

Einsteinium (englisch **einsteinium**)**Es****Protonenzahl** $Z = 99$ **Relative Atommasse** ($^{12}\text{C}=12,000$) $A_r = 252,0829$

Einsteinium wurde zusammen mit Fermium im Jahre 1952 von den amerikanischen Forschern *G.R. Choppin*, *S.G. Thompson*, *B. G. Harvey*. am ANL bei Chikago und am ›Los Alamos Scientific Laboratory‹, LASL, bei Santa Fe im radioaktiven Staub ›Fall-out‹ der ersten thermonuklearen Explosion ›Operation Mike‹ die im Pazifik stattfand, entdeckt.

Es entstand als Folgeprodukt von hochneutronenaktivierten Uran und anschließenden mehrfachen β^- -Zerfall gemäß:



Benannt nach dem deutsch-amerik. Physiker *Albert Einstein* (1879-1955).

Atomare Eigenschaften:

Metallatomradius (berechnet)	202 pm
Ionenradien	Es^{2+} 116 pm; Es^{3+} 98 pm
Elektronegativität	A: 1,20; P: 1,30
Elektronenaffinität $\text{Es} \rightarrow \text{Es}^-$	0,52 eV
Ionisierungsenergie	6,4154 eV
Elektronenkonfiguration	$[\text{Rn}] 5f^{11} 7s^2$

Physikalische Eigenschaften:**Metall**

Dichte ρ (bei 20 °C) **	13.500 (8850) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Schmelztemperatur ϑ_s **	860 °C; 1133 K
Siedetemperatur ϑ_v	996 °C; 1269 K
Spezifische Schmelzwärme q	
Thermische Leitfähigkeit λ *	10 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Spez. elektrischer Widerstand ρ	
Normalpotential E^0 $\text{Es} / \text{Es}^{3+}$	- 1,98 V

* geschätzte Werte, ** extrapolierte Werte

Einsteinium kommt in der Natur nicht vor, es wird ausschließlich künstlich z.B.: in Kernreaktoren durch Neutronenbestrahlung von U 238 oder Pu 239 mit energiereichen Neutronen gemäß:



oder durch Beschuss von U 233, Am 241, Bk 240, Cf 249 u.a. mit leichteren Ionen und Deuteronen hergestellt, wie z.B.:



Die Abtrennung des Metalls von den übrigen Transuranen erfolgt durch Ionenaustausch. Das reine Metall erhält man durch Reduktion von EsF_3 oder Es_2O_3 mit Lithium oder Lanthan.

Einsteinium gehört zur Gruppe der *Actinoide* und befindet sich im PSE im f-Block, 7. Periode. Es ist ein silberweißes, flüchtiges, stark radioaktives Übergangsmetall das an der Luft rasch anläuft. Das Element ist ziemlich unedel und reaktionsfähig, es wird von Sauerstoff, Dampf und Säuren angegriffen, jedoch nicht von Basen. In Verbindungen bildet es die Oxidationsstufen: Es^{II} , Es^{III} wie z.B.: EsO , EsCl_2 , EsBr_2 , EsI_2 , Es_2O_3 , EsF_3 , EsCl_3 , EsBr_3 , EsOCl u.a.

Bekannt sind 17 Isotope Es 241 bis Es 257 sowie drei Kernisomere. Alle sind radioaktiv und haben relativ kurze Halbwertszeiten von einigen Sekunden bis Tagen z.B.: Es 254 (α, ϵ ; 275,7 d).

Einsteinium wird fast ausschließlich zur Herstellung schwererer Actinoide wie z.B.: Md, No, Lr verwendet:



Das Element hat keine biologische Bedeutung für den menschlichen Organismus, wirkt aber wegen seiner Radioaktivität sehr toxisch und kanzerogen.

Eisen (englisch iron)**Fe****Protonenzahl $Z = 26$** **Relative Atommasse** ($^{12}\text{C}=12,000$) **$A_r = 55,847$**

Eisen ist eines der sieben Metalle des Altertums. Nach der Stein- und Bronzezeit begann um 1400 v. Chr. die Eisenzeit. Als erste stellten die Hethiter um 1200 v. Chr. Eisen her.

