

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

Vorkurs Chemie

Jan Hoinkis und Eberhard Lindner

WILEY-VCH

Chemie für Ingenieure

13. Auflage



Skript zur Vorlesung Chemie I

Chemie für Ingenieure
(Hoinkis/Lindner, 13. Aufl., 2007)

Anorganische Chemie
(Riedel/Janiak, 8. Aufl., 2011, de

Allgemeine und Anorganische Chemie
(Riedel, 9. Aufl., 2008, de Gruyter

Vorkurs Chemie

Skript zur Vorlesung Chemie I

Chemie für Ingenieure
(Hoinkis/Lindner, 13. Aufl., 2007)

Anorganische Chemie
(Riedel/Janiak, 8. Aufl., 2011, de

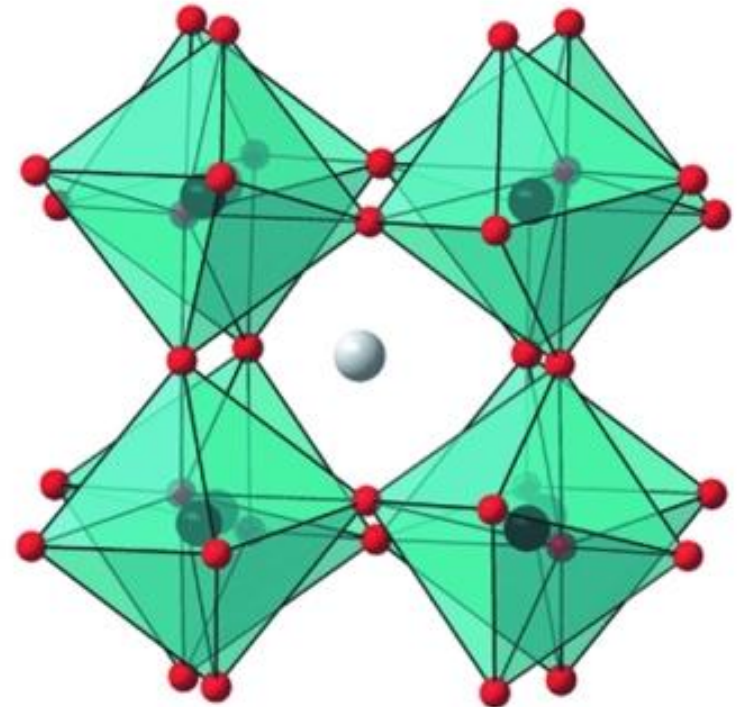
Allgemeine und Anorganische Chemie
(Riedel, 9. Aufl., 2008, de Gruyter

DE GRUYTER

STUDIUM

Erwin Riedel, Christoph Janiak
**ANORGANISCHE
CHEMIE**

8. AUFLAGE



DE
G

Vorkurs Chemie

Skript zur Vorlesung Chemie I

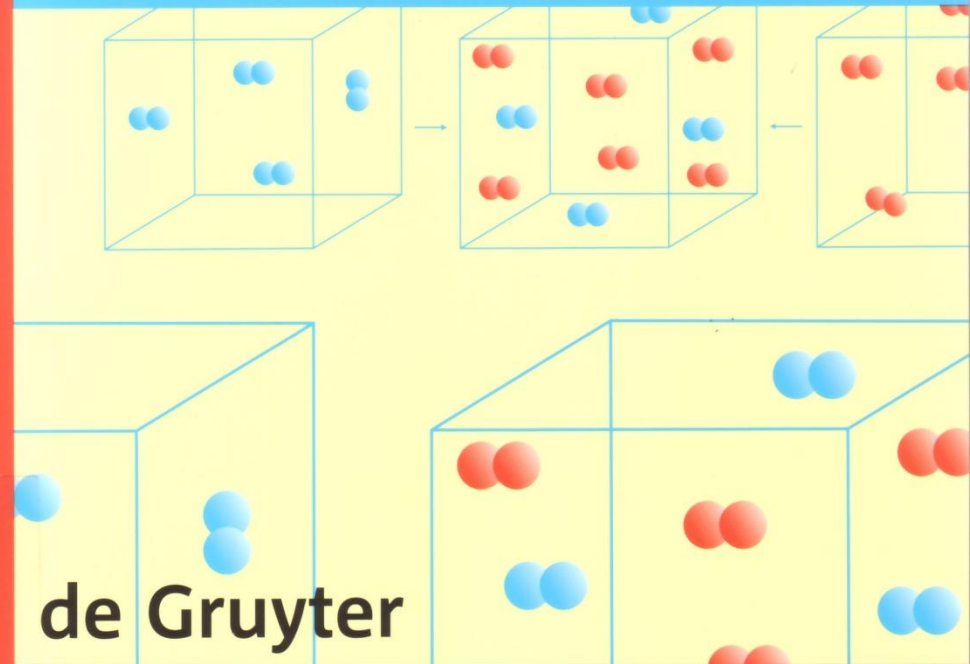
Chemie für Ingenieure
(Hoinkis/Lindner, 13. Aufl., 2007)

Anorganische Chemie
(Riedel/Janiak, 8. Aufl., 2011, de

Allgemeine und Anorganische C
(Riedel, 9. Aufl., 2008, de Gruyter

Erwin Riedel Allgemeine und Anorganische Chemie

9. Auflage



Vorkurs Chemie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Lehrvideo zur Vorlesung Chemie I

Youtube:

- **The simple Club**
- **Mai Thi Kim Nguyen**
Kanal: musstewissen Chemie

Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Definition: Chemie

Chemie ist die Lehre von den Stoffen, deren Eigenschaften und Umwandlungen. Den Vorgang der Stoffumwandlung bezeichnet man als chemische Reaktion.

Definition: Stoffeigenschaften

Chemische Stoffeigenschaften sind die stoffspezifischen Werte, welche durch Messung einer chemischen Größe zugeordnet werden können. Bei der Messung wird eine chemische Eigenschaft des Stoffes verändert (Brennbarkeit, Korrosionsverhalten, etc.).

Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Definition: Chemie

Chemie ist die Lehre von den Stoffen, deren Eigenschaften und Umwandlungen. Den Vorgang der Stoffumwandlung bezeichnet man als chemische Reaktion.

Definition: Stoffeigenschaften

Chemische Stoffeigenschaften sind die stoffspezifischen Werte, welche durch Messung einer chemischen Größe zugeordnet werden können. Bei der Messung wird eine chemische Eigenschaft des Stoffes verändert (Brennbarkeit, Korrosionsverhalten, etc.).

Physikalische Stoffeigenschaften sind die stoffspezifischen Werte, welche durch Messung einer physikalischen Größe zugeordnet werden können. Bei der Messung wird eine physikalische Eigenschaft des Stoffes nicht verändert (Härte, Schmelztemperatur, Dichte, Oberflächenspannung, Leitfähigkeit, etc.).

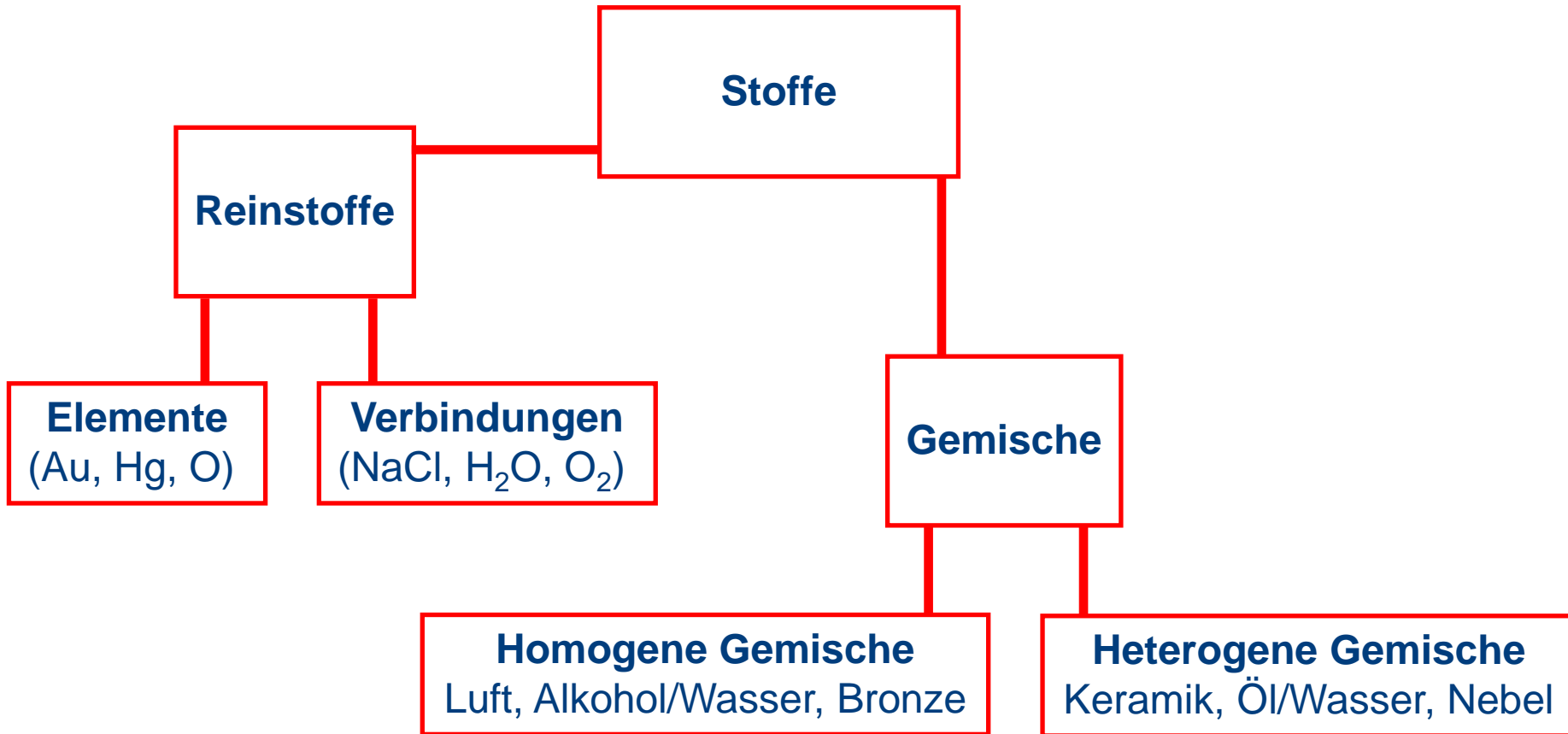
Physiologische Eigenschaften sind chem. und. phys. Stoffeigenschaften die ein Lebewesen wahrnehmen kann (Geruch, Geschmack, Toxizität, etc.).

Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Woraus bestehen Stoffe?

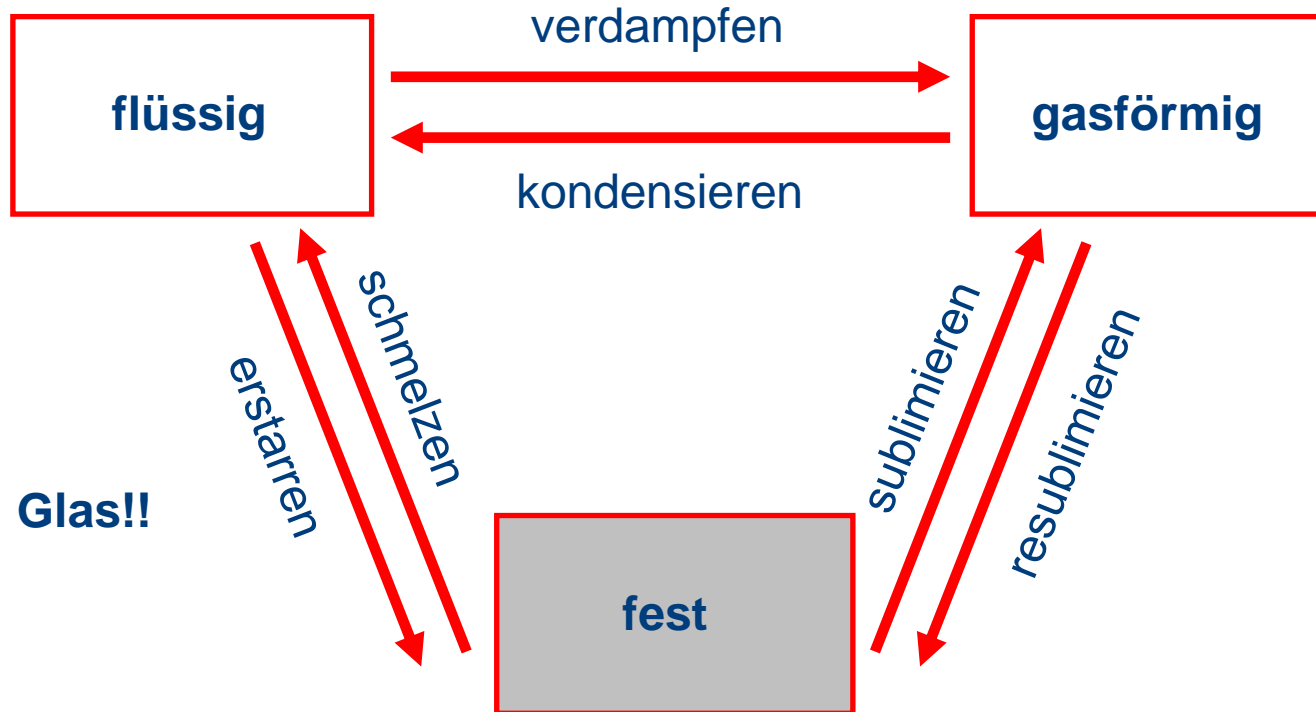


Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola

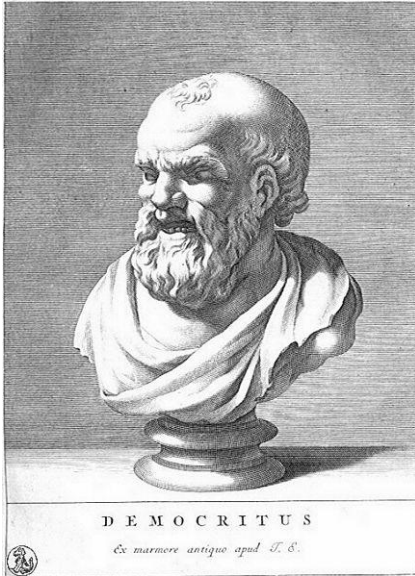
Der Aggregatzustand **ist abhängig von T und p**



Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Aufbau der Materie aus kleinsten, unter sich gleichen Teilchen, die er als unteilbar ansah und deshalb Atome (griechisch: atomos = unteilbar) nannte.

Demokrit
(ca. 460 - 370 v. Chr.)

Grundlagen/Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Chemische Elemente
sind Substanzen, die
sich nicht in andere
Stoffe zerlegen lassen.

Robert Boyle
(1626 – 1691)



Joachim Jungius
(1587 – 1657)

Grundlagen/Stöchiometrie



Technische
Hochschule
Georg Agricola

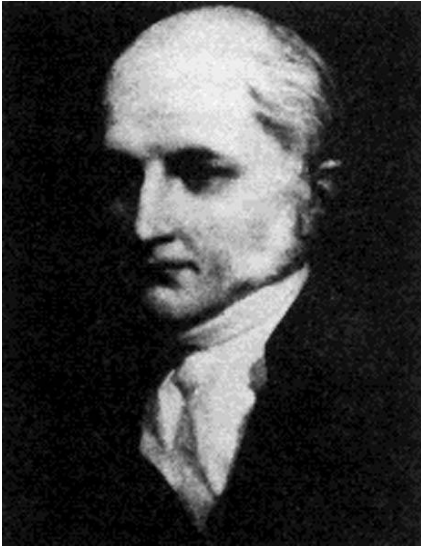


Antoine Lavoisier
(1743 -1794)

Gesetz von der Erhaltung der Masse (1785)

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





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



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



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.

Grundlagen



Technische
Hochschule
Georg Agricola



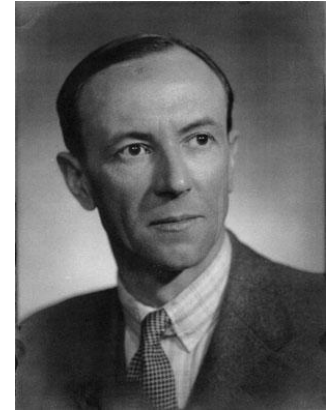
Sir Joseph John Thomson
(1856 - 1940)

Atome sind teilbar und lassen sich in negative und positive Teilchen zerlegen.
(Nobelpreis 1906)



Robert Andrews Millikan
(1868 - 1953)

Präzisionsbestimmung der Ladung von Elementarteilchen
(Nobelpreis 1923)



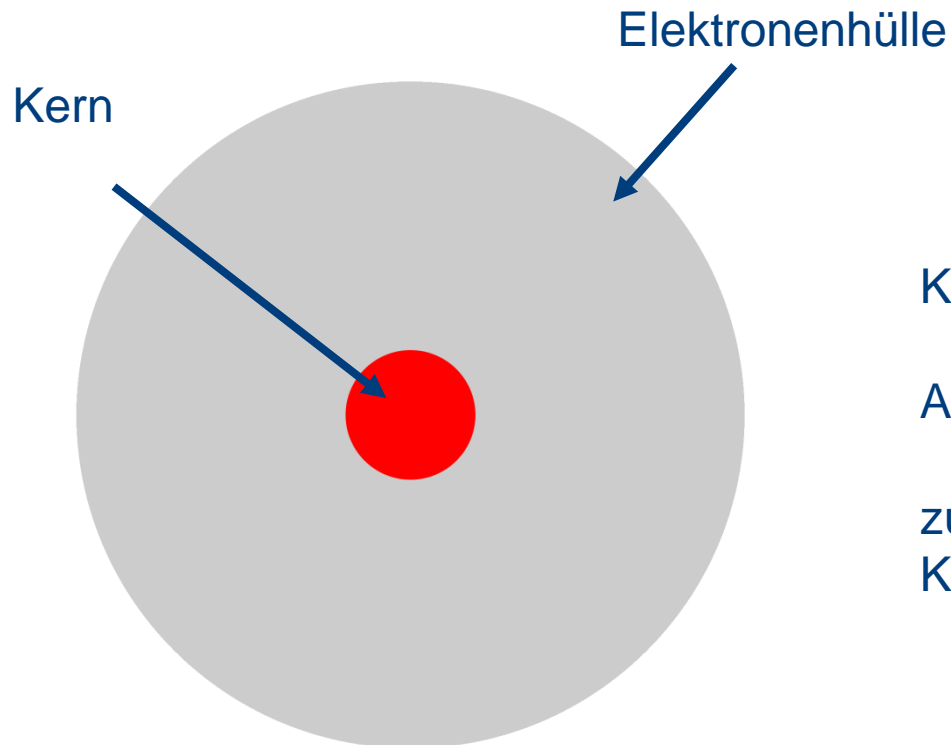
Sir James Chadwick
(1891 - 1974)

Entdeckung des Neutrons
(Nobelpreis 1935)

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Kerndurchmesser: 10^{-14} m

Atomdurchmesser: 10^{-10} m = 1 Å

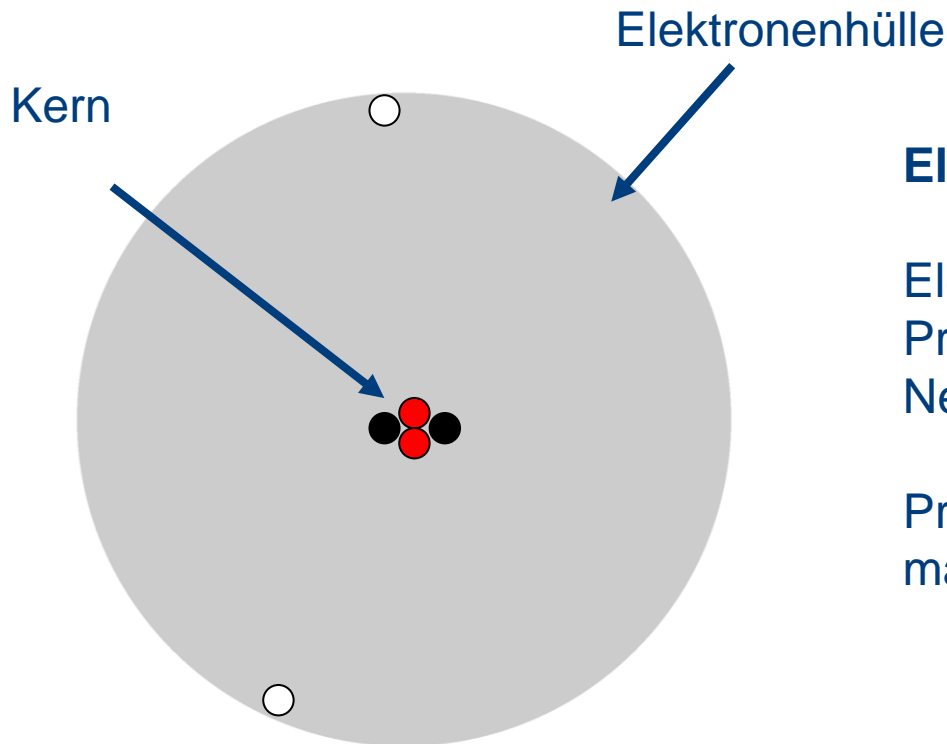
zum Vergleich:

Kern 1 mm, dann Hülle 10 m




Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

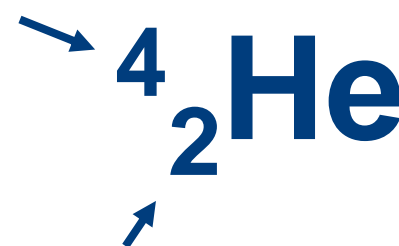


Elementarteilchen:

