

ANORGANISCHE CHEMIE – KOMPLEXCHEMIE

ATOMBAU (WIEDERHOLUNG)

Bestandteile: Elektronen, Protonen, Neutronen

Elektronen sind in den Elektronenschale/Atomhülle, Protonen und Neutronen im Atomkern. Die Neutronen haben keine Ladung und halten die Protonen davon ab sich abzustossen. Elektronen sind negativ geladen und Protonen positiv, sie lösen sich auf und ziehen sich an.

Edelgasregel: Alle Atome wollen den Edelgazustand erfüllen. Das heisst die letzte Schale ist voll.

AUFBAU DER ATOMHÜLLE

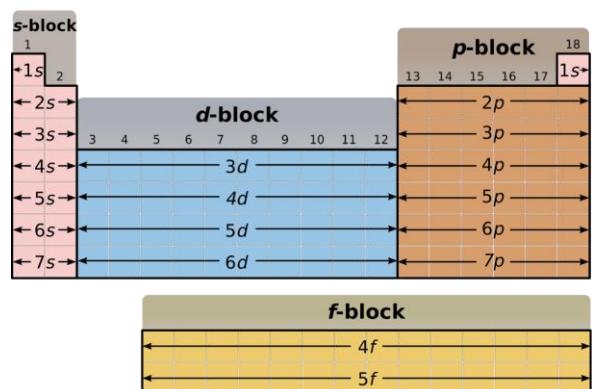
Elektronen in der Atomhülle befinden sich auf verschiedene Energiestufen das heisst die Schalen haben unterschiedliche Elektronen Kapazität.

- Die Hauptschalen entsprechen den Hauptenergieniveaus
- Die Elektronen der Hauptschalen umkreisen den Kern auf kreisförmigen und elliptischen Unterbahnen (s-, p-, d- und f-Bahnen)
- Die Unterbahnen haben unterschiedliche Energiestufen/Zustände, sie sind verschieden gross
 - s-Bahn 1 Kästchen – 2 Elektronen
 - p-Bahn 3 Kästchen – 6 Elektronen
 - d-Bahn 5 Kästchen – 10 Elektronen
 - f-Bahn 7 Kästchen – 14 Elektronen

ELEKTRONENKONFIGURATION – ELEKTRONENANORDNUNG

Schalenbesetzung

Energie nimmt mit zunehmendem Abstand zu. Die Besetzung beginnt also immer mit der Schale mit dem niedrigsten Energieniveau. Achtung! Später kommt es dann zu Ausnahmen, weil kleine Unterbahnen mehr angezogen werden. → Eselbrücken



Hund'sche Regel

Energie gleiche Unterbahnen werden zuerst einzeln mit Elektronen gleicher Drehrichtung besetzt.

Pauli-Prinzip

Dann wird die gleiche Unterbahn doppelt mit entgegengesetzter Drehrichtung besetzt. Schliesslich wechselt man zur nächsten Unterbahn. (In jedes Kästchen können maximal 2 Elektronen mit unterschiedlicher Drehrichtung gesetzt werden.)

Kurschreibweise

[Elementsymbol des letzten Edelgases] S $1s^2 2s^2 2p^6$

S = Elementsymbol

n = Hauptschale/Etage

s.p. = Unterbahn

$n \dots =$ Elektronenzahl

		1s	2s	2p	3s	3p	
H Wasserstoff	1s ¹	↑					
He Helium	1s ²	↑↓					
Li Lithium	1s ² 2s ¹	↑↓	↑				
Be Beryllium	1s ² 2s ²	↑↓	↑↓				
B Bor	1s ² 2s ² 2p ¹	↑↓	↑↓	↑			
C Kohlenstoff	1s ² 2s ² 2p ²	↑↓	↑↓	↑↑			
N Stickstoff	1s ² 2s ² 2p ³	↑↓	↑↓	↑↑↑			
O Sauerstoff	1s ² 2s ² 2p ⁴	↑↓	↑↓	↑↑↑↑			
F Fluor	1s ² 2s ² 2p ⁵	↑↓	↑↓	↑↑↑↑↑			
Ne Neon	1s ² 2s ² 2p ⁶	↑↓	↑↓	↑↑↑↑↑↑			
Si Silicium	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²	↑↓	↑↓	↑↑↑↑↑↑	↑↓	↑↑	

