁵ – zum Mangan(IV)-Kation oxidiert.

Erklärung



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

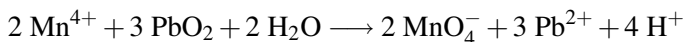
²⁸⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/WASSERSTOFFPEROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffperoxid)

²⁸⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydroxid)

Nachweis als Permanganat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ²⁸⁶
pH	<7
Indikation	violette Lösung

Das Mangan(IV)-oxid-hydroxid „Braunstein“ wird dann durch Kochen in konz. SALPETERSÄURE²⁸⁷ gelöst und mit Blei(IV)-oxid zum violetten PERMANGANAT²⁸⁸ aufoxidiert:



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

Nachweis über Oxidationsschmelze

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ²⁸⁹
pH	entfällt
Indikation	blaugüne Salze

Durchführung

Nachweis über die OXIDATIONSSCHMELZE²⁹⁰: Die Probe wird

²⁸⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

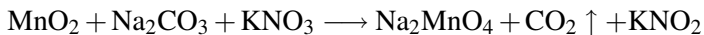
²⁸⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_PERMANGANAT](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_permanganat)

²⁹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_OXIDATIONSSCHMELZE](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_oxidationsschmelze)

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 ESSIGSÄURE²⁹¹ zum rosavioletten PERMANGANAT²⁹² und braunen Mangan(IV)-oxid (Redoxreaktion).

Erklärung



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

2.3.23 Molybdän

MOLYBDÄN²⁹³ Molybdän kommt im KTG in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE²⁹⁴, genauer in der Arsen-Gruppe vor.

²⁹¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%C3%A4ure)

²⁹²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_PERMANGANAT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_permanganat)

²⁹³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MOLYBD%C3%A4N](http://de.wikipedia.org/wiki/Molybd%C3%A4n)

²⁹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_schwefelwasserstoffgruppe)

SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE

Vorprobe als Molybdänblau

Man raucht etwas Ursubstanz mit wenig ZINNCHLORID²⁹⁵ und 20 mL konz. SCHWEFELSAURE²⁹⁶ 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

WOLFRAM²⁹⁷ bildet ein himmelblaues Oxid (Wolframblau) und VANADIUM²⁹⁸ zeigt ebenfalls eine hellblaue Färbung.

Nachweis als Molybdophosphat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ²⁹⁹
pH	<<7 salpetersauer
Indikation	gelbe Kristalle

Durchführung

Die stark salpetersaure Lösung wird in einem kleinen Reagenzglas mit wenig AMMONIUMCHLORID³⁰⁰ bzw. KALIUMCHLORID³⁰¹ sowie 1-2 Tropfen 2 mol/L NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT³⁰² versetzt und erwärmt. Es scheiden sich äußerst feine gelbe

²⁹⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINNCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinnchlorid)

²⁹⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

²⁹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_WOLFRAM](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_Wolfram)

²⁹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_VANADIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_Vanadium)

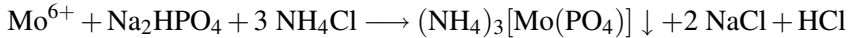
³⁰⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

³⁰¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumchlorid)

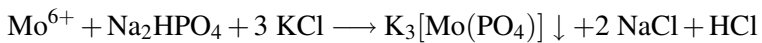
³⁰²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUMHYDROGENPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydrogenphosphat)

Kristalle von Ammonium- bzw. KALIUMMOLYBDOPHOSPHAT³⁰³ 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.

2.3.24 Natrium

NATRIUM³⁰⁴ Natrium verbleibt im Trennungsgang in der LÖSLICHEN GRUPPE³⁰⁵. Es lässt sich wie die meisten Alkalikationen bevorzugt mittels FLAMMENFÄRBUNG³⁰⁶ aufspüren. Dort muss

³⁰³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMMOLYBDOPHOSPHAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMMOLYBDOPHOSPHAT)

³⁰⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/NATRIUM)

³⁰⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_L%C3%B6SLICHE%20GRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_L%C3%B6SLICHE%20GRUPPE)

³⁰⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_FLAMMENF%C3%A4RBUNG)

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 nasschemisch mit Fällungsreaktionen zu finden.

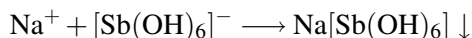
Nachweis als Natriumhexahydroxoantimonat(V)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ³⁰⁷
pH	>>7 KOH
Indikation	weißer feinkristalliner Niederschlag

Durchführung

Die Lösung wird stark alkalisch gemacht und auf einem Uhrglas mit einigen Tropfen $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]^{308}$ -Lösung versetzt. Nach einer Viertelstunde bildet sich ein weißer feinkristalliner Niederschlag, der sich mit Wasser nicht abspülen lässt und sich sandig anfühlt.

Erklärung



Störung

LITHIUM³⁰⁹ und AMMONIUM³¹⁰ stören, weil sie ebenfalls einen Niederschlag bilden. Der Versuch funktioniert nur mit konzentrierter Natriumlösung

³⁰⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXAHYDROXIDOANTIMONAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexahydroxidoantimonat)

³⁰⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/././_LITHIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/././_LITHIUM)

³¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/././_AMMONIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/././_AMMONIUM)

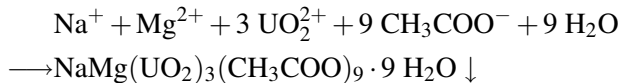
Nachweis als Natrium-Magnesium-triuranyl-nonaacetat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ³¹¹
pH	<7 essigsauer
Indikation	gelbe Kristalle

Durchführung

Die Lösung wird essigsauer gemacht und mit ein paar Tropfen MAGNESIUMURANYLACETAT³¹²-Lösung versetzt. Nach einiger Zeit fallen gelbe Kristalle aus.

Erklärung



Störung

LITHIUM³¹³ stört, weil es ebenfalls einen Niederschlag bildet.

³¹²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/URANYLACETAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Uranylacetat)

³¹³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_LITHIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Lithium)

2.3.25 Nickel

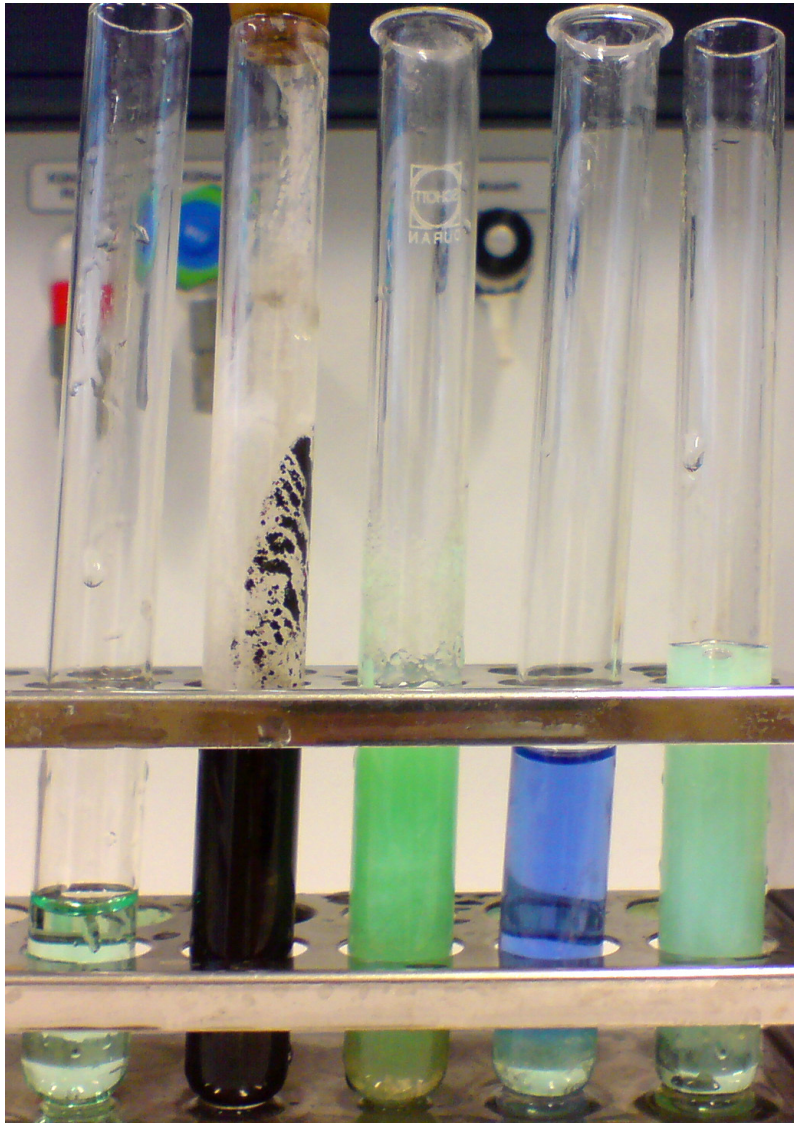
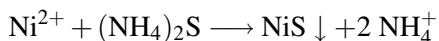


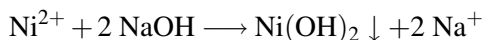
Abbildung 52: (1) grünes Nickel(II)nitrat,
(2) schwarzes Nickelsulfid,
(3) hellgrünes Nickelhydroxid,
(4) blaues Hexamethylnickel,
(5) basische grüne Carbonatsalze wechselnder Zusammensetzung

Nickelsalze fallen im Trennungsgang in der AMMONIUMSULFID-GRUPPE³¹⁴ als schwarze Sulfide aus.



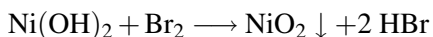
Nickel(II)-Ionen reagieren mit Ammoniumsulfid zu Nickel(II)sulfid und Ammonium-Ionen.

Des Weiteren ist die Fällung des Hydroxids möglich, das man an seiner spezifisch grünen Farbe erkennen kann. Als Fällungsmittel wird meist NATRONLAUGE³¹⁵ verwendet.



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

Durch Zugabe von starken Oxidationsmitteln wie CHLOR³¹⁶ oder BROM³¹⁷, 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.

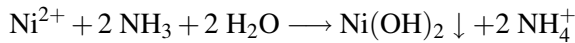
³¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Ammoniumsulfidgruppe)

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

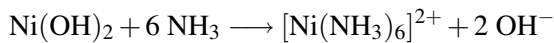
³¹⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHLOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Chlor)

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

Wird zu einer Probelösung, die Nickel(II)-Ionen enthalten soll, AMMONIAK-LÖSUNG³¹⁸ zugetropft, kann man beobachten, dass 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 ³¹⁹
pH	>7 alkalisch
Indikation	himbeerroter Niederschlag

Durchführung

Man versetzt die zuvor alkalische gemachte Analysenlösung mit einer alkoholischen Lösung von DIACETYLDIOXIM³²⁰ (=Dimethylgly-

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

³²⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIACETYLDIOXIM](http://de.wikipedia.org/wiki/Diacetyldioxim)

oxim), die auch Tschugajews Reagens genannt wird. Es bildet sich ein himbeerroter voluminöser Niederschlag, der in verdünnten Mineralsäuren wieder zerfällt. In Natronlauge und in Gegenwart von starken Oxidationsmitteln wie Peroxodisulfat erscheint eine ebenfalls intensiv rote, jedoch lösliche Nickel(III)-Verbindung.

Erklärung

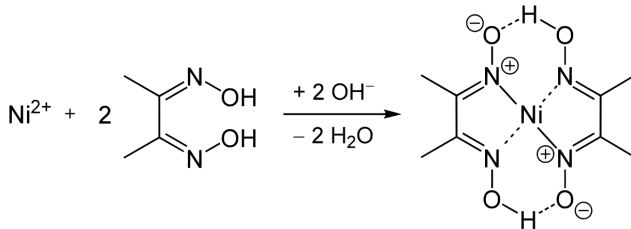


Abbildung 53

Diacetyldioxim bildet mit Nickel in alkalischer Lösung einen Chelatkomplex.

2.3.26 Stickstoff

STICKSTOFF³²¹ Anorganisch gebundener **Stickstoff** kommt als NH_4^+ AMMONIUMKATION³²² sowie in den Anionen CYANID³²³

³²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STICKSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoff)

³²²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Ammonium)

³²³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CYANID](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Cyanid)

CN⁻, THIOCYANAT³²⁴ SCN⁻, NITRAT³²⁵ NO₃⁻ und Nitrit NO₂⁻ vor.

2.3.27 Ammonium

Nachweis mittels Kreuzprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	VERDRÄNGUNGSREAKTION ³²⁶
pH	>7 alkalisch
Indikation	verfärbtes Indikatorpapier

³²⁴ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20THIOCYANAT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Thiocyanat)

³²⁵ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20NITRAT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Nitrat)

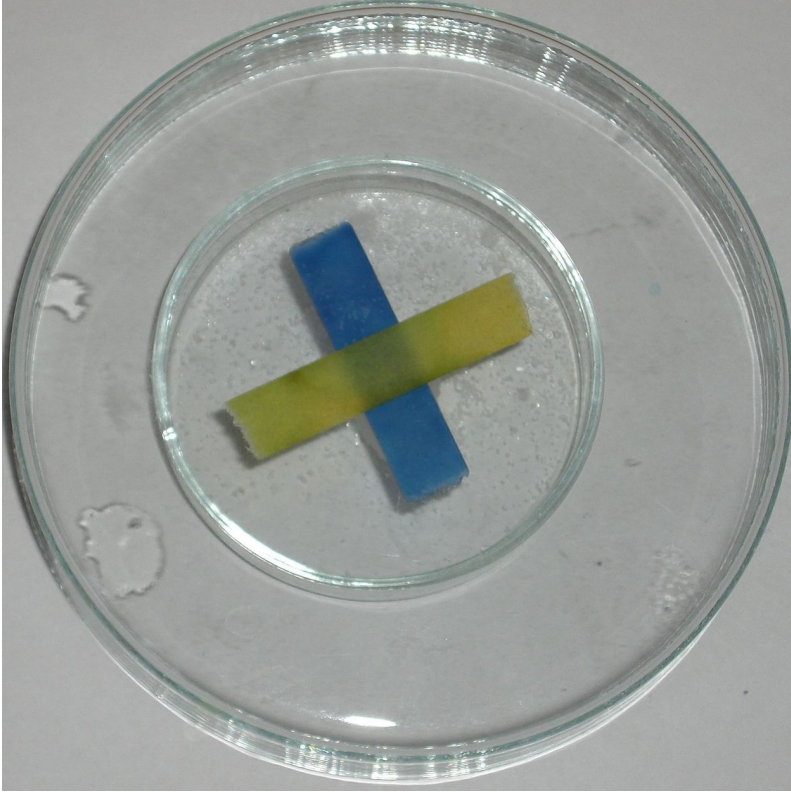


Abbildung 54: positive Kreuzprobe

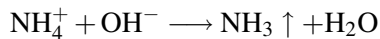
Durchführung

In einem Uhrglas wird angefeuchtetes Universalindikatorpapier befestigt, in ein zweites Uhrglas gibt man die Probe, etwas NATRONLAUGE³²⁷ und einige Tropfen Wasser und bedeckt nun das zweite Uhrglas mit dem ersten. Eine Blaufärbung des Indikatorpapiers zeigt

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

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

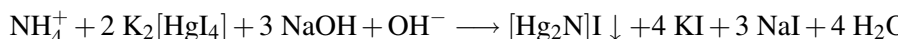
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³²⁸
pH	>7 alkalisch
Indikation	gelbbrauner Niederschlag

Beim Nachweis mit der NESSLERS-REAGENZ³²⁹ 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

³²⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NE%C3%9FLERS-REAGENZ](http://de.wikipedia.org/wiki/Ne%C3%9Flers-Reagenz)

bzw. brauner Ausflockung sind Ammonium-Ionen nachgewiesen, es entsteht das Iodidsalz der MILLONSCHE BASE³³⁰.

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 ³³¹
pH	8-9
Indikation	tiefblaue Lösung

Durchführung

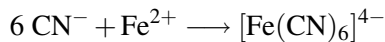
Gefahrstoffwarnung!  Zur Prüfung auf Cyanid-Ionen in einer Probe wird, sofern noch nicht geschehen, die Probe mit Natronlauge auf pH-Wert 8 bis 9 alkalisiert. Anschließend wird EISEN(II)-SULFAT³³²lösung im Unterschuss hinzugegeben und diese Mis-

³³⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MILLONSCHE%20BASE](http://de.wikipedia.org/wiki/MILLONSCHE%20BASE)

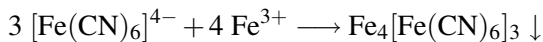
³³² [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(II\)-SULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/EISEN(II)-SULFAT)

chung mit fächernder Flamme bis zur Trocknung eingedampft (Arbeit unter dem Abzug unabdingbar! Giftige Cyaniddämpfe können entweichen!). Anschließend wird der Rückstand mit verdünnter Salzsäure gelöst, es entsteht eine klare Lösung, die mit verdünnter EISEN(III)CHLORID³³³lösung versetzt wird. Bei Anwesenheit von Cyanid bildet sich das tiefblaue Pigment BERLINER BLAU³³⁴.

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).

Nachweis mit Polysulfiden

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³³⁵
pH	
Indikation	tiefrote Lösung

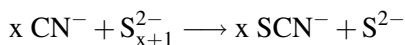
³³³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(III\)CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(III)chlorid)

³³⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BERLINER%20BLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Berliner%20blau)

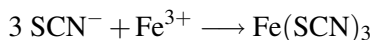
Durchführung

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 suspensiert. Anschließend wird filtriert. Die klare Lösung wird mit wenig verdünnter Eisen(III)-chloridlösung versetzt. Beim Entstehen einer tiefroten Färbung, hervorgerufen durch EISEN(III)-THIOCYANAT³³⁶, war Cyanid zugegen.

