

# Vorkurs Chemie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- Grundlagen
- Aufbau der Atome
- Periodensystem der Elemente
- Reaktionsgleichungen/Stöchiometrie
- Chemische Bindung
- Chemische Reaktionen/Thermodynamik
- Säuren und Basen
- Redox-Reaktionen

Hauptgruppen  
1

# Periodensystem

1 2,2 - 252,9 - 259,1 <b>H</b> Wasserstoff 1s <sup>1</sup>																	25 54,94 Relative Atommasse <sup>1</sup>
Protonenzahl (Ordnungszahl) Elektronegativität (nach Allred u. Rochow) Siedetemperatur in °C Schmelztemperatur in °C																	25 54,94 <b>Mn</b> Mangan [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> Symbol <sup>2</sup> Name Elektronen- konfiguration
2 3 6,941 1,0 1347 180,5 <b>Li</b> Lithium [He]2s <sup>1</sup>	4 9,012 1,5 2970 1278 <b>Be</b> Beryllium [He]2s <sup>2</sup>																
11 22,990 1,0 883 97,8 <b>Na</b> Natrium [Ne]3s <sup>1</sup>	12 24,305 1,2 1107 651 <b>Mg</b> Magnesium [Ne]3s <sup>2</sup>																
<b>Nebengruppen</b>																	
19 39,10 0,9 774 63,7 <b>K</b> Kalium [Ar]4s <sup>1</sup>	20 40,08 1,0 1487 = 845 <b>Ca</b> Calcium [Ar]4s <sup>2</sup>	21 44,96 1,2 2832 1539 <b>Sc</b> Scandium [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	22 47,87 1,3 3260 1675 <b>Ti</b> Titan [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 50,94 1,5 3380 1890 <b>V</b> Vanadium [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 52,00 1,6 2672 1857 <b>Cr</b> Chrom [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 54,94 1,6 2032 1244 <b>Mn</b> Mangan [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 55,85 1,6 2750 1535 <b>Fe</b> Eisen [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 58,93 1,7 2870 1495 <b>Co</b> Cobalt [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	38 87,62 1,0 1384 769 <b>Sr</b> Strontium [Kr]5s <sup>2</sup>	39 88,91 1,1 3337 1523 <b>Y</b> Yttrium [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 91,22 1,2 4377 1852 <b>Zr</b> Zirkon [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 92,91 1,2 4927 2468 <b>Nb</b> Niob [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 95,94 1,3 4825 2610 <b>Mo</b> Molybdän [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 98,91 1,4 4880 2200 <b>Tc</b> Technetium [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	44 101,07 1,5 = 3730 1966 <b>Ru</b> Ruthenium [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	45 102,9 1,5 = 3730 1966 <b>Rh</b> Rhenium [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	
55 132,91 0,9 878 28,5 <b>Cs</b> Caesium [Xe]6s <sup>1</sup>	56 137,33 1,0 1640 725 <b>Ba</b> Barium [Xe]6s <sup>2</sup>	57 138,91 1,1 3454 920 <b>La</b> Lanthan [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	72 178,49 1,2 5200 2230 <b>Hf</b> Hafnium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	73 180,95 1,3 = 5430 2996 <b>Ta</b> Tantal [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	74 183,84 1,4 5657 3410 <b>W</b> Wolfram [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	75 186,21 1,5 = 5030 3045 <b>Re</b> Rhenium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	76 190,23 1,6 4190 2410 <b>Os</b> Osmium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	77 193,22 1,6 4190 2410 <b>Ir</b> Iridium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	87 (223) 0,9 677 26,8 <b>Fr</b> Francium [Rn]7s <sup>1</sup>	88 (226) 1,0 1140 700 <b>Ra</b> Radium [Rn]7s <sup>2</sup>	89 (227) 1,0 3200 1050 <b>Ac</b> Actinium [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	104 (267) <b>Rf</b> Rutherfordium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	105 (268) <b>Db</b> Dubnium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup>	106 (271) <b>Sg</b> Seaborgium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup>	107 (272) <b>Bh</b> Bohrium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	108 (277) <b>Hs</b> Hassium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	109 (285) <b>Mt</b> Meitnerium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>

Lanthanoide

Actinoide

58 140,12 1,1 3257 798 <b>Ce</b> Cer [Xe]4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 140,91 1,1 3512 931 <b>Pr</b> Praseodym [Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	60 144,24 1,1 3127 1010 <b>Nd</b> Neodym [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 (145) 1,1 2700 1170 <b>Pm</b> Promethium [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 150,36 1,1 1778 1072 <b>Sm</b> Samarium [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>
90 232,038 1,1 4790 1750 <b>Th</b> Thorium [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	91 231,036 1,1 4030 1840 <b>Pa</b> Protactinium [Rn]5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	92 238,029 1,2 3818 1132 <b>U</b> Uran [Rn]5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	93 (237) 1,2 3902 640 <b>Np</b> Neptunium [Rn]5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	94 237,04 1,2 3200 641 <b>Pu</b> Plutonium [Rn]5f <sup>6</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>



Tabelle 1.9 Elektronenkonfigurationen der ersten 36 Elemente

Z	Element	K 1s	L 2s 2p	M 3s 3p 3d	N 4s 4p	Symbol	Periode	
1	H	↑				1s <sup>1</sup>	1	
2	He	↑↓				1s <sup>2</sup>		
3	Li	↑↓	↑			[He] 2s <sup>1</sup>	2	
4	Be	↑↓	↑↓			[He] 2s <sup>2</sup>		
5	B	↑↓	↑↓	↑		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>		
6	C	↑↓	↑↓	↑ ↑		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>		
7	N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>		
8	O	↑↓	↑↓	↑ ↓ ↑ ↑		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>		
9	F	↑↓	↑↓	↑ ↓ ↑ ↓ ↑		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>		
10	Ne	↑↓	↑↓	↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓		[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>		
11	Na	Neonkonfiguration [Ne]			↑	[Ne] 3s <sup>1</sup>		3
12	Mg	Neonkonfiguration [Ne]			↑↓	[Ne] 3s <sup>2</sup>		
13	Al	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>		
14	Si	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑ ↑	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>		
15	P	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑ ↑ ↑	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>		
16	S	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↑	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>		
17	Cl	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>		
18	Ar	Neonkonfiguration [Ne]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>		
19	K	Argonkonfiguration [Ar]			↑	[Ar] 4s <sup>1</sup>	4	
20	Ca	Argonkonfiguration [Ar]			↑↓	[Ar] 4s <sup>2</sup>		
21	Sc	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>		
22	Ti	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>		
23	V	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>		
24	*Cr	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↑	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>		
25	Mn	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↑ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>		
26	Fe	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>		
27	Co	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>		
28	Ni	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>		
29	*Cu	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup>		
30	Zn	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>		
31	Ga	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>		
32	Ge	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>		
33	As	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>		
34	Se	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>		
35	Br	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>		
36	Kr	Argonkonfiguration [Ar]			↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>6</sup>		



