

# 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.

\*Lanthanoide: La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu  
 \*Actinoide: Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

© GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH

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 – zuletzt nach den Elementen 119 und 120.

**START** ↓ Die Jagd nach dem Element 119! ↓ **ZIEL**

**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 nacheinander im Uhrzeigersinn gewürfelt.  
 Startfeld ist „Wasserstoff“. Es wird nach aufsteigender Elementnummer gezogen (z.B. Wasserstoff (1) nach Helium (2)).  
 Von rotunterlegten 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.

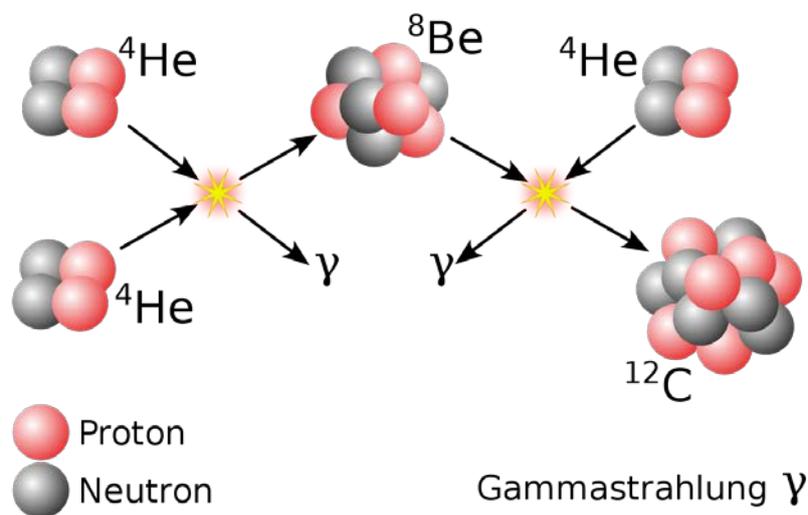
Daran angelehnt ist das Spiel „Die Jagd nach dem Element 119!“ entstanden. Dieses Spiel ist an das klassische [Leiterspiel](#) angelehnt und ist für 2-4 Spieler gedacht. Wie im Leiterspiel, gibt es auch in der „Jagd nach 119“ Verbindungen von einem Elementkästchen (im Spiel in rot) zu einem anderen (in 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](#) (Pt, 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 größeren Mengen erzeugt werden. Um in analogen Kernfusionsexperimenten verwendet werden zu können, wäre dies jedoch für die Herstellung von Elementen jenseits des Oganessons 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 konnte mit einem Modul erstmals erfolgreich ein Argon-Schwerionenstrahl beschleunigt werden.

---

## As → P

Dass [Arsen](#) (As, Element 33) giftig ist, ist bekannt. Ein Aspekt ist, dass Arsen [Phosphor](#)atome (P, Element 15) im [Adenosintriphosphat](#) (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 Goldlegierungen<sup>1</sup>, die durch Beimischung deutlich entfärbender Zusatzmetalle eine weiß-blassgetönte Goldlegierung ergeben. Als Legierungszusätze werden hauptsächlich Palladium<sup>2</sup>, (früher sehr häufig) Nickel<sup>3</sup> oder bei niedrigen Goldgehalten Silber<sup>4</sup> verwendet.

<sup>1</sup>[Gold](#): Au, Element 79; <sup>2</sup>[Palladium](#): Pd, Element 46; <sup>3</sup>[Nickel](#): Ni, Element 28; <sup>4</sup>[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.

	Gruppe I. R <sup>1</sup> O	Gruppe II. RO	Gruppe III. R <sup>1</sup> O <sup>3</sup>	Gruppe IV. RH <sup>4</sup> RO <sup>7</sup>	Gruppe V. RH <sup>3</sup> R <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	Gruppe VI. RH <sup>3</sup> RO <sup>3</sup>	Gruppe VII. RH R <sup>2</sup> O <sup>7</sup>	Gruppe VIII. — RO <sup>4</sup>
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9.4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	N = 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 = 60, 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 = 56	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 104.
7	(Ag = 104)	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	—	— — — —

Mendeleev's Periodic Table of 1871, redrawn by J. O. Moran, 2013

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

### 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 55) 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. Der erstmalige direkte Nachweis der Existenz dieses Zustandes im Jahr 2016 wurde vom britischen „Institute of Physics“ als ein [Top-Ten Physik-Durchbruch](#) des Jahres gewertet. Mehr Infos gibt es auf der [NuClock-Website](#).

### Pm → Tc

[Promethium](#) (Pm, Element 61) 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](#) (Mt, Element 109) und [Iridium](#) (Ir, Element 77) in ihren Eigenschaften sehr stark voneinander unterscheiden. Bei den anlogen 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 geringeren reaktiveren Verhalten führen. Seit 1975 gibt es Vorhersagen, das Element 114 könnte sich sogar edelgasähnlich verhalten.

## 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.

Das Diagramm zeigt ein Periodensystem mit 10 Spalten. Die Elemente sind wie folgt farblich hervorgehoben: Radium (Ra, 88) in Gelb, Actinium (Ac, 89) in Gelb, Thorium (Th, 90) in Grün, Protactinium (Pa, 91) in Orange und Uran (U, 92) in Orange. Die anderen Elemente sind in Weiß dargestellt. Die Spalten sind wie folgt beschriftet: Spalte 1: H, Li, Na, K, Rb, Cs, (87); Spalte 2: He, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra; Spalte 3: B, C, N, O, F, Ne; Spalte 4: Al, Si, P, S, Cl, Ar; Spalte 5: Ga, Ge, As, Se, Br, Kr; Spalte 6: In, Sn, Sb, Te, I, Xe; Spalte 7: Tl, Pb, Bi, Po, (85), Rn; Spalte 8: Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, (85), Rn; Spalte 9: Rf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, (85), Rn; Spalte 10: La, Ce, Pr, Nd, (61), Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

*Nachgezeichnet das Periodensystem XBL 769-10601 aus einem internen Dokument des Lawrence Berkeley Laboratory aus den späten 1930er Jahren vor dem 2. Weltkrieg. Farblich dargestellt die im Text oben erwähnten Elemente.*

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 [Targetnähe](#) (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 [Teness](#) (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), nach Alfred Nobel benannt, dem Stifter der Nobelpreise. In den folgenden Jahren gab es noch mehrmals Berichte über erfolgreiche Experimente in Berkeley und Dubna, 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.

---

### **Og → Lv**

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

---

---