

1.8. Die Elektronenpaarbindung

1.8.1. Die Elektronenpaarbindung

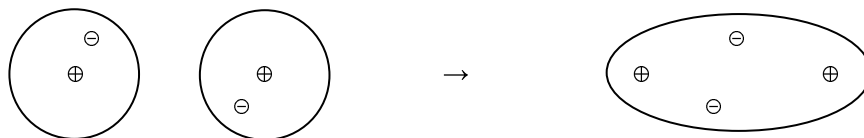
- Zwei Nichtmetallatome können die Edelgaskonfiguration durch _____ von je zwei Außenelektronen (_____) erreichen.
- Dabei können sowohl kleine Atomgruppen (_____) als auch ausgedehnte **Atomgitter** entstehen, die durch _____ Anziehung zwischen _____ und _____ zusammengehalten werden.
- Bindungen zwischen Nichtmetallen heißen **Elektronenpaarbindungen** oder _____.
- Im Gegensatz zur Metallbindung und zur Ionenbindung ist die Elektronenpaarbindung **gerichtet**. Die **Geometrie** der _____ und Atomgitter wird durch die **räumliche Orientierung** der Elektronenwolken (_____) bestimmt.

1.8.2. Beispiel Wasserstoff H₂

Die Elektronenpaarbindung im Wasserstoffmolekül

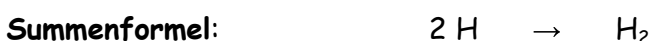
Bei der (zufälligen) Annäherung zweier H-Atome überlagern sich die _____ besetzten **1s**-_____ und es bildet sich ein gemeinsames _____ besetztes **σ** -_____. Das Molekül enthält **weniger** _____ **Energie** und ist daher _____ als die beiden einzelnen Wasserstoffatome

Orbitaldarstellung:



zwei halb besetzte 1s Atomorbitale → ein voll besetztes σ Molekülorbital

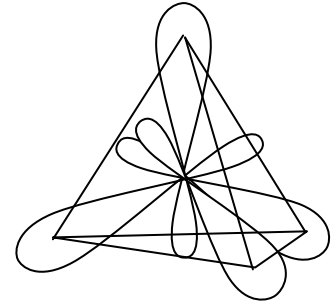
In _____formeln werden **einzelne Elektronen** in halbbesetzten Orbitalen als _____ und **Elektronenpaare** in vollbesetzten Orbitalen als _____ dargestellt. Die _____formel gibt dagegen nur die Zusammensetzung des Moleküls wieder:



1.8.3. Wasserstoffverbindungen von Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Fluor

• Der räumliche Aufbau von _____ und Atomgittern wird häufig durch aneinander gesetzte _____ bestimmt.

• Die Tetraeder werden aus 4 gleichen sp^3 -Hybridorbitalen gebildet, die unter den Einfluss der Bindungspartner aus den ___- und ___-Orbitalen entstehen.



• Wegen der _____ Abstoßung verteilen sich die Außenelektronen **möglichst gleichmäßig** auf die vier Orbitale.

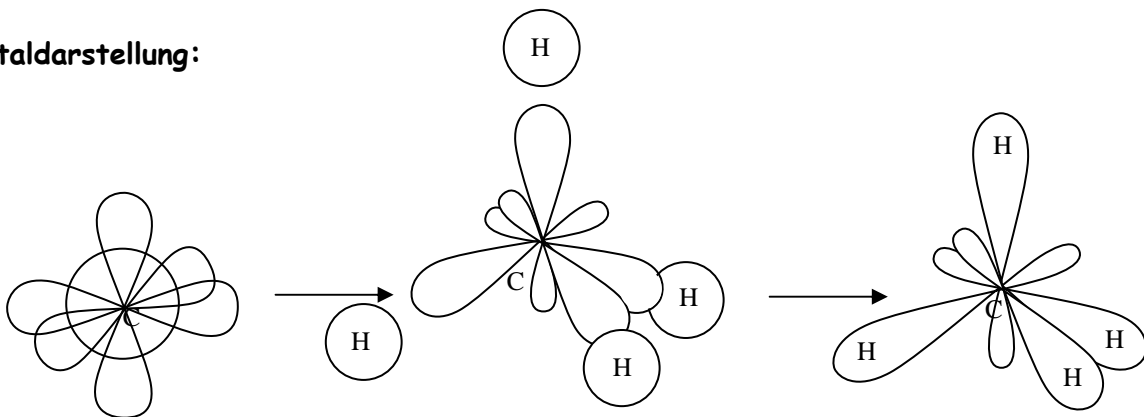
• Man stellt die Elektronenanordnung vereinfacht dar, indem man an jeder der vier Seiten des Elementsymbols einen _____ für ein vollbesetztes und einen _____ für ein halbbesetztes Orbital setzt.

IV	V	VI	VII	VIII
C				
	P			
		Se		
			I	
				Rn

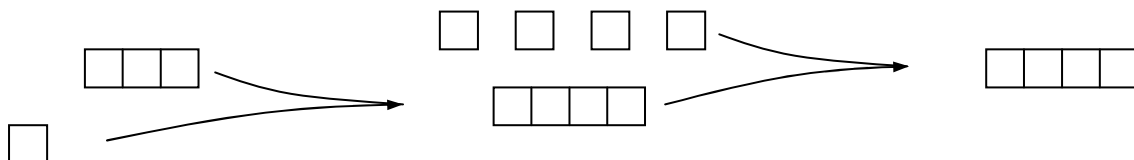
• Beispiel: Im Stickstoffatom N verteilen sich ___ Außenelektronen auf ___ Orbitale. Wegen der _____ Abstoßung erhält zunächst jedes Orbital ein Elektron; das fünfte kommt zu einem der anderen hinzu und man erhält ___ halb und ___ voll besetzte Orbitale: $\cdot\bar{N}\cdot$

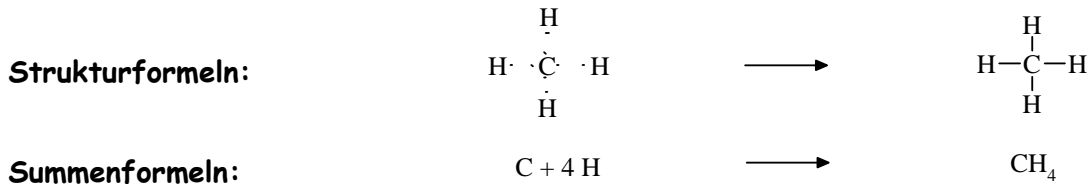
Kohlenstofftetrawasserstoff CH_4 (Methan) ist ein farbloses ungiftiges **Gas** mit charakteristischem Geruch. Es ist der Hauptbestandteil des _____.

