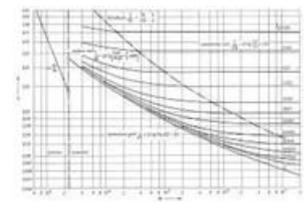
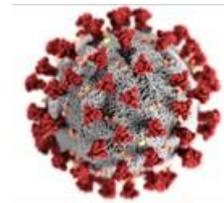
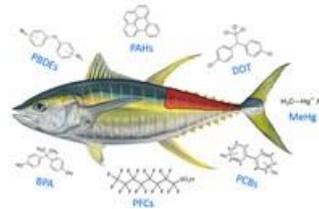
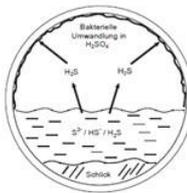
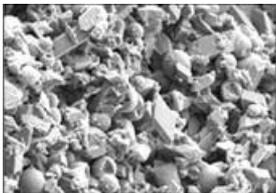


# Bachelor Infrastruktur

## Vorlesung und Übung: Naturwissenschaftliche Grundlagen 2.1 Einführung Chemie, Gemische, Atome

Prof. Dr. Welker, Frankfurt University of Applied Sciences



# Naturwissenschaftliche Grundlagen

## Chemie

### 2.1 Grundlagen Chemie

- **Einführung**
  - Gemische
  - Verbindungen
  - Elemente
  - Phasen
  
- **Atome**
  - Modelle
  - Periodensystem

# Chemische Grundlagen

## Einleitung

**Chemie:** Lehre von **Stoffen** und **Stoffveränderungen**

- Beschreibung von **Stoffen** und ihren Eigenschaften
  - physikalische Eigenschaften (Aggregatzustände, Dichte..)
  - chemische Eigenschaften
- **Analyse von Stoffen** = Identifikation von Stoffen
- **Synthese von Stoffen** = Herstellung neuer Stoffe mittels chemischen Reaktionen

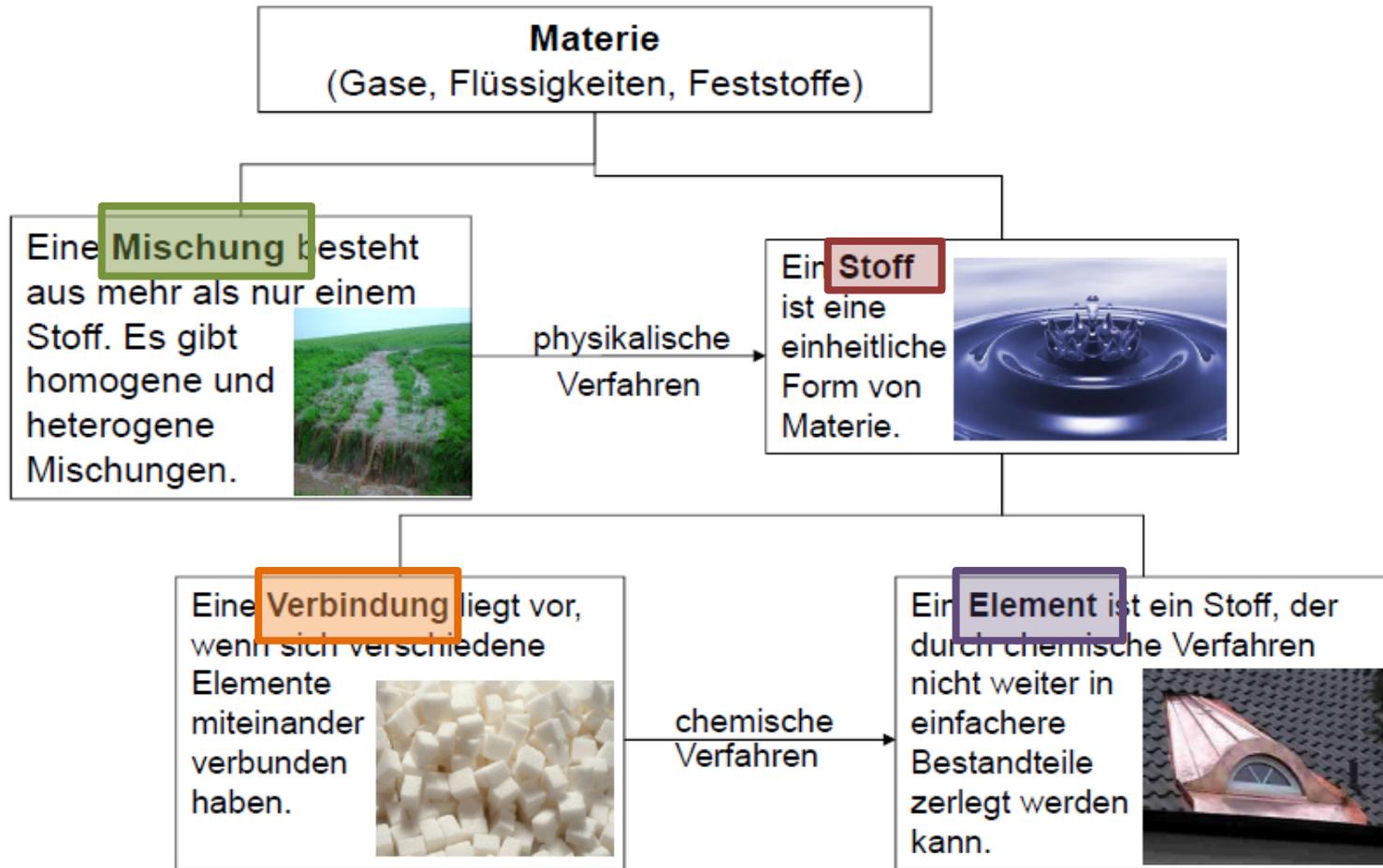
**wichtig für Umwelt- und Bauingenieurwesen:**

- **Baumaterialien** (verschiedene Verbindungen, Korrosion und ihre Vermeidung)
- **Wasseraufbereitung** (Trinkwasseraufbereitung, Regenwasserbehandlung und Abwasserreinigung)



