

Vorlesung

„Allgemeine und Anorganische Chemie für Human-, Zahn-, und Veterinärmediziner“

Vorlesung 10

Die Gruppen des Periodensystems der Elemente, Der Wasserstoff, Die Edelgase, Die Elemente der VII. Hauptgruppe (Chlor, Fluor, Iod), Die Elemente der VI. Hauptgruppe (Sauerstoff, Schwefel, Selen)

Der Wasserstoff

- einziges Element der I. Hauptgruppe, das kein Metall ist
- häufigstes Element im Universum
- Häufigkeit auf der Erde: 3. Stelle (Bezugssystem Oberfläche), 10. Stelle (Bezugssystem Erdkruste - 0,15 %, Reihenfolge: $K > Ti > H > P > Mn$)
- Isotope: 1H (nur 1 Proton), 2H (Deuterium, 1 Neutron), 3H (Tritium, 2 Neutronen, radioaktiv)
- Darstellung (Labor): Reaktion verdünnter Säuren mit elektropositiven Metallen
$$H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$
Elektrolyse von angesäuertem Wasser
$$2 H_2O \rightarrow 2 H_2 + O_2$$
- Herstellung (technisch) „Wassergas“
$$H_2O (g) + C (s) \rightarrow CO (g) + H_2 \quad \Delta H = +131 kJ/mol$$
„Steam Reforming“ + „Kohlenoxid-Konvertierung“
$$CH_4 (g) + H_2O (g) \rightarrow CO (g) + H_2 (g)$$
$$CO (g) + H_2O (g) \rightarrow CO_2 (g) + H_2 (g)$$
Nebenprodukt der „Chlor-Alkali-Elektrolyse“
- Vorkommen: als zweiatomiges Gas
- Reaktionen: „Knallgasreaktionen“
$$2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$$
$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2 HCl$$
Hydridbildung mit sehr elektropositiven Elementen
$$2 Na (s) + H_2 (g) \rightarrow 2 NaH$$
- universeller chemischer Grundstoff
- Verwendung: Ammoniaksynthese, HCl-Herstellung, Hydrierung von Pflanzenölen (Margarineherstellung), Oxosynthese ($CO + 2 H_2 \rightarrow$ Methanol)
- Verwendung der schweren Isotope: deuterierte Lösungsmittel in der Kernresonanzspektroskopie und in der chemischen und biochemischen Forschung, Tritiumverbindungen als radioaktive Tracermoleküle
- Kernspin des Wasserstoffs ist Grundlage der **Kernspintomographie (Magnetische Resonanztomographie)**

Die VIII. Hauptgruppe (Edelgase)

He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon	Radon (nur radioaktiv)

- Edelgase = Rare Gases = Inert Gases = Noble Gases
- Entdeckung ab 1894 (Raleigh, Ramsey)
- passen sich als neue Gruppe zwanglos in das Periodensystem ein
- Vorkommen: He: 9% im Weltall !!, auf der Erde sehr selten (Schwerkraft kann He nicht festhalten; Argon: ca. 1,2% in der Atmosphäre - wird aus radioaktivem ^{40}K gebildet)
- Gewinnung: He aus Erdgasquellen, alle Edelgase durch Luftdestillation
- Eigenschaften: geschmack- und geruchslose, einatomige Gase
sehr reaktionsträge (gefüllte Achterschale)
in unpolaren Lösungsmitteln löslich
- Verwendung: Ar - Schutzgas (Labor, Metallurgie)
alle Edelgase: Füllgase für Lampen
He - früher Ballonfüllung, Atemluft für Taucher, Kühlmittel Laborzwecke und Kryomagnete
Xe - radioaktives ^{133}Xe zur Hirndiagnostik in der Nuklearmedizin
- mit Xe oder Kr ist Anästhesie möglich !!!
- Edelgasverbindungen nur mit den reaktivsten Elementen (Fluor, Sauerstoff) möglich

Die VII. Hauptgruppe (Halogene)

