

Vorkurs Chemie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

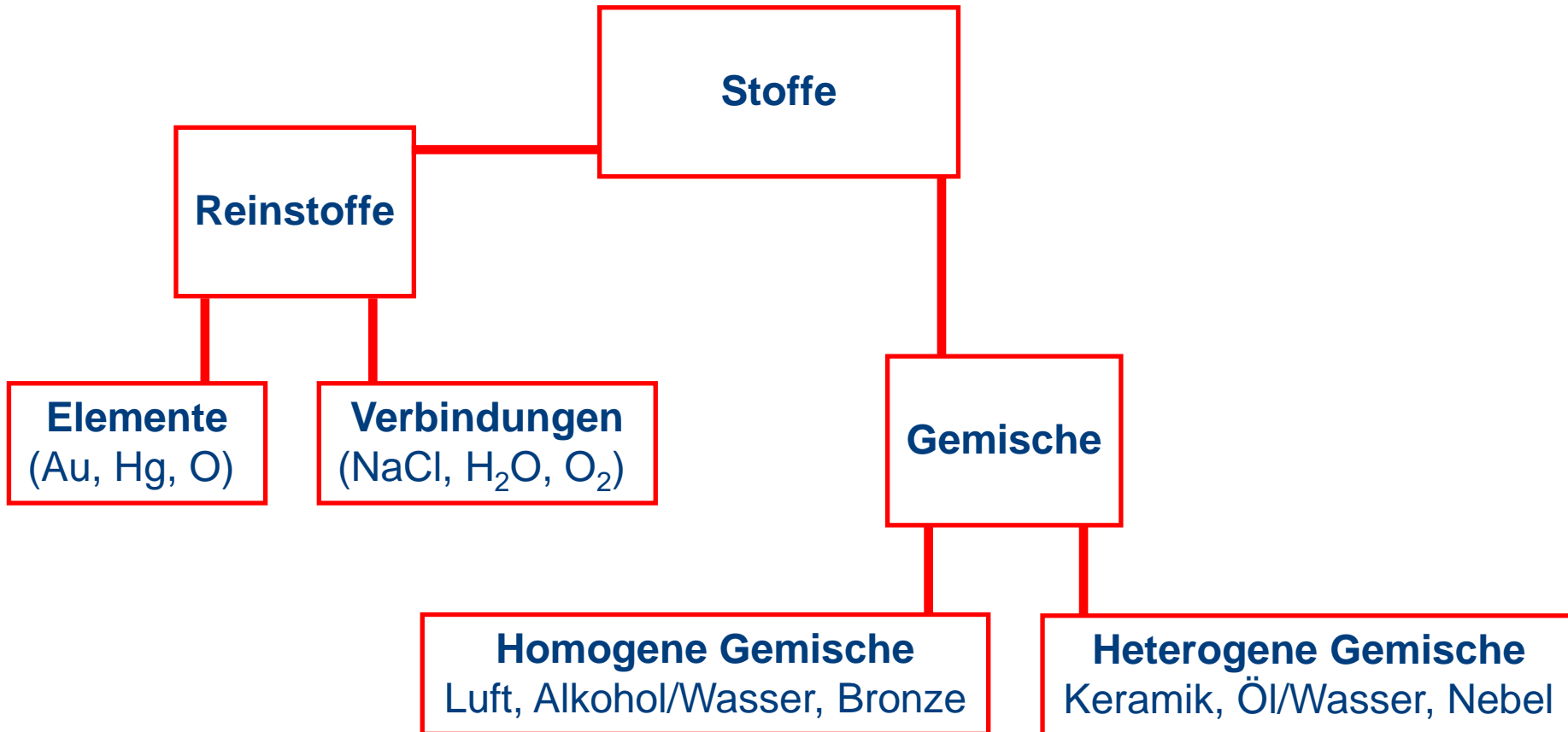
- Grundlagen
- Aufbau der Atome
- Periodensystem der Elemente
- Reaktionsgleichungen/Stöchiometrie
- Chemische Bindung
- Chemische Reaktionen/Thermodynamik
- Säuren und Basen
- Redox-Reaktionen

Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Woraus bestehen Stoffe?

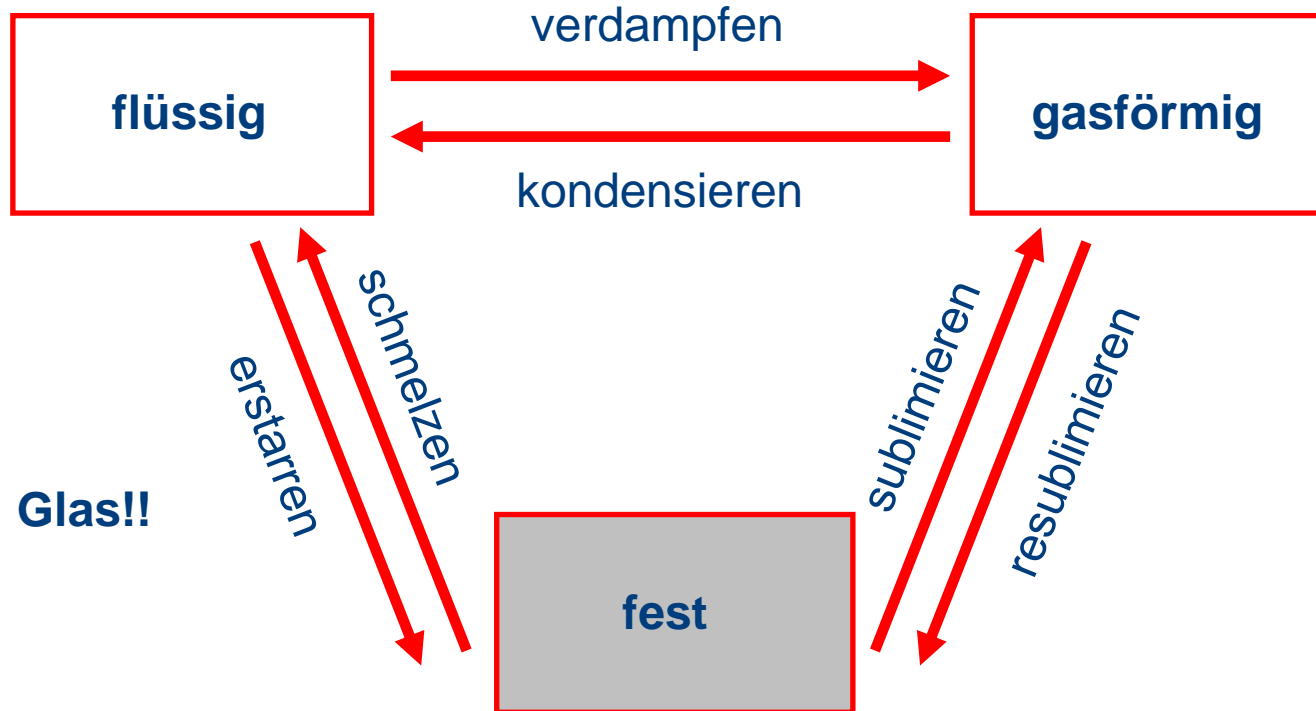


Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

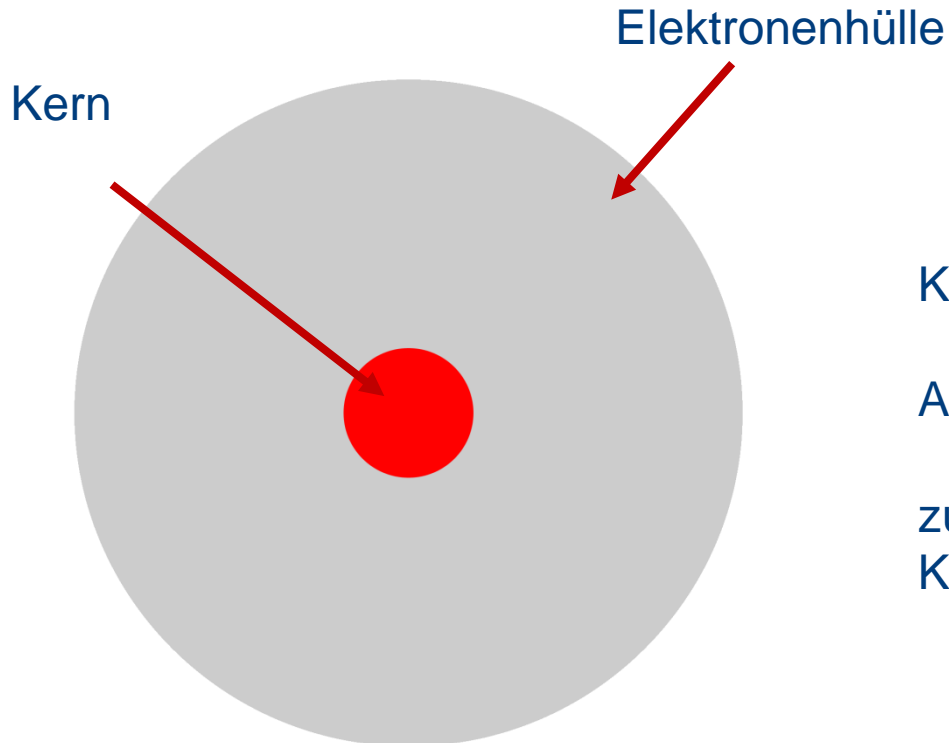
Der Aggregatzustand ist abhängig von T und p



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Kerndurchmesser: 10^{-14} m

Atomdurchmesser: 10^{-10} m = 1 Å

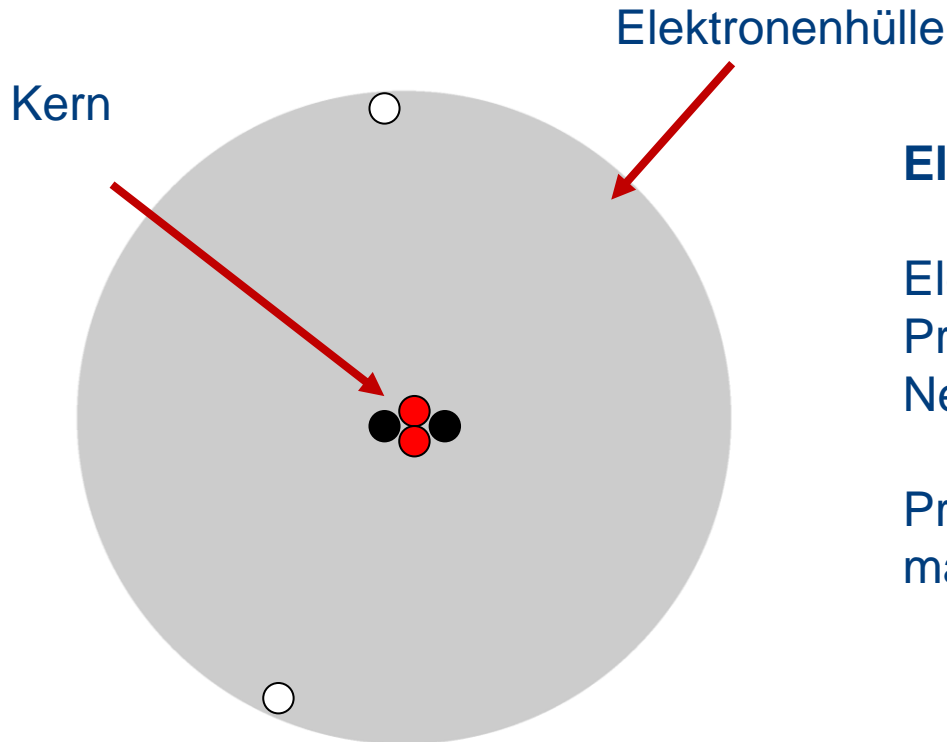
zum Vergleich:

Kern 1 mm, dann Hülle 10 m




Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Elementarteilchen:

Elektron	e^-		$0.911 \times 10^{-30} \text{ kg}$
Proton	p^+		$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron	n		$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Protonen und Neutronen bezeichnet man als *Nukleonen*

Nukleonenzahl



Protonenzahl o. Elektronenzahl o. Kernladungszahl o. Ordnungszahl

Vorkurs Chemie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Aufgabe:

1. Wie viele Protonen, Neutronen und Elektronen hat folgendes Atom: ${}^{63}_{29}\text{Cu}$.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Elementarteilchen:

Elektron e^- $0.911 \times 10^{-30} \text{ kg} = 5.486 \times 10^{-4} \text{ u}$ (Masse der e^- ist zu vernachlässigen)

Proton p^+ $1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.007 \text{ u}$

Neutron n $1.675 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.009 \text{ u}$



Atommassen werden in atomaren Masseneinheiten angegeben [u]!