# Ionisierungsenergie nimmt zu:

																		18
1A																	2	
1																	2	
1																	0	
1																	4.00	
1																	1s <sup>2</sup>	
1																	018	
1																	He	
2																	17	
2																	1s <sup>2</sup>	
2																	18	
2																	He	
2A																	19	
2																	1	
2																	2	
2																	3	
2																	4	
2																	5	
2																	6	
2																	7	
2																	8	
2																	9	
2																	10	
2																	11	
2																	12	
2																	13	
2																	14	
2																	15	
2																	16	
2																	17	
2																	18	
2																	19	
2																	20	
2																	21	
2																	22	
2																	23	
2																	24	
2																	25	
2																	26	
2																	27	
2																	28	
2																	29	
2																	30	
2																	31	
2																	32	
2																	33	
2																	34	
2																	35	
2																	36	
2																	37	
2																	38	
2																	39	
2																	40	
2																	41	
2																	42	
2																	43	
2																	44	
2																	45	
2																	46	
2																	47	
2																	48	
2																	49	
2																	50	
2																	51	
2																	52	
2																	53	
2																	54	
2																	55	
2																	56	
2																	57	
2																	58	
2																	59	
2																	60	
2																	61	
2																	62	
2																	63	
2																	64	
2																	65	
2																	66	
2																	67	
2																	68	
2																	69	
2																	70	
2																	71	
2																	72	
2																	73	
2																	74	
2																	75	
2																	76	
2																	77	
2																	78	
2																	79	
2																	80	
2																	81	
2																	82	
2																	83	
2																	84	
2																	85	
2																	86	
2																	87	
2																	88	
2																	89	
2																	90	
2																	91	
2																	92	
2																	93	
2																	94	
2																	95	
2																	96	
2																	97	
2																	98	
2																	99	
2																	100	
2																	101	
2																	102	
2																	103	
2																	104	
2																	105	
2																	106	
2																	107	
2																	108	
2																	109	
2																	110	
2																	111	
2																	112	
2																	113	
2																	114	
2																	115	
2																	116	
2																	117	
2																	118	
2																	119	
2																	120	
2																	121	
2																	122	
2																	123	
2																	124	
2																	125	
2																	126	
2																	127	
2																	128	
2																	129	
2																	130	
2																	131	
2																	132	
2																	133	
2																	134	
2																	135	
2																	136	
2																	137	
2																	138	
2																	139	
2																	140	
2																	141	
2																	142	
2																	143	
2																	144	
2																	145	
2																	146	
2																	147	
2																	148	
2																	149	
2																	150	
2																	151	
2																	152	
2																	153	
2																	154	
2																	155	
2																	156	
2																	157	
2																	158	
2																	159	
2																	160	
2																	161	
2																	162	
2																	163	
2																	164	
2																	165	
2																	166	
2																	167	
2																	168	
2																	169	
2																	170	
2																	171	
2																	172	
2																	173	
2																	174	
2																	175	
2																	176	
2																	177	
2																	178	
2																	179	
2																	180	
2																	181	
2																	182	
2																	183	
2																	184	
2																	185	
2																	186	
2																	187	
2																	188	
2																	189	
2																	190	
2																	191	
2																	192	
2																	193	
2																	194	
2																	195	
2																	196	
2																	197	
2																	198	
2																	199	
2																	200	
2																	201	
2																	202	
2																	203	
2																	204	
2																	205	
2																	206	
2																	207	
2																	208	
2																	209	
2																	210	
2																	211	
2																	212	
2																	213	
2																	214	
2																	215	
2																	216	
2																	217	
2																	218	
2																	219	
2																	220	
2																	221	
2																	222	
2																	223	
2																	224	
2																	225	
2																	226	
2																	227	
2																	228	
2																	229	
2																	230	
2																	231	
2																	232	
2																	233	
2																	234	
2																	235	
2																	236	
2																	237	
2																	238	
2																	239	
2																	240	
2																	241	
2																	242	
2																	243	
2																	244	
2																	245	
2																	246	
2																	247	
2																	248	
2																	249	
2																	250	
2																	251	
2																	252	
2																	253	
2																	254	
2																	255	
2																	256	
2																	257	
2																	258	
2																	259	
2																	260	
2																	261	
2																	262	
2																	263	
2																	264	
2																	265	
2																	266	
2																	267	
2																	268	
2																	269	
2																	270	
2																	271	
2																	272	
2																	273	
2																	274	
2																	275	
2																	276	
2																	277	
2																	278	
2																	279	
2																	280	
2																	281	
2																	282	
2																	283	
2																	284	
2																	285	
2																	286	
2																	287	
2																	288	
2																	289	
2																	290	
2																	291	
2																	292	
2																	293	
2																	294	
2																	295	
2																	296	
2																	297	
2																	298	
2																	299	
2																	300	
2																	301	
2																	302	
2																	303	
2																	304	
2																	305	
2																	306	
2																	307	
2																	308	
2																	309	
2																	310	
2																	311	
2																	312	
2																	313	
2																	314	
2																	315	
2																	316	
2																	317	
2																	318	
2																	319	
2																	320	
2																	321	
2																	322	
2																	323	
2																	324	
2																	325	
2																	326	
2																	327	
2																	328	
2																	329	
2																	330	
2																	331	
2																	332	
2																	333	
2																	334	
2																	335	
2																	336	
2																	337	
2																	338	
2																	339	
2																	340	
2																	341	
2																	342	
2																	343	
2																	344	
2																	345	
2																	346	
2																	347	
2																	348	
2																	349	
2																	350	
2																	351	
2																	352	
2																	353	
2																	354	
2																	355	
2																	356	
2																	357	
2																	358	
2																	359	
2																	360	
2																	361	
2																	362	
2																	363	
2																	364	
2																	365	
2																	366	
2																	367	
2																	368	
2																	369	
2																	370	
2																	371	
2																	372	
2																	373	
2																	374	

# SI - Einheiten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Das SI-System (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Größen (seit 1960).

## SI-Basiseinheiten

Länge	l [m]
Masse	m [kg]
Zeit	t [s]
Temperatur	T [K] (0 K = -273,16 °C)
Stoffmenge	n [mol]
Stromstärke	I [A]
Lichtstärke	$I_v$ [cd]

## Abgeleitete SI-Einheiten

Frequenz	Hz [s <sup>-1</sup> ]
Kraft	N [J/m = kgm/s <sup>2</sup> ]
Druck	Pa [N/m <sup>2</sup> = kg/(s <sup>2</sup> m)]
Energie	J [Nm = Ws = m <sup>2</sup> kg/s <sup>2</sup> ]
Leistung	W [J/s = VA = m <sup>2</sup> kg/s <sup>3</sup> ]
Spannung	V [W/A = m <sup>2</sup> kg/s <sup>3</sup> A]
Ladung	C [As]
Kapazität	F [C/V]
Widerstand	Ω [V/A]

# Stoffmenge



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Da es bei chemischen Vorgängen wichtig ist zu wissen, wie viele Teilchen miteinander reagieren, die Masse einzelner Teilchen aber äußerst klein ist, muss man als Bezugsmenge immer eine größere Anzahl Teilchen zusammenfassen.

Als Bezugsmenge wählt man nun so viele Teilchen, wie in 12 g des Kohlenstoffisotops  $^{12}_6\text{C}$  enthalten sind.

1 u entspricht 1/12 der Masse von  $^{12}_6\text{C} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.661 \times 10^{-24} \text{ g}$

12 u entsprechen der Masse eines Kohlenstoffisotops mit 6 Protonen, 6 Neutronen und 6 Elektronen  $= 19.92 \times 10^{-24} \text{ g}$

$$12 \text{ g} / 19.92 \times 10^{-24} \text{ g} = 6.022 \times 10^{23} \text{ Teilchen (Atome)}$$



# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



**Amedeo Avogadro**  
(1776 - 1856)

Die Stoffmenge, die aus  $6.022 \cdot 10^{23}$  Teilchen besteht, nennt man 1 Mol (Einheit: mol), gleich welcher Art und Größe diese Teilchen (Atome) sind.

## Avogadro - Konstante

$$N_a = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ (Avogadro-Konstante)}$$

1 mol eines Stoffes enthält  $6,022 \cdot 10^{23}$  Atome.

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Die Beziehung zwischen der Stoffmenge, der Masse und der molaren Masse eines Stoffes ist gegeben durch:

$$n(x) = m(x)/M(x)$$

Der prozentuale Massenanteil eines Elementes in einer Verbindung kann aus der chemischen Formel berechnet werden. Für den **Massenanteil  $w(x)$**  des jeweiligen Elementes  $x$ :

$$w(x) = m(x) / m(\text{Molekül}) = [n(x) \times M(x)] / [\sum n(x_{\text{im Molekül}}) \times M(x_{\text{im Molekül}})]$$

wobei gilt:

$n(x)$  = Stoffmenge in mol     $m(x)$  = Masse in g     $M(x)$  = molare Masse in g/mol

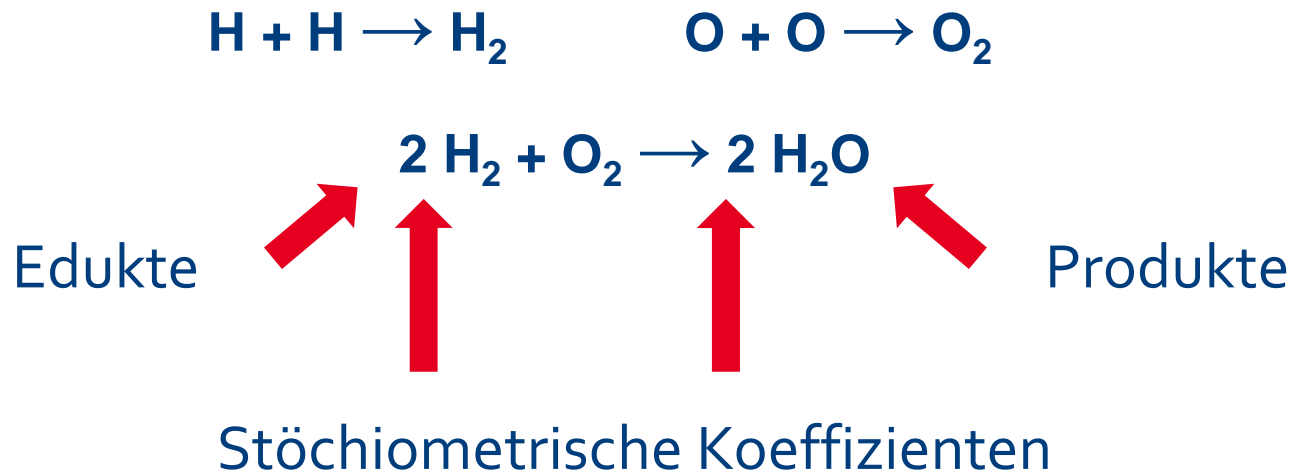
# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Summenformel beschreibt eine Verbindung/Molekül: z. B.  $\text{H}_2\text{O}$

Ein Molekül besteht aus Elementen die chemisch gebunden sind.