Die Herkunft des Namens ist nicht bekannt. Das chemische Symbol Fe von *ferrum*, lateinisch: *ferreus* = kräftig, schwer.

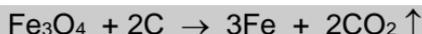
Atomare Eigenschaften:

Metallatomradius	140 pm
Kovalenzradius	152 pm
Ionenradien	74^{2+} pm; 64^{3+} pm
Elektronegativität	A: 1,64, P: 1,83, a: 4,1 eV
Elektronenaffinität $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^-$	0,163 eV
Ionisierungsenergie	7,8695 eV, 16,178 eV
Elektronenkonfiguration	$[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$

Physikalische Eigenschaften:**Metall**

Dichte ρ (bei 20 °C)	7874 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Härte (Mohs)	4,5
Schmelztemperatur ϑ_s	1535 °C; 1808 K
Siedetemperatur ϑ_v	2995 °C; 3268 K
Spezifische Schmelzwärme q	277 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
Spezifische Wärmekapazität c	0,45 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermische Leitfähigkeit λ	80,2 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermischer Längen-Koeff. α	$11,8 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
Spez. elektrischer Widerstand ρ	$9,7 \cdot 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$
Schallgeschwindigkeit c_s (20 °C)	4920 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Elektrochem. Äquivalent \bar{A} Fe^{3+}	$0,193 \cdot 10^{-6} \text{kg}\cdot\text{A}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
Normalpotential E^0 $\text{Fe} / \text{Fe}^{2+}$	-0,44 V

Eisen ist nach Aluminium das zweithäufigste Metall auf der Erde, kommt aber hauptsächlich in Form von Oxiden wie Magnetit Fe_3O_4 , Hämatit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ u.a. sowie in Form von Sulfiden wie Pyrit FeS_2 u.a. vor. Großtechnisch wird Eisen durch ›Pyrometallurgie‹, das heißt durch Reduktion oxidischer Eisenerze mit Koks, bei Temperaturen von etwa 600 -1200⁰ C in Schachtofen sog. ›Hochöfen‹ dargestellt. Zusammengefasst verläuft die Reaktion gemäß:



In reiner Form ist Eisen ein silberfarbenes, glänzendes, dehnbares, relativ weiches, Schwermetall. Es ist bei Rotglut gut schmied- und schweißbar. Es tritt in mehreren Modifikationen auf: $\alpha\text{-Fe}$ ist bis 768 °C (Curie Temperatur) ferromagnetisch, darüber paramagnetisch, andere Formen: $\beta\text{-Fe}$, $\gamma\text{-Fe}$, $\delta\text{-Fe}$.

Eisen befindet sich in der 8. IUPAC-Gruppe, d-Block, *Eisen-Gruppe*, 4. Periode. Es ist ein unedles und schwach elektropositives Übergangsmetall, das in Verbindungen fast alle Oxidationsstufen von $\text{Fe}^{-\text{II}}$ bis Fe^{VI} bildet, die wichtigsten sind Fe^{II} und Fe^{III} z.B.: FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Fe_2O_3 , FeCl_3 u.a. An feuchter Luft, in O_2 - und CO_2 -haltigen Wasser oxidiert es unter Bildung einer porösen Schicht ›Rost‹. Der Vorgang wird ›Korrosion‹ genannt.

Natürliches Eisen besteht aus einem Gemisch von vier stabilen Isotopen $\text{Fe } 54$, $\text{Fe } 56$ (91,18 %), $\text{Fe } 57$, $\text{Fe } 58$. Weitere 24 künstliche, radioaktive Isotope $\text{Fe } 45$ bis $\text{Fe } 72$ und 2 Kernisomere sind bekannt.

Eisen wird als Gusseisen (1,7-4 % C) für feste Maschinenteile, Kanaldeckel u.a. sowie als Stahl (0,2-1,7 % C) oft in Legierungen mit Cr, Ni, Mg, Si, usw. verwendet. Es ist das wichtigste Material für den Maschinenbau, und wird als Baustahl für Stahlkonstruktionen, Eisenbahnschienen, Federn, als Werkzeugstahl, für Nägel, Schrauben, Drähte u.a. verwendet.

