



Experimentalvorlesung

Hauptgruppenchemie

*Axel Schulz
Institut für Chemie
der Universität Rostock
2015*



Die Halogene

■ Inhalt

- **Fluor: Darstellung und Eigenschaften**
- **Chlor: Darstellung und Eigenschaften**
- **Brom: Darstellung und Eigenschaften**
- **Iod: Darstellung und Eigenschaften**
- **Astat: Darstellung**

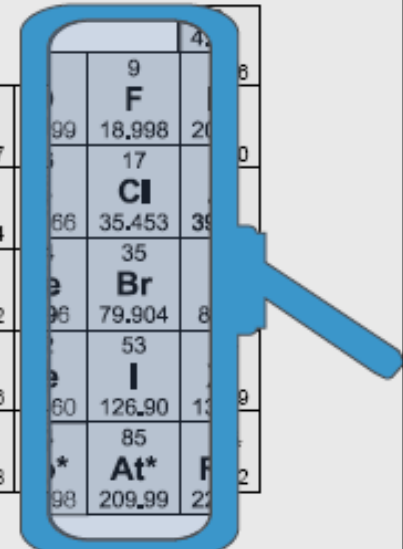
Alle Folien sind im Internet als pdf Dokument erhältlich:

<http://www.schulz.chemie.uni-rostock.de/>



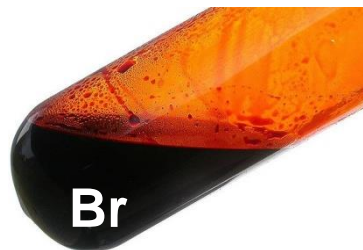
Die Halogene

1 H 1.0079																	5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180		
3 Li 6.941	4 Be 9.0122																	13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
11 Na 22.990	12 Mg 24.305	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.8							
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc* 98.906	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.6	53 I 126.90	54 Xe 131.3							
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33																	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po 209	85 At* 209	86 Rn 222	
87 Fr* 223.02	88 Ra* 226.03																	110 Eka-Pt 271	111 Eka-Au 272	112 Eka-Hg 285				
		72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59							85 At* 209	86 Rn 222						
		104 Rf* 261.11	105 Db* 262.11	106 Sg* 263.12	107 Bh* 262.12	108 Hs* 265	109 Mt* 268										85 At* 209	86 Rn 222						
																		112 Eka-Hg 285						
		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm* 146.92	62 Sm 150.36	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97								
		89 Ac* 227.03	90 Th* 232.04	91 Pa* 231.04	92 U* 238.03	93 Np* 237.05	94 Pu* 244.06	95 Am* 243.06	96 Cm* 247.07	97 Bk* 247.07	98 Cf* 251.08	99 Es* 252.08	100 Fm* 257.10	101 Md* 268.10	102 No* 269.10	103 Lr* 260.11								



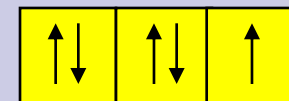
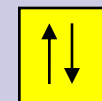


Die Halogene: Elemente der 7. Hauptgruppe



At

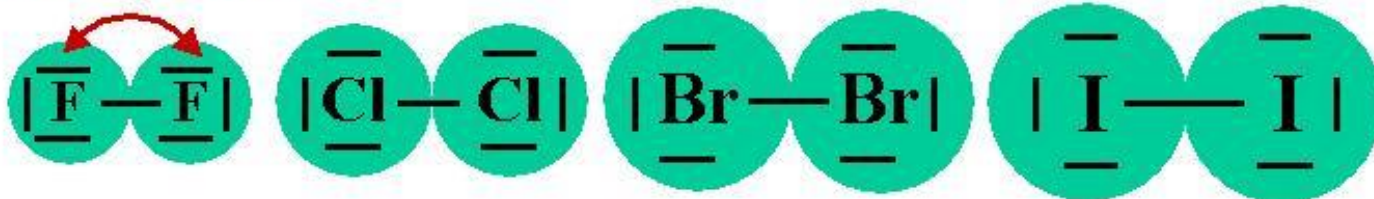
- nichtmetallischer Charakter
- es fehlt 1 Elektronen zur Edelgasschale: $ns^2 np^5$ (E⁻, Fluoride, Chloride, Bromide, Iodide),
- bei schwereren Elementen auch Abgabe von Elektronen (z.B. I₃⁺),
- mit Metallen werden Salze gebildet, mit Nichtmetallen polare Atombindungen
- alle Halogen (Salzbildner) treten natürlich nur in Form von Salzen auf (Fluor ist elektronegativstes Element)





Dihalogen-Moleküle

Abstoßung der
freien
Elektronenpaare



r_{X-X} [Å]	1.42	1.988	2.281	2.666
E_{Diss} [kJ/mol]	158.1	243.5	193.0	151.3

- vergleichsweise schwache Bindung
- hohe Reaktivität



Physikalische Eigenschaften im Vergleich

	Farbe (Gas)	Smp. °C	Sdp. °C	T_{krit} °C	$E_{\text{diss.}}$ kJ/mol
F₂	Fast farblos	-219.6	-187.5	-129	158.1
Cl₂	Gelbgrün	-101.0	-34.1	143.5	243.5
Br₂	Rotbraun	-7.3	58.8	311	193.0
I₂	Violett	113.6	185.2	-	151.3
At₂	-	~300	~370	-	95.0



Verflüssigung von Chlorgas



Siedepunkt

-34

58.8

Schmelzpunkt

-101

-7.3

Chlor

Brom



Experiment

■ Verflüssigung von Chlor und Brom

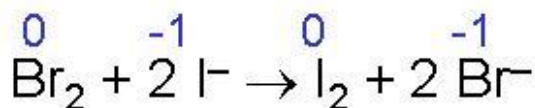
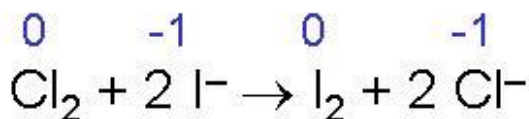
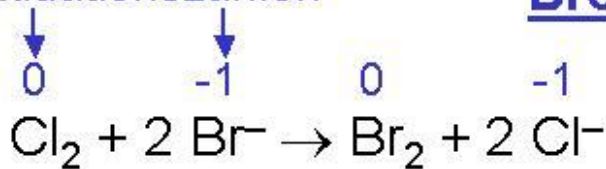
In die Vertiefung des Kolbens werden Methanol und Trockeneis gefüllt. Nach einiger Zeit tropft das verflüssigte Chlor in die Spitze des Kolbens. (- 34°C)

Mit Brom wird der Versuch in gleicher Weise durchgeführt. Brom wird fest. (-7,3°C)



Chemische Eigenschaften im Vergleich

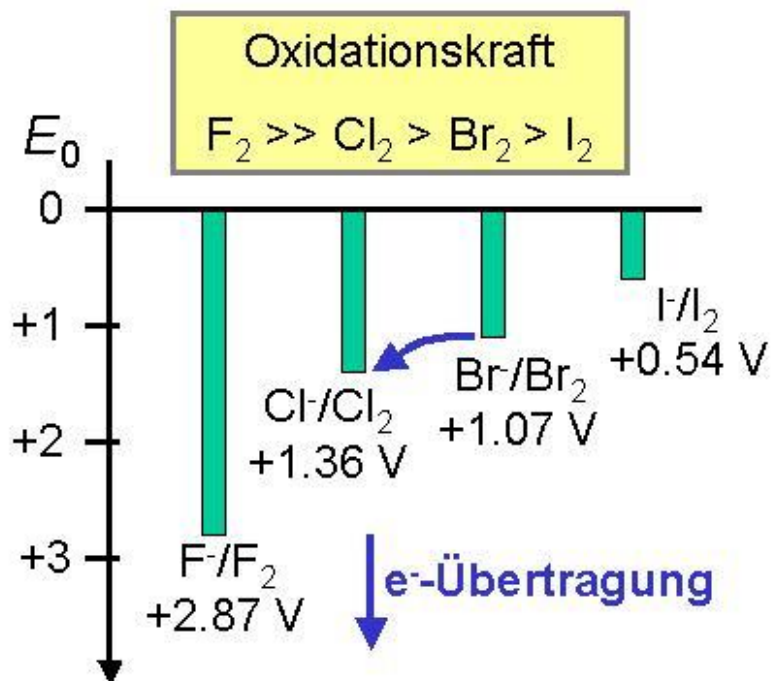
Oxidationszahlen



Brom / Iod

Technische Bromgewinnung aus Bromiden oder bromidhaltigen Chloriden

Das leichtere Halogen setzt das schwerere durch Oxidation aus seinem Halogenid frei.

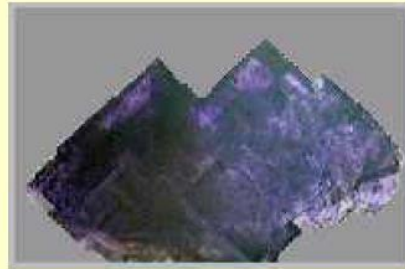
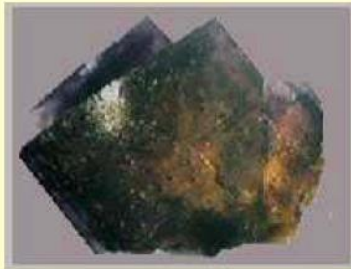




Fluor: Vorkommen

»fluere«, lat. fließen

(Flußspat CaF_2 als Flußmittel bei der Verhüttung von Metallen)



Flussspat, CaF_2

Weitere wichtige Mineralien:

Kryolith, Na_3AlF_6

Fluorapatit, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$

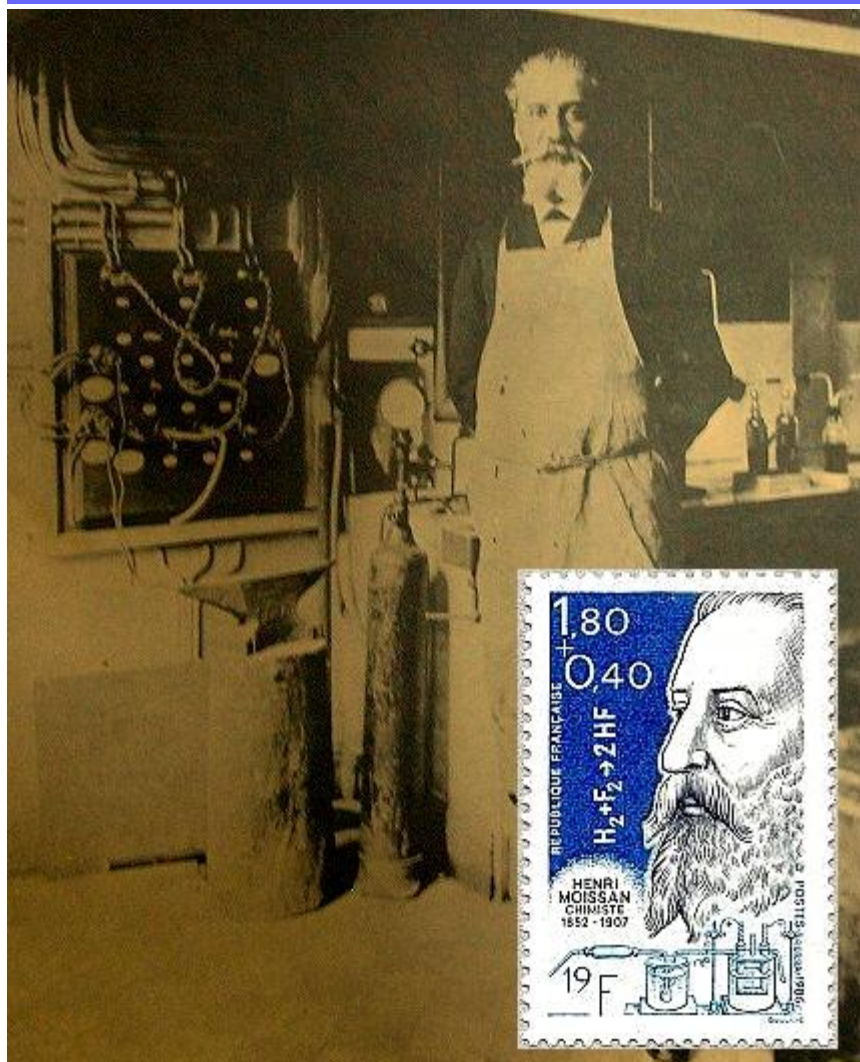


Stinkspat aus der Oberpfalz:

Elementares Fluor in Einschlüssen



Der Entdecker



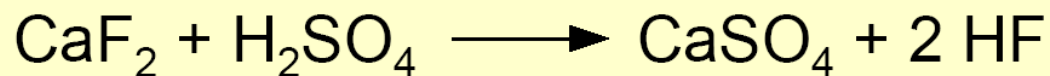
Ferdinand Frédéric Henri Moissan
(1852-1907),
Professor für Chemie in Paris,
Nobelpreis für Chemie 1906.

Die Flußsäure (HF) war bereits im 16. Jahrhundert bekannt. Erst 1886 gelang es Moissan, **elementares Fluor** durch Elektrolyse herzustellen.

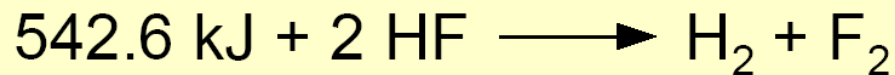


Fluor - Darstellung ?

Darstellung aus Fluorwasserstoff. Dieser wird durch Reaktion von Flussspat mit Schwefelsäure gewonnen:



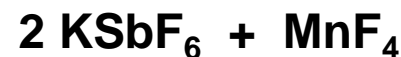
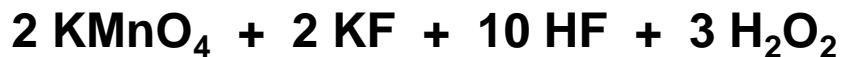
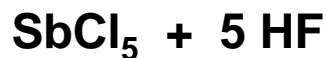
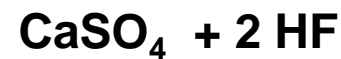
Die Oxidation kann nur elektrochemisch erfolgen, da eine chemische Oxidation des stärksten Oxidationsmittels nicht möglich ist.





