

Die Jagd nach dem Element 119!

Das [Periodensystem der Elemente](#) ist ein grundlegendes Ordnungsschema aller bekannten chemischen Elemente. Aktuell enthält es 118 Elemente. Das schwerste, Oganesson, wurde 2016 offiziell ins Periodensystem aufgenommen.

PERIODENSYSTEM DER ELEMENTE																	
1 H Wasserstoff																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> Nicht-metalle Alkali-metalle Erd-alkali-metalle Über-gangs-metalle Lantha-noide Acti-noide Metalle Halb-metalle Halo-gene Edel-gase Keine Daten aus Experimenten </div>										13 B Bor	14 C Kohlenstoff	15 N Stickstoff	16 O Sauerstoff	17 F Fluor	18 Ne Neon
11 Na Natrium	12 Mg Magnesium	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> Superschwere Elemente • Elemente 107-112: bei GSI entdeckt ○ Elemente 113-117: bei GSI bestätigt </div>										13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphor	16 S Schwefel	17 Cl Chlor	18 Ar Argon
19 K Kalium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titan	23 V Vanadium	24 Cr Chrom	25 Mn Mangan	26 Fe Eisen	27 Co Kobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Kupfer	30 Zn Zink	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsen	34 Se Selen	35 Br Brom	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirkonium	41 Nb Niob	42 Mo Molybdän	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silber	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Zinn	51 Sb Antimon	52 Te Tellur	53 I Jod	54 Xe Xenon
55 Cs Cäsium	56 Ba Barium	57-71 La-Lu Lanthanoide	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantal	74 W Wolfram	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platin	79 Au Gold	80 Hg Quecksilber	81 Tl Thallium	82 Pb Blei	83 Bi Bismut	84 Po Polonium	85 At Astat	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 Ac-Lr Actinoide	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Röntgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tenness	118 Og Oganesson

*Lanthanoide	57 La Lanthan	58 Ce Cer	59 Pr Praseodym	60 Nd Neodym	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
**Actinoide	89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uran	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

© GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH | Superschwere Elemente - Chemie

Wissenschaftler erforschen seit Jahrzehnten, welches das schwerste Element ist, das existieren kann und haben auf dem Weg zu diesem Ziel eine Vielzahl neuer Elemente herstellen können. Das Rennen nach immer schwereren Elementen ist eine spannende wissenschaftliche Jagd – aktuell nach den Elementen 119 und 120.

Die Jagd nach dem Element 119!

START

Wasserstoff 1

Spielanleitung:

Das Spiel ist für 2 bis 4 Mitspieler gedacht. Es werden zusätzlich verschiedenfarbige Spielfiguren (z.B. Halmkegel) und ein Würfel benötigt. Der jüngste Spieler beginnt. Es wird reihum im Uhrzeigersinn gewürfelt. Startfeld ist „Wasserstoff“. Es wird nach aufsteigender Elementnummer gezogen (z.B. Wasserstoff (1) nach Helium (2)). Von rot umrandeten Feldern muss zu den verbundenen Feldern in blau gezogen werden (z.B. Arsen (33) nach Phosphor (15)). Wer zuerst exakt das Element 119 erreicht, hat gewonnen.

ZIEL

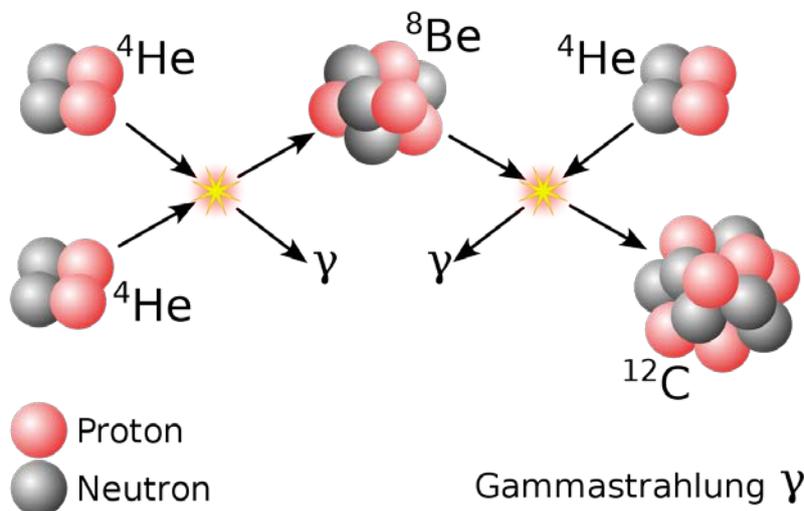
119

Daran angelehnt ist das Spiel „Die Jagd nach dem Element 119!“ entstanden. Dieses Spiel ist an das klassische [Leiterspiel](#) angelehnt und ist für 2-4 Spieler gedacht. Wie im Leiterspiel, gibt es auch in der „Jagd nach 119“ Verbindungen von einem Elementkästchen (im Spiel in rot) zu einem anderen (in blau).