# Chemische Grundlagen

## Gemische, Elemente, Verbindungen



# Chemische Grundlagen

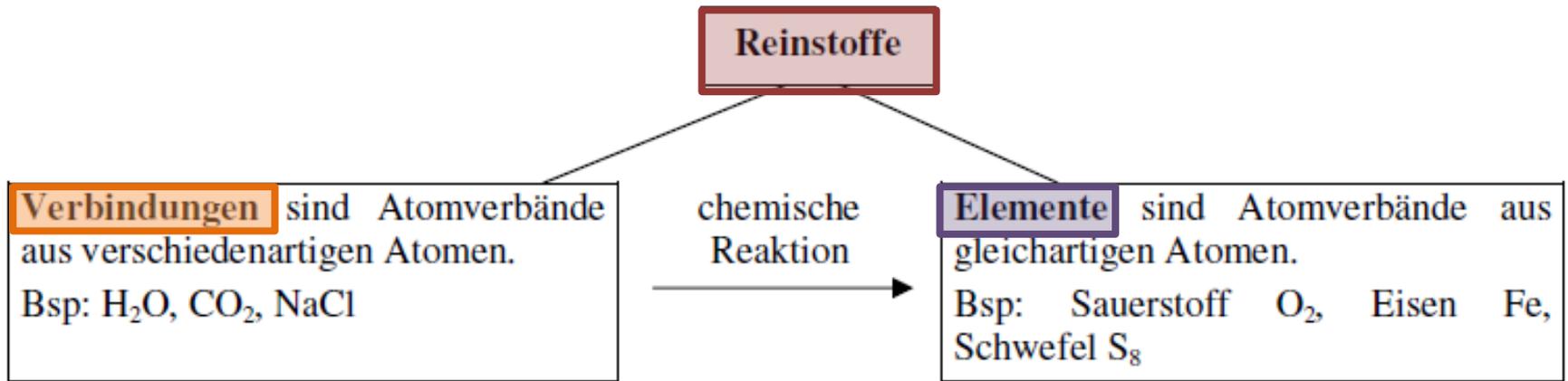
## Gemische

Homogen	Heterogen
	
Besteht aus einer Phase (fest, flüssig oder gasförmig)	Besteht aus mehreren festen oder/und flüssigen oder/und gasförmigen Phasen

Phasengrenzen bestimmen in vielen Fällen die Geschwindigkeit von Stoffumwandlungen (Lösen von Zucker in Wasser, Gasexplosion).

# Chemische Grundlagen

## Elemente, Verbindungen



Typische chemische Trennmethode sind z.B.:

Methode:	chemische Reaktion:
Elektrolyse	Zersetzung eines Stoffes unter Einwirkung von elektrischem Strom
Thermolyse	Zersetzung eines Stoffes unter Einwirkung von hoher Temperatur
Photolyse	Zersetzung eines Stoffes unter Einwirkung von Licht

Tab. 3: Chemische Trennmethode

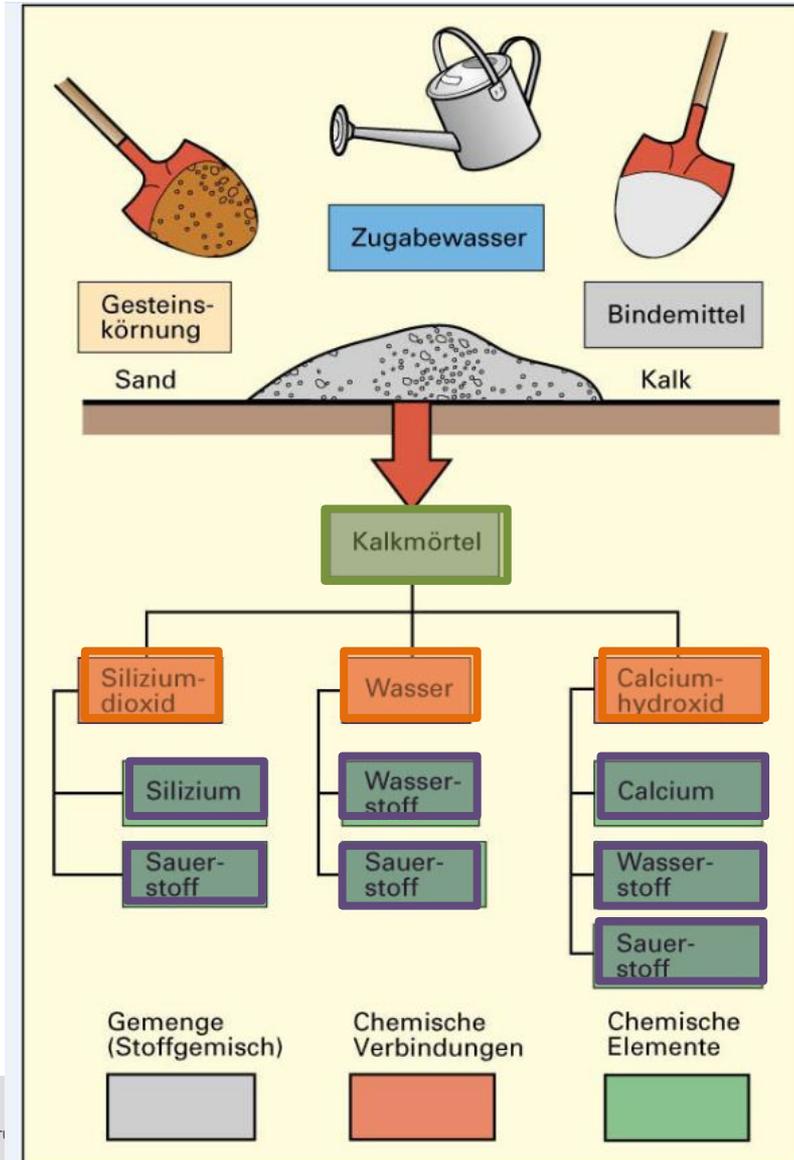
# Chemische Grundlagen

## Gemische, Verbindungen

Mischung	Verbindung
 <ul style="list-style-type: none"><li>- Die Bestandteile können mit physikalischen Verfahren getrennt werden</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>- Die Bestandteile können mit physikalischen Verfahren <b>nicht</b> getrennt werden</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Zusammensetzung kann variieren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Zusammensetzung ist festgelegt</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Eigenschaften der Mischung ähneln denen ihrer Bestandteile</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Eigenschaften können sich deutlich von denen der die Verbindung aufbauenden Elemente unterscheiden</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Bei der Herstellung einer Mischung wird in den meisten Fällen weder Wärme freigesetzt noch aufgenommen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bei der Herstellung einer Verbindung werden meist grössere Wärmemengen freigesetzt</li></ul>