Chemische Darstellung

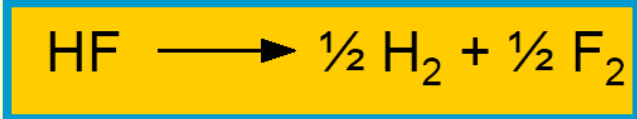
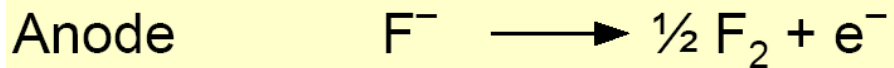
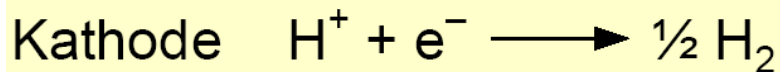
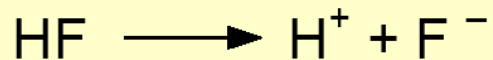
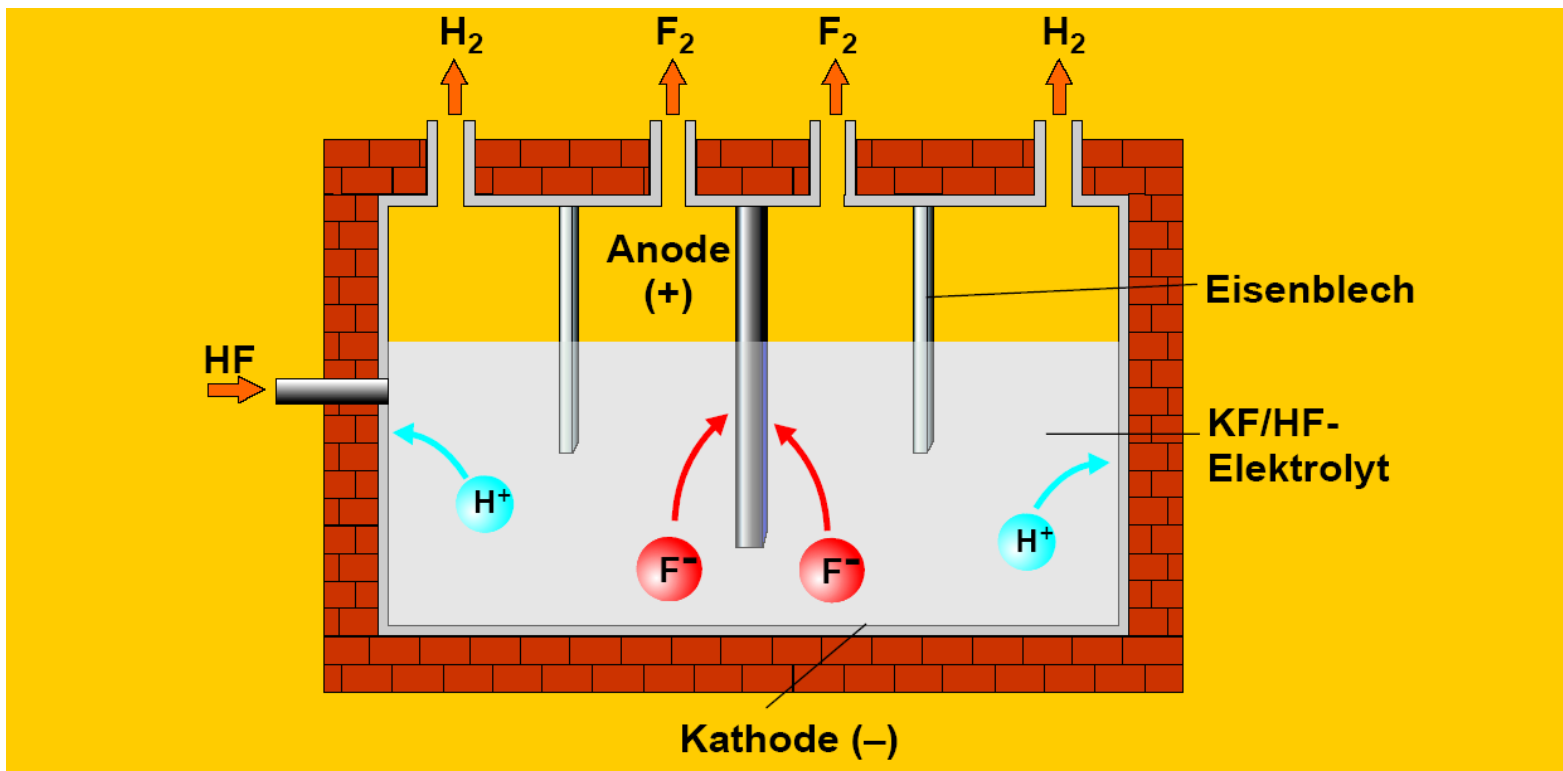
100 Jahre nach der Entdeckung des Fluor 1886 durch **Moissan** gelang **Christe** die chemische **Fuordarstellung** (Es wurden nur Edukte eingesetzt, die ohne elementares Fluor zugänglich sind):



Stärke Lewis-Säure SbF_5 vertreibt die schwächere MnF_4 !



Elektrochemische Fluordarstellung





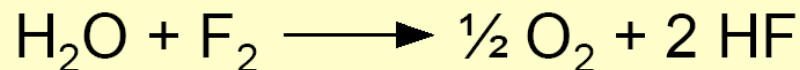
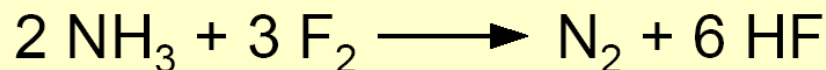
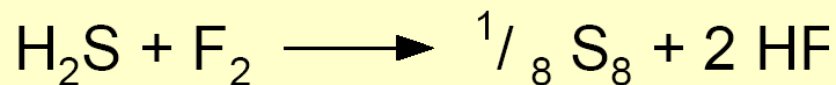
Fluor - Reaktivität

Fluor ist das reaktionsfähigste aller Elemente und das stärkste Oxidationsmittel überhaupt:

saure Lösung: $E_0 = 3.05 \text{ V}$, alkalische Lösung $E_0 = 2.87 \text{ V}$

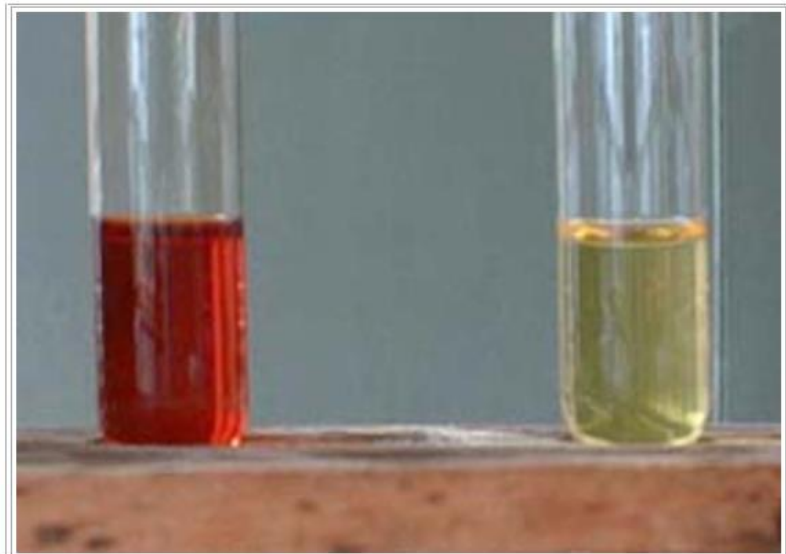
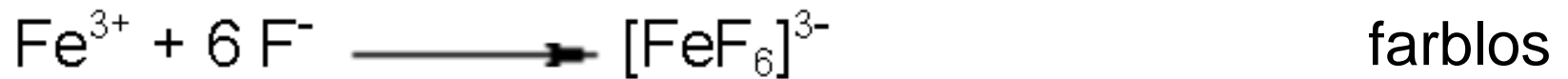
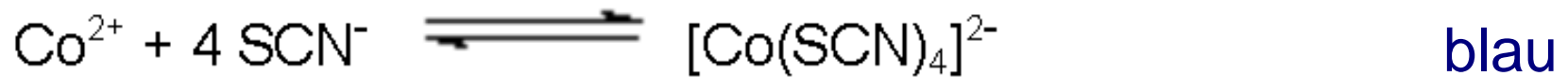
Fluor bildet mit allen Elementen außer Helium, Neon und Argon Verbindungen aus.

Fluor besitzt eine hohe Affinität zu Wasserstoff:





Fluor(id): Nachweis



Unmaskierte und maskierte Eisen(III)-Lösung nach der Thiocyanatzugabe



Experimente

■ Nachweis von Eisen(III)-Ionen durch Thiocyanate

Eine verdünnte Eisen(III)-chloridlösung wird mit 3 Tropfen Ammoniumthiocyanatlösung versetzt. Es entsteht eine blutrote Färbung. Anschließend wird die Lösung stark verdünnt und mit Fluoridionen (Elmex) entfärbt.

Im Reagenzglas gibt man zu einer 0,5M Kobalt(II)-chloridlösung im großen Überschuss festes Ammoniumthiocyanat. Die Lösung färbt sich blau- violett.

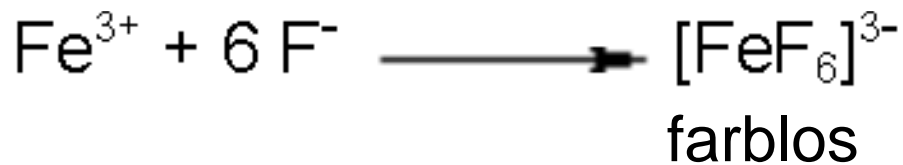


„Künstliches Blut“





Zahnpastatest auf Fluorid

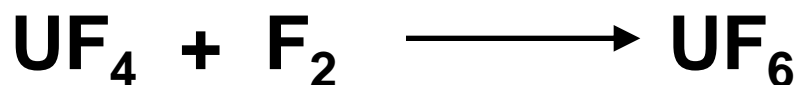


Zugabe Fluoridionen →





Verwendung von Fluor - Fluorverbindungen

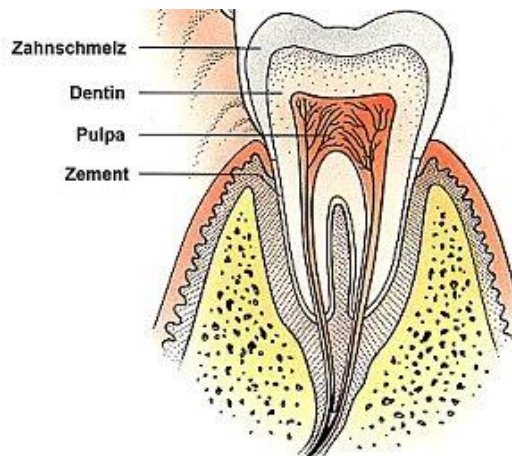


Herstellung von Uranhexafluorid zur Trennung von Uranisotopen

Fluororganische Verbindungen z.B. FCKWs oder PTFE



Fluorid in der Zahnpasta

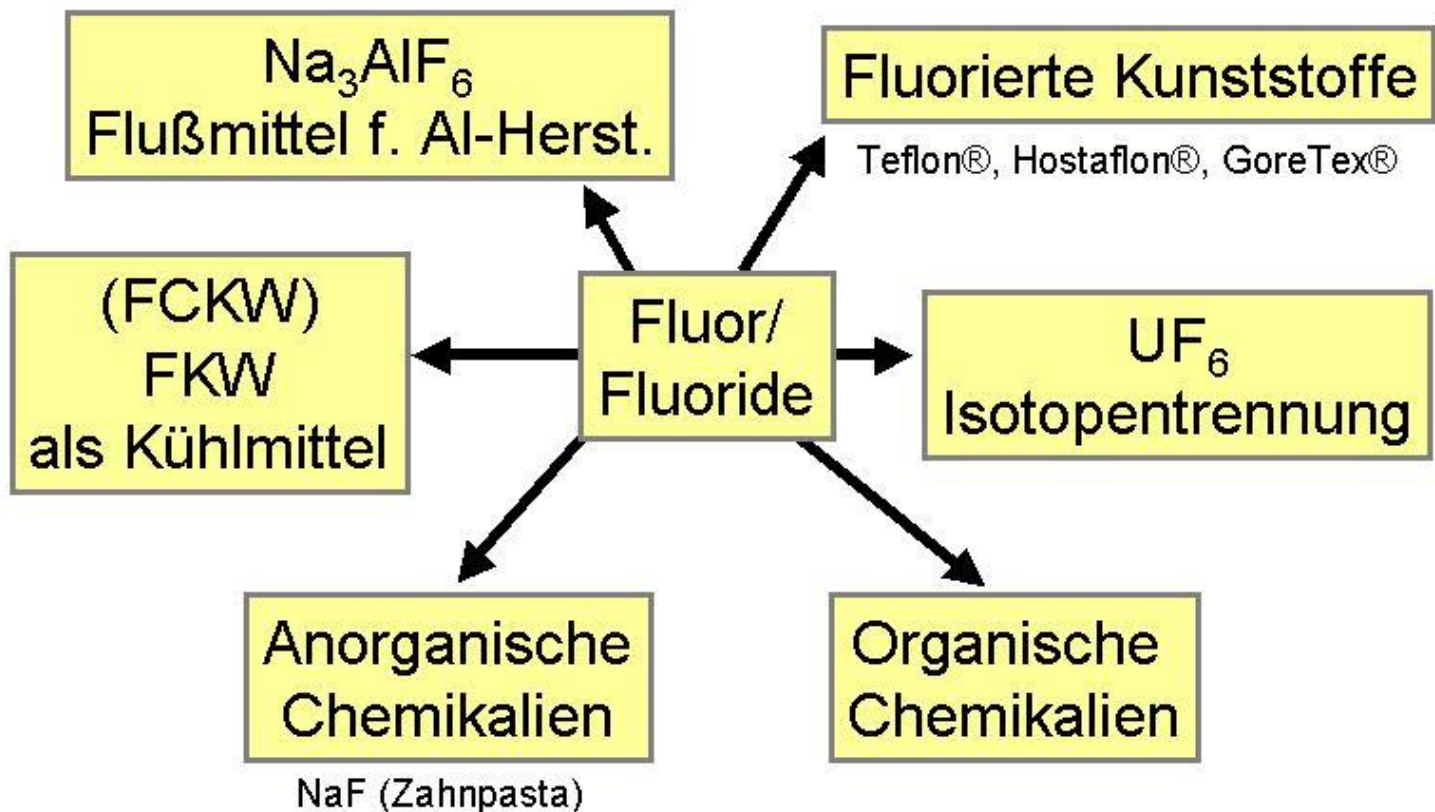


Hydroxy-Apatit
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

Fluor-Apatit
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$

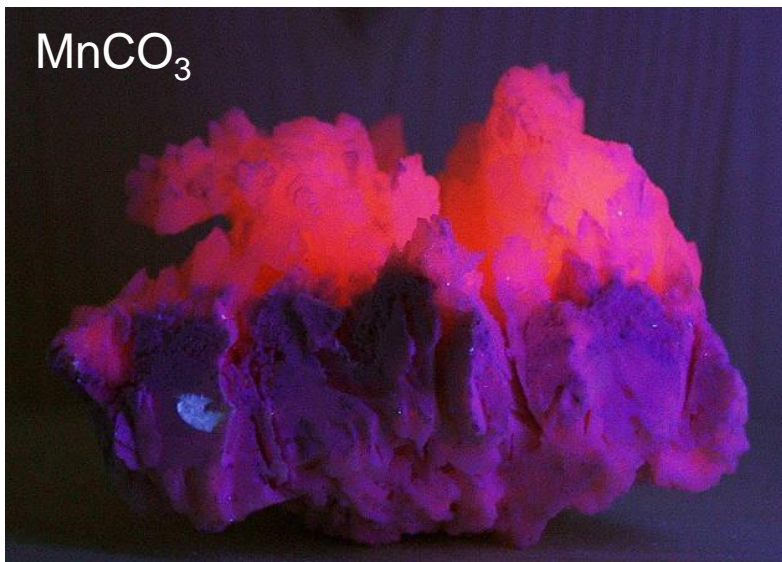


Übersicht über die Fluorverwendung





Fluoreszenz



Mangancalcit leuchtet rosa unter UV-Licht

Der Fluorit leuchtet kräftig blau

Neben den Calciten gibt es zahlreiche andere Mineralien die im kurz- oder langwelligen UV-Licht leuchten. Der Name Fluoreszenz ist übrigens auf das Mineral "Fluorit", an dem das Phänomen ursprünglich untersucht wurde, zurückzuführen.

