

Das Periodensystem der Elemente

Ein Meilenstein der Chemiegeschichte: Erste Schritte zur Ordnung



LNCU.de
ID 2101
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Entwicklung der Vorstellungen

Hilfe bei Fachtexten



Du verstehst einen Fachtext nicht vollständig?

Ich kann ihn in einfacher Sprache ausgeben  1

Rückblick



Erinnerst Du dich? Um die Jahrhundertwende zum 19. Jahrhundert hatte man erste konkrete Vorstellungen von Atomen entwickelt, die Zusammensetzung von Stoffen beschreiben und das Gesetz von der Erhaltung der Masse erklären können.

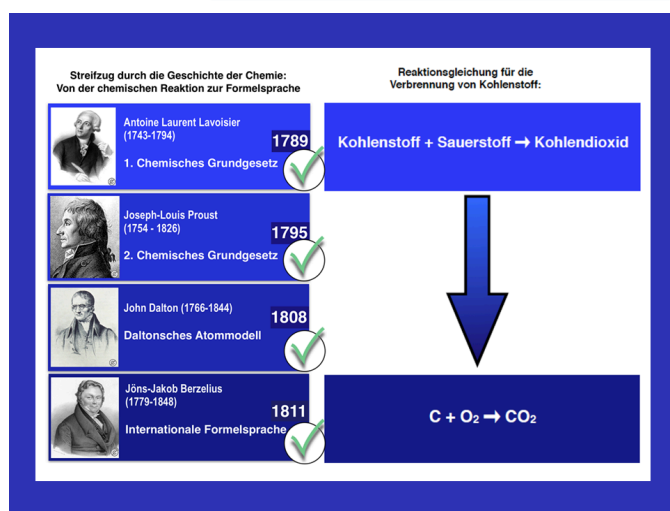


Abb. 1: Rückblick: von der Wort- zur Formelgleichung ²

Auf der Suche nach Zusammenhängen

Chemiebücher der damaligen Zeit wurden ständig überarbeitet, da man immer mehr und genauer Stoffe, deren Eigenschaften und Zusammensetzungen untersuchte. Dabei erkannte man auch, dass es Gruppen von Elementen gab, die sich in Reaktionen ähnlich verhielten.

Ein Ordnungssystem entsteht

Bereits 1864 erkannte Lothar Meyer bei den Eigenschaften von Elementen in gewissen Abständen Regelmäßigkeiten, wenn er sie nach dem Atomgewicht ordnete. 1869 gelang dann Dmitri Mendelejew ein Durchbruch. In seiner Arbeit „Versuch eines Systems der Elemente, begründet auf deren Atomgewichten“ findet sich zum ersten Mal der Ausdruck „das Periodensystem der Elemente.“ ⁶



Abb. 3: Begründer des „PSE“ und eine Tabelle von Mendelejew. ⁷

Lesetipp



Hier ein Lesetipp zur Entstehungsgeschichte des Periodensystems  für alle, die es genau wissen wollen

Wir wollen das nachstellen

Mendelejew ordnete die Elemente sowohl nach Atomgewichten als auch im Bezug auf ihre Eigenschaften. Dazu fertigte er Karten für alle damals bekannten 63 Elemente mit chemischen Symbolen und Atomgewichten an und begann, eine Art „chemische Patience“ zu legen. ⁸



Lass uns dies auch einmal machen. Und zwar analog, genau wie Mendelejew!

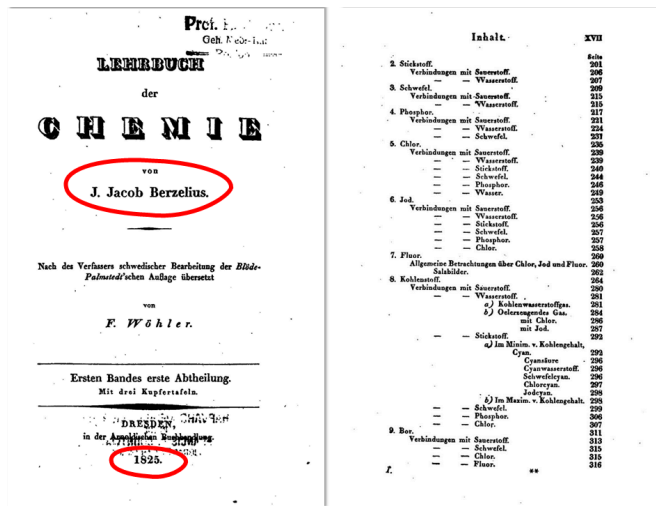


Abb. 2: Ausschnitt aus einem Buch des Schweden Berzelius von 1825, übersetzt von F. Wöhler, einem ebenso berühmten Chemiker und Schüler von Berzelius. ⁵

M2 Auf Mendelejews Spuren

Informationen auf einer Karte

Unser Kartenset besteht nur aus 27 Karten ⁹. Darauf sind Informationen zu 27 Elementen notiert. Sie sind so ausgewählt, dass wir verstehen, wie Mendelejew vorging und was er herausfand.