Orbitaldarstellung:



Kästchendarstellung: Beschrifte die Kästchen mit $1s$, $2s$, $2p$, $2sp^3$ und σ , setze die Außenelektronen als Pfeile ein und ordne sie farblich den oben gezeichneten Orbitalen zu:





Stickstofftriwasserstoff NH_3 (_____ z.B. bei Herodot im 5 Jh v. Chr.: „Es gibt große Salzkumpen (von Ammoniumchlorid NH_4Cl) auf den Hügeln von Lybien und die Ammoniter, die dort leben, verehren den Gott _____ in einem Tempel, der dem des Zeus in Theben gleicht.“) ist ein farbloses, tränen reizendes und _____ riechendes **Gas**. Es ist im Gegensatz zu Methan nicht _____ aber _____ **wasserlöslich**. Die wässrigen Lösungen heißen _____ (franz. **sel ammoniac**) und sind starke _____.

Strukturformeln:

Summenformeln:

_____ H_2O (**Wasser**) ist eine farb- und geruchlose ungiftige **Flüssigkeit**. Es ist als _____- und **Transportmittel** für den gesamten Stoffwechsel unersetzlich. Tiere und Pflanzen bestehen zu _____ % aus **Salzwasser**. Da _____ auf Wasser schwimmt, können Tiere und Pflanzen auch in kalten Klimazonen unter dem Eis überleben. _____ wirkt ähnlich wie Schaumstoff als Wärmeisolierung und schützt Pflanzen und Tiere im Winter vor Trockenheit und Kälte.

Strukturformeln:

Summenformeln:

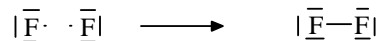
_____ **HF** ist ein farbloses und sehr giftiges **Gas**. Seine wässrige Lösung heißt **Flußsäure** und löst Glas.

Strukturformeln:

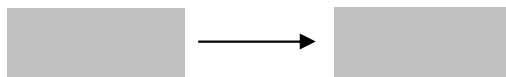
Summenformeln:

1.8.4. Mehrfachbindungen

Fluor F_2 (lat. **fluor** = fließen, da Fluoride wie z.B. Flußspat CaF_2 zur Schmelzpunktniedrigung beim Schmelzen von Metallerzen zugesetzt wurden) ist ein extrem giftiges farbloses Gas. Es besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer **Einfachbindung**:



Sauerstoff O_2 (**Oxygenium** von griech. οξύ γεννομαι = **Säurebildner**), ist ein sehr _____, farb- und _____loses Gas. Es ist selbst nicht _____, _____ aber die Verbrennung. Sauerstoff besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer _____ **bindung**:

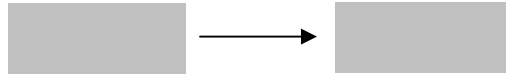


Eigenschaften und Bedeutung

- **Wasserlöslichkeit:** Nimmt mit **wachsender Temperatur** stark **ab**: In 1 l Wasser lösen sich bei 15 °C 1,5 mmol O_2 , bei 25 °C aber nur noch 1,2 mmol O_2 . Fische brauchen _____ Wasser!
- **Vorkommen:** Sauerstoff ist ein **Zellgift** und erst seit ca. 2 Milliarden Jahren in der Atmosphäre nachweisbar.
- **Photosynthese der Pflanzen** $__ H_2O + __ CO_2 \rightarrow __ C_6H_{12}O_6 + __ O_2$ mit $\Delta H = +2800$ kJ/mol seit ca. 2,5 Mill Jahren.
- **Atmungsprozeß der Tiere.** $__ C_6H_{12}O_6 + __ O_2 \rightarrow __ CO_2 + __ H_2O$ mit $\Delta H = ______$ kJ/Mol erst seit ca. 500 Mio Jahren.
- **Überlebensvorteil der Tiere:** Die bei der Atmung gewonnene Energie wird als _____ **Energie** (in Form von ATP) gespeichert und kann sowohl für den _____ **von Gewebe** (Fette und Eiweiße) genutzt werden als auch in _____ und _____-**energie** umgesetzt werden. Allerdings können Tiere nicht ohne Pflanzen leben, da nicht nur der Sauerstoff, sondern auch die notwendigen **Kohlenhydrate** aus dem Stoffwechsel der Pflanzen entstammen.
- **Herstellung:** Mit dem _____-**Verfahren** durch _____ flüssiger Luft.
- **Verwendung:** Als Atemgas, Bleichmittel und Oxidationsmittel für Stahlherstellung.

- **Nachweis:** mit der _____

Stickstoff N_2 (**Nitrogenium** von $\nu\tau\rho\nu\nu\ \gamma\epsilon\iota\nu\omicron\mu\alpha\iota$ = Salpeterbildner), ist ein sehr _____, _____- und _____loses Gas. Er besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer _____bindung:

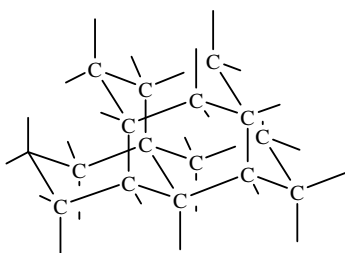


Eigenschaften und Bedeutung

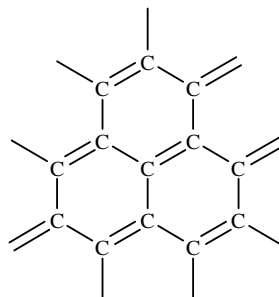
- **Wasserlöslichkeit:** Nimmt mit **wachsender Druck** stark zu. Er muss daher beim **Tauchen** durch _____ ersetzt werden, da er sonst bei erhöhten Drücken den _____ aus dem Blut verdrängen würde.
- **Vorkommen:** In der _____ und in Form von **Salpeter** Kaliumnitrat KNO_3 und **Chilesalpeter** Natriumnitrat $NaNO_3$ (lat. **sal** = Salz, griech. **petra** = Fels) sowie an der peruanische Pazifikküste als **Guano** = _____.
- **Herstellung:** Mit dem _____-Verfahren durch _____ flüssiger Luft.
- **Verwendung:** Als **Schutzgas** und **Kältemittel** sowie zur Herstellung von _____

1.8.5. Atommittler

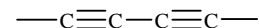
Kohlenstoff C (lat. **carbo** = **Kohle**) tritt in verschiedenen Modifikationen auf, die alle sehr reaktionsträge sind mit der Ausnahme der _____, die zu dem chemisch noch stabileren „**Kohlenstoffdioxid**“ führt.