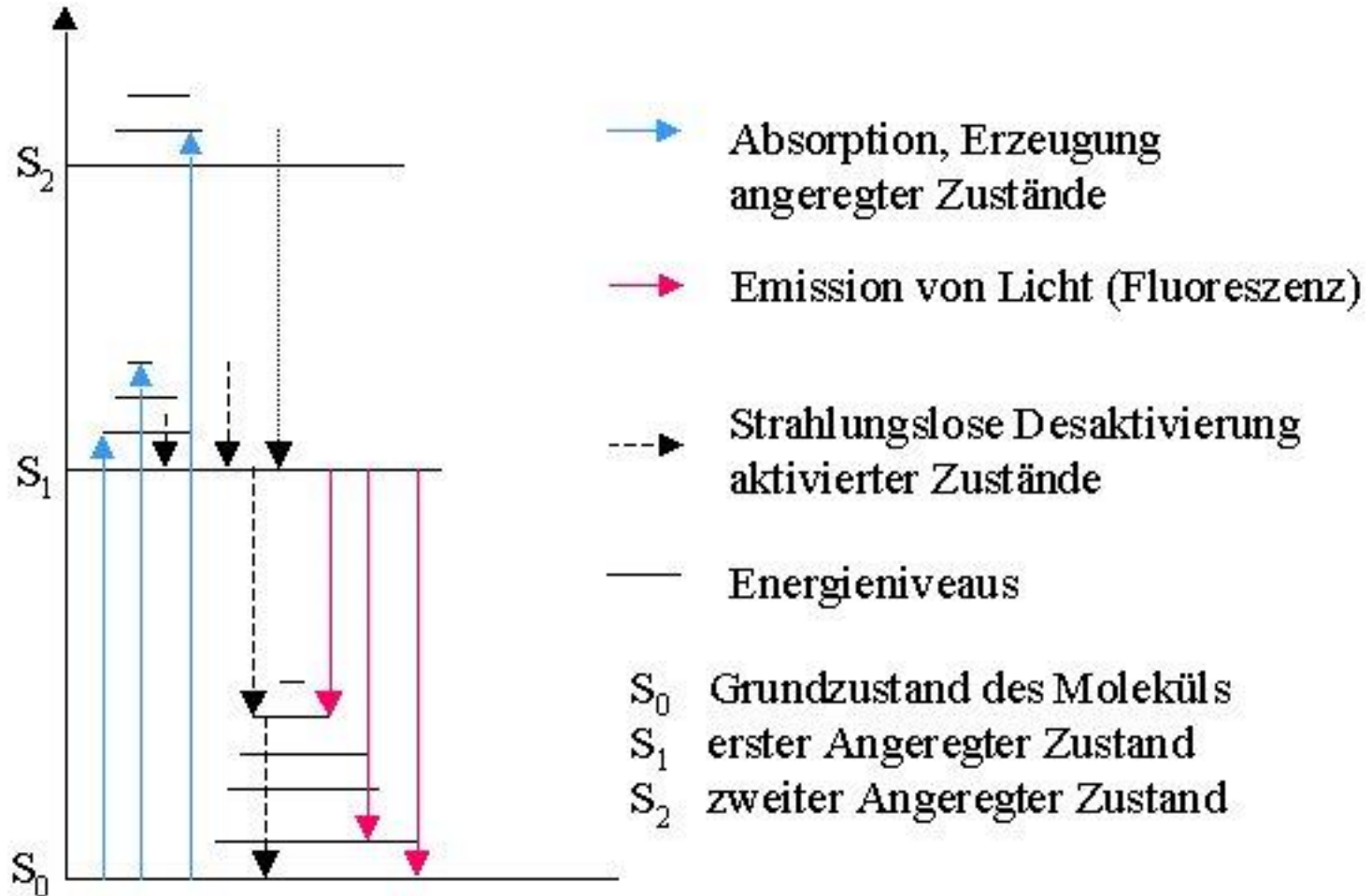


Experiment

- Fluoreszenz von CaF_2



Theorie zur Fluoreszenz





Chlor: Vorkommen

»chloros«, griech. gelbgrün (Davy 1810)



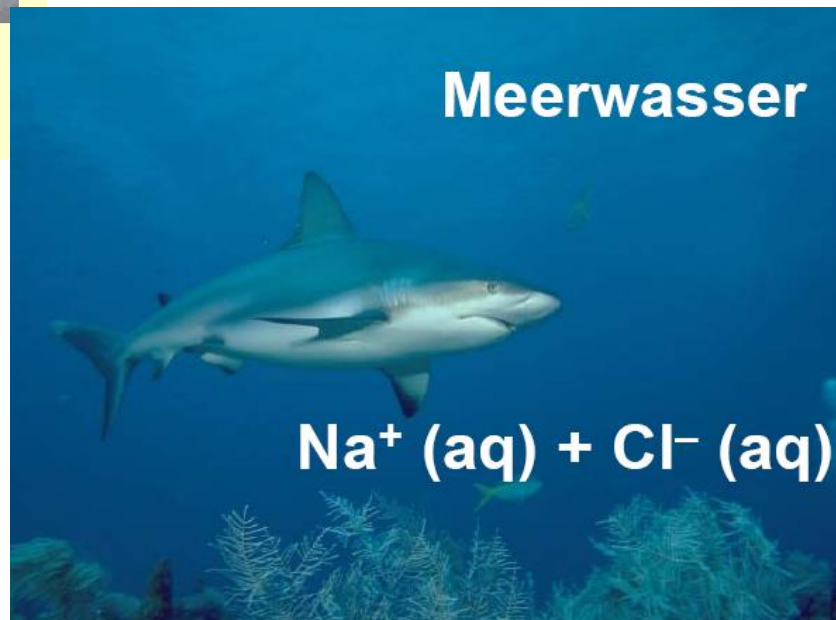
Steinsalz (NaCl)



Sylvin (KCl)



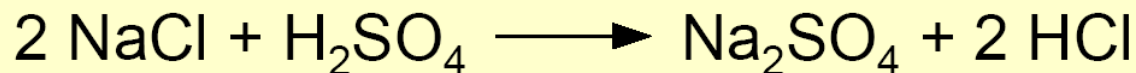
Halit (NaCl)



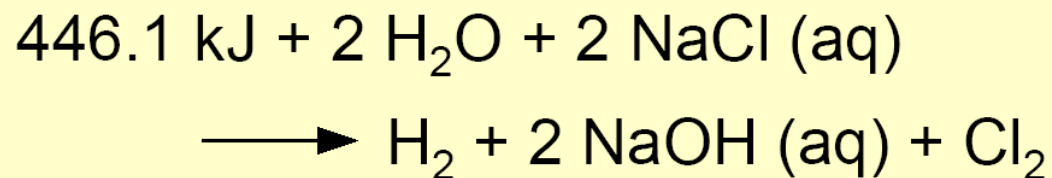


Chlor: Darstellung

Entweder direkt oder über den Chlorwasserstoff aus **Natriumchlorid**.

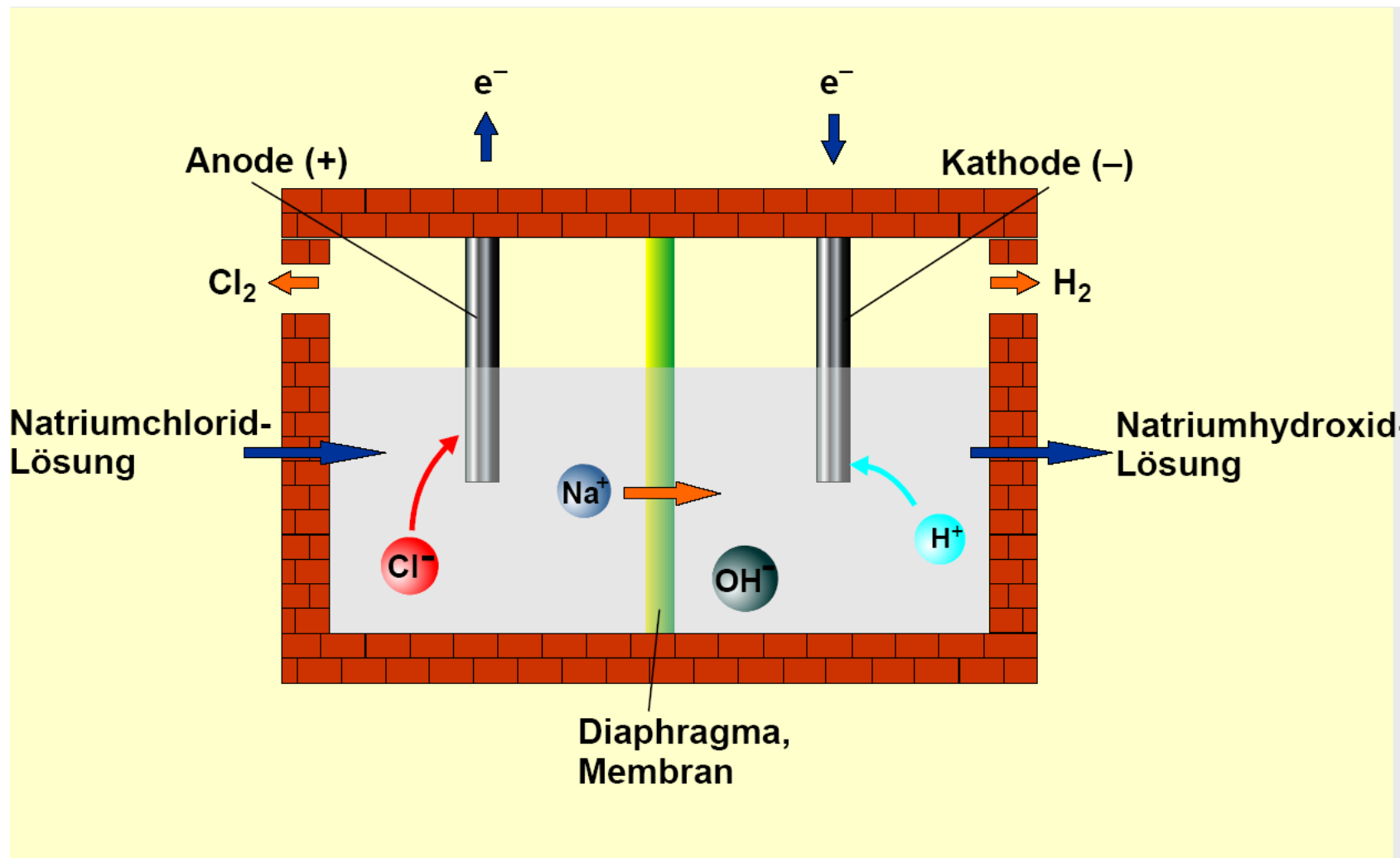


Technisch wird Chlor durch die Chloralkali-Elektrolyse gewonnen:



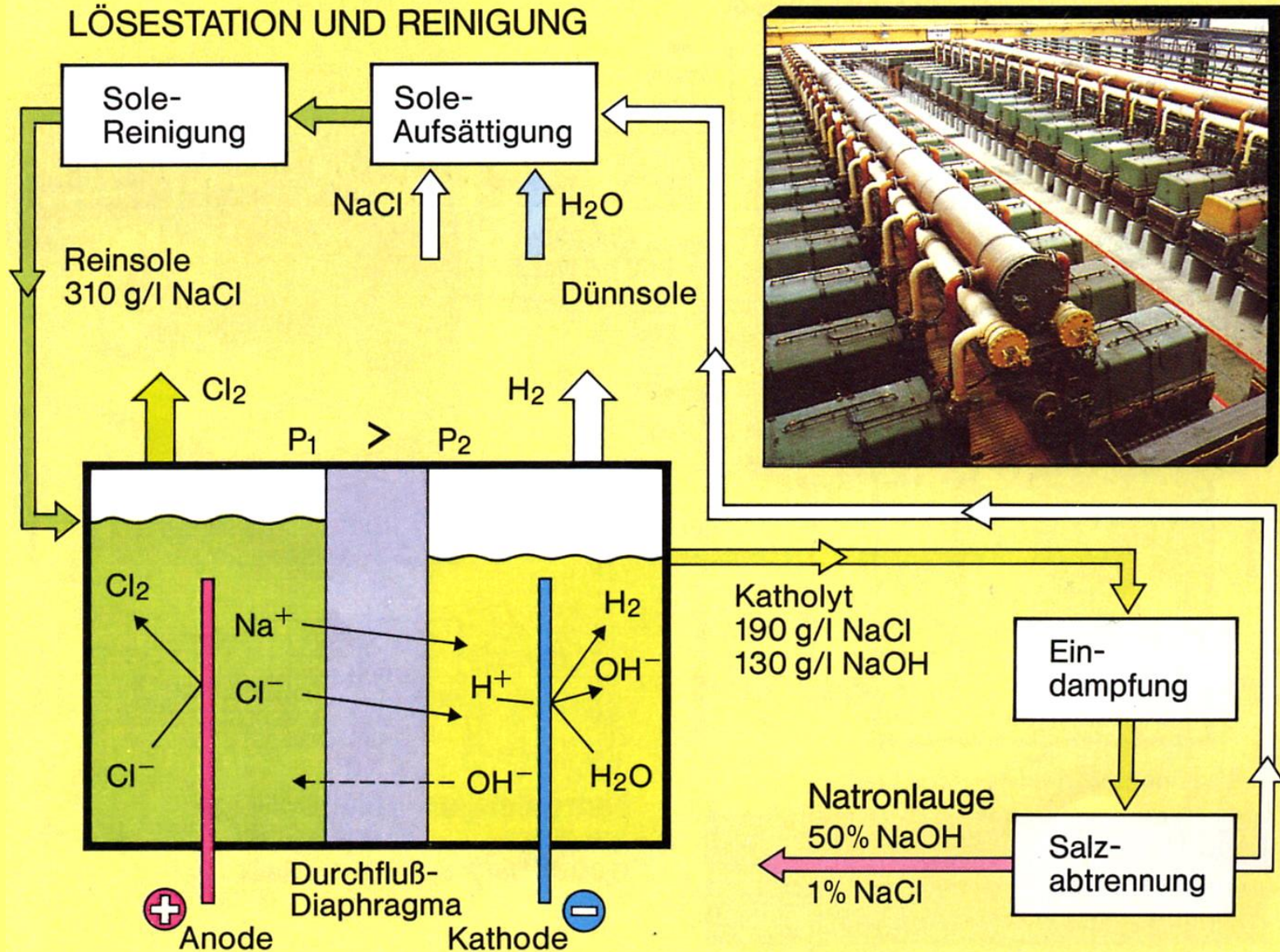


Diaphragma/Membranverfahren



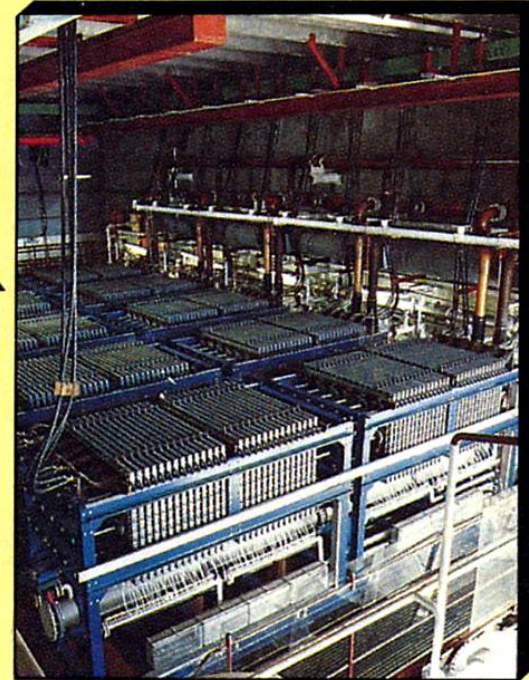
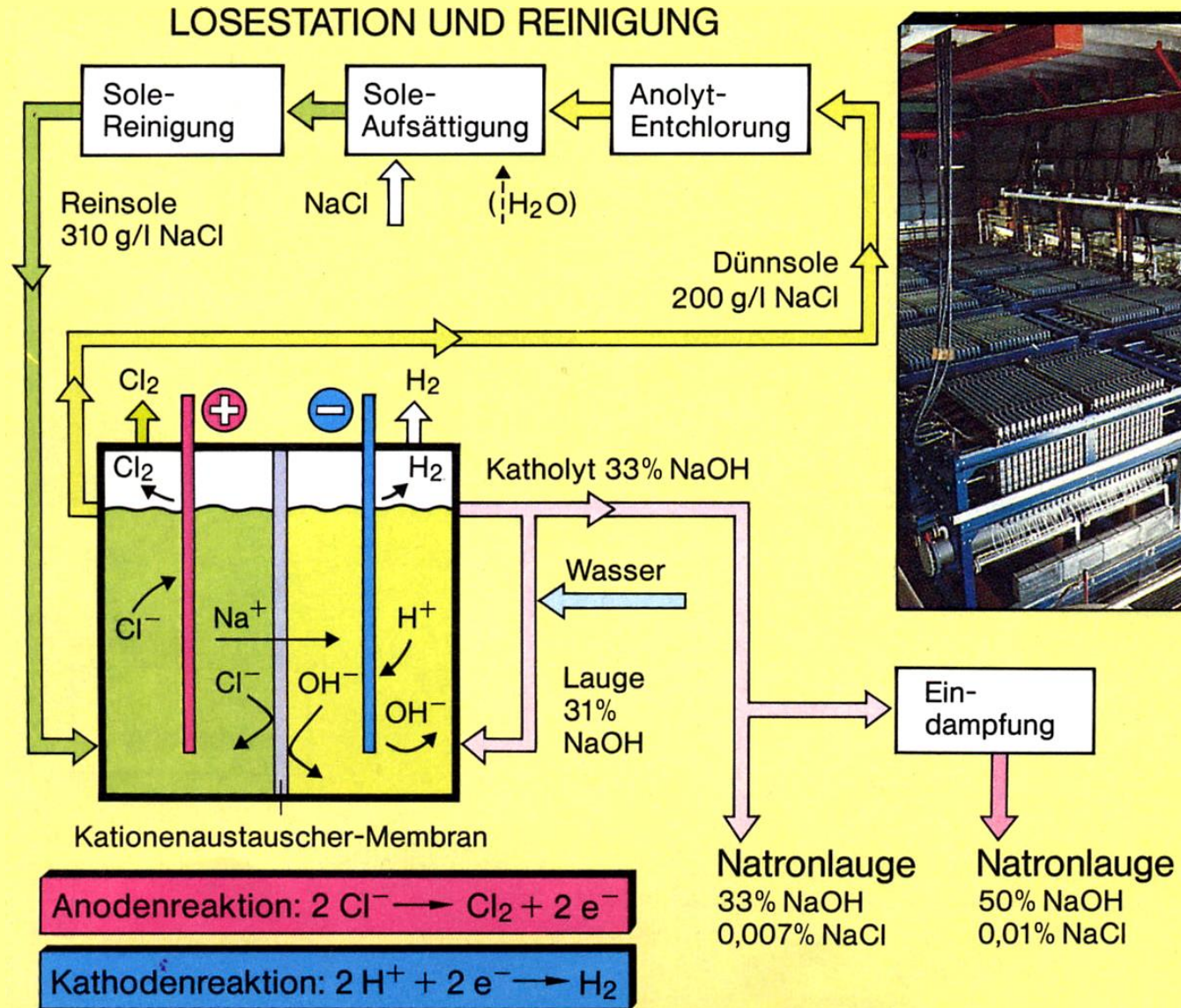


Diaphragma-Verfahren



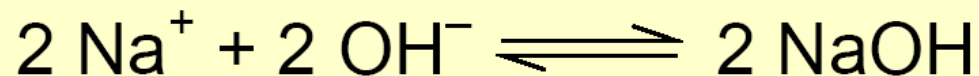
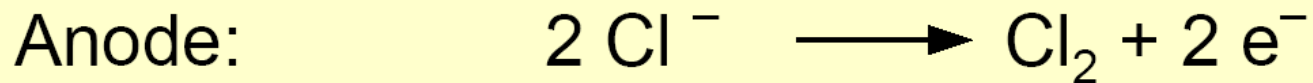
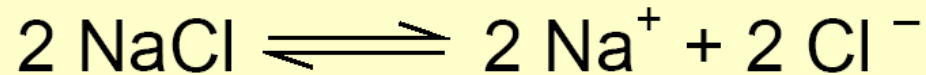
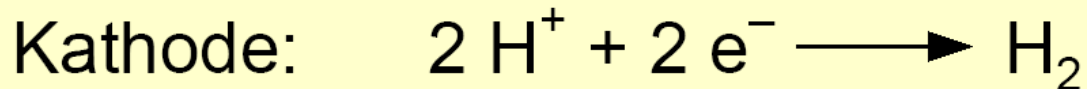
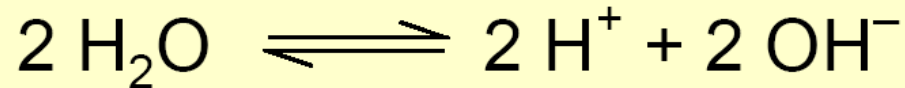


Membran-Verfahren



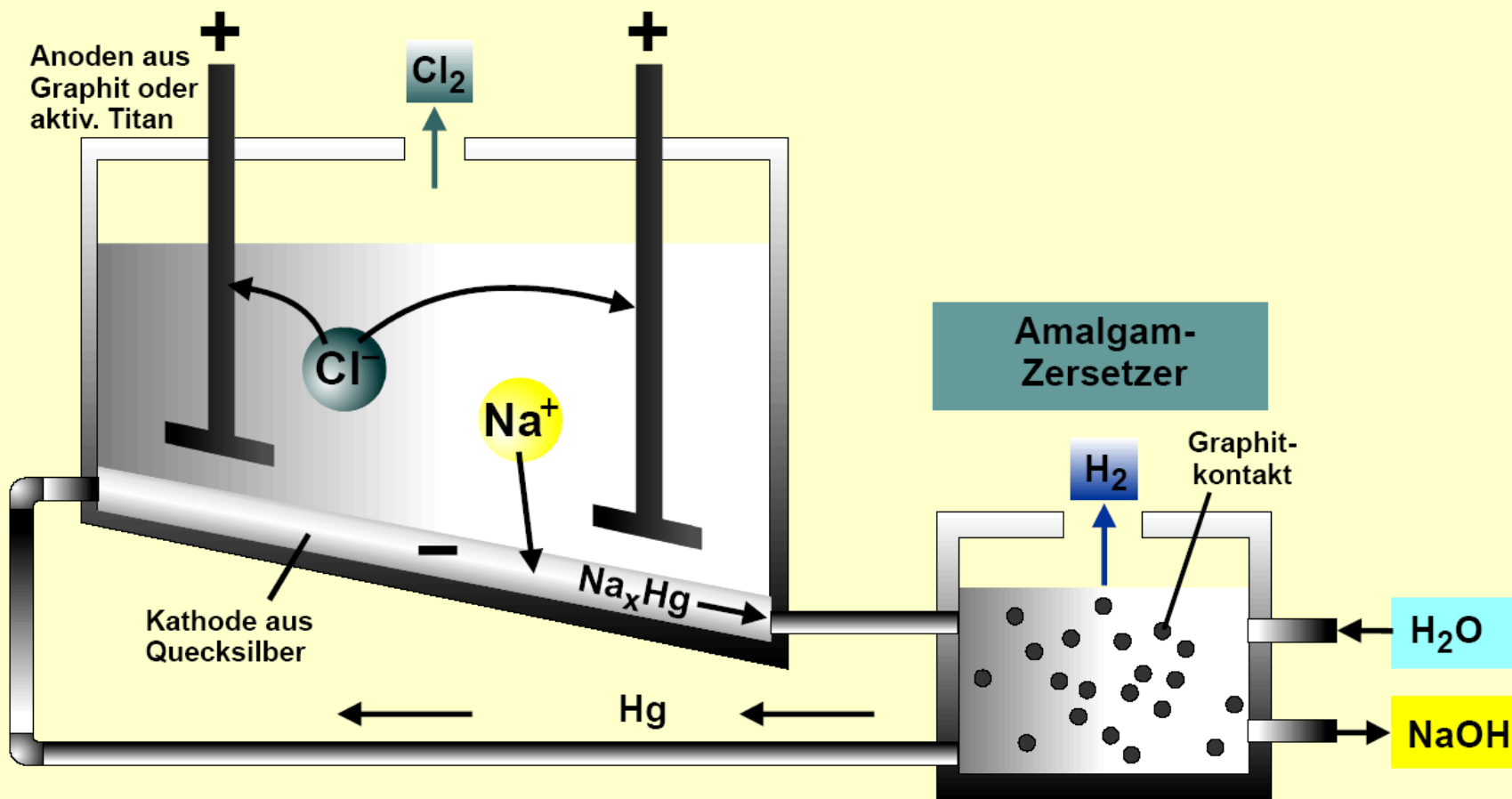


Umsetzung beim Membran(Diaphragma)verfahren



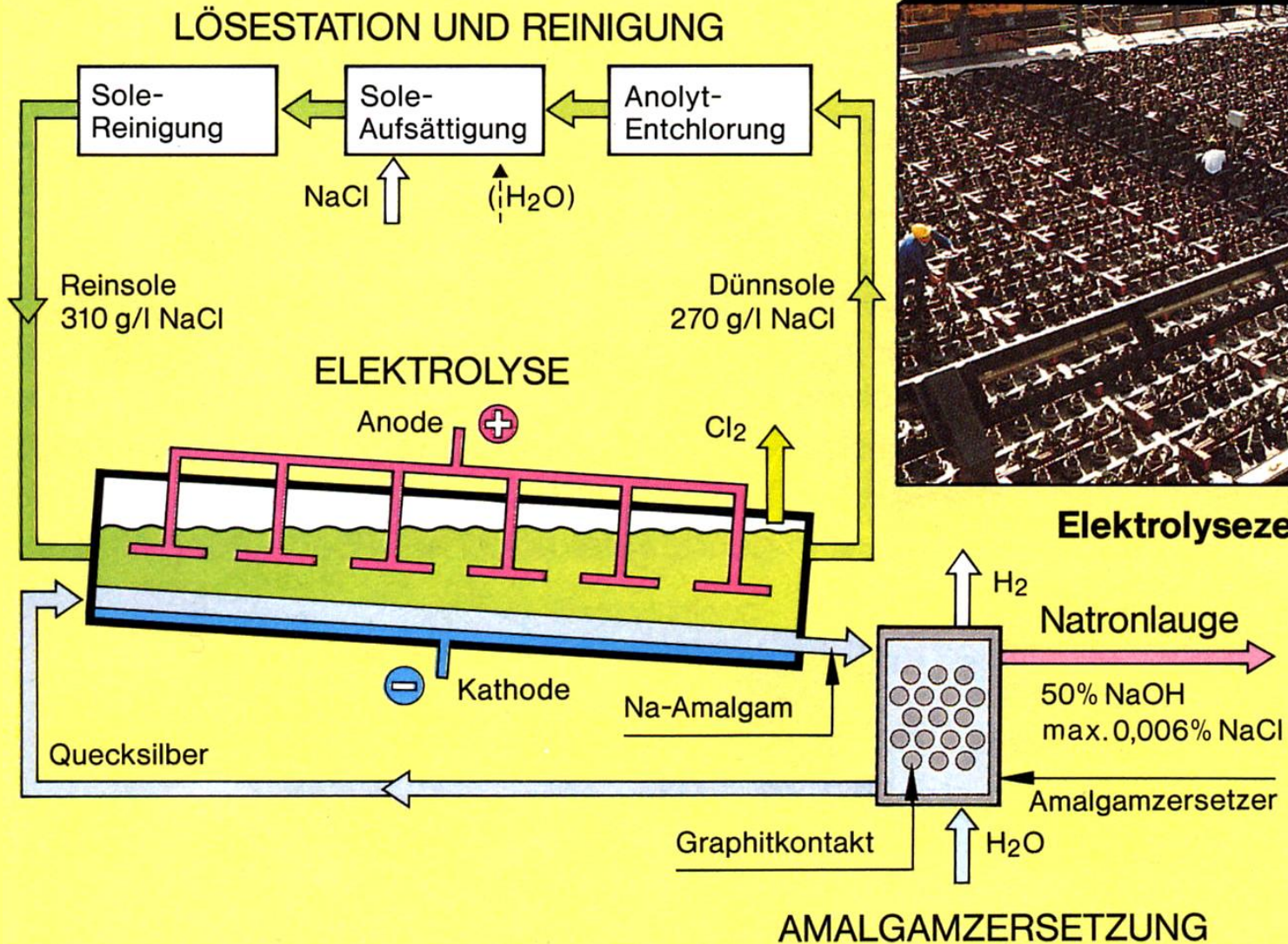


Amalgamverfahren



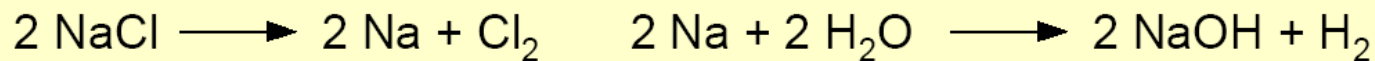
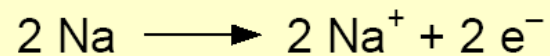
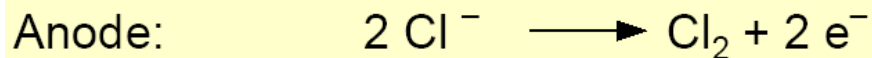
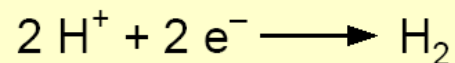
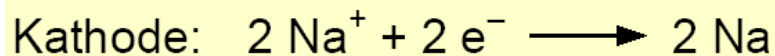
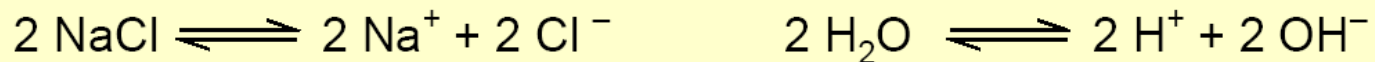