# Chemische Grundlagen

## Gemische, Elemente, Verbindungen

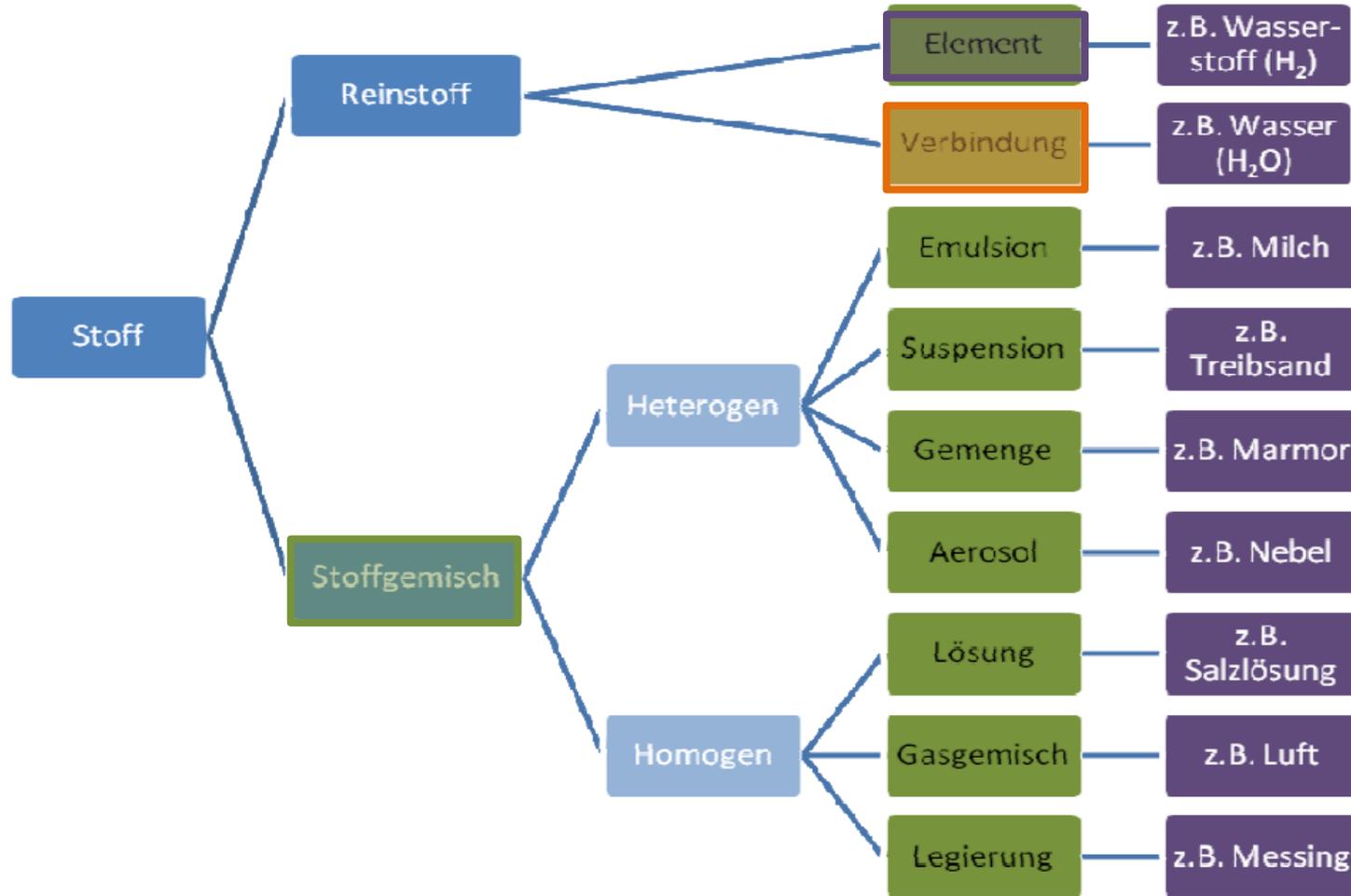


Stoffgemisch

Reinstoff

# Chemische Grundlagen

## Gemische in verschiedenen Phasen



# Chemische Grundlagen

## Gemische in verschiedenen Phasen

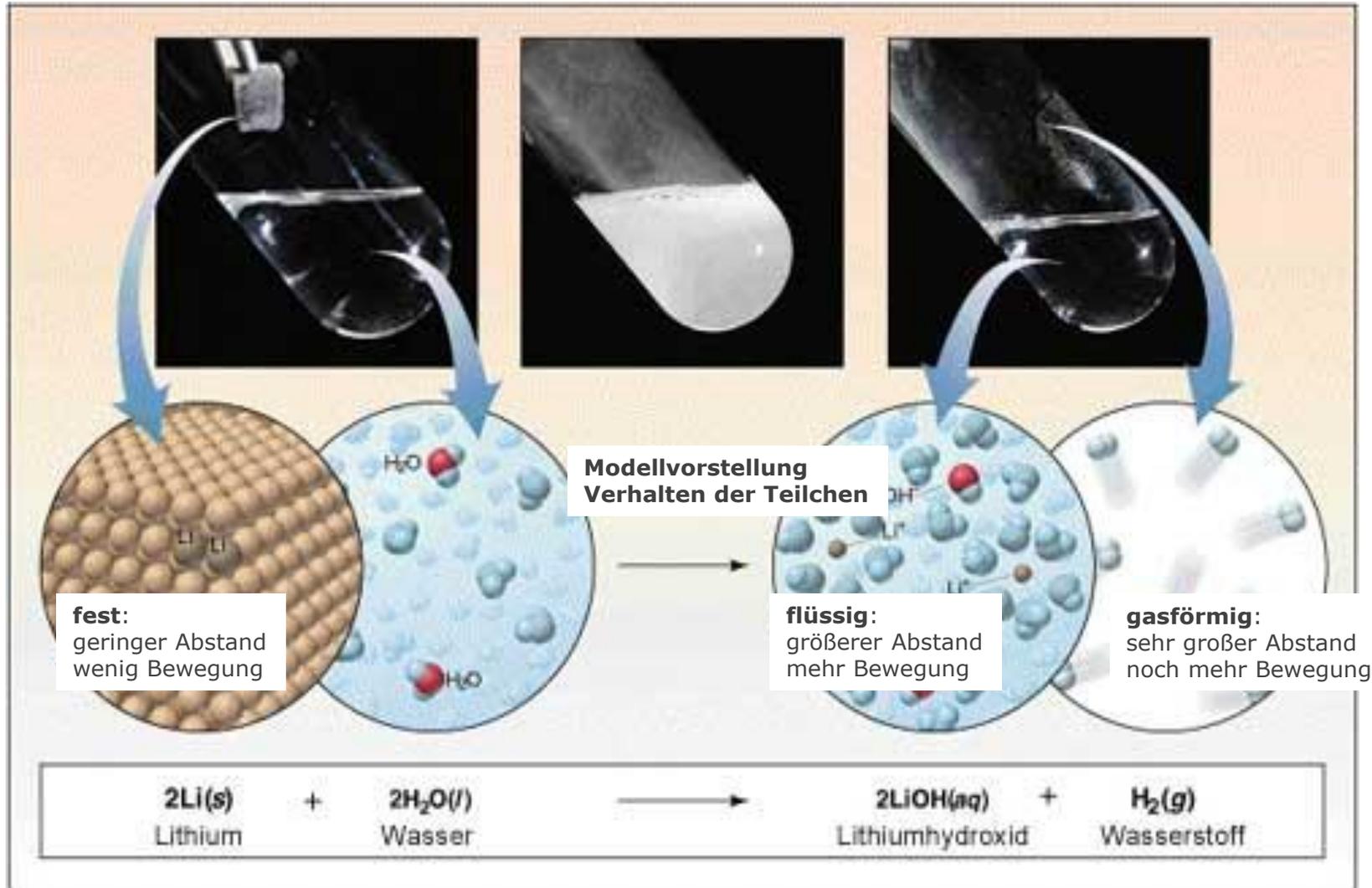
Gemisch	Phasen <sup>2</sup>	Bezeichnung	Beispiele
heterogen	(s) in ( <u>s</u> )	Gemenge (Feststoffgemisch)	Granit, Gartenerde
	(g) in ( <u>s</u> )	Schaum	Schaumstoff
	(s) in ( <u>l</u> )	Suspension	Tusche, Tonteilchen im Wasser
	(l) in ( <u>l</u> )	Emulsion	Salatsauce (Öl-Essig), Milch
	(g) in ( <u>l</u> )	Schaum	Schlagrahm, Seifenschaum
	(s) in ( <u>g</u> )	Rauch	Staubwolke
	(l) in ( <u>g</u> )	Nebel	Spray, Rauchmaschine
	(s, l) in ( <u>g</u> )	Aerosol	Zigarettenrauch, Dieselabgase
	homogen	( s )	Legierung <sup>3</sup>
( l )		Lösung	Meerwasser, Wein
( g )		Gasgemisch	Luft (21% O <sub>2</sub> , 78% N <sub>2</sub> , 1% Edelgase)

Die meisten Alltagsstoffe sind keine **reinen Stoffe** sondern **Gemische (heterogen oder homogen)**.

<sup>2</sup>Phasen: s: solid (fest); l: liquid (flüssig), g: gaseous (gasförmig)