Erklärung



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



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

³³⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(III\)-THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(III)-thiocyanat)

Thiocyanat

Stierblutprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ³³⁷
pH	
Indikation	tiefrote Färbung

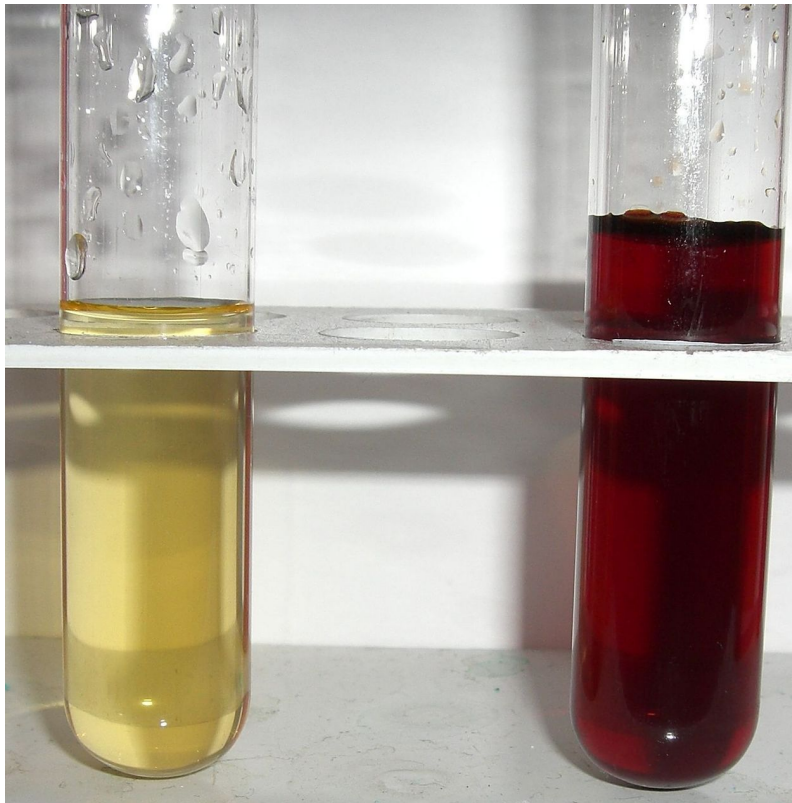


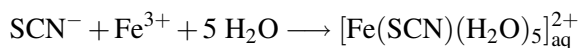
Abbildung 55: Eisensalzlösung (links) und Eisen-III-thiocyanat

THIOCYANAT³³⁸-, oder auch Rhodanid-Ionen werden qualitativ mit der „Stierblutprobe“ nachgewiesen. Diese Reaktion wird auch zum Nachweis von EISEN³³⁹ mit Thiocyanatlösung eingesetzt.

Durchführung

Dabei wird der zu untersuchenden Lösung eine gesättigte EISEN(III)-CHLORID³⁴⁰-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 Pentaquathiocyanatoferrat(III), welcher blutrot erscheint.

Nachweis mit Kupfersulfat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ³⁴¹ , KOMPLEXBILDUNG ³⁴²
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfid weiß

³³⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiocyanat)

³³⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Eisen)

³⁴⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(III\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(III)-Chlorid)

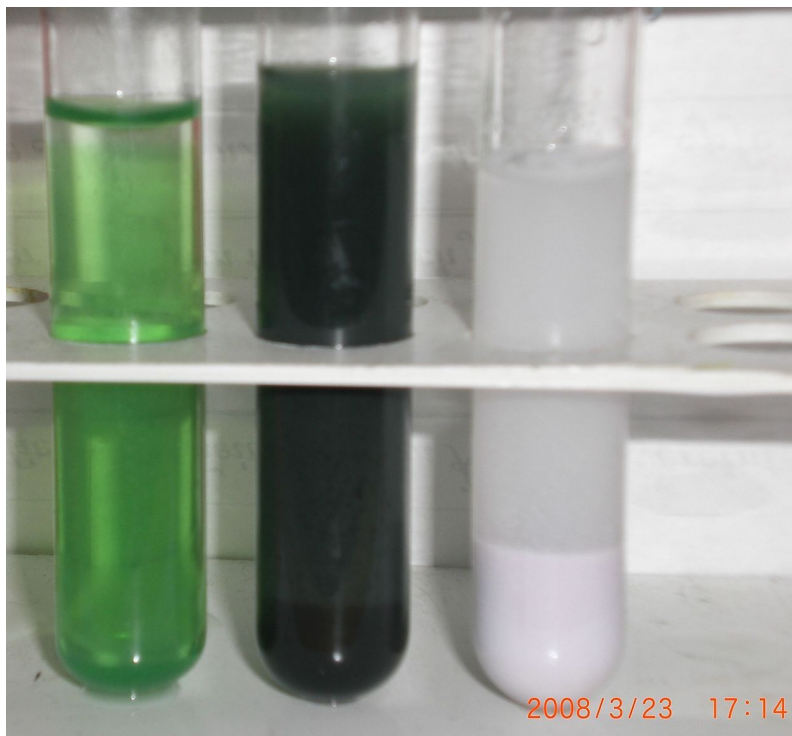


Abbildung 56: zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfid weiß

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 Überschuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas)
 Wird der Niederschlag mit SULFIT³⁴³-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 Sulfid-Ionen im wässrigen Milieu zu weißem Kupfer(I)-thiocyanat, Thiocyanat-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

Nitrat

Nitratnachweis mittels Ringprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ³⁴⁴ , KOMPLEXBILDUNG ³⁴⁵
pH	<<7 schwefelsauer
Indikation	brauner Ring

³⁴³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SULFIT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Sulfid)

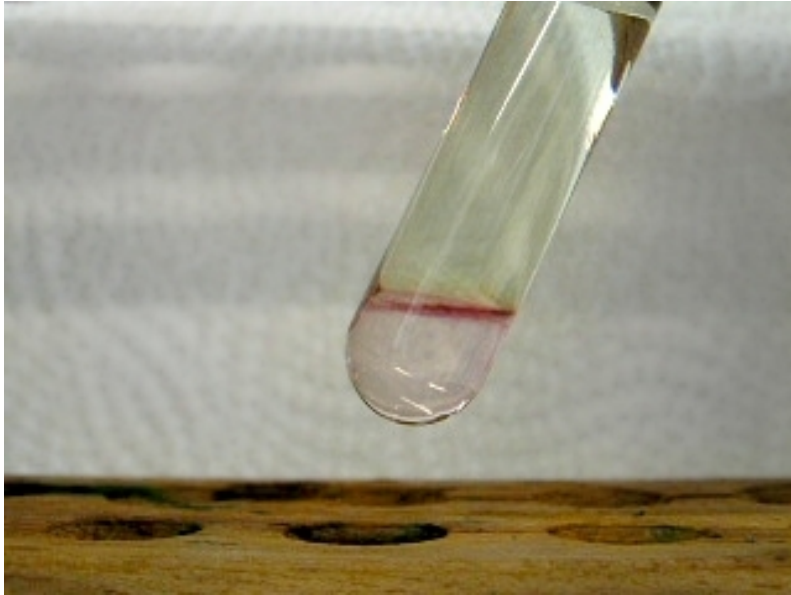


Abbildung 57: positive Ringprobe

Durchführung

Zum Nitratnachweis mittels Ringprobe wird die Analysensubstanz mit einigen Tropfen EISEN(II)-SULFAT³⁴⁶-Lösung und verdünnter SCHWEFELSÄURE³⁴⁷ versetzt. Anschließend hält man das Reagenzglas schräg und lässt am Rand vorsichtig einige Tropfen konzentrierter SCHWEFELSÄURE³⁴⁸ herunterlaufen, um die Lösung zu unterschichten. Eine ringförmige Braunfärbung an der Grenzschicht zeigt Nitrat an. Zum besseren Erkennen bei geringer Konzentration hält man das Reagenzglas vor einen weißen Kittelärmel oder gegen ein

³⁴⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(II\)-SULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(II)-sulfat)

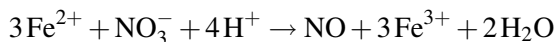
³⁴⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

³⁴⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

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.

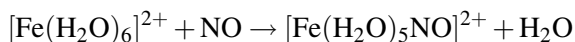
Erklärung

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

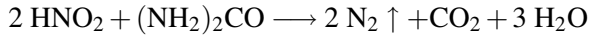
Störung

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

NITRIT³⁴⁹-Ionen stören ebenfalls diesen Nachweis, da sich die Lösung bereits bei der Zugabe der Eisen(II)-Lösung braun färbt. Durch

³⁴⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NITRIT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_NITRIT)

Kochen mit HARNSTOFF³⁵⁰ 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 ³⁵¹
pH	< essigsauer
Indikation	rote Farbe

Durchführung

Bei dieser Reaktion muss die Lösung Nitritionen-frei sein. Man kann entweder eine Abtrennung (siehe #NITRATNACHWEIS MITTELS RINGPROBE³⁵²) probieren oder vor der Zugabe von Zink die Nitrationen mit AMIDOSCHWEFELSÄURE³⁵³ 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

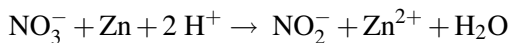
³⁵⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HARNSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff)

³⁵²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%23NITRATNACHWEIS%20MITTELS%20RINGPROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/%23NITRATNACHWEIS%20MITTELS%20RINGPROBE)

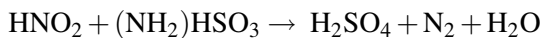
³⁵³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMIDOSCHWEFELS%C3%A4ure](http://de.wikipedia.org/wiki/Amidoschwefels%C3%A4ure)

Zugabe von Harnstoff behoben werden muss. Nun wird noch etwas Zinkstaub hinzugegeben, der Nitrationen zu Nitritionen 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 IEN³⁵⁴.

Störung

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

³⁵⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NITRIT%20NITRITNACHWEIS%20MIT%20LUNGES%20REAGENZ IEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_Nitrit%20Nitritnachweis%20mit%20Lunges%20Reagenzien)

Nitrit (NO₂⁻)

Nitritnachweis mit Lungen Reagenzien

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Bildung eines AZOFARBSTOFFES ³⁵⁵
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 ESSIGSÄURE³⁵⁶ angesäuert. Danach kommen jeweils 2–3 Tropfen Tropfen SULFANILSÄURE³⁵⁷ (Lunge I) hinzu und ein Kristall β-NAPHTHOL³⁵⁸ (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 1-NAPHTHYLAMIN³⁵⁹ (3) bildet sich zuerst ein DIAZONIUMSALZ³⁶⁰ (2), das mit Naphthylamin weiter zu einem AZOFARBSTOFF³⁶¹ (4) reagiert und die Lösung sehr schnell rot färbt:

³⁵⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%C3%A4ure)

³⁵⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SULFANILS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Sulfanils%C3%A4ure)

³⁵⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/%CE%B2-NAPHTHOL](http://de.wikipedia.org/wiki/%CE%B2-Naphthol)

³⁵⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/1-NAPHTHYLAMIN](http://de.wikipedia.org/wiki/1-Naphtylamin)

³⁶⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIAZONIUM](http://de.wikipedia.org/wiki/Diazonium)

³⁶¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AZOFARBSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Azofarbstoff)

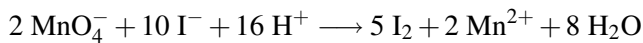
Nachweis mit Iodid

Eine Reaktion, bei der man sehr schön erkennen kann, dass es sich um Permanganat-Ionen handelt, ist die Oxidation von IODID³⁶⁵-Ionen in einer KALIUMIODID³⁶⁶-Lösung.

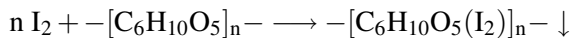
Durchführung

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 IOD³⁶⁷. Um jedoch sicher zu sein, wird etwas STÄRKE³⁶⁸ zu der vermeintlichen IOD-KALIUMIODID-LÖSUNG³⁶⁹ 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.



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

³⁶⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMIODID](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumiodid)

³⁶⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod)

³⁶⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ST%C3%A4RKE](http://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%A4rke)

³⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IOD-KALIUMIODID-L%C3%B6sung](http://de.wikipedia.org/wiki/Iod-Kaliumiodid-L%C3%B6sung)

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

PHOSPHOR³⁷⁰ 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

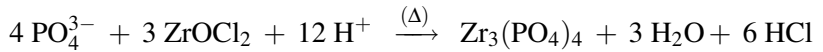
Phosphat (PO_4^{3-}) lässt sich als Zirkoniumphosphat nachweisen. Dazu wird die stark salzsaure Analysenlösung mit möglichst frisch hergestellter Lösung von ZIRCONIUMOXIDCHLORID³⁷¹ auch Zirkonylchlorid (ZrOCl_2) oder ZIRCONIUMOXIDNITRAT³⁷² auch Zirkonylnitrat ($\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$) versetzt. Es fällt ein durchsichtig-milchiger, gallertartiger, flockiger Niederschlag aus. Bei verdünnten Lösungen kann ein Erwärmen der Probe die Reaktion beschleunigen.

³⁷⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PHOSPHOR](http://de.wikipedia.org/wiki/Phosphor)

³⁷¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZIRCONIUMOXIDCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zirconiumoxidchlorid)

³⁷²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZIRCONIUMOXIDNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Zirconiumoxidnitrat)

Erklärung



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

Nachweis mit Molybdatlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	<7
Indikation	gelber Niederschlag

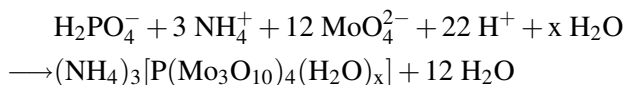
Durchführung

Die schwermetallfreie Probelösung wird mit konzentrierter SALPETERSÄURE³⁷³ aufgekocht (Oxidation störender Reduktionsmittel), mit AMMONIUMMOLYBDATLÖSUNG³⁷⁴ versetzt und erneut kurz aufgekocht. Dabei weist eine gelbe Trübung auf Phosphate hin, die mit Molybdaten den gelben Ammoniummolybdato-phosphatkomplex bilden.

Erklärung

³⁷³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALPETERS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure)

³⁷⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMMOLYBDAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniummolybdat)



Ammoniummolybdat und Phosphationen bilden in saurer Lösung den gelben Ammoniummolybdatophosphatkomplex

Störung

In Anwesenheit reduzierender Ionen wie Sulfid, Bromid, Iodid, Thiosulfat oder auch Zinn(II)-Kationen entsteht stattdessen MOLYBDÄNBLAU³⁷⁵.

Nachweis mit ammoniakalischer Magnesiumsalzlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	>7
Indikation	weißer Niederschlag

Durchführung

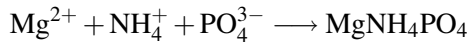
Die schwermetallfreie, mit AMMONIAK³⁷⁶ und AMMONIUMCHLORID³⁷⁷ auf pH 8–9 gepufferte Probelösung wird mit Magnesiumchloridlösung versetzt. Eine weiße Trübung von Magnesiumammoniumphosphat (MgNH_4PO_4) zeigt ebenfalls Phosphat an (säurelöslich):

³⁷⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MOLYBD%C3%A4NBLAU](http://de.wikipedia.org/wiki/Molybd%C3%A4nblau)

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

³⁷⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

Erklärung



Magnesiumsalze bilden in ammoniakalischer Lösung Magnesiumammoniumphosphat (weiß).

2.3.31 Quecksilber

QUECKSILBER³⁷⁸ **Gefahrstoffwarnung!** ☠ Quecksilber wird im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE³⁷⁹ abgetrennt und fällt gegebenenfalls auch in der SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE³⁸⁰ als schwarzes Sulfid aus.

Fast alle anorganischen Quecksilbersalze sind hochgiftig. Elementares Quecksilber verdampft bei Zimmertemperatur. Eingeatmete Dämpfe sind ebenfalls stark toxisch und führen zur QUECKSILBERVERGIFTUNG³⁸¹.

Nachweis mit Ammoniak

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	DISPROPORTIONIERUNG ³⁸²
pH	<7 salz- und salpetersauer
Indikation	schwarzer Filter

³⁷⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber)

³⁷⁹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_SALZS%C3%A4UREGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_SALZS%C3%A4UREGRUPPE)

³⁸⁰ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE)

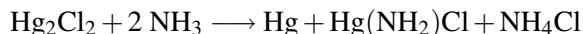
³⁸¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBERVERGIFTUNG](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilbervergiftung)

Durchführung

Löst man die Analysesubstanz in HNO_3 und versetzt mit HCl liegt Quecksilber als QUECKSILBER(I)-CHLORID³⁸³ (Hg_2Cl_2) vor (passiert im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE³⁸⁴). 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

Amalganprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ³⁸⁵
pH	
Indikation	silbriger Belag

Durchführung

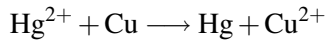
Ein Kupferblechschnipsel wird auf einem Uhrglas unter dem Abzug

³⁸³ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER\(I\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber(I)-chlorid)

³⁸⁴ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_SALZS%C3%A4UREGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_SALZS%C3%A4UREGRUPPE)

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 AMALGAM³⁸⁶ nach Redoxreaktion). Wenn der Belag vollständig abgerieben werden kann, liegt kein Quecksilber sondern ausschließlich Silber vor.

Erklärung



Quecksilberkationen oxidieren Kupfer zu Kupferionen und Quecksilber.

Nachweis als Cobaltthiocyanatmercurat(II)

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ³⁸⁷
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

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

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 Cobaltthiocyanatmercurat(II) zeigt Quecksilber(II)-Ionen an.

Erklärung



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

2.3.32 Silber

SILBER³⁸⁸ Silber wird im Kationentrennungsgang in der SALZSÄUREGRUPPE³⁸⁹ abgetrennt. Durch Ansäuern der Diamminsilberchlorid-Lösung (z.B. mit HNO₃) lässt es sich nachweisen, wobei farbloses Silberchlorid (AgCl) ausfällt.