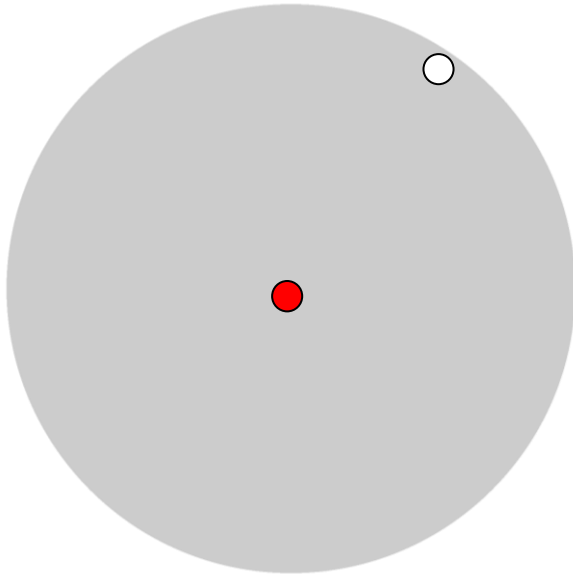
Eine atomare Masseneinheit ist:

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

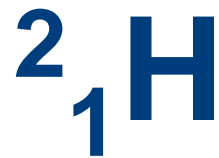
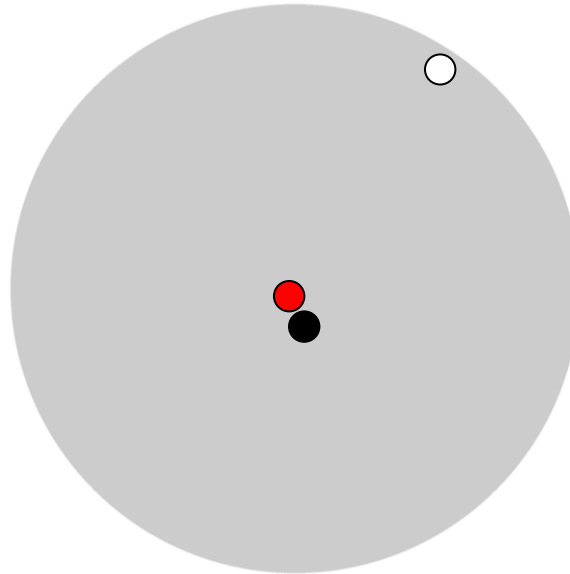
Atomaufbau



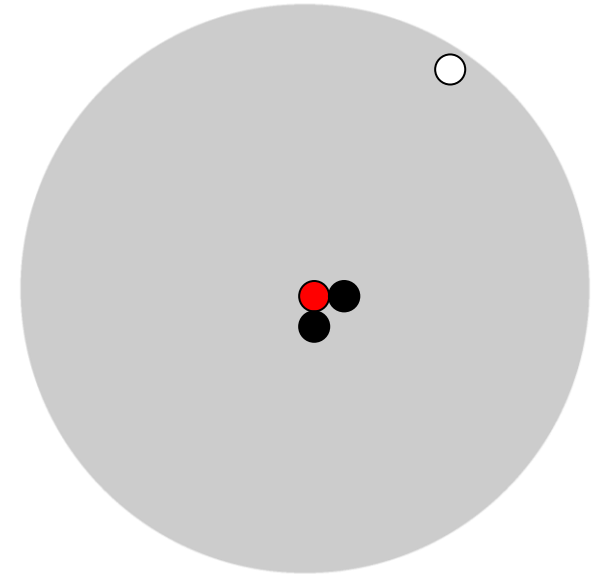
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Protium
99.985 %



Deuterium
0.015 %



Tritium
In Spuren

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola





Aufgabe:

1. Berechnen Sie die mittlere relative Atommasse des Chlors, wenn das natürliche Isotopengemisch folgendermaßen zusammengesetzt ist:
75,5 % $^{35}_{17}\text{Cl}$ und 24.5 % $^{37}_{17}\text{Cl}$.



John Dalton
(1766 - 1844)

Atommodell (1809)

- Atome sind die kleinsten Teilchen chemischer Elemente. 
- Atome verschiedener Elemente besitzen unterschiedliche Massen. 
- Atome werden als kugelförmig angenommen. 
- Alle Atome eines Elements sind untereinander gleich. 

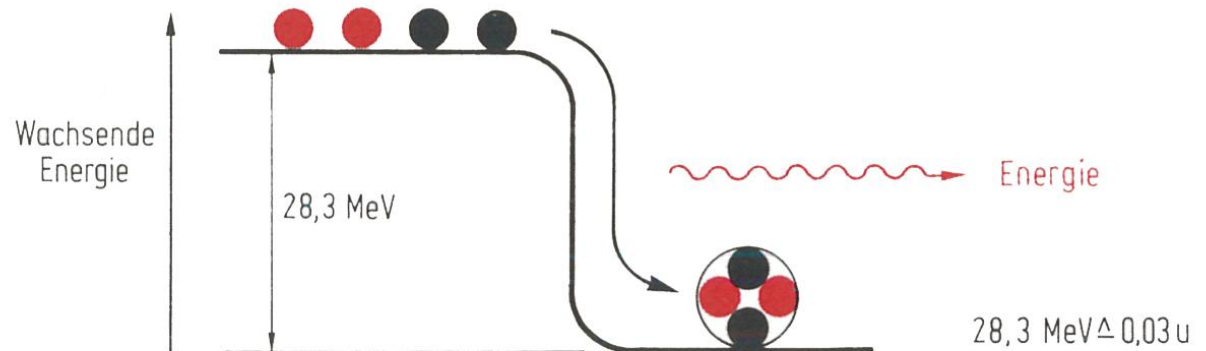
Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Der Massendefekt – 1 u = 931 MeV

Die Masse eines Nuklids ist stets kleiner als die Summe der Masse seiner Bausteine



${}^4\text{He}$ besteht aus	$2 p^+ + 2 n$
Berechnete Masse	$4.0319 \text{ u} = (2 \times 1.0073) + (2 \times 1.0087)$
Experimentelle Masse	4.0015 u
Differenz	0.0304 u
Kernbindungsenergie	$28.3 \text{ MeV} = 0.0304 \text{ u}$
Pro Nukleon	$7.08 \text{ MeV} = 0.0076 \text{ u}$

Atomaufbau

Nuklide besonders stabil

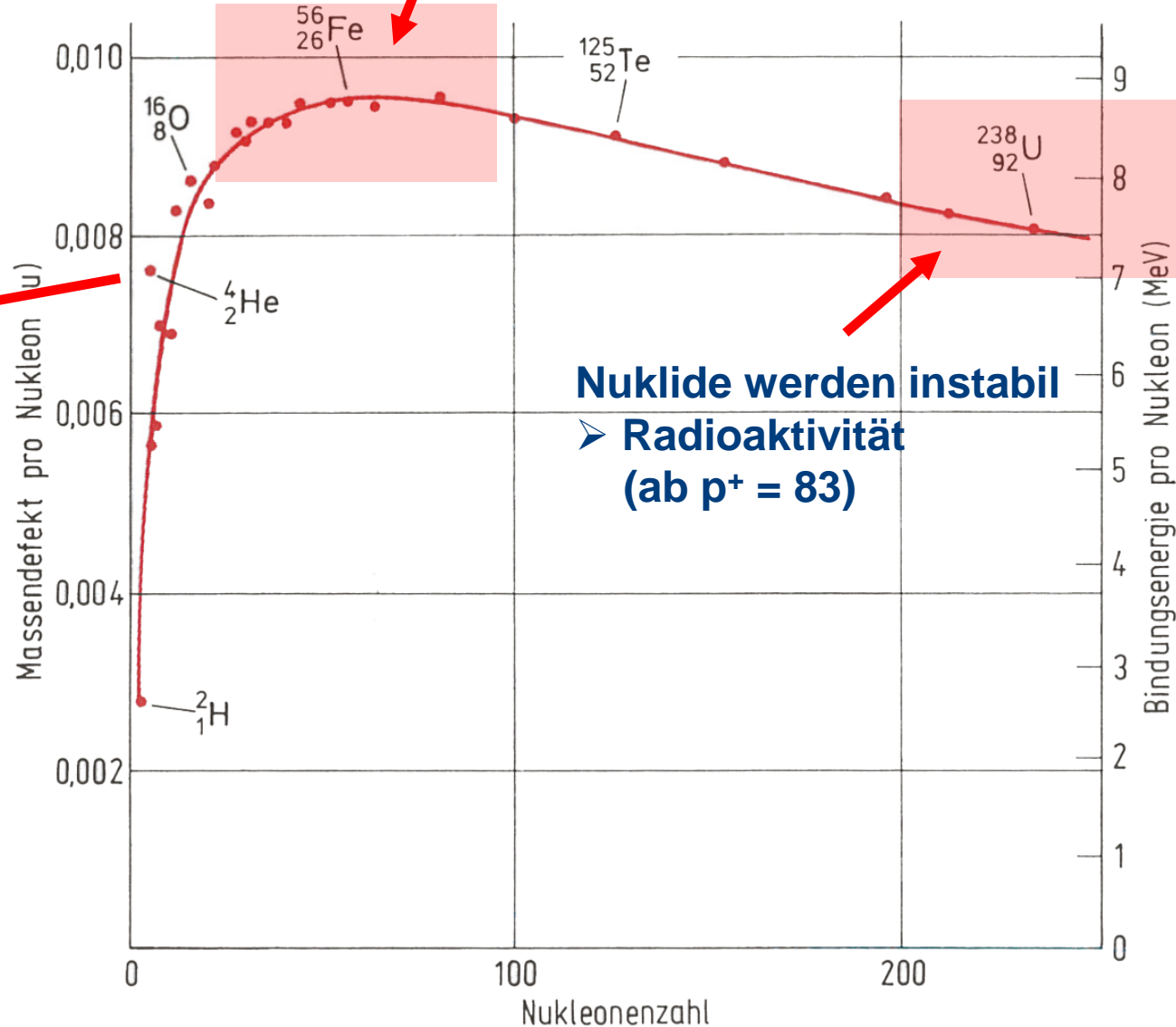


Technische Hochschule

Der Massendefekt

Massendefekt pro Nukleon
= 0.0076 u

Energie Pro Nukleon
= 7.08 MeV



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Eigenschaften der Strahlungsteilchen

Kernumwandlung	Teilchen der Strahlung	Bezeichnung der Strahlung	Kernladungszahl	Nukleonenzahl	Durchdringungsfähigkeit
<p>${}^A_Z E$ ${}^{A-4}_{Z-2} E$</p>	He-Kerne	α -Strahlung	+2	4	gering
<p>${}^A_Z E$ ${}^A_{Z+1} E$</p>	\ominus Elektronen	β -Strahlung	-1	0	mittel
<p>Kern im angeregten Zustand ${}^A_Z E$ Kern im Grundzustand ${}^A_Z E$</p>	Photonen (elektromagnet. Wellen)	γ -Strahlung	0	0	groß