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

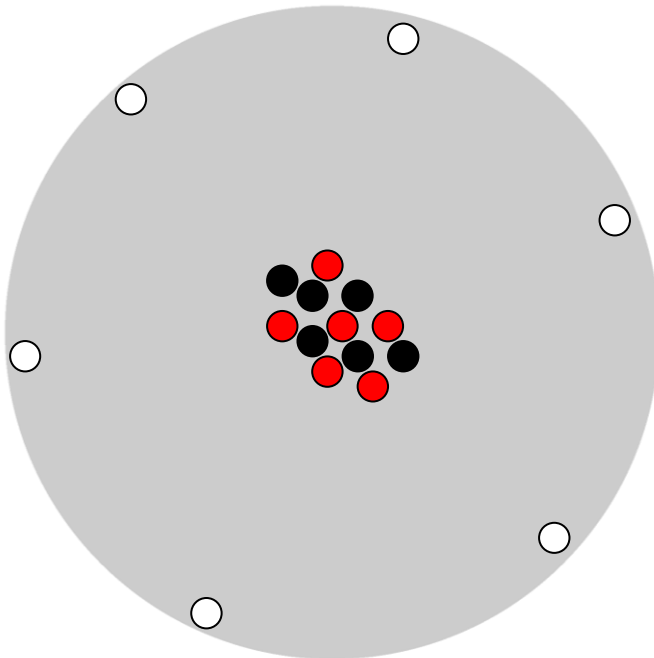
Periodensystem der Elemente

1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 H Wasserstoff 1s ¹		2		Protonenzahl (Ordnungszahl) Elektronegativität (nach Allred u. Rochow) Siedetemperatur in °C Schmelztemperatur in °C		25 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d ⁵ 4s ²		Relative Atommasse ¹ Symbol ² Name Elektronen- konfiguration		1 Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massen- zahl) des Isotops mit der längsten Halb- wertszeit 2 rot : gasförmig grün : flüssig schwarz: fest licht : alle Isotope radioaktiv		13		14		15		16		17		2 4,003 - 268,9 - 272,2 He Helium 1s ²	
3 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s ¹		4 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s ²										5 10,811 2,0 3660 2300 B Bor [He]2s ² 2p ¹		6 12,011 2,5 4827 3550 C Kohlenstoff [He]2s ² 2p ²		7 14,007 3,1 - 195,8 - 209,9 N Stickstoff [He]2s ² 2p ³		8 15,999 3,5 - 183,0 - 218,4 O Sauerstoff [He]2s ² 2p ⁴		9 18,998 4,1 - 188,1 - 219,6 F Fluor [He]2s ² 2p ⁵		10 20,180 - - 246,1 - 248,7 Ne Neon [He]2s ² 2p ⁶	
11 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s ¹		12 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s ²										13 26,982 1,5 2467 660,4 Al Aluminium [Ne]3s ² 3p ¹		14 28,086 1,7 2355 1410 Si Silicium [Ne]3s ² 3p ²		15 30,974 2,1 280(P4) 44(P4) P Phosphor [Ne]3s ² 3p ³		16 32,065 2,4 444 114,6 S Schwefel [Ne]3s ² 3p ⁴		17 35,453 2,8 - 34,6 - 101,0 Cl Chlor [Ne]3s ² 3p ⁵		18 39,948 - - 185,7 - 189,2 Ar Argon [Ne]3s ² 3p ⁶	

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Welches Element ist das?

6 Elektronen

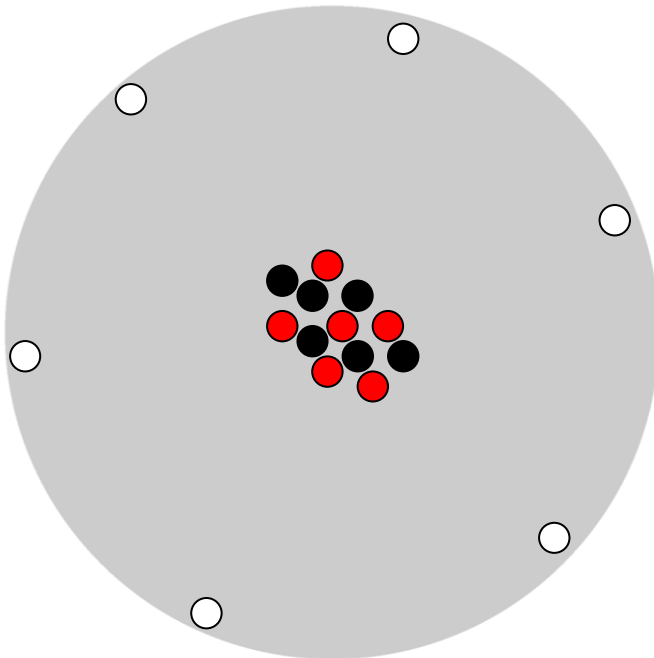
6 Protonen

6 Neutronen

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Welches Element ist das?

6 Elektronen

6 Protonen

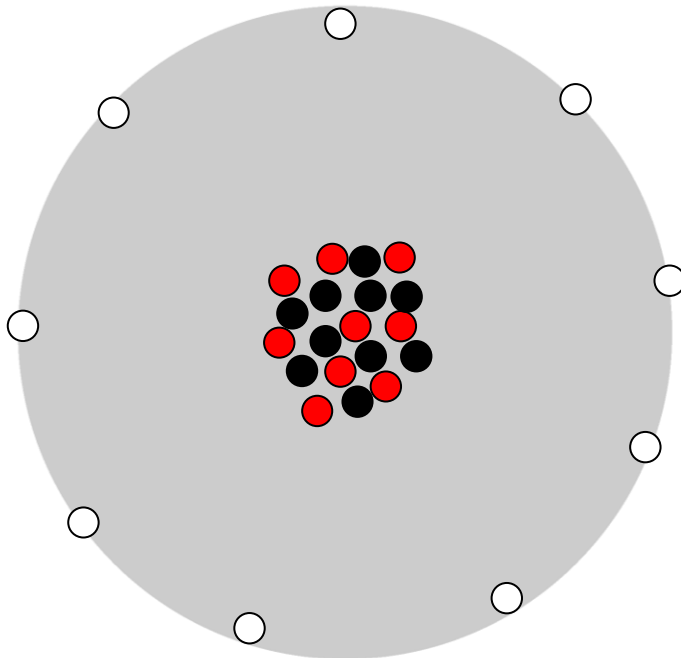
6 Neutronen



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



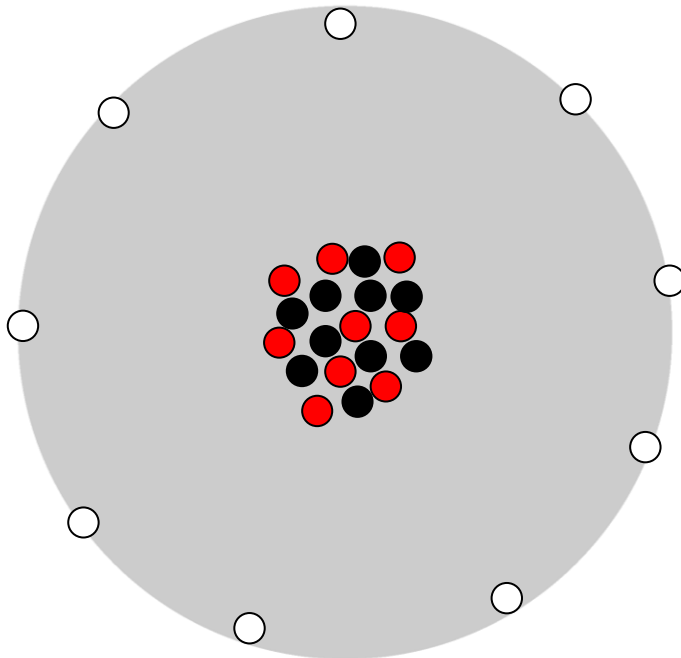
Welches Element ist das?

- 9 Elektronen
- 9 Protonen
- 10 Neutronen

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Welches Element ist das?

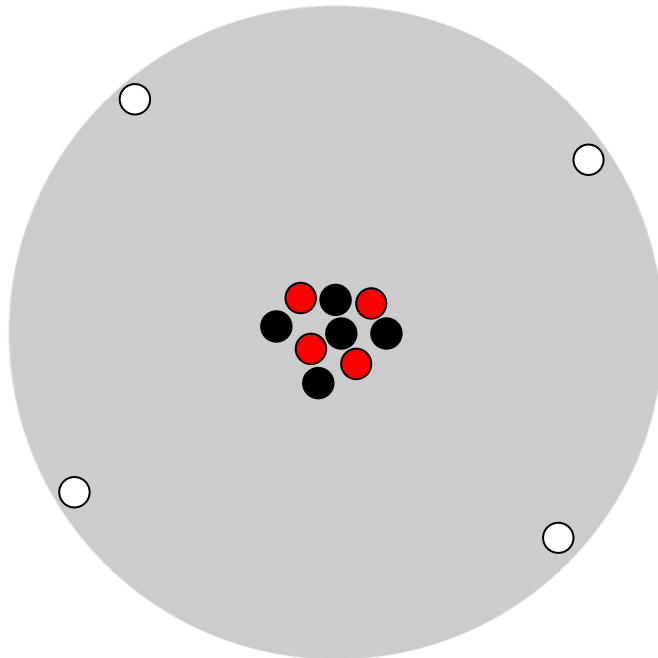
- 9 Elektronen
- 9 Protonen
- 10 Neutronen



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Welches Element ist das?

4 Elektronen

4 Protonen

5 Neutronen

Periodensystem der Elemente

<p>1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 H Wasserstoff 1s¹</p>		<p>2 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s¹</p>		<p>3 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s²</p>		<p>4 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s¹</p>		<p>5 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s²</p>		<p>6 25 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>7 54,94 1,5 4827 209,9 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>8 55,85 1,6 2732 1453 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>9 58,93 1,7 2870 1495 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>10 63,55 1,8 2595 1083 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>11 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>12 69,72 1,8 2403 29,8 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹4p¹</p>		<p>13 72,64 2,0 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²4p²</p>		<p>14 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²4p³</p>		<p>15 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²4p⁴</p>		<p>16 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²4p⁵</p>		<p>17 83,80 - 152,3 - 156,6 Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²4p⁶</p>			
<p>19 39,10 0,9 774 63,7 K Kalium [Ar]4s¹</p>		<p>20 40,08 1,0 2832 845 Ca Calcium [Ar]4s²</p>		<p>21 44,96 1,3 3260 1675 Sc Scandium [Ar]3d¹4s²</p>		<p>22 47,87 1,3 3380 1890 Ti Titan [Ar]3d²4s²</p>		<p>23 50,94 1,5 3380 1890 V Vanadium [Ar]3d³4s²</p>		<p>24 52,00 1,6 2672 1857 Cr Chrom [Ar]3d⁵4s¹</p>		<p>25 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>26 55,85 1,6 2750 1535 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>27 58,93 1,7 2870 1495 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>28 58,69 1,8 2732 1453 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>29 63,55 1,8 2595 1083 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>30 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>31 69,72 1,8 2403 29,8 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹4p¹</p>		<p>32 72,64 2,0 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²4p²</p>		<p>33 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²4p³</p>		<p>34 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²4p⁴</p>		<p>35 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²4p⁵</p>		<p>36 83,80 - 152,3 - 156,6 Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²4p⁶</p>	
<p>37 85,47 0,9 888 38,9 Rb Rubidium [Kr]5s¹</p>		<p>38 87,62 1,0 1384 769 Sr Strontium [Kr]5s²</p>		<p>39 88,91 1,1 3337 1523 Y Yttrium [Kr]4d¹5s²</p>		<p>40 91,22 1,2 4377 1852 Zr Zirkon [Kr]4d²5s²</p>		<p>41 92,91 1,2 4927 2468 Nb Niob [Kr]4d⁴5s¹</p>		<p>42 95,94 1,3 4825 2610 Mo Molybdän [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>43 (98) 1,4 3900 2310 Tc Technetium [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>44 101,07 1,4 4880 2200 Ru Ruthenium [Kr]4d⁷5s¹</p>		<p>45 102,91 1,5 = 3730 1966 Rh Rhodium [Kr]4d⁸5s¹</p>		<p>46 106,42 1,4 3140 1552 Pd Palladium [Kr]4d¹⁰</p>		<p>47 107,87 1,4 2212 962 Ag Silber [Kr]4d¹⁰5s¹</p>		<p>48 112,41 1,5 765 320,9 Cd Cadmium [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>49 114,82 1,5 2080 156,6 In Indium [Kr]4d¹⁰5s²5p¹</p>		<p>50 118,71 1,7 2270 231,9 Sn Zinn [Kr]4d¹⁰5s²5p²</p>		<p>51 121,76 1,8 1635 630,7 Sb Antimon [Kr]4d¹⁰5s²5p³</p>		<p>52 127,60 2,0 900 449,5 Te Tellur [Kr]4d¹⁰5s²5p⁴</p>		<p>53 126,90 2,2 184,4 113,5 I Iod [Kr]4d¹⁰5s²5p⁵</p>		<p>54 131,29 - 107 - 111,9 Xe Xenon [Kr]4d¹⁰5s²5p⁶</p>	
<p>55 132,91 0,9 878 28,5 Cs Caesium [Xe]6s¹</p>		<p>56 137,33 1,0 1640 725 Ba Barium [Xe]6s²</p>		<p>57 138,91 1,1 3454 920 La Lanthan [Xe]5d¹6s²</p>		<p>72 178,49 1,2 5200 2230 Hf Hafnium [Xe]4f¹⁴5d²6s²</p>		<p>73 180,95 1,3 = 5430 2996 Ta Tantal [Xe]4f¹⁴5d³6s²</p>		<p>74 183,84 1,4 5657 3410 W Wolfram [Xe]4f¹⁴5d⁴6s²</p>		<p>75 186,21 1,5 = 5630 3045 Re Rhenium [Xe]4f¹⁴5d⁵6s²</p>		<p>76 190,23 1,5 = 5030 3045 Os Osmium [Xe]4f¹⁴5d⁶6s²</p>		<p>77 192,22 1,6 4190 2410 Ir Iridium [Xe]4f¹⁴5d⁷6s²</p>		<p>78 195,08 1,4 = 3830 1772 Pt Platin [Xe]4f¹⁴5d⁹6s¹</p>		<p>79 196,97 1,4 2810 1064 Au Gold [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s¹</p>		<p>80 200,59 1,4 356,6 - 38,9 Hg Quecksilber [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>81 204,38 1,4 1457 303,5 Tl Thallium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p¹</p>		<p>82 207,2 1,6 1740 327,5 Pb Blei [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p²</p>		<p>83 208,98 1,7 1590 271,3 Bi Bismut [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p³</p>		<p>84 (209) 1,8 962 254 Po Polonium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁴</p>		<p>85 (210) 2,0 340 300 At Astat [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁵</p>		<p>86 (222) - - - Rn Radon [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁶</p>	
<p>87 (223) 0,9 677 26,8 Fr Francium [Rn]7s¹</p>		<p>88 (226) 1,0 1140 700 Ra Radium [Rn]7s²</p>		<p>89 (227) 1,0 3200 1050 Ac Actinium [Rn]6d¹7s²</p>		<p>104 (267) Rf Rutherfordium</p>		<p>105 (268) Db Dubnium</p>		<p>106 (271) Sg Seaborgium</p>		<p>107 (272) Bh Bohrium</p>		<p>108 (277) Hs Hassium</p>		<p>109 (276) Mt Meitnerium</p>		<p>110 (281) Ds Darmstadtium</p>		<p>111 (280) Rg Röntgenium</p>		<p>112 (285) Cn Copernicium</p>		<p>113 (284) Nh Nihonium</p>		<p>114 (289) Fl Flerovium</p>		<p>115 (288) Mc Moscovium</p>		<p>116 (293) Lv Livermorium</p>		<p>118 (294) Og Oganesson</p>			

1 Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massenzahl) des Isotops mit der längsten Halbwertszeit

2 rot : gasförmig
grün : flüssig
schwarz: fest
licht : alle Isotope radioaktiv

bei STP
= 0 °C und
1.0 bar

Nebengruppen

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.

Welches Element ist das?

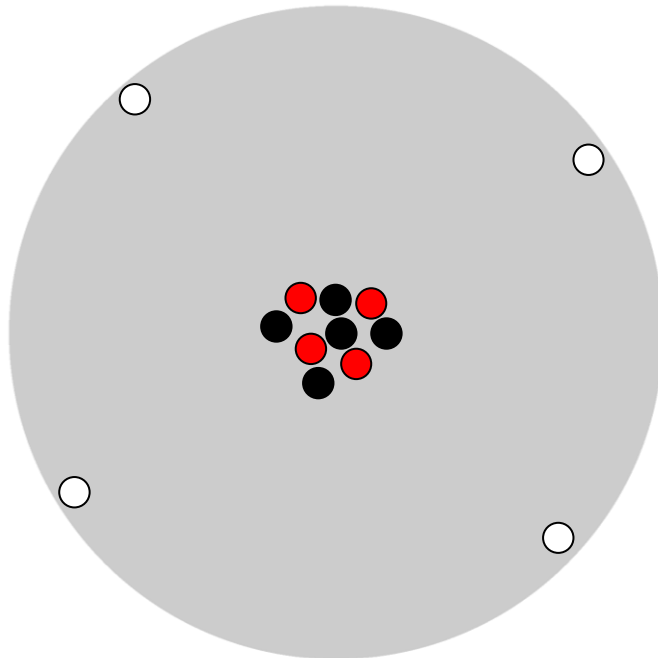
4 Elektronen
4 Protonen
5 Neutronen

140,91 1,1 3127 1010 Pr Neodym [Xe]4f ⁶ 6s ²	144,24 1,1 2700 1170 Nd Promethium [Xe]4f ⁶ 6s ²	(145) 1,1 1778 1072 Pm Samarium [Xe]4f ⁶ 6s ²	150,36 1,0 1597 822 Sm Europium [Xe]4f ⁶ 6s ²	151,96 1,1 3233 1312 Eu Gadolinium [Xe]4f ⁷ 6s ²	157,25 1,1 3041 1360 Gd Terbium [Xe]4f ⁷ 6s ²	158,93 1,1 2720 1409 Tb Dysprosium [Xe]4f ⁹ 6s ²	162,50 1,1 1727 1470 Dy Holmium [Xe]4f ⁹ 6s ²	164,93 1,1 2510 1522 Ho Erbium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	167,26 1,1 1727 1545 Er Thulium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	168,93 1,1 1193 824 Tm Ytterbium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	173,04 1,1 3315 1656 Yb Lutetium [Xe]4f ¹¹ 6s ²	174,97 1,1 3315 1656 Lu Lutetium [Xe]4f ¹¹ 6s ²
31,036 1,2 3818 1132 Pa Actinium [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	92 238,029 1,2 3902 640 U Uran [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	93 (237) 1,2 3200 641 Np Neptunium [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	94 (244) = 1,2 2610 1000 Pu Plutonium [Rn]5f ⁷ 7s ²	95 (243) = 1,2 = 1340 Am Americium [Rn]5f ⁷ 7s ²	96 (247) = 1,2 = 990 Cm Curium [Rn]5f ⁷ 7s ²	97 (247) = 1,2 = 990 Bk Berkelium [Rn]5f ⁷ 7s ²	98 (251) = 1,2 = 900 Cf Californium [Rn]5f ⁷ 7s ²	99 (252) = 1,2 = 900 Gf Einsteinium [Rn]5f ⁷ 7s ²	100 (257) = 1,2 = 900 Fm Fermium [Rn]5f ⁷ 7s ²	101 (258) = 1,2 = 900 Md Mendelevium [Rn]5f ⁷ 7s ²	102 (259) = 1,2 = 900 No Nobelium [Rn]5f ⁷ 7s ²	103 (262) = 1,2 = 900 Lr Lawrencium [Rn]5f ⁷ 7s ²

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Welches Element ist das?

4 Elektronen
4 Protonen
5 Neutronen



Atomaufbau

Welche Elemente sind diese?

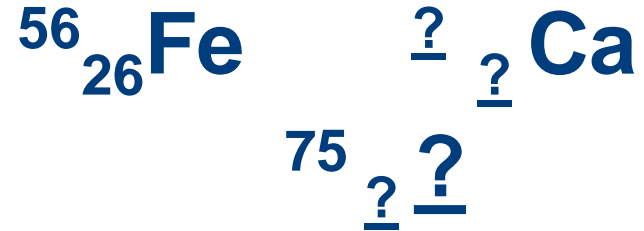
- 8 Elektronen 16 Elektronen 82 Elektronen
- 8 Protonen 16 Protonen 82 Protonen
- 8 Neutronen 16 Neutronen 125 Neutronen

Vervollständige...