F₂	Cl₂	Br₂	I₂	At₂
Fluor	Chlor	Brom	Iod	Astat

- reaktivste, elektronegativste Elemente des PSE, „Halogene“ = „Salzbildner“
- zweiatomige Gase (erreichen so stabile Achterschale)
- kein Halogen kommt in der Natur frei vor
- stetige Änderung der Eigenschaften der Elemente durch steigendem Abstand der Elektronen vom Kern (siehe periodische Eigenschaften der Elemente: Atomradien, Ionisierungsenergien, Polarisierbarkeit, Elektronegativitäten)
- oxidierende Wirkung nimmt vom Fluor zum Iod ab
$$\text{F}_2 + 2 \text{NaCl} \rightarrow 2 \text{NaF} + \text{Cl}_2$$

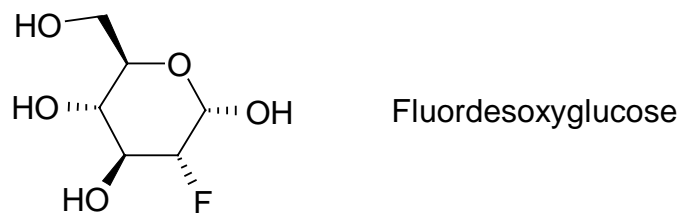
Chlor

- häufigstes Halogen
- stechend riechendes, gelb-grünes Gas
- Chlorquelle: NaCl-Lager
- Darstellung (Labor):
$$\text{MnO}_2 + 4 \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{MnO}_4^- + 6 \text{Cl}^- + 16 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{HCl} + 5 \text{Cl}_2$$
- Herstellung (technisch) Elektrolyse von NaCl („Chlor-Alkali-Elektrolyse“)
Anode: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
Kathode: $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
($\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$)
- Verwendung: universeller chemischer Grundstoff (großchemisches Massenprodukt - 3,4 Mio Tonnen jährlich in Deutschland)

- wichtige biologische Funktion des Chlorids zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks im Körper (0,9 %ige NaCl-Lösung ist **isotonische Kochsalzlösung**)

Fluor

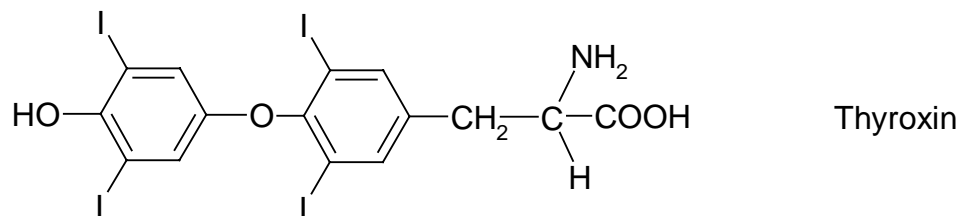
- elektronegativstes Element (höchste Oxidationskraft aller Elemente)
- sehr reaktiv (reagiert mit fast allen Behältermaterialien)
- Herstellung: elektrochemisch (Elektrolyse von KF in HF)
- Verwendung: UF₆-Produktion (Stromerzeugung durch Kernenergie), SF₆ (häufig verwendetes Isoliergas in der Hochspannungstechnologie), Herstellung von Fluoriden seltener Metalle (Werkstückbeschichtung), Fluorchlorkohlenwasserstoffe
- Verwendung des radioaktiven Isotops ¹⁸F (Positronenstrahler) in der nuklearmedizinischen Diagnostik (PET - Positronenemissionstomographie mit Fluordesoxyglucose)



- Fluoridierung von Trinkwasser als Kariesprophylaxe (F⁻ ersetzt eine OH⁻-Gruppe im Zahnmaterial Hydroxyapatit: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}) + \text{F}^- \rightarrow \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + \text{OH}^-$ (Fluorapatit))

Iod

- biologisch wichtiges Spurenelement: Schilddrüse produziert ein iodhaltiges, wachstumsregulierendes Hormon: **Thyroxin**