The diagram illustrates the filling of atomic orbitals (AOs) and the resulting electron configurations for the first 30 elements. The AOs are arranged in a grid where rows represent principal quantum numbers (n=1 to 3) and columns represent angular momentum quantum numbers (l=0 to 3). Each box represents an orbital, and arrows indicate the presence of electrons (spin up or down). The total number of electrons in each row corresponds to the element's atomic number.

On the right, a vertical axis labeled "Energie" shows the relative energy levels of the AOs. The levels are ordered as follows: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p. The 4f, 5f, and 6f levels are shown in blue, indicating they are higher in energy than the 6p level.

KOMPLEXCHEMIE

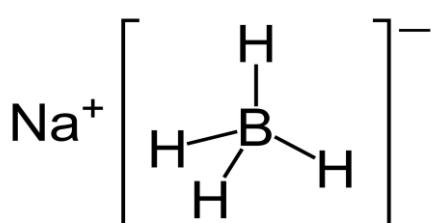
Einführung

Bei einem Versuch haben wir gesehen, dass eine Aluminiumchlorid Lösung bei Zugabe von Natronlauge einen Niederschlag bildet. – Al^{3+} erreichen den Edelgaszustand von Neon, sie geben 3 Elektronen ab und bilden ein unlösliches Salz (Al(OH)_3).

Bei weiterer Zugabe löst sich der Niederschlag wieder. Es hat sich ein Komplex gebildet ($[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$). Aluminium bekommt von OH^- Elektronen und erreicht so den Edelgaszustand von Argon. Jedes OH^- kann 1 Elektronenpaar (2 Elektronen) zur Verfügung stellen. *

Grundbegriffe

- **Komplexe:** Aggregate der Wechselwirkung zwischen zwei Stoffen. Zbs. Lösung grün aber Feststoff gelb (oder siehe «Einführung»). Besteht aus Zentralteil und Liganden
 - **Zentralteilchen:** Metall Ion, meist Kation
 - **Liganden:** Bindungspartner des Zentralteilchen. Kann immer Elektronen zur Verfügung stellen. Meist negativ geladen.
 - **Koordinationszahl:** Anzahl Liganden pro Zentralteil
 - **Gegen Ion:** Ion, dass den Komplex entladet



* Versuch 2

Teil I: Etwa 5 mL der Kupfersulfatlösung werden tropfenweise mit Ammoniak versetzt. Das verschlossene Reagenzglas wird von Zeit zu Zeit geschüttelt.

Teil II: In die Lösung von Teil 1 bzw. die reine Kupfersulfatlösung wird Natronlauge gegeben.

Teil III: In die Lösung von Teil 1 bzw. die reine Kupfersulfatlösung wird ein Eisennagel gegeben.

Beobachtung 1: Bei Zugabe von Ammoniak bildet sich zunächst ein bläulicher Niederschlag, der sich bei weiterer Zugabe wieder auflöst.

Deutung 1: Ähnlich wie in Versuch 1 bildet sich hier erst ein unlösliches Salz und später ein Komplex.

Beobachtung 2: In der Kupfersulfatlösung bildet sich ein bläulicher Niederschlag, in der Lösung von Teil 1 passiert nichts.

Beobachtung 3: In der Kupfersulfatlösung bildet sich nach einiger Zeit ein roter Niederschlag am Eisennagel, in der Lösung von Teil 1 passiert nichts.

Deutung 2&3: Liegt ein komplexiertes Ion vor, werden die „normalen“ Reaktionen des freien Ions verhindert.