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

³⁸⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_SALZS%c3%A4UREGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_SALZS%c3%A4UREGRUPPE)

Nachweis mit Chloridlösung

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ³⁹⁰ , Komplexbildung
pH	<7 salpetersauer
Indikation	weißer Niederschlag, der im Überschuss oder durch Zugabe von Ammoniak verschwindet

Der Nachweis erfolgt analog zu den HALOGENID-NACHWEISEN MIT SILBERSALZSLÖSUNG³⁹¹

³⁹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20HALOGENIDE%23NACHWEISE%20MIT%20SILBERSALZL%C3%B6SUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Halogenide%23Nachweise%20mit%20Silbersalzl%C3%B6sung)

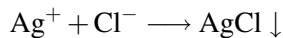


Abbildung 59: AgCl als weißer NS; rechts: AgCl gelöst in Ammoniakwasser

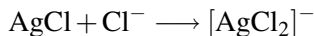
Durchführung

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 Silber blaugrau 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.

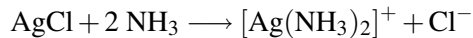
Erklärung



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

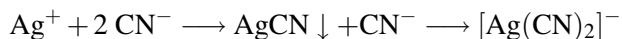
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	7 neutral
Indikation	weißer Niederschlag, im Überschuss löslich

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 Dicyanidoargentat(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

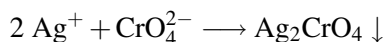
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Komplexbildung
pH	7 neutral
Indikation	rotbrauner Niederschlag

Gefahrstoffwarnung!

Durchführung

Auch ist der Nachweis als SILBERCHROMAT³⁹² 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.

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

2.3.33 Silicium

SILICIUM³⁹³ Silicium kommt im anorganischen Praktikum als Silicat SiO_3^{2-} vor.

Silicat

SILICATANIONEN³⁹⁴ SiO_4^{4-} bilden säureschwerlösliche Salze. In Mineralien kommt sie sehr häufig vor.

Bleitiegelprobe / Wassertropfenprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	VERDRÄNGUNGSREAKTION ³⁹⁵
pH	<7 schwefelsauer
Indikation	weißes SILICUMOXID ³⁹⁶

Durchführung

Gefahrstoffwarnung! 

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

³⁹⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILICATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Silicate)

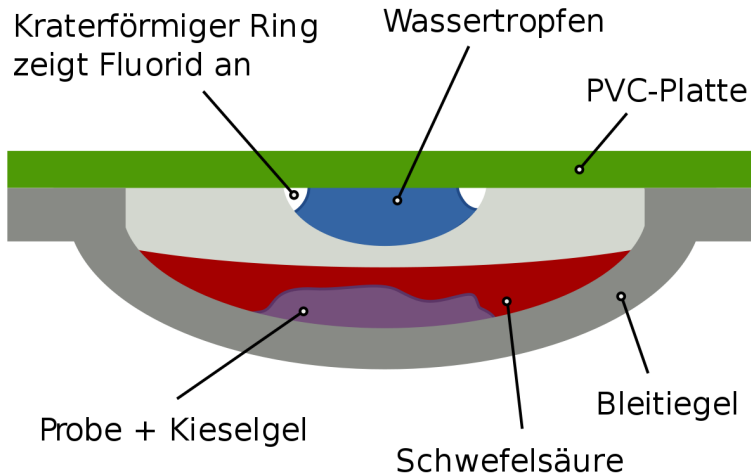


Abbildung 60: Bleitiegeltest mit Wassertropfen

Zum Nachweis der Silikatanionen wird eine kleine Portion der Probe in einen Bleitiegel gegeben, mit gepulvertem CALCIUMFLUORID³⁹⁷ versetzt (Mengenverhältnis Probe : Calciumfluorid etwa 3:1) und vermischt. Anschließend überschichtet man vorsichtig mit SCHWEFELSÄURE³⁹⁸. Es bildet sich das gasförmige SILICIUMTETRAFLUORID³⁹⁹.

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 Siliciumoxid, das sich kraterförmig im Tropfen absetzt.

³⁹⁷ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CALCIUMFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Calciumfluorid)

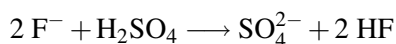
³⁹⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

³⁹⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SILICIUMTETRAFLUORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Siliciumtetrafluorid)

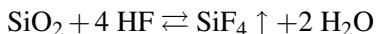
Eine Alternative zur PVC-Platte mit Wassertropfen ist ein schwarzes Filterpapier, das angefeuchtet wird. Das entweichende SiF_4 -Gas zerfällt dort zu SiO_2 , was an einem weißen Fleck erkennbar ist.

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

Erklärung



Fluoridanionen reagieren mit Schwefelsäure zu Sulfatanionen und FLUORWASSERSTOFF⁴⁰⁰.



Siliciumdioxid reagiert mit Fluorwasserstoff zu Siliciumtetrafluorid und Wasser.

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

2.3.34 Schwefel

SCHWEFEL⁴⁰¹ 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.

⁴⁰⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FLUORWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Fluorwasserstoff)

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

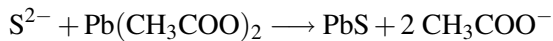
Sulfid

Sulfid-Anionen mit Bleiacetatpapier

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	FÄLLUNGSREAKTION ⁴⁰²
pH	?
Indikation	schwarze Färbung

Sulfid-Ionen (S^{2-}) lassen sich mit BLEIACETATPAPIER⁴⁰³ nachweisen, wobei eine schwarze Färbung des Papiers eintritt, hervorgerufen von BLEISULFID⁴⁰⁴.


Erklärung



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

Stinkprobe: Nachweis als Schwefelwasserstoff

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	VERDRÄNGUNGSREAKTION ⁴⁰⁵
pH	<<7
Indikation	Gestank

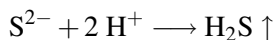
Gefahrstoffwarnung!  Eine weitere Möglichkeit ist das Ansäuern einer festen Probe mit einer starken Säure. Es entsteht ein

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

⁴⁰⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEISULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bleisulfid)

abscheulicher, charakteristischer Geruch nach faulen Eiern, hervorgerufen durch das Gas SCHWEFELWASSERSTOFF⁴⁰⁶, 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.

Iod-Azid-Reaktion

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ⁴⁰⁷
pH	?
Indikation	Entfärbung, Gasentwicklung

Reine Lösungen von NATRIUMAZID⁴⁰⁸ (NaN₃) und IOD⁴⁰⁹ (I₂) sind längere Zeit nebeneinander beständig. Sie werden aber durch Einwirkung von S²⁻ (auch schwerlösliche Schwermetallsulfide) katalytisch zersetzt. SCN⁻⁴¹⁰ reagiert analog.

Durchführung

Reagenz: 1 g NaN₃ in 75 ml Wasser bzw. 1 g I₂ in 75 ml

⁴⁰⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

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

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

⁴¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_THIOCYANAT](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_thiocyanat)

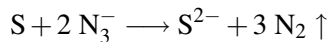
ETHANOL⁴¹¹ **Gefahrstoffwarnung!** ☠ Auf der Tüpfelplatte wird etwas Ursubstanz oder eine kleine Menge Niederschlag mit 1 Tropfen Reagenzlösung versetzt. Die Entwicklung von freien *Gasbläschen* (durch Zersetzung von Azid-ionen) und gleichzeitige *Entfärbung* der Reaktionslösung (durch Reduktion von Iod) deuten auf Anwesenheit von S^{2-} .

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

Erklärung



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 $Hg(NO_3)_2$ ⁴¹²-Lösung die Bildung von $[HgI_4]^{2-}$. Letzteres hat keinen Einfluss auf die beschriebene katalytische Zersetzung von Iod/Azid.

⁴¹¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ETHANOL](http://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol)

⁴¹²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER\(II\)-NITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber(II)-Nitrat)

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 Nutze machen



Abbildung 61: links: Permanganat; mitte: Lösung entfärbt, Barium-sulfat gefällt; rechts: Reaktion zu langsam

Durchführung

Man gibt zu 10 ml einer essigsäuren (keinesfalls schwefelsauer!) KALIUMPERMANGANAT⁴¹³-Lösung (schwach rosaviolett) 10 Tropfen verdünnte BARIUMCHLORID⁴¹⁴lösung. (siehe Bild: linkes Reagenzglas)

⁴¹³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumpermanganat)

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

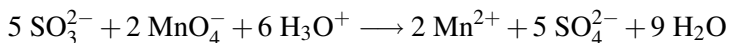
Die zu untersuchende Substanz wird nun dieser Reagenzlösung zügig zugegeben. Beim Verschwinden der rosaviolettten Farbe und Ausfällen eines weißen Niederschlages, enthielt die Ursubstanz Sulfite-Ionen (siehe Bild: mittleres Reagenzglas).

Erklärung der Erscheinung: Kaliumpermanganat oxidiert wie oben beschrieben Sulfite-Ionen zu Sulfate-Ionen; das Permanganat selbst wird zu farblosem Mangan(II) reduziert; Folge: Entfärbung. Das entstandene SULFAT⁴¹⁵ kann nun mit der Nachweisreaktion #SULFAT ALS BARIUMSULFAT⁴¹⁶ 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 Sulfate-Ionen; das Permanganat selbst wird zu farblosem Mangan(II) reduziert; Folge: Entfärbung.



⁴¹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SULFAT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Sulfat)

⁴¹⁶[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:

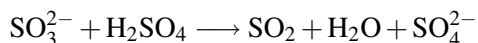
Zum Gelingen der Trennung ist zügiges Arbeiten zu verlangen. 20 mL der Probesubstanz werden mit 10 ml einer HCl/BaCl₂-Lösung ($c(\text{H}^+) = 1 \text{ mol/L}$) filtriert. (Zusammenführen der Lösungen erst kurz vor Filtrierung!) Im Erlenmeyerkolben werden 10 mL einer 0,5-molaren Natronlauge vorgelegt. Die Sulfat-Ionen werden gefällt und bleiben als Bariumsulfat im Rückstand. Entstehendes Bariumsulfit 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	VERDRÄNGUNGSREAKTION ⁴¹⁷
pH	<7 essigsauer
Indikation	Schwefeldioxidgas

Gefahrstoffwarnung! **Durchführung**

Sulfit-Ionen (SO_3^{2-}) lassen sich auch per Verdrängungsreaktion mit (konzentrierter) SCHWEFELSAURE⁴¹⁸ nachweisen. Es entsteht ein stechender Geruch von SCHWEFELDIOXID⁴¹⁹, 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.

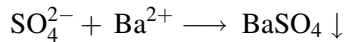
⁴¹⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)

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

Durchführung

Dazu wird die leicht angesäuerte Probenlösung mit einigen Tropfen BARIUMCHLORID⁴²⁰ (BaCl₂) 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 BaF₂ bilden, welches ebenfalls ausfällt. Dieses geht allerdings beim Erhitzen mit Salzsäure wieder in Lösung.

Thiosulfat

Sonnenuntergang

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

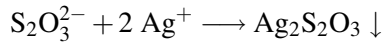
THIOSULFAT⁴²¹-Anionen (S₂O₃²⁻) werden durch Zugabe von Silbernitratlösung im Überschuss bei pH um 7 nachgewiesen („Sonnenuntergang“): Es entsteht ein weißer Niederschlag, der sich

⁴²⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Bariumchlorid)

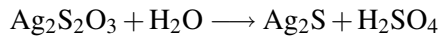
⁴²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOSULFAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiosulfat)

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 Sulfat/Sulfat (+VI).

Thiocyanat

Stierblutprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	KOMPLEXBILDUNG ⁴²²
pH	
Indikation	tiefrote Färbung



Abbildung 62: Eisensalzlösung (links) und Eisen-III-thiocyanat

THIOCYANAT⁴²³-, oder auch Rhodanid-Ionen werden qualitativ mit der „Stierblutprobe“ nachgewiesen. Diese Reaktion wird auch zum Nachweis von EISEN⁴²⁴ mit Thiocyanatlösung eingesetzt.

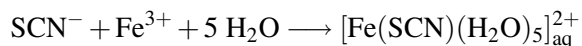
⁴²³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/THIOCYANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Thiocyanat)

⁴²⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Eisen)

Durchführung

Dabei wird der zu untersuchenden Lösung eine gesättigte EISEN(III)-CHLORID⁴²⁵-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 Pentaquathiocyanatoferrat(III), welcher blutrot erscheint.

Nachweis mit Kupfersulfat

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	REDOXREAKTION ⁴²⁶ , KOMPLEXBILDUNG ⁴²⁷
pH	
Indikation	zunächst grün, im Überschuss schwarz, mit Sulfid weiß

⁴²⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(III\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(III)-chlorid)



Abbildung 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 Überschuss bildet sich ein schwarzer Niederschlag. (siehe Bild mittiges Reagenzglas) Wird der Niederschlag mit SULFIT⁴²⁸-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 Sulfid-Ionen im wässrigen Milieu zu weißem Kupfer(I)-thiocyanat, Thiocyanat-Ionen, Sulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen.

2.3.35 Vanadium

VANADIUM⁴²⁹ Eine Vorprobe liefert die PHOSPHORSALZPERLE⁴³⁰, 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 AMMONIUMSULFID⁴³¹ erfolgt aus neutraler oder basischer Lösung keine Fällung. Es bilden sich stattdessen lösliche braun bis

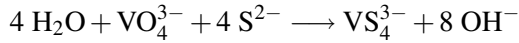
⁴²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SULFIT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Sulfid)

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

⁴³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_BORAX-%20UND%20PHOSPHORSALZPERLE](http://de.wikibooks.org/wiki/../_BORAX-%20und%20Phosphorsalzperle)

⁴³¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

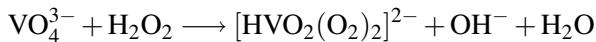
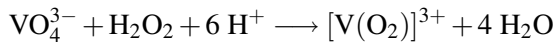
rotviolette Thiovanadate. Beim Sättigen der Lösung mit SCHWEFELWASSERSTOFF⁴³² beobachtet man eine Rotviolettffärbung durch $[\text{VS}_4]^{3-}$. Durch Versetzen mit Säure fällt braunes V_2S_5 aus.



Nachweis mit Wasserstoffperoxid

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	OXIDATIONSREAKTION ⁴³³
pH	<7 sauer
Indikation	rötlich-braun bis gelb

In saurer Lösung entsteht mit WASSERSTOFFPEROXID⁴³⁴ 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)⁴³⁵ gibt eine analoge Reaktion und muss daher vorher abgetrennt werden.

⁴³²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SCHWEFELWASSERSTOFF](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff)

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

⁴³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_TITAN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_TITAN)

DICHROMAT⁴³⁶ 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

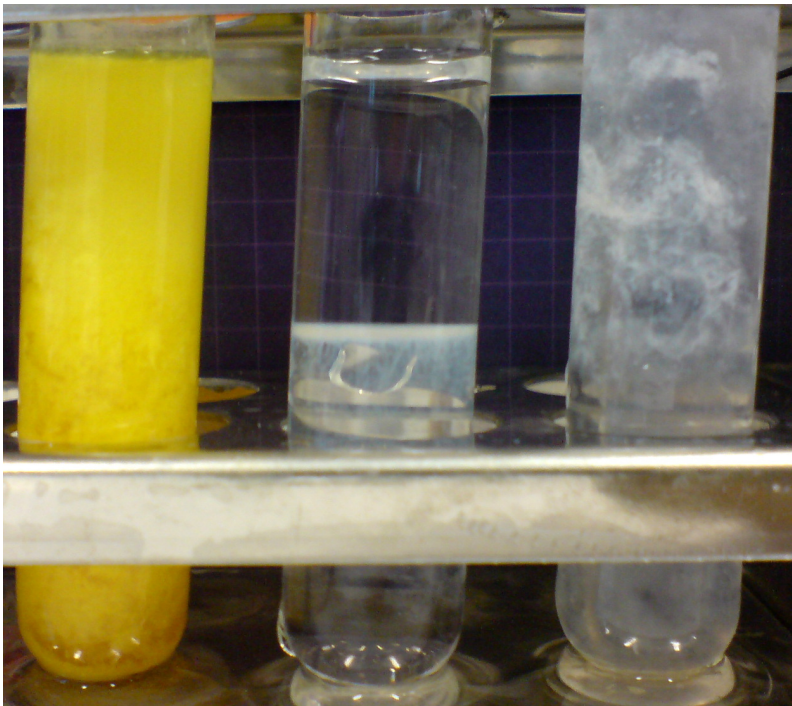


Abbildung 64: weißes ZnS in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (weißlich), Zinkcarbonate (weißlich)

⁴³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_CHROM)

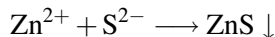
Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	7 neutral
Indikation	weißer voluminöser Niederschlag

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 ESSIGSÄURE⁴³⁷ und AMMONIUMSULFIDLÖSUNG⁴³⁸ sei hier empfohlen. Falls man in der AMMONIUMSULFIDGRUPPE⁴³⁹ auf Schwierigkeiten stößt, kann man auch versuchen aus dem KALIUMHYDROXIDAUSZUG⁴⁴⁰ zu arbeiten.