- ___ Elektronen 33 Elektronen ___ Elektronen
- ___ Protonen ___ Protonen ___ Protonen
- ___ Neutronen ___ Neutronen ___ Neutronen



Technische Hochschule Georg Agricola



Periodensystem der Elemente

Hauptgruppen
1

Protonenzahl (Ordnungszahl)
Elektronegativität (nach Allred u. Rochow)
Siedetemperatur in °C
Schmelztemperatur in °C

25	54,94	Relative Atommasse ¹
1,6	2032	Symbol ²
1244	Mn	Name
	Mangan	Elektronen-konfiguration
	[Ar]3d ⁵ 4s ²	

Hauptgruppen
18

¹ Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massenzahl) des Isotops mit der längsten Halbwertszeit

² rot : gasförmig
grün : flüssig
schwarz: fest
licht : alle Isotope radioaktiv

bei STP
= 0 °C und 1,0 bar

Hauptgruppen 1		Hauptgruppen 2		Nebengruppen										Hauptgruppen 13-17		Hauptgruppen 18																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																			
1 1,008 2,2 -252,9 -259,1 H Wasserstoff 1s ¹	3 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s ¹	4 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s ²	11 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s ¹	12 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s ²	19 39,10 0,9 774 53,7 K Kalium [Ar]4s ¹	20 40,08 1,0 1487 -845 Ca Calcium [Ar]4s ²	21 44,96 1,2 2832 1539 Sc Scandium [Ar]3d ¹ 4s ²	22 47,87 1,3 3260 1675 Ti Titan [Ar]3d ² 4s ²	23 50,94 1,5 3380 1890 V Vanadium [Ar]3d ³ 4s ²	24 52,00 1,6 2672 1857 Cr Chrom [Ar]3d ⁵ 4s ¹	25 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d ⁵ 4s ²	26 55,85 1,6 2750 1535 Fe Eisen [Ar]3d ⁶ 4s ²	27 58,93 1,7 2870 1495 Co Cobalt [Ar]3d ⁷ 4s ²	28 58,69 1,8 2595 1083 Ni Nickel [Ar]3d ⁸ 4s ²	29 63,55 1,7 907 419,6 Cu Kupfer [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	30 65,41 1,7 2403 29,8 Zn Zink [Ar]3d ¹⁰ 4s ²	31 69,72 2,0 2403 937,4 Ga Gallium [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	32 72,64 2,2 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	33 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	34 78,96 2,5 885 217 Se Selen [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	35 79,90 2,7 58,8 -7,2 Br Brom [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	36 83,80 2,5 79,90 -152,3 -156,6 Kr Krypton [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	5 10,811 2,0 3660 2300 B Bor [He]2s ² 2p ¹	6 12,011 2,5 4827 3550 C Kohlenstoff [He]2s ² 2p ²	7 14,007 3,1 -195,8 -209,9 N Stickstoff [He]2s ² 2p ³	8 15,999 3,5 -193,0 -218,4 O Sauerstoff [He]2s ² 2p ⁴	9 16,998 4,1 -188,1 -219,6 F Fluor [He]2s ² 2p ⁵	10 20,180 - -246,1 -248,7 Ne Neon [He]2s ² 2p ⁶	13 26,982 1,5 2867 660,4 Al Aluminium [Ne]3s ² 3p ¹	14 28,086 1,7 2265 1410 Si Silicium [Ne]3s ² 3p ²	15 30,974 2,1 280(P) 44(P) P Phosphor [Ne]3s ² 3p ³	16 32,065 2,4 444 114,6 S Schwefel [Ne]3s ² 3p ⁴	17 35,453 2,8 -34,6 -101,0 Cl Chlor [Ne]3s ² 3p ⁵	18 39,948 - -105,7 -189,2 Ar Argon [Ne]3s ² 3p ⁶																		
37 85,47 0,9 688 38,9 Rb Rubidium [Kr]5s ¹	38 87,62 1,0 1450 789 Sr Strontium [Kr]5s ²	39 88,91 1,1 3337 1523 Y Yttrium [Kr]4d ¹ 5s ²	40 91,22 1,2 4377 2668 Zr Zirkon [Kr]4d ² 5s ²	41 92,91 1,2 4037 1852 Nb Niob [Kr]4d ⁴ 5s ¹	42 95,94 1,3 4880 2610 Mo Molybdän [Kr]4d ⁵ 5s ¹	43 (98) 1,4 4880 2200 Tc Technetium [Kr]4d ⁵ 5s ²	44 101,07 1,4 3900 2310 Ru Ruthenium [Kr]4d ⁷ 5s ¹	45 102,91 1,5 -3730 1966 Rh Rhodium [Kr]4d ⁸ 5s ¹	46 106,42 1,4 3140 1552 Pd Palladium [Kr]4d ¹⁰	47 107,87 1,4 2212 962 Ag Silber [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	48 112,41 1,5 2080 320,9 Cd Cadmium [Kr]4d ¹⁰ 5s ²	49 114,82 1,7 15,5 2080 231,9 In Indium [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	50 118,71 1,7 1635 630,7 Sn Zinn [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	51 121,76 1,8 990 449,5 Sb Antimon [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	52 127,60 2,0 184,4 113,5 Te Tellur [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	53 126,90 2,2 52 22 I Iod [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	54 131,29 2,5 107 -111,9 Xe Xenon [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶	55 132,91 0,9 878 28,5 Cs Cesium [Xe]6s ¹	56 137,33 1,0 1640 725 Ba Barium [Xe]6s ²	57 138,91 1,1 3454 920 La Lanthan [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	72 178,49 1,2 3200 2230 Hf Hafnium [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	73 180,95 1,3 5430 2996 Ta Tantal [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	74 183,84 1,4 5657 3190 W Wolfram [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	75 186,21 1,5 5030 3190 Re Rhenium [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	76 190,23 1,6 4130 2410 Os Osmium [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	77 192,22 1,6 -3830 1772 Ir Iridium [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	78 195,08 1,4 2810 2410 Pt Platin [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	79 196,97 1,4 1487 1064 Au Gold [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	80 200,59 1,4 305,6 303,5 Hg Quecksilber [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	81 204,38 1,4 1487 303,5 Tl Thallium [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	82 207,2 1,6 271,3 327,5 Pb Blei [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	83 208,98 1,7 1960 271,3 Bi Bismut [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	84 209 1,8 962 254 Po Polonium [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	85 210 2,0 340 200 At Astat [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	86 222 - -81,8 -71,2 Rn Radon [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	87 (223) 0,9 677 26,8 Fr Francium [Rn]7s ¹	88 (226) 1,0 1140 700 Ra Radium [Rn]7s ²	89 (227) 1,0 3200 1050 Ac Actinium [Rn]5f ¹ 7s ²	104 (267) 1,2 1020 1050 Rf Rutherfordium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	105 (268) 1,3 5430 2996 Db Dubnium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	106 (271) 1,4 5657 3190 Sg Seaborgium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	107 (272) 1,5 5030 3190 Bh Bohrium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	108 (277) 1,6 4130 2410 Hs Hassium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	109 (285) 1,4 2810 2410 Mt Meitnerium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	110 (288) 1,4 3830 1772 Ds Darmstadtium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	111 (290) 1,4 1487 1064 Rg Röntgenium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ¹	112 (285) 1,4 305,6 303,5 Cn Copernicium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ²	113 (284) 1,4 1487 303,5 Nh Nihonium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ³	114 (289) 1,6 271,3 327,5 Fl Flerovium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ⁴	115 (288) 1,7 1960 271,3 Mc Moscovium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ⁵	116 (293) 1,8 962 254 Lv Livermorium [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	118 (294) - -81,8 -71,2 Og Oganesson [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶

Ein die ab 106 synthetisiertes Element 110 116 und 119 gibt es noch keine Namen und Symbole

Periodensystem der Elemente

<p>1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 H Wasserstoff 1s¹</p>		<p>2 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s¹</p>		<p>3 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s²</p>		<p>4 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s¹</p>		<p>5 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s²</p>		<p>6 25,98 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>7 26,982 1,5 2467 660,4 Al Aluminium [Ne]3s²3p¹</p>		<p>8 28,086 1,7 2355 1410 Si Silicium [Ne]3s²3p²</p>		<p>9 30,974 2,1 280(P4) 44(P4) P Phosphor [Ne]3s²3p³</p>		<p>10 32,065 2,4 444 114,6 S Schwefel [Ne]3s²3p⁴</p>		<p>11 35,453 2,8 - 34,6 - 101,0 Cl Chlor [Ne]3s²3p⁵</p>		<p>12 39,948 3,1 - 185,8 - 219,6 Ar Argon [Ne]3s²3p⁶</p>		<p>13 39,10 0,9 774 63,7 K Kalium [Ar]4s¹</p>		<p>14 40,08 1,0 1487 = 845 Ca Calcium [Ar]4s²</p>		<p>15 44,96 1,2 2832 1539 Sc Scandium [Ar]3d¹4s²</p>		<p>16 47,87 1,3 3260 1675 Ti Titan [Ar]3d²4s²</p>		<p>17 50,94 1,5 3380 1890 V Vanadium [Ar]3d³4s²</p>		<p>18 52,00 1,6 2672 1857 Cr Chrom [Ar]3d⁵4s¹</p>		<p>19 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>20 55,85 1,7 2870 1495 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>21 58,93 1,8 2732 1453 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>22 58,69 1,8 2595 1083 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>23 63,55 1,7 907 419,6 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>24 65,41 1,9 2403 29,8 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>25 69,72 2,0 2830 937,4 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹4p¹</p>		<p>26 72,64 2,2 subl. Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²4p²</p>		<p>27 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²4p³</p>		<p>28 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²4p⁴</p>		<p>29 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²4p⁵</p>		<p>30 83,80 - - - Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²4p⁶</p>		<p>31 85,47 0,9 888 38,9 Rb Rubidium [Kr]5s¹</p>		<p>32 87,62 1,0 1384 769 Sr Strontium [Kr]5s²</p>		<p>33 88,91 1,1 3337 1523 Y Yttrium [Kr]4d¹5s²</p>		<p>34 91,22 1,2 4377 1852 Zr Zirkon [Kr]4d²5s²</p>		<p>35 92,91 1,2 4927 2468 Nb Niob [Kr]4d⁴5s¹</p>		<p>36 95,94 1,3 4825 2610 Mo Molybdän [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>37 98,91 1,4 4880 2200 Tc Technetium [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>38 101,07 1,5 = 3730 1966 Ru Ruthenium [Kr]4d⁷5s¹</p>		<p>39 102,91 1,5 = 5370 1966 Rh Rhodium [Kr]4d⁸5s¹</p>		<p>40 106,42 1,4 3140 1552 Pd Palladium [Kr]4d¹⁰</p>		<p>41 107,87 1,4 2212 962 Ag Silber [Kr]4d¹⁰5s¹</p>		<p>42 112,41 1,5 765 320,9 Cd Cadmium [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>43 114,82 1,5 2080 156,6 In Indium [Kr]4d¹⁰5s²5p¹</p>		<p>44 118,71 1,7 2270 231,9 Sn Zinn [Kr]4d¹⁰5s²5p²</p>		<p>45 121,76 1,8 1635 630,7 Sb Antimon [Kr]4d¹⁰5s²5p³</p>		<p>46 127,60 2,0 900 449,5 Te Tellur [Kr]4d¹⁰5s²5p⁴</p>		<p>47 126,90 2,2 184,4 113,5 I Iod [Kr]4d¹⁰5s²5p⁵</p>		<p>48 131,29 - - - Xe Xenon [Kr]4d¹⁰5s²5p⁶</p>		<p>49 132,91 0,9 878 28,5 Cs Caesium [Xe]6s¹</p>		<p>50 137,33 1,0 1640 725 Ba Barium [Xe]6s²</p>		<p>51 138,91 1,1 3454 920 La Lanthan [Xe]5d¹6s²</p>		<p>52 178,49 1,2 5200 2230 Hf Hafnium [Xe]4f¹⁴5d²6s²</p>		<p>53 180,95 1,3 = 5430 2996 Ta Tantal [Xe]4f¹⁴5d³6s²</p>		<p>54 183,84 1,4 5657 3410 W Wolfram [Xe]4f¹⁴5d⁴6s²</p>		<p>55 186,21 1,5 = 5630 3045 Re Rhenium [Xe]4f¹⁴5d⁵6s²</p>		<p>56 190,23 1,5 = 5030 3045 Os Osmium [Xe]4f¹⁴5d⁶6s²</p>		<p>57 192,22 1,6 4190 2410 Ir Iridium [Xe]4f¹⁴5d⁷6s²</p>		<p>58 195,08 1,4 = 3830 1772 Pt Platin [Xe]4f¹⁴5d⁹6s¹</p>		<p>59 196,97 1,4 2810 1064 Au Gold [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s¹</p>		<p>60 200,59 1,4 356,6 - 38,9 Hg Quecksilber [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>61 204,38 1,4 1457 303,5 Tl Thallium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p¹</p>		<p>62 207,2 1,6 327,5 Pb Blei [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p²</p>		<p>63 208,98 1,7 1590 271,3 Bi Bismut [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p³</p>		<p>64 (209) 1,8 962 254 Po Polonium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁴</p>		<p>65 (210) 1,8 962 254 At Astat [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁵</p>		<p>66 (222) - - - Rn Radon [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁶</p>		<p>67 (223) 0,9 677 26,8 Fr Francium [Rn]7s¹</p>		<p>68 (226) 1,0 1140 700 Ra Radium [Rn]7s²</p>		<p>69 (227) 1,0 3200 1050 Ac Actinium [Rn]6d¹7s²</p>		<p>70 (267) Rf Rutherfordium</p>		<p>71 (268) Db Dubnium</p>		<p>72 (271) Sg Seaborgium</p>		<p>73 (272) Bh Bohrium</p>		<p>74 (277) Hs Hassium</p>		<p>75 (276) Mt Meitnerium</p>		<p>76 (281) Ds Darmstadtium</p>		<p>77 (280) Rg Röntgenium</p>		<p>78 (285) Uu Ununseptium</p>		<p>79 (284) Uu Ununseptium</p>		<p>80 (289) Uu Ununseptium</p>		<p>81 (288) Uu Ununseptium</p>		<p>82 (293) Uu Ununseptium</p>		<p>83 (294) Uu Ununseptium</p>	
--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

Protonenzahl
(Ordnungszahl)
Elektronegativität
(nach Allred u. Rochow)
Siedetemperatur in °C
Schmelztemperatur in °C

Relative
Atommasse¹

Symbol²

Name

Elektronen-
konfiguration

¹ Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven
Elementen ist die Nukleonenzahl (Massen-
zahl) des Isotops mit der längsten Halb-
wertszeit

² rot : gasförmig
grün : flüssig
schwarz: fest
licht : alle Isotope
radioaktiv
} bei STP
= 0 °C und
1.0 bar

Nebengruppen

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.

Welches Element ist das?

4 Elektronen
4 Protonen
5 Neutronen

140,91 1,1 3127 1010 Pr seodym [Xe]4f ⁶ 6s ²	60 144,24 1,1 2700 1170 Nd Neodym [Xe]4f ⁶ 6s ²	61 (145) 1,1 2700 1170 Pm Promethium [Xe]4f ⁶ 6s ²	62 150,36 1,1 1778 1072 Sm Samarium [Xe]4f ⁶ 6s ²	63 151,96 1,0 1597 822 Eu Europium [Xe]4f ⁷ 6s ²	64 157,25 1,1 3233 1312 Gd Gadolinium [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 158,93 1,1 3041 1360 Tb Terbium [Xe]4f ⁹ 6s ²	66 162,50 1,1 2720 1409 Dy Dysprosium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	67 164,93 1,1 2720 1470 Ho Holmium [Xe]4f ¹¹ 6s ²	68 167,26 1,1 2510 1522 Er Erbium [Xe]4f ¹² 6s ²	69 168,93 1,1 1727 1545 Tm Thulium [Xe]4f ¹³ 6s ²	70 173,04 1,1 1193 824 Yb Ytterbium [Xe]4f ¹⁴ 6s ²	71 174,97 1,1 3315 1656 Lu Lutetium [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
31,036 1,2 3818 1132 Pa actinium [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	92 238,029 1,2 3902 640 U Uran [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	93 (237) 1,2 3200 641 Np Neptunium [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	94 (244) = 1,2 2610 1000 Pu Plutonium [Rn]5f ⁷ 7s ²	95 (243) = 1,2 = 1340 Am Americium [Rn]5f ⁷ 7s ²	96 (247) = 1,2 = 990 Cm Curium [Rn]5f ⁷ 7s ²	97 (247) = 1,2 = 900 Bk Berkelium [Rn]5f ⁷ 7s ²	98 (251) = 1,2 = 900 Cf Californium [Rn]5f ⁷ 7s ²	99 (252) = 1,2 = 900 Es Einsteinium [Rn]5f ⁷ 7s ²	100 (257) = 1,2 = 900 Fm Fermium [Rn]5f ⁷ 7s ²	101 (258) = 1,2 = 900 Md Mendeleevium [Rn]5f ⁷ 7s ²	102 (259) = 1,2 = 900 No Nobelium [Rn]5f ⁷ 7s ²	103 (262) = 1,2 = 900 Lr Lawrencium [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ²

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Welche Elemente sind diese?

8 Elektronen
8 Protonen
8 Neutronen

16 Elektronen
16 Protonen
16 Neutronen

82 Elektronen
82 Protonen
125 Neutronen



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Vervollständige...

26 Elektronen
26 Protonen
30 Neutronen

33 Elektronen
33 Protonen
42 Neutronen

20 Elektronen
20 Protonen
20 Neutronen



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]!

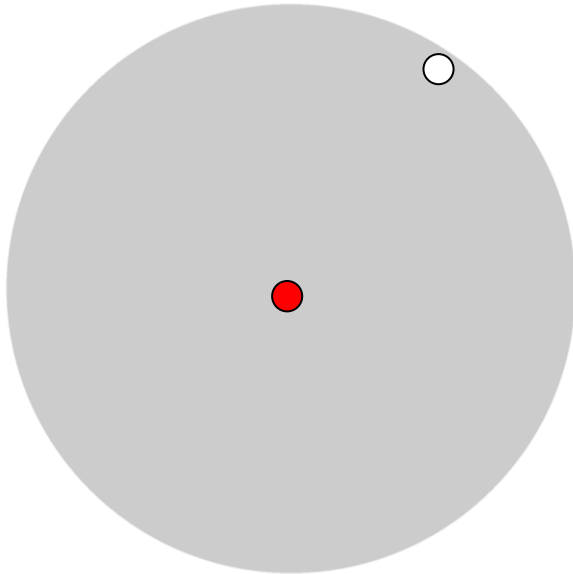
Eine atomare Masseneinheit ist:

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

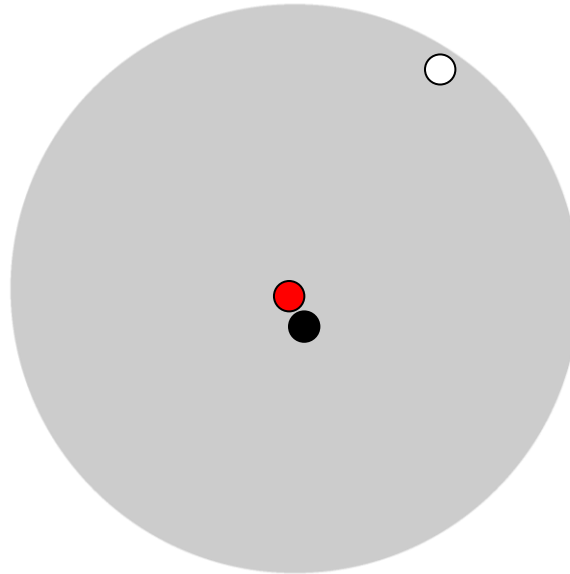
Atomaufbau



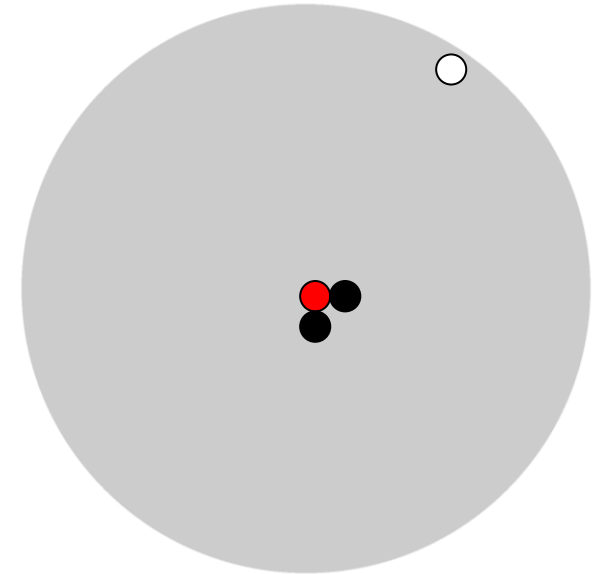
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Protium
99.985 %



Deuterium
0.015 %



Tritium
In Spuren

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Atomsorten eines Elements heißen Isotope

Wichtig:

Isotope verhalten sich chemisch gleich, da die Elektronenanzahl das chemische Verhalten eines Elements bestimmt.



Protium
99.985 %



Deuterium
0.015 %



Tritium
In Spuren

Tabelle 1.2 Nuklide der ersten zehn Elemente

Ordnungszahl = Kernladungszahl	Element	Nuklid-symbol	Protonen- bzw. Elektronen-zahl	Neutronen-zahl	Nukleonenzahl	Nuklid-masse in u	Atomzahl-anteil (Isotopenhäufigkeit) in %	Mittlere Atom-masse in u
1	Wasserstoff H	^1H	1	0	1	1,007825	99,985	1,00794
		^2H	1	1	2	2,01410	0,015	
		^3H	1	2	3		Spuren	
2	Helium He	^3He	2	1	3	3,01603	0,00013	4,00260
		^4He	2	2	4	4,00260	99,99987	
3	Lithium Li	^6Li	3	3	6	6,01512	7,42	6,941
		^7Li	3	4	7	7,01600	92,58	
4	Beryllium Be	^9Be	4	5	9	9,01218	100,0	9,01218
5	Bor B	^{10}B	5	5	10	10,01294	19,78	10,811
		^{11}B	5	6	11	11,00931	80,22	
6	Kohlenstoff C	^{12}C	6	6	12	12	98,89	12,011
		^{13}C	6	7	13	13,00335	1,11	
		^{14}C	6	8	14		Spuren	
7	Stickstoff N	^{14}N	7	7	14	14,00307	99,63	14,00674
		^{15}N	7	8	15	15,00011	0,36	
8	Sauerstoff O	^{16}O	8	8	16	15,99491	99,759	15,9994
		^{17}O	8	9	17	16,99913	0,037	
		^{18}O	8	10	18	17,99916	0,204	
9	Fluor F	^{19}F	9	10	19	18,99840	100	18,99840
10	Neon Ne	^{20}Ne	10	10	20	19,99244	90,92	20,1797
		^{21}Ne	10	11	21	20,99395	0,26	
		^{22}Ne	10	12	22	21,99138	8,82	



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Nuklide: ca. 300

Reinstoffe: 20

Nuklide mit gleicher Nukleonenzahl aber unterschiedlicher Protonenzahl nennt man **Isobare**





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

Ordnungszahl = Kernladungszahl	Element	Nuklid-symbol	Protonen- bzw. Elektronen-zahl	Neutronen-zahl	Nukleonenzahl	Nuklidmasse in u	Atomzahlanteil (Isotopenhäufigkeit) in %	Mittlere Atommasse in u
5	Bor	^{10}B	5	5	10	10,01294	19,78	10,811
	B	^{11}B	5	6	11	11,00931	80,22	

Berechnung der mittleren Atommasse A_r [u]

$$A_r = \sum_n (\text{Nuklidmasse} \times \text{Isotopenhäufigkeit})/100$$

$$A_r (\text{B}) = [(^{10}\text{B} \times 19.78) + (^{11}\text{B} \times 80.22)]/100$$

$$A_r (\text{B}) = [(10.013\text{u} \times 19.78) + (11.009\text{u} \times 80.22)]/100$$

$$A_r (\text{B}) = 10.811\text{u}$$



Welche mittlere Atommasse hat das Element Lithium?