NOMENKLATUR VON KOMPLEXEN

Namen

	Name deutsch	Name latein/griechisch		Name		Name
Fe	Eisen	Ferrum		H_2O	Aqua	F^- Fluoro
Cu	Kupfer	Cuprum		NH_3	Ammin	Cl^- Chlоро
Ag	Silber	Argentum		CO	Carbonyl	Br^- Bromo
Sb	Antion	Stibium		NO	Nitrosyl	I^- Iodo
						OH^- Hydroxo

	Name deutsch	Name latein/griechisch		Name
Sn	Zinn	Stannum		CN^- Cyano
Au	Gold	Aurum		SCN^- Thiocyanato
Hg	Quecksilber	Mercurium		SO_4^{2-} Sulfato
Pb	Blei	Plumbum		CO_3^{2-} Carbonato
				$S_2O_3^{2-}$ Thiosulfato

Aufbau

Komplexes Kation				Anion
Anzahl Liganden	Name Ligand	Name Zentralion	Oxidationszahl Zentralion	Name Anion



Kation	Komplexes Anion			
Name Kation	Anzahl Liganden	Name Ligand	Name Zentralion	Oxidationszahl Zentralion Name Anion



GEOMETRIE VON KOMPLEXEN

Elektronenpaare müssen aufgrund der gleichen Ladung den grösst möglichen Abstand voneinander haben. Es ergibt sich eine symmetrische Anordnung der Liganden.

MeL_2 - linear	MeL_4 - tetraedisch	MeL_4 – quad. planar	MeL_6 - oktaedrisch

BINDUNGSVERHÄLTNISSE IN KOMPLEXEN

Repetition

	METALLISCH	IONISCH	KOVALENT
ATOMSORGEN	Metallatom	Metallatom und Nichtmetallatom	Nichtmetallatom
KLEINSTE BAUSTEINE	Atomrumpf und freie Elektronen	Metall Kation (+) und Nichtmetall Anion (-)	Moleküle
ZUSAMMENHALT DES STOFFS	Elektrostatische Anziehung positivgeladener Atomrümpfe und negativ geladenen Aussenelektronen	Elektrostatische Anziehung des Kations und Anions	Zwischenmolekulare Kräfte
STOFKLASSE	metallisch	salzartig	Flüchtig, diamantartig, hochmolekular

Sie zeigen Eigenschaften mehrerer Bindungstypen. Die Zwischen Zentralatom und Ligand entspricht der, der Kovalenten Bindung. Jeder Ligand hat mindestens ein freies Elektronenpaar, über das er mit dem Zentralion verbunden ist. Beide Elektronen der Bindung kommen aber von einem Atom, dass macht der Komplex aus. Diese Art von Bindung heisst **koordinative Bindung**.

Die Koordinationszahl der Komplexe lässt sich mit der **Edelgasregel** erklären. Das Zentralion nimmt Bindungselektronen auf um Edelgaszustand zu erreichen.

Die koordinative Bindung erklärt am Versuch S. 2

- Al gibt 3 Elektronen ab und ist nun Al^{3+}
- Al^{3+} Hat nun 4 leere Orbitale (4 Kästchen (3s 1 Kästchen, 3p 3 Kästchen)), die für Bindungen zur Verfügung stehen
- Bindung entsteht durch Überlappen der leeren Orbitale mit den gefüllten Orbitalen des Liganden
- Durch 4 Liganden, die je 1 Elektronenpaar zur Verfügung stellen, wird der Edelgaszustand/Elektronenkonfiguration von Argon erreicht

LIGANDEN AUSTAUSCH – MASKIERUNG

Repetition

Massenwirkungsgesetz:

Im chemischen Gleichgewicht ist der Quotient der Konzentration des Produktes und der Konzentration des Eduktes eine konstante Grösse. MWG ermöglicht bei bekanntem Wert von K die maximal mögliche Ausbeute an Produkt zu bestimmen. Feststoffkonzentration werden vereinfacht 11mol/l

$$K = [C] \cdot [D] / ([A] \cdot [B]) \quad [] = \text{Konzentration von Produkten/Edukten}$$