Diamant



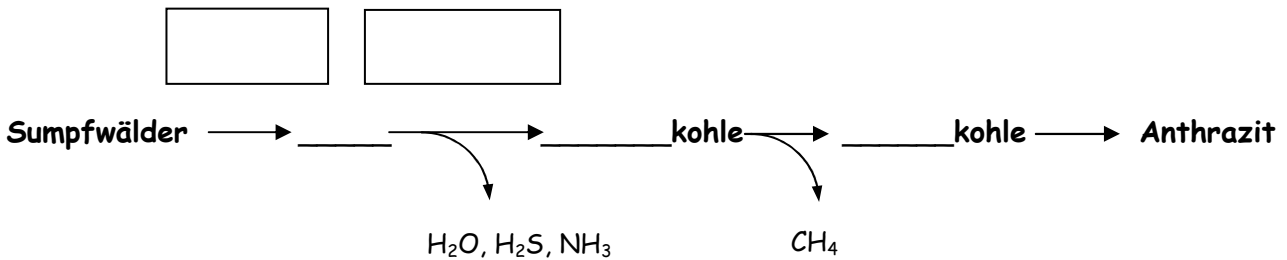
Graphit



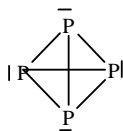
Chaoit

Modifikation	Diamant (griech. διαφανης = transparent, αδαμας = unbesiegbar)	Graphit (griech. γραφειν = schreiben)	Chaoit
Struktur			
Entstehung	bei hohen Drücken stabilste Form (Fundorte in alten Vulkanschloten)	bei Normalbedingungen stabilste Form (Fundorte in vielen Sedimenten als Kohle)	Bei hohen Drücken und Temperaturen stabilste Form (Fundorte in Meteoritenkratern)
Schmelzpunkt	1500 °C Umwandlung in Graphit	3000 °C	3500 °C ?
Farbe			weiß
Härte			?
Dichte			3,43 g/cm ³ (berechnet)
Leitfähigkeit			?

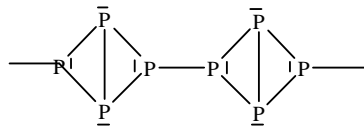
Entstehung der Kohle



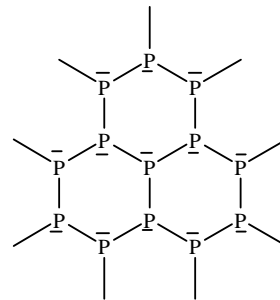
Phosphor P (lat. **phosphorus** = Lichtträger, da weißer Phosphor _____) ist ein in mehr als 10 verschiedenen _____ auftretender, flüchtiger Feststoff: Die wichtigsten sind:



weißer Phosphor



roter Phosphor

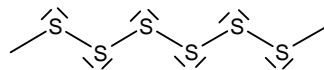
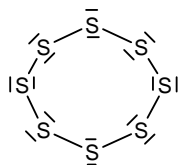


schwarzer Phosphor

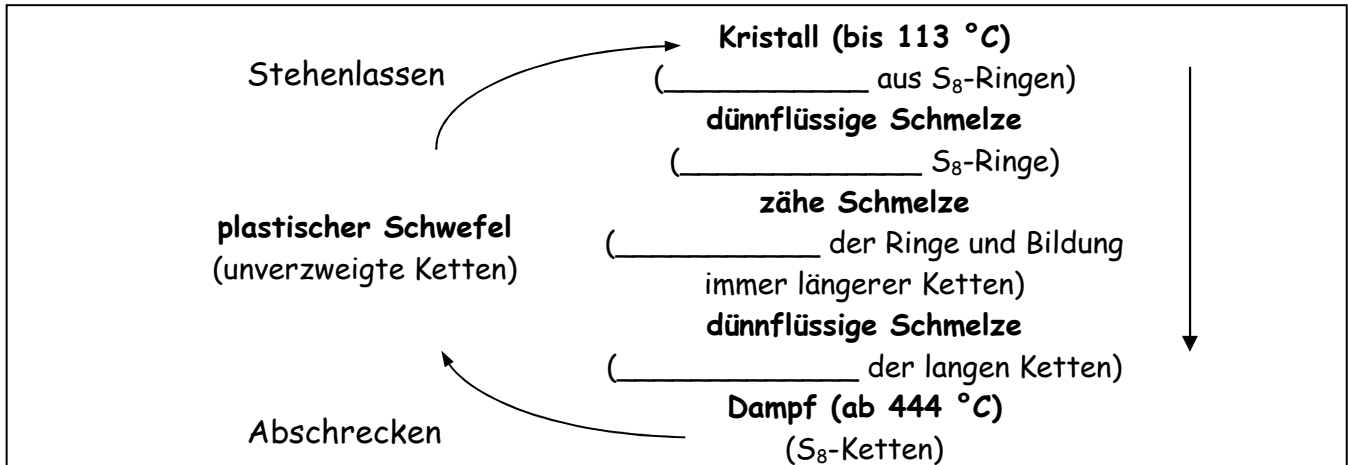
Modifikation	weißer Phosphor	roter Phosphor	schwarzer Phosphor
Struktur			
Herstellung	Kristallisieren aus der Schmelze	Erhitzen von weißem P unter Luftausschluß	Erhitzen von weißem P unter Luftausschluß und hohem Druck
Dichte	1,82 g/cm ³	2,16 g/cm ³	2,69 g/cm ³
Schmelzpunkt	44 °C	550 °C → schwarzer P	610 °C
Löslichkeit	CS ₂ (880g/100g !)	-	-
Reaktivität	selbstentzündlich, giftig	stabil	stabil

- **Vorkommen:** Calciumphosphat **Apatit** Ca₃(PO₄)₂ auf der ganzen Erde in Mineralien, Pflanzen und Tieren.
- **Herstellung** Durch Reduktion von Apatit mit Reduktionsmittel **Koks** und Schlackebildner **Sand** im elektrischen Ofen bei 1500 °C: $_ \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + _ \text{SiO}_2 + _ \text{C} \rightarrow _ \text{CaSiO}_3 + _ \text{CO} + _ \text{P}_4$
- **Bedeutung:** Phosphat PO₃⁴⁻ (700g/1g) ist in **Milch, Fleisch** und **Hülsenfrüchten** enthalten und ist als Ca₃(PO₄)₂ am Aufbau von _____ und _____ beteiligt; Phosphatgruppen dienen im Stoffwechsel aller Lebewesen als Speicher für _____ Energie.