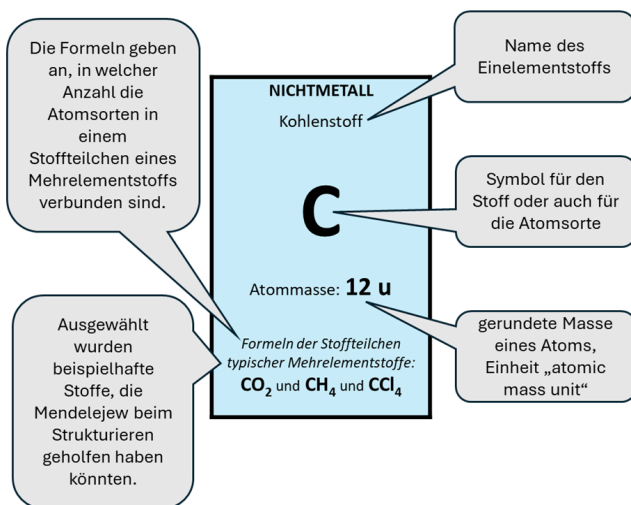


Abb. 4: Beispielkarte mit Legende. ⁹

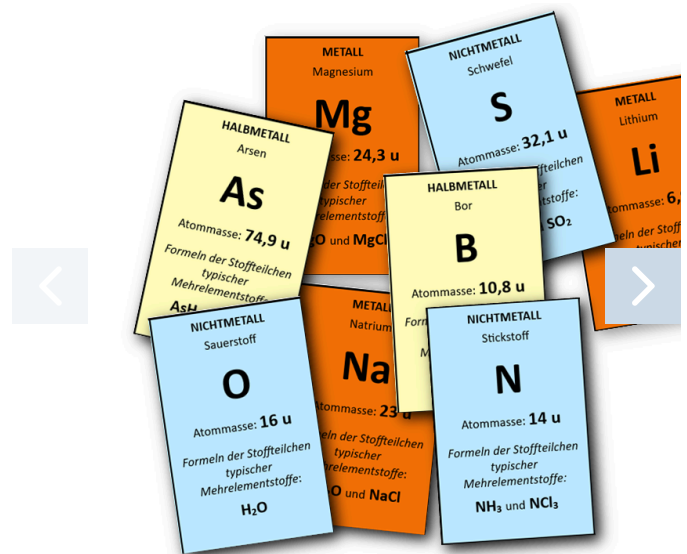


Was denkst Du? Wonach können wir die Elemente mit den Informationen auf unseren Karten sortieren, wenn wir ähnlich vorgehen wollen wie Mendelejew?

Wir beginnen gemeinsam

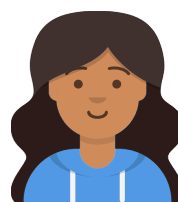


Ordne alle Elementkarten nach zunehmender Atommasse in einer langen Reihe.

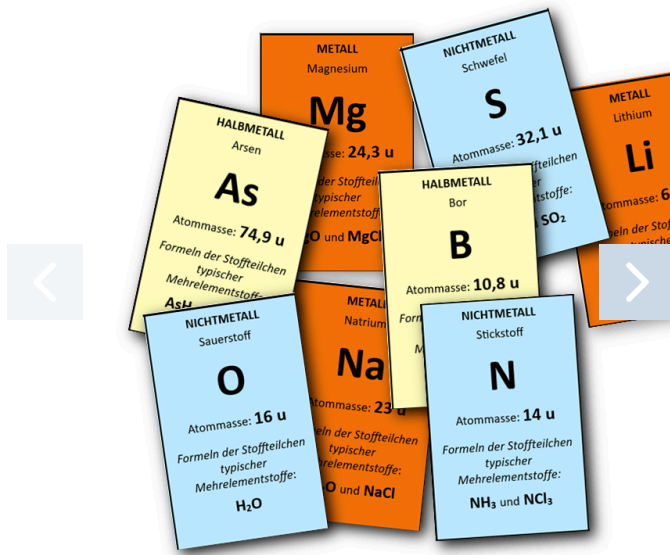


Galerie 2: Der Beginn einer Sortierung. ¹¹

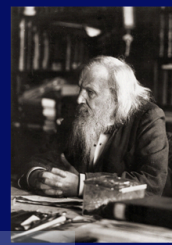
Ziehe die Karte für Lithium ein Stückchen aus der Reihe heraus. Überprüfe, ob es in der langen Reihe Elemente gibt, die Mehrelementstoffe mit anderen Elementen im gleichen Verhältnis wie Lithiums bilden.