Amalgam-Verfahren





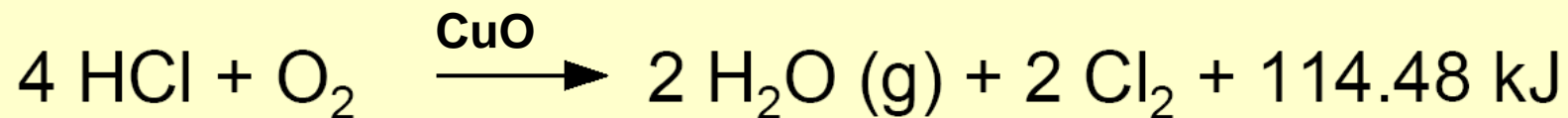
Umsetzung beim Amalgamverfahren



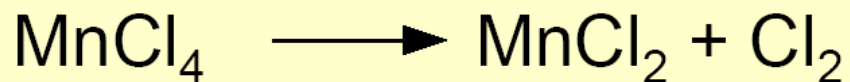
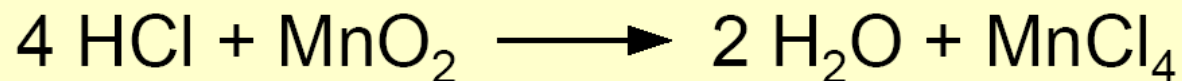


Deacon- und Weldon-Prozeß

Deacon:

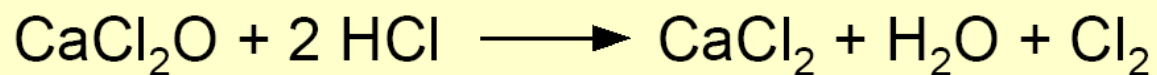
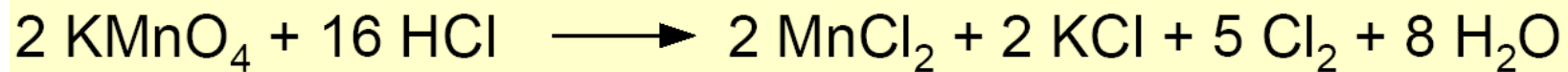


Weldon:





Laborsynthese



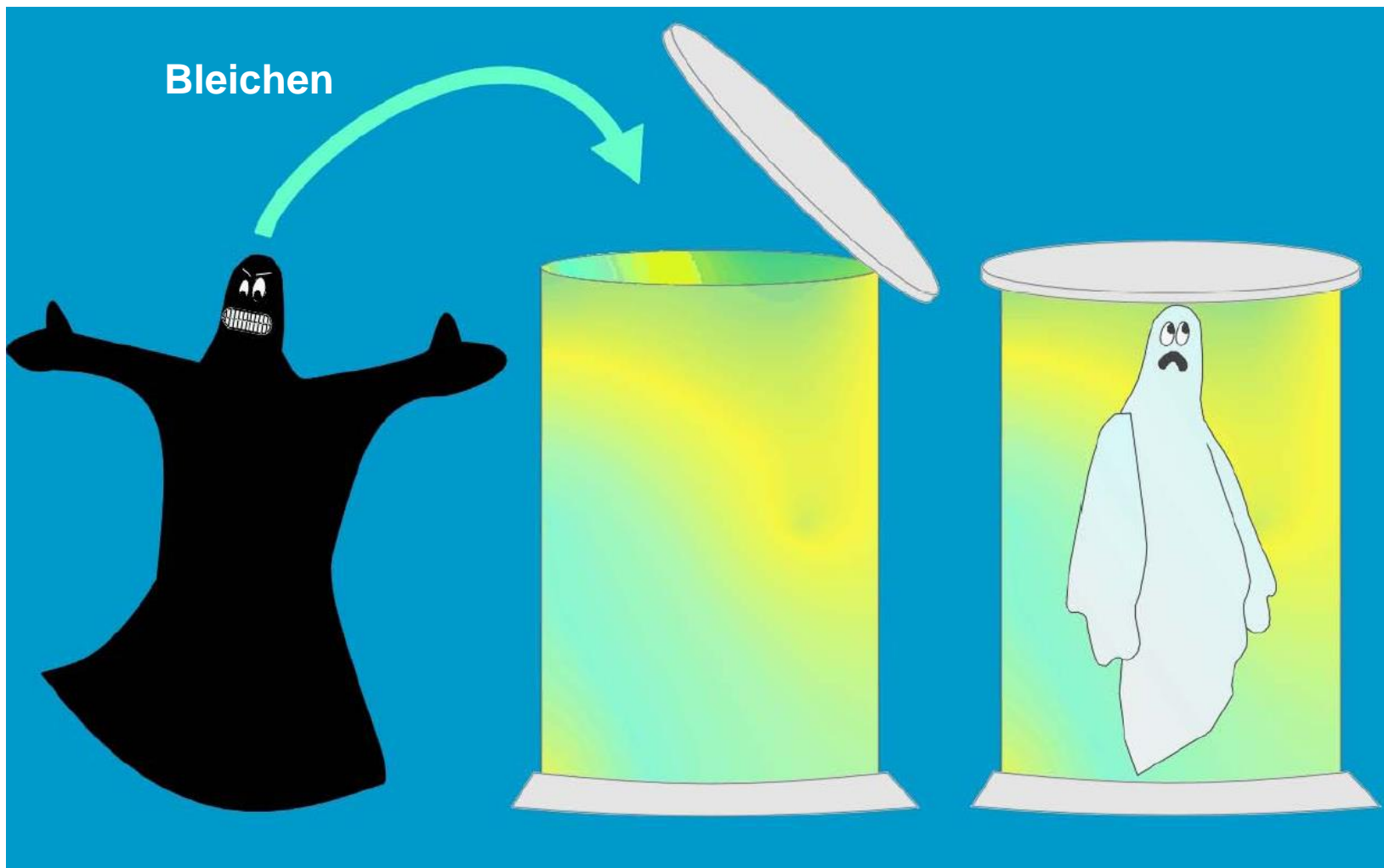
Chlor



Sehr gut Wasserlöslich (25°C):
0.0921 mol pro 1L H₂O



Chlor: Chemische Eigenschaften





Chlor: Chemische Eigenschaften

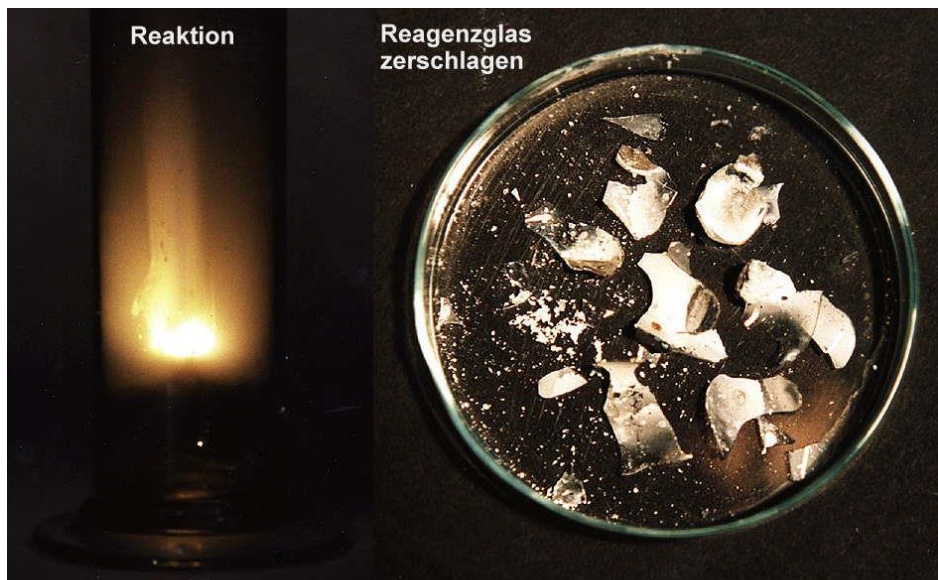
Nach Fluor gehört Chlor zu den reaktionsfähigsten Elementen und verbindet sich mit fast allen anderen Elementen unter starker Wärmeentwicklung.

Chlor reagiert mit vielen Metallen sehr heftig:





Oxidation mit Chlor



Natrium + Chlor



Natriumchlorid



Reaktion von Natrium mit Chlor





Experiment

Wasser löst Explosion aus

Ein 3 Liter Standkolben (der Boden mit Sand bedeckt) wird mit Chlorgas befüllt. Der Stopfen ist mit einem Glasrohr versehen.

Zunächst passiert nichts, wenn man das kleine Stück Natrium mit dem Glasrohr in ein mit Chlorgas gefülltes Gefäß steckt. Durch Wasser entzündet sich das Natrium und verbrennt in einem grellen Feuerball.



Oxidation von Nichtmetallen

Die Halbmetalle der rechten Seite des Periodensystems der Elemente reagieren in feingepulvertem Zustand heftig mit Chlor unter Bildung der Chloride:



Auch viele Nichtmetalle reagieren mit Chlorgas:





Oxidation von Eisen mit Chlor





Chlor: Verwendung

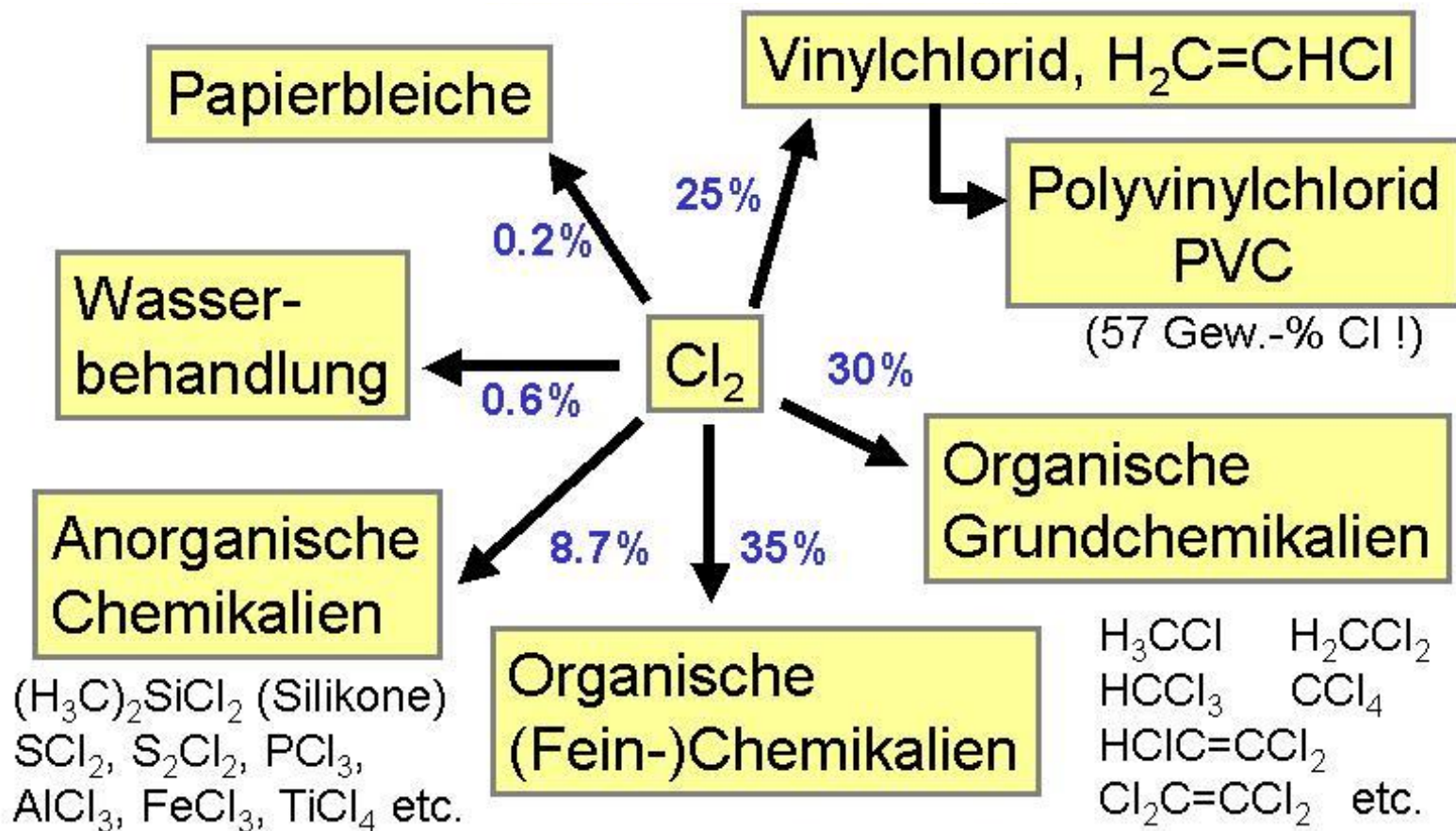
Wichtige Grundchemikalie der chemischen Industrie. **Bleichmittel** bei der Papierherstellung, heute meist ersetzt durch Sauerstoff. Zur Produktion von **Kunststoffen** (z.B. PVC), von Bioziden u.a. Zur **Entkeimung** von Trinkwasser und Wasser in Badeanstalten.



Calciumhypochlorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, das Calciumsalz der Hypochlorigen Säure HOCl , wird in die Dosieranlage für die Chlorierung des Schwimmbadwassers eingefüllt. Der Chlorgehalt in Schwimmbadwasser liegt bei ca. 0,3 bis 0,5 ppm (entspricht 0,3 - 0,5 mg/L).



