Physik

Kernphysik: Nuklide

In der Atom- & Kernphysik (und Chemie) ist folgende Symbolschrift eines Nuklids (Begriff 1947 vorgeschlagen) üblich: ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}^{(z)}_{N}$ (kurz: X-Z; alt: ${}_{Z}\mathrm{X}^{A}$), wobei X das Elementsymbol ist (H $\{\mathrm{H}^+ = \mathrm{p}\}$, He $\{\mathrm{He}^{2+} = \alpha\}$, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, …; siehe „Das Periodensystem der Elemente“ am Ende dieser Zusammenfassung), z: Ionisationsgrad (d.h. Ladung $= \#\mathrm{p}^+ - \#\mathrm{e}^-$), Z: Kernladungszahl = Zahl der Protonen ($\#\mathrm{p}^+$) = Ordnungszahl (diese Information steckt schon in X), N: Zahl der Neutronen (#n), $A := Z + N = \#\mathrm{p}^+ + \#\mathrm{n}$: Massenzahl [neben Z und N ggf. auch langlebiger Energiezustand eines Kerns].

[Protonen wie Neutronen bestehen aus je 3 Quarks – die Stabilität wird durch die starke Wechselwirkung mit sehr kleiner Reichweite verursacht (Theorie: Quantenchromodynamik), beim Zerfall ist die schwache Wechselwirkung maßgebend (Th.: Elektroschwache Wechselwirkung); Elektronenhülle wie Kern lassen sich quantenmechanisch berechnen.]

Unter einem Nuklid versteht man eine Atomsorte mit bestimmten Werten von Z, A und somit auch N (+Anregung). Oberhalb von $Z = 83$ (Bi) sind alle Nuklide instabil (${}_{84}$Po, ${}_{85}$At, …), ebenso die Ausnahmen ${}_{43}$Tc und ${}_{61}$Pm. In merklichen Häufigkeiten treten nur Nuklide bis $Z = 92$ (Uran) auf, die Nuklide mit $Z > 92$ werden Transurane genannt. In der Natur existieren 245 Nuklide, die als stabil gelten (146 theoretisch: $Z \leq 66$ (Dysprosium)), und 80 Radionuklide – über 3000 weitere Radionuklide wurden künstlich erzeugt (Stand ca. 2012).

Radionuklid ist der Fachbegriff für ein instabiles Nuklid. Radionuklide sind die Bestandteile radioaktiver Substanzen, die statistisch zerfallen, wobei ionisierende Strahlung (vgl. Geiger-Müller-Zählrohr [1913-29]) ausgesendet wird. Besonders gesundheitsgefährlich ist die direkte Aufnahme von Radionukliden in den Körper, da hier wegen des Abstandsgesetzes proportional $1/r^2$ die Dosen deutlich höher sind, wie es z.B. bei kerntechnischen Zwischenfällen bei Austritt von ${}^{137}_{55}\mathrm{Cs}_{82}$ (Cäsium) oder auch ${}^{138}_{53}\mathrm{I}_{85}$ (Jod) vorkommen kann bzw. durch natürliches Gas ${}^{218|219|220|222}_{86}\mathrm{Rn}$ (Radon), das bei der Zerfallsreihe von im Erdreich in Spuren enthaltenem Uran und Thorium vorkommt, die beide langsam zerfallen und hauptsächlich im Mittelgebirge in Granitgestein vorkommen, wobei das Gas Radon aus den obersten Bodenschichten in die Atmosphäre, ins Grundwasser, in Keller, Rohrleitungen, Höhlen und Bergwerke diffundiert.

Man fasst die Nuklide auf folgende Weise zusammen:

- Isotope: gleiche Kernladungszahl Z (und somit gleiche Stelle im Periodensystem), aber unterschiedliches A und N [in Nuklidkarte waagerechte Linie];
- Isobare: gleiche Massenzahl A, jedoch unterschiedliches Z und N [in Nuklidkarte Diagonale von links oben nach rechts unten];
- Isotone: gleiche Neutronenzahl N, allerdings unterschiedliches Z und A [in Nuklidkarte senkrechte Linie].