## Gesetz von der Erhaltung der Masse

Bei allen chemischen Vorgängen bleibt die Gesamtmasse der an der Reaktion beteiligten Stoffe konstant.

## Gesetz der konstanten Proportionen

Eine chemische Verbindung bildet sich immer aus konstanten Massenverhältnissen der Elemente.

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Zur Aufstellung einer chemischen Reaktionsgleichung geht man in zwei Schritten vor:

Edukte und Produkte müssen bekannt sein und mit ihrer korrekten Formel in die Reaktionsgleichung eingesetzt werden.



Im zweiten Schritt ist die Gleichung durch Hinzufügen der stöchiometrischen Koeffizienten auszugleichen, um das Gesetz von der Erhaltung der Masse zu erfüllen.



# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Aufgaben:

1. Vervollständigen Sie folgende Reaktionsgleichungen:



2. „Erfindet“ selber mindestens eine Reaktionsgleichung und besprecht sie mit eurem Sitznachbarn

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Konzentrationen von Lösungen

Viele chemische Reaktionen werden in Lösung durchgeführt. Dazu benötigt man Angaben über die Konzentrationen der gelösten Stoffe. Konzentrationen können in verschiedenen Maßeinheiten angegeben werden. Die größte Bedeutung in der Chemie hat die **Stoffmengenkonzentration**  $c$ , auch **Molarität** genannt. Die Stoffmengenkonzentration bezeichnet die gelöste Stoffmenge pro Volumeneinheit der **Lösung** (nicht des Lösungsmittels!), üblicherweise in mol/L:

$$c(x) = n(x)/V \text{ [mol/L]}$$

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Konzentrationen von Lösungen

$$c(x) = n(x)/V \text{ [mol/L]}$$

### Beispiel:

### Herstellung eines Liters einer 2-molaren Kochsalzlösung

Beziehung zwischen Stoffmenge, Masse und der molaren Masse eines Stoffes:

$$n(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl})$$

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \times M(\text{NaCl})$$

$$m(\text{NaCl}) = 2 \text{ mol} \times 58,443 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaCl}) = 116,89 \text{ g}$$

Sie lösen 116,89 g NaCl in Wasser  
und füllen diese Lösung auf 1000 mL auf!

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Aufgabe:

Wie viel Gramm  $\text{CuSO}_4$  benötigen Sie für die Herstellung einer 1-molaren Lösung?

Mit:  $c(x) = n(x)/V$  [mol/L]

$M(\text{Cu}) = 63,5$

$M(\text{S}) = 32$

$M(\text{O}) = 16$

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Herstellen von verdünnten Lösungen

Beim Arbeiten im Labor ist es oft nötig, verdünnte Lösungen aus konzentrierteren (Stammlösungen) herzustellen. Die Stoffmenge  $n$  eines gelösten Stoffes in einer Lösung mit dem Volumen  $V$  ist:

$$n_{\text{Stammlsg.}} = c_{\text{Stammlsg.}} \times V_{\text{Stammlsg.}} \text{ [mol]}$$

Beim Verdünnen mit reinem Lösungsmittel vergrößert sich das Volumen der Lösung, die Stoffmenge des gelösten Stoffes bleibt jedoch gleich:

$$n_{\text{verd.lsg.}} = n_{\text{Stammlsg.}} = c_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} = c_{\text{Stammlsg.}} \times V_{\text{Stammlsg.}}$$

$$\rightarrow c_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} = c_{\text{Stammlsg.}} \times V_{\text{Stammlsg.}}$$

$$\rightarrow c_{\text{verd.lsg.}} = (c_{\text{Stammlsg.}} \times V_{\text{Stammlsg.}}) / V_{\text{verd.lsg.}}$$

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Herstellen von verdünnten Lösungen

$$c_{\text{verd.lsg.}} = (c_{\text{Stammlsg.}} \times V_{\text{Stammlsg.}}) / V_{\text{verd.lsg.}}$$

Welches Volumen einer Lösung mit der Konzentration  $c_{\text{Stammlsg.}}(\text{HCl}) = 12 \text{ mol/L}$  wird benötigt, um 500 ml einer 3-molaren HCl-Lösung herzustellen?

$$\begin{aligned} V_{\text{Stammlsg.}} &= c_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} / c_{\text{Stammlsg.}} \\ &= 3 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} / 12 \text{ mol/L} \\ &= 1.5 \text{ mol/L} \times \text{L} / 12 \text{ mol/L} \\ &= 0.125 \text{ L} \end{aligned}$$

Es werden 125 mL benötigt!

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie

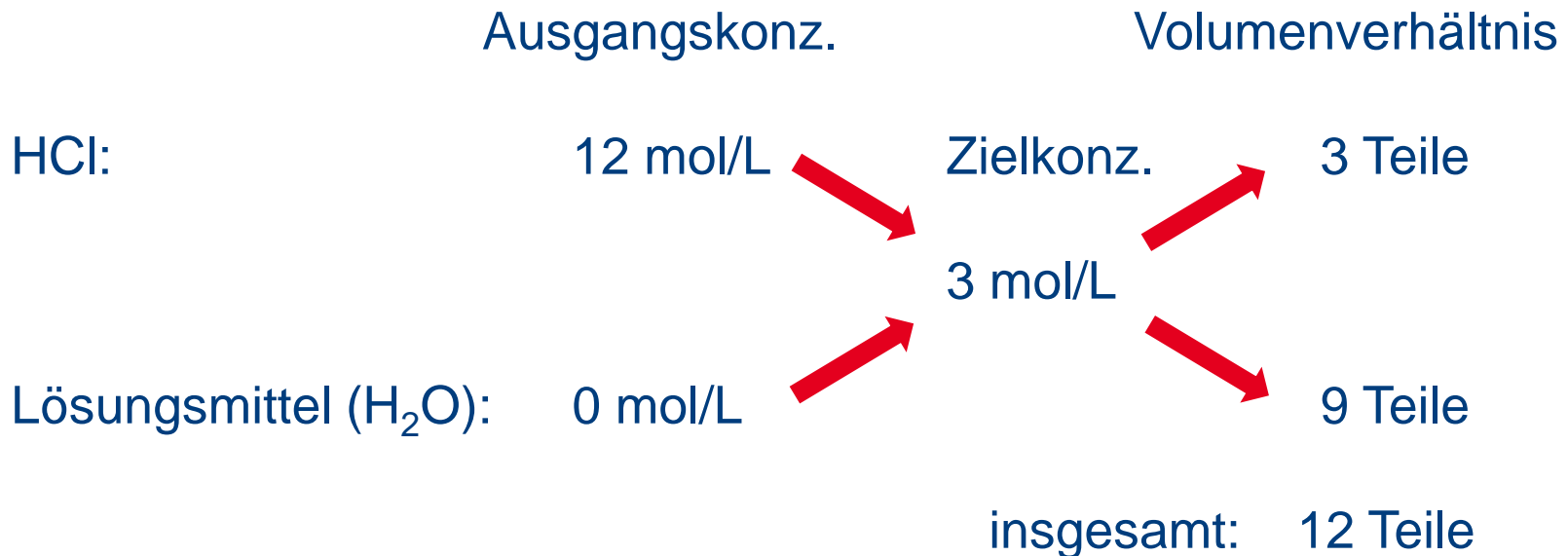


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

$$\begin{aligned}V_{\text{Stammlsg.}} &= C_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} / C_{\text{Stammlsg.}} \\ &= 3 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} / 12 \text{ mol/L} \\ &= 0.125 \text{ L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}500 \text{ mL} &= 12 \text{ Teile} \\ x \text{ mL} &= 3 \text{ Teile} \\ x &= 125 \text{ mL}\end{aligned}$$

## Mischungskreuz:



# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Aufgabe:

1. Welches Volumen einer Lösung mit der Konzentration  $c_{\text{Stammlsg.}}(\text{HNO}_3) = 8 \text{ mol/L}$  wird benötigt, um 750 mL einer 1-molaren  $\text{HNO}_3$ -Lösung herzustellen?
2. Bestimmen Sie die Stoffmengenkonzentration der folgenden Lösung:  
80 g NaOH in 500 mL Lösung.

mit:  $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$

3. Wie viel mL dieser Lösung muss man mit Wasser verdünnen, um 500 mL einer Lösung mit  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$  zu erhalten?