Auf den nächsten Seiten finden sich **Hintergrundinformationen** zu diesen „Sprüngen“, wobei meist auf entsprechende Wikipedia-Artikel verwiesen wird.

He → C

Die Elementsynthese in der Natur führt über das Verschmelzen dreier Atomkerne des Heliums (He; Element 2) zu einem Kern des Kohlenstoffs (C, Element 6). Dieses [Heliumbrennen](#) (auch als Drei-Alpha-Prozess oder Salpeter-Prozess bezeichnet) findet in Sternen in späten Entwicklungsphasen statt und wird beispielsweise in mehreren Milliarden Jahren auch [in der Sonne ablaufen](#).



Quelle: [Wikipedia](#)

N → Ga

[Galliumnitrid](#), das aus Gallium (Ga, Element 31) und Stickstoff (N, Element 7) besteht, ist ein Halbleiter, der beispielsweise Anwendung findet in der Herstellung von weißen [Leuchtdioden](#). Als Meilenstein zu diesem Durchbruch erwies sich die Entwicklung blauer LEDs, wofür [2014 der Nobelpreis für Physik](#) an Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura verliehen wurde.

Ne → Xe

Ein weiterer Sprung aus der Welt der Lichttechnik: Die klassischen [Neon](#)-Röhren (Ne, Element 10) sind allgemein bekannt. Allerdings leuchten mit Neon gefüllte Leuchtröhren rot-orange, während die weißen Leuchtröhren mit [Quecksilberdampf](#) gefüllt sind, dessen Emission einen Leuchtstoff anregt. Zudem wird Neon häufig durch das billiger herzustellende [Argon](#) (Ar, Element 18) ersetzt. Auch [Xenon](#) (Xe, Element 54) wird als Füllgas von Lampen eingesetzt, u.a. bei der Xenon-Gasentladungslampe, die beispielsweise in Filmprojektoren, Blitzlichtern und in Autos Verwendung findet.

Ca → Ti

Die schwersten aktuell bekannten Elemente 114 (Fl, [Flerovium](#)) bis 118 (Og, [Oganesson](#)) wurden durch Fusion von Kernen des [Isotops](#) Ca-48 ([Calcium](#), Element 20) mit Kernen der Elemente [Plutonium](#) (Pu, Element 94) bis [Californium](#) (Cf; Element 98) erzeugt, darunter auch in Experimenten an der GSI Darmstadt (s. Infos zu [Element 115](#) (Mc, [Moscovium](#)) und [Element 117](#) (Ts, [Tenness](#))). Elemente schwerer als Californium können nicht in ausreichenden Mengen erzeugt werden, um in analogen Kernfusionsexperimenten verwendet werden zu können. Für die Herstellung von Elementen jenseits des Oganessons mit dem bewährten Ca-48 wäre dies aber notwendig. Deshalb bedingt die Jagd nach Element 119 die Verwendung eines schwereren Projektils als Ca-48. Als einer der Favoriten gilt das Isotop Ti-50 ([Titan](#), Element 22). Experimentell verlässlich zu ermitteln, welche Kernreaktion zur Synthese neuer superschwerer Elemente den größten Erfolg verspricht, ist ein Forschungsschwerpunkt unserer Gruppe.

Cu → Nb

Die Erforschung der schwersten Elemente erfolgt an Beschleuniger-Forschungszentren wie der GSI in Darmstadt. Die Entwicklung immer leistungsfähigerer Beschleuniger, welche intensivere Ionenstrahlen erzeugen können, ist ein wichtiges wissenschaftliches und technologisches Arbeitsgebiet an Zentren wie der GSI. Der [UNILAC-Beschleuniger](#), seit Jahrzehnten das Arbeitspferd für die Erforschung schwerer Elemente, beruht auf „warmen“ Stromleitern auf [Kupfer](#)basis (Cu, Element 29). Zukunftskonzepte, wie sie z.B. am [Helmholtz Institut Mainz](#), entwickelt werden, beruhen oft auf gekühlten supraleitenden Strukturen aus [Niob](#) (Nb, Element 41). Auf dieser Basis werden aktuell neuartige [Kryomodule](#) gebaut und getestet.