Schließlich teilt man die Nuklide in gg-, gu- und ug- sowie uu-Kerne ein, je nach geradzahliger (g) oder ungeradzahliger (u) Protonenzahl (Z) bzw. Neutronenzahl (N).

gu- und ug-Kerne werden auch als uA-Kerne, ungeradzahlige Massenzahl, bezeichnet.

Die Darstellung der Nuklide erfolgt im Z-über-N-Diagramm (Nuklidkarte), d.h. Isotope sind die Nuklide einer Zeile, Isotone sind diejenigen einer Spalte und Isobare sind die Nuklide, die auf einer Parallelen zur Diagonalen von „links oben“ nach „rechts unten“ liegen (d.h. entlange der Verschiebungsrichtung beim β^-- bzw. β^+-Zerfall).

In diesem Diagramm unterscheidet man zwei ineinanderliegende Gebiete:

- Ein äußeres Gebiet mit Grenzen $E_\mathrm{B}^{(\mathrm{p})} = 0$ bzw. $E_\mathrm{B}^{(\mathrm{n})} = 0$ [Bindungsenergie p^+/n verschwindend] oder $E_\mathrm{f} = 0$ [verschwindende Spaltbarriere], in dem also jedes Nuklid in der Kernzeit $t_K \approx 4{,}3 \cdot 10^{-22}$ s zerfällt $\left(\text{gemäß } R = r_0 \cdot \sqrt[3]{A},\ r_0 \approx 1{,}42 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{m} \text{ und Nukleonengeschwindigkeit im Kern } v_N \approx \frac{1}{30} \cdot c_0\right)$.
- Ein inneres Gebiet, das als das Stabilitätsband bezeichnet wird, in dem die Kerne nicht zerfallen.

Der Stabilitätsstreifen verläuft nicht diagonal von „links unten“ nach „rechts oben“, wie man es aufgrund des angestrebten Isospin = 0 – Zustandes (Protonenzahl = Neutronenzahl) erwarten würde, da die Coulomb-Wechselwirkung einen mit steigender Protonenzahl immer größer werdenden Neutronenüberschuss für die Stabilität erzwingt. Außerhalb des Stabilitätsstreifens zerfallen die Kerne in Richtung des Streifens (α nach „links unten“, β^+ nach „rechts unten“, β^- nach „links oben“) mit Halbwertszeiten, die i.A. kürzer sind mit zunehmendem Abstand vom Stabilitätsstreifen.

Dieses Dokument wurde 1993 als Uni-Zusammenfassung erstellt, aber sukzessive aktualisiert und ergänzt, so dass es auch im Gymnasium in Sek. I & Sek. II verwendet werden kann. Siehe eingeführtes Lehrbuch [**LB**], Fokus Physik, RP, Cornelsen, 2014, ISBN 978-3-06-010465-9, darin S. 177 – 210.

Daneben gibt es noch ein weiteres Stabilitätskriterium, die Paarungsenergie (ergänzter Term zum Tröpfchenmodell; vgl. Bethe-Weizsäcker-Formel), die die Bindung in gg-Kernen erhöht und in uu-Kernen verringert (uA- [d.h. ug- und gu-] Kerne sind sozusagen neutral). Dies kommt dadurch zustande, dass sich die Drehimpulse je eines Protonen- oder Neutronenpaares zum Gesamtdrehimpuls Null koppeln.

Als Magische Zahlen bezeichnet man in der Kernphysik bestimmte Neutronen- und Protonenzahlen in Atomkernen, bei denen im Grundzustand des Kerns eine höhere Stabilität als bei benachbarten Nukliden beobachtet wird. Solche Kerne selbst werden auch als magische Kerne bezeichnet. Die magischen Zahlen lassen sich durch das Schalenmodell der Kernphysik erklären und sind: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 und 184, wobei die letzten beiden bisher nur bei Neutronen beobachtbar sind, da solche Protonenzahlen nicht in der Natur vorkommen und auch noch nicht hergestellt werden konnten [analog Schalenmodell der Atomphysik mit 2 (1×s-Orbital mit Elektronenpaar), 8 (1×s+3×p), 18 (1×s+3×p+5×d), 32 (1×s+3×p+5×d+7×f) 50 (1×s+3×p+5×d+7×f+9×g), Elektronen in der (innersten) K-, L-, M-, N-, bzw. (am weitesten außen gelegenen) O-Schale].