$K < 1 \rightarrow$ GGW liegt links (Eduktseite)

$K = 1 \rightarrow$ GGW liegt in der Mitte

$K > 1 \rightarrow$ GGW liegt rechts (Produktseite)

Verschiebung von Gleichgewichten:

- Fantastische Reaktion
Festes Zeug + Farbloses $\rightarrow \leftarrow$ „magische Flüssigkeit“
- Konzentrationsänderung
Erhöhung der Konzentration eines Edukts fördert die Reaktion zur Umsetzung dieses Stoffes.
HIN
Senkung der Konzentration eines Edukts fördert die Reaktion zur Nachbildung dieses Stoffes.
RÜCK
- Drückänderung
Erhöhung des Drucks fördert die Reaktion mit Volumen Abnahme.
Senkung des Drucks hemmt die Reaktion mit Volumen Zunahme.
- Temperaturänderung
Erhöhung der Temperatur fördert die exotherme Reaktion.
Senkung der Temperatur fördert die endotherme Reaktion.

Prinzip von Le Chatelier oder Prinzip des kleinsten Zwanges:

Jede Störung eines chemischen Gleichgewichts durch Änderung der äusseren Bedingungen führt zu einer Verschiebung der Gleichgewichtslage, die die Störung verkleinert. Katalysatoren haben keinen Einfluss darauf. Sie beschleunigen nur die Einstellung des Gleichgewichts.

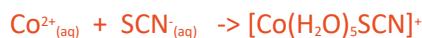
Liganden Austausch und Versuch

Verschiedene Liganden sind unterschiedlich stark an das Zentralion gebunden. Schwach gebundene Liganden werden leicht durch stärker bindende Liganden ersetzt. Andererseits kann durch einen starken Überschuss schwacher Liganden auch ein starker Ligand aus einem Komplex verdrängt werden. Der Ligandenaustausch läuft nicht sofort vollständig ab, sondern über mehrere Teilschritte.

Maskierung und Versuch

Für den Nachweis von Ionen in wässriger Lösung setzt man Komplexbildner ein, um störende Nebenreaktionen zu verhindern. Die Komplexbildung führt dazu, dass eine zu erwartende Reaktion eines Teilchens ausbleibt.

In einer wässrigen Lösung gibt es Cobalt(II)-Ionen, welche man nachweisen will. Cobalt(II)-Ionen reagiert mit Thiocyanatlösung zum rosafarbenen Pentaquaathiocyanatocobalt(II)-komplex.



Cobalt(II)-Ionen und Eisen(III)-ion reagieren zum tiefroten Pentaquaathiocyanatoferrat(III)-komplex.



Das Tiefrote überdeckt das Rosafarbene. Da man Cobalt(II)-Ionen nachweisen möchte, muss man die unerwünschte Eisen Nebenreaktion oder besser gesagt das Eisen(III)-ion maskieren. Man gibt zuerst Natriumfluorid hinzu, welches mit dem Eisen zum farblosen Hexafluoroferratkomplex reagiert.



Eisen(III)-ionen sind nun fast alle im farblosen Komplex und stören den Nachweis von Cobalt nicht.

Reagenz:

Das Reagenz muss mit dem Teilchen, das "versteckt" werden soll, besonders stabile Komplexe bilden, damit dessen normale Reaktionen ausbleiben. Das zu versteckende Teilchen muss also mit dem Reagenz eher reagieren als mit dem Teilchen in der zbs. Lösung.

ANORGANISCHE CHEMIE – NANOTECHNOLOGIE

NANOTECHNOLOGIE – WAS IST DAS?

NANOMATERIAL

ELEKTRONENMIKROSKOPIE

HERSTELLUNG VON NANOMATERIALIEN – WOHER KOMMT NANO

DER LOTUSEFFEKT