Ord- nungs- zahl = Kern- ladungs- zahl	Element	Nuklid- symbol	Pro- tonen- bzw. Elekt- ronen- zahl	Neu- tronen- zahl	Nukle- onen- zahl	Nuklid- masse in u	Atomzahl- anteil (Isotopen- häufig- keit) in %	Mittlere Atom- masse in u
3	Lithium	${}^6\text{Li}$	3	3	6	6,01512	7,42	
	Li	${}^7\text{Li}$	3	4	7	7,01600	92,58	

Berechnung der mittleren Atommasse A_r [u]

$$A_r = \sum_n (\text{Nuklidmasse} \times \text{Isotopenhäufigkeit})/100$$

$$A_r (\text{Li}) = [({}^6\text{Li} \times 7,42) + ({}^7\text{Li} \times 92,58)]/100$$

$$A_r (\text{Li}) = [(6,01512\text{u} \times 7,42) + (7,01600\text{u} \times 92,58)]/100$$

$$A_r (\text{Li}) = 6,941734\text{u}$$

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Der Massendefekt

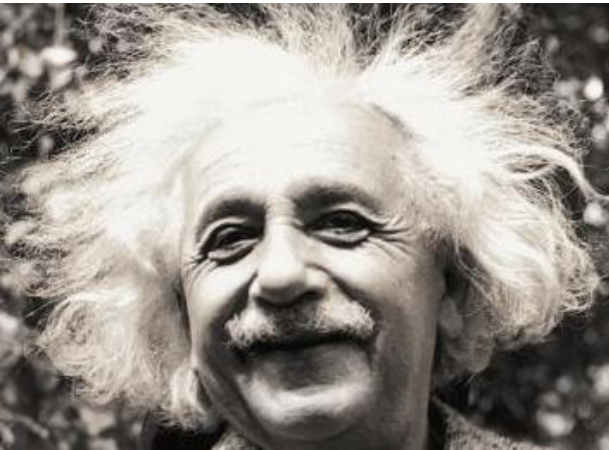
Die Masse eines Nuklids ist stets kleiner als die Summe der Masse seiner Bausteine.

Denn:

Bei der Vereinigung von n und p^+ zu einem Kern wird Energie frei. Diese Energieabnahme des Kerns führt zu einer Massenabnahme.

$$E = mc^2$$

Einsteinsches Gesetz der Äquivalenz von Masse und Energie



Albert Einstein (1879 – 1955)
(Nobelpreis 1921)



Der Massendefekt - Gesetz der Äquivalenz von Masse und Energie

$$E = mc^2$$

$c =$ Lichtgeschwindigkeit $= 2.997 \times 10^8$ m/s

$m = 1$ u $= 1.661 \times 10^{-27}$ kg

$E = 931 \times 10^6$ eV $= 931$ MeV

***Ergo:
Wer abnimmt
verliert Energie!***

$$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}$$

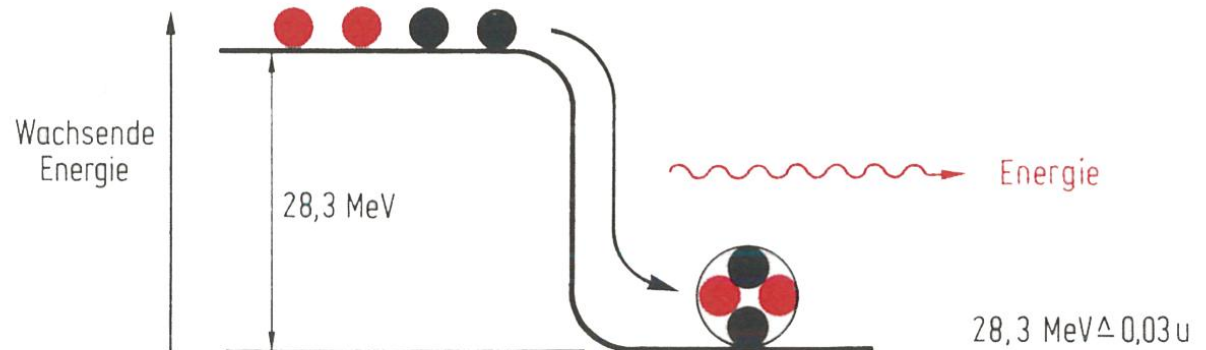
Atomaufbau



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

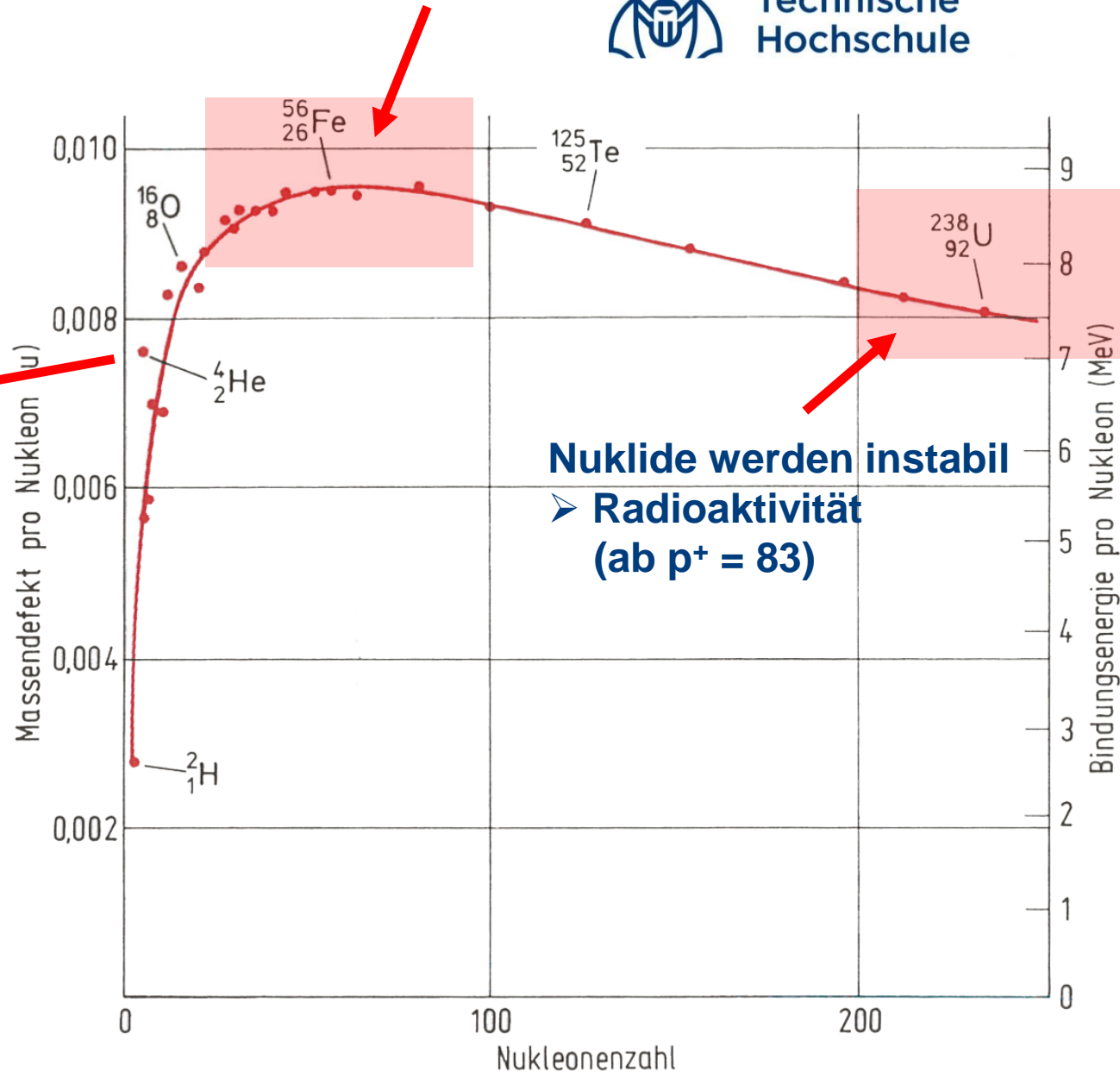


Technische Hochschule

Der Massendefekt

Massendefekt pro Nukleon
= 0.0076 u

Energie Pro Nukleon
= 7.08 MeV



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



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.

Die gilt nur für chemische Reaktionen, also für Veränderungen an der Elektronenhülle!

Kernreaktionen sind keine chemischen Vorgänge, der Energieumsatz ist ca. 10^6 mal größer.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Antoine Lavoisier
(1743 -1794)

Beispiel:

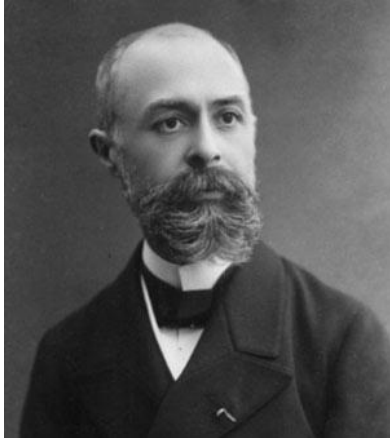
Bei der Bildung von ${}^4\text{He}$ wird eine Energie von 28.3 MeV frei, das entspricht 0.03 u.
Für 4 g gebildete ${}^4\text{He}$ -Kerne beträgt der Massenverlust *0.03 g*.

Bei einer vergleichbaren chem. Reaktion würde eine Energie von etwa 30 eV frei (Faktor 10^6), was einem Massenverlust von nur 10^{-8} g entspricht.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Antoine Henri Becquerel
(1852 - 1908)

Uranverbindungen senden spontan Strahlen aus.
(Nobelpreis 1903)



Marie Curie
(1867 - 1934)

Entdeckung und Isolierung des Elements Radium.
(Nobelpreis 1903/1911)

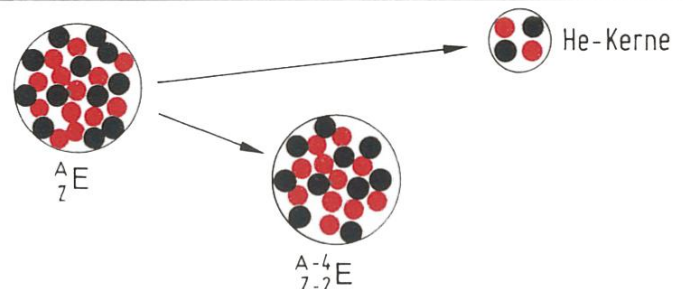
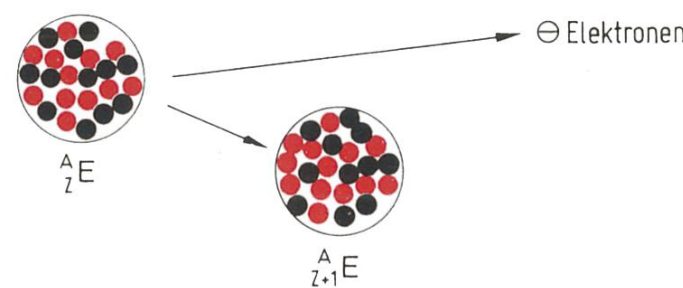
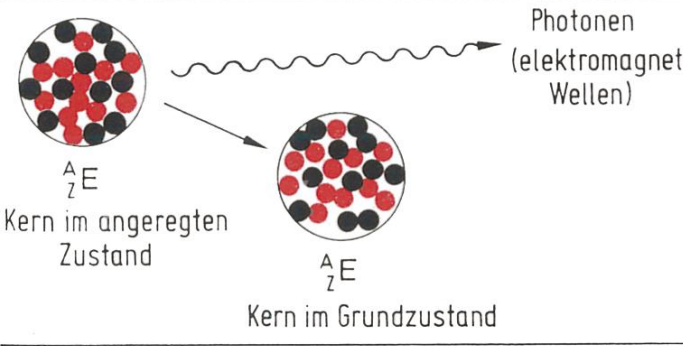


Ernest Rutherford
(1871 - 1937)

Radioaktivität entsteht durch Kernzerfall und radioaktive Strahlung ist das Zerfallsprodukt.
(Nobelpreis 1908)

Instabile Nuklide wandeln sich durch Ausstoßung von Elementarteilchen oder kleinen Kernbruchstücken in andere Nuklide um. Diese spontane Kernumwandlung ist der radioaktive Zerfall.

Atomaufbau

Kernumwandlung	Teilchen der Strahlung	Eigenschaften der Strahlungsteilchen			
		Bezeichnung der Strahlung	Kernladungszahl	Nukleonenzahl	Durchdringungsfähigkeit
 <p> A_ZE → $A-4$_{Z-2}E + He-Kerne </p>	He-Kerne	α-Strahlung	+2	4	gering
 <p> A_ZE → A_{Z+1}E + e⁻ </p>	e ⁻ Elektronen	β-Strahlung	-1	0	mittel
 <p> A_ZE (Kern im angeregten Zustand) → A_ZE (Kern im Grundzustand) + Photonen (elektromagnet. Wellen) </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

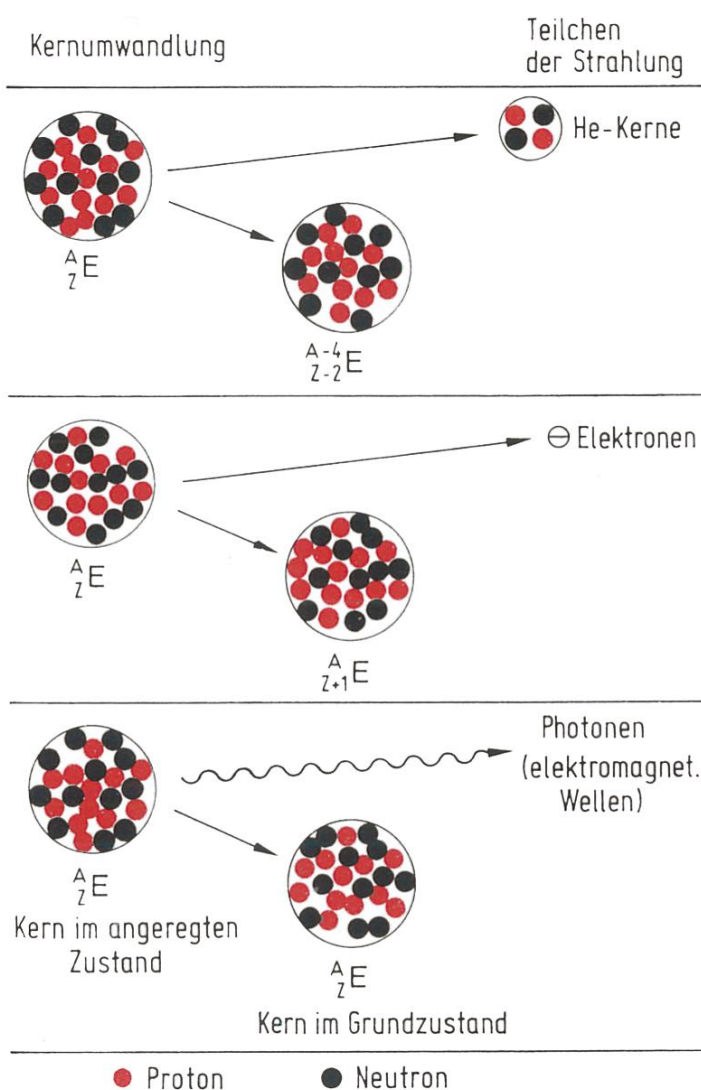
γ-Strahlung
Ist energiereiche
elektromagnetische
Strahlung

Reichweite (Luft):
hoch

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



α -Strahlung



β -Strahlung



γ -Strahlung

Keine Elementumwandlung, nur Änderung des Energiezustandes

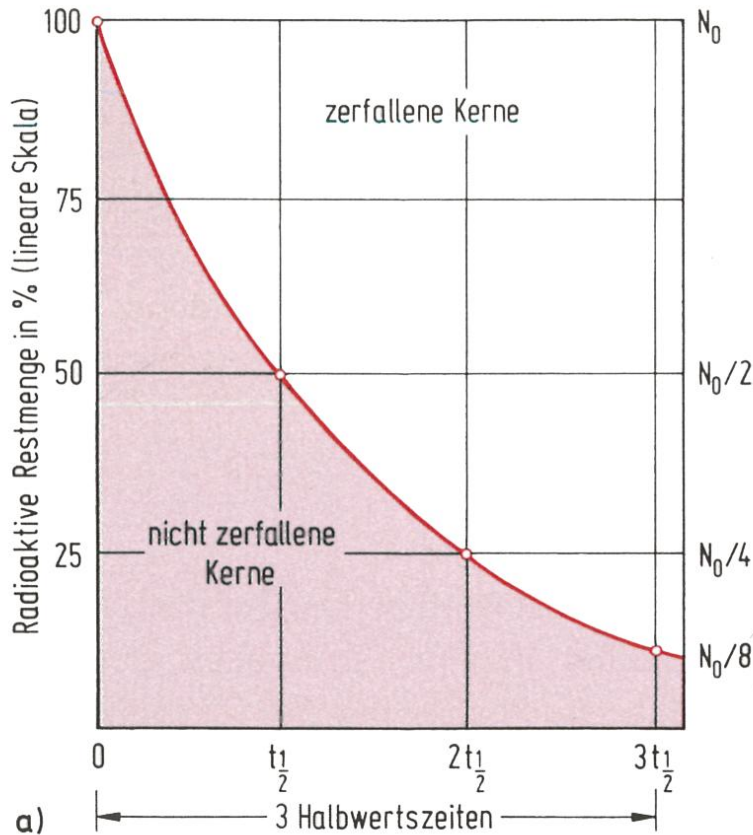


Zerfallsgeschwindigkeit

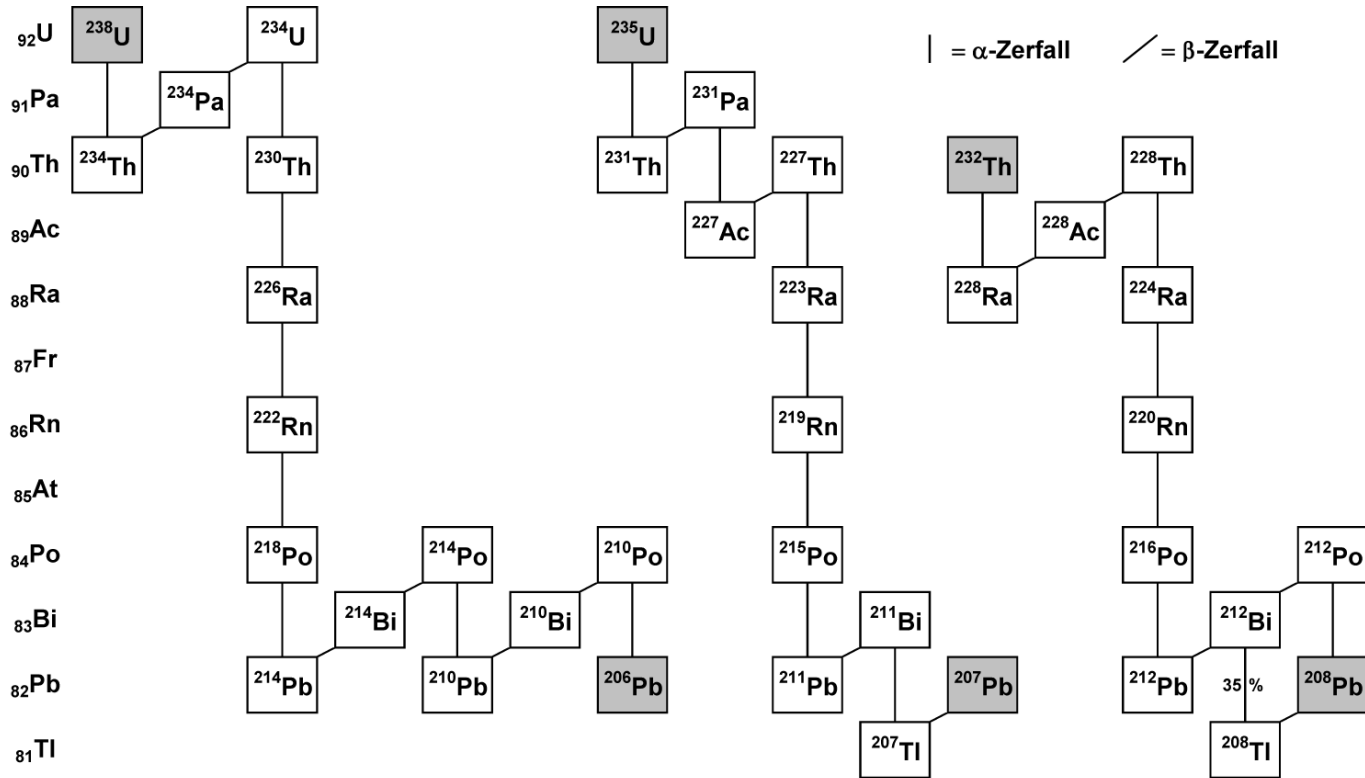
- radioaktiver Zerfall kann nicht beeinflusst werden
- radioaktiver Zerfall erfolgt spontan und rein statistisch
- pro Zeiteinheit zerfällt immer der gleiche Anteil an Kernen
- Maß für die Zerfallsgeschwindigkeit ist die Halbwertszeit $t_{1/2}$, nach der die Hälfte eines radioaktiven Stoffes zerfallen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