As → P

Dass [Arsen](#) (As, Element 33) giftig ist, ist bekannt. Ein Aspekt ist, dass Arsen [Phosphor](#)atome (P, Element 15) im [Adenosinriphosphat](#) (ATP) ersetzt und so in den Energiehaushalt der Zellen eingreift.

Mo → Sg

Eine interessante Frage ist diejenige nach der chemischen Ähnlichkeit der superschweren Elemente mit den jeweiligen leichteren [Homologen](#). In Gruppe 6 ist dies beispielsweise die Ähnlichkeit von [Seaborgium](#) (Sg, Element 106) zu [Molybdän](#) (Mo, Element 42) und [Wolfram](#) (W, Element 74). Ein aktuelles Forschungsthema unserer Arbeitsgruppe betrifft die Bildung und die chemischen Eigenschaften von [Seaborgium-Carbonylkomplexen](#). Methodenentwicklungen erfolgen teilweise in Experimenten mit kurzlebigen Molybdän-Isotopen. Diese werden in der neutroneninduzierten Spaltung geeigneter Actinidentargets am Forschungsreaktor TRIGA in Mainz erzeugt.

Pd → Au

[Weißgold](#) als Sammelbegriff bezeichnet Goldlegierungen¹, die durch Beimischung deutlich entfärbender Zusatzmetalle eine weiß-blassgetönte Goldlegierung ergeben. Als Legierungszusätze werden hauptsächlich Palladium², (früher sehr häufig) Nickel³ oder bei niedrigen Goldgehalten Silber⁴ verwendet.

¹[Gold](#): Au, Element 79; ²[Palladium](#): Pd, Element 46; ³[Nickel](#): Ni, Element 28; ⁴[Silber](#): Ag, Element 47

I → Te

Das Elementepaar [Iod](#) (I, Element 53) und [Tellur](#) (Te, Element 52) ist eines von drei Paaren, bei denen das "spätere" Element (in diesem Fall Iod) eine geringere relative Atommasse aufweist als das "frühere". Dies war z.B. relevant bei der Entwicklung des ursprünglichen Periodensystems von [Dmitri Mendelejev](#), in dem die Elemente nach relativer Atommasse angeordnet waren. Aufgrund der chemischen Eigenschaften stand aber auch in seinem Periodensystem das Tellur unter den [Chalkogenen](#), und das Iod unter den [Halogenen](#), da Mendelejev den betreffenden Massebestimmungen nicht vertraute.

Seine Vorhersage, dass die Atommasse des Tellurs korrigiert werden müsse, weil sie gemäß seinem System nicht 128 sein könne und vielmehr zwischen 123 und 126 liegen müsse, trat jedoch nicht ein.

Reihen	Gruppe I. — R ² O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R ² O ³	Gruppe IV. RO ⁴ RO ²	Gruppe V. RH ³ R ² O ⁵	Gruppe VI. RH ² RO ³	Gruppe VII. RH R ² O ⁷	Gruppe VIII. — RO ⁴
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199.
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	— — — —

(Nachgezeichnetes) Periodensystem von D. Mendelejev in Tabellenform von 1871 (B. Schausten / GSI).

Quelle: "Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente" von D. Mendelejeff in: *Annalen der Chemie und Pharmacie, Supplementband 8, zweites Heft, 1872, S. 133–229.*

Cs → Sr

Die Zeit wird, u.a. basierend auf Messungen, durch ein Netzwerk von Atomuhren festgelegt. Diese stützen sich bspw. auf [Cäsium](#) (Cs, Element 55), neuerdings aber öfter auch auf [Strontium](#)-basierten (Sr, Element 38) Uhren. Aktuelle Entwicklungen verfolgen das Ziel, eine auf dem Grundzustandsübergang des außerordentlich tief liegenden niedrigsten angeregten nuklearen Zustands im [Isotop Thorium-229](#) basierende „Kern“-Uhr zu entwickeln.

Pm → Tc

[Promethium](#) (Pm, Element 61; siehe auch [Lanthanoide](#)) und [Technetium](#) (Tc, Element 43) sind die beiden leichtesten Radioelemente. Als solche werden Elemente bezeichnet, die kein stabiles [Isotop](#) besitzen und darum immer nur radioaktiv vorkommen.