Schwefel S (lat. sulfur) ist ein _____, flüchtiger, reaktiver aber relativ ungiftiger **Feststoff**. Aufgrund des großen Umfanges kann S **keine stabilen** _____ **bindungen** wie der kleinere _____ ausbilden und bildet stattdessen **gewellte S₈**-_____ oder _____:



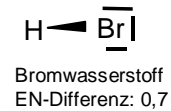
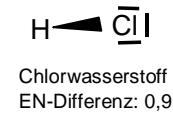
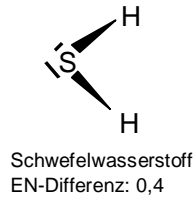
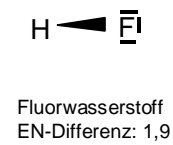
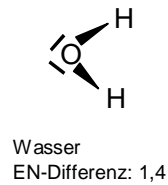
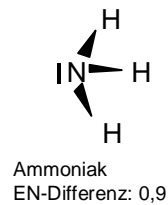
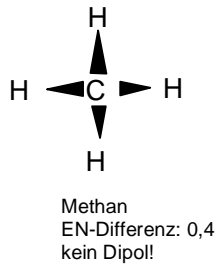
Beim langsamen Erwärmen von Schwefel wird er erst **dünflüssig**, dann **zähflüssig** und dann wieder **dünflüssig**. Bei der Umwandlung von Ketten und Ringen ineinander entstehen nämlich wechselweise **kleine** _____ **bewegliche** (\Rightarrow _____ **flüssige** Schmelze) als auch **große** _____ **bewegliche** Moleküle (\Rightarrow _____ **flüssige** Schmelze)



- **Löslichkeit:** _____ in Wasser, kaum _____ in Benzin (0,25 g/100 g) aber gut löslich in Schwefelkohlenstoff CS₂ (35 g/100 g).
- **Vorkommen:** Als Abbauprodukt anaerober _____ oberhalb von Gips- und Öllagerstätten. Im menschlichen Körper als wichtiger Bestandteil der _____. (Geruch von faulen Eiern!)
- **Bedeutung:** Herstellung von _____säure und **Vulkanisierung** (Härtung) von _____ bei der Herstellung von _____.

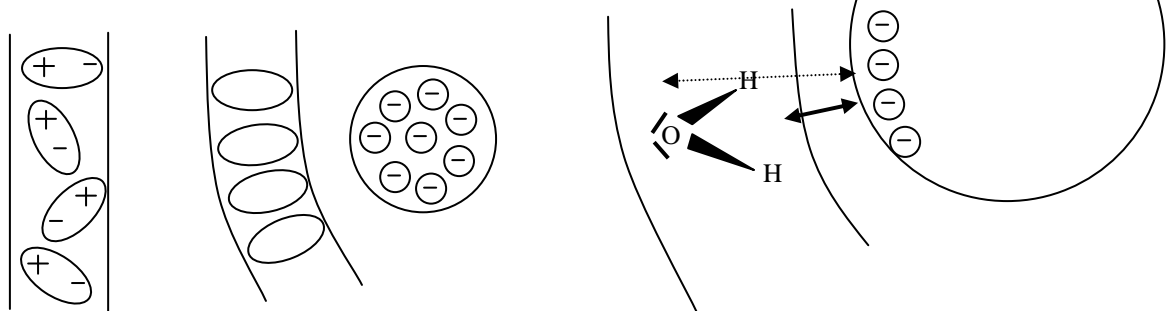
1.8.6. polare Elektronenpaarbindungen

Sind an einer Elektronenpaarbindung Atome mit **unterschiedlichen** _____ beteiligt, so ist der bevorzugte Aufenthaltsort der Bindungselektronen zum _____ Atom hin verschoben und die Elektronenpaarbindung erhält einen _____ **Charakter**.



- Durch die unsymmetrische Ladungsverteilung verhält sich das Molekül wie ein elektrischer _____, dessen negatives Ende durch das Atom mit der größeren EN gebildet wird.
- Der Dipolcharakter nimmt mit wachsender EN-_____ zu; er ist im _____ sehr schwach ausgeprägt und in _____ am stärksten. Die Verschiebung des bindenden Elektronenpaars zum _____ Atom hin wird dabei durch **Keile** dargestellt:
- In **Methan** CH_4 sind die positiv polarisierten H-Atome _____ um das negativ polarisierte C-Atom verteilt und neutralisieren sich daher gegenseitig. CH_4 bildet daher **keinen** _____!

Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen geladenen Gummistab



schwache Abstoßung des weiter entfernten _____-Pols

starke Anziehung des näher liegenden _____-Pols überwiegt

⇒ insgesamt schwache Anziehung des insgesamt _____ Moleküls!

1.8. Die Elektronenpaarbindung

1.8.1. Die Elektronenpaarbindung

Film: Moleküle und Elektronenpaarbindung 1) Elektronenpaarbindungen 4'30'', Elemente I S. 170

- Zwei Nichtmetallatome können die Edelgaskonfiguration durch **gemeinsame Nutzung** von je zwei Außenelektronen (**bindendes Elektronenpaar**) erreichen.
- Dabei können sowohl kleine Atomgruppen (**Moleküle**) als auch ausgedehnte **Atomgitter** entstehen, die durch **elektrostatische** Anziehung zwischen **Bindungselektronen** und **Atomkernen** zusammengehalten werden.
- Bindungen zwischen Nichtmetallen heißen **Elektronenpaarbindungen** oder **Atombindungen**.
- Im Gegensatz zur Metallbindung und zur Ionenbindung ist die Elektronenpaarbindung **gerichtet**. Die **Geometrie** der Moleküle und Atomgitter wird durch die **räumliche Orientierung** der **Orbitale** bestimmt.

Übungen: Aufgaben zur Elektronenpaarbindung Nr. 1

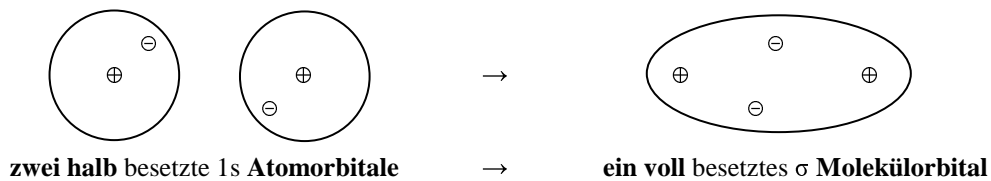
1.8.2. Beispiel Wasserstoff H₂

Verdünnte KMnO₄-Lösung wird erst mit molekularem Wasserstoff aus der Flasche behandelt und dann mit Zinkpulver sowie 1 m H₂SO₄ versetzt.