- ab 1819 wird KI als Heilmittel verwendet
- Verwendung radioaktiver Iodisotope in der Nuklearmedizin
 - ¹³¹I: (β⁻-Strahler, γ-Strahler): Verwendung in Diagnostik + Therapie
 - ¹²³I (β⁺-Strahler): Verwendung in der Diagnostik - PET

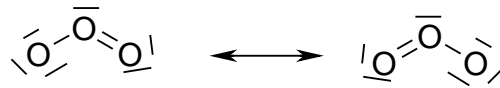
Die VI. Hauptgruppe (Chalcogene)

O₂	S	Se	Te	Po
Sauerstoff	Schwefel	Selen	Tellur	Polonium (nur radioaktiv)

- es fehlen 2 Elektronen zur Edelgaskonfiguration
- stabile Verbindungen durch X²⁻-Ionen (Na₂S) oder 2 kovalente Bindungen (H₂S)
- metallische Eigenschaften nur bei den schwersten Elementen

Sauerstoff

- häufigstes Element auf der Erde (23% in der Luft, 46% in der Lithosphäre, 86% in der Hydrosphäre)
- nach dem Fluor das elektronegativste Element (Oxide der meisten Elemente sind ionisch)
- aller elementarer Sauerstoff ist biologischen Ursprungs (Photosynthese)
- Darstellung (Labor):
$$2 \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$$
$$2 \text{NaClO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + 3 \text{O}_2$$
- Herstellung (technisch): Luftverflüssigung (großtechnisches Produkt)
- Verwendung: Stahlherstellung, Hochöfen, Schneiden, Schweißen, Chemieindustrie, Medizin, Taucherluft, Bleichen von Papiermasse, Raketentreibstoff
- Ozon: dreiatomiges, instabiles Gas, gewinkelter Molekülbau (wichtige Komponente in der



Stratosphäre zum Schutz der Erde vor energiereicher Strahlung - „Ozonloch“-Problematik; oberflächennahes Ozon - „Ozonsmog“)

- H₂O₂: Wasserstoffperoxid (Oxidationsmittel)

Schwefel

- seit dem Altertum bekanntes Element mit großer biologischer Bedeutung (Bestandteil von Proteinen und zahlreicher Enzyme)
- elementarer Schwefel kommt meist in Form von S₈-Ringen vor
- Vorkommen: elementar (meist vulkanisch), in Erzen (Sulfide: S²⁻, MoS Molybdänglanz, FeS₂ Pyrit, ZnS Zinkblende; Sulfate (CaSO₄ Gips, Meerwasser) oder in Erdgas, Erdöl, Kohle (H₂S, R₂S))
- H₂SO₄: Schwefelsäure, wichtiger chemischer Grundstoff (Düngerherstellung, Metallindustrie, Erdölaufarbeitung, Seifen, Waschmittel, Farben, Pigmente)
- H₂S: Schwefelwasserstoff, übelriechendes, stark toxisches Gas, isoelektronisch zu Wasser, aber keine Wasserstoffbrückenbindung, deshalb gasförmig
- SO₂: Schwefeldioxid, stechend riechendes Gas, entsteht bei der Verbrennung von Schwefel (oder schwefelhaltiger Brennstoffe) an der Luft, Umweltproblem „Saurer Regen“

Selen

- wichtiges biologisches Spurenelement mit geringer „therapeutischer Breite“
- Selenmangel: „Keshan-Krankheit“ Herzschwäche bei Jugendlichen in China, Lebernekrosen, Muskelschwäche bei Rindern auf selenarmen Böden
- Selenüberschuß: Degeneration im Horngewebe bei Rindern im Mittleren Westen der USA (R-S-S-R ⇌ R-Se-Se-R)
- Antagonismus Se ⇌ Schwermetalle
- Jahresbedarf: ca. 100 mg (kein Problem in Mitteleuropa)