Eisen gehört zu den sieben lebenswichtigsten Spurenelementen für alle Spezies. Beim Menschen ist es vor allem für die Bildung von *Hämoglobin* notwendig. Eisenmangel führt zu Anämie. Pflanzen benötigen Eisen zur Bildung von ›Chlorophyll‹.

Erbium (englisch erbium)**Er****Protonenzahl $Z = 68$** **Relative Atommasse** ($^{12}\text{C}=12,000$) **$A_r = 167,26$**

Erbium wurde im Jahre 1843 von dem schwedischen Chemiker *Carl G. Mosander* in Stockholm, Schweden im Gadolinit entdeckt. 1879 gelang es *Per T. Cleve* das reine Oxid zu isolieren. Metallisches Erbium erhielt *Karl A. Hofmann* 1934 in Berlin.

Benannt nach dem Ort *Ytterby* in Schweden (Erb + ium).

Atomare Eigenschaften:

Metallatomradius	176 pm
Kovalenzradius	187 pm
Ionenradien	Er^{3+} 89 pm
Elektronegativität	A: 1,1; P: 1,24; a: ~ 3eV
Elektronenaffinität $\text{Er} \rightarrow \text{Er}^-$	ca. 0,52 eV
Ionisierungsenergie	6,1014 eV; 11,929 eV
Elektronenkonfiguration	$[\text{Xe}] 4f^{12} 6s^2$

Physikalische Eigenschaften:**Metall**

Dichte ρ (γ -Cer bei 20 °C)	9062 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Härte (Mohs)	ca. 2
Schmelztemperatur ϑ_s	1497 °C; 1770 K
Siedetemperatur ϑ_v	2863 °C; 3136 K
Spezifische Schmelzwärme q	119 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
Spezifische Wärmekapazität c	0,168 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermische Leitfähigkeit λ	14,6 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermischer Längen-Koeff. α	12 $\cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
Spez. elektrischer Widerstand ρ	87 $\cdot 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$
Schallgeschwindigkeit c_s (20 °C)	2850 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Normalpotential E^0 $\text{Er} / \text{Er}^{3+}$	- 2,296 V

Erbium ist ein selteneres Element. Es kommt in der Natur meist mit den anderen Seltenerdmetallen vor allem mit Yttrium im Monazitsand (Ce, La, Y, Er u.a.) $[(P, Si)O_4]$ u.a. vor. Das Element wird aus dem Trifluorid und Trichlorid durch Reduktion mit Calcium oder durch Schmelzelektrolyse gewonnen.

Es ist ein silberweiß glänzendes, weiches, dehnbares Schwermetall, das an der Luft rasch grau anläuft. Es bildet zwei allotrope Modifikationen α -Er und β -Er, die Übergangstemperatur liegt bei 1370 °C. Bei Normaltemperatur ist das Metall stark paramagnetisch, unter 85 K zeigt es antiferromagnetische Eigenschaften und unterhalb 29,15 K ist es ferromagnetisch.

Erbium gehört zur Gruppe der *Lanthanoide* und befindet sich im PSE im f-Block, 6. Periode. Es ist ein sehr unedles, elektropositives sehr reaktionsfähiges Übergangsmetall und starkes Reduktionsmittel. Es reagiert langsam mit Wasser und löst sich in Säuren. In Verbindungen bildet es nur die Oxidationsstufe Er^{III} wie z.B.: Er_2O_3 , $Er(OH)_3$, $ErCl_3$ u.a. Salze und Komplexe.

Natürliches Erbium ist ein Gemisch aus sechs stabilen Isotopen zwischen Er 162, Er 166 (33,6 %) bis Er 170. Daneben sind weitere 24 künstliche, radioaktive Isotope Er 145 bis Er 174 sowie drei Kernisomere bekannt. Die Isotope Er 169 und Er 171 werden als radioaktive Indikatoren, Tracer, verwendet.