● Proton ● Neutron

α -Strahlung:
besteht aus ${}^4_2\text{He}$

Reichweite (Luft):
ca. 3.5 cm

β -Strahlung
besteht aus e^-

Reichweite (Luft):
ca. 4 m

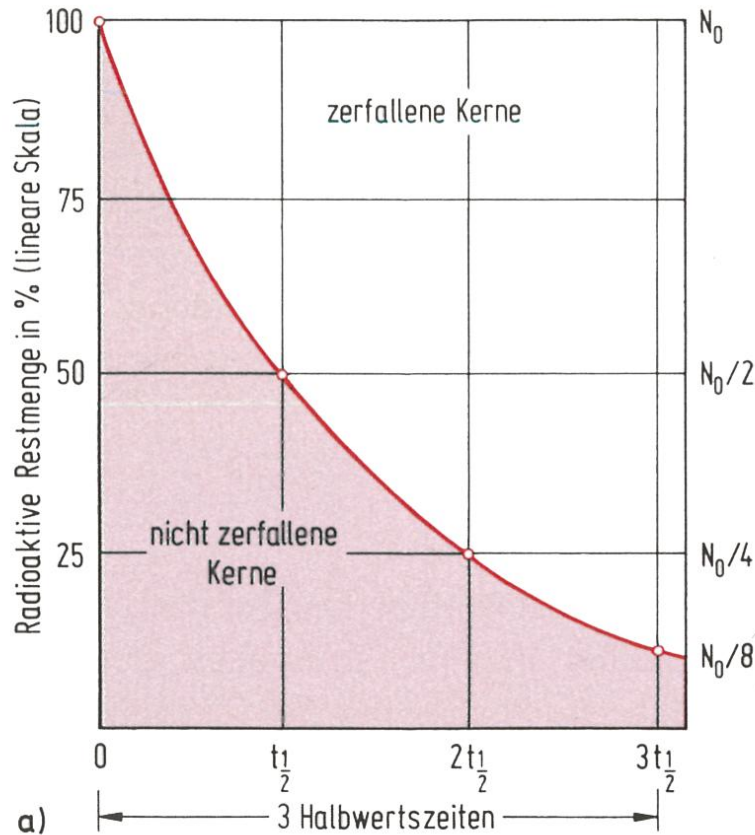
γ -Strahlung
Ist energiereiche
elektromagnetische
Strahlung

Reichweite (Luft):
hoch



Zerfallsgeschwindigkeit

- radioaktiver Zerfall kann nicht beeinflusst werden
- radioaktiver Zerfall erfolgt spontan und rein statistisch
- pro Zeiteinheit zerfällt immer der gleiche Anteil an Kernen
- Maß für die Zerfallsgeschwindigkeit ist die Halbwertszeit $t_{1/2}$, nach der die Hälfte eines radioaktiven Stoffes zerfallen ist



$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.693 / \lambda$$

λ = Zerfallskonstante

Atombau



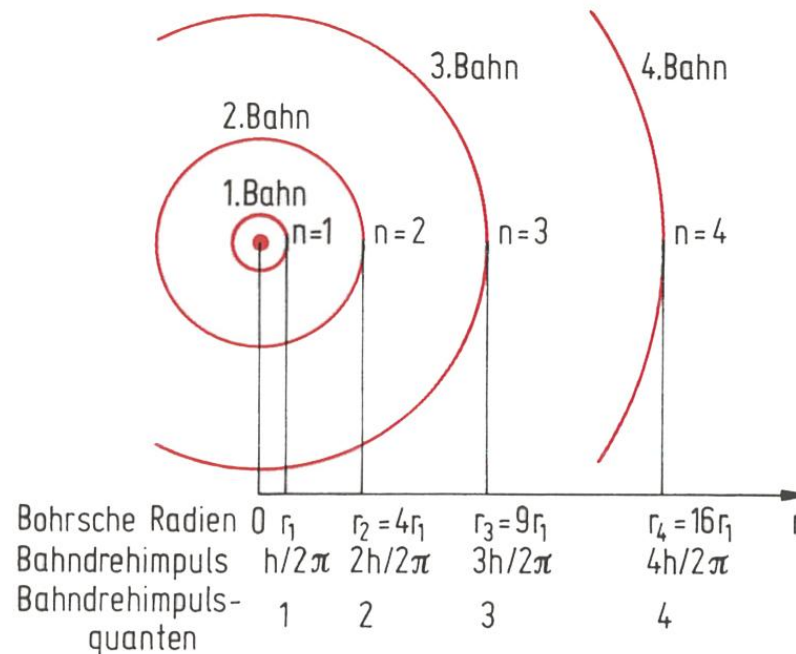
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nils Bohr
(1885 - 1962)
(Nobelpreis 1922)

Annahme:

Das e^- darf sich nicht in beliebigen Abständen von Kern aufhalten. Es kann den Kern nur auf bestimmten Bahnen (Quantenzahlen) umkreisen.



Atomaufbau



1s-Orbital
n=1



2s-Orbital
n=2

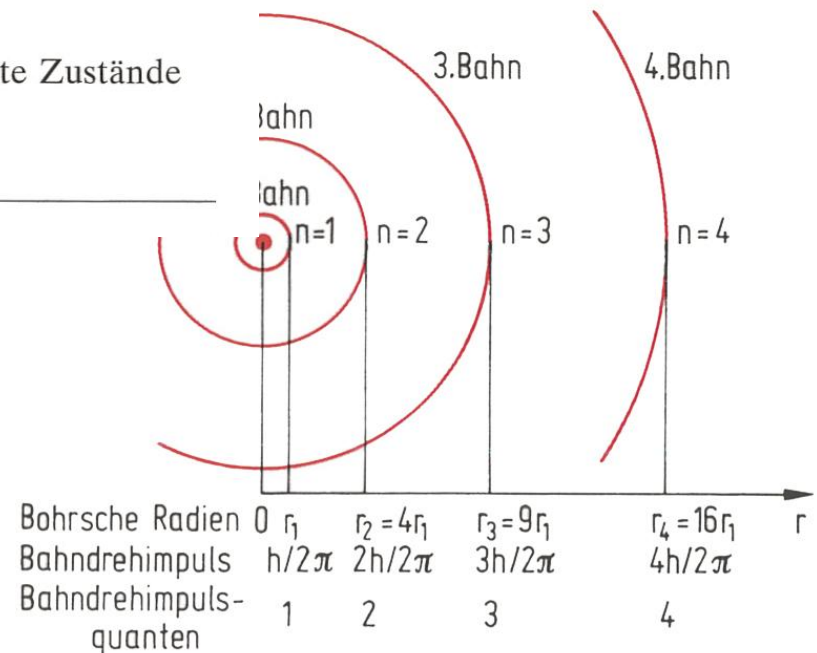


3s-Orbital
n=3

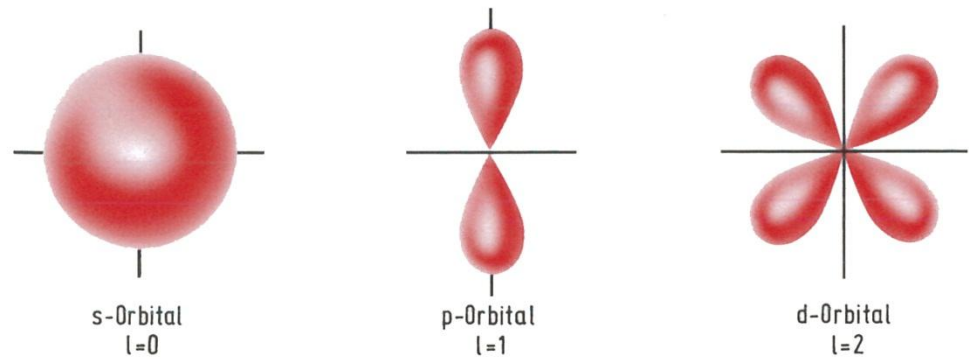
Hauptquantenzahl n

Durch die Hauptquantenzahl n (1, 2, 3, ...) wird die Größe der Orbitale bestimmt.

n	Schale	Energie	
1	K	E_1	Grundzustand
2	L	$\frac{1}{4}E_1$	angeregte Zustände
3	M	$\frac{1}{9}E_1$	
4	N	$\frac{1}{16}E_1$	
5	O	$\frac{1}{25}E_1$	



Atomaufbau



Nebenquantenzahl l

Die Nebenquantenzahl l beschreibt die Anzahl der Quantenzustände für jede Schale und bestimmt die Gestalt der Orbitale.

$$l \leq n - 1 \quad (0, 1, 2, 3, \dots, n-1)$$

Schale	K	L	M	N
n	1	2	3	4
l	0	0 1	0 1 2	0 1 2 3
Bezeichnung	s	s p	s p d	s p d f

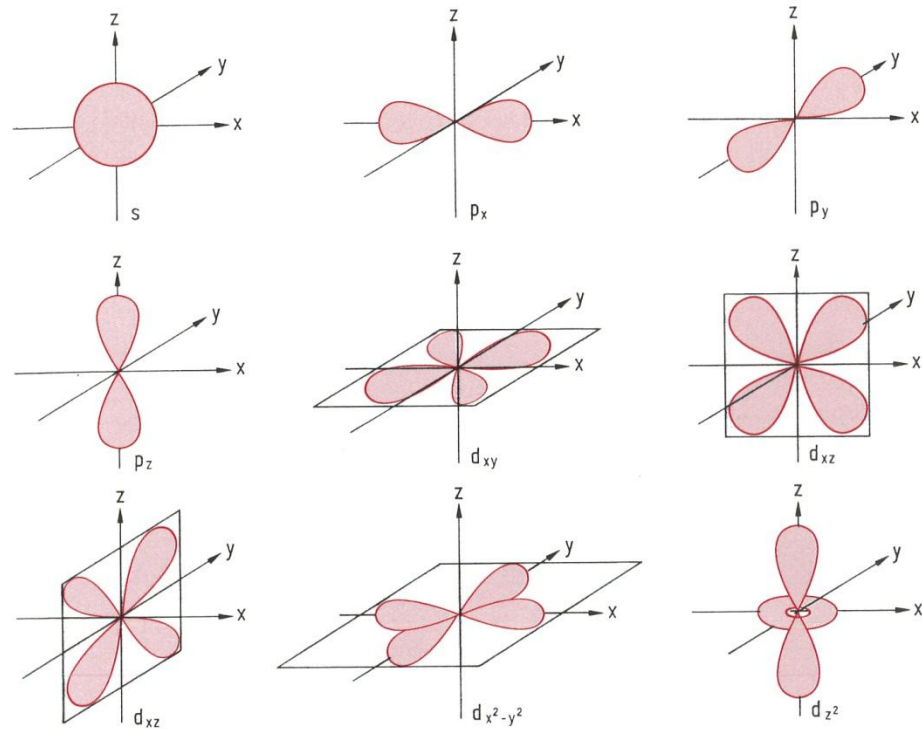
s = sharp p = principal d = diffuse f = fundamental

Atomaufbau

Magnetische Quantenzahl m_l

Die Magnetische Quantenzahl m_l beschreibt die Anzahl der s-/p-/d-/f-Zustände (Unterschalen) und bestimmt die Orientierung der Orbitale im Raum.

$$-l \leq m_l \leq +l$$






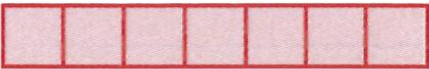






l	m_l	Anzahl der Zustände $2l + 1$
0	0	ein s-Zustand
1	-1 0 +1	drei p-Zustände
2	-2 -1 0 +1 +2	fünf d-Zustände
3	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3	sieben f-Zustände

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Die durch die drei Quantenzahlen n , l , m_l charakterisierten Quantenzustände heißen Atomorbitale (AO).