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Aufgabe:

1. Welches Volumen einer Lösung mit der Konzentration  $c_{\text{Stammlsg.}}(\text{HNO}_3) = 8 \text{ mol/L}$  wird benötigt, um 750 mL einer 1-molaren  $\text{HNO}_3$ -Lösung herzustellen?

$$V_{\text{Stammlsg.}} = c_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} / c_{\text{Stammlsg.}}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Stammlsg.}} &= 1 \text{ mol/L} \times 0,75 \text{ L} / 8 \text{ mol/L} \\ &= 93,75 \text{ mL} \end{aligned}$$

# Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Aufgabe:

1. Bestimmen Sie die Stoffmengenkonzentration der folgenden Lösung:  
80 g NaOH in 500 mL Lösung.

mit:  $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$

$$c = n/V \rightarrow (m/M) / V \rightarrow (80 \text{ g} / (23+16+1) \text{ g/mol}) / 0,5 \text{ L} = 4 \text{ mol/L}$$

2. Wie viel mL dieser Lösung muss man mit Wasser verdünnen, um 500 mL einer Lösung mit  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$  zu erhalten?

$$V_{\text{Stammlsg.}} = c_{\text{verd.lsg.}} \times V_{\text{verd.lsg.}} / c_{\text{Stammlsg.}}$$

$$V_{\text{Stammlsg.}} = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,5 \text{ L} / 4 \text{ mol/L}$$

$$V_{\text{Stammlsg.}} = 12,5 \text{ mL}$$

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Starke Bindungen (Hauptvalenzen)

Atombindung

Ionenbindung

Metallbindung

Komplexbindung

## Schwache Bindungen (Nebenvalezen)

Wasserstoff-Brückenbindungen

Van-der-Waals Kräfte

Dipol-Dipol-Bindungen

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Oktettregel

Bindungen entstehen durch Austausch von und Wechselwirkung zwischen Elektronen.

Die Bildung energetisch begünstigter Elektronenkonfigurationen (die besonders stabil sind) wird angestrebt.

Eine besonders stabile Konfiguration ist die „Edelgaskonfiguration“ (Oktett).

Als Oktett wird eine Elektronenkonfiguration bezeichnet, in der die äußere Elektronenschale eines Atoms mit 8 Elektronen besetzt ist. Edelgase besitzen diese  $s^2p^6$ -Konfiguration.

Die Oktettregel besagt, dass Atome sehr gerne Verbindungen eingehen (also Elektronen abgeben oder aufnehmen), um die stabile Edelgaskonfiguration zu erreichen.

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Atombindung oder kovalente Bindung

Atome von Nichtmetallen können binden, in dem sie gemeinsame Elektronenpaare bilden.

1	1A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H	2																He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq	Uuh	Uuo			
6	Lanthanoide		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
7	Actinoide		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		

Atomzahl: 43 (98,91)      Atommasse (gewichtetes Mittel): 98,91

Elektronenkonfiguration: [Kr] 4d<sup>5</sup> 5s

Symbol: Tc

Schmelzpunkt [°C]: 2140      Siedepunkt [°C]: 11.5

Dichte [g/cm<sup>3</sup>]: 11,5      Dichte [g/l] für Gase [0°C, 1013mbar]: 5030 · 1,9

Elektronenegativität: Radioaktiv

Oxidationszahlen:

# Chemische Bindung

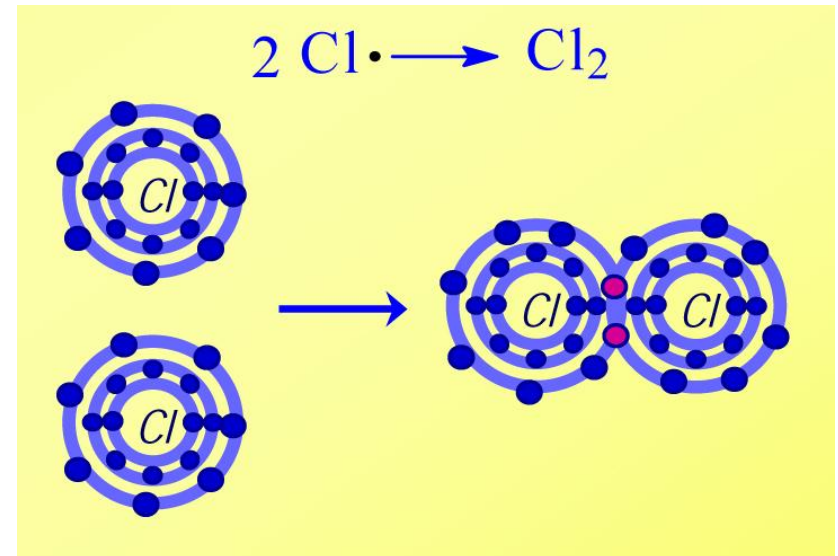
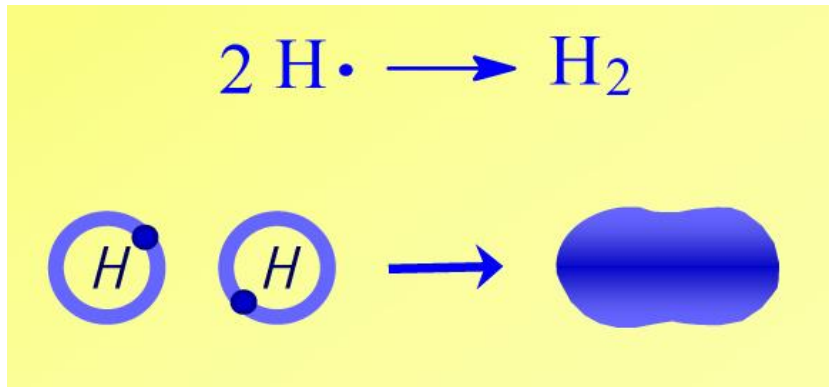


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Atombindung oder kovalente Bindung

Atome von Nichtmetallen können binden, in dem sie gemeinsame Elektronenpaare bilden.

Für jeden Partner entsteht formal eine stabile Edelgaskonfiguration.





# Chemische Bindung

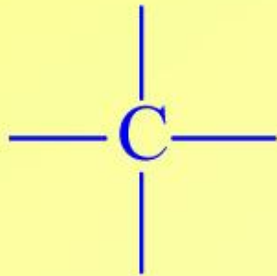


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

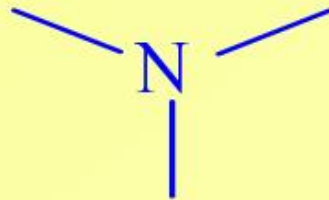
## Besonderheiten von Atombindungen

Ein Atom kann auch mehrere Bindungen ausbilden.

Zahl von möglichen Bindungen entspricht der Zahl von fehlenden Elektronen zur nächsten Edelgaskonfiguration.



C = [He]2s<sup>2</sup>p<sup>2</sup>  
4e<sup>-</sup> fehlen



N = [He]2s<sup>2</sup>p<sup>3</sup>  
3e<sup>-</sup> fehlen



O = [He]2s<sup>2</sup>p<sup>4</sup>  
2e<sup>-</sup> fehlen



Cl = [He]2s<sup>2</sup>p<sup>5</sup>  
1e<sup>-</sup> fehlt



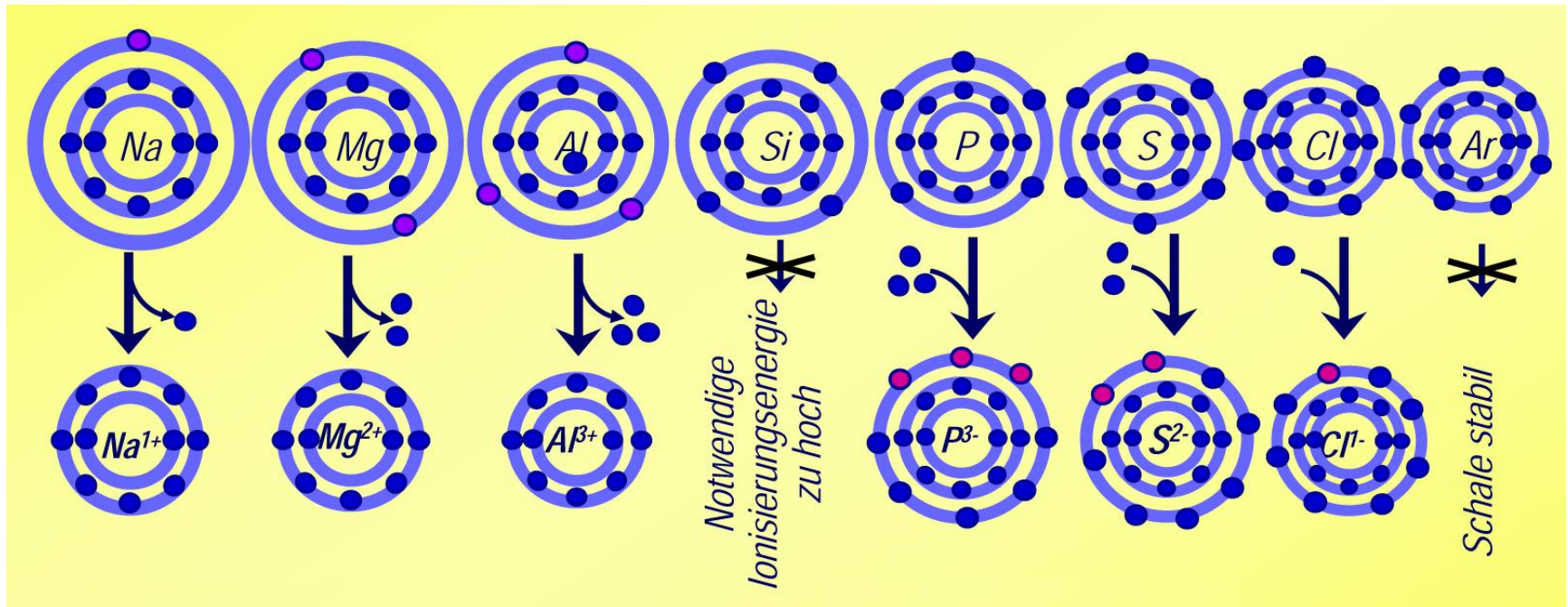
# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Ionenbindung

Metalle können sich mit Nichtmetallen binden indem sie Ionen bilden.