# Chemische Grundlagen

## Verbindungen Elemente in verschiedenen Phasen



# Chemische Grundlagen

## Gemische, Elemente, Verbindungen

### Stoffe

- **Elemente** (oft Verbände aus einer Atomsorte:  $H_2$ )
- **Verbindungen** (Moleküle aus verschiedenen Atomen:  $H_2O$ )
  
- **Gemische**
- **Heterogen** (i.d.R. mehrere Phasen; Gemenge, Rauch....)
- **Homogen** (i.d.R. eine Phase; Lösung, Legierung...)



# Chemische Grundlagen

## Atome, Aufbau

- Bausteine der Atome: **Elementarteilchen**

Elementarteilchen	Abkürzung	<u>Masse</u>	el. Ladung
Proton	$p^+$	1.0073 u	+
Neutron	n	1.0087 u	0 (neutral)
Elektron	$e^-$	0.0005 u	-

- **Atomkern:**

- positiv geladene **Protonen  $p^+$**  (hohe Masse)
- ungeladene **Neutronen n** (hohe Masse)

- **Elektronenhülle:**

- negativ geladene **Elektronen  $e^-$**  (sehr geringe Masse)

# Chemische Grundlagen

## Atome, Aufbau

### Experiment **Rutherford**:

- Beschuss Goldfolie mit Protonen und Neutronen → Großteil passiert die Goldfolie
- **Atomkern** (sehr hohe Masse, aber sehr geringe Größe)
- **Elektronenhülle** (sehr geringe Masse, aber sehr große Größe)