Schale	n	Orbitale			
		s $l=0$	p $l=1$	d $l=2$	f $l=3$
N	4	 4s	 4p	 4d	 4f
M	3	 3s	 3p	 3d	
L	2	 2s	 2p		
K	1	 1s			

↑ wachsende Energie

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Spinquantenzahl m_s

Die Spinquantenzahl m_s beschreibt die

$$m_s = +1/2,$$

Schale	n	s l=0	p l=1	d l=2	f l=3
N	4				
M	3				
L	2				
K	1				

↑ wachsende Energie

Pauli-Prinzip:

Ein Atom darf keine e^- enthalten, die in allen vier Quantenzuständen übereinstimmen.



2s

erlaubt

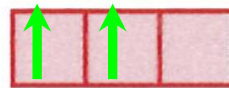


2s

verboten

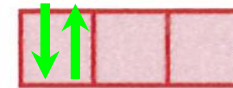
Hund'sche Regel:

Die Orbitale einer Unterschale werden so besetzt, dass die Anzahl der e^- mit gleicher Spinrichtung maximal wird.



2p

erlaubt

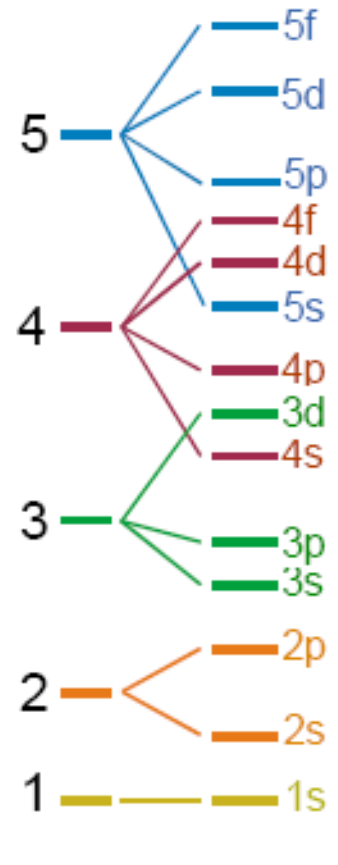


2p

verboten

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



Energie

1
1A 1.01
H
-259 0.09
-253 2.1
2A 9.01
Li Be
181 0.53 1277 1.85
1330 1.0 2970 1.5
11 22.99 12 24.31
[Ne] 3s¹ [Ne] 3s²
Na Mg
98 0.97 650 1.74
892 0.9 1107 1.2
19 39.10 20 40.08
[Ar] 4s¹ [Ar] 4s²
K Ca
64 0.86 838 1.55
760 0.8 1440 1.0
37 85.47 38 87.62
[Kr] 5s¹ [Kr] 5s²
Rb Sr
39 1.53 768 2.6
688 0.8 1380 1.0
55 132.91 56 137.33
[Xe] 6s¹ [Xe] 6s²
Cs Ba
29 1.90 714 3.76
690 0.7 1640 0.9
87 (223.0) 88 226.03
[Rn] 7s¹ [Rn] 7s²
Fr Ra
(27) 700 5.0
677 * 0.7 1140 * 0.9

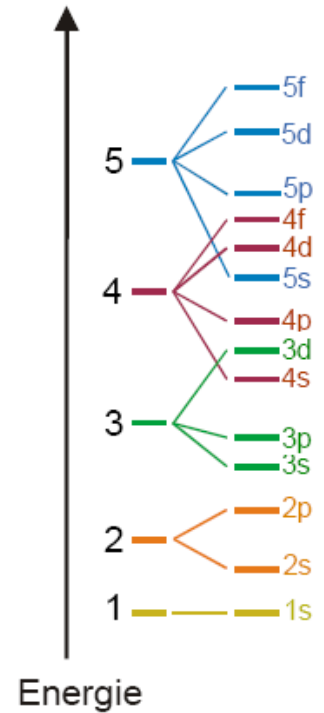
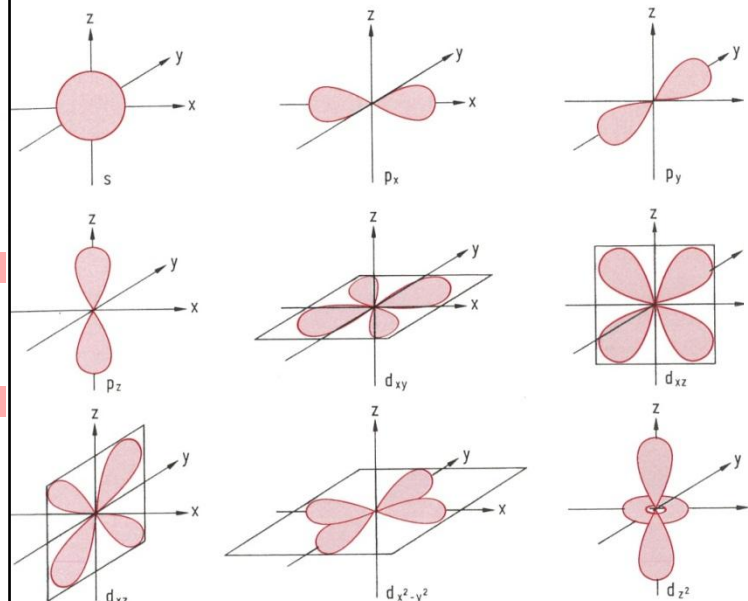
6 Lanthanoide
7 Actinoide

2.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.04
6s ²	[Xe] 4f ¹ 6s ² 3	[Xe] 4f ² 6s ² 3	[Xe] 4f ³ 6s ² 3.2	[Xe] 4f ⁴ 6s ² 3.2
8.54	1461 8.80	1497 9.05	1545 9.33	824 6.98
-	2600 1.2	2900 1.2	1727 1.2	1196 1.1
251	99 (254)	100 (257)	101 (258)	102 (259)
7s ²	[Rn] 5f ¹ 7s ² 3	[Rn] 5f ² 7s ² 3	[Rn] 5f ³ 7s ² 3	[Rn] 5f ⁴ 7s ² 3.2
f	Es	Fm	Md	No
-	*	*	*	*



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



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Aufgaben:











1. Welches Element hat folgende Elektronenkonfiguration?



2. Geben Sie die Elektronenkonfigurationen von folgenden Elementen an:

Ti, V, Cr

3. Was zeichnet die Edelgase aus? Geben Sie eine Begründung an.

Schale	n	Orbitale			
		s l=0	p l=1	d l=2	f l=3
N	4	 4s	 4p	 4d	 4f
M	3	 3s	 3p	 3d	
L	2	 2s	 2p		
K	1	 1s			

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Aufgaben:

1. Welches Element hat folgende Elektronenkonfiguration?













2. Geben Sie die Elektronenkonfigurationen von folgenden Elementen an:



3. Was zeichnet die Edelgase aus? Geben Sie eine Begründung an.

Besonders reaktionsträge, da äußerste Schale /Orbitale vollständig gefüllt.

Schale	n	Orbitale			
		s l=0	p l=1	d l=2	f l=3
N	4				
M	3				
L	2				
K	1				

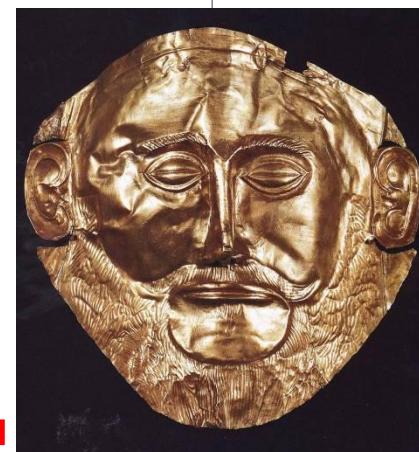
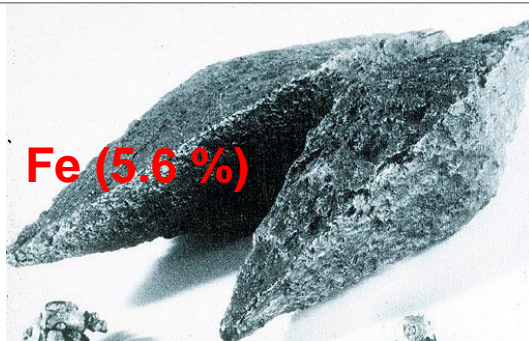
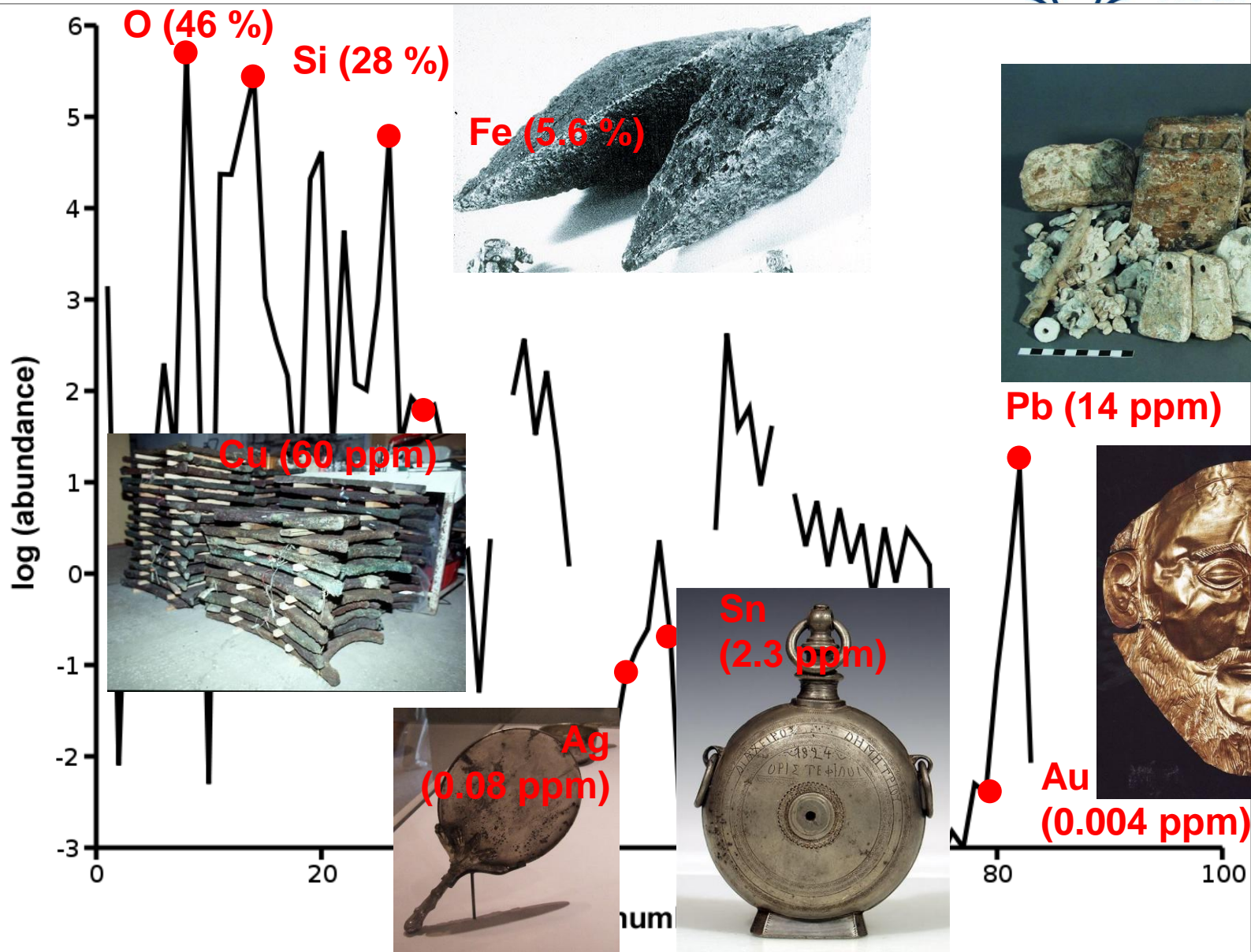
↑ wachsende Energie