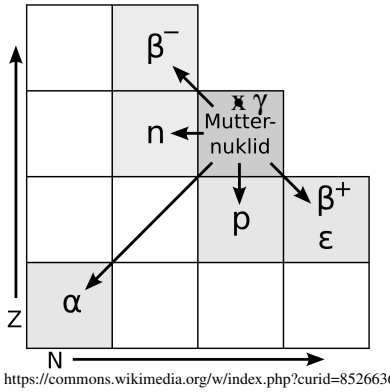
Beachte: $1836,1527 \cdot m_{e^-} \approx m_{p^+} \approx 0,998\,623\,48 \cdot m_n \approx 1,007\,276\,5\ \mathrm{u} \approx 1,672\,621\,9 \cdot 10^{-27}$ kg.

Als Quantenobjekte unterliegen Radien von Atomen bzw. Kernen bestimmten Definitionen.

Atomradien liegen um 100 pm = $1 \cdot 10^{-10}$ m (32 pm H, 28 pm He; 211 pm Rb, 130 pm Xe, bzw. 225 pm Cs);

Kernradien liegen um 10 fm = $1 \cdot 10^{-14}$ m (1 fm Helium, 100 fm Uran), d.h. nur $10^{-4} = \frac{1}{10\,000}$ des Atomradius.

Die Zerfälle lassen sich aufgrund ihrer ionisierenden Strahlung einteilen (direkte Ionisation durch geladene Teilchen: He^{2+}, p^+, e^-, e^+; indirekte durch ungeladene: γ, n):



https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8526636

- α-Strahlung $\left[\alpha = (\mathrm{ppnn}) = {}^4_2\mathrm{He} = {}^4_2\mathrm{He}^{2+}_2 = \mathrm{He}^{2+} = \mathrm{He\ III}\ \text{(Heliumion)}\right]$:
  ${}^A_Z\mathrm{X}_N \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}_{N-2} + {}^4_2\mathrm{He}$;
  Abschirmung ist schon durch ein Blatt Papier bzw. Luft möglich.
- β-Strahlung $\left[\beta^{-/+} = e^-/e^+\text{-Emission bzw. } \varepsilon\text{: Elektroneneinfang}\right]$:
  ${}^A_Z\mathrm{X}_N \longrightarrow {}^A_{Z+1}\mathrm{Y}_{N-1} + e^- + \overline{\nu}_e$: β^--Zerfall;
  ${}^A_Z\mathrm{X}_N \longrightarrow {}^A_{Z-1}\mathrm{Y}_{N+1} + e^+ + \nu_e$: β^+-Zerfall;
  ${}^A_Z\mathrm{X}_N + e^- \longrightarrow {}^A_{Z-1}\mathrm{Y}_{N+1} + \nu_e$: ε/Elektronen-Einfang ['electron capture'];
  Abschirmung ist durch Pappe, Plexiglas oder (Al-) Blech möglich.
  [Neutrinos, ν und dessen Antiteilchen $\overline{\nu}$, wechselwirken so gut wie nicht mit Materie und wurden daher Geistteilchen genannt – somit richten sie im Körper aber auch keinen Schaden an.]
- γ-Strahlung [γ: elektromagnetische Strahlung mit $E > 10$ keV]:
  ${}^A_Z\mathrm{X}^*_N \longrightarrow {}^A_Z\mathrm{X}_N + \gamma$ [*: steht für Anregung des Kerns; langlebige Zustände werden als eigenständiges Nuklid aufgefasst];
  Abschirmung ist erst mit dickem Blei möglich.
- Spontanspaltung (unter Emission von 2 bzw. 3 n und jenseits der Ordnungszahl 90 (Thorium); nur diese hat neben den obigen dreien eine gewisse praktische Bedeutung).
- Spontane Nukleonenemission (bei besonders hoher oder niedriger Neutronenzahl: p, n, 2p, 2n).