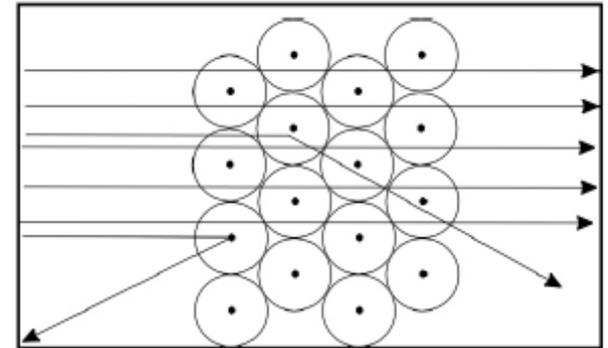


Abb. 7: Rutherford's Streuversuch

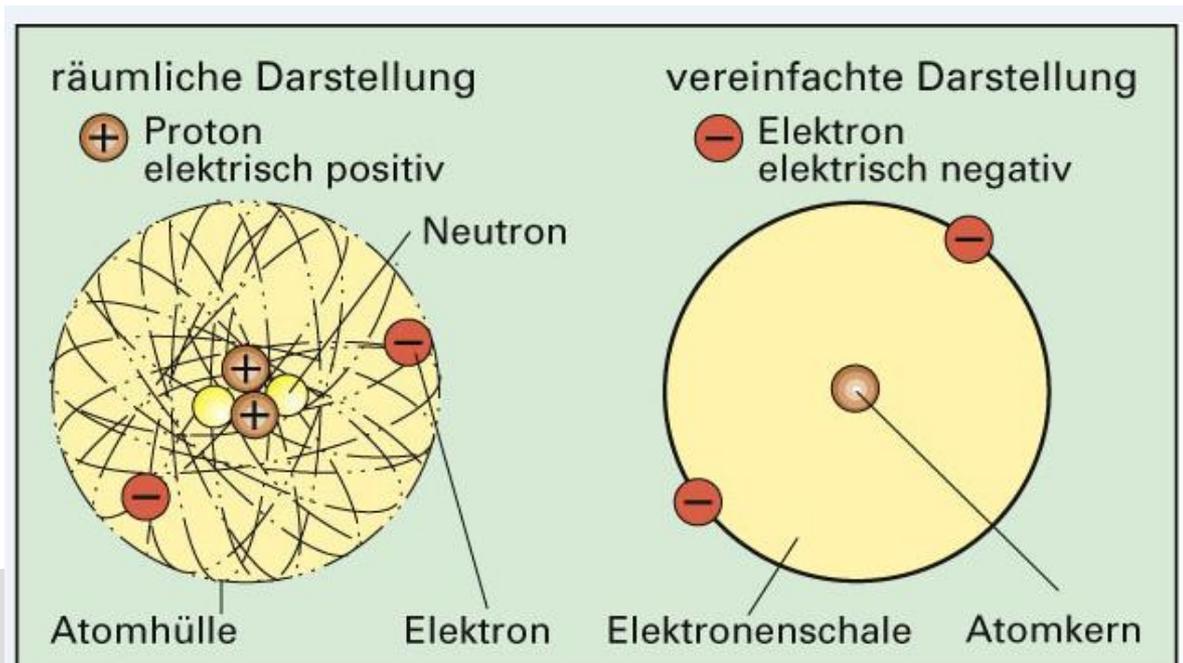
	Ladung	Elementarteilchen	Masse	Grösse
<b>Atomkern</b>	positiv	Nukleonen: $p^+$ , $n$	$> 99.9\%$	$\varnothing \approx 10^{-15} \text{ m}$
<b>Elektronenhülle</b>	negativ	$e^-$	$< 0.1\%$	$\varnothing \approx 10^{-10} \text{ m}$

Tab. 6: Atomkern und Atomhülle

# Chemische Grundlagen

## Atome, Aufbau

- **Atomkern**, bestehend aus **Nukleonen**:
  - positiv geladene **Protonen** (bestimmend für die **Festlegung eines Elements**)
  - ungeladene **Neutronen**, i.d.R. gleiche Anzahl wie die Protonen (bestimmend für die **Festlegung der Isotope**)
- **Elektronenhülle**, bestehend aus negativ geladenen **Elektronen** (bestimmend für die **Eigenschaften eines Elementes**)



## Heliumatom

# Chemische Grundlagen

## Atome, Beispiele Atomkern

### Heliumatom

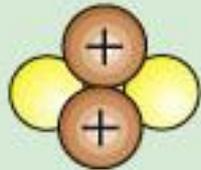
### Kohlenstoffatom



Proton  
elektrisch positiv



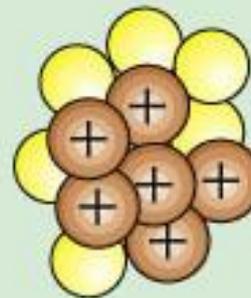
Neutron  
elektrisch neutral



Kern eines  
Heliumatoms

2 Protonen  
2 Neutronen

4 Nukleonen



Kern eines  
Kohlenstoffatoms

6 Protonen  
6 Neutronen

12 Nukleonen

# Chemische Grundlagen

## Atome

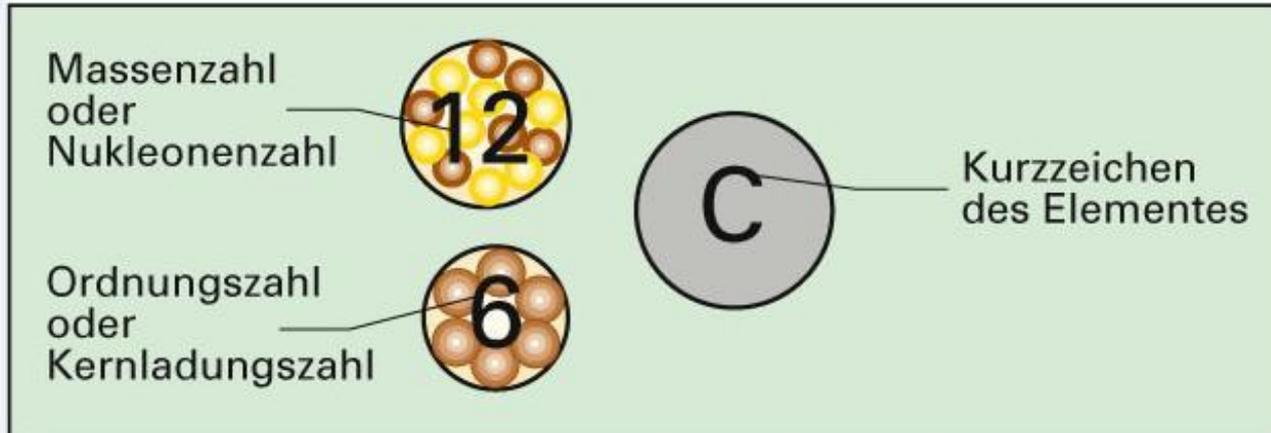
**Ordnungszahl/ Kernladungszahl:** Zahl der Protonen

**Massenzahl:** Summe der Neutronen und Protonen (Nukleonen)

### Kohlenstoff:

- $^{12}\text{C}$  (98,89 %, 6 Neutronen und 6 Protonen)
- $^{13}\text{C}$  (1,11 %, 7 Neutronen und 6 Protonen)
- $^{14}\text{C}$  (Spuren, radioaktiv, 8 Neutronen und 6 Protonen)

→ Berechnung resultierende mittlere Atommasse (Massenzahl): 12,011, abger. 12





# Chemische Grundlagen

## Atome, Isotope

**Isotope** = Atome eines Elements, die sich einzig in ihrer **Neutronenzahl (Masse) unterscheiden, Protonenzahl** bleibt gleich.

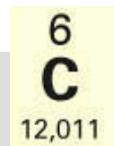
chemisches Verhalten vorwiegend bestimmt durch **Elektronen** → Isotope eines Elements haben weitgehend gleiche chemische Eigenschaften.

**Gemische** verschiedener Isotope

- **Kohlenstoff:** „normales“ C-12 (98,89%, 6 Neutronen), C-13 (1,11%, 7 Neutronen) und C-14 (Spuren, radioaktiv, 8 Neutronen)
- **Elemente ohne Isotope:** F, Na, Al, Au...