Erklärung



⁴³⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESSIGS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%C3%A4ure)

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

⁴³⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Ammoniumsulfidgruppe)

⁴⁴⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20KALIUMHYDROXIDAUSZUG](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Kaliumhydroxidauszug)

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

Nachweis mit gelben Blutlaugensalz

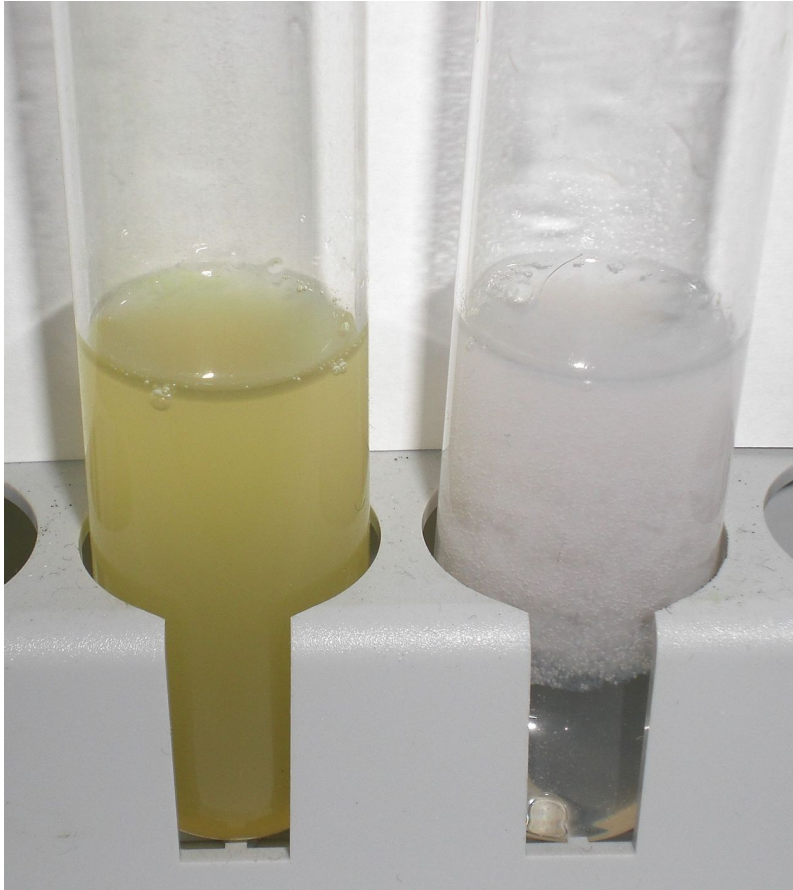


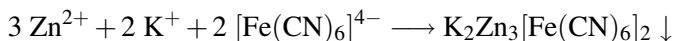
Abbildung 65: links: Reaktion mit rotem Blutlaugensalz; rechts: Reaktion mit gelbem Blutlaugensalz

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Fällungsreaktion
pH	7 neutral
Indikation	schmutzig weißer Niederschlag

Durchführung

Einige Tropfen einer salzsauren, mit Acetat gepufferten Lösung werden mit wenigen Tropfen verdünnter KALIUMHEXACYANIDOFERRAT(II)⁴⁴¹-Lösung versetzt. Es entsteht 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 Kaliumzinkhexacyanidoferrat(II)

Nachweis als Rinmans Grün

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

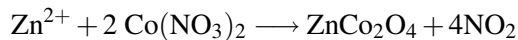
⁴⁴¹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMHEXACYANIDOFERRAT\(II\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumhexacyanidoferrat(II))

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 COBALTNITRAT⁴⁴²-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 RINMANS GRÜN⁴⁴³. 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 ARSENGRUPPE⁴⁴⁴ aus.

⁴⁴²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALTNITRAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Cobaltnitrat)

⁴⁴³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RINMANS%20GR%C3%BCN](http://de.wikipedia.org/wiki/Rinmans%20Gr%C3%BCn)

⁴⁴⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SCHWEFELWASSERSTOFFGRUPPE%20ARSEN-ZINN-GRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Schwefelwasserstoffgruppe%20Arsen-Zinn-Gruppe)

Nachweis mittels Leuchtprobe

Nachweisreaktion	
Reaktionstyp	Redoxreaktion
pH	<7 salzsauer
Indikation	blaue Lumineszenz

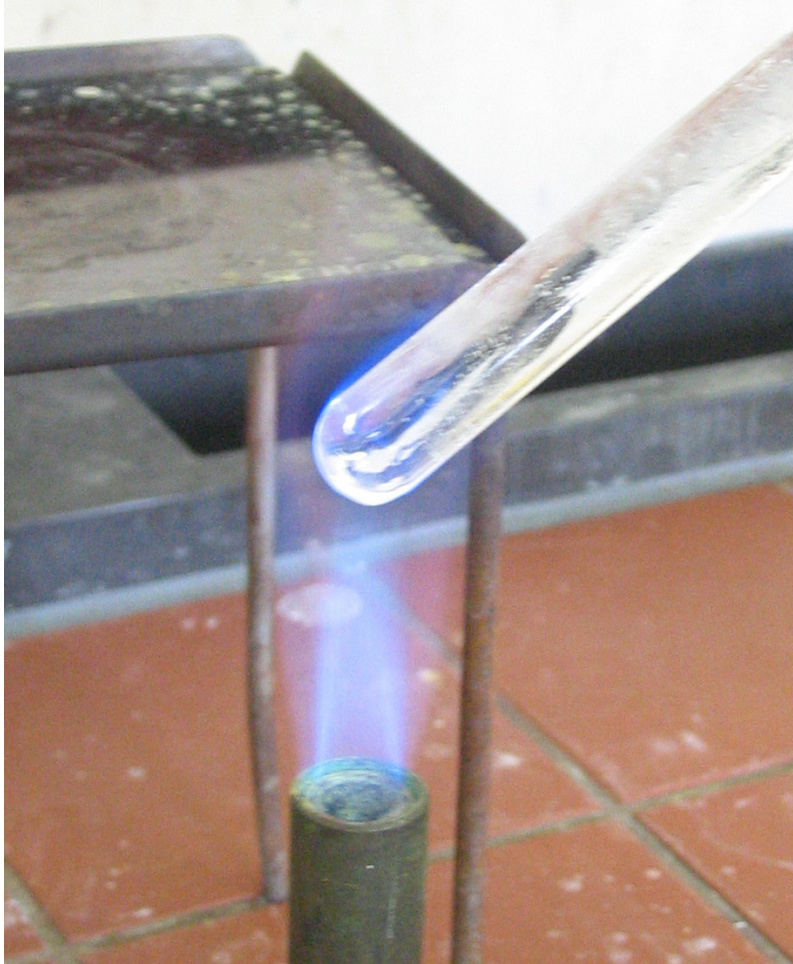


Abbildung 66: blaue Lumineszenz am Reagenzglasrand

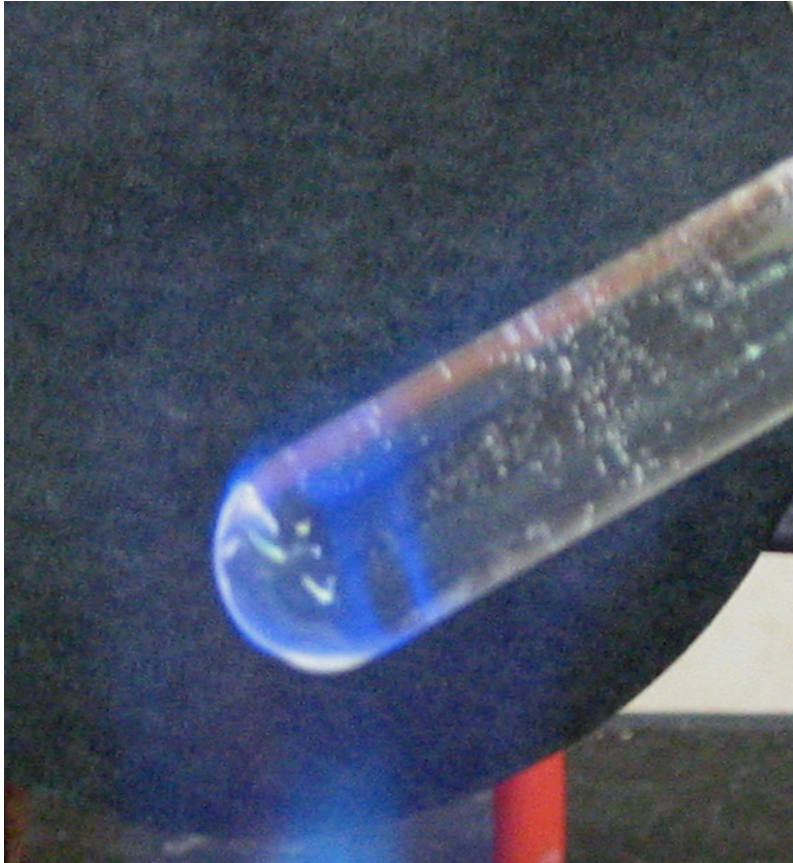


Abbildung 67: Detailaufnahme

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

Durchführung

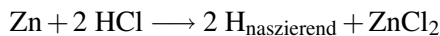
Die zu prüfende feste Substanz wird mit etwas festem Zink und 20-prozentiger Salzsäure vermischt. Nachdem man 15 Minuten gewartet hat, füllt man ein Reagenzglas mit kaltem Wasser oder Eis. Jetzt stippt man das Reagenzglas mit der Außenseite in die Mischung aus Zink, Salzsäure und Analysensubstanz und 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 KALIUMPERMANGANATLÖSUNG⁴⁴⁵ 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 STANNAN⁴⁴⁶ oder Zinnchloride in verschiedenen Oxidationsstufen.⁴⁴⁷

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



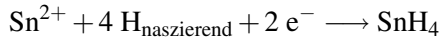
⁴⁴⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMPERMANGANAT](http://de.wikipedia.org/wiki/KALIUMPERMANGANAT)

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

⁴⁴⁷Zum Nachweis von Zinn (II) DOI:10.1007/BF00533516⁴⁴⁸

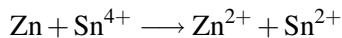
Zink und Salzsäure reagiert zu naszierendem Wasserstoff und Zinkchlorid.

Das Gas STANNAN⁴⁴⁹ sorgt für das Leuchten

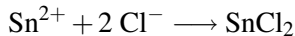


Zinn(II)-Ionen reagieren mit naszierendem Wasserstoff zu Stannan.

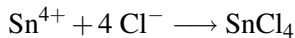
Das Zink reduziert eventuell vorhandene schwerlösliche Sn(IV)-Verbindungen in Sn(II)-Verbindungen:



Es entsteht durch ZINN(II)-CHLORID⁴⁵⁰.



Es entsteht direkt ZINN(IV)-CHLORID⁴⁵¹.



Störung

Niob bildet ähnlich fluoreszierende Verbindungen und führt zu

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

⁴⁵⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN\(II\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn(II)-chlorid)

⁴⁵¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINN\(IV\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Zinn(IV)-chlorid)

falsch positiven Nachweisen. Größere Mengen ARSEN⁴⁵² stören ebenfalls, da AsH₃ auch mit blauer Flamme brennt.

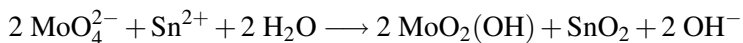
Nachweis als Molybdänblau

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 AMMONIUMMOLYBDAT⁴⁵³-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



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

⁴⁵²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ARSEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Arsen)

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

2.4 Kationentrennungsgang

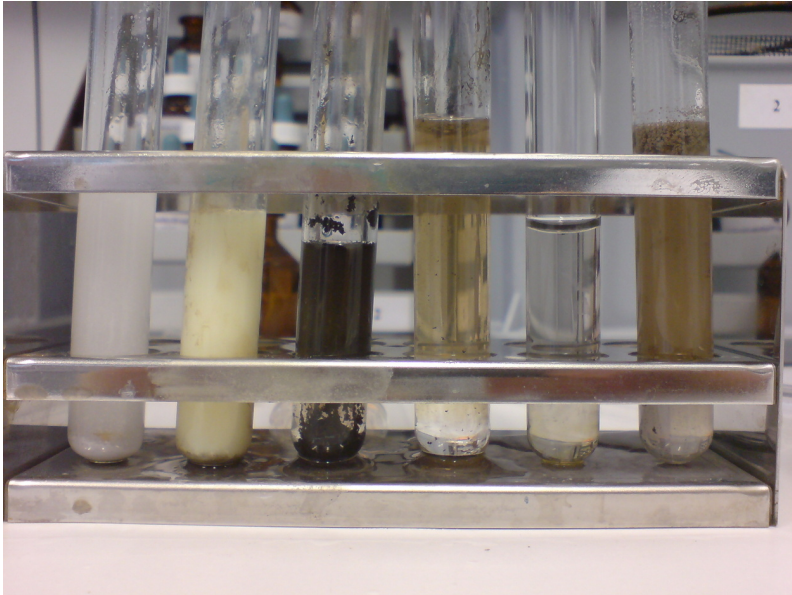


Abbildung 68: AgCl (weiß), AgI (gelb), Ag₂S (schwarz), Ag₂O (bräunlich), [Ag(NH₃)₂]⁺ (durchsichtig), Ag₂CO₃ (bräunlich)

2.4.1 Salzsäuregruppe

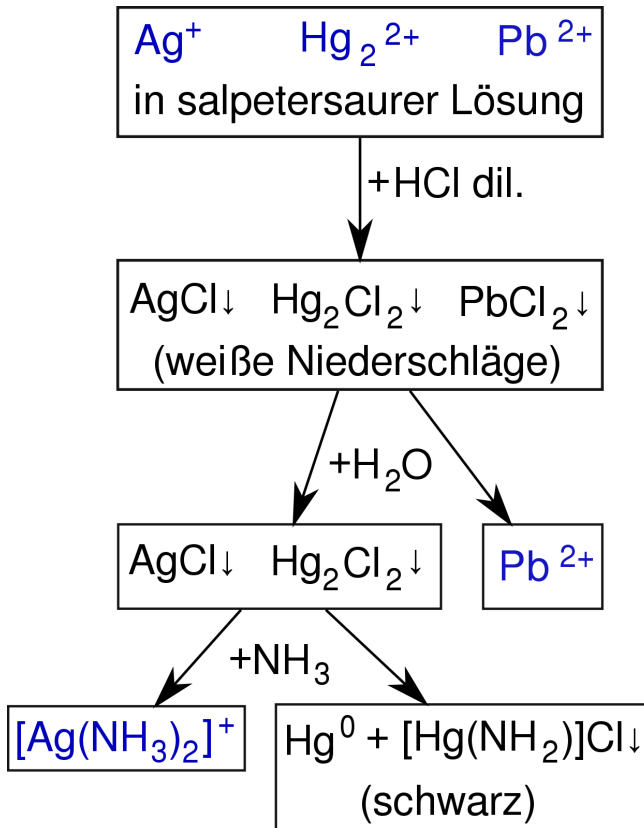


Abbildung 69: Schema der Salzsäuregruppe

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)-CHLORID⁴⁵⁴ – Hg₂Cl₂
- QUECKSILBER(II)-CHLORID⁴⁵⁵ – HgCl₂
- BLEI(II)-CHLORID⁴⁵⁶ – PbCl₂ - löslich in heißem Wasser
- SILBERCHLORID⁴⁵⁷ – AgCl – als Silberdiamminkomplex löslich in konz. Ammoniakwasser. Ist die Konzentration der Salzsäure zu hoch, kann das AgCl komplexiert werden und geht dann als [AgCl₂]⁻ 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 Glas-trichter filtriert. Das Filtrat lässt man abkühlen, um hieraus BLEI⁴⁵⁸ durch Zugabe von einem Tropfen ca. 0,5-molarer Kaliumchromat- oder KALIUMDICHROMATLÖSUNG⁴⁵⁹ ALS GELBES BLEI(II)-CHROMAT PbCrO₄ NACHZUWEISEN⁴⁶⁰.

⁴⁵⁴ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER\(I\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber(I)-chlorid)

⁴⁵⁵ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/QUECKSILBER\(II\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilber(II)-chlorid)

⁴⁵⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLEI\(II\)-CHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Blei(II)-chlorid)

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

⁴⁵⁸ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_BLEI](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_blei)

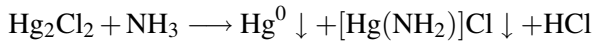
⁴⁵⁹ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KALIUMDICHROMAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumdichromat)

⁴⁶⁰ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/._/_BLEI%23NACHWEIS%20ALS%20BLEICHROMAT](http://de.wikibooks.org/wiki/._/_blei%23nachweis%20als%20bleichromat)

Alternativ kann Natriumiodidlösung zugegeben, mit der Blei(II)-Ionen ALS GELBES BLEI(II)-IODID PbI_2 AUSFALLEN⁴⁶¹. 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 QUECKSILBER⁴⁶²) 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

BLEI⁴⁶³ - SILBER⁴⁶⁴ - QUECKSILBER⁴⁶⁵

⁴⁶¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_BLEI%23NACHWEIS%20ALS%20BLEIIODID](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_BLEI%23NACHWEIS%20ALS%20BLEIIODID)


⁴⁶²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_QUECKSILBER](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_QUECKSILBER)

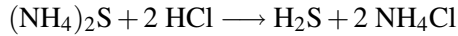
2.4.2 Schwefelwasserstoffgruppe

Die Gruppenfällung mit Schwefelwasserstoff

Bei einem pH-Wert von 0 bis 5 fallen in H_2S -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 H_2S eventuell S_8 bilden könnte. Bei gleichen Mengen der Stoffe in der Analysesubstanz fallen die Sulfide dann in folgender Reihenfolge aus:

1. As_2S_3 (gelb)
2. SnS_2 (hellgelb)
3. Sb_2S_5 (orange)
4. HgS (schwarz)
5. PbS (schwarz)
6. CuS (schwarz)
7. SnS (schwarz bis braun)
8. Bi_2S_3 (schwarz bis braun)
9. zuletzt CdS (eigelb)

Gefahrstoffwarnung!  Da H_2S ein sehr giftiges Gas ist, wird stattdessen oft mit einem Gemisch von Na_2S mit $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{HCl}$ 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.