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

λ = Zerfallskonstante



Atomaufbau



(Uran-Radium) ^{238}U $\xrightarrow{8\alpha-, 6\beta\text{-Zerfälle}, t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ a}}$

(Actinium) ^{235}U $\xrightarrow{7\alpha-, 4\beta\text{-Zerfälle}, t_{1/2} = 0,7 \cdot 10^9 \text{ a}}$

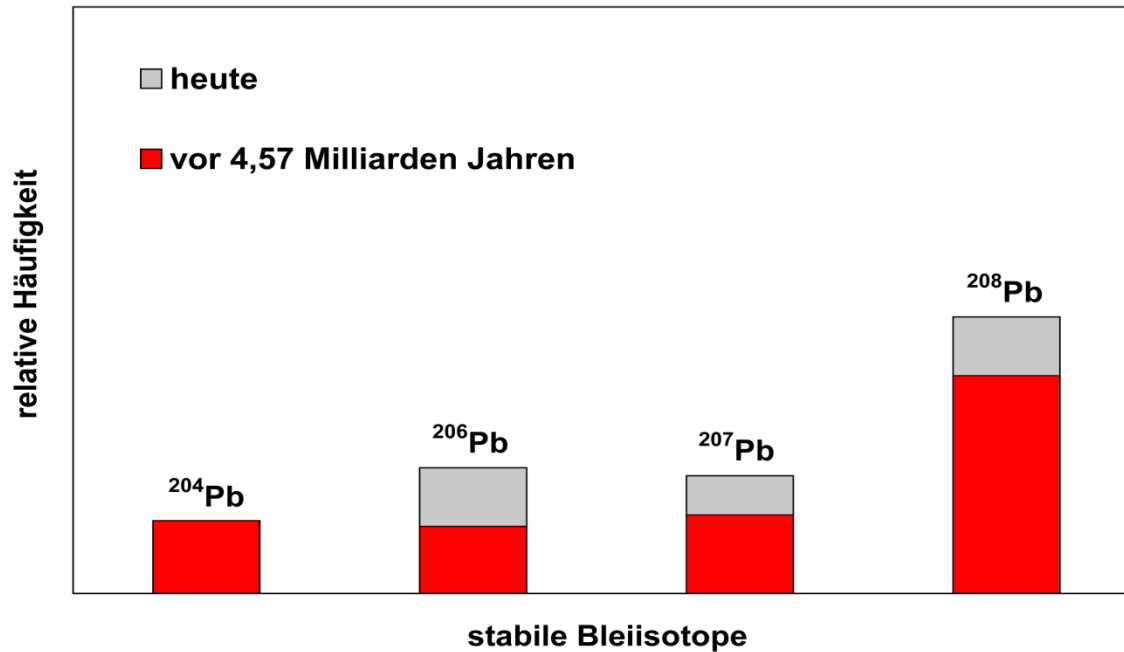
(Thorium) ^{232}Th $\xrightarrow{6\alpha-, 4\beta\text{-Zerfälle}, t_{1/2} = 14 \cdot 10^9 \text{ a}}$



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



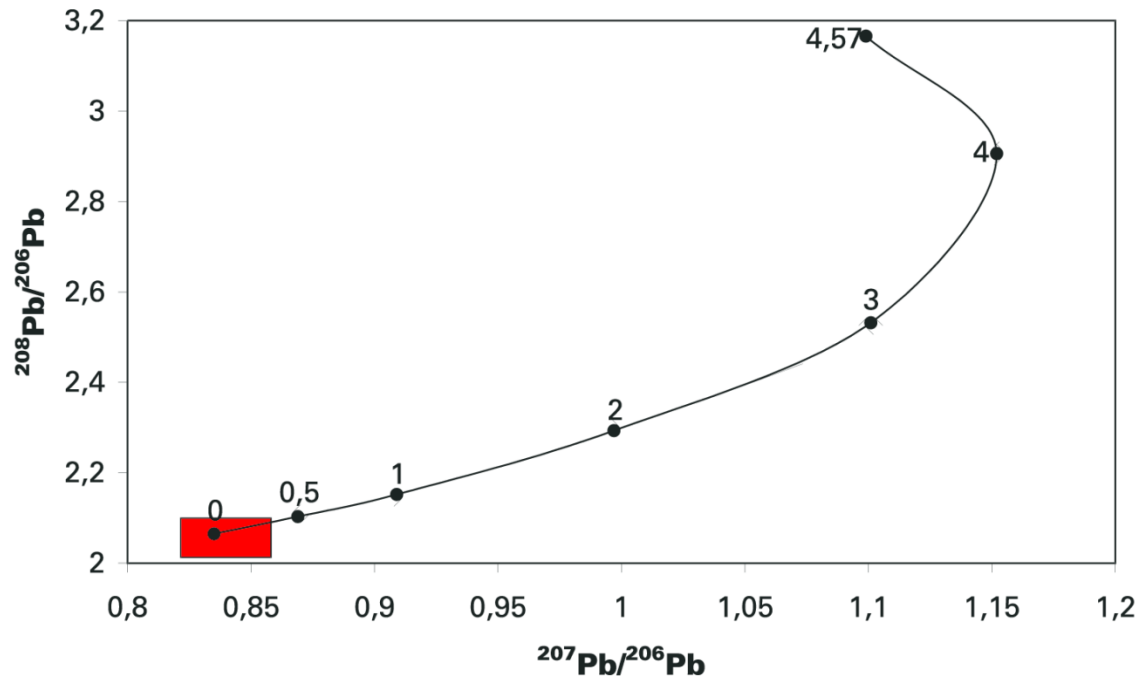
Bleiisotopenanalytik

- Bei Entstehung einer Erzlagerstätte werden U und Th abgetrennt, das Verhältnis der Pb-Isotope „friert ein“.
- Zu unterschiedlichen Zeiten gebildete Lagerstätten haben unterschiedliche Isotopenverhältnisse.
- Das Isotopenverhältnis der Lagerstätte findet sich auch im verhütteten Metall.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



stabil \rightarrow $^{204}_{82}\text{Pb}$

$^{238}_{92}\text{U}$ \rightarrow $^{206}_{82}\text{Pb}$

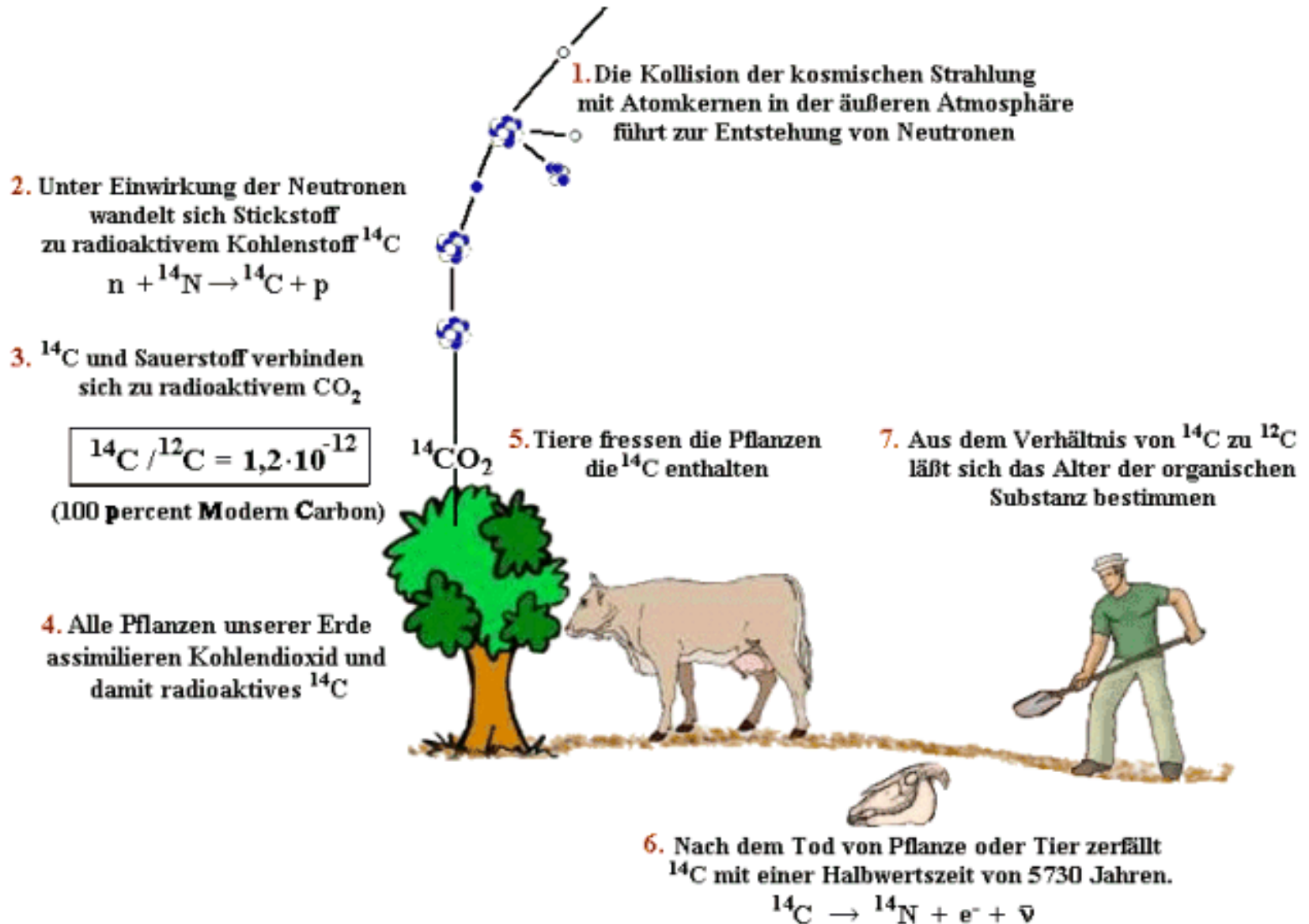
$^{235}_{92}\text{U}$ \rightarrow $^{207}_{82}\text{Pb}$

$^{232}_{90}\text{Th}$ \rightarrow $^{208}_{82}\text{Pb}$

Bleiisotopenanalytik

- Bei Entstehung einer Erzlagerstätte werden U und Th abgetrennt, das Verhältnis der Pb-Isotope „friert ein“.
- Zu unterschiedlichen Zeiten gebildete Lagerstätten haben unterschiedliche Isotopenverhältnisse.
- Das Isotopenverhältnis der Lagerstätte findet sich auch im verhütteten Metall.

Atomaufbau



Atomaufbau

Der Massendefekt

Kernspaltung:



Energiefreisetzung:
ca. 0.8 MeV / Nukleon

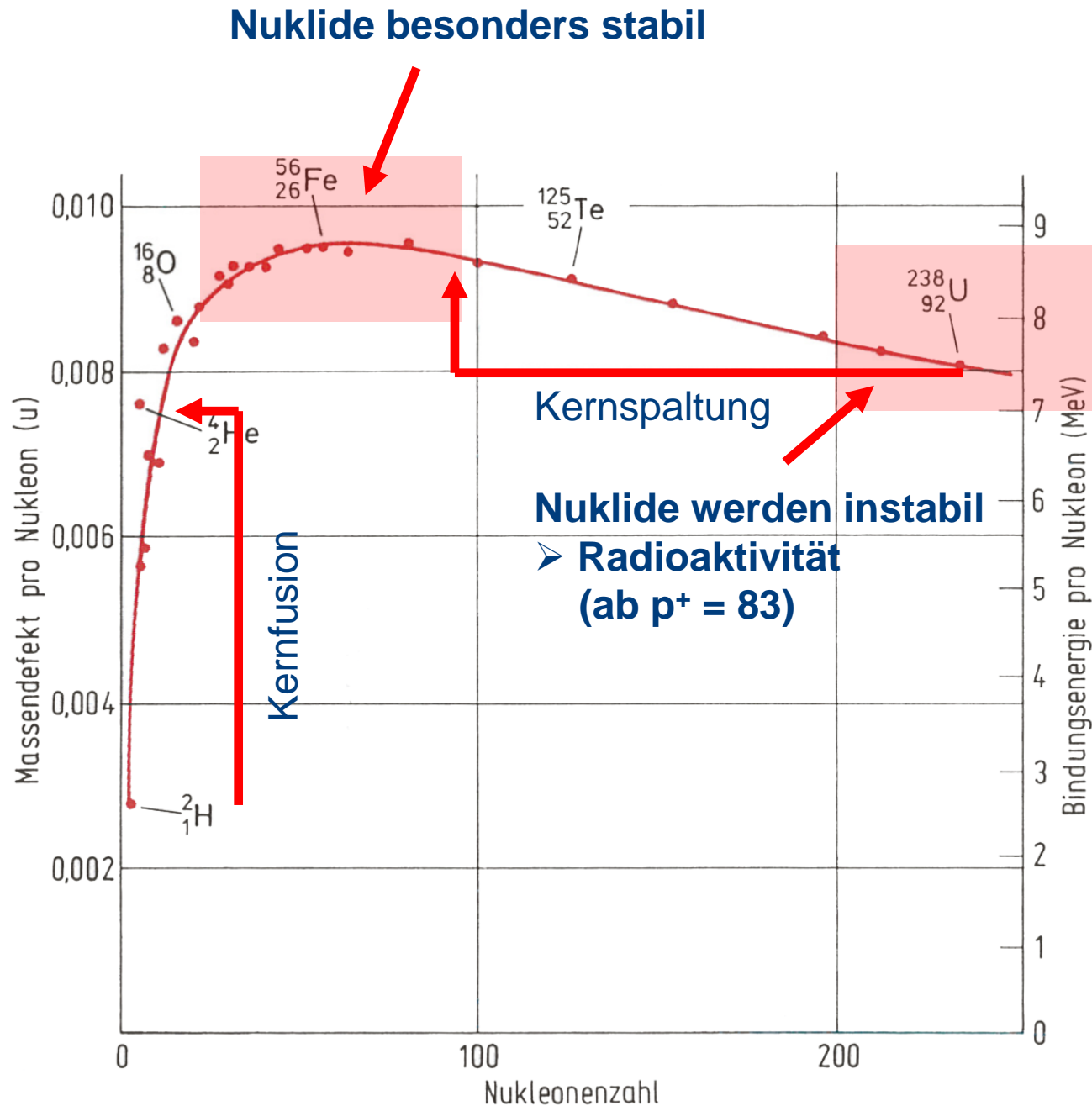
Kernfusion:



Energiefreisetzung:
ca. 4 MeV / Nukleon

Problem:

Temperatur = 10^8 K



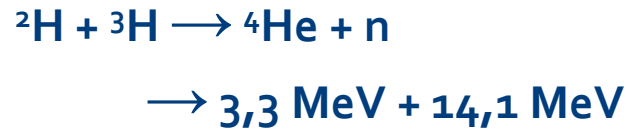
Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

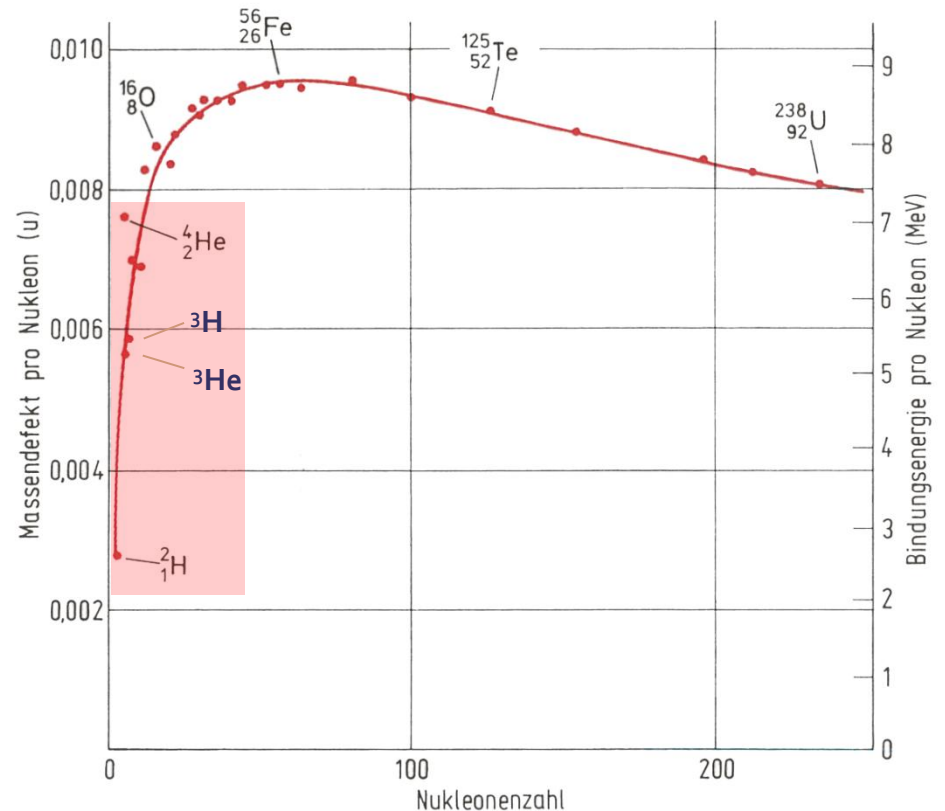
Der Massendefekt = Energiegewinnung ?

Kernfusion



Mal zum Vergleich:

$$1\text{g } ({}^2\text{H}/{}^3\text{H}) = 100 \text{ MWh}$$
$$= 12,3 \text{ t Steinkohle}$$



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Der Massendefekt = Energiegewinnung ?

Kernspaltung

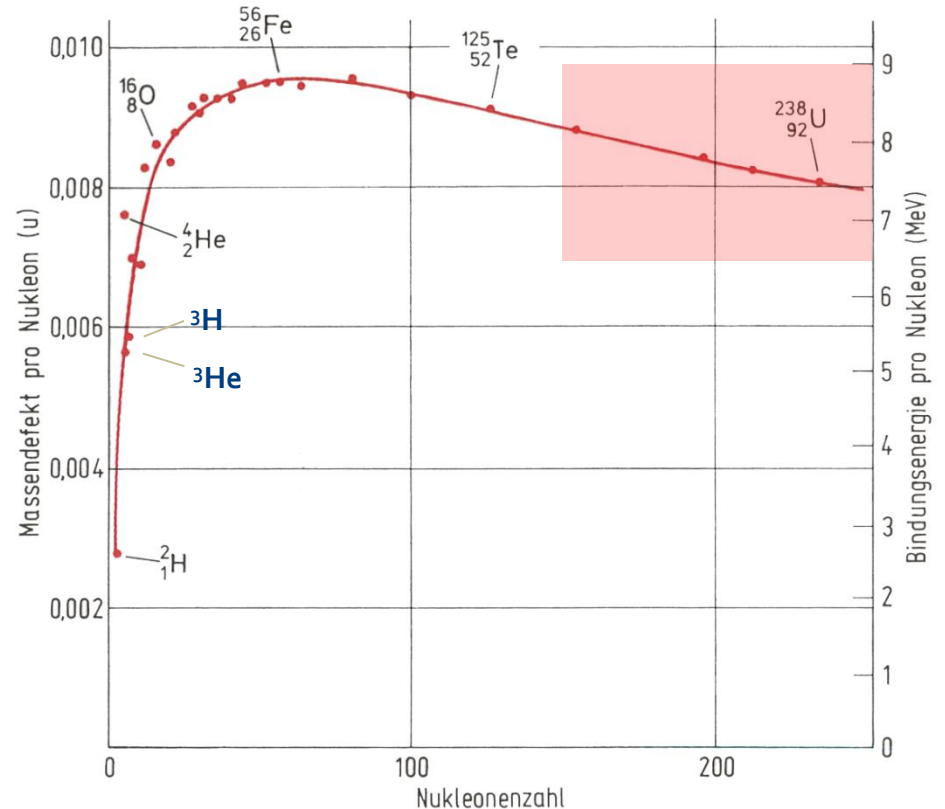


→ 200 MeV

Mal zum Vergleich:

Fusion vs. Spaltung

14 MeV << 200 MeV



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Der Massendefekt = Energiegewinnung ?

Ja! Durch Kernfusion oder Kernspaltung!

