

Kapitel 27: Analytik und Ionennachweise

Freies Lehrbuch der anorganischen Chemie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/chemiebuch-anorganik>

Inhalt

Kapitel 21: Analytik und Ionennachweise.....	1
Inhalt.....	2
Nachweis von Ionen.....	3
Nachweis durch Fällungsreaktionen oder Farbreaktionen.....	3
Wie entsteht ein schwerlösliches Salz?.....	3
Übersicht über verschiedene Ionennachweise.....	4
Nachweis von Cl ⁻ -Ionen.....	4
Nachweis von Ag ⁺ -Ionen.....	4
Nachweis von SO ₄ ²⁻ -Ionen.....	4
Nachweis von Ba ²⁺ -Ionen.....	4
Nachweis von Ca ²⁺ - Ionen.....	4
Nachweis von Fe ³⁺ -Ionen.....	4
Nachweis von Cu ²⁺ -Ionen.....	4
Nachweis von CO ₃ ²⁻ -Ionen.....	5
Tabellarische Übersicht über wichtige Nachweisreaktionen.....	5
Weitere Ionen-Nachweise.....	5
Nachweis von Wasser, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid.....	6
Nachweis funktioneller Gruppen in organischen Verbindungen.....	7
Nachweis der Aldehydgruppe.....	7
Nachweis der Hydroxidgruppe.....	7
Nachweis der Carboxylgruppe:.....	8
Nachweis von Aminen:.....	8
Nachweis von Schwefel:.....	8
Vollständige chemische Analyse (Vollanalyse) im Labor.....	9
Wiederholungsaufgaben zum Thema Analytik und Ionennachweise.....	10

Nachweis von Ionen

Ionen sind für den Menschen in der Regel unsichtbar. Um sie nachzuweisen, muss man sie zu einer „sichtbaren“ Form reagieren lassen (z.B. schwerlösliche Salze, farbige Verbindungen oder Gase).

Nachweis durch Fällungsreaktionen oder Farbreaktionen

V: Kippe die folgenden Lösungen zusammen und untersuche das Ergebnis.

B: In einigen Fällen kommt es zu einer Trübung:

	KCl	K ₂ SO ₄	AgNO ₃	CuSO ₄	BaCl ₂	K ₂ CrO ₄	KNO ₃
KCl	x	-	AgCl ↓	-	-	-	-
K ₂ SO ₄		x		-	BaSO ₄ ↓	-	-
AgNO ₃			x	-	AgCl ↓	Ag ₂ (CrO ₄) ↓	-
CuSO ₄				x	BaSO ₄ ↓	Cu(CrO ₄) ↓	-
BaCl ₂					x	Ba(CrO ₄) ↓ (gelb)	-
K ₂ CrO ₄						x	-
KNO ₃							x

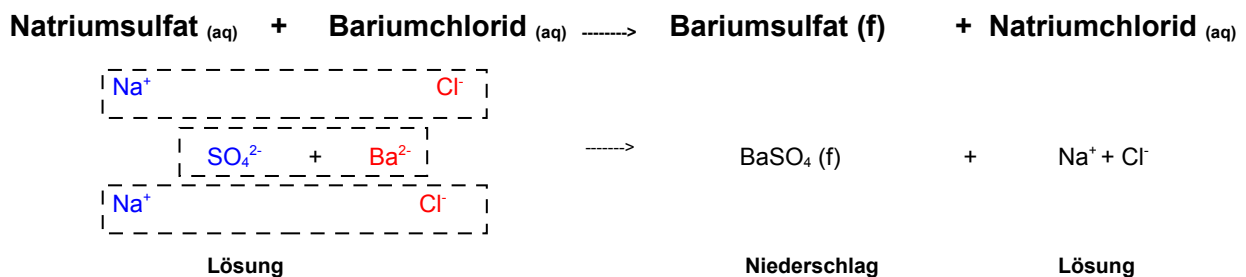
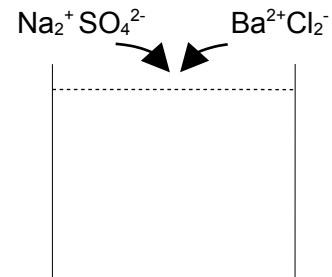
S: Immer, wenn ein Feststoff entstanden ist, lag eine Fällungsreaktion vor. gelöste Ionen haben sich in der Lösung „gefunden“ und ein schwerlösliches Salz gebildet.