Ir → Rh

Das superschwere Mitglied der Gruppe 9, [Meitnerium](#) (Mt, Element 109), wurde bisher noch nicht chemisch untersucht. Neben geringen Produktionsraten und kurzen Halbwertszeiten kommt in Gruppe 9 als zusätzliches Problem hinzu, dass sich die beiden leichteren [Homologen](#) in dieser Gruppe, [Rhodium](#) (Rh, Element 45) und [Iridium](#) (Ir, Element 77) in ihren Eigenschaften stark voneinander unterscheiden. Bei den anlogenen Elementen [Zirkonium](#) (Zr, Element 40) und [Hafnium](#) (Hf, Element 72) in Gruppe 4 und [Ruthenium](#) (Ru, Element 44) und [Osmium](#) (Os, Element 76) in Gruppe 8, welche für die Entwicklung der chemischen Experimente mit den korrespondierenden [Transactinoiden Rutherfordium](#) (Rf, Element 104) und [Hassium](#) (Hs, Element 108) herangezogen wurden, sind die Unterschiede deutlich geringer. Die Entwicklung eines geeigneten chemischen Systems für die erstmalige Untersuchung von Meitnerium erscheint deshalb komplizierter.

Hg → Cn

Das an der GSI entdeckte Element [Copernicium](#) (Cn, Element 112) folgt in seiner Flüchtigkeit dem Trend, der in Gruppe 12 durch die leichteren Homologen Zink, Cadmium und [Quecksilber](#) etabliert wird. Dies konnten Wissenschaftler vom [Paul Scherrer Institut](#) in Villigen, Schweiz, in Experimenten am Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (FLNR) in Dubna, Russland, zeigen. Copernicium ist das [flüchtigste Mitglied der Gruppe 12](#); aus den erhaltenen Daten wurde sein Siedepunkt auf $(84 \pm 110)^\circ\text{C}$ geschätzt.

Pb → Fl

Die Untersuchung der chemischen Eigenschaften von [Flerovium](#) (Fl, Element 114) ist eines der Hauptgebiete der Erforschung der [Transactinoiden](#)-Chemie. Die Struktur des Periodensystems basiert darauf, dass untereinanderstehende Elemente ähnliches chemisches Verhalten zeigen. Aus diesem Grund sollte Flerovium als [Homologes](#) des [Blei](#) (Pb, Element 46) ein Metall sein. Sogenannte „[relativistische Effekte](#)“ könnten aber zu einem deutlich unreaktiveren Verhalten führen. Seit 1975 gibt es Vorhersagen, das Element 114 könnte sich sogar edelgasähnlich verhalten. [Experimente mit Flerovium](#), Blei und Radon an der GSI Darmstadt haben gezeigt, dass Flerovium tatsächlich deutlich weniger reaktionsfähig ist, als sein leichteres homologes Blei; es ist aber nicht so reaktionsträge wie ein Edelgas.

Ra → Rf

Vor der Entwicklung des [Actinoidenkonzepts](#) durch [Glenn T. Seaborg](#) existierte die entsprechende Elementserie im Periodensystem nicht. In einem Periodensystem vom Lawrence Berkeley Laboratory von 1939 (Bezeichnung XBL 769-10601) folgten in der 7. Periode dem [Radium](#) (Ra, Element 88) in Gruppe 2 und [Actinium](#) (Ac; Element 89) in Gruppe 3 direkt das [Thorium](#) (Th, Element 90) in Gruppe 4, welches unter dem [Hafnium](#) (Hf, Element 72) stand. Nach dem Thorium folgte [Protactinium](#) (Pa, Element 91) in Gruppe 5 und [Uran](#) (U, Element 92) in Gruppe 6. Der indirekte „[relativistische Effekt](#)“ führt in diesen Elementen dazu, dass höhere Oxidationszustände zugänglich sind, als in den frühen [Lanthanoiden](#) – unter welchen diese Elemente heute stehen. An dem Platz, welcher früher das Thorium einnahm, ist heute [Rutherfordium](#) (Rf; Element 104) im Periodensystem zu finden.