Die Elektronenpaarbindung im Wasserstoffmolekül

Bei der (zufälligen) Annäherung zweier H-Atome überlagern sich die halbbesetzten **1s-Atomorbitale** und es bildet sich ein gemeinsames vollbesetztes **σ-Molekülorbital**. Das Molekül enthält **weniger chemische Energie** und ist daher **stabiler** als die beiden einzelnen Wasserstoffatome

Orbitaldarstellung:



In **Strukturformeln** werden **einzelne Elektronen** in halbbesetzten Orbitalen als **Punkte** und **Elektronenpaare** in vollbesetzten Orbitalen als **Striche** dargestellt. Die **Summenformel** gibt dagegen nur die Zusammensetzung des Moleküls wieder:

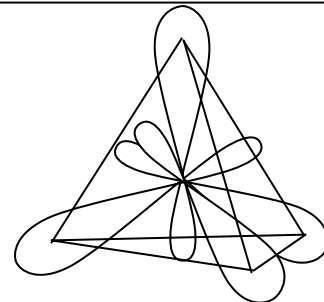


Übungen: Aufgaben zur Elektronenpaarbindung Nr. 2

1.8.3. Wasserstoffverbindungen von Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Fluor

Film: Moleküle und Elektronenpaarbindung 2) Molekülstruktur 5'0'', Elemente I S. 172, Orbitalmodelle mit Luftballons bauen

- Der räumliche Aufbau von Molekülen und Atomgittern wird häufig durch aneinander gesetzte **Tetraeder** (gleichseitige Pyramide mit dreieckiger Grundfläche) bestimmt.
- Die Tetraeder werden aus 4 gleichen **sp³-Hybridorbitalen** gebildet, die unter den Einfluss der Bindungspartner aus den s- und p-Orbitalen entstehen.
- Wegen der elektrostatischen Abstoßung verteilen sich die Außenelektronen **möglichst gleichmäßig** auf die vier Orbitale.



Elektronenordnung der Nichtmetalle in Verbindungen: (Elemente I S. 170)

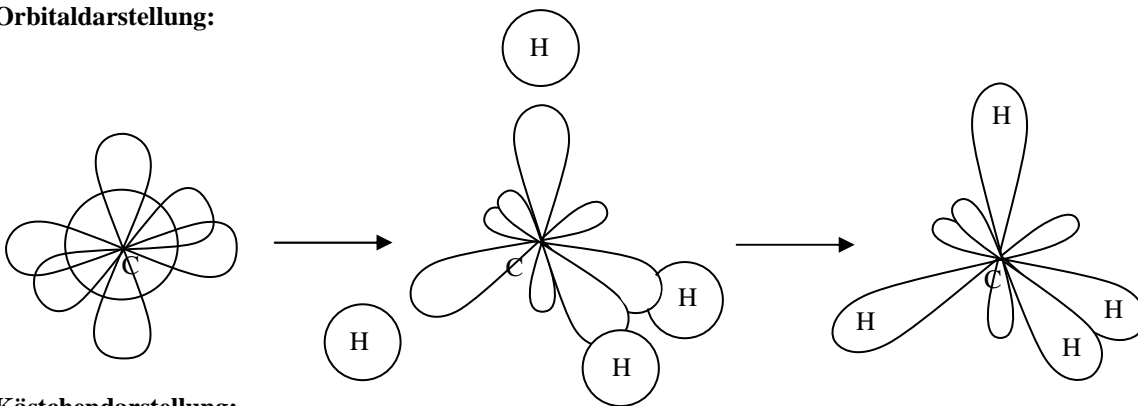
- Man stellt die Elektronenordnung vereinfacht dar, indem man an jeder der vier Seiten des Elementsymbols einen **Strich** für ein **vollbesetztes** und einen **Punkt** für ein **halbbesetztes** Orbital setzt.
- Beispiel: Im Stickstoffatom N verteilen sich 5 Außenelektronen auf 4 Orbitale. Wegen der elektrischen Abstoßung erhält zunächst jedes Orbital ein Elektron; das fünfte kommt zu einem der anderen hinzu und man erhält 3 halb und 1 voll besetzte Orbitale: $\cdot\bar{\text{N}}\cdot$

IV	V	VI	VII	VIII
$\cdot\bar{\text{C}}\cdot$	$\cdot\bar{\text{N}}\cdot$	$ \bar{\text{O}} $	$ \bar{\text{F}} $	$ \bar{\text{Ne}} $
	$\cdot\bar{\text{P}}\cdot$	$ \bar{\text{S}} $	$ \bar{\text{Cl}} $	$ \bar{\text{Ar}} $
		$ \bar{\text{Se}} $	$ \bar{\text{Br}} $	$ \bar{\text{Kr}} $
			$ \bar{\text{I}} $	$ \bar{\text{Xe}} $
				$ \bar{\text{Rn}} $

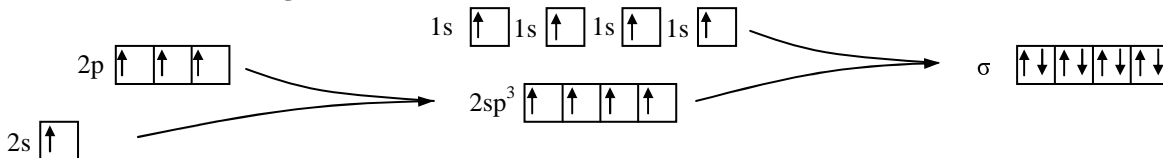
Methan aus Gasanschluß auf Farbe, Geruch, Brennbarkeit untersuchen, Elemente I S. 240 - 241

Kohlenstofftetrawasserstoff CH₄ (Methan) ist ein farbloses ungiftiges **Gas** mit charakteristischem Geruch. Es ist der Hauptbestandteil des **Erdgases**. Es wird als relativ umweltschonendes **Brennstoff** eingesetzt, denn Erdgas enthält kaum Verunreinigungen und bei der Verbrennung entstehen ausschließlich „**Kohlenstoffdioxid**“ und **Wasser**: $\text{CH}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

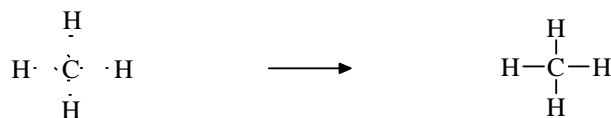
Orbitaldarstellung:



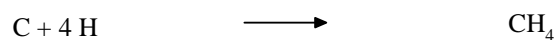
Kästchendarstellung:



Strukturformeln:

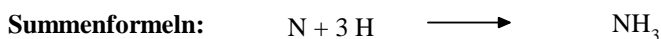
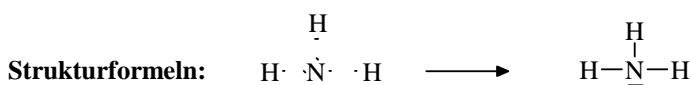


Summenformeln:

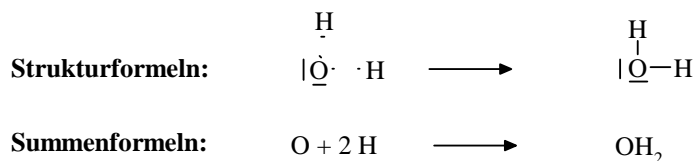


Salmiakgeist auf Geruch, Farbe, Brennbarkeit untersuchen, Elemente I S. 198

Stickstofftriwasserstoff NH₃ (Ammoniak) z.B. bei Herodot im 5 Jh v. Chr.: „Es gibt große Salzklumpen [von Ammoniumchlorid NH₄Cl] auf den Hügeln von Lybien und die Ammoniter, die dort leben, verehren den Gott Ammon in einem Tempel, der dem des Zeus in Theben gleicht.“) ist ein farbloses, tränen reizendes und stechend riechendes **Gas**. Es ist im Gegensatz zu Methan nicht brennbar aber **sehr gut wasserlöslich**. Die wässrigen Lösungen heißen **Salmiakgeist** (franz. **sel ammoniac**) und sind starke **Laugen**.