Das Metall hat nur geringe technische Bedeutung. Es wird hauptsächlich als Legierungszusatz in Titanlegierungen, für IR-absorbierende Gläser u.a. verwendet. Wegen seines guten Absorptionsvermögens eignet es sich hervorragend zum Speichern von Wasserstoff. Es ist wichtiger Bestandteil des Erbium-Lasers.

Erbium hat keine biologische Bedeutung für den menschlichen Organismus. Es wirkt stimulierend und ist gering toxisch.

Europium (englisch europium)**Eu****Protonenzahl $Z = 63$** **Relative Atommasse** ($^{12}\text{C}=12,000$) **$A_r = 151,965$**

Europium wurde im Jahre 1901 von dem französischen Chemiker *Eugène. Anatole Demarcay* in Paris, Frankreich, in der Samariumerde mit Hilfe der Spektralanalyse nachgewiesen und erstmals isoliert.

Benannt nach dem Erdteil *Europa*.

Atomare Eigenschaften:

Metallatomradius	185 pm
Kovalenzradius	198 pm
Ionenradien	Eu^{2+} 117 pm; Eu^{3+} 95 pm
Elektronegativität	(A) 1,01; (P) 1,2; (a) 3,1 eV
Elektronenaffinität $\text{Eu} \rightarrow \text{Eu}^-$	0,52 eV
Ionisierungsenergie	5,6661 eV; 11,245 eV
Elektronenkonfiguration	$[\text{Xe}] 4f^7 6s^2$

Physikalische Eigenschaften:**Metall**

Dichte ρ (γ -Cer bei 20 °C)	5242 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Härte (Mohs)	1,5
Schmelztemperatur ϑ_s	826 °C; 1099 K
Siedetemperatur ϑ_v	1597 °C; 1870 K
Spezifische Schmelzwärme q	69 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
Spezifische Wärmekapazität c	0,182 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermische Leitfähigkeit λ	14 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Thermischer Längen-Koeff. α	35 $\cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
Spez. elektrischer Widerstand ρ	90 $\cdot 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$
Schallgeschwindigkeit c_s (20 °C)	$\sim 1860 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Normalpotential E^0 $\text{Eu} / \text{Eu}^{3+}$	- 2,41 V

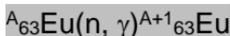
Europium ist ein äußerst seltenes Element. Es kommt in der Natur meist mit den anderen Seltenerdmetallen vor allem im Monazitsand (Ce, La, Eu, Dy u.a.) [(P, Si)O₄], Bastnäsit u.a. vor. Das Element erhält man aus dem Chlorid durch Reduktion mit Natrium oder durch Schmelzflusselektrolyse einer Mischung von EuCl₃/KCl/LiCl.

Es ist ein eisengraues, weiches, gut dehn- und verformbares, Schwermetall, das an der Luft rasch grau anläuft. Bei Raumtemperatur ist es stark paramagnetisch, zeigt jedoch unterhalb 87 K antiferromagnetische Eigenschaften. Eu-Verbindungen wie EuS, Eu₂O₃, EuSO₄ u.a. sind ebenfalls stark paramagnetisch.

Europium gehört zur Gruppe der *Lanthanoide* und befindet sich im PSE im f-Block und 6. Periode. Es ist ein sehr unedles, reaktionsfähiges Übergangsmetall und starkes Reduktionsmittel, es reagiert schnell mit Luft und Wasser, löst sich in Säuren. In Verbindungen bildet es die Oxidationsstufen Eu^{II} und Eu^{III} wie z.B.: EuO, EuS, EuCl₂, Eu₂O₃, Eu(OH)₃, EuCl₃, EuF₃ u.a. Salze und Komplexe.

Flammenfärbung: rot

Natürliches Europium besteht aus zwei stabilen Isotopen Eu 151 und Eu 153. Daneben sind weitere 31 künstliche, radioaktive Isotope Eu 130 bis Eu 162 sowie sechs Kernisomere bekannt. Das Isotop Eu 155 sowie Eu 154 und die Isomere Eu 152 und Eu 152^m entstehen in einer



Reaktion, sie werden als trägerfreie Indikatoren verwendet.