Wasserstoff H 1																	Helium He 2
Lithium Li 3	Beryllium Be 4											Bor B 5	Kohlenstoff C 6	Stickstoff N 7	Sauerstoff O 8	Fluor F 9	Neon Ne 10
Natrium Na 11	Magnesium Mg 12											Aluminium Al 13	Silicium Si 14	Phosphor P 15	Schwefel S 16	Chlor Cl 17	Argon Ar 18
Kalium K 19	Calcium Ca 20	Scandium Sc 21	Titan Ti 22	Vanadium V 23	Chrom Cr 24	Mangan Mn 25	Eisen Fe 26	Kobalt Co 27	Nickel Ni 28	Kupfer Cu 29	Zink Zn 30	Gallium Ga 31	Germanium Ge 32	Arsen As 33	Selen Se 34	Brom Br 35	Krypton Kr 36
Rubidium Rb 37	Strontium Sr 38	Yttrium Y 39	Zirkonium Zr 40	Columbium Nb 41	Molybdän Mo 42	(43)	Ruthenium Ru 44	Rhodium Rh 45	Palladium Pd 46	Silber Ag 47	Cadmium Cd 48	Indium In 49	Zinn Sn 50	Antimon Sb 51	Tellur Te 52	Iod I 53	Xenon Xe 54
Cäsium Cs 55	Barium Ba 56	La-Lu 57-71	Hafnium Hf 72	Tantal Ta 73	Wolfram W 74	Rhenium Re 75	Osmium Os 76	Iridium Ir 77	Platin Pt 78	Gold Au 79	Quecksilber Hg 80	Thallium Tl 81	Blei Pb 82	Bismut Bi 83	Polonium Po 84	(85)	Radon Rn 86
(87)	Radium Ra 88	Actinium Ac 89	Thorium Th 90	Protactinium Pa 91	Uran U 92	(93)	(94)	(95)	(96)	(97)	(98)	(99)	(100)				
		Lanthan La 57	Cer Ce 58	Praseodym Pr 59	Neodym Nd 60	(61)	Samarium Sm 62	Europium Eu 63	Gadolinium Gd 64	Terbium Tb 65	Dysprosium Dy 66	Holmium Ho 67	Erbium Er 68	Thulium Tm 69	Ytterbium Yb 70	Lutetium Lu 71	

Farbig dargestellt sind in diesem Periodensystem die im Text oben erwähnten Elemente (B. Schausten/GSI).

Es basiert auf einem nur als internes Dokument verbreiteten Periodensystem (XBL 769-10601 bezeichnet) des Lawrence Berkeley Laboratory aus den späten 1930er Jahren vor dem 2. Weltkrieg.

Quelle: <https://www.meta-synthesis.com>

U → Ba

Nach der Entdeckung, dass Neutronenbestrahlung Elemente aktiviert, was durch einen [Beta-Minus-Zerfall](#) zur Bildung des um eine Einheit schwereren Elements führt, wurde durch die Bestrahlung des schwersten damals bekannten Elementes [Uran](#) (U, Element 92) versucht, das erste [Transuran](#) herzustellen. Dabei dominierte dann allerdings die neutroneninduzierte Kernspaltung von Uran-235 die Prozesse. Kernchemische Untersuchungen führten nach längerem zum Ergebnis, dass in der betreffenden Bestrahlung kein Element in [Target](#)nähe (Uran), wie beispielsweise das [Radium](#) (Ra, Element 88), sondern vielmehr das [Barium](#) (Ba, Element 56) produziert wurde.

Bk → Ts

Das schwerste an der GSI hergestellte Element ist das [Tennes](#) (Ts, Element 117). Dieses wurde durch die Bestrahlung eines [Targets](#) des künstlichen Elements [Berkelium](#) (Bk, Element 97) mit [Calcium](#)-Ionen (Ca, Element 20) am gasgefüllten Separator [TASCA](#) erzeugt.

No → Cm

1957 berichtete eine internationale Arbeitsgruppe, am Stockholmer Nobel-Institut für Physik ein Element erfolgreich erzeugt zu haben. Dieses Element nannten sie [Nobelium](#) (Nb, Element 102), "in Anerkennung von Alfred Nobels Unterstützung der wissenschaftlichen Forschung und nach dem Institut, an dem die Arbeit geleistet wurde." ♦ In den folgenden Jahren gab es noch mehrmals Berichte über erfolgreiche Experimente in Berkeley (Seaborg) und im sowjetischen Dubna (Flerov), begleitet auch von mehreren Namensvorschlägen. Da sich der Name Nobelium aber bereits durchgesetzt hatte wurde er Ende August 1997 von der [IUPAC](#) endgültig bestätigt. Das [Curium](#) (Cm, Element 96) hat auch eine Verbindung zu [Alfred Nobel](#), erhielten doch seine Namensgeber [Pierre](#) und [Marie Curie](#) im Jahre 1903 zusammen mit [Antoine Henri Becquerel](#) den Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der Radioaktivität.

♦ [Phys. Rev., 1957, 107 \(5\), S. 1460–1462](#)

Og → Lv

Das schwerste bekannte Element, [Oganesson](#) (Og, Element 118), zerfällt durch [Alpha-Zerfall](#) in das Element [Livermorium](#) (Lv, Element 116).

Oganesson und [Seaborgium](#) (Sg, Element 106) sind die einzigen Elemente, welche nach einem Wissenschaftler noch zu deren Lebzeiten benannt wurden.