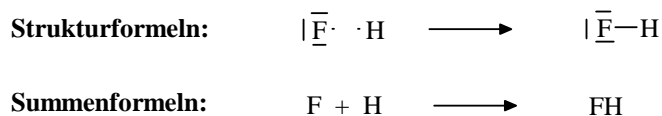


Sauerstoffdihydrogen H₂O (Wasser) ist eine farb- und geruchlose ungiftige **Flüssigkeit**. Es ist als **Lösungs- und Transportmittel** für den gesamten Stoffwechsel unersetzlich. Tiere und Pflanzen bestehen zu 70 % aus **Salzwasser**. Da **Eis** auf Wasser schwimmt, können Tiere und Pflanzen auch in kalten Klimazonen unter dem Eis überleben. **Schnee** wirkt ähnlich wie Schaumstoff als Wärmeisolierung und schützt Pflanzen und Tiere im Winter vor Trockenheit und Kälte.



Flußsäure aus NaF + H₂SO₄ im Abzug herstellen und Ätzwirkung am RG untersuchen

Fluorwasserstoff HF ist ein farbloses und sehr giftiges **Gas**. Seine wässrige Lösung heißt **Flußsäure** und löst Glas.

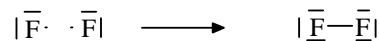


Übungen: Aufgaben zur Elektronenpaarbindung Nr. 3 und Aufgaben zu Strukturformeln Nr. 1

1.8.4. Mehrfachbindungen

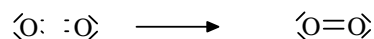
Film: Moleküle und Elektronenpaarbindung 3) Mehrfachbindungen 4'40''

Fluor F₂ (lat. **fluor** = fließen, da Fluoride wie z.B. Flußspat CaF₂ zur Schmelzpunktniedrigung beim Schmelzen von Metallerzen zugesetzt wurden) ist ein extrem giftiges farbloses Gas. Es besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer **Einfachbindung**:



Glimmspanprobe, Herstellung von Schwefel- oder Kohlensäure, Elemente I S. 84

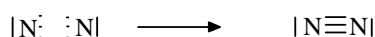
Sauerstoff O₂ (Oxygenium) von griech. οξύς γεννομα = **Säurebildner**), ist ein sehr reaktives, farb- und geruchloses Gas. Es ist selbst nicht brennbar, fördert aber die Verbrennung. Sauerstoff besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer **Doppelbindung**:



Eigenschaften und Bedeutung

- **Wasserlöslichkeit:** Nimmt mit **wachsender Temperatur** stark **ab**: In 1 l Wasser lösen sich bei 15 °C 1,5 mmol O₂, bei 25 °C aber nur noch 1,2 mmol O₂: Fische brauchen **kalt**es Wasser zum Atmen!
- **Vorkommen.** Sauerstoff ist ein **Zellgift** und erst seit ca. 2 Milliarden Jahren in der Atmosphäre nachweisbar.
- **Photosynthese** der **Pflanzen** $6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$ mit $\Delta H = 2800 \text{ kJ/mol}$ seit ca. 2,5 Mill Jahren.
- **Atmungsprozeß** der **Tiere**. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ mit $\Delta H = -2800 \text{ kJ/mol}$ seit ca. 500 Mio Jahren.
- **Überlebensvorteil** der **Tiere**: Die bei der Atmung gewonnene Energie wird als **chemische Energie** (in Form von ATP) gespeichert und kann sowohl für den **Aufbau von Gewebe** (Fette und Eiweiße) genutzt werden als auch in **Wärme- oder Bewegungsenergie** umgesetzt werden. Allerdings können Tiere nicht ohne Pflanzen leben, da nicht nur der Sauerstoff, sondern auch die notwendigen **Kohlenhydrate** aus dem Stoffwechsel der Pflanzen entstammen.
- **Herstellung:** Mit dem **Linde-Verfahren** durch **Destillation** flüssiger Luft.
- **Verwendung:** Als **Atemgas**, **Bleichmittel** und **Oxidationsmittel** für Stahlherstellung.
- **Nachweis:** mit der **Glimmspanprobe**

Stickstoff N₂ (Nitrogenium) von νίτρον γεννομα = Salpeterbildner), ist ein sehr reaktionsträges, farb- und geruchloses Gas. Er besteht aus **zweiatomigen Molekülen** mit einer **Dreifachbindung**:



Eigenschaften und Bedeutung

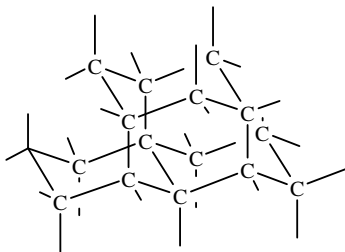
- **Wasserlöslichkeit:** Nimmt mit **wachsender Druck** stark **zu**. Er muss daher beim **Tauchen** durch **Helium** ersetzt werden, da er sonst bei erhöhten Drücken den **Sauerstoff** aus dem Blut verdrängen würde
- **Vorkommen.** In der Atmosphäre und in Form von **Salpeter** Kaliumnitrat KNO_3 und **Chilesalpeter** Natriumnitrat NaNO_3 (lat. **sal** = Salz, griech. **petra** = Fels) sowie an der peruanischen Pazifikküste als **Guano** = Vogelmist.
- **Herstellung:** Mit dem **Linde-Verfahren** durch **Destillation** flüssiger Luft.
- **Verwendung:** Als **Schutzgas** und **Kältemittel** sowie zur Herstellung von **Ammoniak**

Übungen: Aufgaben zu Elektronenpaarbindung Nr. 4 - 7
 Aufgaben zu Strukturformeln Nr. 2
 „Okto“-Kartenspiel zu Strukturformeln

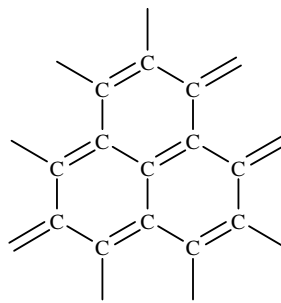
1.8.5. Atomgitter

Elemente I S. 174 - 175

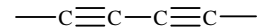
Kohlenstoff C (lat. **carbo** = **Kohle**) tritt in verschiedenen Modifikationen auf, die alle sehr reaktionsträge sind mit der Ausnahme der **Verbrennungsreaktion**, die zu dem chemisch noch stabileren „**Kohlenstoffdioxid**“ führt.