Ca. 14-28 MeV / Kernfusion oder ca. 200 MeV / Kernspaltung

Sehr viel größerer Energieumsatz als bei chemischen Reaktionen wie:

- Verbrennung von Steinkohle (12,3 t Steinkohle \approx 1 g ($^2\text{H}/^3\text{H}$))
- Verbrennung von TNT (38,6 eV / TNT)

Böse Kehrseite \rightarrow militärischer Einsatz

6. Aug. 1945	Hiroshima	Little Boy	13 kT TNT
9. Aug. 1945	Nagasaki	Fat Man	21 kT TNT



Nagasaki vor dem Abwurf



**Nagasaki nach dem
Abwurf**

Atomaufbau



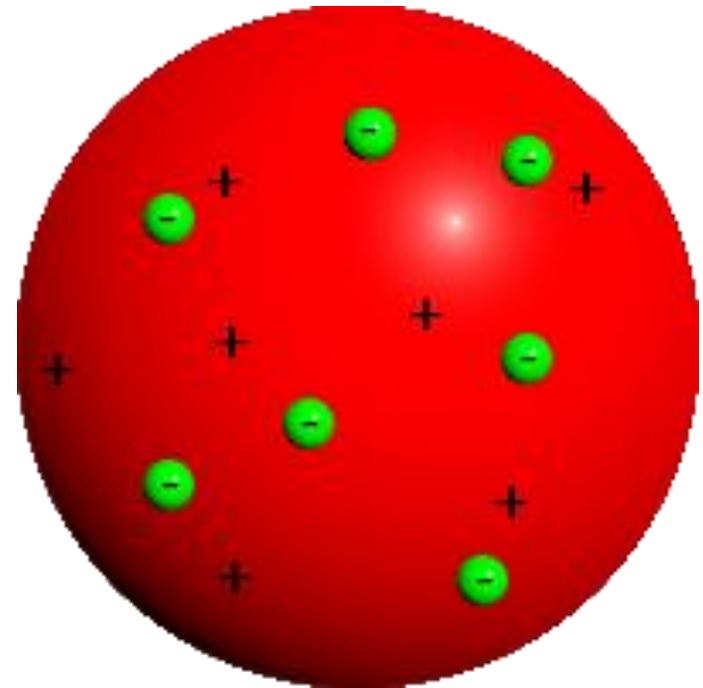
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Sir Joseph John Thomson
(1856 - 1940)

Atome sind teilbar und lassen
sich in negative und positive
Teilchen zerlegen.
(Nobelpreis 1906)

Thomson'sche Atommodell (1903) (Rosinenkuchenmodell)



Atomaufbau

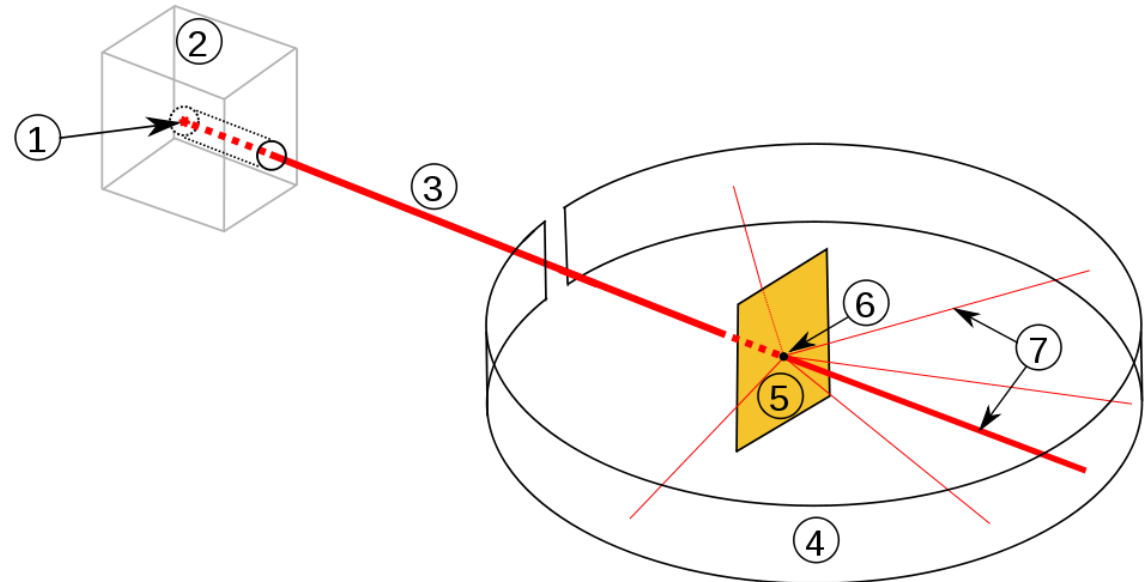


Technische
Hochschule
Georg Agricola



Ernest Rutherford
(1871 - 1937)

Radioaktivität entsteht
durch Kernzerfall und
radioaktive Strahlung ist
das Zerfallsprodukt.
(Nobelpreis 1908)



1: Radioaktives Radium, 2: Bleimantel zur Abschirmung, 3: Alpha-Teilchenstrahl, 4: Leuchtschirm bzw. Fotografieschirm 5: Goldfolie 6: Punkt, an dem die Strahlen auf die Folie treffen, 7: Teilchenstrahl trifft den Schirm, nur wenige Teilchen werden abgelenkt.

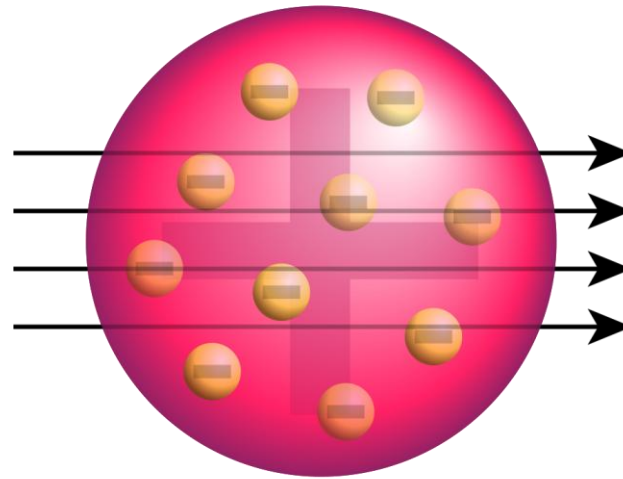
Atomaufbau



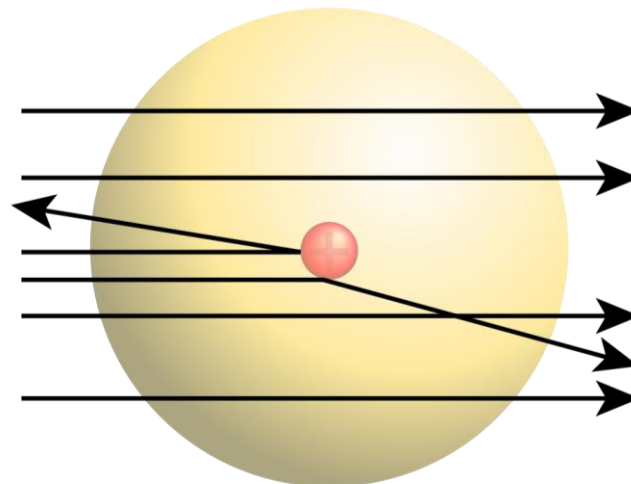
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Ernest Rutherford
(1871 - 1937)
(Nobelpreis 1908)



Erwartetes Ergebnis
nach dem
Atommodell von
Thomson.



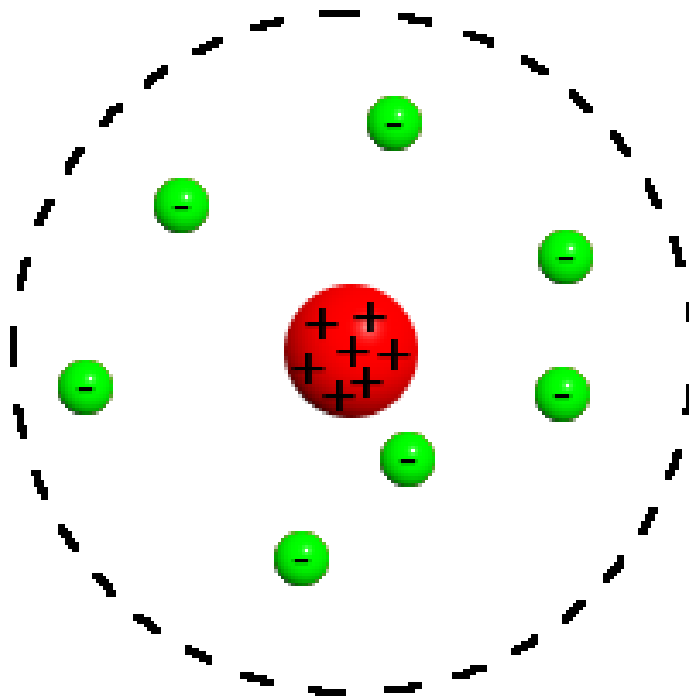
Beobachtetes
Ergebnis.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Rutherford'sche Atommodell (1911)



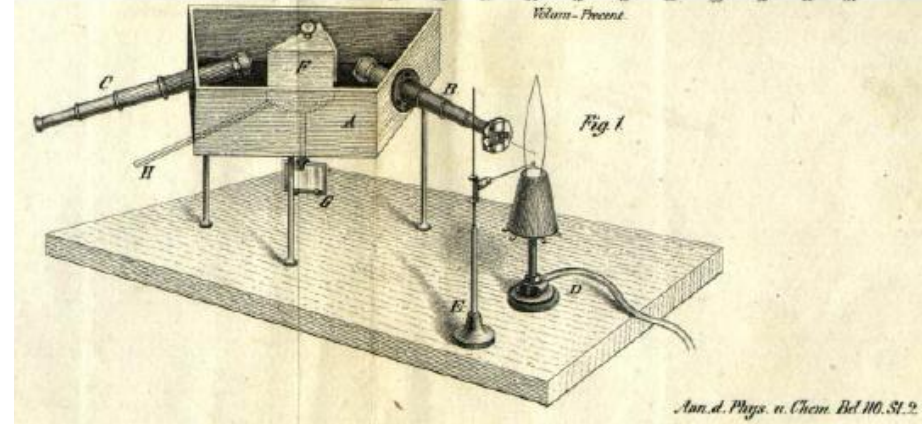
Ernest Rutherford
(1871 - 1937)

Atomaufbau

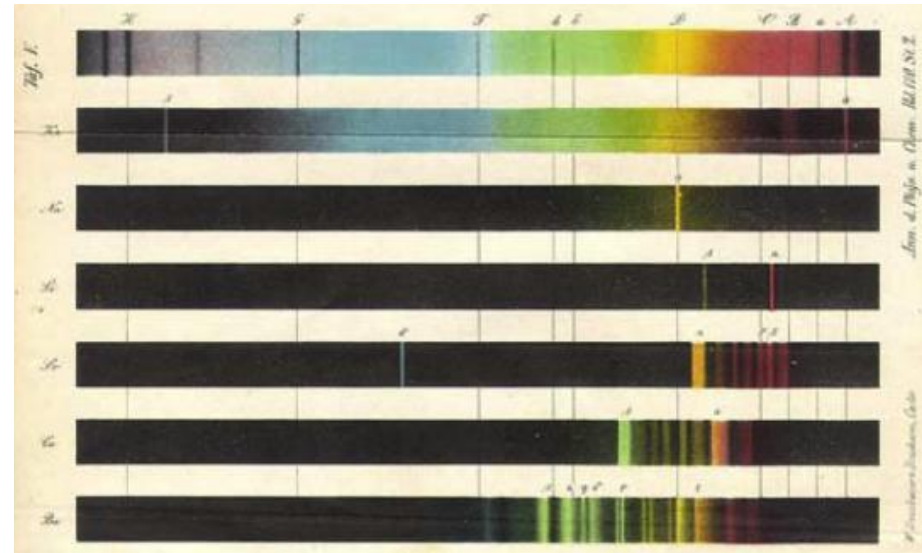


Gustav Robert Kirchhoff und
Robert Wilhelm Bunsen

Leuchtende Stoffe können mittels der
von ihnen emittierten Spektrallinien
identifiziert werden (1859).



Spektroskop



Elektromagnetisches Spektrum – sichtbarer Bereich

Atomaufbau

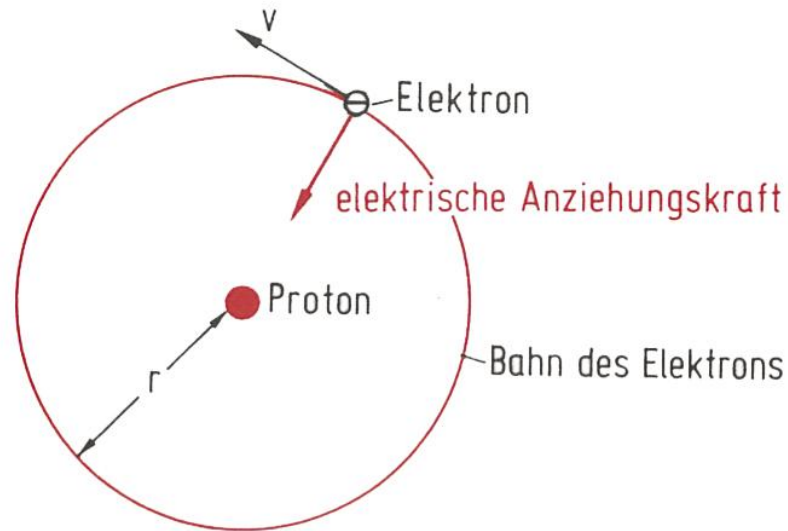


Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nils Bohr
(1885 - 1962)
(Nobelpreis 1922)

Bohr'sche Wasserstoffatom



Das e^- bewegt sich auf einer Kreisbahn um das Proton. Je größer der Radius ist, desto geringer ist die Energie des e^- ($E \approx -1/r$).

Für eine stabile Umlaufbahn gilt: Zentripetalkraft = Zentrifugalkraft

Atomaufbau



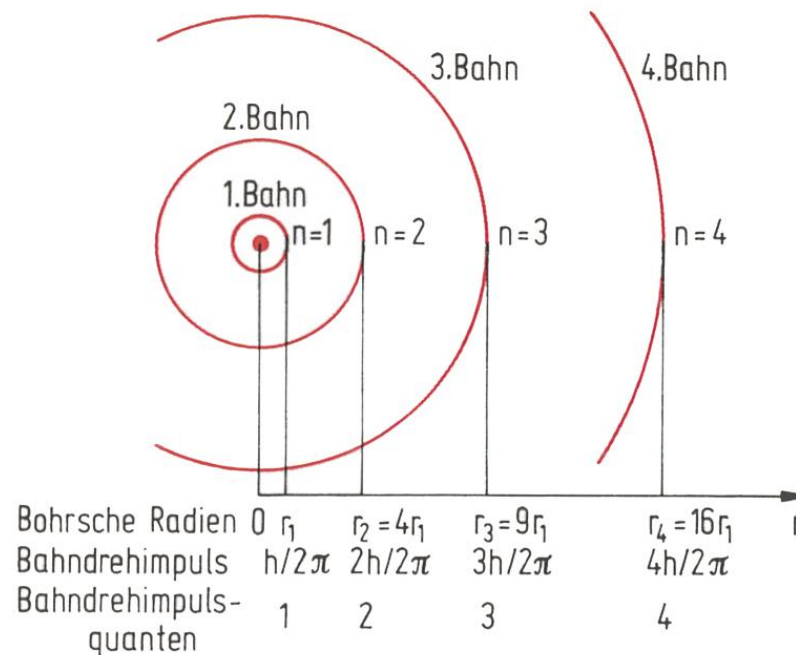
Technische
Hochschule
Georg Agricola



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



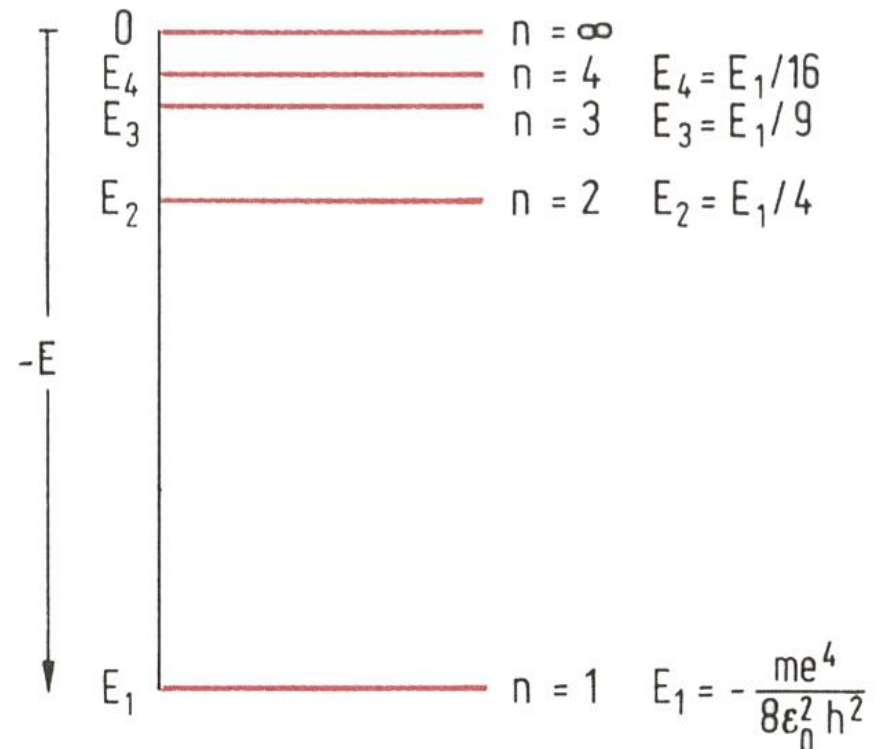
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nils Bohr
(1885 - 1962)
(Nobelpreis 1922)

- Die Energie des e^- wird kleiner je größer der Abstand zum Kern ist.
- Das e^- kann den Kern nur auf bestimmten Bahnen umkreisen.

Es treten nur ganz bestimmte Energiezustände im Wasserstoffatom auf.

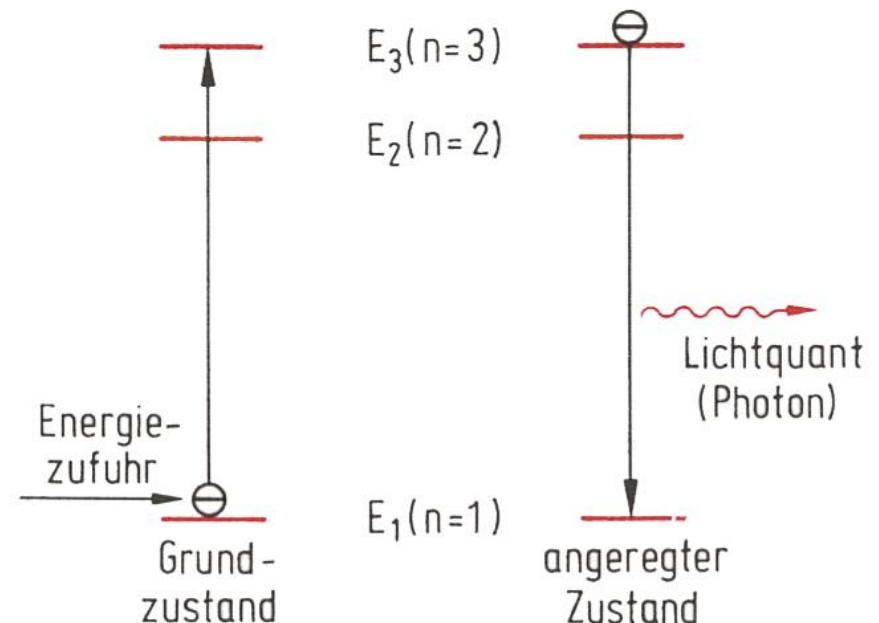


Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola

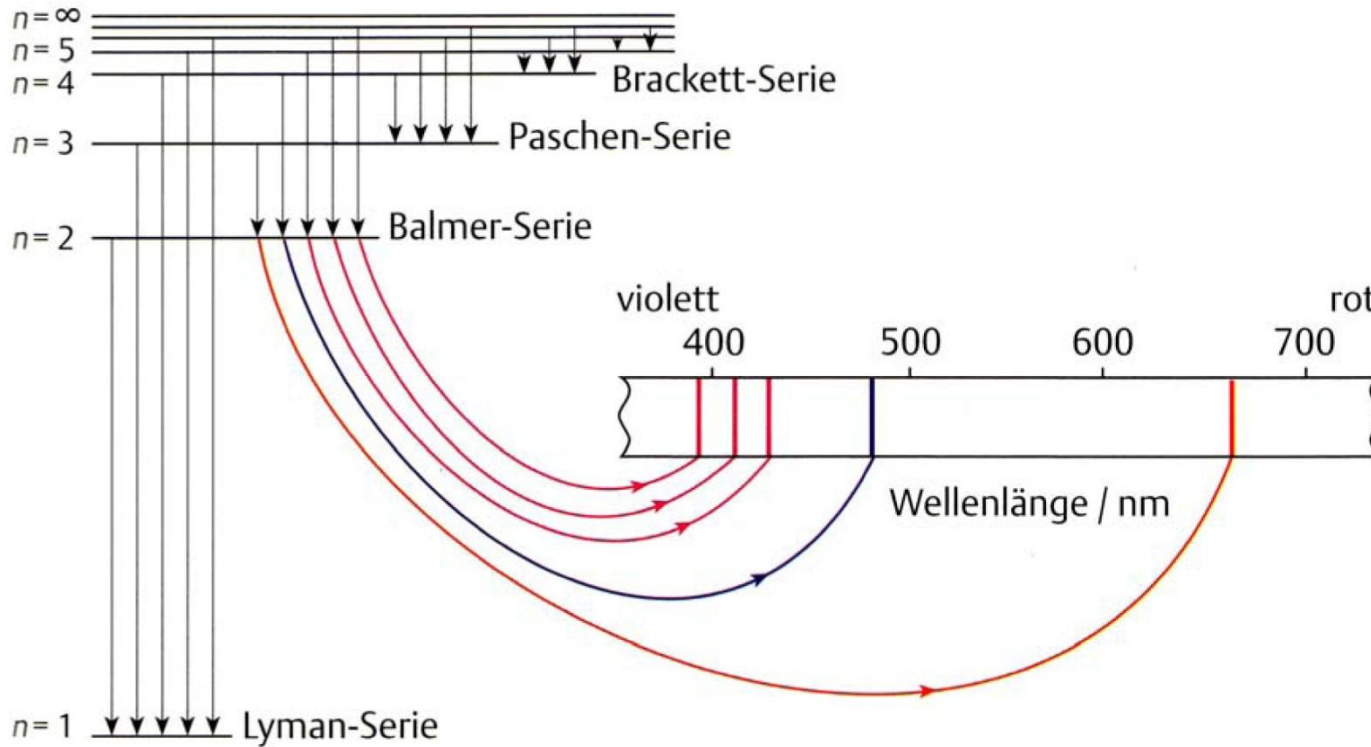
- Der stabilste Zustand eines Atoms ist der Zustand niedrigster Energie, der *Grundzustand* ($n = 1$).
- Zustände mit Quantenzahlen $n > 1$ sind *angeregte Zustände*.
- Ein e^- gelangt vom Grundzustand in einen angeregten Zustand wenn die dazu erforderliche Energie zugeführt wird.
- Beim Übergang von einem angeregten Zustand auf den Grundzustand wird Energie in Form von Strahlung frei.



Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



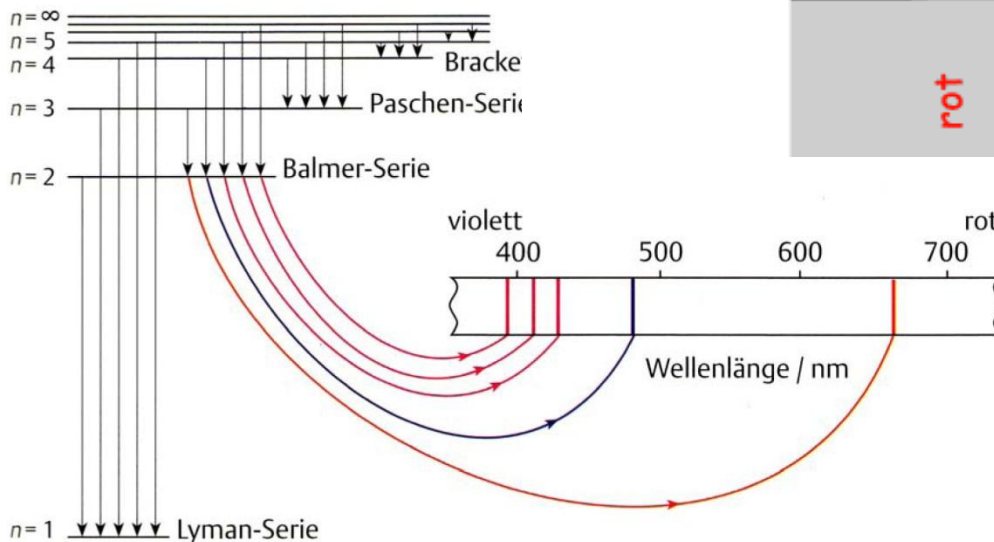
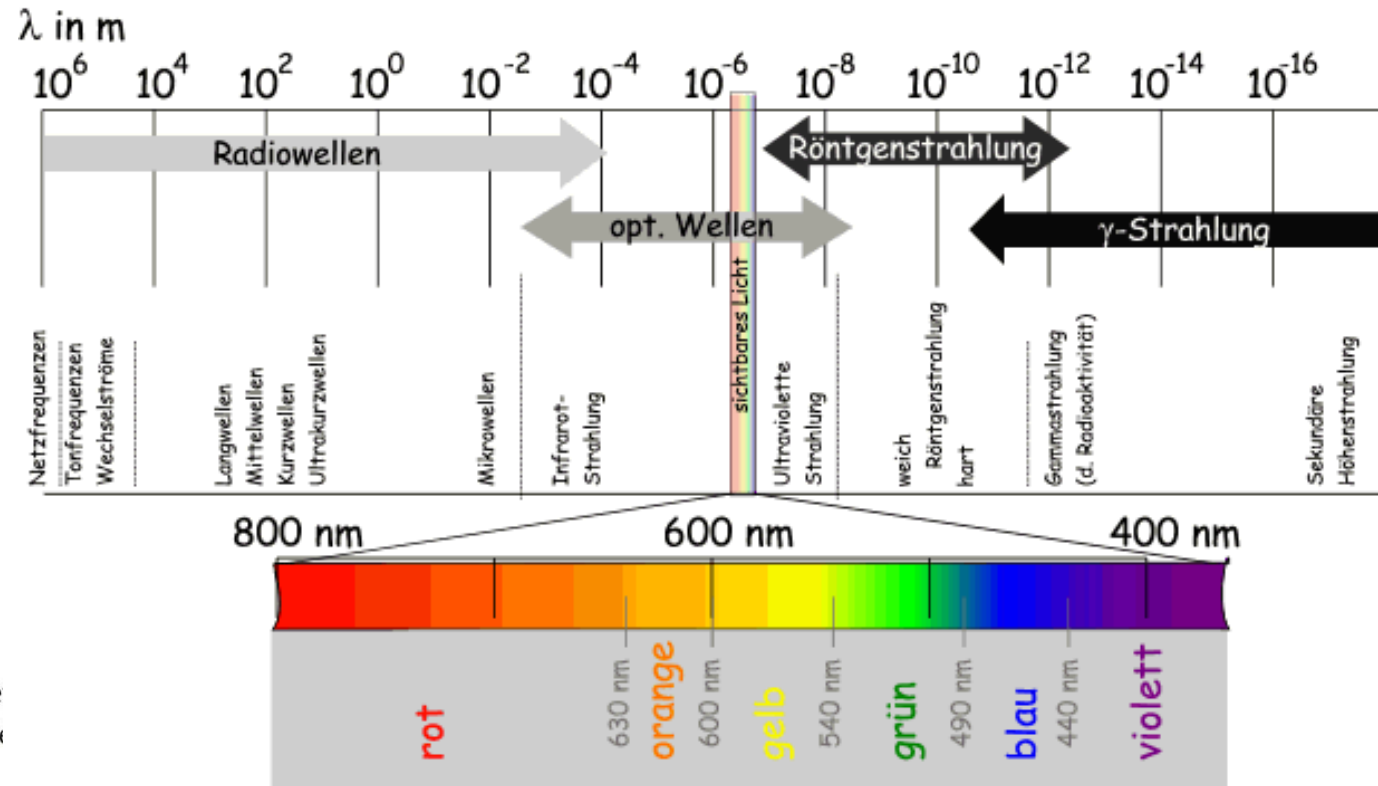
Zusammenhang zwischen den Elektronenübergängen im Wasserstoffatom und den Emissionslinien im elektromagnetischen Spektrum.

Atomaufbau



Technische Hochschule

Je größer die Differenz zwischen angeregtem Zustand und Grundzustand ist, desto energiereicher ist die emittierte Strahlung.



λ = Wellenlänge

k = Wellenzahl ($k = 1/\lambda = v/c$)

c = Lichtgeschwindigkeit (3×10^8 m/s)

v = Frequenz

E = Energie ($E = hv = hc/\lambda$)

h = Plancksche Konstante ($6,6 \times 10^{-34}$ Js)

Atomaufbau

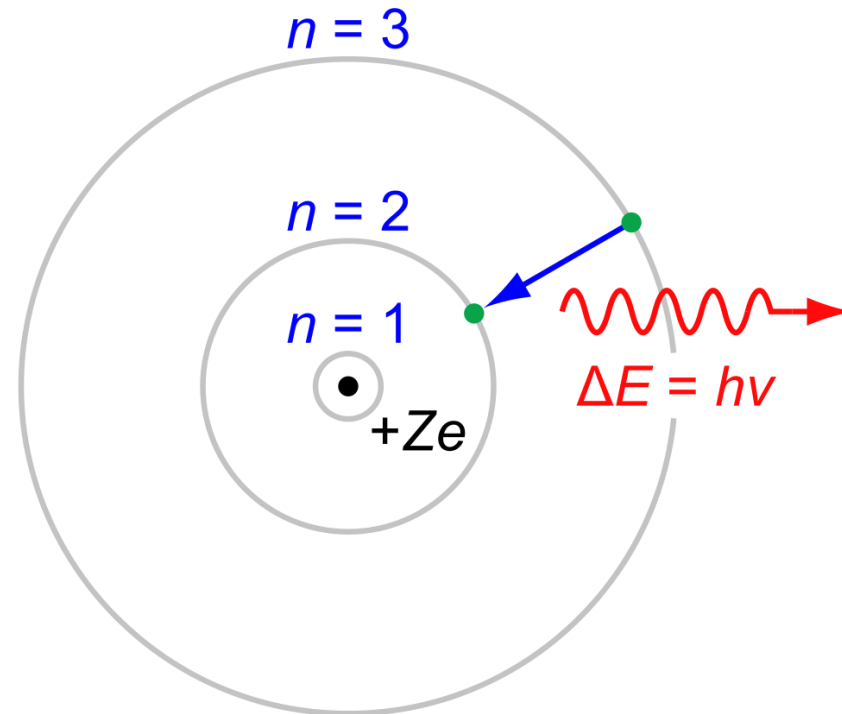


Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nils Bohr
(1885 - 1962)
(Nobelpreis 1922)

Bohr'sche Atommodell (1913)



Atomaufbau

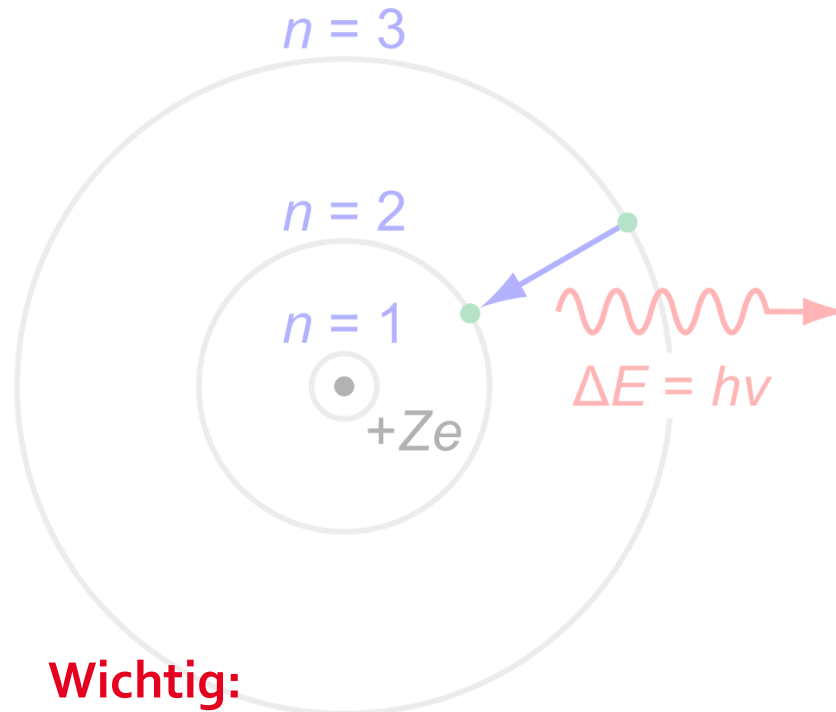


Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nils Bohr
(1885 - 1962)
(Nobelpreis 1922)

Bohr'sche Atommodell (1913)



Wichtig:

Das Bohr'sche Atommodell ist nur für Wasserstoff anwendbar.

Mehrelektronensysteme sind über die Quantentheorie allein nicht beschreibbar.

Atomaufbau



Louis de Broglie
(1892 - 1987)

Entdeckung der Wellennatur
des Elektrons (Welle-Teilchen-
Dualismus).

(Nobelpreis 1929)



Werner Karl Heisenberg
(1901 - 1976)

Unschärferelation:
Zwei Eigenschaften
eines Teilchens sind
nicht gleichzeitig
beliebig genau
messbar.

(Nobelpreis 1932)



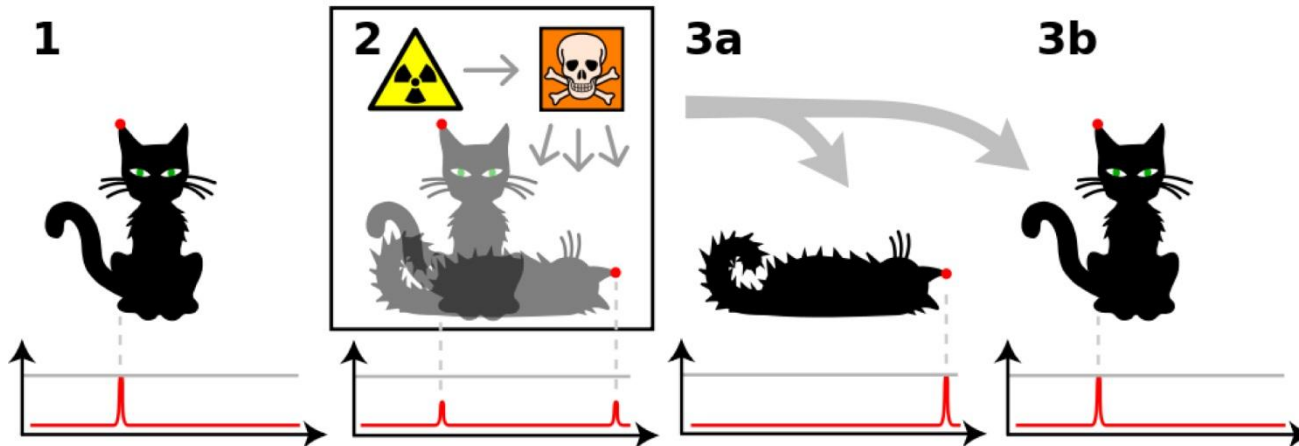
Erwin Schrödinger
(1887 - 1961)

Begründer der
Quantenmechanik.

(Nobelpreis 1933)

Atomaufbau

„Schrödinger's Katze“



Erwin Schrödinger
(1887 - 1961)

Begründer der
Quantenmechanik.

(Nobelpreis 1933)

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



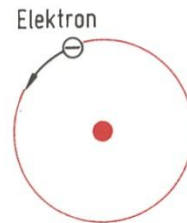
Werner Karl Heisenberg
(1901 - 1976)

Heisenberg'sche Unschärferelation:

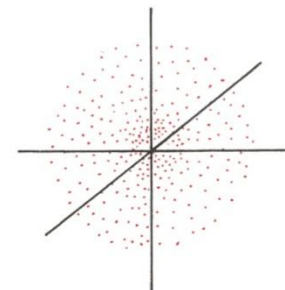
Zwei Eigenschaften eines Teilchens lassen sich nicht gleichzeitig genau messen.

Bei genau bekannter Geschwindigkeit eines e^- ist sein Aufenthaltsort im Atom vollkommen unbestimmt.

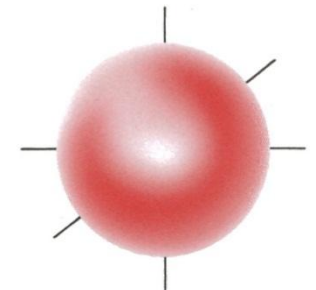
Das e^- ist nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit an einem bestimmten Ort des Atoms anzutreffen.



Bohrsches Wasserstoffatom
mit einer Elektronenbahn



Ladungswolke des
Wasserstoffelektrons



Das Wasserstoffelektron als
Kugel, die 99% der Gesamt-
ladung des Elektrons enthält.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Louis de Broglie
(1892 - 1987)

Welle-Teilchen-Dualismus:

Jedes bewegte Teilchen besitzt Welleneigenschaften.

Elektronen können sich wie Partikel aber auch wie Wellen (Strahlung) verhalten.

Eine Elektronenwelle kann sich nur dann ausbilden, wenn die Bohr'schen Quantenzahlen erfüllt sind.

Grund für das Auftreten der Quantenzahl n und der Unbestimmbarkeit des Aufenthaltsortes eines e^- im Atom sind eine Folge der Welleneigenschaften von e^- .

Die Annahme von Bohr kann über die Welleneigenschaften berechnet werden.

Atomaufbau



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Erwin Schrödinger
(1887 - 1961)

Mittels der Schrödinger-Gleichung können die Welleneigenschaften eines e^- beschrieben werden.

Durch Lösen der Schrödinger-Gleichung ergeben sich drei Quantenzahlen, über die die erlaubten Schwingungszustände, räumliche Ladungsverteilungen und Energien festgelegt sind:

Hauptquantenzahl n

Nebenquantenzahl l

Magnetische Quantenzahl m_l

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + V\right)|\psi\rangle = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}|\psi\rangle$$

Atomaufbau



1s-Orbital
n=1



2s-Orbital
n=2

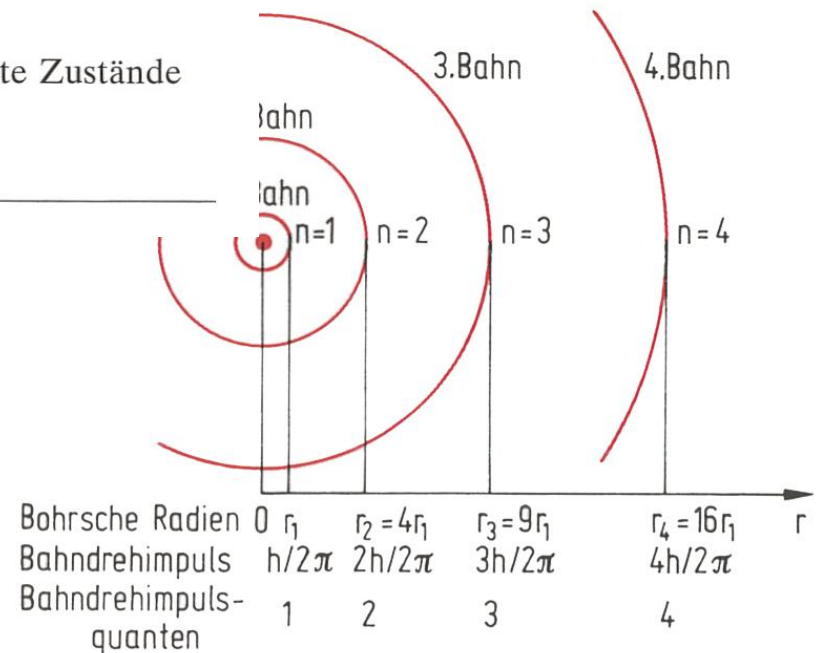


3s-Orbital
n=3

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	$\frac{1}{25}E_1$	



Periodensystem der Elemente

<p>1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 H Wasserstoff 1s¹</p>		<p>2 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s¹</p>		<p>3 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s²</p>		<p>4 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s¹</p>		<p>5 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s²</p>		<p>6 25 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>7 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>8 55,85 1,7 2870 1495 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>9 58,93 1,8 2732 1453 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>10 58,69 1,8 2595 1083 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>11 63,55 1,8 2907 419,6 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>12 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>13 69,72 1,8 2403 29,8 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>14 72,64 2,0 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>15 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>16 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>17 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>18 83,80 - - - Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²</p>	
<p>19 39,10 0,9 774 63,7 K Kalium [Ar]4s¹</p>		<p>20 40,08 1,0 1487 = 845 Ca Calcium [Ar]4s²</p>		<p>21 44,96 1,2 2832 1539 Sc Scandium [Ar]3d¹4s²</p>		<p>22 47,87 1,3 3260 1675 Ti Titan [Ar]3d²4s²</p>		<p>23 50,94 1,5 3380 1890 V Vanadium [Ar]3d³4s²</p>		<p>24 52,00 1,6 2672 1857 Cr Chrom [Ar]3d⁵4s¹</p>		<p>25 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>26 55,85 1,6 2750 1535 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>27 58,93 1,7 2870 1495 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>28 58,69 1,8 2732 1453 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>29 63,55 1,8 2595 1083 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>30 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>31 69,72 1,8 2403 29,8 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>32 72,64 2,0 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>33 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>34 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>35 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>36 83,80 - - - Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²</p>	
<p>37 85,47 0,9 888 38,9 Rb Rubidium [Kr]5s¹</p>		<p>38 87,62 1,0 1384 769 Sr Strontium [Kr]5s²</p>		<p>39 88,91 1,1 3337 1523 Y Yttrium [Kr]4d¹5s²</p>		<p>40 91,22 1,2 4377 1852 Zr Zirkon [Kr]4d²5s²</p>		<p>41 92,91 1,2 4927 2468 Nb Niob [Kr]4d⁴5s¹</p>		<p>42 95,94 1,3 4825 2610 Mo Molybdän [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>43 (98) 1,4 3900 2200 Tc Technetium [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>44 101,07 1,4 4880 2200 Ru Ruthenium [Kr]4d⁷5s¹</p>		<p>45 102,91 1,5 = 3730 1966 Rh Rhodium [Kr]4d⁸5s¹</p>		<p>46 106,42 1,4 3140 1552 Pd Palladium [Kr]4d¹⁰</p>		<p>47 107,87 1,4 2212 962 Ag Silber [Kr]4d¹⁰5s¹</p>		<p>48 112,41 1,5 765 320,9 Cd Cadmium [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>49 114,82 1,5 2080 156,6 In Indium [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>50 118,71 1,7 2270 231,9 Sn Zinn [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>51 121,76 1,8 1635 630,7 Sb Antimon [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>52 127,60 2,0 900 449,5 Te Tellur [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>53 126,90 2,2 184,4 113,5 I Iod [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>54 131,29 - - - Xe Xenon [Kr]4d¹⁰5s²</p>	
<p>55 132,91 0,9 878 28,5 Cs Caesium [Xe]6s¹</p>		<p>56 137,33 1,0 1640 725 Ba Barium [Xe]6s²</p>		<p>57 138,91 1,1 3454 920 La Lanthan [Xe]5d¹6s²</p>		<p>72 178,49 1,2 5200 2230 Hf Hafnium [Xe]4f¹⁴5d²6s²</p>		<p>73 180,95 1,3 = 5430 2996 Ta Tantal [Xe]4f¹⁴5d³6s²</p>		<p>74 183,84 1,4 5657 3410 W Wolfram [Xe]4f¹⁴5d⁴6s²</p>		<p>75 186,21 1,5 = 5630 3045 Re Rhenium [Xe]4f¹⁴5d⁵6s²</p>		<p>76 190,23 1,5 = 5030 3045 Os Osmium [Xe]4f¹⁴5d⁶6s²</p>		<p>77 192,22 1,6 4190 2410 Ir Iridium [Xe]4f¹⁴5d⁷6s²</p>		<p>78 195,08 1,4 = 3830 1772 Pt Platin [Xe]4f¹⁴5d⁹6s¹</p>		<p>79 196,97 1,4 2810 1064 Au Gold [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s¹</p>		<p>80 200,59 1,4 356,6 - 38,9 Hg Quecksilber [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>81 204,38 1,4 1457 303,5 Tl Thallium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>82 207,2 1,6 1740 327,5 Pb Blei [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>83 208,98 1,7 1590 271,3 Bi Bismut [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>84 (209) 1,8 962 254 Po Polonium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>85 (210) 2,0 340 300 At Astat [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>86 (222) - - - Rn Radon [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>	
<p>87 (223) 0,9 677 26,8 Fr Francium [Rn]7s¹</p>		<p>88 (226) 1,0 1140 700 Ra Radium [Rn]7s²</p>		<p>89 (227) 1,0 3200 1050 Ac Actinium [Rn]6d¹7s²</p>		<p>104 (267) Rf Rutherfordium [Rn]5f¹⁴6d²7s²</p>		<p>105 (268) Db Dubnium [Rn]5f¹⁴6d³7s²</p>		<p>106 (271) Sg Seaborgium [Rn]5f¹⁴6d⁴7s²</p>		<p>107 (272) Bh Bohrium [Rn]5f¹⁴6d⁵7s²</p>		<p>108 (277) Hs Hassium [Rn]5f¹⁴6d⁶7s²</p>		<p>109 (276) Mt Meitnerium [Rn]5f¹⁴6d⁷7s²</p>		<p>110 (281) Ds Darmstadtium [Rn]5f¹⁴6d⁸7s²</p>		<p>111 (280) Rg Röntgenium [Rn]5f¹⁴6d⁹7s²</p>		<p>112 (285) Cn Copernicium [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>		<p>113 (284) Nh Nihonium [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>		<p>114 (289) Fl Flerovium [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>		<p>115 (288) Mc Moscovium [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>		<p>116 (293) Lv Livermorium [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>		<p>118 (294) Og Oganesson [Rn]5f¹⁴6d¹⁰7s²</p>			