AMMONIUMSULFID⁴⁶⁶ und SALZSÄURE⁴⁶⁷ reagieren zu SCHWEFELWASSERSTOFF⁴⁶⁸ und AMMONIUMCHLORID⁴⁶⁹

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 NH₃⁴⁷⁰ 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 LÖSLICHKEITSPRODUKT⁴⁷¹ zu beachten!)

Man verfährt mithin z.B. folgendermaßen: Das Filtrat der SALZSÄUREGRUPPE⁴⁷² wird bis fast zur Trockene eingedampft

⁴⁶⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSUFILD](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfid)

⁴⁶⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

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

⁴⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMCHLORID](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumchlorid)

⁴⁷⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIAK](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniak)

⁴⁷¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/L%C3%B6sllichkeitsprodukt](http://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6sllichkeitsprodukt)

⁴⁷²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Salzs%C3%A4uregruppe)

[20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20SALZS%C3%A4UREGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Salzs%C3%A4uregruppe)

(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 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).

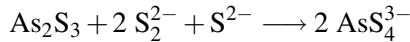
Trennung der H_2S Gruppe in 2 Untergruppen

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 et-

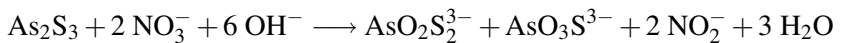
wa 50-60°C ausgelaugt (auslaugen = Feststoffgemisch zwecks teilweiser Auflösung desselben unter Umrühren in Flüssigkeit erwärmen), danach filtriert. Der Filtrerrückstand ist mit 1-2 mL Wasser auszuwaschen: Im Filtrat findet sich die As-Sn-Gruppe (lösliche Thioosalze: AsS_4^{3-} SbS_4^{3-} SnS_3^{2-}), 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 QUECKSILBER⁴⁷³ durchführen, z.B. "Amalgamprobe" mit einem Stück Kupferblech, Zur Sicherheit HgS in

⁴⁷³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20QUECKSILBER](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Quecksilber)

wenig konz. HCl/ konz HNO₃, lösen HNO₃ abrauchen und weitere Hg Proben durchführen. Reduktion mit SnCl₂ 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 BLEI⁴⁷⁴ bildet sich ein weißer Niederschlag (PbSO₄ Blei-II-Sulfat). Dieser wird abfiltriert, in Ammoniumtartratlösung gelöst (Komplexbildungsreaktion) und wie in der HCl-Gruppe nachgewiesen mit Iodid-, Natriumsulfid-, Kaliumdichromat-Lösung.

⁴⁷⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20BLEI](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Blei)

Bismut sowie Kupfer neben Cadmium nachweisen

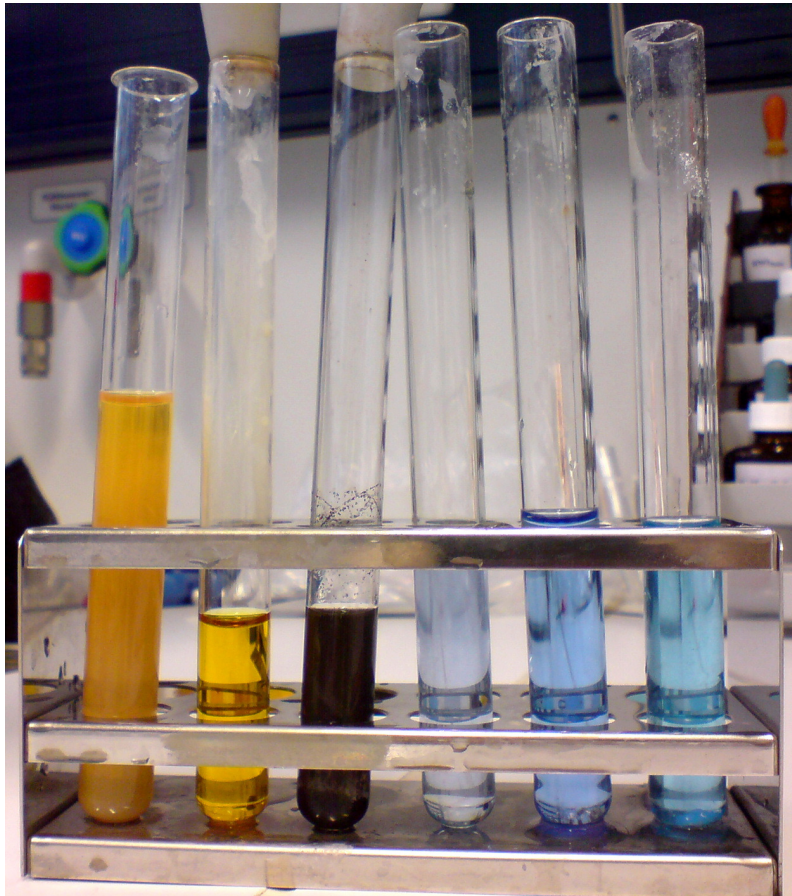
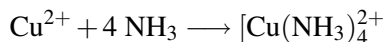


Abbildung 70: CuI (weiß), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$ (keine Reaktion), CuS (schwarz), $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (blau), $[\text{Na}_2\text{Cu}(\text{OH})_4]$ (blau), $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (blau), CuCO_3 (blau)

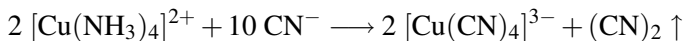
Die Lösung ist nun ammoniakalisch zu machen. KUPFER⁴⁷⁵ ist sofort an der blauen Farbe der Lösung zu erkennen:



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.⁴⁷⁶ versetzten (Elementares BISMUT⁴⁷⁷ 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 KCN⁴⁷⁸ 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 DICYAN⁴⁷⁹

⁴⁷⁵ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20KUPFER](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Kupfer)

⁴⁷⁶ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STANNAT](http://de.wikipedia.org/wiki/Stannat)

⁴⁷⁷ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20BISMUT](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Bismut)

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

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

Achtung: Ab hier die Lösung nicht mehr ansäuern, sonst entsteht hochgiftige BLAUSÄURE⁴⁸⁰ (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 CADMIUM⁴⁸¹ 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 Sb⁴⁸² ausfällt (zum Einzelnachweis im Filter waschen, in Königswasser lösen, abrauchen

⁴⁸⁰ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLAUS%C3%A4ure](http://de.wikipedia.org/wiki/BLAUS%C3%A4ure)

⁴⁸¹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_CADMIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_CADMIUM)

⁴⁸² [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Antimon)

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 ARSEN⁴⁸³ 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 PROBE⁴⁸⁴.

Die Lösung ist danach einzuengen um **Sb** und **Sn** anschließend nebeneinander nachzuweisen (Nagelprobe: Einen Eisennagel in die Lösung legen, an ihm bildet sich elementares ANTIMON⁴⁸⁵ (Sb). Diese kann erneut im Sauern gelöst und mit H₂S Wasser als orangefarbenes Sulfid gefällt werden. SN⁴⁸⁶ verbleibt in der Lösung. Es kann sehr gut mit der Leuchtprobe nachgewiesen werden.

⁴⁸³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ARSEN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Arsen)

⁴⁸⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MARSHSCHE%20PROBE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Marshsche%20Probe)

⁴⁸⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Antimon)

⁴⁸⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ZINN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Zinn)

nachzuweisende Kationen in der Schwefelwasserstoffgruppe

ARSEN⁴⁸⁷ - ANTIMON⁴⁸⁸ - ZINN⁴⁸⁹ - QUECKSILBER⁴⁹⁰ - BLEI⁴⁹¹
- KUPFER⁴⁹² - BISMUT⁴⁹³ - CADMIUM⁴⁹⁴

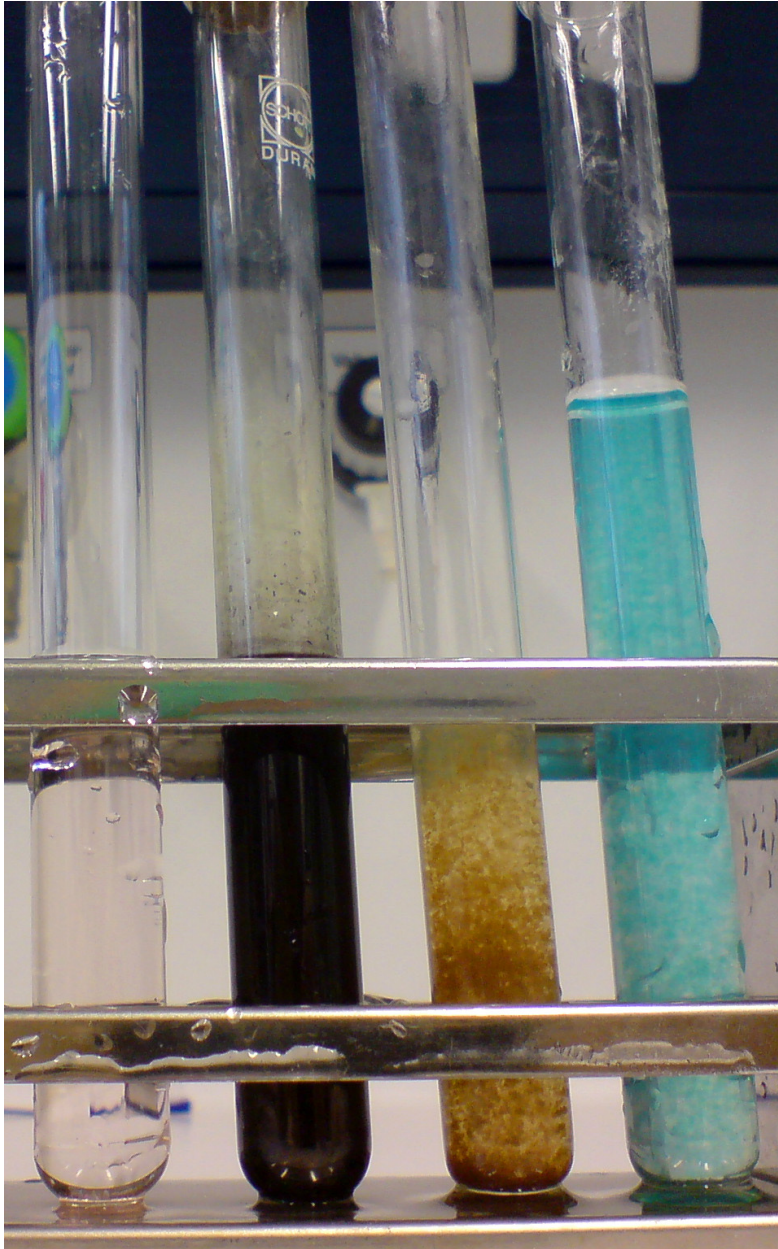


Abbildung 71: CoNO_3 (schwach pink), CoS (schwarz), Co(OH)_2 (rotbraun), Cobaltcarbonate (blau)

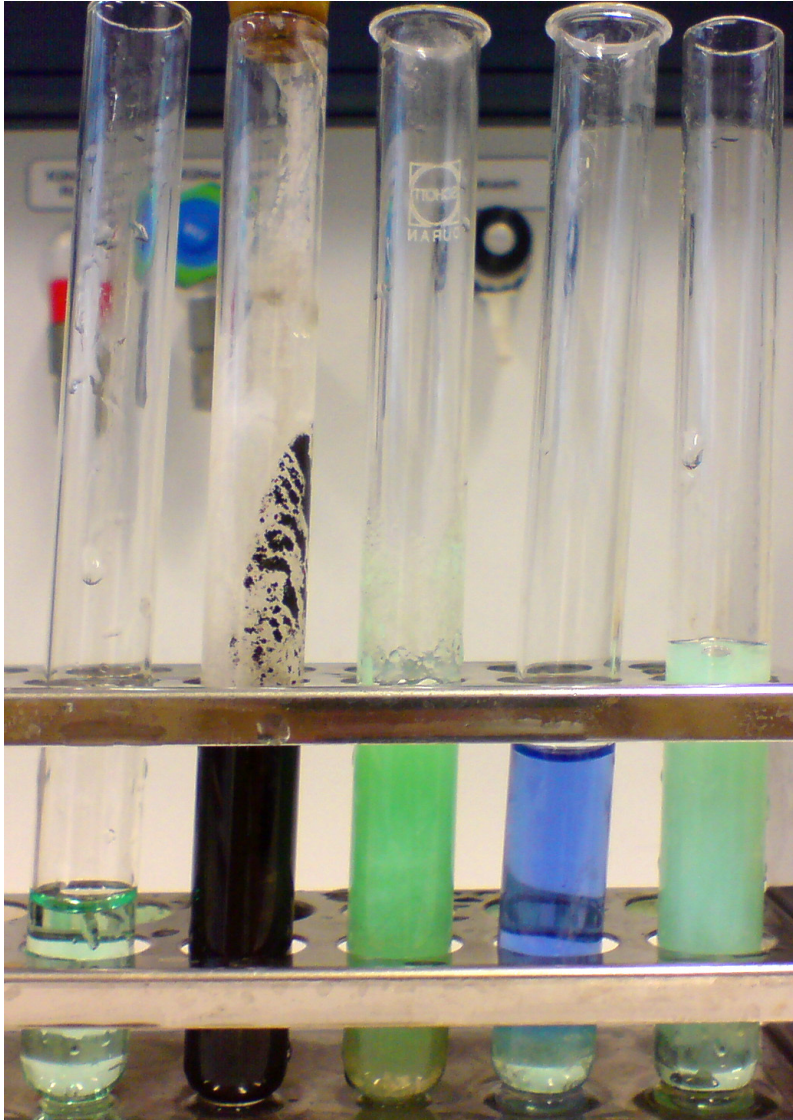


Abbildung 72: NiNO_3 (grün), NiS (schwarz), Ni(OH)_2 (grün), $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ (blau), Nickelcarbonate (grün)

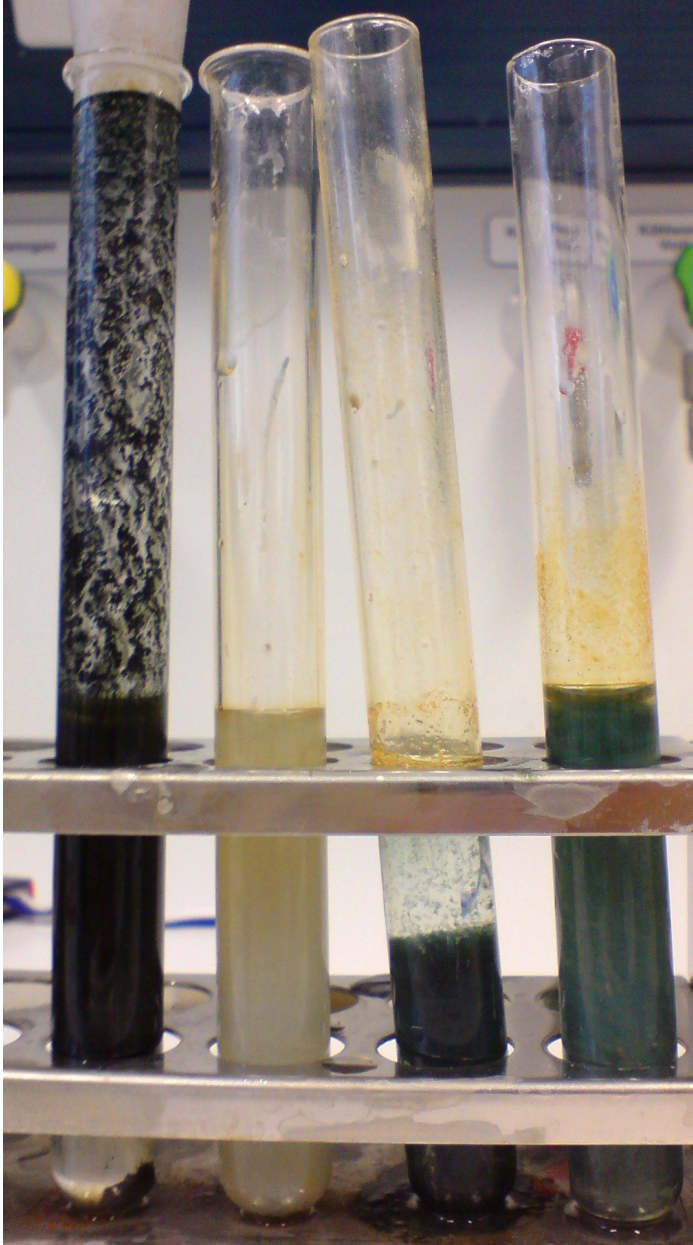


Abbildung 73: FeS (schwarz), Fe(OH)_2 (weiß), Fe(OH)_3 (braun), FeCO_3 (eigentlich weiß)