Am ehesten kann man Fällungen mit einer Analogie erklären:

Die 10. Klasse fährt im engen Bus ins Schwimmbad. Im Bus sind alle eng zusammen (=Feststoff), im Wasser bewegen sich die Schüler dann wild hin und her. Treffen aber zwei „Verliebte“ aufeinander, so lassen sie sich nicht mehr los und sind (fast) untrennbar miteinander verbunden... ;-)

Wie entsteht ein schwerlösliches Salz?

In ein Becherglas werden die festen Salze Natriumsulfat und Bariumchlorid gegeben. Beide Salze lösen sich auf und zerfallen in ihre nun freibeweglichen Ionen.



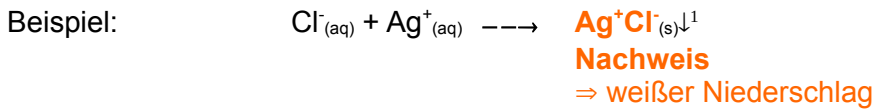
Salze lösen sich meist gut in Wasser. Treffen aber zwei Ionen zusammen, deren Kombination ein schwer lösliches Salz ergibt, so fällt dieses auch sofort als Feststoff aus (erkennbar am Niederschlag ⇒ Trübung). Man nennt dies eine Fällungsreaktion.

In Reaktionsgleichungen wird das Ausfallen eines Stoffes mit einem ↓ oder einem (s) für solid hinter der Summenformel des Stoffs gekennzeichnet. Fällungsreaktionen sind als Nachweis für Ionen geeignet. Durch das Verwenden von spezifischen Fällungsreaktionen ist es möglich, einzelne Bestandteile einer Lösung zu identifizieren, also nachzuweisen. Dies ist sehr wichtig zum Nachweis von geringen Ionen Konzentrationen bei chemischen Analysen (Trinkwasseruntersuchung oder Lebensmitteluntersuchung). Fällungsreaktionen können auch zum Ausfällen von störenden Ionen verwendet werden, z.B. bei der Reinigung von Klärwasser in der chemischen Stufe der Kläranlage verwendet werden.

Übersicht über verschiedene Ionennachweise

Nachweis von Cl⁻-Ionen

Nachweis durch: Zugabe von Ag⁺ - Ionen Lösung (z.B. AgNO₃)

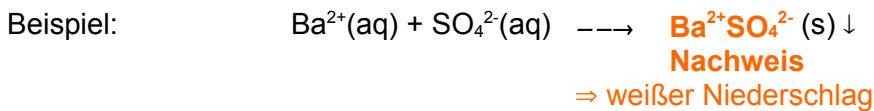


Nachweis von Ag⁺-Ionen

Zum Nachweis von Silberionen verfährt man entsprechend umgekehrt

Nachweis von SO₄²⁻-Ionen

Nachweis durch: Zugabe von Ba²⁺ Ionenlösung



Nachweis von Ba²⁺-Ionen

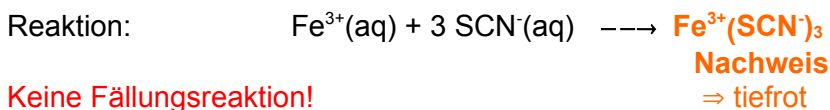
Zum Nachweis von Bariumionen verfährt man entsprechend umgekehrt

Nachweis von Ca²⁺-Ionen

Ca²⁺- Ionen kann man leicht mit Oxalsäure nachweisen. Das schwerlösliche Salz Calciumoxalat fällt dann aus. Auch dies ist eine Fällungsreaktion.

Nachweis von Fe³⁺-Ionen

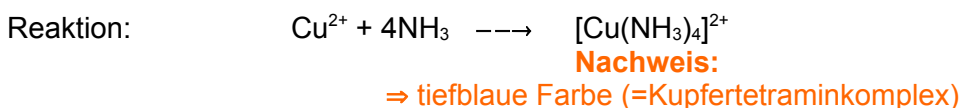
Nachweis durch: Zugabe von Cyanatlösung (z.B: Kaliumthiocyanatlösung)



Keine Fällungsreaktion!

Nachweis von Cu²⁺-Ionen

Nachweis durch: Zugabe von Ammoniak oder Ammoniakwasser

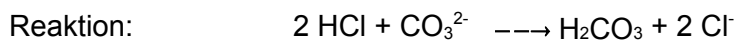


Keine Fällungsreaktion! Komplexbildung!