Wegen seines großen Wirkungsquerschnitts ($\sigma = 4570 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$) für thermische Neutronen wird Europium hauptsächlich als Neutronenabsorber für Regelstäbe in Kernreaktoren verwendet. Daneben findet es Verwendung als Aktivator in Farbfernsehbildschirmen, als Laser-Material u.a.

Europium hat keine biologische Bedeutung für den menschlichen Organismus. Es wirkt stimulierend und ist gering toxisch.

Fermium (englisch **fermium**)**Fm****Protonenzahl** $Z = 100$ **Relative Atommasse** ($^{12}\text{C}=12,000$) $A_r = 257,075099$

Fermium wurde zusammen mit Einsteinium im Jahre 1952 von den amerikanischen Forschern *G. R. Choppin*, *S. G. Thompson*, *A. Ghiorso* und *B. G. Harvey* im radioaktiven Staub ›Fall-out‹ der ersten thermonuklearen Explosion im Pazifik ›Operation Mike‹ entdeckt. Das erste Fm-Isotop $\text{Fm } 255$ entstand in der thermonuklearen Reaktion als Folgeprodukt des hochneutronenaktivierten $\text{U } 238$ und anschließender β^- -Zerfallsprozesse, gemäß:



Benannt nach dem italienischen Physiker *Enrico Fermi* (1901-1954).

Atomare Eigenschaften:

Metallatomradius *	190 pm
Kovalenzradius	
Ionenradien	Fm^{2+} 115 pm; Fm^{3+} 97 pm
Elektronegativität	(A) 1,20; (P) 1,30
Ionisierungsenergie	6,4983 eV
Elektronenkonfiguration	$[\text{Rn}] 5f^{12} 7s^2$

Physikalische Eigenschaften:**Metall**

Dichte ρ (bei 20 C) **	13.600 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Härte (Mohs)	
Schmelztemperatur ϑ_s **	900 °C; 1173 K
Siedetemperatur ϑ_v	
Spezifische Schmelzwärme q	
Spezifische Wärmekapazität c	
Thermische Leitfähigkeit λ *	10 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Spez. elektrischer Widerstand ρ	
Normalpotential E^0 $\text{Fm} / \text{Fm}^{3+}$	- 2,07 V

* geschätzte Werte; ** extrapolierte Werte

Fermium kommt in der Natur nicht vor, es wird ausschließlich künstlich z.B.: in Kernreaktoren durch Bestrahlung von U 238 mit energiereichen Neutronen hergestellt, oder durch Beschuss von Pu 240, U 238, Cf 252 u.a. mit leichteren Ionen wie z.B.:



Die Abtrennung des Metalls von den übrigen Transuranen erfolgt durch Ionenaustausch.

Fermium ist ein stark radioaktives Schwermetall. das an der Luft rasch anläuft. Es hat einen großen Wirkungsquerschnitt für thermische Neutronen $\sigma = 6100 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$.

Das Element gehört zur Gruppe der *Actinoide* und befindet sich im PSE im f-Block, 7. Periode. Es ist ein elektropositives, ziemlich unedles und reaktionsfähiges Übergangsmetall. In Verbindungen bildet es die Oxidationsstufen wie z.B.: Fm^{II} , Fm^{III} wie z.B.: FmO , Fm_2O_3 , FmCl_2 , FmCl_3 u.a. Die zweiwertigen Fm-Verbindungen sind starke Reduktionsmittel.

Bekannt sind 18 künstliche, radioaktive Isotope des Fermiums Fm 242 bis Fm 259 sowie drei Kernisomere, sie haben alle eine kurze Halbwertszeit von einigen Millisekunden bis Stunden.

Fermium hat nur wissenschaftliche Bedeutung, es wird ausschließlich für Forschungszwecke verwendet.

Das Element hat keine biologische Bedeutung für den Menschen, es ist aber in relevanten Mengen aufgrund seiner Radioaktivität toxisch und kanzerogen.