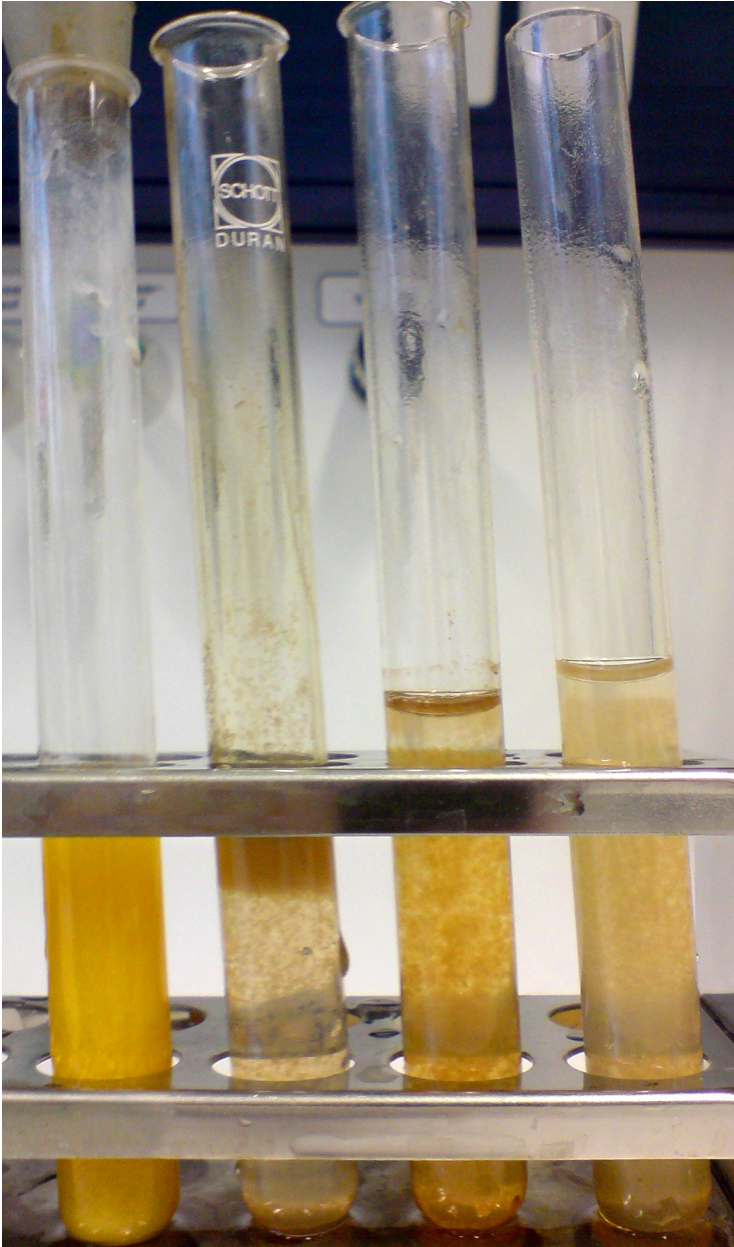


Abbildung 74: MnS (orange-gelb), $\text{MnO}(\text{OH})$ (bräunlich), MnCO_3 (bräunlich, natürliches Mineral rosa)



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

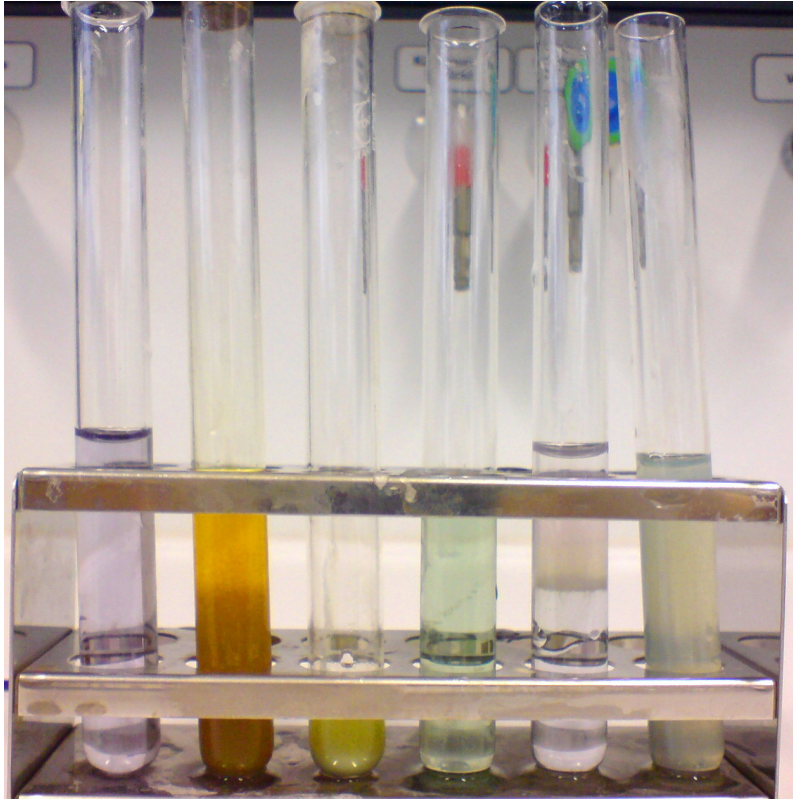


Abbildung 76: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (bläulich), $\text{Cr}(\text{OH})_3$ in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (graugrün), $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ (grünlich), $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ (gelblich), $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3/\text{Cr}(\text{OH})_3$ (graugrün)

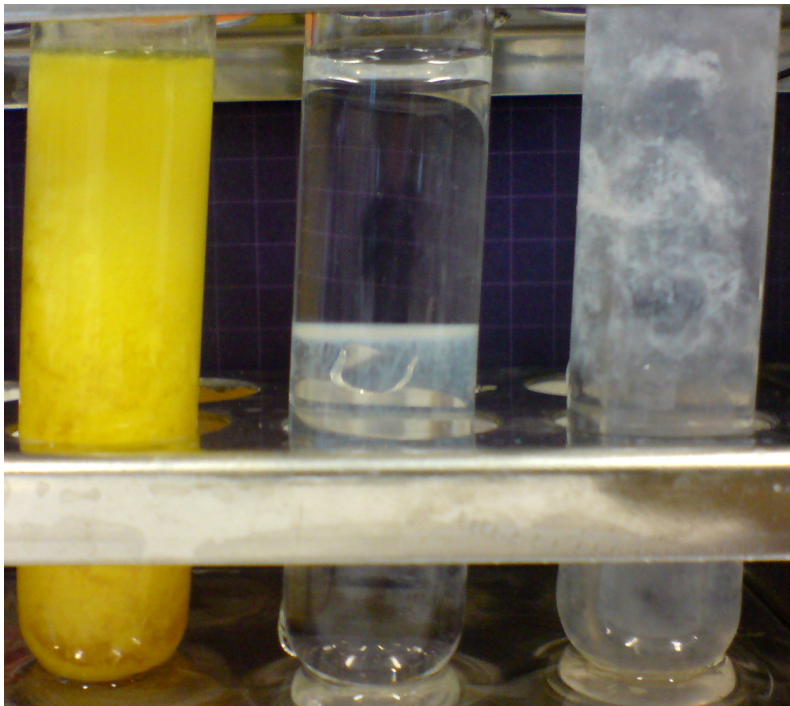


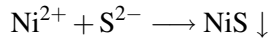
Abbildung 77: weißes ZnS in gelbem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (weißlich), Zinkcarbonate (weißlich)

2.4.3 Ammoniumsulfidgruppe

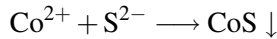
Die Gruppenfällung mit Ammoniumsulfidlösung

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

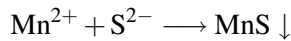
Eisen-III-Kationen). Als unlösliche Hydroxide fallen Al(OH)_3 und Cr(OH)_3 aus.



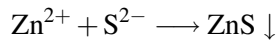
NICKEL⁴⁹⁵ fällt als schwarzes NICKEL(II)-SULFID⁴⁹⁶.



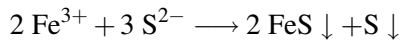
COBALT⁴⁹⁷ fällt als schwarzes COBALT(II)-SULFID⁴⁹⁸.



MANGAN⁴⁹⁹ fällt als rosafarbenes MANGAN(II)-SULFID⁵⁰⁰.



ZINK⁵⁰¹ fällt als weißes ZINK(II)-SULFID⁵⁰².



⁴⁹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_NICKEL](http://de.wikibooks.org/wiki/../_NICKEL)

⁴⁹⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NICKEL\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/NICKEL(II)-SULFID)

⁴⁹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_COBALT](http://de.wikibooks.org/wiki/../_COBALT)

⁴⁹⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/COBALT\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/COBALT(II)-SULFID)

⁴⁹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_MANGAN)

⁵⁰⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MANGAN\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/MANGAN(II)-SULFID)

⁵⁰¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ZINK)

⁵⁰²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ZINK\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/ZINK(II)-SULFID)

EISEN(III)⁵⁰³ wird zu hellbraunem EISEN(II)-SULFID⁵⁰⁴ reduziert. Dabei entsteht elementarer Schwefel.

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 eingeengt. Bis zur deutlich alkalischen Reaktion wird konz. Ammoniak zugeträufelt, 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

⁵⁰³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_EISEN)

⁵⁰⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISEN\(II\)-SULFID](http://de.wikipedia.org/wiki/EISEN(II)-SULFID)

elektrische Ladung aufgehoben werden und die Aggregate fallen aus).

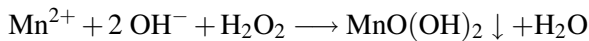
Alkalischer Sturz

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)

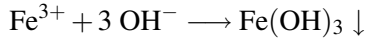
Von Ni & Co befreites Filtrat der Sulfide aufkochen, konz. Salpetersäure zugeben und eindampfen, neutralisierte Rest-Tröpfchen in alkalisches Bad geben (aus Ätznatron und konz. Wasserstoffperoxid) und erhitzen, abfiltrierten Niederschlag mit warmem Wasser waschen, in HCl lösen; in einem Teil der Lösung 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)⁵⁰⁵ + Natronlauge + Wasserstoffperoxid
ergibt BRAUNSTEIN⁵⁰⁶.

⁵⁰⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_MANGAN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_MANGAN)

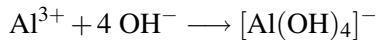
⁵⁰⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BRAUNSTEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/BRAUNSTEIN)



EISEN(III)⁵⁰⁷ fällt als braunes EISENHYDROXID⁵⁰⁸

Abtrennung von Aluminiumhydroxid

Stark alkalische Lösung durch Kochen von Wasserstoffperoxid freien (Nachweisreaktion: bei Gelbfärbung Chromat!), mit HCl neutralisieren, einige Tropfen Ammoniak und 2-3 Spatelspitze Ammoniumchlorid zugeben, aufkochen, den weißen Aluminiumhydroxid-Niederschlag abfiltrieren und ALUMINIUMEINZELNACHWEISE⁵⁰⁹ 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 Filtrerrückstand in verdünnter Schwefelsäure lösen, mit Wasserstoffperoxid und Ether schütteln (Nachweisreaktion ähnlich wie beim alkalischen Bad: zusätzl. CHROMNACHWEIS⁵¹⁰, kann bei eindeutiger Vorprobe und Gelbfärbung u.U. entfallen (**Vorsicht:** Etherdämpfe können sich in Flammennähe explosionsartig entzünden!). In schwach essigsäures

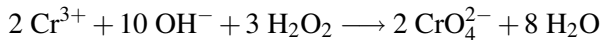
⁵⁰⁷ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_EISEN](http://de.wikibooks.org/wiki/../_EISEN)

⁵⁰⁸ [HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EISENHYDROXID](http://de.wikipedia.org/wiki/EISENHYDROXID)

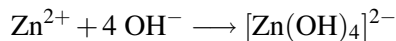
⁵⁰⁹ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ALUMINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ALUMINIUM)

⁵¹⁰ [HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/../_CHROM)

Filtrat vom Bariumchromat Schwefelwasserstoff-Gas einleiten, weißen ZnS-Niederschlag 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 ZINKEINZELNACHWEIS⁵¹¹ ausfällen.



Chrom(III) wird zu einer gelben CHROMATLÖSUNG⁵¹² oxidiert.



Zink geht als farbloser Hydroxidozinkat-Komplex in Lösung.

nachzuweisende Kationen in der Ammoniumsulfidgruppe
 NICKEL⁵¹³ - COBALT⁵¹⁴ - MANGAN⁵¹⁵ - ZINK⁵¹⁶ - EISEN⁵¹⁷

2.4.4 Ammoniumcarbonatgruppe

Die Gruppenfällung mit Ammoniumcarbonatlösung

Filtrat der Ammoniumsulfidgruppe mit HCl ansäuern und Schwefelwasserstoff verkochen; aus nicht allzu verdünnter Lösung (geg. Volumen durch Sieden auf einige mL einengen) im ammoniakalischen mit einem Überschuss an konzentrierter Ammoniumcarbonatlösung

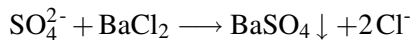
⁵¹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/../_ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/../_ZINK)

⁵¹²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

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 FLAMMENFÄRBUNG⁵¹⁸):



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):

- a) ein 1. Teil wird mit Ammoniumsulfatlösung versetzt, filtriert und das Filtrat mit Ammoniumoxalatlösung auf noch vorhandene, überschüssige Calciumionen untersucht. Der

⁵¹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Flammenf%C3%A4rbung)

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 FLAMMENFÄRBUNG⁵¹⁹ untersucht: tiefrote Flamme (ggf. mit dem Niederschlag aus b) und je einem Salzkorn Calcium- und Strontiumsalz vergleichen).

Ion	FLAMMENFÄRBUNG	Reaktion mit OH ⁻⁵²¹	...mit CO ₃ ²⁻⁵²²	...mit C ₂ O ₄ ²⁻⁵²³	...mit CRO ₄ ²⁻⁵²⁴
BERYLLIUM	keine	Be(OH) ₂ fällt aus	BeCO ₃ ist löslich	?	BeCrO ₄ ist löslich
MAGNESIUM	keine	Mg(OH) ₂ fällt aus	MgCO ₃ fällt aus	MgC ₂ O ₄ ist löslich	MgCrO ₄ ist löslich

⁵¹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Flammenf%C3%A4rbung)

⁵²⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/.../Flammenf%C3%A4rbung)

⁵²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HYDROXIDE](http://de.wikipedia.org/wiki/Hydroxide)

⁵²²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CARBONATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Carbonate)

⁵²³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OXALATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Oxalate)

⁵²⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHROMATE](http://de.wikipedia.org/wiki/Chromate)

⁵²⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_BERYLLIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_Beryllium)

⁵²⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_MAGNESIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_Magnesium)

CALCIUM ⁵²⁷ ziegelrot	Ca(OH) ₂ fällt aus	CaCO ₃ fällt aus	CaC ₂ O ₄ fällt aus	CaCrO ₄ fällt aus
STRONTIUM ⁵²⁸ intensiv rot	Sr(OH) ₂ fällt aus	SrCO ₃ fällt aus	SrC ₂ O ₄ ist löslich	SrCrO ₄ fällt aus
BARIUM ⁵²⁹ gelb- grün	Ba(OH) ₂ ist lös- lich	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⁺⁵³⁰, MG²⁺⁵³¹, K⁺⁵³², NA⁺⁵³³, LI⁺⁵³⁴. Diese können mittels spezifischer Nachweisreaktionen und FLAMMENFÄRBUNG⁵³⁵ identifiziert werden.

nachzuweisende Kationen in der löslichen Gruppe

KALIUM⁵³⁶ - MAGNESIUM⁵³⁷ - AMMONIUM⁵³⁸ - NATRIUM⁵³⁹

⁵²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/./._CALCIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/./._CALCIUM)

⁵²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/./._STRONTIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/./._STRONTIUM)

⁵²⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/./._BARIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/./._BARIUM)

⁵³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Ammonium)

⁵³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20MAGNESIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Magnesium)

⁵³²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20KALIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Kalium)

⁵³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20NATRIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Natrium)

⁵³⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20LITHIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Lithium)

⁵³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/./._FLAMMENF%C3%A4RBUNG](http://de.wikibooks.org/wiki/./._Flammenf%C3%A4rbung)

2.4.5 Kaliumhydroxidauszug

Da der alkalische Sturz nach der AMMONIUMSULFIDFÄLLUNG⁵⁴⁰ 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. ANTIMON⁵⁴¹, ZINN⁵⁴², ALUMINIUM⁵⁴³, ZINK⁵⁴⁴ und CHROM⁵⁴⁵, die nun mit spezifischen Nachweisreaktionen nachgewiesen werden können.

-
- ⁵⁴⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Ammoniumsulfidgruppe)
- ⁵⁴¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ANTIMON](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Antimon)
- ⁵⁴²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ZINN](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Zinn)
- ⁵⁴³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ALUMINIUM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Aluminium)
- ⁵⁴⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20ZINK](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Zink)
- ⁵⁴⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/PRAKTIKUM%20ANORGANISCHE%20CHEMIE/%20CHROM](http://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum%20Anorganische%20Chemie/%20Chrom)

3 Quantitative Analyse

3.1 Titrimetrie

TITRATION¹

¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TITRATION](http://de.wikipedia.org/wiki/Titration)

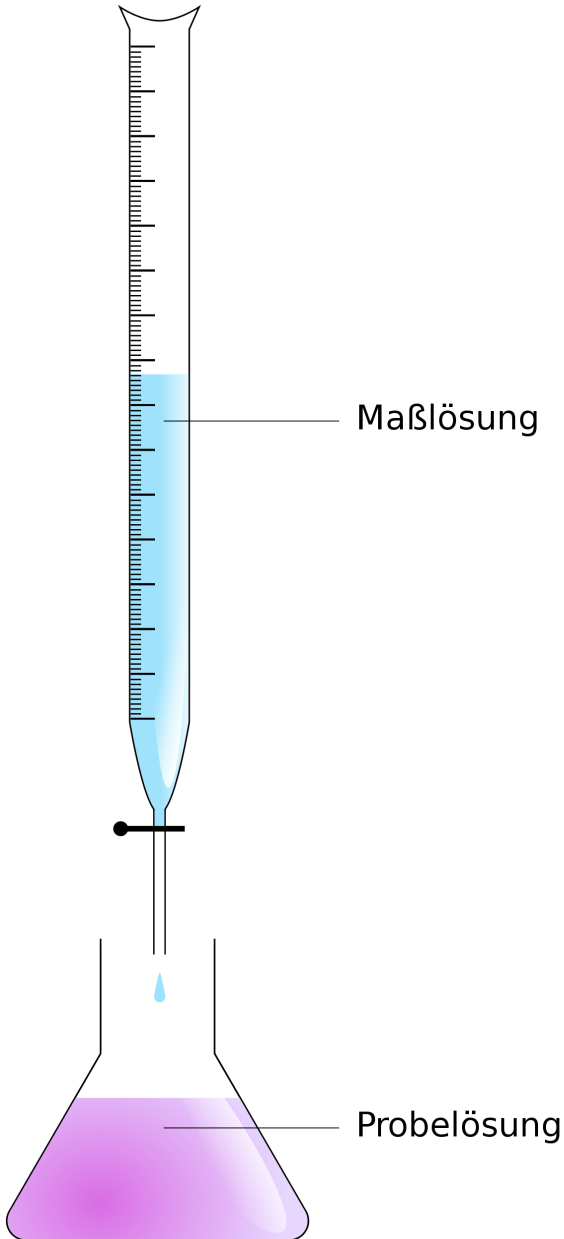


Abbildung 78: Versuchsaufbau für eine Titration mit Bürette und Erlenmeyerkolben

Die Titrimetrie (Maßanalyse, Volumetrie) ist eine vielfach gebräuchte 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 Ep-ton 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

²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_S%C3%A4ure-Base-Titrationen](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_S%C3%A4ure-Base-Titrationen)

³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_F%C3%A4llungsreaktion](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_F%C3%A4llungsreaktion)

⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_Komplexometrie](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_Komplexometrie)

⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/.../_Redox-Titrationen](http://de.wikibooks.org/wiki/.../_Redox-Titrationen)

eine Umsetzung der Probelösung mit einer Reagenslösung bekannter Menge und Konzentration stattfindet und die Reagenslösung dann titriert wird (Rücktitration) oder der zu bestimmende Stoff nach Reangesugabe 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.