¹ Der Pfeil ↓ bedeutet, dass dieser Feststoff ausfällt, d.h. sich am Boden abscheidet.

Nachweis von CO_3^{2-} -Ionen

Nachweis durch: bei Säurezugabe entsteht Kohlenstoffdioxid, welches als Gas oft am Zischen erkennbar ist.



Nachweis

⇒ Die Lösung schäumt stark auf. (CO_2 -Bildung)

Keine Fällungsreaktion!

Tabellarische Übersicht über wichtige Nachweisreaktionen

Nachzuweisender Stoff	mögl. Nachweissubstanz	Nachweis durch Bildung von:	
Ag^+	NaCl , KCl	AgCl	weißer NS
Ba^{2+}	K_2SO_4	BaSO_4	weißer NS
Cu^{2+}	K_2CrO_4	CuCrO_4	grüner NS
Cu^{2+}	NH_3	$\text{Cu}[\text{NH}_3]_4$	tiefblaue Farbe
Fe^{3+}	KSCN	FeSCN_3	tiefrote Farbe
CO_3^{2-}	HCl	CO_2	aufschäumen
Cl^-	AgNO_3	AgCl	weißer NS
SO_4^{2-}	BaCl_2	BaSO_4	weißer NS
CrO_4^{2-}	BaCl_2	BaCrO_4	gelber NS
H_2	O_2 (Knallgasprobe)	H_2O	Knall
O_2	C (Glimmspanprobe)		Glimmen
CO_2	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Kalkwasser)	CaCO_3	weißer NS

Eine komplette Liste mit allen Nachweisreaktionen gibt es bei Wikipedia:

https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Nachweisreaktionen

Weitere Ionen-Nachweise

Analysemethoden zum Nachweis von Ionen und Molekülen:

- Photometrie
- Flammenfärbung

Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fotometrie>

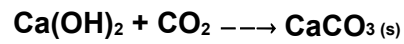
<http://de.wikipedia.org/wiki/Fotometer>

Nachweis von Wasser, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid

Sauerstoff: Nachweis durch Aufglimmen eines glühenden Holzspans (=> Glimmspanprobe)

Wasser: wasserfreies Kupfersulfat ist weiß. Bei Kontakt mit Wasser nimmt es die typische blaue Färbung an

Kohlenstoffdioxid: Nachweis durch Kalkwasserprobe - es entsteht das schwerlösliche Salz Kalk:



Der entstehende Kalk trübt das Wasser milchig!

Nachweis funktioneller Gruppen in organischen Verbindungen

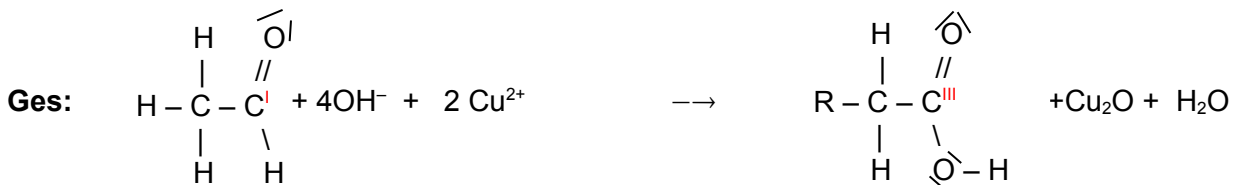
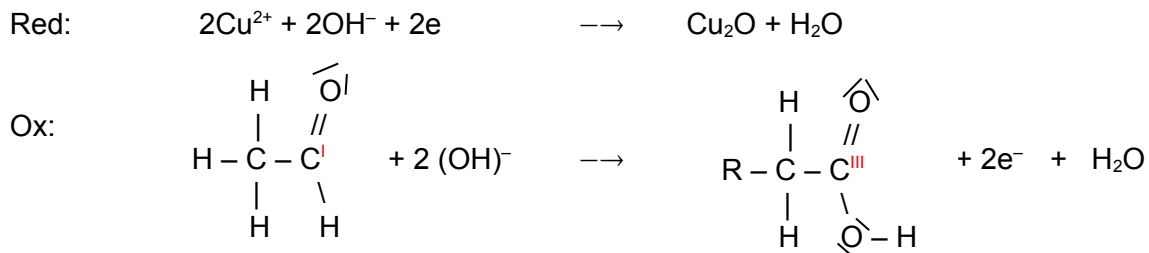
Nachweis der Aldehydgruppe

Durchführen der Fehling (oder der Silber Spiegelprobe):