Es gibt vier Zerfallsreihen, wobei die letzte (Neptunium-) Reihe nicht natürlich ist [bis 2003 galt als Endnuklid: ${}^{209}_{83}$Bi]:

Reihe	Mutternuklid	$T_{1/2}/[\mathrm{a}]$	Endnuklid	Massenformel
Thorium	${}^{232}_{90}$Th	$1,39 \cdot 10^{10}$	${}^{208}_{82}$Pb	$4 \cdot n$
Uran-Radium	${}^{238}_{92}$U	$4,51 \cdot 10^{9}$	${}^{206}_{82}$Pb	$4 \cdot n + 2$
Uran-Actinium	${}^{235}_{92}$U	$7,13 \cdot 10^{8}$	${}^{207}_{82}$Pb	$4 \cdot n + 3$
Neptunium	${}^{237}_{93}$Np	$2,14 \cdot 10^{6}$	${}^{205}_{81}$Tl	$4 \cdot n + 1$

Nickel-62 (${}^{62}_{28}$Ni; dicht beim Eisen: ${}^{56}_{26}$Fe) hat eine maximale Bindungsenergie pro Nukleon, so dass leichte Kerne durch Kernfusion oder schwerere Kerne durch Kernspaltung Energie freisetzen können.

Halbwertszeit: Kenngröße eines Radionuklids, in der sich die radioaktive Masse halbiert;
Halbwertsdicke: Abschirmfähigkeit eines Materials gegenüber einer Strahlung, bei der nur noch die Hälfte von dieser durchkommt.

Einige wichtige Größen und Gesetze zum Zerfall (eher für die Oberstufe):

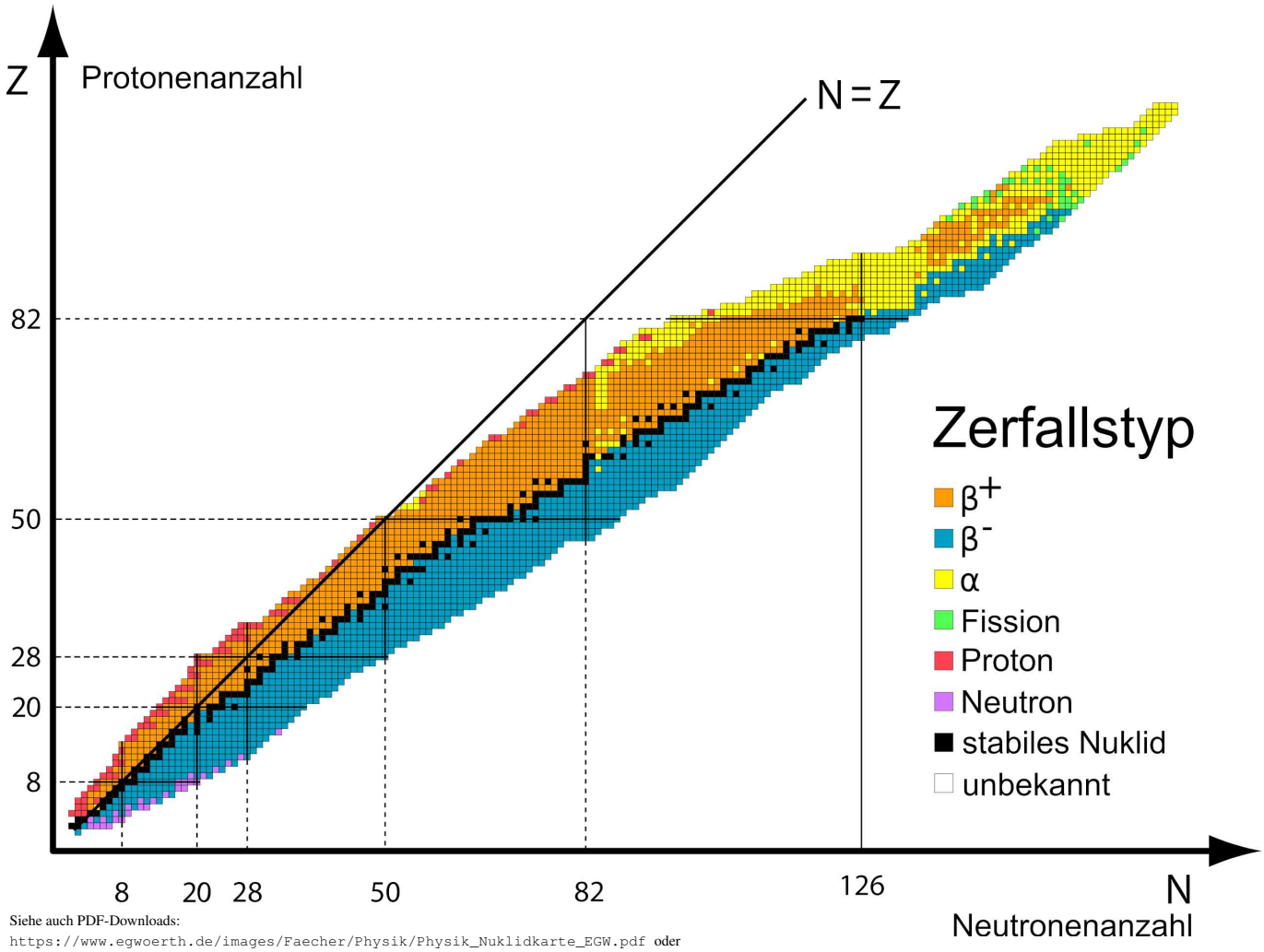
Nuklidzahl: $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ mit λ: Umwandlungskonstante, $N_0 := N(t=0)$;