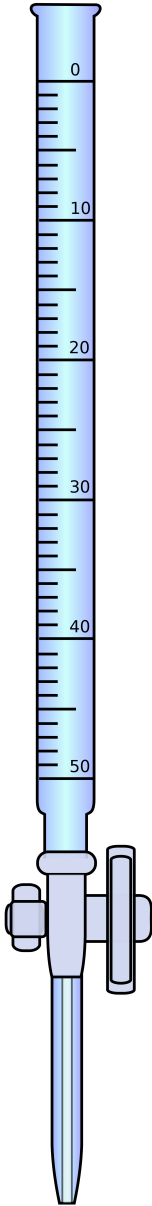


Abbildung
Bürette

79:

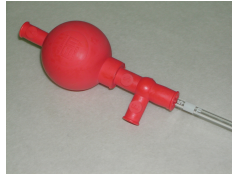


Abbildung 80:
Peleusball
auf
Auslaufpipette



Abbildung
Vollpipette

81:



Abbildung
82: Maßkol-
ben/Messkolben

3.1.2 Ablesen

Wasser (**A**) bildet durch hydrophile Wechselwirkungen mit dem Glas eine nach unten gewölbte Oberfläche (konkaver 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)

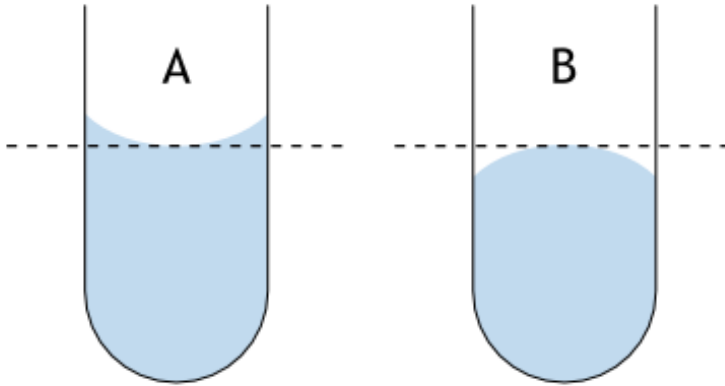


Abbildung 83

Desweiteren sollte darauf geachtet werden auf Augenhöhe abzulesen da ansonsten durch den PARALLAXENFEHLER⁷ erhebliche Messfehler auftreten können.

⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARALLAXENFEHLER](http://de.wikipedia.org/wiki/Parallaxenfehler)

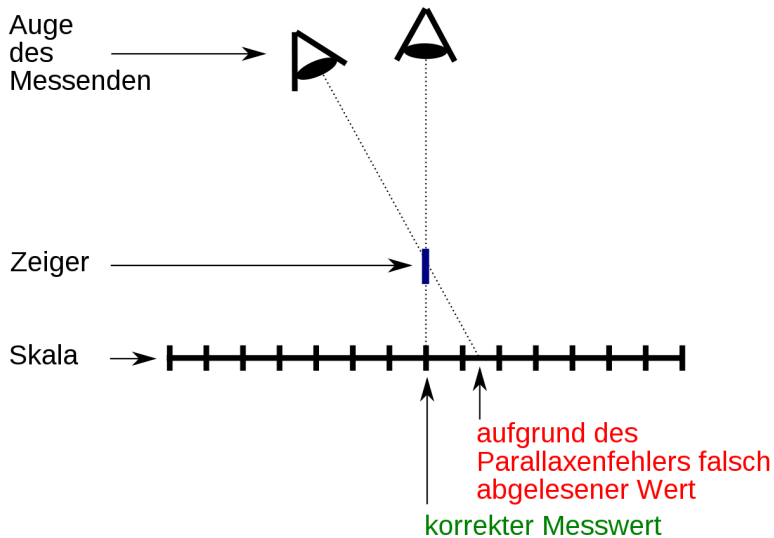


Abbildung 84

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

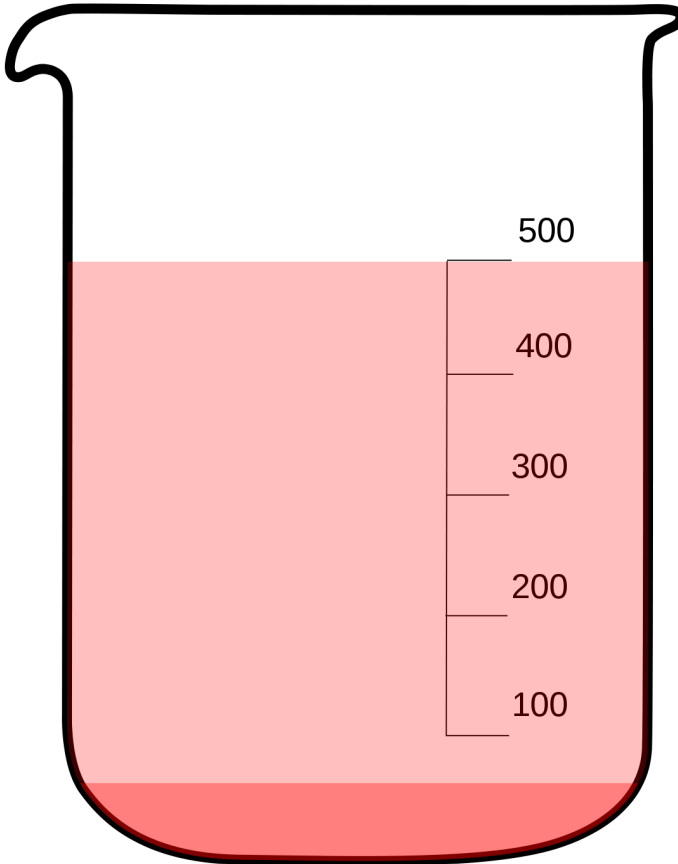


Abbildung 85: 1:10 Verdünnung: 50 mL Lösung (dunkelrot) werden mit 450 mL Wasser (hellrot) auf 500 mL aufgefüllt; **Hinweis:** Die Skalierung von Bechergläsern ist viel zu ungenau für die quantitative Analyse und dient nur als anschauliches Beispiel.

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 Messungenauigkeit wird viel zu hoch. Dagegen kann ein Verdünnen der Maßlösung für die Bürette die Genauigkeit erhöhen, denn der Burettefehler (ist immer als $\pm 0,1$ aufgedruckt) bleibt konstant. Der relative Fehler = Burettefehler/Titriervolumen wird kleiner:

$$\frac{0,1\text{mL}}{1\text{mL}} = 0,1 = 10\%$$

Man titriert 1 mL mit einem Burettefehler 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 IOD⁸, Salzsäure, NATRONLAUGE⁹ und 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 BRAUNSTEIN¹¹.

Einigermaßen stabil sind höherkonzentrierte Maßlösungen von Salz- und Schwefelsäure, Natriumthiosulfat, Cer(IV), Kaliumdichromat,

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)

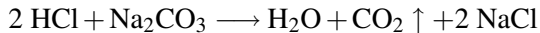
¹¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BRAUNSTEIN](http://de.wikipedia.org/wiki/Braunstein)

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. OXALSÄURE¹² und Natriumcarbonat.

Bestimmung des Titers einer Salzsäurelösung

Als Urtitersubstanz wird NATRIUMCARBONAT¹³ gewählt, das mit 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 METHYLORANGE¹⁵ versetzt. Nun wird bis zum Umschlagpunkt titriert. Aus dem Verbrauch an Maßlösung und der eingesetzten Stoffmenge an Natrium-

¹²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/OXALS%C3%A4URE](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%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

¹⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHYLORANGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Methylorange)

carbonat kann die Konzentration der Salzsäurelösung bestimmt werden.

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: $75,0 \text{ ml}$

Stöchiometrie: $2 n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \hat{=} n(\text{HCl}) \hat{=} n(\text{H}^+)$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\frac{1}{2} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

(gemäß Beispiel: $2 * 3,77 \text{ mmol} = 7,5 \text{ mmol}$)

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\frac{1}{2} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{HCl})} = c(\text{HCl})$$

$$\frac{0,4000\text{g}}{0,5 \cdot 105,9888\text{g/mol} \cdot 0,0750\text{l}} = 0,10064\text{mol/l}$$

Die Salzsäurelösung hat also eine tatsächliche Konzentration von $0,1006 \text{ mol/l}$. Um den Titer zu errechnen, teilt man nun die gemessene tatsächliche Konzentration durch die Nennkonzentration und erhält:

$$f = \frac{c_{\text{exp.}}}{c_{\text{theor.}}} = 1,006$$

3.1.6 Säure-Base-Titration

Bei der **Säure-Base-Titration** reagieren Säuren und Basen in einer NEUTRALISATIONSREAKTION¹⁶ 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 unter Umständen das Herstellen von carbonatfreiem Wasser nötig.

¹⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NEUTRALISATIONSREAKTION](http://de.wikipedia.org/wiki/Neutralisationsreaktion)

Wahl der Indikatoren

Es stehen eine große Anzahl von Indikatoren mit verschiedenen Umschlagsbereichen zur Verfügung:

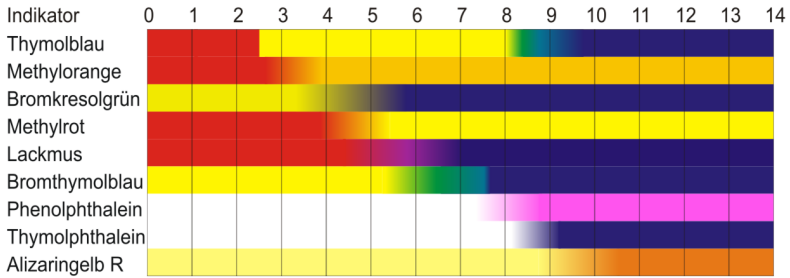


Abbildung 86: pH-Indikatoren und ihre Farbskala

Es gilt:

- Starke Säuren und starke Basen können unter Verwendung aller Indikatoren, die zwischen METHYLORANGE¹⁷ und 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).
- Schwache Basen mit starken Säuren lassen sich nur mit Indikatoren, die im schwach sauren Bereich umschlagen titrieren (z.B. Methylorange, besser METHYLROT¹⁹)
- Titrations schwacher Säuren mit schwachen Basen oder umgekehrt sind zu vermeiden, weil sie ungenaue Resultate

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)

¹⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/METHYLROT](http://de.wikipedia.org/wiki/Methylrot)

bringen. Der richtige Indikator muss hier individuell mit Vergleichslösungen ermittelt werden.

Bestimmung der Konzentration von Salzsäure mit Natronlauge

Zu einem bekannten Volumen an SALZSÄURE²⁰ mit unbekannter Konzentration wird aus einer Bürette die Maßlösung (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

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

Die Reaktionsgleichung der Neutralisation lautet:



Salzsäure und Natronlauge reagieren zu Kochsalz und Wasser

²⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SALZS%C3%A4URE](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4ure)

²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NATRONLAUGE](http://de.wikipedia.org/wiki/Natronlauge)

Daraus folgt: Salzsäure reagiert mit Natronlauge im Stoffmengenverhältnis eins zu eins:

$$\frac{n(\text{NaOH})}{n(\text{HCl})} = \frac{1}{1}$$

Die Konzentration der Salzsäure lässt sich nun aus der bekannten Stoffmenge und dem verwendeten Volumen errechnen:

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{HCl})} = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$$

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 `CONTRIBUTORS`⁴ von `BENUTZER:DUESENTRIEB`⁵ auf dem Wikimedia Toolserver erstellt.

¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AHOLGERB](http://de.wikibooks.org/wiki/Benutzer%3AHolgerB)

²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/Benutzer%3AMatthias%20M.)

³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/BENUTZER%3AJANINAM](http://de.wikibooks.org/wiki/Benutzer%3AJaninAM)

⁴[HTTP://META.WIKIMEDIA.ORG/WIKI/USER:DUESENTRIEB/
CONTRIBUTORS](http://meta.wikimedia.org/wiki/User:Duesentrieb/Contributors)

⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ADUESENTRIEB](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ADuesentrieb)

NACHWEIS (CHEMIE)⁶

bis 2006-04-02 danach #NACHWEIS (CHEMIE, METH-
ODENTEIL)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

⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEIS%20\(CHEMIE\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20(CHEMIE))

⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%23NACHWEIS%20\(CHEMIE%2C%20METHODENTEIL\)](http://de.wikibooks.org/wiki/%23Nachweis%20(CHEMIE%2C%20Methodenteil))

⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%C3%A4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

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)

- 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
- 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

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)

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)

- 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
- 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

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)

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)

- 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

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

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)

- 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
- 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 NACHWEIS (CHEMIE)⁶¹, NACHWEISE FÜR ANIONEN⁶², NACHWEISE FÜR KATIONEN⁶³, NACHWEISE ORGAN-

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)

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\(CHEMIE%2C%20METHODENTEIL\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20(Chemie%2C%20Methodenteil))

⁶¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEIS%20\(CHEMIE\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweis%20(Chemie))

⁶²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%C3%BCR%20ANIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%C3%BCR%20Anionen)

⁶³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%C3%BCR%20KATIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%C3%BCR%20Kationen)

ISCHER STOFFE⁶⁴; siehe 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
- 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

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)

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!B%3A](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW!B%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)

- 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
- 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

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)

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)

- 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

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%C3%BCR%20ANIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20F%C3%BCR%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)

- 3 90.186.37.30⁹⁴ (anon) 2007-04-28 15:49 – 2007-04-28 15:51
- 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

⁹⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A90.186.37.30](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A90.186.37.30)

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)

- 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
- 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

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)

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)

- 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
- 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

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)

¹¹⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ALEYO](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ALEYO)

¹²⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NACHWEISE%20F%C3%BCR%20KATIONEN](http://de.wikipedia.org/wiki/Nachweise%20f%C3%BCr%20Kationen)

¹²¹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3ASIEGERT](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3ASiegert)

¹²²[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%C3%A4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

- 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
- 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

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)

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)

- 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
- 1 130.133.10.10¹⁴³ (anon) 2007-08-26 14:03 – 2007-08-26 14:03

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)

¹⁴³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3A130.133.10.10](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3A130.133.10.10)

- 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

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%C3%A4uregruppe](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%C3%A4uregruppe)

¹⁵⁴[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%C3%A4chter](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

- 2 MATTHIAS M.¹⁵⁵ 2008-03-04 08:33 – 2008-03-12 16:33
- 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

¹⁵⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

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%C3%A4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

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.)

- 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
- 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

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)

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)

- 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

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

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)

¹⁷⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/AMMONIUMSULFIDGRUPPE](http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniumsulfidgruppe)

¹⁷⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%C3%A4chter](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

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)

- 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
- 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

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%C3%A4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AW%C3%A4chter)

¹⁹⁰[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AMATTHIAS_M.](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3AMatthias_M.)