Fehling 1: verdünnte CuSO_4 Lösung (z.B. 7g Kupfersulfatpentahydrat auf 100 ml Wasser)

Fehling 2: alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung

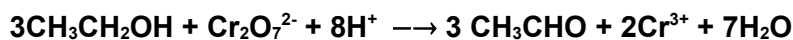
Cu^{2+} Ionen sind blau gefärbt. Cu^+ Ionen liegen im Tartratkomplex² in einer roten Farbe vor. Bei der Fehlingprobe findet also eine Redoxreaktion statt:



Nachweis der Hydroxidgruppe

Es gibt eine Reihe von Nachweisen für Alkohole:

- Die Fehlingreaktion funktioniert auch mit Alkoholen, da auch diese oxidiert werden können und so Elektronen für eine Kupferionenreduktion bereitstellen können.
- Reaktion von Alkoholen mit Dichromaten (orange). Die entstehenden Chromionen sind grün. Dieser Nachweis wurde früher in Alcotest-Röhrchen bei Verkehrskontrollen eingesetzt.



- Nachweis mit Cer(IV)-nitrat, welches sich durch Alkohol von gelb nach rot verfärbt.
- Ethanolnachweis durch die Iodoformprobe: Zugabe von Kalilauge und Iodlösung:



Entsteht dabei ein gelber Niederschlag aus Iodoform CHI_3 (=Triiodmethan), so ist der Nachweis positiv! Das Iodoform hat auch einen typischen süßlichen Geruch, welcher ein wenig an „Zahnarzt“ und Desinfektionsmittel erinnert. Leider ist dieser Nachweis nicht ausschließlich für Alkohole. Auch Ethanal und Aceton bilden Iodoform!

2 Tartrate sind die Salze der Weinsäure. Siehe auch Kapitel Carbonsäuren.

Nachweis der Carboxylgruppe:

Ein einfacher Nachweis ist in organischen Verbindungen die pH-Messung!

Nachweis von Aminen:

Kochen mit HNO_3 , bei Gegenwart von Aminen werden diese zu Ammoniak reduziert. Der Nachweis findet durch den typischen Geruch statt.

Nachweis von Schwefel:

Bleiacetatpapier färbt sich bei Kontakt mit Schwefel schwarz. Es entsteht Bleisulfid.

Vollständige chemische Analyse (Vollanalyse) im Labor

Folgende Ionen lassen sich im Labor nachweisen:

Die Ausfällung mit H₂S zu Metallsulfiden ist dabei bei den Kationen die übliche Methode:

Kationen: Ag⁺, Pb²⁺, Bi³⁺, Cu⁺²⁺, Sb^{3+/5+}, Sn^{2+/4+}, Ni²⁺, Co²⁺, Fe^{2+/3+}, Mn^{2+/4+/7+}, Al³⁺, Cr³⁺, Zn²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺, Mg²⁺, Li⁺, Na⁺, K⁺, NH⁴⁺

Anionen: F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, S²⁻, SO₃²⁻, SO₄²⁻, S₂O₃²⁻, SCN⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, CH₃COO⁻, CO₃²⁻, C₂O₄²⁻, PO₄³⁻, BO₃³⁻, SiO₄⁴⁻, [Fe(CN)₆]^{4-/3-}

Dabei geht man nach dem sogenannten Konzentrationsgang vor. Dieser kennt folgende Gruppen:

- Salzsäuregruppe
- Schwefelwasserstoffgruppe
- Urotropingruppe
- Ammoniumsulfidgruppe
- Ammoniumcarbonatgruppe
- Lösliche Gruppe

Zusatzinformationen:

https://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum_Anorganische_Chemie#Qualitative_Analyse
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kationentrennungsgang> (gute Infos zu den Gruppen)

https://de.wikipedia.org/wiki/Quantitative_Analyse
https://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum_Anorganische_Chemie#Quantitative_Analyse

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fällungsreaktion>

Wiederholungsaufgaben zum Thema Analytik und Ionennachweise

1. Was ist eine Fällungsreaktion? Was ist ein schwerlösliches Salz?
2. Welche Eigenschaft eines Salzes macht es schwerlöslich?
3. Wie kann man Fällungsreaktionen für analytische Nachweise einsetzen?
4. Nenne Nachweise für Chloridionen, Sulfationen, Eisenionen und Kupferionen. Wie funktionieren sie jeweils?
5. Nenne mindestens 4 weitere Nachweise.