Mittlere Lebensdauer: $\tau = \frac{1}{\lambda}$, Halbwertszeit: $T_{1/2} = \tau \cdot \ln(2)$, $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{0,693\,147\,180\,559\ldots}{T_{1/2}} = \tau^{-1}$;

Aktivität: $\mathcal{A} := \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda \cdot N(t)$, $\mathcal{A}(t) = \mathcal{A}_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \mathcal{A}_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$ mit Einheit $\mathrm{s}^{-1} \mathrel{\hat{=}} \mathrm{Bq} \mathrel{\hat{\approx}} 2,7 \cdot 10^{-11}$ Ci;

Zerfallsbreite: $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau} = \frac{\hbar \cdot \ln(2)}{T_{1/2}}$.

Nuklidkarte (schwarz ist stabil, farbig instabil; schwerstes stabiles Nuklid: $^{126}_{82}Pb_{126}$ [?]; siehe Wikipedia, Radioaktivität):



Siehe auch PDF-Downloads:
https://www.egwoerth.de/images/Faecher/Physik/Physik_Nuklidkarte_EGW.pdf oder
https://www2.klett.de/sixcms/list.php?page=lehrwerk_extra&titelfamilie=& ↙
extra=Impulse+Physik+2+Nordrhein-Westfalen&inhalt=klett71prod_1.c.562740.de&modul=inhaltsammlung&kapitel=1624508
https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/772425_1100_nuklidkarte.825366.pdf bzw. online:
https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html bzw. https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/