Bildung von Kationen  
Abgabe von  $e^-$  (Metalle), Ziel:  
Auflösung der wenig stabilen Schale.

Bildung von Anionen  
Aufnahme von  $e^-$  (Nichtmetalle), Ziel:  
Bildung einer stabilen Schale.

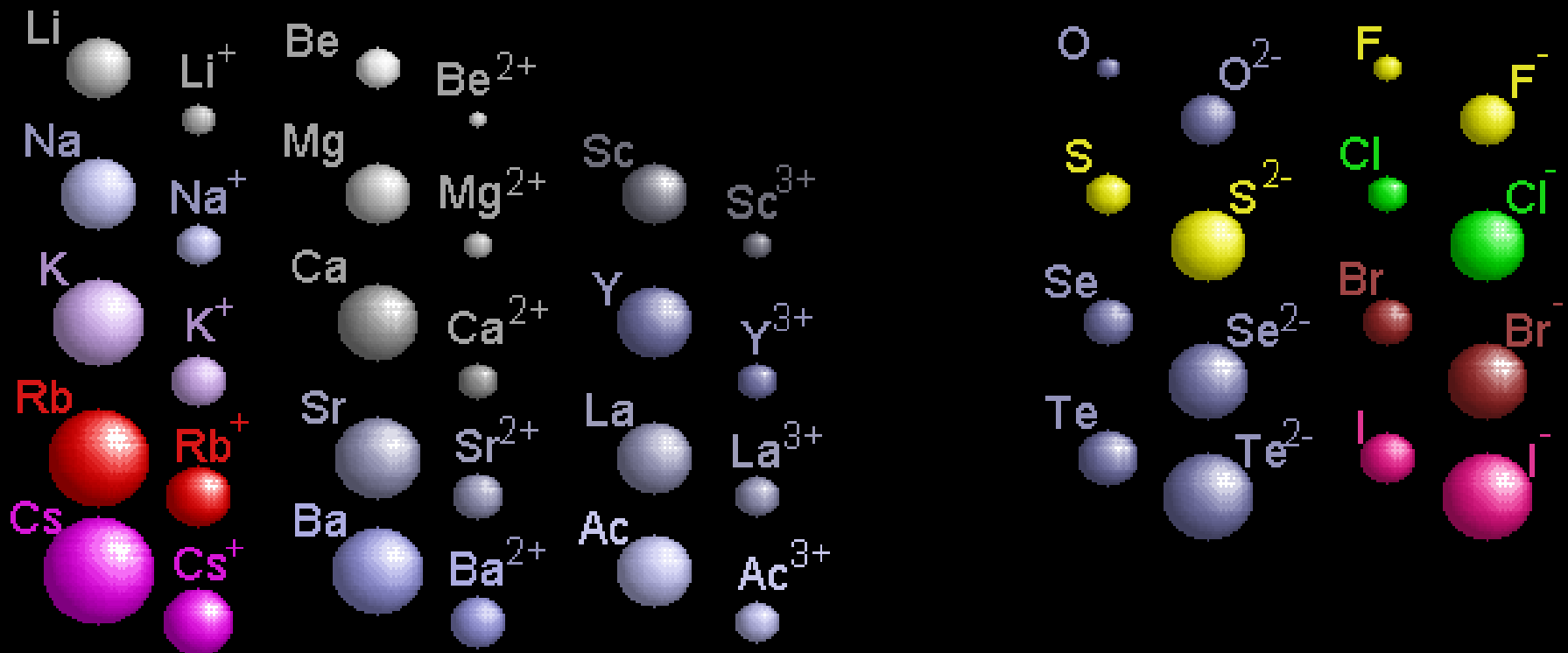
# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Ionenbindung

Metalle können sich mit Nichtmetallen binden indem sie Ionen bilden.



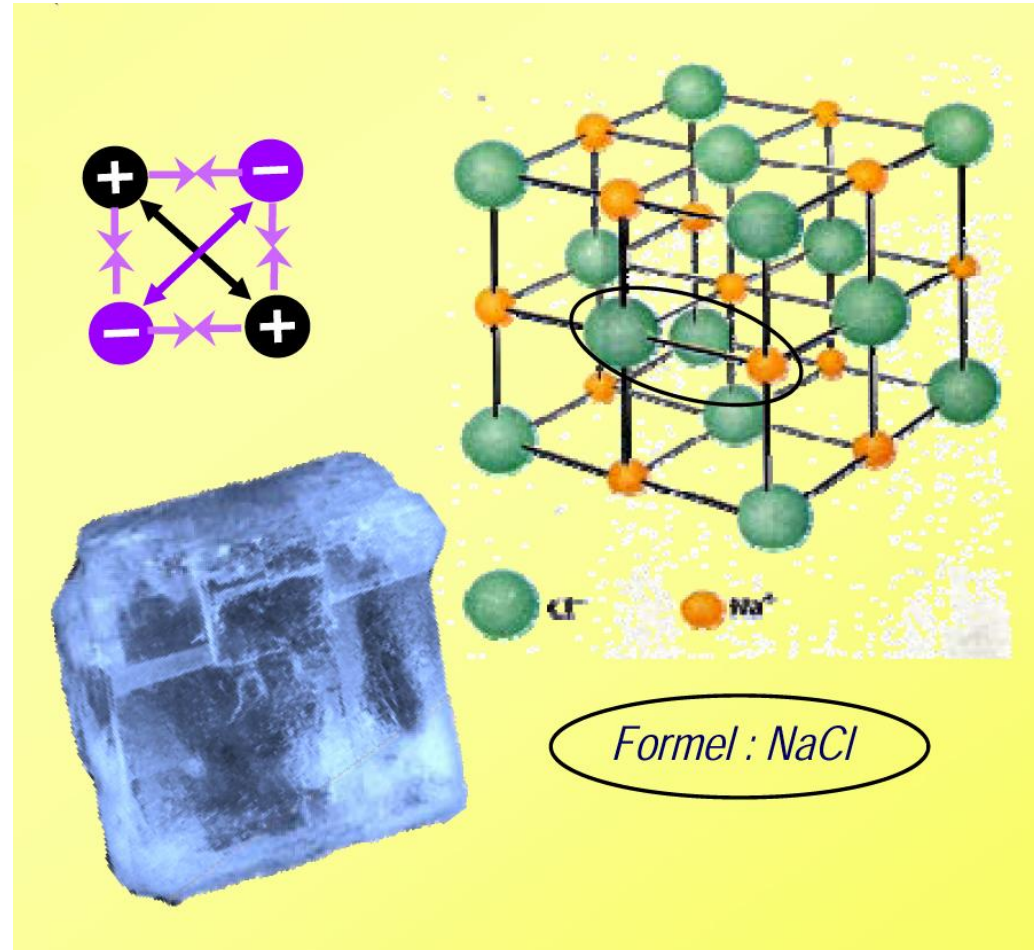
# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Ionenbindung

Ionenkristalle entstehen durch die Coulombsche Anziehung gegennamig geladener Ionen. Durch abwechselnde Anordnung überwiegt die Anziehung gegenüber der Abstoßung. Die Formel bezeichnet nicht ein Molekül, sondern nur den kleinsten sich wiederholenden Ausschnitt aus dem Kristall. Zahl und Radien der beteiligten Ionen bestimmen den Gittertyp (minimale Abstände zwischen gegennamigen, maximale zwischen gleichnamigen Ionen).



# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Metallbindung

## Ionenbildung



	1											13	14	15	16	17	18		
	1A											3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	H 1.01																He 4.00		
2	Li 6.94	Be 9.01																	
3	Na 22.99	Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12						
4	K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.70	Cu 63.55	Zn 65.38	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80	
5	Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc (98.91)	Ru 101.07	Rh 102.91	Pd 106.42	Ag 107.87	Cd 112.41	In 114.82	Sn 118.71	Sb 121.76	Te 127.60	I 126.90	Xe 131.29	
6	Cs 132.91	Ba 137.33	La 138.91	Hf 178.49	Ta 180.95	W 183.85	Re 186.21	Os 192.22	Ir 192.22	Pt 195.08	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.20	Bi 208.98	Po (209)	At (210)	Rn (222)	
7	Fr (27)	Ra (70)	Lr (257)	Rf (261)	Db (262)	Sg (263)	Bh (264)	Hs (265)	Mt (266)	Uun (267)	Uuu (268)	Uuq (269)	Uuh (270)	Uuo (271)					
			6 Lanthanoide																
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb			
			7 Actinoide																
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No			

# Chemische Bindung

## Metallbindung

Ionenbildung



Aufbau

Kationen in dichtester Kugelpackung,  
dazwischen Elektronengas.

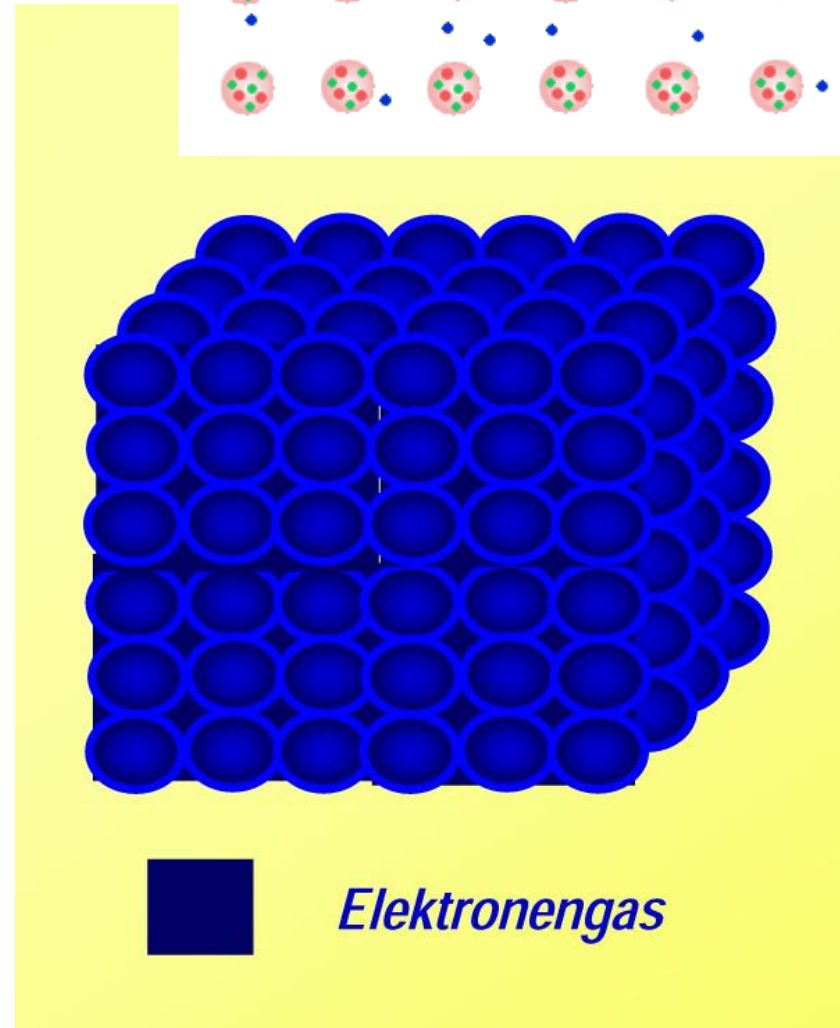
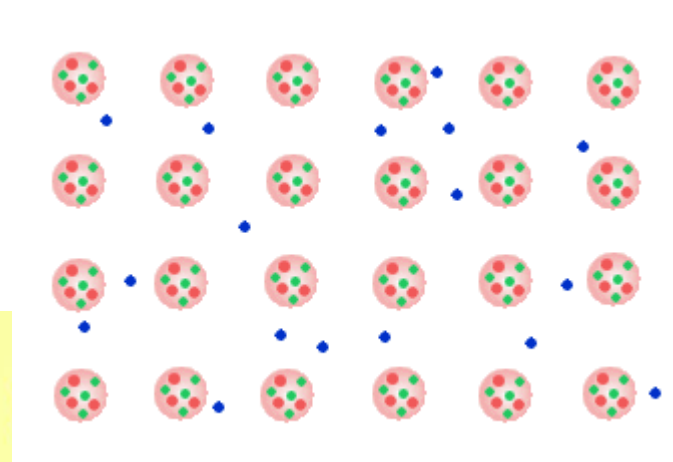
Besondere Eigenschaften von Metallen:

elektr. Leitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeit

leichte Verformbarkeit

Undurchsichtigkeit (opak)



# Chemische Bindung

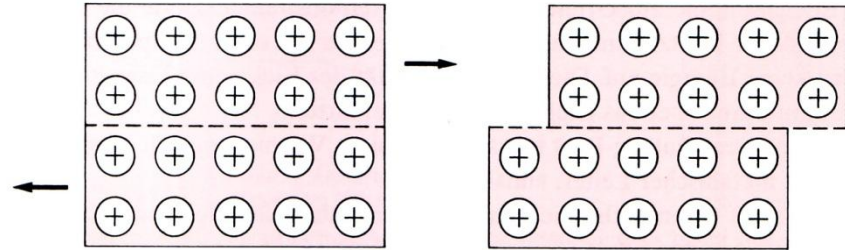


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Metallbindung

**Fe**

leichte Verformbarkeit

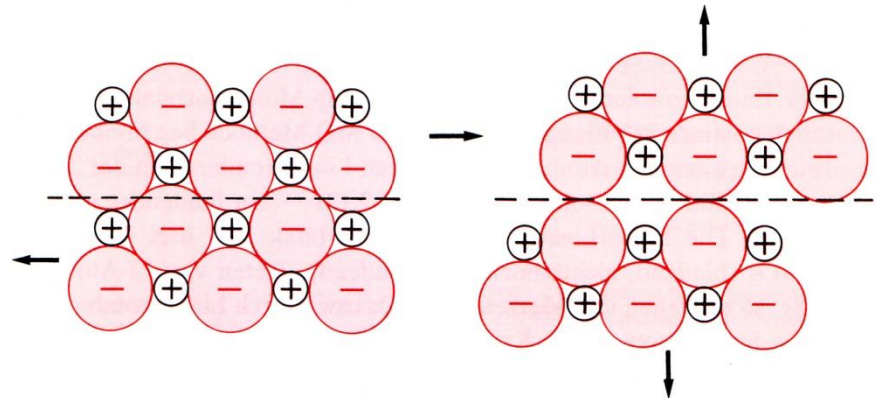


## Ionenbindung

**Fe<sup>2+</sup>O<sup>2-</sup> (Rost)**

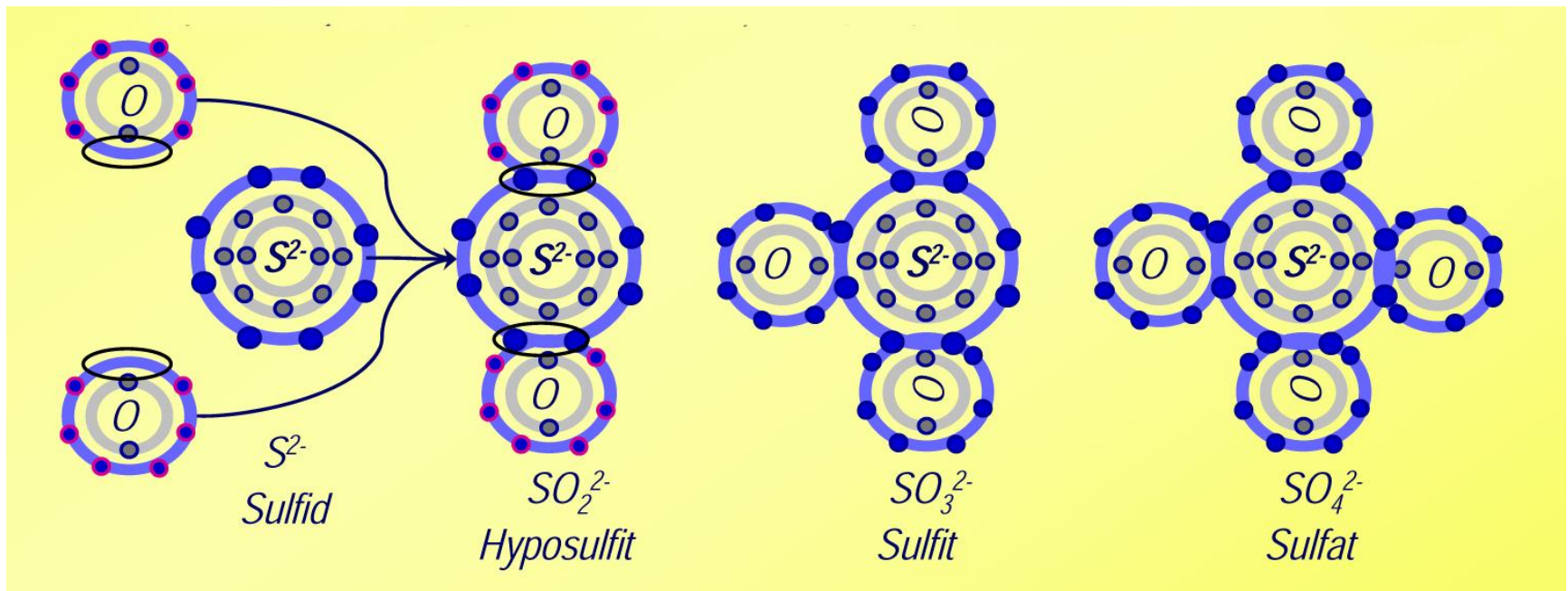
keine Verformbarkeit

Volumenvergrößerung





## Komplexbindung (Mehratomige Ionen)



Das Zentralatom ist ein Ion.