Elementhäufigkeit



Technische Hochschule

g Agricola



Pb (14 ppm)



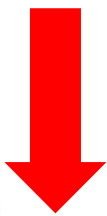
Periodensystem der Element (langversion)

																		18	
																		0 4.00	
																		1s ²	
																		He	
																		2s ² 2p ⁶	
																		Ne	
																		3s ² 3p ⁶	
																		Ar	
																		4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶	
																		Kr	
																		5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶	
																		Xe	
																		6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ⁶	
																		Rn	
																		7s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Og	
																		8s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuo	
																		9s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuh	
																		10s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		11s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuu	
																		12s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uub	
																		13s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuc	
																		14s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uud	
																		15s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uue	
																		16s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuf	
																		17s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uug	
																		18s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuh	
																		19s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uui	
																		20s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuj	
																		21s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuk	
																		22s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uul	
																		23s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uum	
																		24s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uun	
																		25s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuo	
																		26s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uup	
																		27s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		28s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		29s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		30s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		31s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		32s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		33s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		34s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		35s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		36s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		37s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		38s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		39s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		40s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		41s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		42s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		43s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		44s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		45s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		46s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		47s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		48s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		49s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		50s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		51s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		52s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		53s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		54s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		55s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		56s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		57s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		58s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		59s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		60s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		61s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		62s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		63s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		64s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		65s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		66s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		67s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		68s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		69s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		70s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		71s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		72s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		73s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		74s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		75s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		76s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		77s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		78s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		79s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		80s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		81s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		82s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		83s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		84s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		85s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		86s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		87s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		88s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		89s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		90s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		91s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		92s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		93s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		94s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		95s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		96s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		97s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		98s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		99s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		100s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		101s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		102s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		103s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		104s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		105s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		106s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		107s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		108s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		109s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		110s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		111s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		112s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		113s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		114s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		115s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		116s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		117s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		118s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		119s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		120s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		121s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		122s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		123s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		124s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		125s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		126s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		127s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		128s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		129s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		130s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		131s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		132s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		133s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		134s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		135s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		136s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		137s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		138s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		139s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		140s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		141s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		142s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		143s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	
																		144s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uur	
																		145s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uus	
																		146s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uut	
																		147s ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ⁶	
																		Uuq	

Perioden



Gruppen



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

Elektronenkonfiguration: [Kr] 4d⁵ 5s² — Oxidationszahlen

Symbol: Tc — Dichte [g/cm³], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)

Schmelzpunkt [°C]: 2140 — Elektronegativität

Siedepunkt [°C]: 5030 * 1.9

Radioaktiv

1	Perioden																Gruppen		18
1A	1	2	3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0	
1	H	He											B	C	N	O	F	Ne	
2	Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
3	Na	Mg																	
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

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
3470	1.1	3468	1.1	3127	1.2	2460	*	1790	1.2	1439	*	3000	1.1
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
1050	10.1	1750	11.7	1230	15.4	1132	19.07	637	19.5	640	19.81	994	13.7
*	1.1	3850	* 1.3	*	1.4	3818	* 1.4	3900	* 1.3	3235	* 1.3	*	1.3

7 Actinoide

Hauptgruppen

1A	2A
1 1.01 1s 1-1 -259 0.09 -253 2.1 H	2 6.94 9.01 [He] 2s 1 2 Li Be 181 0.53 1277 1.85 1330 1.0 2970 1.5
3 22.99 24.31 [Ne] 3s 1 2 Na Mg 98 0.97 650 1.74 892 0.9 1107 1.2	
4 39.10 40.08 [Ar] 4s 1 2 K Ca 64 0.86 838 1.55 760 0.8 1440 1.0	
5 85.47 87.62 [Kr] 5s 1 2 Rb Sr 39 1.53 768 2.6 688 0.8 1380 1.0	
6 132.91 137.33 [Xe] 6s 1 2 Cs Ba 29 1.90 714 3.76 690 0.7 1640 0.9	
7 223.04 226.03 [Rn] 7s 1 2 Fr Ra (27) - 700 5.0 677 * 0.7 1140 * 0.9	

Nebengruppen

3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	
21 44.96 [Ar] 3d 4s 3 Sc	22 47.88 [Ar] 3d 4s 4,3 Ti	23 50.94 [Ar] 3d 4s 5,4,3,2,0 V	24 52.00 [Ar] 3d 4s 6,3,2,0 Cr	25 54.94 [Ar] 3d 4s 7,6,4,3,2,0,-1 Mn	26 55.85 [Ar] 3d 4s 6,3,2,0,-2 Fe	27 58.93 [Ar] 3d 4s 3,2,0,-1 Co	28 58.70 [Ar] 3d 4s 3,2,0 Ni	29 63.55 [Ar] 3d 4s 2,1 Cu	30 65.38 [Ar] 3d 4s 2 Zn	
39 88.91 [Kr] 4d 5s 3 Y	40 91.22 [Kr] 4d 5s 4 Zr	41 91.22 [Kr] 4d 5s 5,3 Nb	42 95.94 [Kr] 4d 5s 6,5,4,3,2,0 Mo	43 (98.91) [Kr] 4d 5s 7 Tc	44 101.07 [Kr] 4d 5s 8,6,4,3,2,0,-2 Ru	45 102.91 [Kr] 4d 5s 5,4,3,1,2,0 Rh	46 106.42 [Kr] 4d 5s 4,2,0 Pd	47 107.87 [Kr] 4d 5s 2,1 Ag	48 112.41 [Kr] 4d 5s 2 Cd	
55 174.97 [Xe] 4f 5d 6s 3 Lu	71 174.97 [Xe] 4f 5d 6s 4 Hf	72 178.49 [Xe] 4f 5d 6s 5 Ta	73 180.95 [Xe] 4f 5d 6s 6,5,4,3,2,0 W	74 183.85 [Xe] 4f 5d 6s 7,6,4,2,-1 Re	75 186.21 [Xe] 4f 5d 6s 8,6,4,3,2,0,-2 Os	76 190.20 [Xe] 4f 5d 6s 6,4,3,2,1,0,-1 Ir	77 192.22 [Xe] 4f 5d 6s 4,2,0 Pt	78 195.08 [Xe] 4f 5d 6s 3,1 Au	80 200.59 [Xe] 4f 5d 6s 2,1 Hg	
87 (223.04) [Rn] 7s 3 Fr	103 (262.1) [Rn] 5f 6d 7s 3 Lr	104 (261.1) [Rn] 5f 6d 7s 4 Rf	105 (262.1) [Rn] 5f 6d 7s 5 Db	106 (263.1) [Rn] 5f 6d 7s 6 Sg	107 (264.1) [Rn] 5f 6d 7s 7 Bh	108 (265.1) [Rn] 5f 6d 7s 8 Hs	109 (269) [Rn] 5f 6d 7s 9 Mt	110 (269) [Rn] 5f 6d 7s 10 Uun	111 (272) [Rn] 5f 6d 7s 11 Uuu	112 (277) [Rn] 5f 6d 7s 12 Uub

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

Elektronenkonfiguration: [Kr] 4d⁵ 5s² — Oxidationszahlen

Symbol: Tc

Schmelzpunkt [°C]: 2140 11.5 — Dichte [g/cm³], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)

Siedepunkt [°C]: 5030 * 1.9 — Elektronegativität

Radioaktiv

5 10.81 [He] 2s 2p 3 B	6 12.01 [He] 2s 2p 4,2-4 C	7 14.01 [He] 2s 2p 5,4,3,2,-3 N	8 16.00 [He] 2s 2p -2,-1 O	9 19.00 [He] 2s 2p -1 F	10 20.18 [He] 2s 2p -269 018 He
13 26.98 [Ne] 3s 3p 3 Al	14 28.09 [Ne] 3s 3p 4-4 Si	15 30.97 [Ne] 3s 3p 5,3-3 P	16 32.06 [Ne] 3s 3p 6,4,2-2 S	17 35.45 [Ne] 3s 3p 7,5,3,1,-1 Cl	18 39.95 [Ne] 3s 3p -249 0.9 -269 018 Ar
31 69.72 [Ar] 3d 4s 4p 3 Ga	32 72.59 [Ar] 3d 4s 4p 4 Ge	33 74.91 [Ar] 3d 4s 4p 5,3-3 As	34 78.96 [Ar] 3d 4s 4p 6,4,-2 Se	35 79.90 [Ar] 3d 4s 4p 7,5,3,1,-1 Br	36 83.80 [Ar] 3d 4s 4p -189 1.78 -183 - Kr
49 114.82 [Kr] 4d 5s 5p 4 In	50 118.69 [Kr] 4d 5s 5p 4,2 Sn	51 121.75 [Kr] 4d 5s 5p 5,3-3 Sb	52 127.60 [Kr] 4d 5s 5p 6,4,-2 Te	53 126.90 [Kr] 4d 5s 5p 7,5,1,-1 I	54 131.29 [Kr] 4d 5s 5p -112 5.89 -108 - Xe
81 204.38 [Xe] 4f 5d 6s 6p 3,1 Tl	82 207.20 [Xe] 4f 5d 6s 6p 4,2 Pb	83 208.98 [Xe] 4f 5d 6s 6p 5,3 Bi	84 (209) [Xe] 4f 5d 6s 6p 6,4,2 Po	85 (210) [Xe] 4f 5d 6s 6p 7,5,3,1,-1 At	86 (222) [Xe] 4f 5d 6s 6p -(-71) 9.73 -62 * - Rn
114 (289) Uuq	116 (289) Uuh	118 (293) Uuo			

6 Lanthanoide

57 138.91 [Xe] 5d 6s 3 La	58 140.12 [Xe] 4f 6s 4,3 Ce	59 140.91 [Xe] 4f 6s 4,3 Pr	60 144.24 [Xe] 4f 6s 3 Nd	61 (145) [Xe] 4f 6s 3 Pm	62 150.36 [Xe] 4f 6s 3,2 Sm	63 151.96 [Xe] 4f 6s 3,2 Eu	64 157.25 [Xe] 4f 5d 6s 3 Gd	65 158.93 [Xe] 4f 6s 4,3 Tb	66 162.50 [Xe] 4f 6s 3 Dy	67 164.93 [Xe] 4f 6s 3 Ho	68 167.26 [Xe] 4f 6s 3 Er	69 168.93 [Xe] 4f 6s 3,2 Tm	70 173.04 [Xe] 4f 6s 3,2 Yb
920 6.17 3470 1.1	795 6.67 3468 1.1	935 6.77 3127 1.1	1024 7.00 3027 1.2	(1027) 7.22 2460 *	1072 7.54 1790 1.2	828 5.26 1439 -	1312 7.89 3000 1.1	1356 8.27 2800 1.2	1407 8.54 2600 -	1461 8.80 2600 1.2	1497 9.05 2900 1.2	1545 9.33 1727 1.2	824 6.98 1196 1.1
89 (227) [Rn] 6d 7s 3 Ac	90 232.04 [Rn] 6d 7s 4 Th	91 231.04 [Rn] 5f 6d 7s 5,4 Pa	92 238.03 [Rn] 5f 6d 7s 6,5,4,3 U	93 (237.05) [Rn] 5f 6d 7s 6,5,4,3 Np	94 (244) [Rn] 5f 7s 6,5,4,3 Pu	95 (243) [Rn] 5f 7s 6,5,4,3 Am	96 (247) [Rn] 5f 6d 7s 4,3 Cm	97 (247) [Rn] 5f 7s 4,3 Bk	98 (251) [Rn] 5f 7s 4,3 Cf	99 (254) [Rn] 5f 7s 3 Es	100 (257) [Rn] 5f 7s 3 Fm	101 (258) [Rn] 5f 7s 3 Md	102 (259) [Rn] 5f 7s 3,2 No
1050 10.1 677 * 0.7	1750 11.7 3850 * 1.3	(1230) 15.4 *	1132 19.07 3818 * 1.4	637 19.5 3900 * 1.3	640 19.81 3235 * 1.3	994 13.7 *	(1340) 13.51 -	- - - - *	- - - - *	- - - - *	- - - - *	- - - - *	- - - - *