Das Periodensystem der Elemente

	I A / 1	II A / 2	III B / 3	IV B / 4	V B / 5	VI B / 6	VII B / 7	VIII B / 8	VIII B / 9	VIII B / 10	I B / 11	II B / 12	III A / 13	IV A / 14	V A / 15	VI A / 16	VII A / 17	VIII A / 18	
1	**1 H** Wasserstoff 1,00794(7) 2 2,2 1,-1																	**2 He** Helium 4,002602(2) 2	1
2	**3 Li** Lithium 6,941(2) 2 1,0 1	**4 Be** Beryllium 9,012182 1 1,5 2											**5 B** Bor 10,811(7) 2 2,0 3	**6 C** Kohlenstoff 12,0107(8) 2 2,5 4,2,-4	**7 N** Stickstoff 14,0067(2) 2 3,1 5,4,3,2,-3	**8 O** Sauerstoff 15,9994(3) 3 3,5 -2,-1	**9 F** Fluor 18,998403163 1 4,1 -1	**10 Ne** Neon 20,1797(6) 3	2
3	**11 Na** Natrium 22,98976928 1 1,0 1	**12 Mg** Magnesium 24,3050 3 1,2 2											**13 Al** Aluminium 26,9815385(7) 1 1,5 3	**14 Si** Silicium 28,0855(3) 3 1,7 4,-4	**15 P** Phosphor 30,973761998 1 2,1 5,3,-3	**16 S** Schwefel 32,066 4 2,4 6,4,2,-2	**17 Cl** Chlor 35,4527 2 2,8 7,5,3,1,-1	**18 Ar** Argon 39,948(1) 3	3
4	**19 K** Kalium 39,0983 3 0,9 1	**20 Ca** Calcium 40,078 6 1,0 2	**21 Sc** Scandium 44,955908 1 1,2 3	**22 Ti** Titan 47,867 5 1,3 4,3	**23 V** Vanadium 50,9415 2 1,5 5,4,3,2,0	**24 Cr** Chrom 51,9961 4 1,6 6,3,2,0	**25 Mn** Mangan 54,938044 1 1,6 7,6,4,3,2,0,-1	**26 Fe** Eisen 55,845(2) 4 1,6 6,3,2,0,-2	**27 Co** Cobalt 58,933195 1 1,7 3,2,0,-1	**28 Ni** Nickel 58,6934 5 1,8 3,2,0	**29 Cu** Kupfer 63,546 2 1,8 2,1	**30 Zn** Zink 65,39 5 1,7 2	**31 Ga** Gallium 69,723 2 1,8 3	**32 Ge** Germanium 72,630 5 2,0 4	**33 As** Arsen 74,92159 1 2,2 5,3,-3	**34 Se** Selen 78,971 6 2,5 6,4,-2	**35 Br** Brom 79,904 2 2,7 7,5,3,1,-1	**36 Kr** Krypton 83,798(2) 6 2	4
5	**37 Rb** Rubidium 85,4678 2 0,9 1	**38 Sr** Strontium 87,62 4 1,0 2	**39 Y** Yttrium 88,90585 1 1,1 3	**40 Zr** Zirconium 91,224 5 1,2 4	**41 Nb** Niobium 92,90638 1 1,2 5,3	**42 Mo** Molybdän 95,94 6 1,3 6,5,4,3,2,0	**43 Tc** Technetium (97,9072) (r) 1,4 7 ☢	**44 Ru** Ruthenium 101,07 7 1,4 8,6,4,3,2,0,-2	**45 Rh** Rhodium 102,90550 1 1,5 5,4,3,2,1,0	**46 Pd** Palladium 106,42 6 1,4 4,2,0	**47 Ag** Silber 107,8682 2 1,4 2,1	**48 Cd** Cadmium 112,411 8 1,5 2	**49 In** Indium 114,818 2 1,5 3	**50 Sn** Zinn 118,710 10 1,7 4,2	**51 Sb** Antimon 121,760 2 1,8 5,3,-3	**52 Te** Tellur 127,60 8 2,0 6,4,-2	**53 I** Jod 126,90447 1 2,2 7,5,1,-1	**54 Xe** Xenon 131,293(6) 9 6,4,2	5
6	**55 Cs** Cäsium 132,90545196 1 0,9 1	**56 Ba** Barium 137,327 7 1,0 2	**57 - 71** **La-Lu** *Lanthanoide* ⇓	**72 Hf** Hafnium 178,49 6 1,2 4	**73 Ta** Tantal 180,94788 2 1,3 5	**74 W** Wolfram 183,84(1) 5 1,4 6,5,4,3,2,0	**75 Re** Rhenium 186,207 2 1,5 7,6,4,2,-1	**76 Os** Osmium 190,23 7 1,5 8,6,4,3,2,0,-2	**77 Ir** Iridium 192,217 2 1,6 6,4,3,2,1,0,-1	**78 Pt** Platin 195,084(9) 6 1,4 4,2,0	**79 Au** Gold 196,966569(5) 1 1,4 3,1	**80 Hg** Quecksilber 200,592 7 1,5 2,1	**81 Tl** Thallium 204,3833 2 1,4 3,1	**82 Pb** Blei 207,2(1) 4 1,6 4,2	**83 Bi** Bismut 208,98040 1 1,7 5,3	**84 Po** Polonium (208,98243) 7 (r) 1,8 6,4,2 ☢	**85 At** Astat (209,98715) 4 (r) 2,0 7,5,3,1,-1 ☢	**86 Rn** Radon (222,01758) 4 (r) 2 ☢	6
7	**87 Fr** Francium (223,01974) 1 (r) 0,9 1 ☢	**88 Ra** Radium (226,02541) 4 (r) 1,0 2 ☢	**89 - 103** **Ac-Lr** *Actinoide* ⇓	**104 Rf** Rutherfordium (267,12169) 0 ☢	**105 Db** Dubnium (268,12567) 0	**106 Sg** Seaborgium (269,12863) 0 ☢	**107 Bh** Bohrium (270,13336) 0	**108 Hs** Hassium (269,13375) 0 ☢	**109 Mt** Meitnerium (278,1563) 0 ☢	**110 Ds** Darmstadtium (281,1645) 0 ☢	**111 Rg** Roentgenium (282,16912) 0 ☢	**112 Cn** Copernicium (285,17712) 0 ☢	**113 Nh** Nihonium (286,18221) 0	**114 Fl** Flerovium (289,19042) 0	**115 Mc** Moscovium (290,19598) 0	**116 Lv** Livermorium (293,20449) 0	**117 Ts** Tenness (294,2105) 0	**118 Og** Oganesson (294,21392) 0	7
													(Ha) ☢ (Hahnium)	(Ns) ☢ (Nielsbohrium)	(Uut) ☢ (Ununtrium)	(Uuq) ☢ (Ununquadium)	(Up) ☢ (Ununpentium)	(Uuh) ☢ (Ununhexium)	(Uus) ☢ (Ununseptium)	(Uuo) ☢ (Ununoctium)	