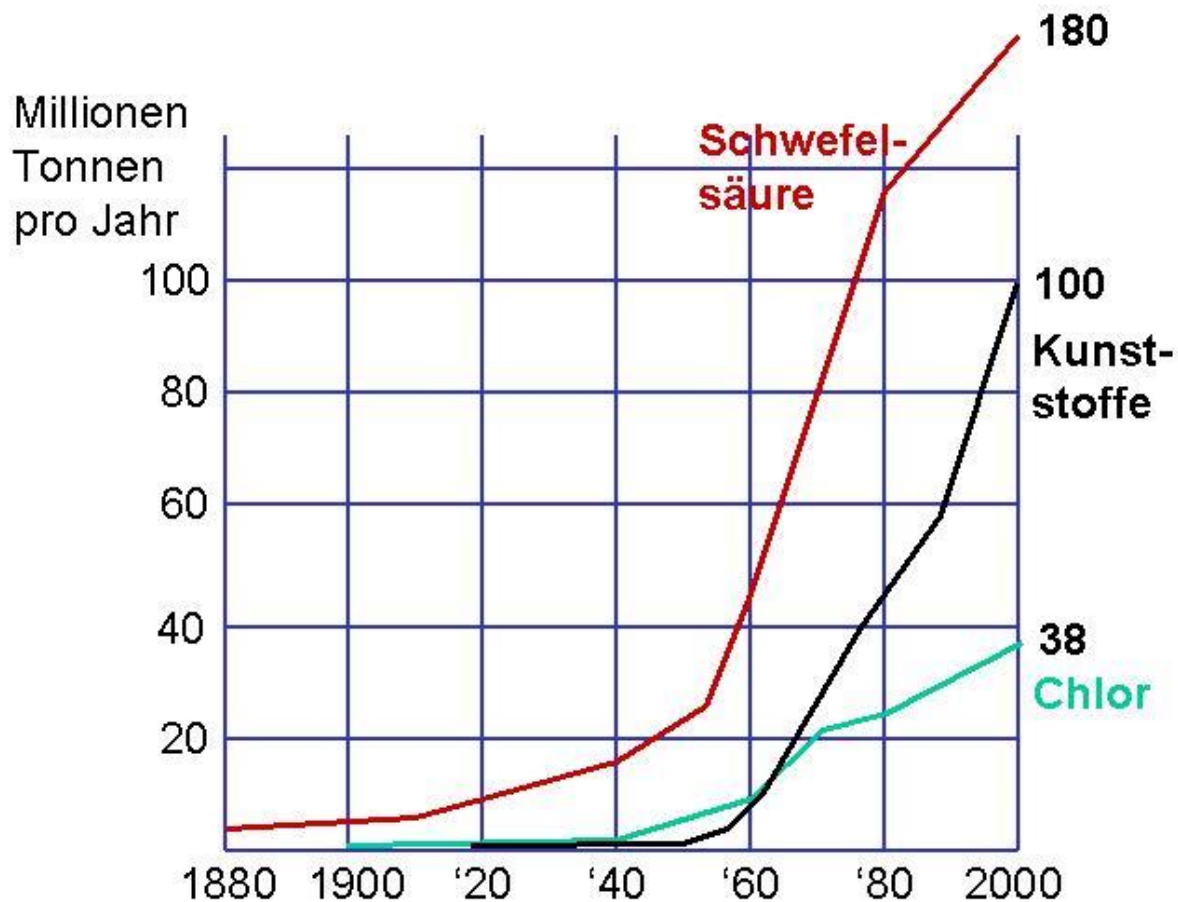
Übersicht über die Chlor-Verwendung



Chlorverbindungen sind häufig Zwischenprodukte für weitere Umsetzungen



Chlorproduktion





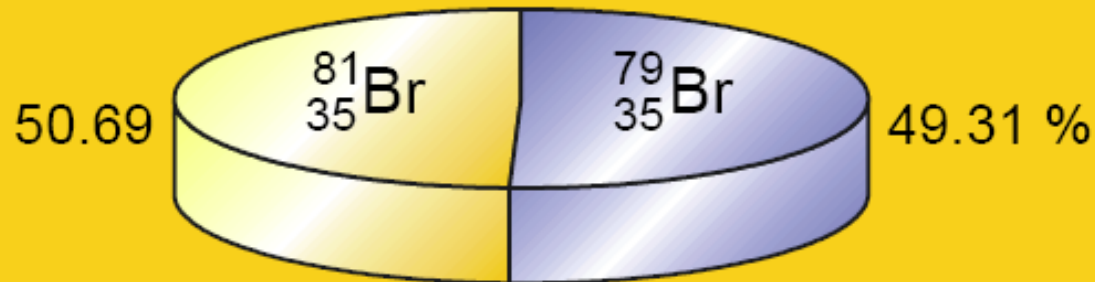
Brom: Vorkommen

»bromos« (griech. »übel riechend«)

Brom kommt nur gebunden in Form von **Bromiden** vor, beispielsweise als Silberbromid AgBr .

Ein anderes wichtiges Vorkommen des Broms ist im Meerwasser (1 m^3 Meerwasser enthält rund 68 g Bromid), in Solequellen und in Salzseen.

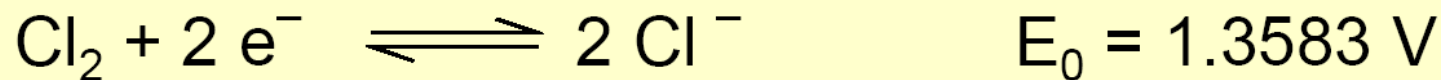
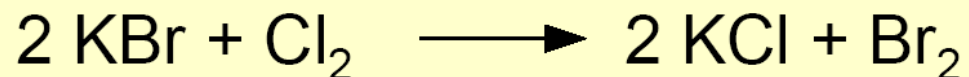
Von Brom gibt es **zwei** natürliche Isotope





Brom: Darstellung

Brom kann aus seinen Verbindungen durch Chlor freigesetzt werden:





Darstellung

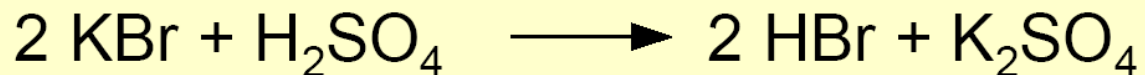
Heißentbromung bei Bromidgehalten von 0.2 – 3.5 kg/m³.

Die Oxidation erfolgt bei Temperaturen zwischen 90 und 100°C. Das entstandene Brom wird mit Dampf ausgetrieben (steaming out).

Kaltentbromung bei geringen Bromgehalten.

Die Oxidation erfolgt bei Normaltemperaturen, zur Entbromung wird Luft verwendet (blowing out).

Im Labor:





Brom: Physikalische Eigenschaften

Sehr gut Wasserlöslich (25°C): 0.214 mol pro 1L H₂O
(ca. 0.2 M = Bromwasser)

Mit **polaren Lösemitteln** (CS₂, CCl₄) unbegrenzt mischbar

Thermochromie: Farbaufhellung bei tiefer Temperatur



T = -253°C (20K)

Verdampfen von Brom





Experiment

■ Adsorption an Aktivkohle

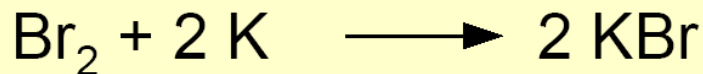
Ein Glaszylinder wird mit Bromgas gefüllt und mit gekörnter Aktivkohle geschüttelt. Brom wird adsorbiert – braune Farbe des Broms verschwindet.



Brom: Chemische Eigenschaften

Die chemischen Eigenschaften von Brom gleichen denen des Chlors, wobei Brom im allgemeinen nicht ganz so heftig reagiert.

Jedoch tritt mit Metallen oftmals eine energische Reaktion ein.



Gegen **feuchtes** Brom sind nur Platin und Tantal beständig.

Gegen **trockenes** Brom sind auch andere Metalle, wie beispielsweise Blei, Silber aber nicht dagegen Eisen beständig.



Brom als Oxidationsmittel



Reaktion von Brom mit Aluminium



Experiment

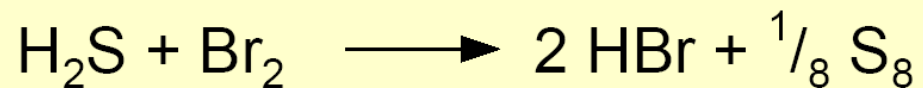
■ Reaktion von Aluminium mit Brom

Ein Reagenzglas wird mit Bromgas gefüllt und Aluminiumfolie hinzugefügt. Nach einer kurzen Induktionsperiode ist eine heftige exotherme Reaktion sichtbar, wobei AlBr_3 entsteht.



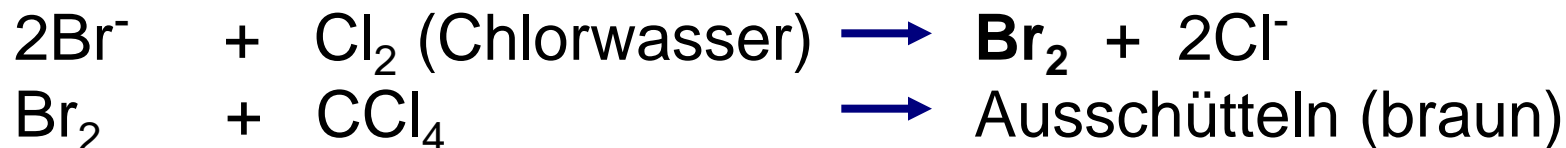
Brom als Oxidationsmittel

Brom entzieht vielen Wasserstoffverbindungen den Wasserstoff:





Nachweis von Bromid mit Chlorwasser



Experiment

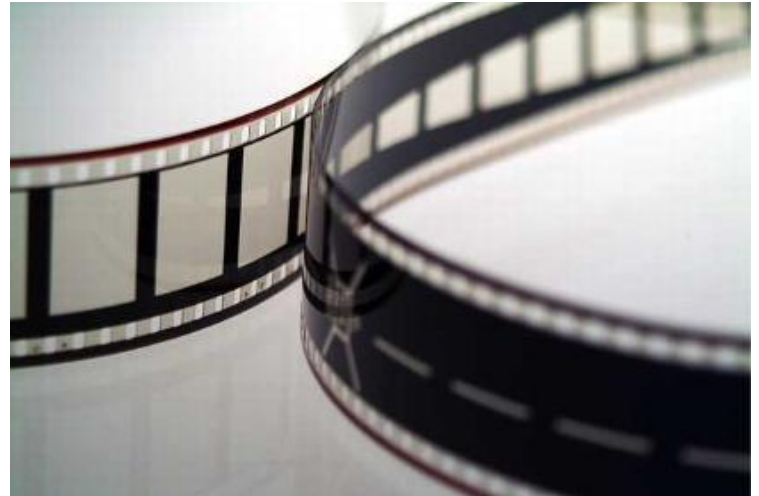
• Bromdarstellung aus Bromid

Im Reagenzglas werden zu 10ml 10%iger Kaliumbromidlösung etwas Chlorwasser gegeben. Die Lösung färbt sich gelb bis braun. Chlorwasser oxidiert Kaliumbromid zu Brom. Durch Ausschütteln der wässrigen Phase mit Tetrachlorkohlenstoff lassen sich auch Spuren von Bromid nachweisen. Die organische Phase wird braun gefärbt.



Brom(id) - Verwendung

- AgBr in der **Fotografie**;
- zur Herstellung **organischer Bromverbindungen** (Arzneimittel, Farbstoffe, Tränengas);
- 1,2-Dibrommethan als Zusatz in verbleitem **Benzin**;
- Bromwasser zum **Nachweis** ungesättigter Kohlenwasserstoffe.
- Das in Kernreaktoren künstlich erzeugte radioaktive Nuklid ^{82}Br (β -Strahler), $t_{1/2} = 35,5 \text{ h}$, wird als **Radiotracer** eingesetzt.





Bromo-Seltzer

(NaBr – später Acetaminophen, Na₂CO₃ und Zitronensäure)



BS-Tower
Baltimore

fast HELP for HEADACHE
UPSET STOMACH - JUMPY NERVES

When headache hits, do as millions do. Take Bromo-Seltzer right away for fast help. Not only for the pain of headache but also for the upset stomach and jumpy nerves that often go with it.

Bromo-Seltzer effervesces with split-second action, ready to go to work at once to fight headache three ways. Caution: Use only as directed.

Try Bromo-Seltzer. You must be satisfied or your money back!

Get Bromo-Seltzer at your drug-store fountain or counter today. A product of the Emerson Drug Co. since 1887.

WHERE OTHERS FAIL **BROMO-SELTZER WORKS**

BROMO-SELTZER



© Vintage Vending Inc

- Antikatermittel
- Beruhigungsmittel
- An Jugendliche wie Soldaten gegen sexuelle Triebe verabreicht.



Iod: Vorkommen

Von »ioeides«, griech. violett.ältere Schreibweise: »Jod« mit dem Symbol »J«.



Iod ist das seltenste Element unter den Halogenen. Es findet sich in Gebirgen, Seen, Mineralwässern, Solen, Erdölbohrwässern und im Meer in Form des Iodids und des Iodats.

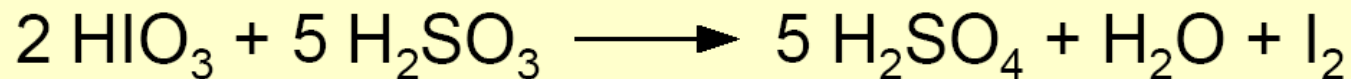
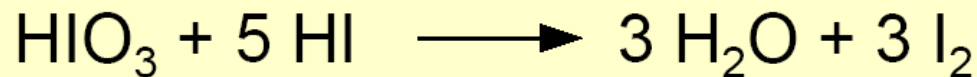
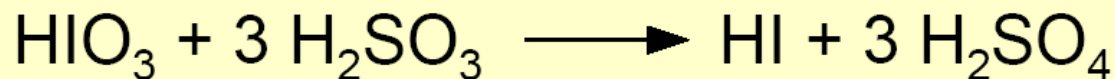
Größere Anhäufungen dieses Elementes sind auch in Algen, Schwämmen und dergleichen anzutreffen.



Iod: Darstellung

Hauptquelle für die technische Gewinnung von Iod stellen die Iodat-haltigen Mutterlaugen der Chilesalpeterverarbeitung dar.

Das Iod wird durch Reaktion des Iodats mit schwefeliger Säure erhalten:

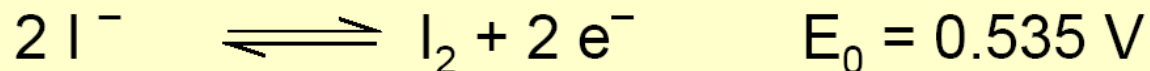
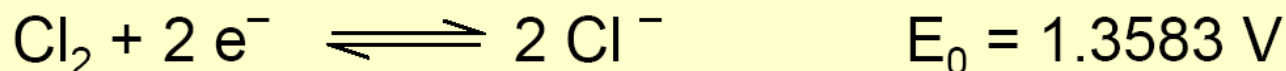
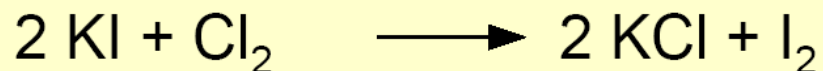


Die Iodsäure selbst wirkt als Oxidationsmittel !

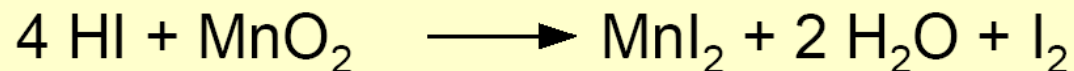
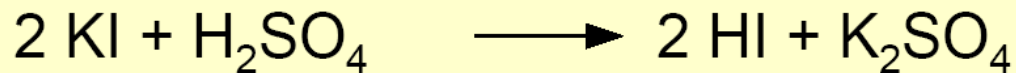


Darstellung im Labor

Aus Iodid-haltigen Solewässern wird das Iodid mit Chlor oxidiert:



Im Labor erfolgt die Darstellung aus Kaliumiodid, Schwefelsäure und Braunstein:

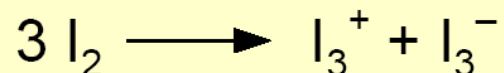




Iod: Physikalische Eigenschaften

Grauschwarzer, metallisch-glänzender Feststoff.

$d = 4.942 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, Smp. $113.60 \text{ }^\circ\text{C}$ unter Bildung einer braunen, den elektrischen Strom leitenden Flüssigkeit.