**Isotopenverhältnis:** Berechnung durchschnittliche **Atommasse**

Berechnung resultierende mittlere Atommasse (Massenzahl) für **Kohlenstoff: 12,011**, abgerundet 12



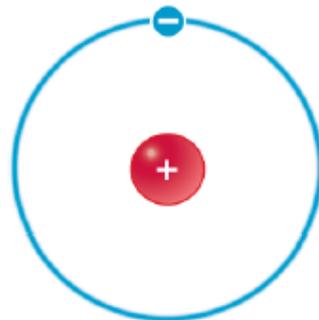
# Chemische Grundlagen

## Atome, Isotope Wasserstoff

1
<b>H</b>
1,008

Tab. 7 zeigt die Isotope des Elements Wasserstoff (H).

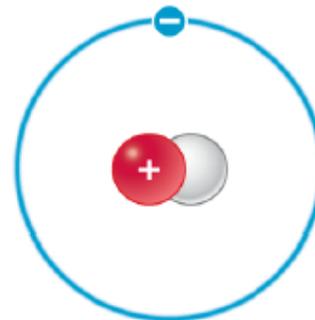
Schreibweise	$^1\text{H}$ oder H-1	$^2\text{H}$ , H-2 oder D	$^3\text{H}$ , H-3 oder T
Name	normaler Wasserstoff	schwerer Wasserstoff (Deuterium)	überschwerer Wasserstoff (Tritium)
Masse	1 u	2 u	3 u
Elementarteilchen	1 $\text{p}^+$ , 1 $\text{e}^-$	1 $\text{p}^+$ , 1 n, 1 $\text{e}^-$	1 $\text{p}^+$ , 2 n, 1 $\text{e}^-$
Vorkommen	99.99%	0.01 %	radioaktiv ( $T_{1/2} = 12 \text{ y}$ )



$^1_1\text{H}$

**Wasserstoff**

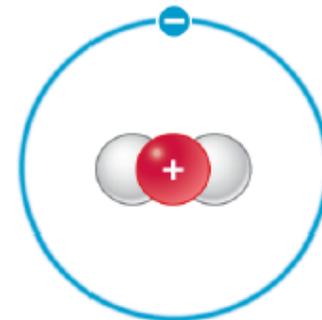
1 Proton  
0 Neutronen



$^2_1\text{H}$  (D)

**Deuterium**

1 Proton  
1 Neutron



$^3_1\text{H}$  (T)

**Tritium**

1 Proton  
2 Neutronen



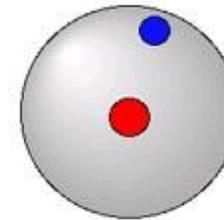
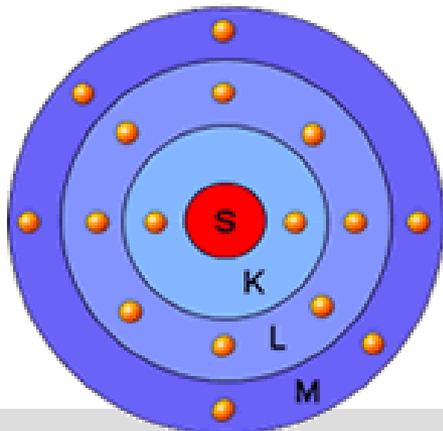
# Chemische Grundlagen

## Atome, Modelle

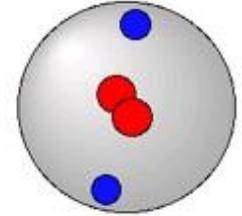
- **Elektronen: Schalenmodell nach Bohr**  
(Bewegung auf Schalen in definierten Abständen zum Atomkern)
- Jede Schale kann max.  $2 \times n^2$  Elektronen aufnehmen

1. Schale (K):  $n=1$  max. Elektr. = 2
2. Schale (L):  $n=2$  max. Elektr. = 8
3. Schale (M):  $n=3$  max. Elektr. = 18
4. Schale (N):  $n=4$  max. Elektr. = 32

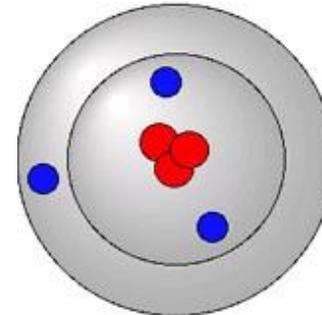
...



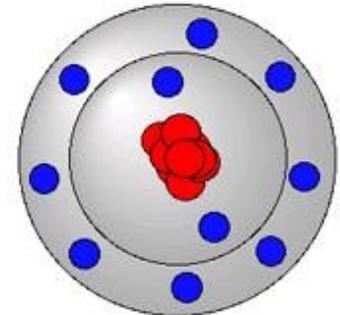
**Wasserstoff-Atom**  
Kern: 1 Proton  
K-Schale: 1 Elektron



**Helium-Atom**  
Kern: 2 Protonen  
K-Schale: 2 Elektronen



**Lithium-Atom**  
Kern: 3 Protonen  
K-Schale: 2 Elektronen  
L-Schale: 1 Elektron



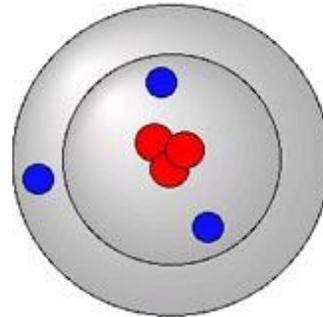
**Neon-Atom**  
Kern: 10 Protonen  
K-Schale: 2 Elektronen  
L-Schale: 8 Elektronen

# Chemische Grundlagen

## Atome, Modelle

- **Valenzelektronen/ Außenelektronen:** Elektronen auf der äußersten Schale
- **Angeregte Elektronen** (Übergang auf nächste Schale)
- **Ionisierung:** Elektron verlässt Atom → Elektron und positiver Rest