Lanthanoide:

57 La Lanthan 138,90547 2 1,1 3	**58 Ce** Cer 140,116 4 1,1 4,3	**59 Pr** Praseodym 140,90766 1 1,1 4,3	**60 Nd** Neodym 144,242 7 1,1 3	**61 Pm** Promethium (144,91276) (r) 1,1 3 ☢	**62 Sm** Samarium 150,36 7 1,1 3,2	**63 Eu** Europium 151,964 2 1,0 3,2	**64 Gd** Gadolinium 157,25 7 1,1 3	**65 Tb** Terbium 158,92535 1 1,1 4,3	**66 Dy** Dysprosium 162,500 7 1,1 3	**67 Ho** Holmium 164,93033 1 1,1 3	**68 Er** Erbium 167,259 6 1,1 3	**69 Tm** Thulium 168,93422 1 1,1 3,2	**70 Yb** Ytterbium 173,054 7 1,1 3,2	**71 Lu** Lutetium 174,9668 2 1,1 3	6

Actinoide:

89 Ac Actinium (227,02775) 2 (r) 1,0 3 ☢	**90 Th** Thorium 232,0377 2 1,1 4 ☢	**91 Pa** Protactinium 231,03588 2 (r) 1,1 5,4 ☢	**92 U** Uran 238,02891(3) 3 1,2 6,5,4,3 ☢	**93 Np** Neptunium (237,04817) (r) 1,2 6,5,4,3 ☢	**94 Pu** Plutonium (244,06420) (r) 1,2 6,5,4,3 ☢	**95 Am** Americum (243,06138) 0 1,2 6,5,4,3 ☢	**96 Cm** Curium (247,07035) 0 1,2 4,3 ☢	**97 Bk** Berkelium (247,07031) 0 1,2 4,3 ☢	**98 Cf** Californium (251,07959) 0 1,2 4,3 ☢	**99 Es** Einsteinium (252,08298) 0 1,2 3 ☢	**100 Fm** Fermium (257,09511) 0 1,2 3 ☢	**101 Md** Mendelevium (258,09844) 0 1,2 3 ☢	**102 No** Nobelium (259,10103) 0 3,2 ☢	**103 Lr** Lawrencium (262,10961) 0 3 ☢	7

Beispiel-Element:

Gruppenbezeichnung (Chemical Abstract Service bis 1986 / IUPAC 1985) → I A / 1

Relative Atommasse → 1,00794(7)

Anzahl natürlicher Isotope [(r): Radioisotope nat. Zerfallsreihen] → 2 ← Elektronegativität [χ; nach Allred und Rochow] 2,2

Oxidationszahlen [wichtigste] → 1, -1 ← ☢ – wenn radioaktiv, d.h. kein stabiles Isotop; ☢ – zudem künstlich erzeugt

[Periodennummer zu Beginn der Periode] Ordnungszahl Z → 1 **1 H** ← Elementsymbol [Periodennummer am Ende der Periode]

Deutscher Elementname → Wasserstoff **fest** / **flüssig** / **gasförmig** (bei 20°C bzw. 0°C)