Sdp. $185.24 \text{ }^\circ\text{C}$ unter Bildung violetter Dämpfe.

Wird Iod zu rasch erhitzt, sublimiert es ohne zu schmelzen.





Experiment

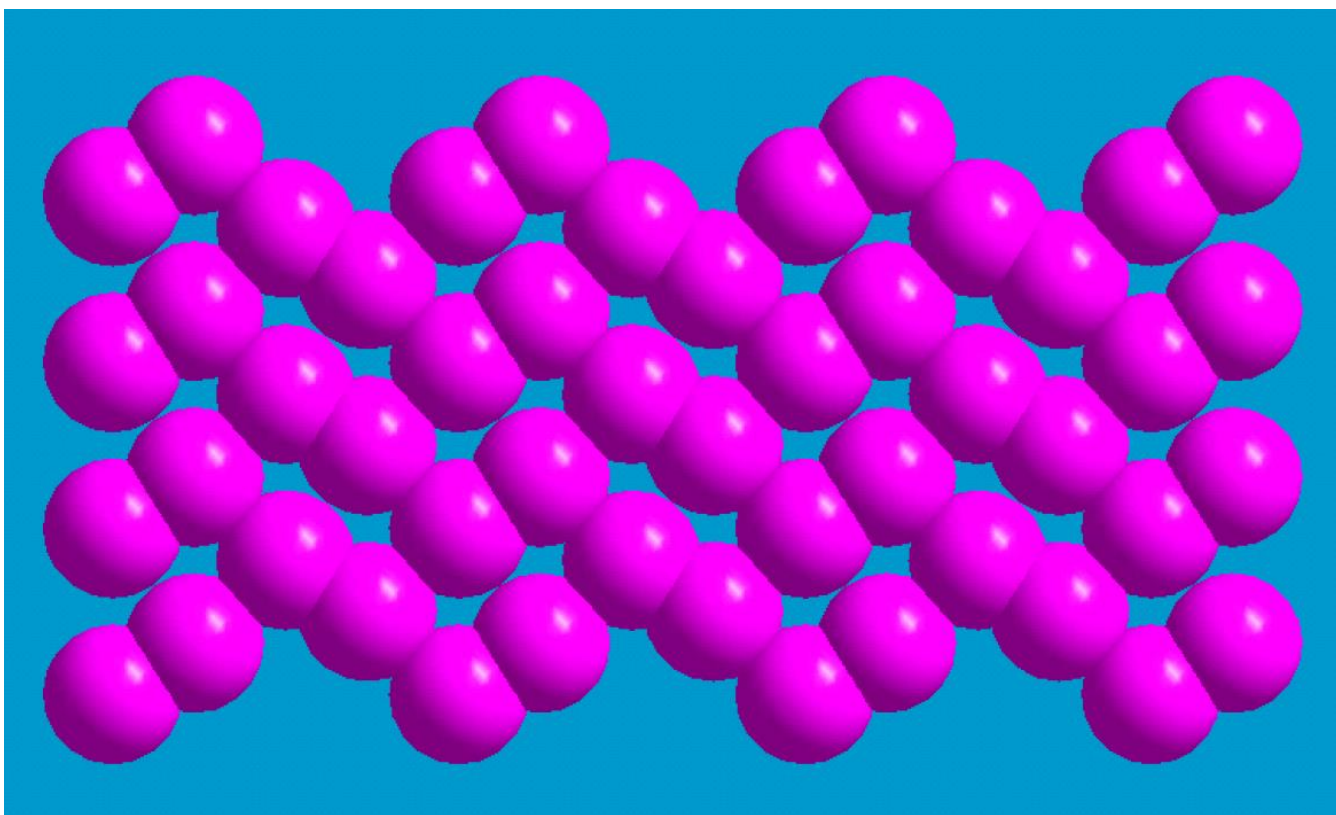
■ Iodsublimation

In einem Erlenmeyerkolben werden einige Iodkristalle mit einem Brenner leicht erwärmt. In den Kolben setzt man ein Reagenzglas mit Wasser. Iod scheidet sich in feinen Kristallen am kalten Reagenzglas ab. (Iod geht vom festen in den gasförmigen Zustand über, ohne zu schmelzen.)



Iod: Struktur

Schichtstruktur



$$d(\text{I-I}) = 2.7 \text{ \AA}$$

$d(\text{I}_2 \cdots \text{I}_2)$ ca. 3.5 Å (in der Schicht) und ca. 4.4 Å zwischen den Schichten



Lösungseigenschaften - Farbe

Iod löst sich nur schlecht in Wasser unter braun-gelber Färbung: 0.0013 mol lösen sich bei einer Temperatur von 25 °C in einem Liter Wasser.

In anderen zahlreichen Lösungsmitteln ist Iod gut löslich:

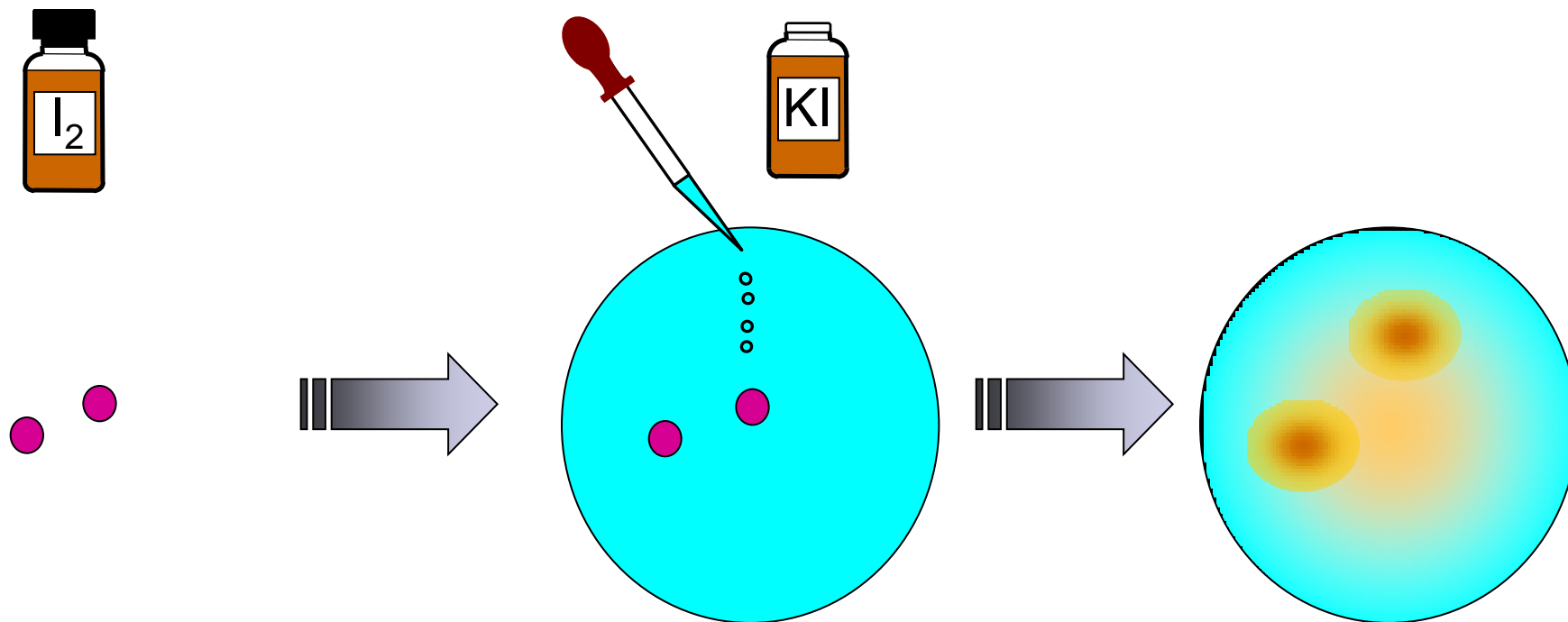
So löst es sich in Alkohol, Ether, Dioxan, Aceton, flüssigem Trimethylamin, Pyridin und ungesättigten Kohlenwasserstoffen ebenfalls mit brauner Farbe.

In aromatischen Kohlenwasserstoffen (Benzol, Toluol) färbt es die Lösung rot.

In anderen organischen Lösungsmitteln (Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Schwefelkohlenstoff) wird eine violette Farbe erhalten.



Zur Löslichkeit des Iods



Zugabe von $KI_{(aq)}$

Entstandenes I_3^- ist löslich in Wasser



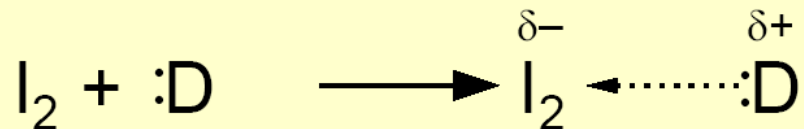


Experimente

- In einer Petrischale auf dem Overheadprojektor werden einige Iodkristalle mit einer Kaliumiodidlösung versetzt. Entstandenes I_3^- ist gut wasserlöslich.
- Eine wässrige Iod-Lösung wird in einem Scheidetrichter mit Tetrachlorkohlenstoff ausgeschüttelt.

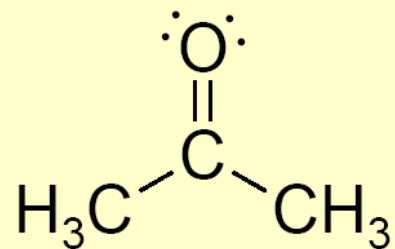


Charge-Transfer-Komplexe

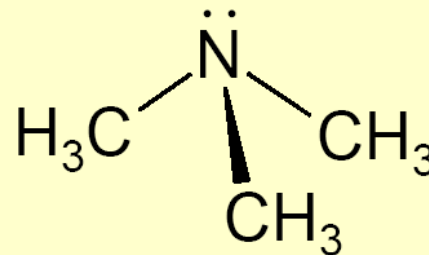


Lewis-Basen:

Aceton

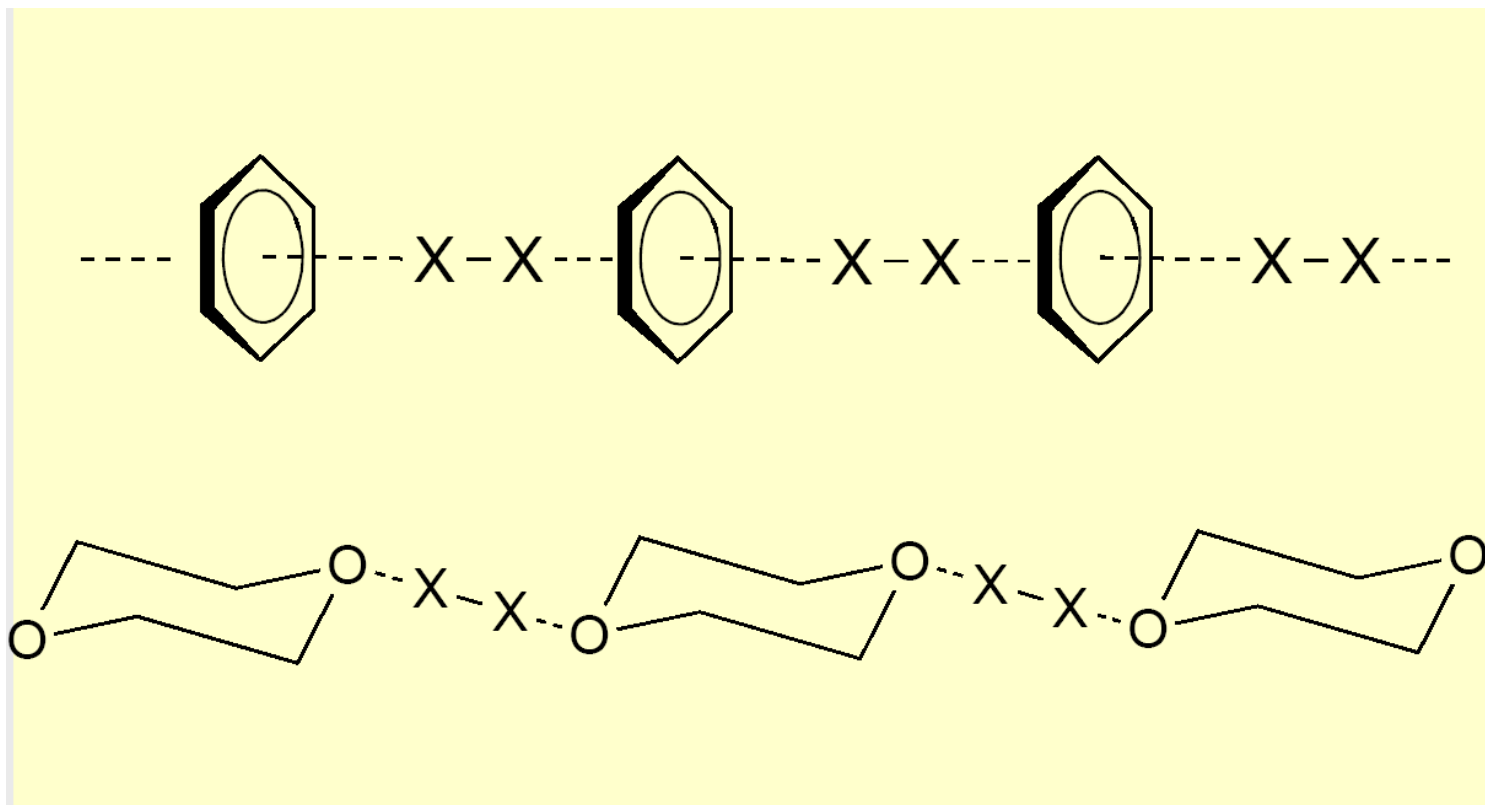


Trimethylamin



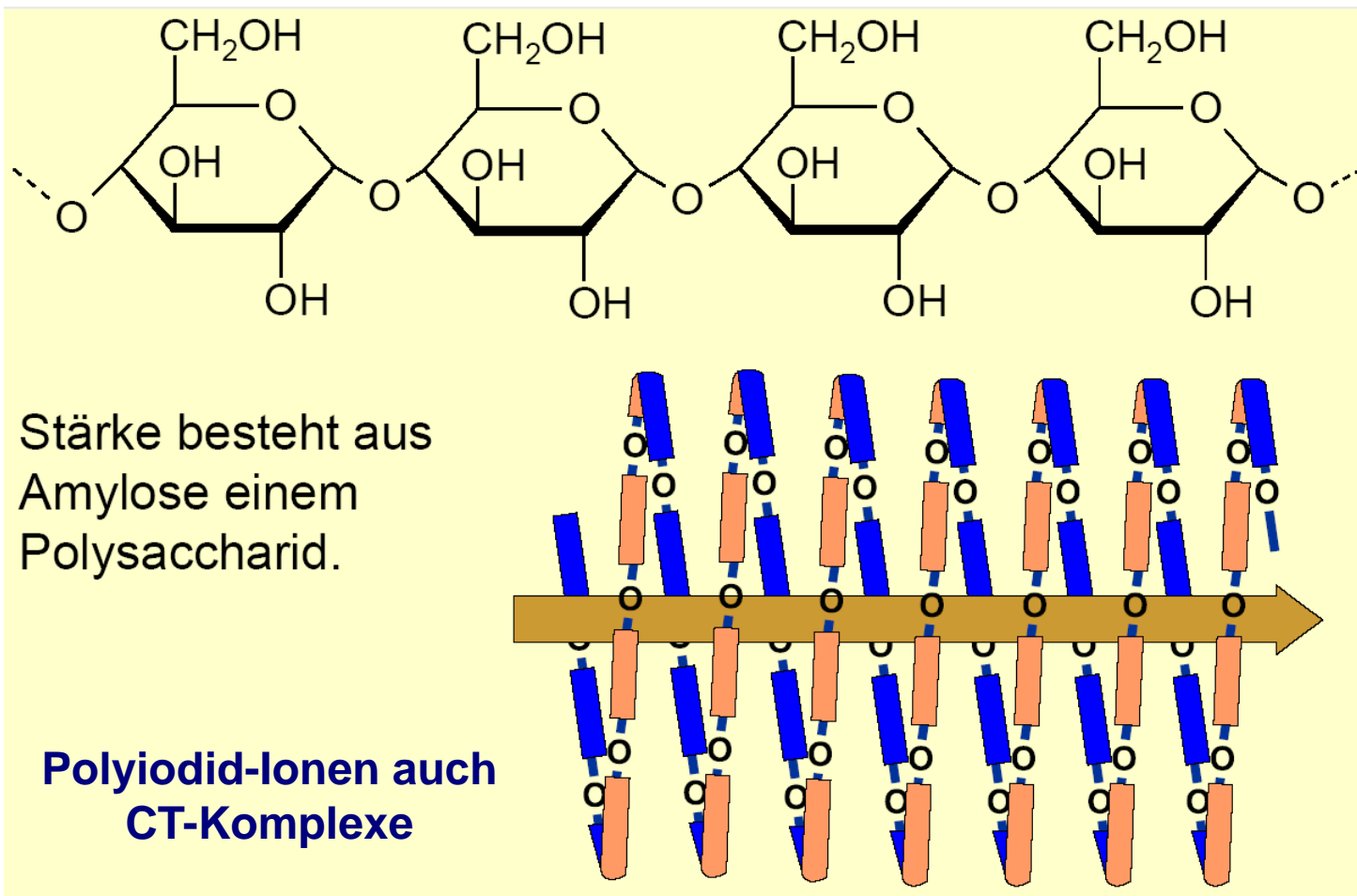


Beispiele für CT-Komplexe





Iod/Stärke-Reaktion





Experiment

- Iod-Stärke-Reaktion

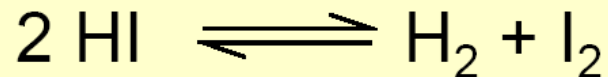
In einem Reagenzglas wird eine wässrige Iodlösung mit einigen Tropfen Stärkelösung versetzt, kräftige Blaufärbung.



Iod: Chemische Eigenschaften

Iod gleicht in seinen chemischen Eigenschaften denen von Chlor und Brom. Zumeist reagiert es aber weniger lebhaft.

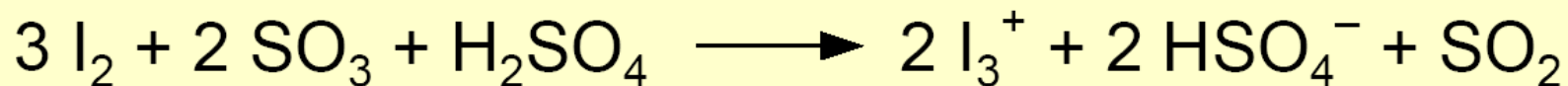
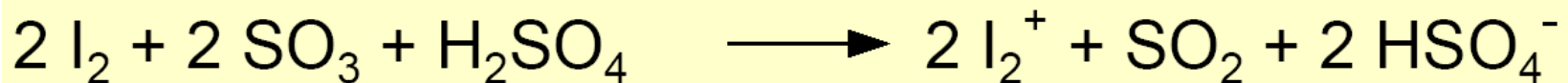
Die Affinität zu Wasserstoff ist jedoch weit geringer. Iodwasserstoff zerfällt daher bis zu einem bestimmten Gleichgewicht in Wasserstoff und Iod.





Iod-Kationen

Iod bildet farbige Kationen bei Reaktion mit SO₃-haltiger Schwefelsäure. In Abhängigkeit des Schwefeltrioxid-Gehaltes entstehen verschiedene Kationen:





Verwendung von Iod(id)



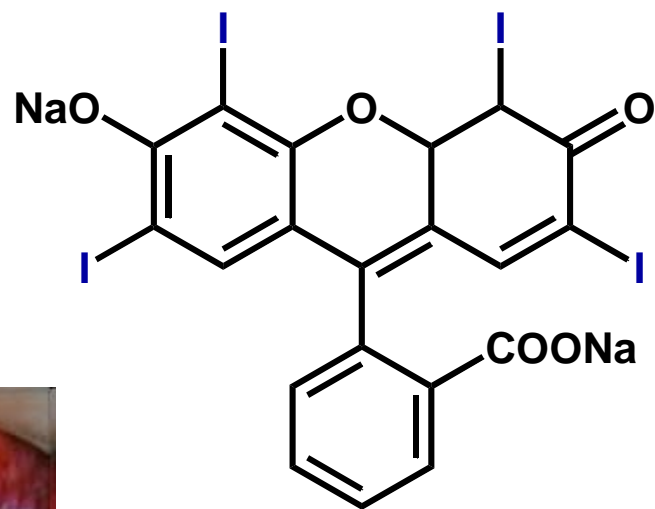
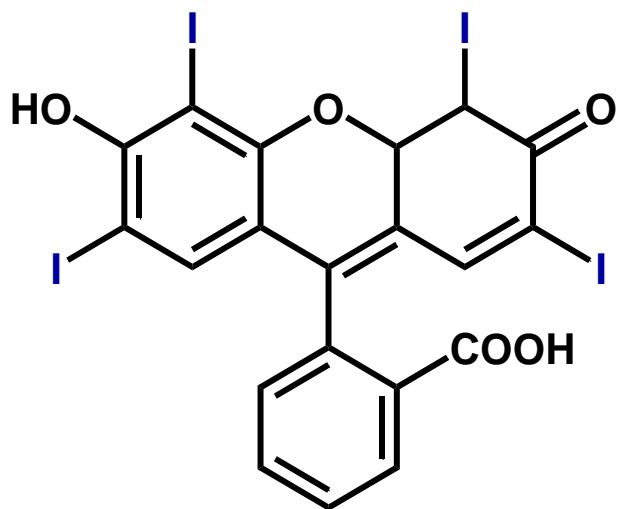
Desinfektionsmitteln
 ("Iodtinktur")
 Schilddrüsenmedikamente
 Röntgenkontrastmittel



Bei radioaktiven Unfällen und Ver-
 seuchungen ist die Einnahme von Kalium-
 iodid-Tabletten vorgesehen, die die Auf-
 nahme der **radioaktiven Iod-Isotope** ^{131}I
 (Halbwertszeit 8 Tage), ^{123}I ($\tau_{1/2}=13\text{ h}$) und
 ^{128}I ($t_{1/2} = 25\text{min}$) verhindern sollen.



... im Lebensmittelfarbstoff Erythrosin B (E127)



Als Bi-Natriumsalz im Einsatz
z.B. als Additiv für *soft drinks*, Gelatine, Kuchen ...



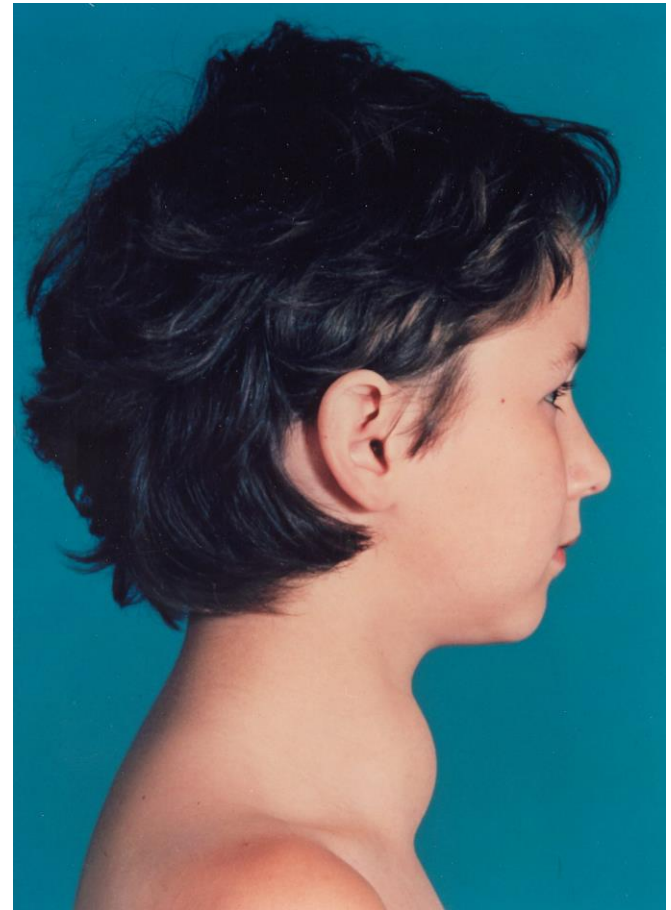


Iodmangel

Vergrößerung der Schilddrüse (Kropf)
häufig zunächst symptomlos

später: Müdigkeit, Antriebsarmut,
Kälteempfinden, Obstipation,
Gewichtszunahme, Schwellungen
im Gesicht, trockene Haut, stumpfes
Haar, Hypotonie, Bradykardie,
Fertilitäts- und Potenzstörungen

bei Feten, Säuglingen und Kindern:
Entwicklungsstörungen, mentale
Retardierung, Lernschwierigkeiten,
Konzentrationsschwäche





Astat: Vorkommen

»astatin«, griech. das Unbeständige



^{215}At , ^{217}At , ^{218}At und ^{219}At
Bestandteile natürlicher Zerfallsreihen:

^{215}At ($T_{1/2} = 0,10$ Millisekunden,
 Uran-Actinium-Zerfallsreihe)

^{217}At ($T_{1/2} = 32,3$ Millisekunden,
 Neptunium-Zerfallsreihe)

^{218}At ($T_{1/2} = 1,5$ Sekunden,
 Uran-Radium-Zerfallsreihe)

^{219}At ($T_{1/2} = 56$ Sekunden,
 Uran-Actinium-Zerfallsreihe)

Geringe Mengen Astat entstehen beim natürlichen Zerfall von Uran.
 Der Gehalt der Erdkruste an Astat beträgt insgesamt ca. **30 Gramm**.



Astat: Darstellung

Künstlich:



oder

Beschuss von Gold mit energiereichen Kohlenstoff-Kernen:



*Organische Astatverbindungen dienen in der **Nuklearmedizin** zur Bestrahlung bösartiger Tumore. Astat-Isotope eignen sich aufgrund der kurzen Halbwertszeiten innerlich eingenommen als radioaktive Präparate zum **Markieren der Schilddrüse**. Das Element wird in der Schilddrüse angereichert und in der Leber gespeichert.*



Ende

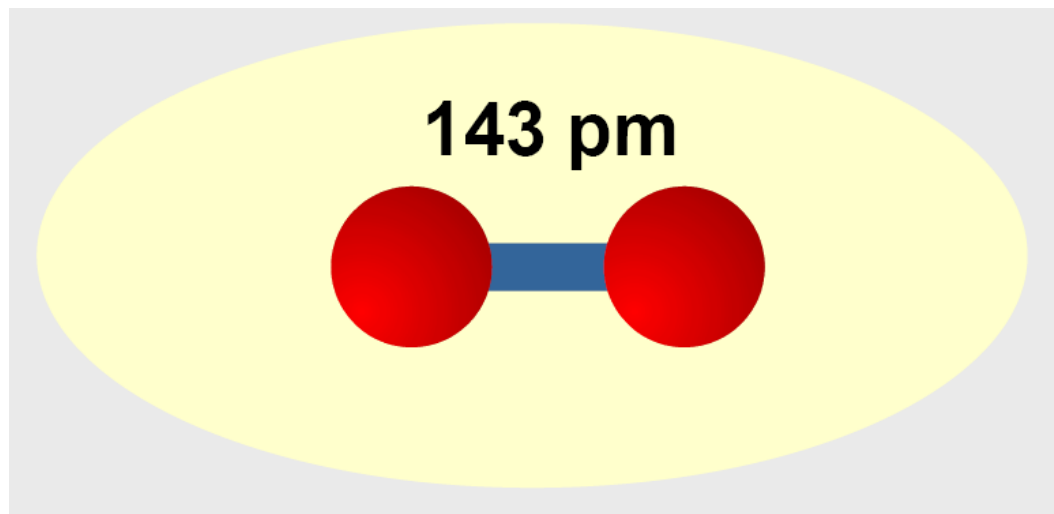


Fluor: physikalische Eigenschaften

In dünner Schicht farbloses, in dickerer Schicht blassgelbes Gas mit durchdringenden Geruch.

Sdp. – 188.13 °C, $d_{\text{flüssig}} = 1.5127 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Smp. – 219.62 °C, farbloser Feststoff





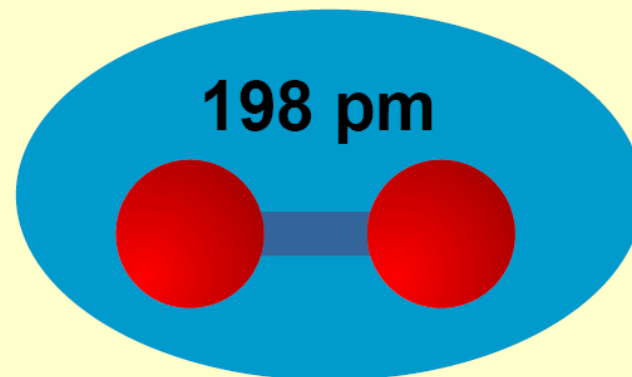
Chlor: Physikalische Eigenschaften

Gelbgrünes, erstickend riechendes, die Schleimhäute angreifendes Gas.

Lässt sich durch Druckerhöhung leicht verflüssigen.

Sdp. – 34.06 °C, $d = 1.565 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Smp. – 101.00°C



Chlor löst sich recht gut in Wasser:

1 Liter Wasser löst bei Atmosphärendruck und 25°C 0.0921 mol Chlorgas (Chlorwasser).



Brom: Physikalische Eigenschaften

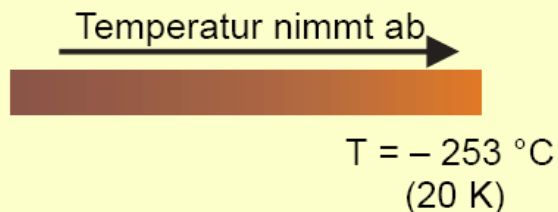
Neben Quecksilber ist Brom das einzige unter Normalbedingungen **flüssige** Element.

Dichte $3.14 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (20°C)

Sdp. 58.78°C

Smp. -7.25°C

Mit abnehmender Temperatur hellt sich die Farbe auf.



Verdampfen von Brom