7 Actinoide

Auffüllung der s-Orbitale

Auffüllung der p-Orbitale

18

0

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

Auffüllung der d-Orbitale

1A	1	1.01	
1	H		
2A	2	9.01	
2	Li	Be	
3A	3	22.99	24.31
3	Na	Mg	
4A	4	39.10	40.08
4	K	Ca	
5A	5	85.47	87.62
5	Rb	Sr	
6A	6	132.91	137.33
6	Cs	Ba	
7A	7	223.0	226.03
7	Fr	Ra	

3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun

3B	4B	5B	6B	7B	10
5	6	7	8	9	10
B	C	N	O	F	Ne
13	14	15	16	17	18
Al	Si	P	S	Cl	Ar
31	32	33	34	35	36
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
49	50	51	52	53	54
In	Sn	Sb	Te	I	Xe
81	82	83	84	85	86
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
111	112	113	114	115	116
Uuq	Uuh	Uuo			

Auffüllung der f-Orbitale

6	Lanthanoide	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
		92	95	93	102	107	82	131	135	140	146	149	154	82	6
		347	348	312	302	246	179	143	300	280	260	260	290	172	119
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
		(227)	232	231	238	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(258)	(259)
		[Rn] 5f ⁷ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁶ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁵ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁴ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ³ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ² 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ¹ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²	[Rn] 5f ⁰ 6d ⁷ 7s ²
		105	175	123	113	63	64	99	13	(134)	13				
		*	* 1.3	* 1.4	* 1.4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1 fest flüssig gasförmig radioaktiv

Atomzahl — 43 (98,91) — Atommasse (gewichtetes Mittel)
 Elektronenkonfiguration — [Kr] 4d⁵ 5s² — Oxidationszahlen
 Symbol — Tc —
 Schmelzpunkt [°C] — 2140 11,5 — Dichte [g/cm³], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)
 Siedepunkt [°C] — 5030 * 1,9 — Elektronegativität
 Radioaktiv

1A	1.01																	0	4.00
1	H																	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

7 Actinoide

57	138.91	58	140.12	59	140.91	60	144.24	61	(145)	62	150.36	63	151.96	64	157.25	65	158.93	66	162.50	67	164.93	68	167.26	69	168.93	70	173.04
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb														
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)
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No														

Nichtmetalle 18

1	1A																18	0													
1	2A																3B	4B	5B	6B	7B	18									
1	2A																3B	4B	5B	6B	7B	18									
2	2A																3B	4B	5B	6B	7B	18									
3	3A																4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	18
4	3A																4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	18
5	3A																4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	18
6	3A																4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	18
7	3A																4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	18

Metalle

- Eigenschaften von Metallen:**
1. Elektrische Leitfähigkeit
 2. Wärmeleitfähigkeit
 3. Metallischer Glanz
 4. Feststoff

6	Lanthanoide															
7	Actinoide															

PSE



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Trends im Periodensystem der Elemente

➤ Innerhalb einer Gruppe nimmt I mit zunehmender Ordnungszahl ab, da auf jeder neu hinzukommenden Schale die e⁻ schwächer gebunden sind.

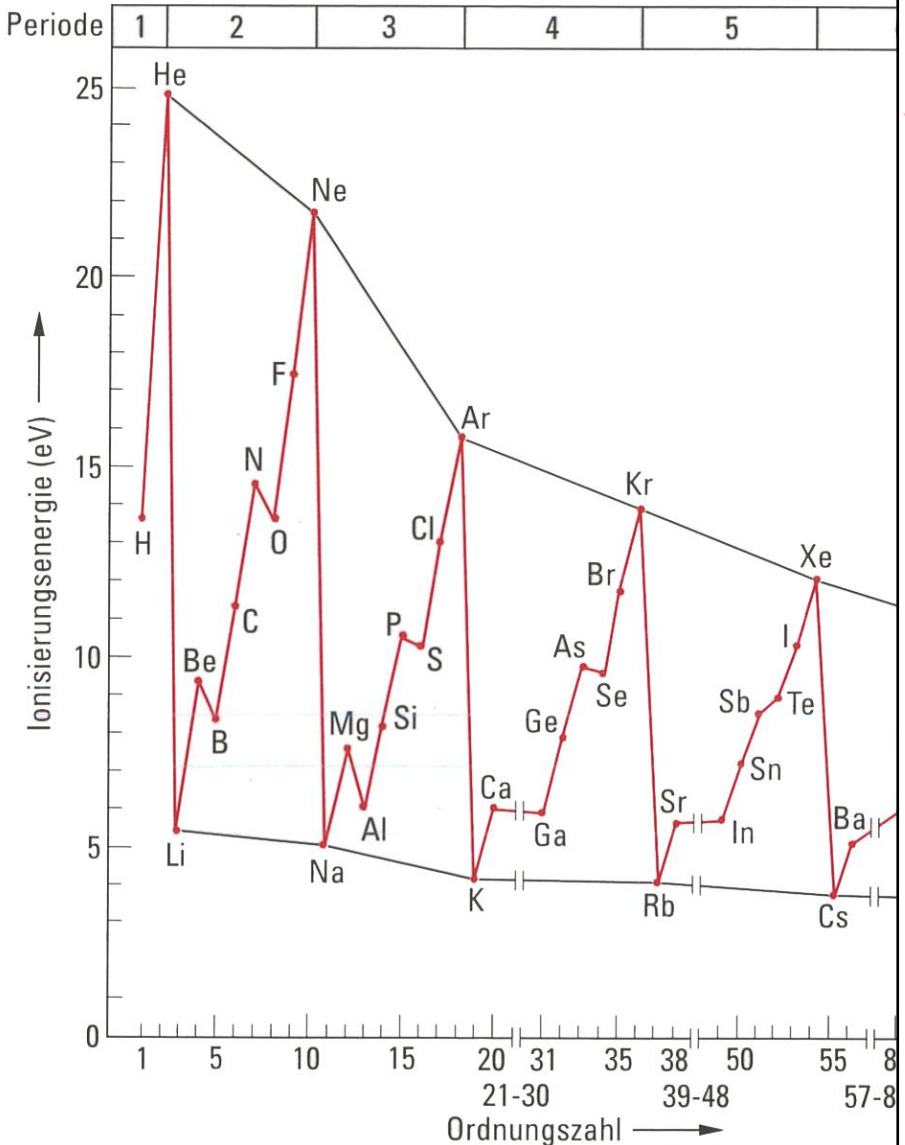


Tabelle 1.9 Elektronenkonfigurationen der ersten 36 Elemente

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

- Innerhalb einer Gruppe nimmt I mit zunehmender Ordnungszahl ab, da auf jeder neu hinzukommenden Schale die e⁻ schwächer gebunden sind.
- Innerhalb einer Periode nimmt I mit zunehmender Ordnungszahl zu, da keine neuen Schalen aufgefüllt werden.

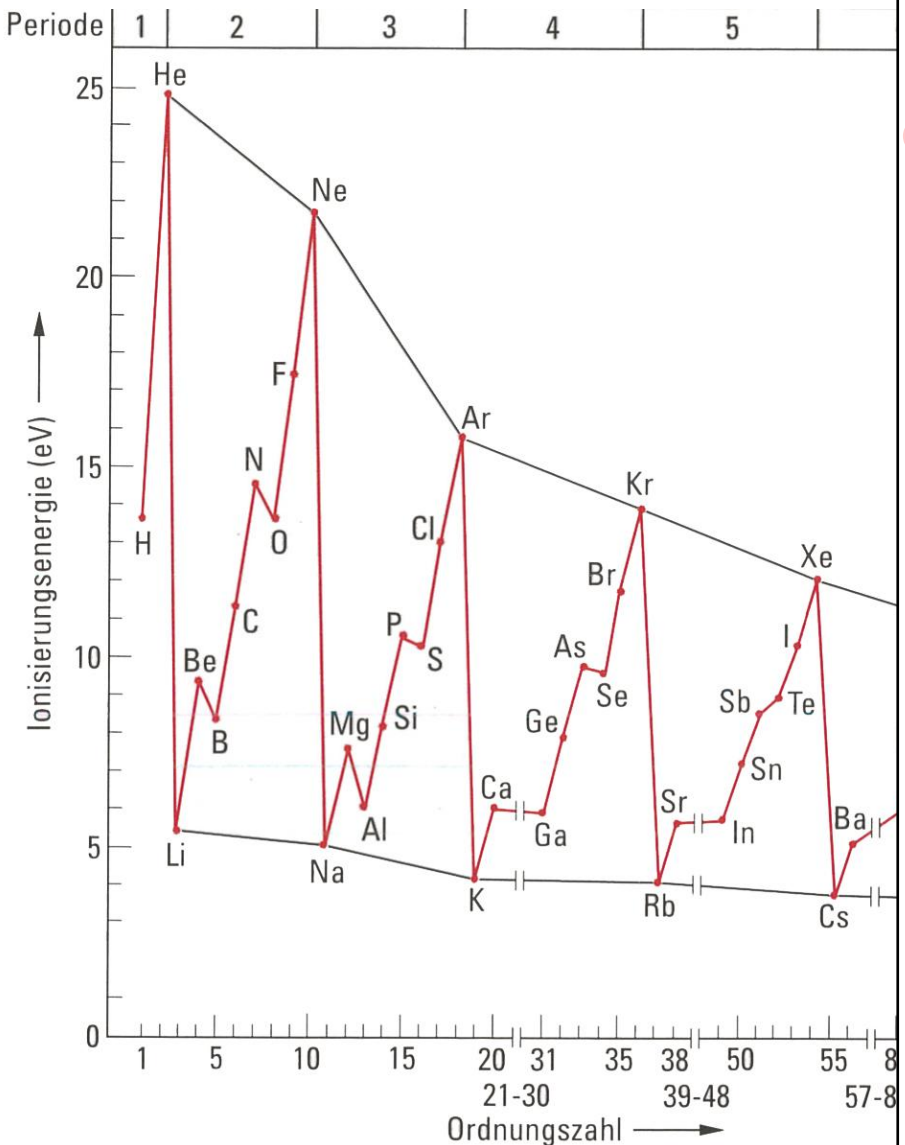
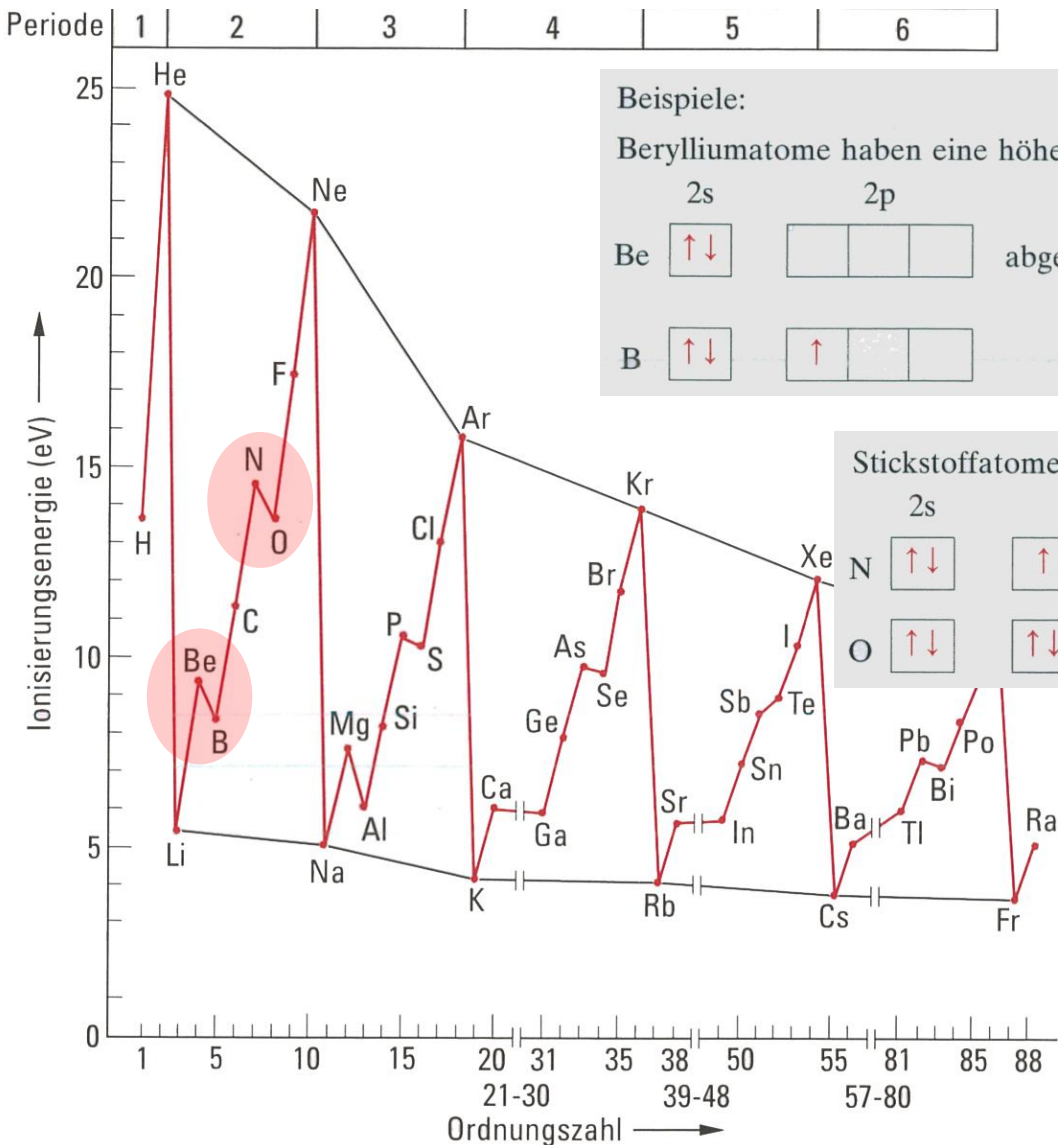