Atom mit Elektronenlücke partizipiert an Elektronen des Zentralatoms.

Jedes Atom hat formal eine stabile Valenzschale.

Der Ionencharakter ändert sich durch die Anlagerung der neutralen Liganden nicht.

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Reine Atom- und Ionenbindungen sind Idealfälle

Bei der Atombindung spielt die Ladungsverteilung keine Rolle, für sie ist nur die Orbitalüberlappung maßgebend.

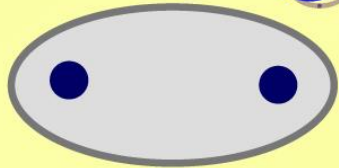
Atome haben eine unterschiedliche Fähigkeit Elektronen anzuziehen (Elektronegativität).

Die im Periodensystem rechts stehenden Elemente ziehen Elektronen stärker an, sind also elektronegativer als die links stehenden.

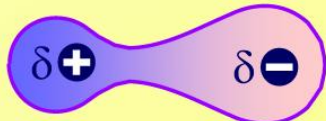
In einer Bindung ungleicher Partner werden die Elektronen in den bindenden Orbitalen zum stärker elektronegativen Element hin gezogen.

Das Molekül erhält durch die ungleiche Ladungsverteilung einen permanenten Dipolcharakter (Bsp. HF –  $\delta^+H$   $\delta^-F$ ).

Bei der Ionenbindung werden überhaupt keine gemeinsamen Orbitale gebildet.



Atombindung



polarisierte  
Atombindung



verzerrte Ionen



Ionenbindung

# Elektronegativität nimmt zu:

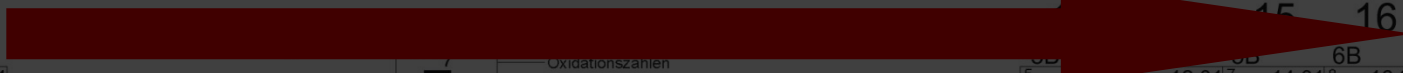
**höchste EN = 4**



1	1A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10												
1	H	Li	Be	<table border="1"> <tr> <td>Symbol</td> <td colspan="2">Tc</td> </tr> <tr> <td>Schmelzpunkt [°C]</td> <td>2140</td> <td>11.5</td> </tr> <tr> <td>Siedepunkt [°C]</td> <td>5030 *</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>Radioaktiv</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>										Symbol	Tc		Schmelzpunkt [°C]	2140	11.5	Siedepunkt [°C]	5030 *	1.9	Radioaktiv			B	C	N	O	F	Ne
Symbol	Tc																														
Schmelzpunkt [°C]	2140	11.5																													
Siedepunkt [°C]	5030 *	1.9																													
Radioaktiv																															
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne													
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10												
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br														
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I														
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At														
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq	Uuh	Uuo																
6	Lanthanoide		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb															
7	Actinoide		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No															

# Elektronegativität nimmt zu:

höchste EN = 4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
He	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Xe
Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Atombindung

Ionenbindung

Cl-Cl

Na-Cl

unpolares Molekül

polares Molekül

kein permanenter Dipol

permanenter Dipol

aber...

$\delta^+Na-\delta^-Cl$

Ionenbindungen haben immer einen Dipolcharakter!

6 Lanthanoide

7 Actinoide

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70														
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb														
920	795	667	935	677	1024	700	1027	722	1072	754	828	526	1312	789	1356	827	1407	854	1461	880	1497	905	1545	933	824	698	
3470	1.1	3468	1.1	3127	1.1	2460	*	1790	1.2	1439	*	3000	1.1	2800	1.2	2600	*	2600	1.2	2900	1.2	1727	1.2	1196	1.1	1196	1.1
89	(227)	90	232.04	91	231.04	92	238.03	93	(237.05)	94	(244)	95	(243)	96	(247)	97	(247)	98	(251)	99	(254)	100	(257)	101	(258)	102	(259)
[Rn] 5d 7s	[Rn] 5d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	[Rn] 5f 6d 7s	
1050	10.1	1750	11.7	(1230)	15.4	1132	19.07	637	19.5	640	19.81	994	13.7	(1340)	13.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*	1.1	3850	* 1.3	-	* 1.4	3818	* 1.4	3900	* 1.3	3235	* 1.3	-	*	1.3	3100	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Wasserstoff-Brückenbindung

elektrostatische Anziehung  
zwischen  $\delta^+$  H und  $\delta^-$  Atomen.

1																	18							
1	1A											2A							0					
1	H											He							4.00					
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne						
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr						
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe						
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq	Uuh	Uuo									
6	Lanthanoide		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb								
7	Actinoide		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No								

Atomzahl: 43 (98.91)      Atommasse (gewichtetes Mittel): 98.91

Elektronenkonfiguration: [Kr] 4d<sup>5</sup> 5s

Symbol: Tc

Schmelzpunkt [°C]: 2140      Siedepunkt [°C]: 11.5

Dichte [g/cm<sup>3</sup>]: 11.5      Dichte [g/l] für Gase [0°C, 1013mbar]: 11.5

Elektronenegativität: 1.9

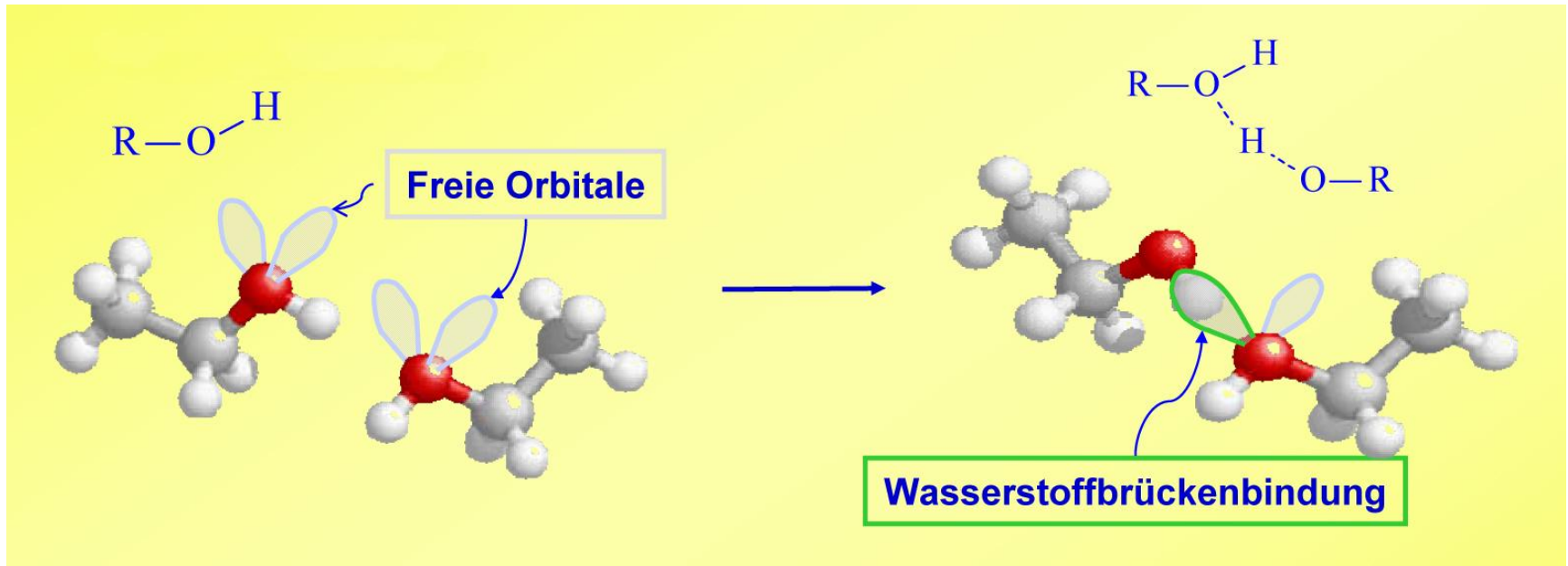
Radioaktiv

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Wasserstoff-Brückenbindung



elektrostatische Anziehung  
zwischen  $\delta^+$  H und  $\delta^-$  Atomen.