### Lithiumatom



#### Lithium-Atom

Kern:	3 Protonen
K-Schale:	2 Elektronen
L-Schale:	1 Elektron

### Schwefelatom

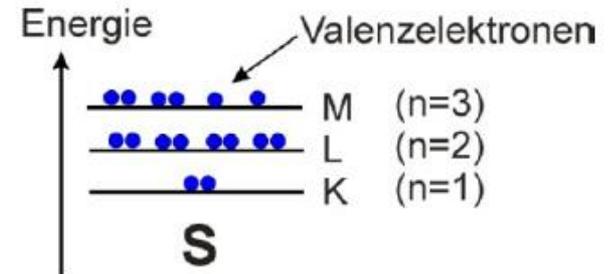
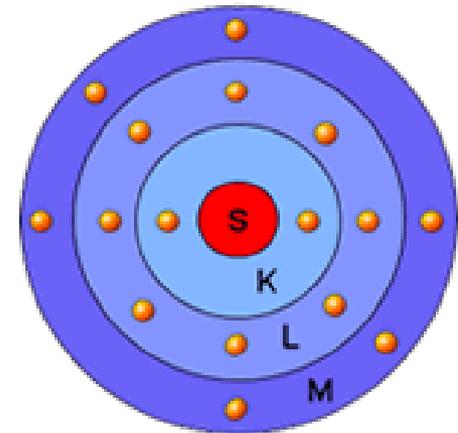


Abb. 8: Elektronen im Schwefel-Atom

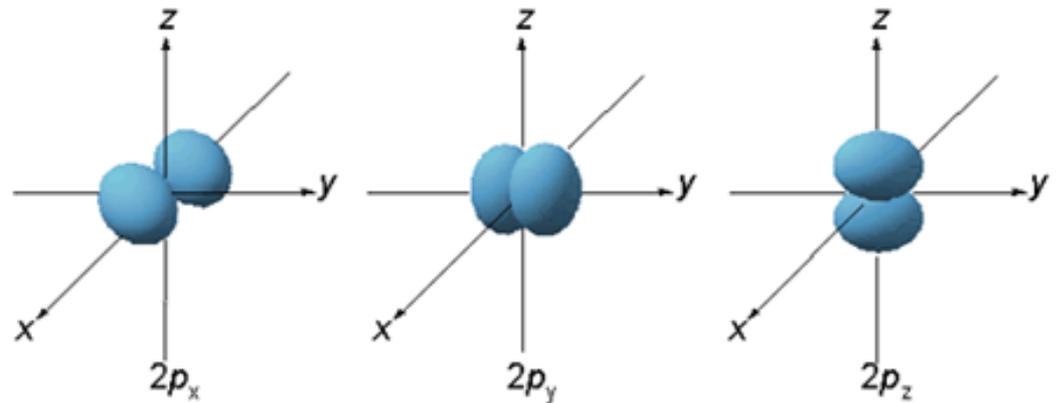


# Chemische Grundlagen

## Atome, Modelle

### Orbitalmodell nach Schrödinger

- Elektronen besitzen sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter (Welle-Teilchen-Dualismus)
- **Orbital = Raum**, in dem sich ein Elektron mit größter Wahrscheinlichkeit aufhält

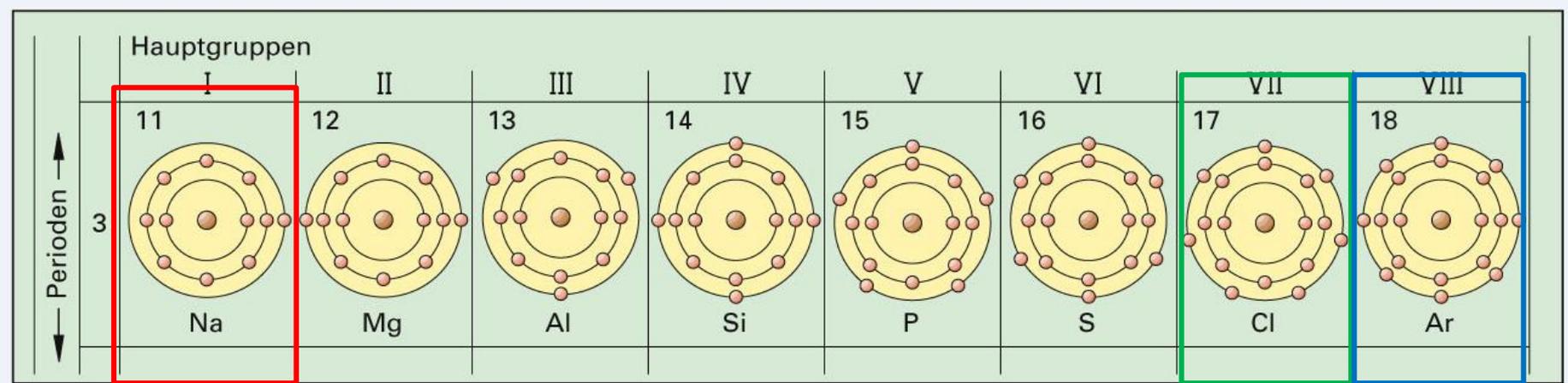




# Chemische Grundlagen

## Atome, Oktettregel

[Fachkunde Bau]



**Außenelektronen** in der M-Schale nimmt von links (Na: 1) nach rechts (Ar: 8) zu!

Alle Atome sind bestrebt, eine **Edelgas-Konfiguration** durch Aufnahme oder Abgabe der **Elektronen** zu erreichen (**Oktettregel**)