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)

- 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

SÄURE-BASE-TITRATION²⁰³

- 6 ROLFS²⁰⁴ 2004-04-10 17:03 – 2004-11-25 18:21

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%c3%b6slliche%20gruppe](http://de.wikipedia.org/wiki/L%c3%b6slliche%20gruppe)

¹⁹⁸[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3Aw%c3%A4chter](http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer%3Aw%c3%A4chter)

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)

²⁰³[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/S%c3%](http://de.wikipedia.org/wiki/S%c3%a4ure-base-titration)

[A4URE-BASE-TITRATION](http://de.wikipedia.org/wiki/S%c3%a4ure-base-titration)

²⁰⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aw%3Abenutzer%3AROLFS](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aw%3Abenutzer%3ARolfs)

- 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

²⁰⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3AROLAND.CHEM](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3AROLAND.CHEM)

²⁰⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3AFLOKRU](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3AFLOKRU)

²⁰⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3ASOLID_STATE](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3ASOLID_STATE)

²⁰⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3AWIKIAUTOR](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3AWIKIAUTOR)

²⁰⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A84.135.202.125](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A84.135.202.125)

²¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A82.212.52.181](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A82.212.52.181)

²¹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A82.212.60.141](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A82.212.60.141)

²¹²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A172.182.152.116](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A172.182.152.116)

²¹³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A87.79.138.148](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%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

²¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.168.90.2](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.168.90.2)

²¹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3ABIRGITLACHNER](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3ABIRGITLACHNER)

²¹⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A83.99.65.186](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A83.99.65.186)

²¹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.156.64.212](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.156.64.212)

²¹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A80.139.107.167](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A80.139.107.167)

²¹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A87.122.55.30](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A87.122.55.30)

²²⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A217.93.254.204](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A217.93.254.204)

²²¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.173.162.156](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.173.162.156)

- 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
- 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

²²²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.132.108.19](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.132.108.19)

²²³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A213.3.249.224](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A213.3.249.224)

²²⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.85.230.216](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.85.230.216)

²²⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.228.156.108](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.228.156.108)

²²⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A93.129.219.64](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A93.129.219.64)

²²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.58.108.5](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.58.108.5)

²²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A145.254.239.130](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A145.254.239.130)

²²⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A134.147.110.105](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A134.147.110.105)

- 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
- 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

²³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A212.152.169.204](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A212.152.169.204)

²³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.169.127.146](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.169.127.146)

²³²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A91.89.9.41](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A91.89.9.41)

²³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.135.231.107](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A84.135.231.107)

²³⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A69.152.221.194](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A69.152.221.194)

²³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3ATERABYTE](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3ATERABYTE)

²³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A89.54.72.56](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A89.54.72.56)

²³⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3ABENUTZER%3A217.88.44.157](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3ABENUTZER%3A217.88.44.157)

- 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
- 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

²³⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A143.107.55.161](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A143.107.55.161)

²³⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A85.176.3.196](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A85.176.3.196)

²⁴⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A217.82.176.166](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A217.82.176.166)

²⁴¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A81.172.157.23](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A81.172.157.23)

²⁴²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A80.134.234.98](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A80.134.234.98)

²⁴³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3ALOUIS_BAFRANCE](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3ALOUIS_BAFRANCE)

²⁴⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3AFEDI](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3AFEDI)

²⁴⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3A%3ABENUTZER%3A217.186.183.28](http://de.wikibooks.org/wiki/%3A%3ABENUTZER%3A217.186.183.28)

- 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
- 1 87.139.52.245²⁵⁴ (anon) 2007-03-20 09:27 – 2007-03-20 09:27

²⁴⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3Ahoffmeier](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3Ahoffmeier)

²⁴⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.251.104.113](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.251.104.113)

²⁴⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3Atalos](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3Atalos)

²⁴⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.88.222.227](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A217.88.222.227)

²⁵⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3Asumpfschnecke](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3Asumpfschnecke)

²⁵¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A131.246.90.63](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A131.246.90.63)

²⁵²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A89.13.186.88](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A89.13.186.88)

²⁵³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3Adr.cueppers](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3Adr.cueppers)

²⁵⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A87.139.52.245](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A87.139.52.245)

- 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

²⁵⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A88.70.112.55](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A88.70.112.55)

²⁵⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A85.180.26.200](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A85.180.26.200)

²⁵⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A134.99.18.167](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A134.99.18.167)

²⁵⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A62.47.144.132](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A62.47.144.132)

²⁵⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A132.199.38.123](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A132.199.38.123)

²⁶⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A80.145.33.113](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A80.145.33.113)

²⁶¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A80.108.228.220](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A80.108.228.220)

²⁶²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.155.222.140](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aaw%3Abenutzer%3A84.155.222.140)

4.2 Bilder

- :DATEI:BORATFLAMME.JPG²⁶³ - GNU FDL - BENUTZER:ERTUA²⁶⁴
- :DATEI:LEUCHTPROBE1.JPG²⁶⁵,
:BILD:LEUCHTPROBE2.JPG²⁶⁶ - GNU FDL - USER:THEVIEWER²⁶⁷ (David Mülheims)
- :DATEI:SULFIDNIEDERSCHLÄGE.JPG²⁶⁸ - GNU FDL - 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%C3%A4GE.JPG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADATEI%3ASULFIDNIEDERSCHL%C3%A4GE.JPG)

²⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BENUTZER%3AW%C3%A4CHTER](http://de.wikipedia.org/wiki/BENUTZER%3AW%C3%A4CHTER)

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	AZH ¹
1	BSPENDRIN ²
1	COMMONSDELINKER ³
2	DAS F ⁴
7	DERJOSHI ⁵
22	DIRK HUENNIGER ⁶
2	EPHRAIM33 ⁷
7	FK1954 ⁸
1	GERBIL ⁹

¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:AZH](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:AZH)

²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:BSPENDRIN](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:BSPENDRIN)

³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:COMMONSDELINKER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:COMMONSDELINKER)

⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DAS_F](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DAS_F)

⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DERJOSHI](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DERJOSHI)

⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:DIRK_HUENNIGER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DIRK_HUENNIGER)

⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:EPHRAIM33](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:EPHRAIM33)

⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:FK1954](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:FK1954)

⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:GERBIL](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:GERBIL)

- 15 HEULER06¹⁰
- 2 HOFFMEIER¹¹
- 37 HOLGERB¹²
- 1 JCS¹³
- 1 JD¹⁴
- 6 JANINAM¹⁵
- 1 JUETHO¹⁶
- 2 KLARTEXT¹⁷
- 21 KLAUS EIFERT¹⁸
- 1 LETHARGOR¹⁹
- 1 LEYO²⁰
- 1 LINKSFUSS²¹

¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HEULER06](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Heuler06)

¹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HOFFMEIER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Hoffmeier)

¹²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:HOLGERB](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:HolgerB)

¹³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JCS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JCS)

¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JD](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JD)

¹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JANINAM](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Janinam)

¹⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:JUETHO](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Juetho)

¹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:KLARTEXT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:KlarText)

¹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:KLAUS_EIFERT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Klaus_Eifert)

¹⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LETHARGOR](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Lethargor)

²⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LEYO](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Leyo)

²¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:LINKSFUSS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Linksfuss)

- 359 MATTHIAS M.²²
 2 MIRABELLENSAFT²³
 1 MY NAME²⁴
 1 NOWIC²⁵
 1 ORCI²⁶
 1 PIGSGRAME²⁷
 1 ROLFS²⁸
 2 SUNDANCE RAPHAEL²⁹
 1 THEPACKER³⁰
 1 THOT³¹
 1 TROVIDUS³²
 1 TSCHÄFER³³

²²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MATTHIAS_M.](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Matthias_M)

²³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MIRABELLENSAFT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:MirabelleNSAFT)

²⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:MY_NAME](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:My_Name)

²⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:NOWIC](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Nowic)

²⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:ORCI](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:OrCI)

²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:PIGSGRAME](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:PIGSGRAME)

²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:ROLFS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ROLFS)

²⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:SUNDANCE_RAPHAEL](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Sundance_Raphael)

³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:THEPACKER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ThePacker)

³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:THOT](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Thot)

³²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:TROVIDUS](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Trovidus)

³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:TSCH%C3%A4FER](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Tsch%C3%A4fer)

- 1 XAV³⁴
- 1 ZNELOR³⁵

³⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
XAV](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:XAV)

³⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/W/INDEX.PHP?TITLE=BENUTZER:
ZNELOR](http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=BENUTZER:ZNELOR)

6 Bildnachweis

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Bilder mit ihren Autoren und Lizenzen aufgelistet.

Für die Namen der Lizenzen wurden folgende Abkürzungen verwendet:

- GFDL: Gnu Free Documentation License. Der Text dieser Lizenz ist in einem Kapitel dieses Buches vollständig angegeben.
- cc-by-sa-3.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 License. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/> nachgelesen werden.
- cc-by-sa-2.5: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5 License. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/> nachgelesen werden.
- cc-by-sa-2.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0 License. Der Text der englischen Version dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/> nachgelesen werden. Mit dieser Abkürzung sind jedoch auch die Versionen dieser Lizenz für andere Sprachen bezeichnet. Den an diesen Details interessierten Leser verweisen wir auf die Onlineversion dieses Buches.

- cc-by-sa-1.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 1.0 License. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0/> nachgelesen werden.
- cc-by-2.0: Creative Commons Attribution 2.0 License. Der Text der englischen Version dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/> nachgelesen werden. Mit dieser Abkürzung sind jedoch auch die Versionen dieser Lizenz für andere Sprachen bezeichnet. Den an diesen Details interessierten Leser verweisen wir auf die Onlineversion dieses Buches.
- cc-by-2.5: Creative Commons Attribution 2.5 License. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/deed.en> nachgelesen werden.
- cc-by-3.0: Creative Commons Attribution 3.0 License. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/deed.en> nachgelesen werden.
- GPL: GNU General Public License Version 2. Der Text dieser Lizenz kann auf der Webseite <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.txt> nachgelesen werden.
- PD: This image is in the public domain. Dieses Bild ist gemeinfrei.
- 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.

Bild	Autor	Lizenz
1	TORSTEN HENNING ¹	PD
2	TORSTEN HENNING ²	PD
3	TORSTEN HENNING ³	PD
4	TORSTEN HENNING ⁴	PD
5		PD
6		PD
7		PD
8		PD
9		PD
10		PD
11		PD
12		PD
13		PD
14		PD
15		PD
16	Arthur Jan Fijałkowski	GFDL
17	Felipe Micaroni Lalli	cc-by-sa-3.0
18	TFAUB ⁵	PD
19		PD
20		PD
21		PD
22		PD
23		PD
24		PD
25		PD
26	Søren Wedel Nielsen	GFDL
27		PD
28	Søren Wedel Nielsen	GFDL

¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADRTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADRTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADRTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADRTORSTENHENNING](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADrTorstenHenning)

⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATFAUB](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATfaub)

29	Søren Wedel Nielsen	GFDL
30		PD
31	NASA	PD
32	<ul style="list-style-type: none"> • ELECTRON_SHELL_011_-SODIUM.SVG⁶: PUMBAA⁷ (original work by GREG ROBSON⁸) • derivative work: MATT⁹ (TALK¹⁰) 	cc-by-sa-2.0
33	<ul style="list-style-type: none"> • TECLUBRENNER.SVG¹¹: BENEDIKT.SEIDL¹² • derivative work: MATT¹³ (TALK¹⁴) 	cc-by-sa-3.0
34	Original uploader was WÄCHTER ¹⁵ at DE.WIKIPEDIA ¹⁶	GFDL
35	DADADDY ¹⁷	GFDL

⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3AELECTRON_SHELL_011_SODIUM.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3AElectron_SHELL_011_Sodium.svg)

⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3APUMBAA80](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3APumbaa80)

⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AGREGROBSON](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AGregRobson)

⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMatthias%20M.)

¹⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMatthias%20M.)

¹¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3ATECLUBRENNER.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3ATeclubrenner.svg)

¹²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ABENEDIKT.SEIDL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ABenedikt.Seidl)

¹³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMatthias%20M.)

¹⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMATTHIAS%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMatthias%20M.)

¹⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3AUSER%3AW%C3%A4CHTER](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3AUser%3AW%C3%A4chter)

¹⁶[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

¹⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ADADADDY](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADadaddy)

36	Original uploader was TALOS ¹⁸ at DE.WIKIPEDIA ¹⁹ (Original text : TALOS ²⁰ 13:40, 7. Okt 2006 (CEST))	GFDL
37	TUBIFEX ²¹	GFDL
38	ERTUA ²²	GFDL
39	siegert	PD
40	TUBIFEX ²³	GFDL
41	FK1954 ²⁴	PD
42	USER:SIEGERT ²⁵	PD
43	Siegert	PD
44	USER:SIEGERT ²⁶	PD
45	Siegert	PD
46	Siegert	PD
47	siegert	PD
48	DR.T ²⁷	GFDL
49	Siegert	PD
50	USER:SIEGERT ²⁸	PD
51	TUBIFEX ²⁹	GFDL
52	TUBIFEX ³⁰	GFDL
53	YIKRAZUUL ³¹	PD

¹⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3AUser%3ATALOS](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3AUser%3ATALOS)

¹⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

²⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3ATALOS](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABenutzer%3ATALOS)

²¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

²²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3AERTUA](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABenutzer%3AERTUA)

²³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

²⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3AFK1954](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AFK1954)

²⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

²⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

²⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ADR.T](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ADR.T)

²⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

²⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

³⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

³¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/User%3AYIKRAZUUL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AYIKRAZUUL)

54	USER:SIEGERT ³²	PD
55	Siegert	PD
56	USER:SIEGERT ³³	PD
57	Original uploader was RICHARDCORY ³⁴ at DE.WIKIPEDIA ³⁵ (Original text : <i>Richardcory</i>)	PD
58	YIKRAZUUL ³⁶	PD
59	Siegert	PD
60	Arne Nordmann (NORRO ³⁷)	GFDL
61	USER:SIEGERT ³⁸	PD
62	Siegert	PD
63	USER:SIEGERT ³⁹	PD
64	TUBIFEX ⁴⁰	GFDL
65	USER:SIEGERT ⁴¹	PD
66	THE VIEWER ⁴² (David Mülheims)	GFDL
67	THE VIEWER ⁴³ (David Mülheims)	GFDL
68	TUBIFEX ⁴⁴	GFDL
69	Felipe Micaroni Lalli	cc-by-sa-3.0
70	TUBIFEX ⁴⁵	GFDL

³²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

³³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

³⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3AUSER%3ARICHARDCORY](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3AUSER%3ARICHARDCORY)

³⁵[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

³⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AYIKRAZUUL](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AYIKRAZUUL)

³⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ANORRO](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ANORRO)

³⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

³⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

⁴⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁴¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ASIEGERT](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ASIEGERT)

⁴²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATHE%20VIEWER](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATHE%20VIEWER)

⁴³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATHE%20VIEWER](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATHE%20VIEWER)

⁴⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁴⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

71	TUBIFEX ⁴⁶	GFDL
72	TUBIFEX ⁴⁷	GFDL
73	TUBIFEX ⁴⁸	GFDL
74	TUBIFEX ⁴⁹	GFDL
75	TUBIFEX ⁵⁰	GFDL
76	TUBIFEX ⁵¹	GFDL
77	TUBIFEX ⁵²	GFDL
78	<ul style="list-style-type: none"> • TITRAGE.SVG⁵³: USER:LIQUID 2003⁵⁴ • derivative work: MATT⁵⁵ (TALK⁵⁶) 	cc-by-sa-2.0
79	MYSID ⁵⁷ (original by QUANTOCKGOBLIN ⁵⁸)	PD
80	JÉRÔME ⁵⁹	GFDL

⁴⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁴⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁴⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁴⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁵⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁵¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁵²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ATUBIFEX](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ATUBIFEX)

⁵³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3ATITRAGE.SVG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFILE%3ATITRAGE.SVG)

⁵⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3ALiquid%202003](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ALiquid%202003)

⁵⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMatthias%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMatthias%20M.)

⁵⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMatthias%20M.](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMatthias%20M.)

⁵⁷[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/USER%3AMYSID](http://de.wikipedia.org/wiki/User%3AMYSID)

⁵⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AQUANTOCKGOBLIN](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AQUANTOCKGOBLIN)

⁵⁹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AJBORME](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AJBORME)

81	Original uploader was BEMOEIAL ⁶⁰ at NL.WIKIPEDIA ⁶¹ Later version(s) were uploaded by ROB HOOFT ⁶² at NL.WIKIPEDIA ⁶³ .	GFDL
82	H PADLECKAS ⁶⁴	cc-by-sa-2.5
83	USER:JLEEDEV ⁶⁵	GFDL
84	Uwe Schwöbel, ANDREAS 06 ⁶⁶ - SPRICH MIT MIR ⁶⁷ . Original uploader was ANDREAS 06 ⁶⁸ at DE.WIKIPEDIA ⁶⁹	GFDL
85	Tobias R. - Metoc	cc-by-sa-2.5

⁶⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ANL%3AUSER%3ABEMOEIAL](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ANL%3AUser%3ABEMOEIAL)

⁶¹[HTTP://NL.WIKIPEDIA.ORG](http://nl.wikipedia.org)

⁶²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ANL%3AUSER%3AROB%20HOFT](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ANL%3AUser%3AROB%20HOFT)

⁶³[HTTP://NL.WIKIPEDIA.ORG](http://nl.wikipedia.org)

⁶⁴[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AH%20PADLECKAS](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AH%20PADLECKAS)

⁶⁵[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AJLEEDEV](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AJLEEDEV)

⁶⁶[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3AANDREAS%2006](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABENUTZER%3AANDREAS%2006)

⁶⁷[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER_DISKUSSION%3AANDREAS_06](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3ABENUTZER_DISKUSSION%3AANDREAS_06)

⁶⁸[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3AUSER%3AANDREAS%2006](http://de.wikibooks.org/wiki/%3ADE%3AUser%3AANDREAS%2006)

⁶⁹[HTTP://DE.WIKIPEDIA.ORG](http://de.wikipedia.org)

86	<ul style="list-style-type: none"> • SÄUREN UND LAUGEN - FARBSPEKTRUM VERSCHIEDENER INDIKATOREN.PNG⁷⁰: :DE:BENUTZER:MARKUSZI⁷¹ • derivative work: MARKUSZI⁷² (TALK⁷³) <p>{{created with CorelDRAW</p>	PD
----	---	----

⁷⁰[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3AFILE%3AS%C3%A4UREN%20UND%20LAUGEN%20-%20FARBSPEKTRUM%20VERSCHIEDENER%20INDIKATOREN.PNG](http://de.wikibooks.org/wiki/%3AFile%3A%3A4uren%20und%20Laugen%20-%20Farbspektrum%20verschiedener%20Indikatoren.png)

⁷¹[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/%3ADE%3ABENUTZER%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/%3Ade%3Abenutzer%3AMarkuszi)

⁷²[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AMarkuszi)

⁷³[HTTP://DE.WIKIBOOKS.ORG/WIKI/USER%20TALK%3AMARKUSZI](http://de.wikibooks.org/wiki/User%20Talk%3AMarkuszi)