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Van-der-Waals-Kräfte

(Dipol-Dipol-Bindung in unpolaren Molekülen z. B. Cl-Cl)

		Elektronenkonfiguration										Oxidationszahlen										
1	1A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
1	H											He										
2	Li	Be											Ne									
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar														
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq	Uuh	Uuo							
6	Lanthanoide		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb						
7	Actinoide		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No						

# Chemische Bindung



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Van-der-Waals-Kräfte

(Dipol-Dipol-Bindung in unpolaren Molekülen z. B. Cl-Cl)

- In einem Atom bewegen sich Elektronen in bestimmten Grenzen, was zu einer ständig wechselnden Ladungsverteilung führt.
- Sobald der Schwerpunkt der positiven Ladung von dem der negativen räumlich getrennt ist, entsteht ein Dipol ( $\delta^+\delta^-$ ).
- Einzelne unpolare Moleküle sind temporäre Dipole.
- Da die besagten Dipolmomente klein sind, ist die resultierende elektrische Anziehung schwach und hat nur eine äußerst geringe Reichweite.
- Damit die Van-der-Waals-Bindung überhaupt zustande kommen kann, müssen sich zwei Atome beziehungsweise Moleküle nahe kommen.
- Diese Annäherung ist umso „schwieriger“ (statistisch unwahrscheinlicher), je mehr kinetische Energie die Moleküle haben, also je höher die Temperatur ist.
- Daher treten Van-der-Waals-Bindungen nur bei sehr niedrigen Temperaturen auf.  
Beisp. Edelgaskristalle bei extrem niedrigen Temperaturen:  
He:  $-269^\circ\text{C}$ , Ne:  $-246^\circ\text{C}$ , Ar:  $-190^\circ\text{C}$ , Kr:  $-157^\circ\text{C}$ , Xe:  $-112^\circ\text{C}$

# gasförmig

1																	18	
1A																	0	
1	1.01 1s 1-1 -259 0.09 -253 2.1															4.00 1s 018 -269		
2	6.94 [He] 2s 1	9.01 [He] 2s 2															20.18 [He] 2s 2p 10	
3	22.99 [Ne] 3s 1	24.31 [Ne] 3s 2															39.95 [Ne] 3s 3p 18	
4	39.10 [Ar] 4s 1	40.08 [Ar] 4s 2	44.96 [Ar] 3d 4s 3	47.88 [Ar] 3d 4s 4,3	50.94 [Ar] 3d 4s 5,4,3,2,0	52.00 [Ar] 3d 4s 6,3,2,0	54.94 [Ar] 3d 4s 7,6,4,3,2,0,-1	55.85 [Ar] 3d 4s 8,3,2,0,-2	58.93 [Ar] 3d 4s 3,2,0,-1	58.70 [Ar] 3d 4s 3,2,0	63.55 [Ar] 3d 4s 2,1	65.38 [Ar] 3d 4s 2	69.72 [Ar] 3d 4s 4p 3	72.59 [Ar] 3d 4s 4p 4	74.91 [Ar] 3d 4s 4p 5,3,-3	78.96 [Ar] 3d 4s 4p 6,4,-2	79.90 [Ar] 3d 4s 4p 7,5,3,1,-1	83.80 [Ar] 3d 4s 4p 8
5	85.47 [Kr] 5s 1	87.62 [Kr] 5s 2	88.91 [Kr] 4d 5s 3	91.22 [Kr] 4d 5s 4	91.22 [Kr] 4d 5s 5,3	95.94 [Kr] 4d 5s 6,5,4,3,2,0	98.91 [Kr] 4d 5s 7	101.07 [Kr] 4d 5s 8,6,4,3,2,0,-2	102.91 [Kr] 4d 5s 5,4,3,1,2,0	106.42 [Kr] 4d 5s 4,2,0	107.87 [Kr] 4d 5s 2,1	112.41 [Kr] 4d 5s 2	114.82 [Kr] 4d 5s 5p 3	118.69 [Kr] 4d 5s 5p 4,2	121.75 [Kr] 4d 5s 5p 5,3,-3	127.60 [Kr] 4d 5s 5p 6,4,-2	126.90 [Kr] 4d 5s 5p 7,5,1,-1	131.29 [Kr] 4d 5s 5p 8
6	132.91 [Xe] 6s 1	137.33 [Xe] 6s 2	174.97 [Xe] 4f 5d 6s 3	178.49 [Xe] 4f 5d 6s 4	180.95 [Xe] 4f 5d 6s 5	183.85 [Xe] 4f 5d 6s 6,5,4,3,2,0	186.21 [Xe] 4f 5d 6s 7,6,4,2,-1	190.20 [Xe] 4f 5d 6s 8,6,4,3,2,0,-2	192.22 [Xe] 4f 5d 6s 6,4,3,2,1,0,-1	195.08 [Xe] 4f 5d 6s 4,2,0	196.97 [Xe] 4f 5d 6s 3,1	200.59 [Xe] 4f 5d 6s 2,1	204.38 [Xe] 4f 5d 6s 6p 3,1	207.20 [Xe] 4f 5d 6s 6p 4,2	208.98 [Xe] 4f 5d 6s 6p 5,3	(209) [Xe] 4f 5d 6s 6p 6,4,2	(210) [Xe] 4f 5d 6s 6p 7,5,3,1,-1	(222) [Xe] 4f 5d 6s 6p 8
7	(223.0) [Rn] 7s 1	226.03 [Rn] 7s 2	(262.1) [Rn] 5f 6d 7s 3	(261.1) [Rn] 5f 6d 7s 4	(262.1) [Rn] 5f 6d 7s 5,4	(263.1) [Rn] 5f 6d 7s 6,5,4,3,2,0	(264.1) [Rn] 5f 6d 7s 7,6,4,2,-1	(265.1) [Rn] 5f 6d 7s 8,6,4,3,2,0,-2	(268) [Rn] 5f 6d 7s 4,2,0	(269) [Rn] 5f 6d 7s 3,1	(272) [Rn] 5f 6d 7s 2,1	(277) [Rn] 5f 6d 7s 2	(289) [Rn] 5f 6d 7s 7p 3,1	(289) [Rn] 5f 6d 7s 7p 4,2	(289) [Rn] 5f 6d 7s 7p 5,3	(293) [Rn] 5f 6d 7s 7p 6,4,2	(293) [Rn] 5f 6d 7s 7p 7,5,3,1,-1	(293) [Rn] 5f 6d 7s 7p 8

Atomzahl	43	(98,91)	Atommasse (gewichtetes Mittel)
Elektronenkonfiguration	[Kr] 4d	5s	Oxidationszahlen
Symbol	Tc	7	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)
Schmelzpunkt [°C]	2140	11.5	Elektronegativität
Siedepunkt [°C]	5030 *	1.9	
			Radioaktiv

6 Lanthanoide

7 Actinoide

57	138.91 [Xe] 5d 6s 3	140.12 [Xe] 4f 6s 4,3	140.91 [Xe] 4f 6s 4,3	144.24 [Xe] 4f 6s 3	(145) [Xe] 4f 6s 3	150.36 [Xe] 4f 6s 3,2	151.96 [Xe] 4f 6s 3,2	157.25 [Xe] 4f 5d 6s 3	158.93 [Xe] 4f 6s 4,3	162.50 [Xe] 4f 6s 3	164.93 [Xe] 4f 6s 3	167.26 [Xe] 4f 6s 3	168.93 [Xe] 4f 6s 3	173.04 [Xe] 4f 6s 3,2
89	(227) [Rn] 6d 7s 3	232.04 [Rn] 6d 7s 4	231.04 [Rn] 5f 6d 7s 5,4	238.03 [Rn] 5f 6d 7s 6,5,4,3	(237.05) [Rn] 5f 6d 7s 6,5,4,3	(244) [Rn] 5f 7s 6,5,4,3	(243) [Rn] 5f 7s 6,5,4,3	(247) [Rn] 5f 6d 7s 4,3	(247) [Rn] 5f 7s 4,3	(251) [Rn] 5f 7s 4,3	(254) [Rn] 5f 7s 3	(257) [Rn] 5f 7s 3	(258) [Rn] 5f 7s 3	(259) [Rn] 5f 7s 3,2
105	10.1 * 1.1	1750 3850 * 1.3	11.7 * 1.4	(1230) 15.4 3818 * 1.4	1132 19.07 3900 * 1.3	637 19.5 3235 * 1.3	640 19.81 -	994 13.7 3100 *	(1340) 13.51 -	-	-	-	-	-







Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

**The End**

**... is to be continued**