Diamant



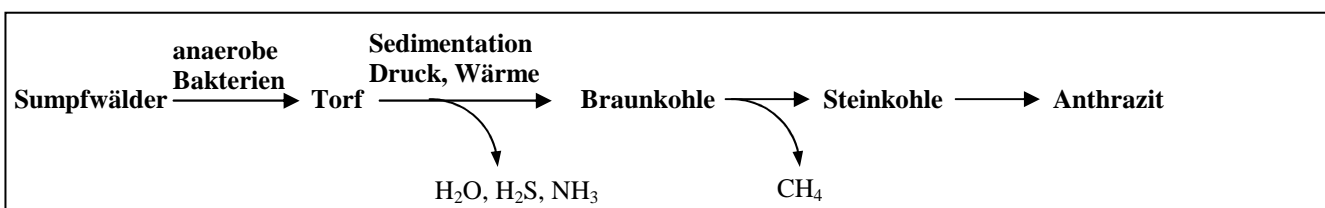
Graphit



Chaoit

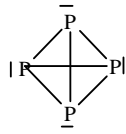
Modifikation	Diamant (griech. διαφανής = transparent , αδάμας = unbesiegbar)	Graphit (griech. γραφειν = schreiben)	Chaoit
Struktur	dreidimensionales Gitter mit Einfachbindungen	zweidimensionale Schichten mit Doppelbindungen	eindimensionale Ketten mit Dreifachbindungen
Entstehung	bei hohen Drücken stabilste Form (Fundorte in alten Vulkanschloten)	bei Normalbedingungen stabilste Form (Fundorte in vielen Sedimenten als Kohle)	Bei hohen Drücken und Temperaturen stabilste Form (Fundorte in Meteoritenkratern)
Schmelzpunkt	1500 °C Umwandlung in Graphit	3000 °C	3500 °C ?
Farbe	farblos	schwarz	weiß
Härte	härtester Stoff, den es gibt	weich, schmierig	?
Dichte	3,51 g/cm ³	2,26 g/cm ³	3,43 g/cm ³ (berechnet)
Leitfähigkeit	elektrischer Isolator, aber sehr guter Wärmeleiter (!)	hohe elektrische Leitfähigkeit entlang der Schichten, Verwendung als Elektrodenmaterial	?

Entstehung der Kohle

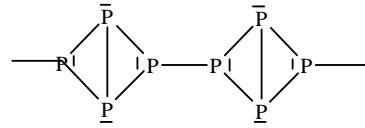


weißen und roten Phosphor vergleichen, Phosphoreszenz und Selbstentzündlichkeit von weißem Phosphor

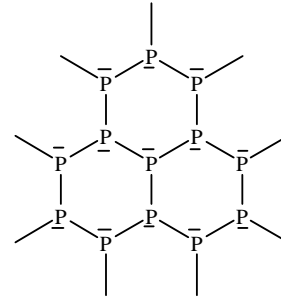
Phosphor P (lat. **phosphorus** = Lichtträger, da weißer Phosphor phosphoresziert) ist ein in mehr als 10 verschiedenen **Modifikationen** auftretender, flüchtiger Feststoff: Die wichtigsten sind:



weißer Phosphor



roter Phosphor



schwarzer Phosphor

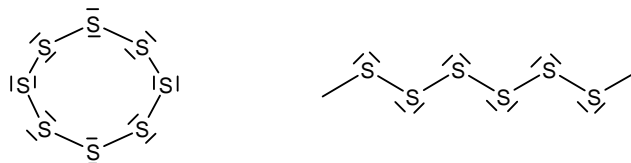
Modifikation	weißer Phosphor	roter Phosphor	schwarzer Phosphor
Struktur	einzelne P ₄ -Tetraeder	Ketten und Ringe	Schichten
Herstellung	Kristallisieren aus der Schmelze	Erhitzen von weißem P unter Luftausschluß	Erhitzen von weißem P unter Luftausschluß und hohem Druck
Dichte	1,82 g/cm ³	2,16 g/cm ³	2,69 g/cm ³
Schmelzpunkt	44 °C	550 °C → schwarzer P	610 °C
Löslichkeit	CS ₂ (880g/100g !)	-	-
Reaktivität	selbstentzündlich, giftig	stabil	stabil

- **Vorkommen:** Calciumphosphat **Apatit** Ca₃(PO₄)₂ auf der ganzen Erde in Mineralien, Pflanzen und Tieren.
- **Herstellung** Durch Reduktion von **Apatit** mit Reduktionsmittel Koks und Schlackebildner Sand im elektrischen Ofen bei 1500 °C: $2 \text{Ca}_1(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{SiO}_2 + 10 \text{C} \rightarrow 6 \text{CaSiO}_3 + 10 \text{CO} + \text{P}_4$
- **Bedeutung:** Phosphat PO₃⁴⁻ (700g/1g) ist in **Milch**, **Fleisch** und **Hülsenfrüchten** enthalten und ist als Ca₃(PO₄)₂ am Aufbau von **Knochen** und **Zähnen** beteiligt. Phosphatgruppen dienen im Stoffwechsel aller Lebewesen als Speicher für chemische Energie.

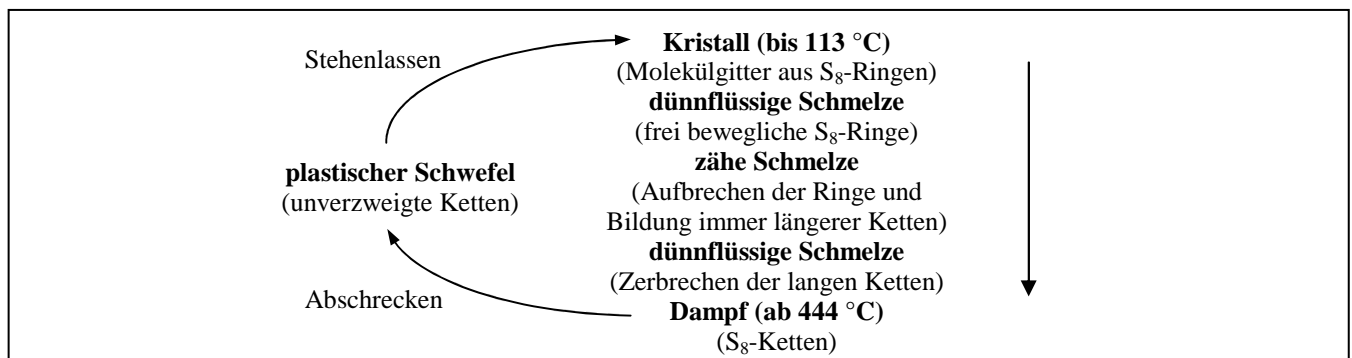
Übungen: Herstellung von Phosphorsäure

Schwefel auf Geruch, Farbe, Dichte und Verhalten beim Erwärmen untersuchen

Schwefel S (lat. sulfur) ist ein gelber, flüchtiger, reaktiver aber relativ ungiftiger **Feststoff**. Aufgrund des großen Umfangs kann S **keine stabilen Doppelbindungen wie Sauerstoff** ausbilden und bildet stattdessen **gewellte S₈-Ringe** oder **Ketten**:



Beim langsamen Erwärmen von Schwefel wird er erst **dünnflüssig**, dann **zähflüssig** und dann wieder **dünnflüssig**. Bei der Umwandlung von Ketten und Ringen ineinander entstehen nämlich wechselweise **kleine leicht bewegliche** (⇒ **dünnflüssige** Schmelze) als auch **große schwer bewegliche** Moleküle (⇒ **dickflüssige** Schmelze)



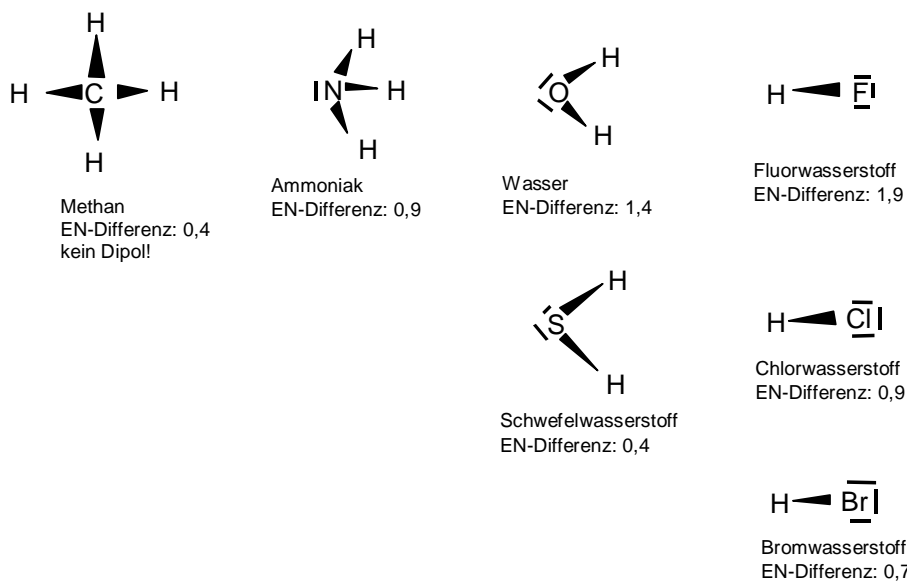
- **Löslichkeit:** unlöslich in Wasser, kaum löslich in Benzin (0,25 g/100 g) aber gut löslich in CS₂ (35 g/100 g).
- **Vorkommen:** Als Abbauprodukt anaerober Bakterien oberhalb von Gips- und Öllagerstätten vor: CH₄ + CaSO₄ → CaCO₃ + H₂O + H₂S und H₂S + CaSO₄ → S + H₂O + CaSO₃. Im menschlichen Körper als wichtiger Bestandteil der **Eiweiße** (Methionin und Cystein).
- **Förderung** Mit dem **Frasch-Verfahren** durch Einblasen von überhitztem Wasserdampf, der den Schwefel bei 120 °C schmilzt und an die Oberfläche drückt.
- **Bedeutung:** Herstellung von **Schwefelsäure** und Härtung (**Vulkanisierung**) von **Gummi** für die **Reifenherstellung**.

Übungen: Aufgaben zur Elektronenpaarbindung Nr. 8

1.8.6. polare Elektronenpaarbindungen

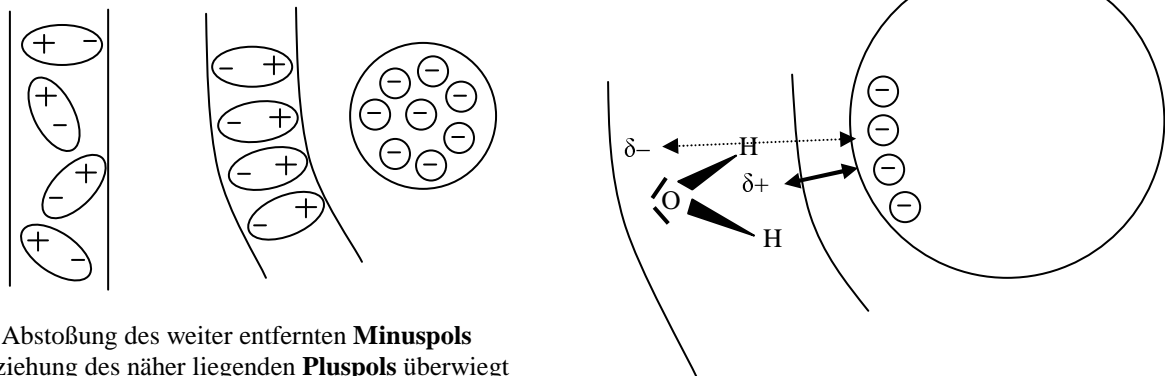
Benzin und Wasser aus Bürette ablaufen lassen, geladenen Gummistab daneben halten (Ablenkung), Benetzungsverhalten z.B. auf der Haut vergleichen, Mischbarkeit im Scheidetrichter untersuchen, Elemente I S. 176 - 177

Sind an einer Elektronenpaarbindung Atome mit **unterschiedlichen Elektronegativitäten** beteiligt, so ist der bevorzugte Aufenthaltsort der Bindungselektronen zum **elektronegativeren** Atom hin verschoben und die Elektronenpaarbindung erhält einen **polaren Charakter**.



- Durch die unsymmetrische Ladungsverteilung verhält sich das Molekül wie ein elektrischer **Dipol**, dessen negatives Ende durch das Atom mit der größeren EN gebildet wird.
- Der Dipolcharakter nimmt mit wachsender **EN-Differenz** zu; er ist im **H₂S** sehr schwach ausgeprägt und in **HF** am stärksten. Die **Verschiebung** des bindenden Elektronenpaars zum **elektronegativeren** Element hin wird dabei durch **Keile** dargestellt:
- In **Methan** CH₄ sind die positiv polarisierten H-Atome **gleichmäßig** um das negativ polarisierte C-Atom verteilt und neutralisieren sich daher gegenseitig. CH₄ bildet daher **keinen Dipol**!

Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen geladenen Gummistab



schwache Abstoßung des weiter entfernten **Minuspols**
starke Anziehung des näher liegenden **Pluspols** überwiegt
⇒ insgesamt schwache Anziehung des insgesamt **neutralen** Moleküls!

Übungen: Aufgaben zur Elektronenpaarbindung Nr. 9