**Edelgase** (z.B. Argon): Oktettregel erfüllt (8 Außenelektronen, Ausnahme Helium (2 Außenelektronen) → sehr stabil

**Alkalimetalle** (z.B. Natrium) geben Elektronen leicht ab

**Nichtmetalle** (z.B. Chlorid) nehmen Elektronen leicht auf  
→ beide Atome sind reaktionsfreudig mit anderen Atomen

# Chemische Grundlagen

75 % Metalle  
10 % Halbmetalle  
15 % Nichtmetalle

**Tabelle 1: Periodensystem der Elemente (gekürzt)**

Periode	Hauptgruppen		Nebengruppen								Hauptgruppen							
	I	II	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	IXa	Xa	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	1 <b>H</b> 1,008		Bezeichnungen: 														2 <b>He</b> 4,00	
2	3 <b>Li</b> 6,939	4 <b>Be</b> 9,012	8 <b>O</b> 15,999									5 <b>B</b> 10,811	6 <b>C</b> 12,011	7 <b>N</b> 14,007	8 <b>O</b> 15,999	9 <b>F</b> 12,998	10 <b>Ne</b> 20,183	
3	11 <b>Na</b> 22,989	12 <b>Mg</b> 24,312	* alle Isotope dieser Grundstoffe sind radioaktiv								13 <b>Al</b> 26,982	14 <b>Si</b> 28,086	15 <b>P</b> 30,974	16 <b>S</b> 32,064	17 <b>Cl</b> 35,492	18 <b>Ar</b> 39,948		
4	19 <b>K</b> 39,102	20 <b>Ca</b> 40,08	21 <b>Sc</b> 44,956	22 <b>Ti</b> 47,9	23 <b>V</b> 50,942	24 <b>Cr</b> 51,996	25 <b>Mn</b> 54,938	26 <b>Fe</b> 55,847	27 <b>Co</b> 58,933	28 <b>Ni</b> 58,71	29 <b>Cu</b> 63,54	30 <b>Zn</b> 65,37	31 <b>Ga</b> 69,72	32 <b>Ge</b> 72,59	33 <b>As</b> 74,92	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,909	36 <b>Kr</b> 83,80
5	37 <b>Rb</b> 85,47	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 89,905	40 <b>Zr</b> 91,22	41 <b>Nb</b> 92,906	42 <b>Mo</b> 95,94	43 <b>Tc</b> 99	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,905	46 <b>Pd</b> 106,04	47 <b>Ag</b> 107,87	48 <b>Cd</b> 112,40	49 <b>In</b> 114,82	50 <b>Sn</b> 118,69	51 <b>Sb</b> 121,75	52 <b>Te</b> 127,6	53 <b>J</b> 126,9	54 <b>Xe</b> 131,30
6	55 <b>Cs</b> 132,90	56 <b>Ba</b> 137,34	57 <b>La</b> 138,91	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,948	74 <b>W</b> 183,948	75 <b>Re</b> 186,2	76 <b>Os</b> 190,2	77 <b>Ir</b> 192,2	78 <b>Pt</b> 195,09	79 <b>Au</b> 196,967	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,37	82 <b>Pb</b> 207,192	83* <b>Bi</b> 208,98	84* <b>Po</b> 210	85* <b>At</b> 210	86* <b>Rn</b> 222
7	87* <b>Fr</b> 223	88* <b>Ra</b> 226,05	89* <b>Ac</b> 227	104* <b>Rf</b> 258	105* <b>Db</b> 260	106* <b>Sg</b> 261	107* <b>Bh</b> 262	108* <b>Hs</b> 263	109* <b>Mt</b> 266									

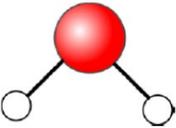
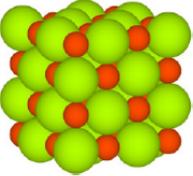
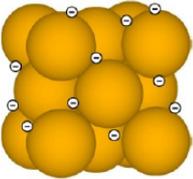
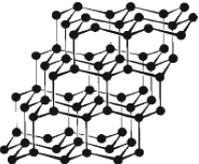
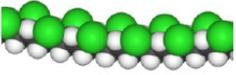
# Chemische Grundlagen

Tabelle 2.6 Änderung wichtiger Eigenschaften von Hauptgruppenelementen in einer Periode

Eigenschaft	Hauptgruppe							VIII Edelgase
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Valenzelektronenkonfiguration	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2np^1$	$ns^2np^2$	$ns^2np^3$	$ns^2np^4$	$ns^2np^5$	
Valenzelektronen	1	2	3	4	5	6	7	8
Atomradius								
Ionisierungsenergie								
Tendenz zur Bildung von Kationen								
Tendenz zur Bildung von Anionen								
Metallcharakter/ Basizität der Oxide								
Nichtmetallcharakter/ Acidität der Oxide								

## Stoffklassen:

- flüchtige Stoffe
- salzartige Stoffe
- metallische Stoffe
- diamantartige Stoffe
- hochmolekulare Stoffe

Stoffklasse	Typische Eigenschaften	Atomarer Aufbau	Bindungsart	Beispiele
Flüchtige Stoffe (Moleküle, Edelgase) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rel. tiefe Schmelz- und Siedetemperatur (&lt;math&gt;&lt;400^{\circ}\text{C}&lt;/math&gt;)</li> <li>• nicht elektr. leitend</li> <li>• relativ weich</li> </ul>	Molekül = abgeschlossener Atomverband aus Nichtmetallatomen Edelgase kommen atomar vor	Atombindung = gemeinsames Elektronenpaar zw. neutralen Atomen	Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), Iod $\text{I}_2$ , Ethanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
Salzartige Stoffe (Salze) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Schmelz- und Siedetemperatur</li> <li>• im flüssigen oder gelösten Zustand elektrisch leitend</li> <li>• als Feststoff hart und spröde</li> </ul>	Salze bestehen aus Ionen (pos. Kationen, neg. Anionen), die ein „unendlich“ grosses, 3-dimensionales Gitter bilden	Ionenbindung = elektrostatische Anziehung zwischen Kationen und Anionen (Coulomb-Kraft)	Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ), Gips ( $\text{CaSO}_4$ ), Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
Metallische Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elektr. leitend</li> <li>• metallischer Glanz</li> <li>• häufig hohe Schmelz- und Siedetemperatur</li> <li>• verformbar (duktil)</li> <li>• gute Wärmeleiter</li> </ul>	Metalle bestehen aus Metallkationen, die ein „unendlich“ grosses, 3-dimensionales Gitter bilden Die Metallkationen sind von Elektronen umgeben (sog. „Elektronengas“)	Metallbindung = elektrostatische Anziehung zwischen Kationen und Elektronengas	Metalle und Legierungen z.B. Messing, Stahl, Amalgam
Diamantartige Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr hart</li> <li>• sehr hohe Schmelz- und Siedetemperatur</li> <li>• nicht elektrisch leitend</li> </ul>	Atomgitter, die sowohl Nichtmetall- als auch Metallatome enthalten können	Atombindung, teilweise auch Ionenbindung	Diamant (C), Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
Hochmolekulare (makromolekulare) Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine definierte Schmelztemperatur sondern allmähliches Erweichen</li> <li>• kein Verdampfen sondern Zersetzung</li> </ul>	Sehr lange Moleküle, die aus gleichen oder unterschiedlichen Atomgruppen bestehen Aufgrund ihrer Molekülgrösse zeigen hochmolekulare Stoffe andere Eigenschaften als andere molekulare Stoffe	Atombindung	Alle Kunststoffe wie z.B. Nylon, PVC, PET, Silikon Natürliche Polymere wie Eiweisse, Stärke, Zellulose, DNA

Tab. 4: Die 5 Stoffklassen