Tabelle 1.9 Elektronenkonfigurationen der ersten 36 Elemente

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

- Innerhalb einer Gruppe nimmt I mit zunehmender Ordnungszahl ab, da auf jeder neu hinzukommenden Schale die e⁻ schwächer gebunden sind.
- Innerhalb einer Periode nimmt I mit zunehmender Ordnungszahl zu, da keine neuen Schalen aufgefüllt werden.

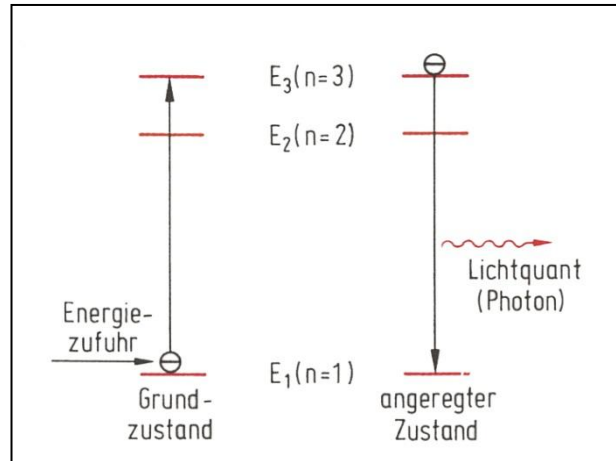


Beispiele:
 Berylliumatome haben eine höhere Ionisierungsenergie als Boratome.

	2s	2p	
Be	$\uparrow\downarrow$	$\square \square \square$	abgeschlossene 2s-Unterschale
B	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow \square \square$	

Stickstoffatome haben eine höhere Ionisierungsenergie als Sauerstoffatome.

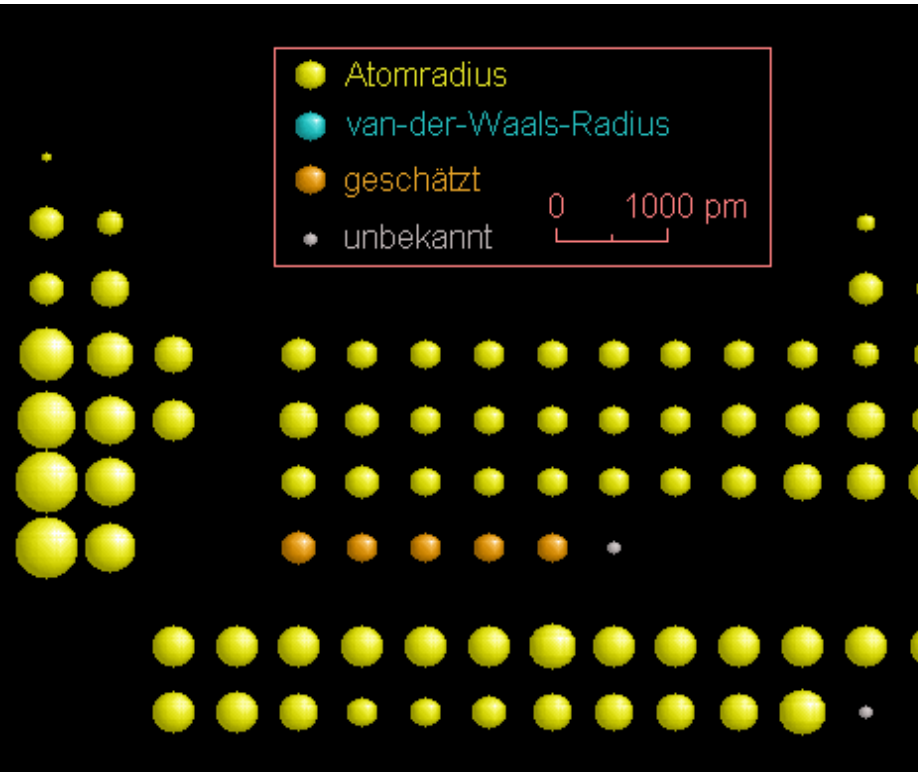
	2s	2p	
N	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow \uparrow \uparrow$	halbbesetzte 2p-Unterschale
O	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$	



Gruppe 1 s¹
Alkalimetalle

Ionisierungsenergie nimmt zu:

1																	18			
1A																	0			
1	1.01 1s 1,-1 H															4.00 1s He				
2	6.94 [He] 2s Li	9.01 [He] 2s Be													10.81 [He] 2s 2p B	12.01 [He] 2s 2p C	14.01 [He] 2s 2p N	16.00 [He] 2s 2p O	19.00 [He] 2s 2p F	20.18 [He] 2s 2p Ne
		Symbol		Tc		Oxidationszahlen														
		Schmelzpunkt [°C]		2140 11.5		Dichte [g/cm ³], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)														
		Siedepunkt [°C]		5030 * 1.9		Elektronegativität														
		Radioaktiv																		
3	22.99 [Ne] 3s Na	24.31 [Ne] 3s Mg	3	4	5	6	7	8	8	8	11B	12B	13	14	15	16	17	18	19	20
4	39.10 [Ar] 4s K	40.08 [Ar] 4s Ca	3A	4A	5A	6A	7A	8	8	8	1B	2B	31	32	33	34	35	36	37	38
5	85.47 [Kr] 5s Rb	87.62 [Kr] 5s Sr	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
6	132.91 [Xe] 6s Cs	137.33 [Xe] 6s Ba	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
7	(223.0) [Rn] 7s Fr	226.03 [Rn] 7s Ra	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112					114	116	118	120
6	Lanthanoide		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70				
7	Actinoide		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102				

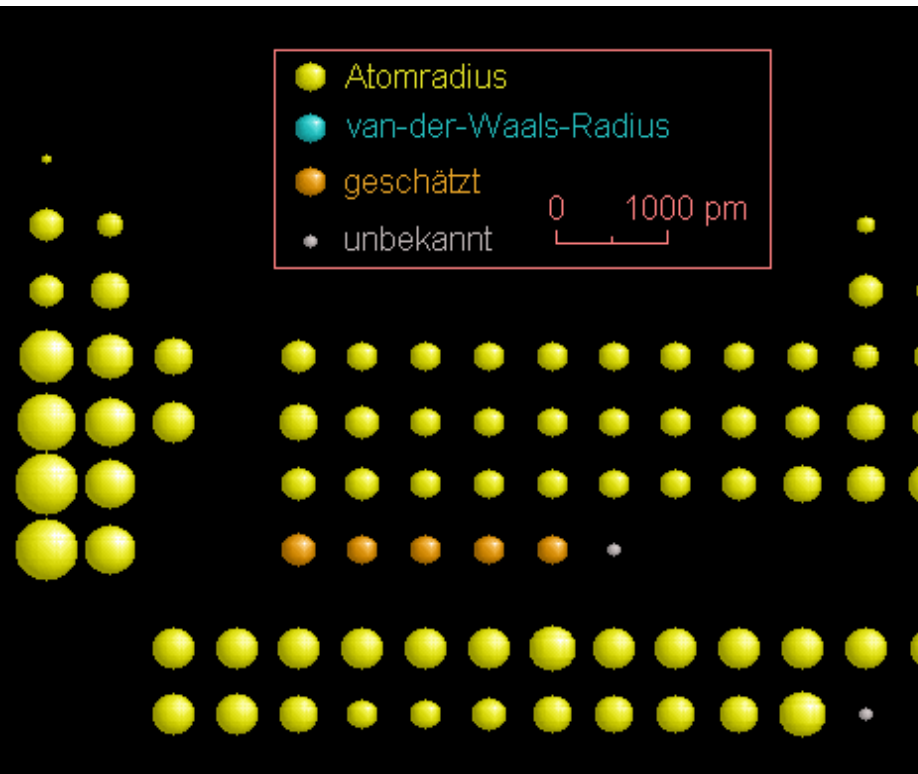


➤ Atomradien innerhalb einer Gruppe nehmen mit zunehmender Ordnungszahl zu, da Elektronen neue Schalen (Hauptquantenzahl) besetzen.

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	↑				$1s^1$	1
2	He	↑↓				$1s^2$	
3	Li	↑↓	↑			$[\text{He}] 2s^1$	
4	Be	↑↓	↑↓			$[\text{He}] 2s^2$	
5	B	↑↓	↑↓	↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^1$	
6	C	↑↓	↑↓	↑ ↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^2$	
7	N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^3$	2
8	O	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^4$	
9	F	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^5$	
10	Ne	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓		$[\text{He}] 2s^2 2p^6$	
11	Na			↑		$[\text{Ne}] 3s^1$	
12	Mg			↑↓		$[\text{Ne}] 3s^2$	
13	Al	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$	
14	Si	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑ ↑		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$	
15	P	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑ ↑ ↑		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$	
16	S	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑↓ ↑ ↑		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$	
17	Cl	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$	
18	Ar	Neonkonfiguration [Ne]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓		$[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$	
19	K				↑	$[\text{Ar}] 4s^1$	
20	Ca				↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2$	
21	Sc			↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$	
22	Ti			↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^2$	
23	V			↑ ↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^3$	
24	*Cr			↑ ↑ ↑ ↑ ↑	↑	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$	
25	Mn			↑ ↑ ↑ ↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^5$	
26	Fe			↑↓ ↑ ↑ ↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$	
27	Co	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^7$	
28	Ni	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^8$	
29	*Cu	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$	
30	Zn	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$	
31	Ga	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^1$	
32	Ge	Argonkonfiguration [Ar]		↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑ ↑	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^2$	4

Atomradien



- Atomradien innerhalb einer Gruppe nehmen mit zunehmender Ordnungszahl ab, da Elektronen neue Schalen (Hauptquantenzahl n) aufzufüllen. Die Anzahl der Protonen nimmt ebenfalls zu, was die Atome schrumpfen lässt.
- Atomradien nehmen innerhalb einer Periode (Hauptquantenzahl n) ab, da die Anzahl der Protonen zunimmt, jedoch die Elektronen in denselben Schalen aufzufüllen.