1 Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massenzahl) des Isotops mit der längsten Halbwertszeit

2 rot : gasförmig
grün : flüssig
schwarz: fest
licht : alle Isotope radioaktiv
} bei STP
= 0 °C und
1.0 bar

Nebengruppen

Protonenzahl (Ordnungszahl)
Elektronegativität (nach Allred u. Rochow)
Siedetemperatur in °C
Schmelztemperatur in °C

Relative Atommasse¹

Symbol²

Name

Elektronenkonfiguration

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.

Lanthanoide

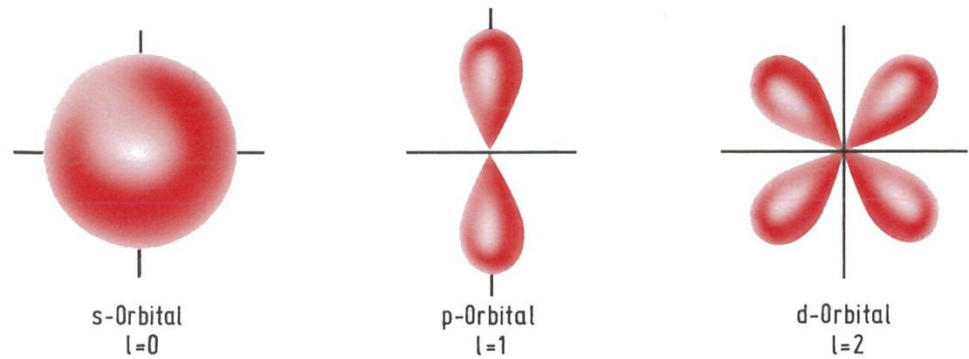
58 140,12 1,1 3257 798 Ce Cer [Xe]4f ¹ 6s ²	59 140,91 1,1 3512 931 Pr Praseodym [Xe]4f ³ 6s ²	60 144,24 1,1 3127 1010 Nd Neodym [Xe]4f ⁴ 6s ²	61 (145) 1,1 2700 1170 Pm Promethium [Xe]4f ⁵ 6s ²	62 150,36 1,1 1778 1072 Sm Samarium [Xe]4f ⁶ 6s ²	63 151,96 1,0 1597 822 Eu Europium [Xe]4f ⁷ 6s ²	64 157,25 1,1 3233 1312 Gd Gadolinium [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 158,93 1,1 3041 1360 Tb Terbium [Xe]4f ⁹ 6s ²	66 162,50 1,1 2335 1409 Dy Dysprosium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	67 164,93 1,1 1727 1470 Ho Holmium [Xe]4f ¹¹ 6s ²	68 167,26 1,1 2510 1522 Er Erbium [Xe]4f ¹² 6s ²	69 168,93 1,1 1193 1545 Tm Thulium [Xe]4f ¹³ 6s ²	70 173,04 1,1 1193 824 Yb Ytterbium [Xe]4f ¹⁴ 6s ²	71 174,97 1,1 3315 1656 Lu Lutetium [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
--	--	--	---	--	---	--	---	---	--	---	--	---	---

Actinoide

90 232,038 1,1 4790 1750 Th Thorium [Rn]6d ² 7s ²	91 231,036 1,1 4030 1840 Pa Protactinium [Rn]5f ² 6d ¹ 7s ²	92 238,029 1,2 3818 1132 U Uran [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 (237) 1,2 3902 640 Np Neptunium [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 (244) 1,2 3200 641 Pu Plutonium [Rn]5f ⁶ 7s ²	95 (243) = 1,2 2610 1000 Am Americium [Rn]5f ⁷ 7s ²	96 (247) = 1,2 = 1340 Cm Curium [Rn]5f ⁸ 6d ¹ 7s ²	97 (247) = 1,2 = 990 Bk Berkelium [Rn]5f ⁹ 7s ²	98 (251) = 1,2 = 900 Cf Californium [Rn]5f ¹⁰ 7s ²	99 (252) = 1,2 = - Es Einsteinium [Rn]5f ¹¹ 7s ²	100 (257) = 1,2 = - Fm Fermium [Rn]5f ¹² 7s ²	101 (258) = 1,2 = - Md Mendeleevium [Rn]5f ¹³ 7s ²	102 (259) = 1,2 = - No Nobelium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	103 (262) = 1,2 = - Lr Lawrencium [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²
--	---	--	---	---	--	---	---	--	--	---	--	--	--



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

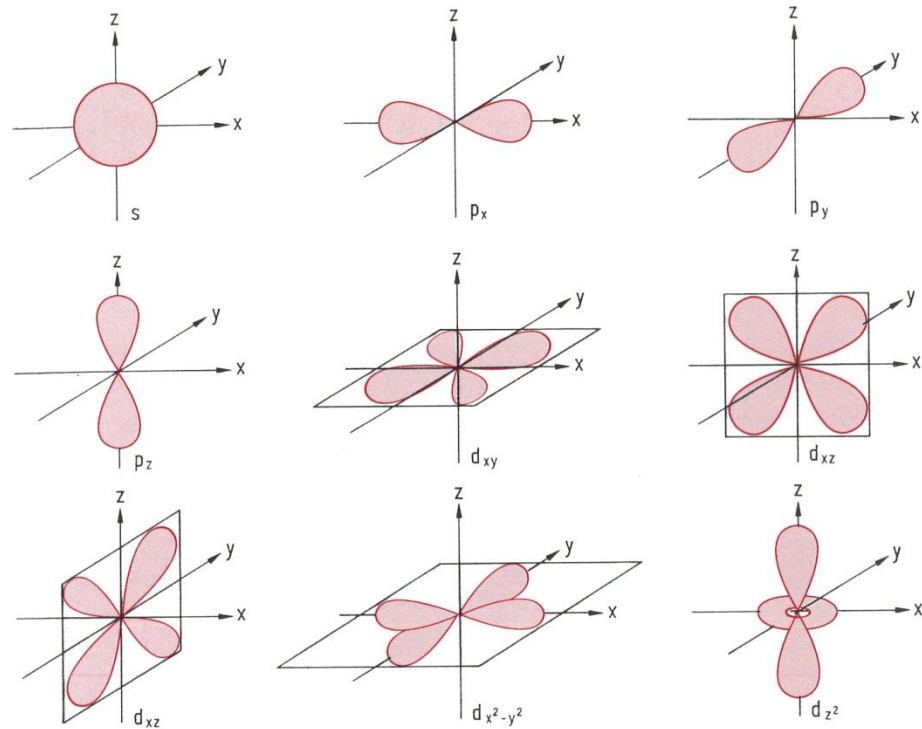
s = sharp p = principal d = diffuse f = fundamental

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

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

Spinquantenzahl m_s

Die Spinquantenzahl m_s beschreibt die

$$m_s = +1/2,$$

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

↑ wachsende Energie

Pauli-Prinzip:

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



erlaubt

2s



verboten

2s

Hund'sche Regel:

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



erlaubt

2p



verboten

2p

Atomaufbau

Spinquantenzahl m_s

Die Spinquantenzahl m_s beschreibt die

$$m_s = +1/2,$$

Schale	n	s l=0	p l=1	d l=2
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

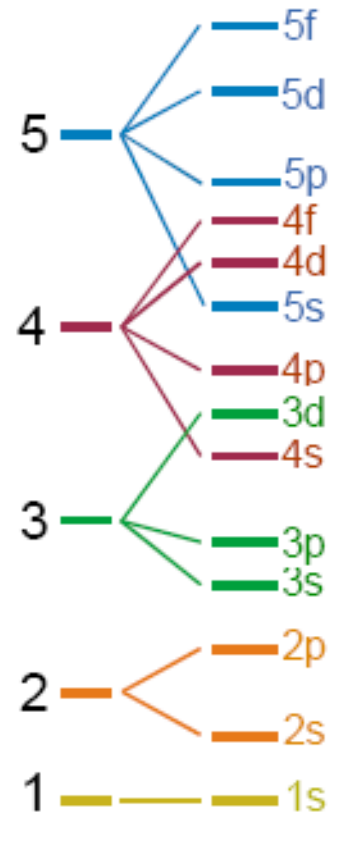


2p

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	



1	1A	1.01	2A	9.01
1	H		Li	Be
2	Li		Na	Mg
3	Na		K	Ca
4	K		Rb	Sr
5	Rb		Cs	Ba
6	Cs		Fr	Ra
6	Lanthanoide			
7	Actinoide			

67	68	69	70
Ho	Er	Tm	Yb
Es	Fm	Md	No

Periodensystem der Elemente

<p>1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 H Wasserstoff 1s¹</p>		<p>2 6,941 1,0 1347 180,5 Li Lithium [He]2s¹</p>		<p>3 9,012 1,5 2970 1278 Be Beryllium [He]2s²</p>		<p>4 22,990 1,0 883 97,8 Na Natrium [Ne]3s¹</p>		<p>5 24,305 1,2 1107 651 Mg Magnesium [Ne]3s²</p>		<p>6 25 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>7 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>8 55,85 1,7 2870 1495 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>9 58,93 1,8 2732 1453 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>10 58,69 1,8 2595 1083 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>11 63,55 1,8 2907 419,6 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>12 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>13 26,982 1,5 2467 660,4 Al Aluminium [Ne]3s²3p¹</p>		<p>14 28,086 1,7 2355 1410 Si Silicium [Ne]3s²3p²</p>		<p>15 30,974 2,1 280(P4) 44(P4) P Phosphor [Ne]3s²3p³</p>		<p>16 32,065 2,4 444 114,6 S Schwefel [Ne]3s²3p⁴</p>		<p>17 35,453 2,8 - 34,6 - 101,0 Cl Chlor [Ne]3s²3p⁵</p>		<p>18 39,948 - - 185,7 - 189,2 Ar Argon [Ne]3s²3p⁶</p>		<p>19 39,10 0,9 774 63,7 K Kalium [Ar]4s¹</p>		<p>20 40,08 1,0 1487 = 845 Ca Calcium [Ar]4s²</p>		<p>21 44,96 1,2 2832 1539 Sc Scandium [Ar]3d¹4s²</p>		<p>22 47,87 1,3 3260 1675 Ti Titan [Ar]3d²4s²</p>		<p>23 50,94 1,5 3380 1890 V Vanadium [Ar]3d³4s²</p>		<p>24 52,00 1,6 2672 1857 Cr Chrom [Ar]3d⁵4s¹</p>		<p>25 54,94 1,6 2032 1244 Mn Mangan [Ar]3d⁵4s²</p>		<p>26 55,85 1,7 2870 1495 Fe Eisen [Ar]3d⁶4s²</p>		<p>27 58,93 1,8 2732 1453 Co Cobalt [Ar]3d⁷4s²</p>		<p>28 58,69 1,8 2595 1083 Ni Nickel [Ar]3d⁸4s²</p>		<p>29 63,55 1,8 2907 419,6 Cu Kupfer [Ar]3d¹⁰4s¹</p>		<p>30 65,41 1,7 907 419,6 Zn Zink [Ar]3d¹⁰4s²</p>		<p>31 69,72 1,8 2403 29,8 Ga Gallium [Ar]3d¹⁰4s¹4p¹</p>		<p>32 72,64 2,0 2830 937,4 Ge Germanium [Ar]3d¹⁰4s²4p²</p>		<p>33 74,92 2,2 subl. As Arsen [Ar]3d¹⁰4s²4p³</p>		<p>34 78,96 2,5 685 217 Se Selen [Ar]3d¹⁰4s²4p⁴</p>		<p>35 79,90 2,7 58,8 - 7,2 Br Brom [Ar]3d¹⁰4s²4p⁵</p>		<p>36 83,80 - - 152,3 - 156,6 Kr Krypton [Ar]3d¹⁰4s²4p⁶</p>		<p>37 85,47 0,9 888 38,9 Rb Rubidium [Kr]5s¹</p>		<p>38 87,62 1,0 1384 769 Sr Strontium [Kr]5s²</p>		<p>39 88,91 1,1 3337 1523 Y Yttrium [Kr]4d¹5s²</p>		<p>40 91,22 1,2 4377 1852 Zr Zirkon [Kr]4d²5s²</p>		<p>41 92,91 1,2 4927 2468 Nb Niob [Kr]4d⁴5s¹</p>		<p>42 95,94 1,3 4825 2610 Mo Molybdän [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>43 (98) 1,4 3900 2200 Tc Technetium [Kr]4d⁵5s¹</p>		<p>44 101,07 1,4 4880 2200 Ru Ruthenium [Kr]4d⁷5s¹</p>		<p>45 102,91 1,5 = 3730 1966 Rh Rhodium [Kr]4d⁸5s¹</p>		<p>46 106,42 1,4 3140 1552 Pd Palladium [Kr]4d¹⁰</p>		<p>47 107,87 1,4 2212 962 Ag Silber [Kr]4d¹⁰5s¹</p>		<p>48 112,41 1,5 765 320,9 Cd Cadmium [Kr]4d¹⁰5s²</p>		<p>49 114,82 1,5 2080 156,6 In Indium [Kr]4d¹⁰5s²5p¹</p>		<p>50 118,71 2,0 2270 231,9 Sn Zinn [Kr]4d¹⁰5s²5p²</p>		<p>51 121,76 1,8 1635 630,7 Sb Antimon [Kr]4d¹⁰5s²5p³</p>		<p>52 127,60 2,0 900 449,5 Te Tellur [Kr]4d¹⁰5s²5p⁴</p>		<p>53 126,90 2,2 184,4 113,5 I Iod [Kr]4d¹⁰5s²5p⁵</p>		<p>54 131,29 - - 107 - 111,9 Xe Xenon [Kr]4d¹⁰5s²5p⁶</p>		<p>55 132,91 0,9 878 28,5 Cs Caesium [Xe]6s¹</p>		<p>56 137,33 1,0 1640 725 Ba Barium [Xe]6s²</p>		<p>57 138,91 1,1 3454 920 La Lanthan [Xe]5d¹6s²</p>		<p>72 178,49 1,2 5200 2230 Hf Hafnium [Xe]4f¹⁴5d²6s²</p>		<p>73 180,95 1,3 = 5430 2996 Ta Tantal [Xe]4f¹⁴5d³6s²</p>		<p>74 183,84 1,4 5657 3410 W Wolfram [Xe]4f¹⁴5d⁴6s²</p>		<p>75 186,21 1,5 = 5630 3045 Re Rhenium [Xe]4f¹⁴5d⁵6s²</p>		<p>76 190,23 1,5 = 5030 3045 Os Osmium [Xe]4f¹⁴5d⁶6s²</p>		<p>77 192,22 1,6 4190 2410 Ir Iridium [Xe]4f¹⁴5d⁷6s²</p>		<p>78 195,08 1,4 = 3830 1772 Pt Platin [Xe]4f¹⁴5d⁹6s¹</p>		<p>79 196,97 1,4 2810 1064 Au Gold [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s¹</p>		<p>80 200,59 1,4 356,6 - 38,9 Hg Quecksilber [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²</p>		<p>81 204,38 1,4 1457 303,5 Tl Thallium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p¹</p>		<p>82 207,2 1,6 1740 327,5 Pb Blei [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p²</p>		<p>83 208,98 1,7 1590 271,3 Bi Bismut [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p³</p>		<p>84 (209) 1,8 962 254 Po Polonium [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁴</p>		<p>85 (210) 2,0 340 300 At Astat [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁵</p>		<p>86 (222) - - 61,8 - 71,2 Rn Radon [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p⁶</p>		<p>87 (223) 0,9 677 26,8 Fr Francium [Rn]7s¹</p>		<p>88 (226) 1,0 1140 700 Ra Radium [Rn]7s²</p>		<p>89 (227) 1,0 3200 1050 Ac Actinium [Rn]6d¹7s²</p>		<p>104 (267) Rf Rutherfordium</p>		<p>105 (268) Db Dubnium</p>		<p>106 (271) Sg Seaborgium</p>		<p>107 (272) Bh Bohrium</p>		<p>108 (277) Hs Hassium</p>		<p>109 (276) Mt Meitnerium</p>		<p>110 (281) Ds Darmstadtium</p>		<p>111 (280) Rg Röntgenium</p>		<p>112 (285) Cn Copernicium</p>		<p>113 (284) Nh Nihonium</p>		<p>114 (289) Fl Flerovium</p>		<p>115 (288) Mc Moscovium</p>		<p>116 (293) Lv Livermorium</p>		<p>118 (294) Og Oganesson</p>	
--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.



Lanthanoide

Actinoide

58 140,12 1,1 3257 798 Ce Cer [Xe]4f ¹ 6s ²	59 140,91 1,1 3512 931 Pr Praseodym [Xe]4f ³ 6s ²	60 144,24 1,1 3127 1010 Nd Neodym [Xe]4f ⁴ 6s ²	61 (145) 1,1 2700 1170 Pm Promethium [Xe]4f ⁵ 6s ²	62 150,36 1,1 1778 1072 Sm Samarium [Xe]4f ⁶ 6s ²	63 151,96 1,0 1597 822 Eu Europium [Xe]4f ⁷ 6s ²	64 157,25 1,1 3233 1312 Gd Gadolinium [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 158,93 1,1 3041 1360 Tb Terbium [Xe]4f ⁹ 6s ²	66 162,50 1,1 2335 1409 Dy Dysprosium [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	67 164,93 1,1 1727 1470 Ho Holmium [Xe]4f ¹¹ 6s ²	68 167,26 1,1 2510 1522 Er Erbium [Xe]4f ¹² 6s ²	69 168,93 1,1 1193 824 Tm Thulium [Xe]4f ¹³ 6s ²	70 173,04 1,1 1193 824 Yb Ytterbium [Xe]4f ¹⁴ 6s ²	71 174,97 1,1 3315 1656 Lu Lutetium [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
90 232,038 1,1 4790 1750 Th Thorium [Rn]6d ² 7s ²	91 231,036 1,1 4030 1840 Pa Protactinium [Rn]5f ² 6d ¹ 7s ²	92 238,029 1,2 3818 1132 U Uran [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 (237) 1,2 3902 640 Np Neptunium [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 (244) 1,2 3200 641 Pu Plutonium [Rn]5f ⁶ 7s ²	95 (243) = 1,2 2610 1000 Am Americium [Rn]5f ⁷ 7s ²	96 (247) = 1,2 = 1340 Cm Curium [Rn]5f ⁸ 6d ¹ 7s ²	97 (247) = 1,2 = 990 Bk Berkelium [Rn]5f ⁹ 7s ²	98 (251) = 1,2 = 900 Cf Californium [Rn]5f ¹⁰ 7s ²	99 (252) = 1,2 = 900 Es Einsteinium [Rn]5f ¹¹ 7s ²	100 (257) = 1,2 = 900 Fm Fermium [Rn]5f ¹² 7s ²	101 (258) = 1,2 = 900 Md Mendelevium [Rn]5f ¹³ 7s ²	102 (259) = 1,2 = 900 No Nobelium [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	103 (262) = 1,2 = 900 Lr Lawrencium [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²

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			



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Pause....