Tabelle 1.9 Elektronenkonfigurationen der ersten 36 Elemente

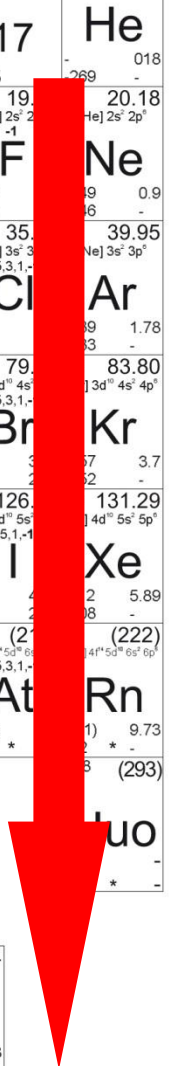
Z	Element	K 1s	L 2s 2p	M 3s 3p 3d	N 4s 4p	Symbol	Periode
1	H	↑				$1s^1$	1
2	He	↑↓				$1s^2$	
3	Li	↑↓	↑			$[\text{He}] 2s^1$	2
4	Be	↑↓	↑↓			$[\text{He}] 2s^2$	
5	B	↑↓	↑↓	↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^1$	
6	C	↑↓	↑↓	↑↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^2$	
7	N	↑↓	↑↓	↑↑↑		$[\text{He}] 2s^2 2p^3$	
8	O	↑↓	↑↓	↑↑↑↑		$[\text{He}]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

Atomradius nimmt zu:

1	1A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1	2	2A	3	4	5	6	7	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0	
1	1.01																		4.00	
1	H																		He	
2	Li	Be												B	C	N	O	F	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				



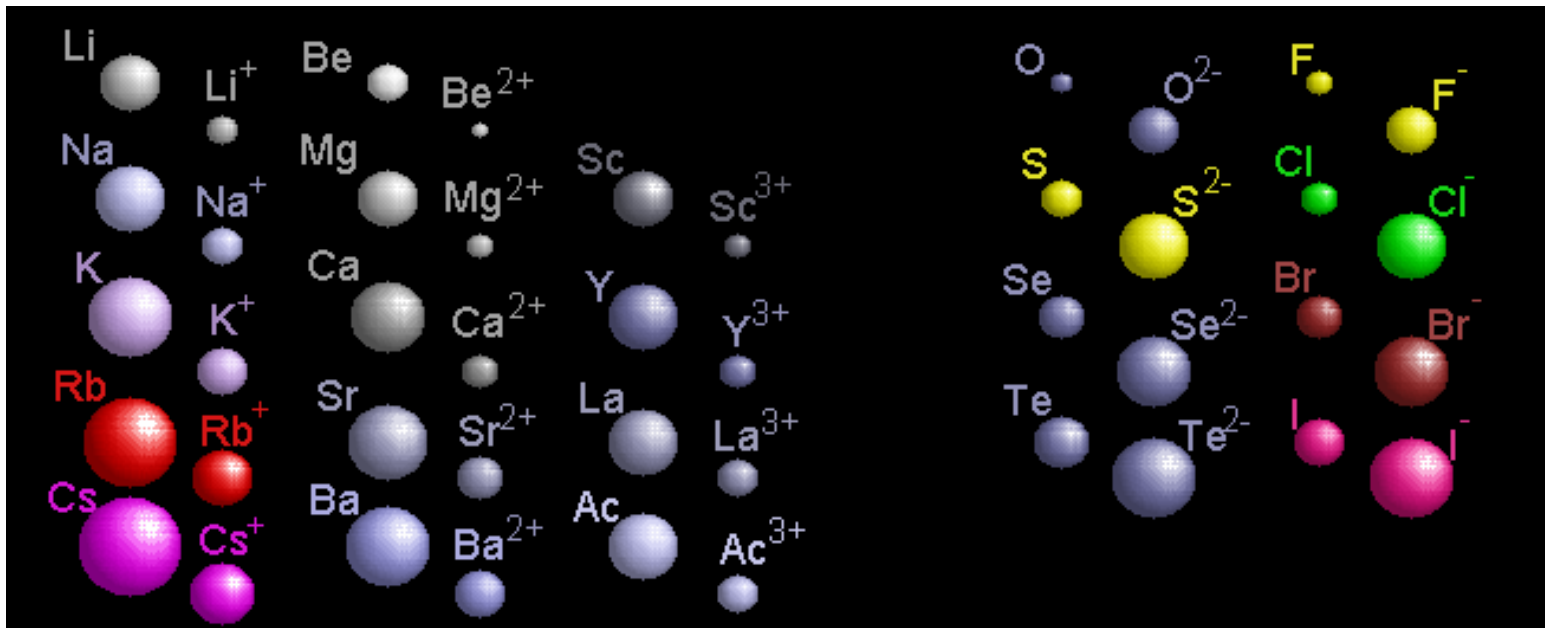
Symbol: Tc
 Schmelzpunkt [°C]: 2140 11.5
 Siedepunkt [°C]: 5030 * 1.9
 Oxidationszahlen
 Dichte [g/cm³], für Gase [g/l] (0°C, 1013mbar)
 Elektronegativität
 Radioaktiv



Ionenradien



Technische
Hochschule
Georg Agricola



- Ionenradien innerhalb einer Gruppe nehmen zu, da die hinzukommenden Elektronen neue Schalen (Hauptquantenzahl n) auffüllen.
- Kationen sind kleiner als die zugrundeliegenden Atome, denn die Kernladung konzentriert sich auf eine geringere Elektronenzahl.
- Anionen sind größer als die zugehörigen Atome. Gleiche Kernladung steht in Wechselwirkung mit einer größeren Zahl von sich gegenseitig abstoßenden Elektronen.

Ionenradius nimmt zu:

1	1A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	2	2A	3	4	5	6	7	8	8	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0
1	H	Li	Be	Tc										B	C	N	O	F	Ne
2	2	3	4	Oxidationszahlen										5	6	7	8	9	10
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	18
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	18
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	18
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	18
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	18
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				

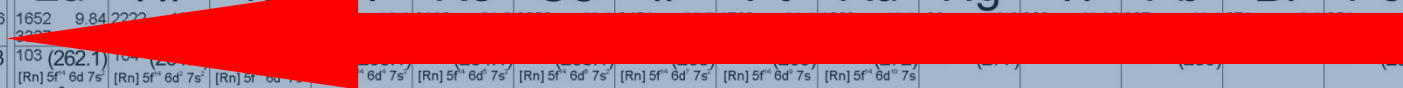


Ionisierungsenergie nimmt zu:

1A	1	2											15	16	17	18		
1	H															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				Juo
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		



Atom- und Ionenradius nehmen zu:



Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Antoine Lavoisier
(1743 -1794)

Gesetz von der Erhaltung der Masse (1785)

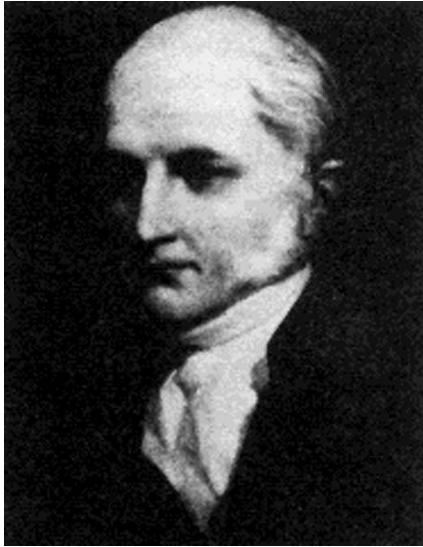
Bei allen chemischen Vorgängen bleibt die Gesamtmasse der an der Reaktion beteiligten Stoffe konstant.



Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Joseph Proust
(1754 - 1826)

Gesetz der konstanten Proportionen (1799)

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



1g C verbindet sich immer mit 1.333g O zu CO

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola



John Dalton
(1766 - 1844)

Gesetz der multiplen Proportionen (1803)

Bilden zwei Elemente mehrerer Verbindungen, dann stehen die Massen der Elemente zueinander im Verhältnis kleiner ganzer Zahlen.



1g C verbindet sich mit 1x 1.333g O zu CO



1g C verbindet sich mit 2x 1.333g O zu CO₂

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 ⁻¹]
Kraft	N [J/m = kgm/s ²]
Druck	Pa [N/m ² = kg/(s ² m)]
Energie	J [Nm = Ws = m ² kg/s ²]
Leistung	W [J/s = VA = m ² kg/s ³]
Spannung	V [W/A = m ² kg/s ³ 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 $= 19.92 \times 10^{-24} \text{ g}$

Elektron	e^-	$0.911 \times 10^{-30} \text{ kg} = 5.486 \times 10^{-4} \text{ u}$
Proton	p^+	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.007 \text{ u}$
Neutron	n	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.009 \text{ u}$



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 $^{12}_6\text{C}$ 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

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.

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

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

$n(x)$ = Stoffmenge in mol

$m(x)$ = Masse in g

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



Amedeo Avogadro
(1776 - 1856)

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

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

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

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

$$M(\text{H}) = 1.008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 15.999 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = [2 \times M(\text{H}) + M(\text{O})] = 18.015 \text{ g/mol}$$

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Aufgaben:

1. Berechnen Sie die molare Masse der Verbindung Na_2SO_4 .
2. Welcher Stoffmenge entsprechen jeweils 100 g der Verbindungen H_2 und H_2SO_4 und wie viele Moleküle sind jeweils darin enthalten?

Benötigt werden PSE, Rechner und

$$N_a = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

mit:

$n(x)$ = Stoffmenge in mol

$m(x)$ = Masse in g

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

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen/Molekülen

Der prozentuale Massenanteil der Elemente in einer Verbindung kann aus der chemischen Formel berechnet werden.

Die Indexzahlen in der Formel geben die Anzahl der Mole jedes Elementes in einem Mol der Verbindung an. Zusammen mit den molaren Massen der Elemente kann man so die entsprechende Masse in Gramm berechnen.

Daraus ergibt sich dann für den **Massenanteil $w(x)$** des jeweiligen Elementes x :

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

Beispiel: Wie viel % Eisen enthält das Eisenerz Fe_2O_3 ?

$$m(\text{Fe}) = 2 \text{ mol} \times M(\text{Fe}) = 2 \text{ mol} \times 55.85 \text{ g/mol} = 111.7 \text{ g}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \text{ mol} \times M(\text{Fe}) + 3 \text{ mol} \times M(\text{O})$$

$$= 2 \text{ mol} \times 55.85 \text{ g/mol} + 3 \text{ mol} \times 15.999 \text{ g/mol} = 159.70 \text{ g}$$

$$w(\text{Fe}) = m(\text{Fe}) / m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 111.7 \text{ g} / 159.7 \text{ g} = 0.699$$

Das Eisenerz Fe_2O_3 enthält 69.9 % Eisen.

Reaktionsgleichungen/ Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Aufgaben:

1. Wie viel % Kupfer enthält das Kupfererz Cu_2S .
2. Die Analyse eines Eisenerzes ergibt einen Eisengehalt von 77,73 % und als weiteres Element Sauerstoff. Wie lautet die Formel dieser Verbindung?
3. Bestimmen Sie die Summenformel einer Verbindung, die 43,6 % Phosphor und 56,4 % Sauerstoff enthält? Die experimentell bestimmte molare Masse der Verbindung beträgt 284 g/mol.

Benötigt werden PSE, Rechner und

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

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

mit:

$n(x)$ = Stoffmenge in mol

$m(x)$ = Masse in g

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



Technische
Hochschule
Georg Agricola

The End

... is to be continued