Mache das Gleiche für Beryllium, Bor, Kohlenstoff etc. Was fällt dir auf?



Galerie 1: Einige ausgewählte Karten. ¹⁰



D. Mendelejew:

„Ich bezeichne als periodisches Gesetz die gegenwärtigen Verhältnisse der Eigenschaften der Elemente zu ihren Atomgewichten.“

Anders formuliert:

In der jetzt gelegten Reihenfolge der Elemente (sortiert nach Atomgewicht) treten ähnliche Eigenschaften periodisch auf.

Galerie 3: Die Bedeutung von Periodizität. ¹²

Sortieraufgabe

- 1 Ordne die Elementkarten so, dass sie sowohl nach zunehmender Atommasse als auch nach ähnlichen Verhältnisformeln der Verbindungen sortiert sind.

M3 Zwischensicherung

Aufgaben zur Sicherung

- 2 Benenne die Ordnungskriterien, nach denen die Elemente im Periodensystem angeordnet sind.
- 3 Erkläre die Bedeutung des zusammengesetzten Worts „Periodensystem“.
- 4 Beschreibe die „interessante“ Stelle in M3 und erkläre, inwiefern sie zeigt, dass es ein „Hauptordnungskriterium“ gibt.
- 5 Stellen wir uns vor, in den Lücken in M3 fehlen noch Elemente, die man noch nicht entdeckt hatte. Nennen wir sie X und Y. Stelle eine begründete Vermutung auf, was die Forscher bezüglich Metall/Halbmetsall, der Formeln oder der Atommassen herausfanden.

Vernetzen

- 6 Prüfe deine Vermutungen aus 5 mit Hilfe von M4.
- 7 Suche eine triftige Begründung dafür, dass man die sogenannten Edelgase historisch erst spät entdeckte. Ordne die zusätzlichen „Elementkärtchen der Edelgase“ aus M4, Edelgase fügen sich ein sinnvoll in das unvollständige Periodensystem ein.
- 8 Erkläre inwiefern die Entdeckung und Einordnung jedes weiteren Elements stets eine Bestätigung für das Ordnungssystem waren und formuliere offene Fragen.
- 9 Stelle heraus, was das Außergewöhnliche an der Benennung des Elements mit der Abkürzung „Md“ aus M4, Eine besondere Ehre war.

M4 Material

Mendelejews Vorhersagen

Als Mendelejew 1869 sein „Periodensystem der Elemente“ erstmals der Öffentlichkeit vorstellte, waren 63 Elemente bekannt. Auch sein Periodensystem zeigte Lücken. Mendelejew sagte vorher, dass eines Tages hier passende neue Elemente gefunden würden und er benannte Eigenschaften basierend auf den Eigenschaften benachbarter Elemente.

Die Fachwelt war skeptisch gegenüber Mendelejews Behauptungen und Prophezeiungen. Aber 1875 entdeckte der französische Chemiker Lecoq tatsächlich ein passendes neues Element, das er **Gallium (Ga)** nannte. 1886 entdeckte der Deutsche Winkler dann ein weiteres passendes, und gab ihm den Namen **Germanium (Ge)**.

Periodensystem der Elemente
(unvollständig)

H Atomgewicht: 1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H ₂ O und HCl																
Li Atomgewicht: 6,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Li ₂ O und LiCl	Be Atomgewicht: 9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: BeO und BeCl ₂	B Atomgewicht: 10,8 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: B ₂ O ₃ und BCl ₃	C Atomgewicht: 12 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: CO ₂ und CH ₄ und CCl ₄	N Atomgewicht: 14 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: NH ₃ und NCl ₃	O Atomgewicht: 16 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H ₂ O	F Atomgewicht: 19 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HF und NaF										
Na Atomgewicht: 23 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Na ₂ O und NaCl	Mg Atomgewicht: 24,3 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: MgO und MgCl ₂	Al Atomgewicht: 26,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Al ₂ O ₃ und AlCl ₃	Si Atomgewicht: 28,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SiO ₂ und SiCl ₄	P Atomgewicht: 31 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: PH ₃ und PCl ₃	S Atomgewicht: 32,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H ₂ S und SO ₂	Cl Atomgewicht: 35,4 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HCl und NaCl										
K Atomgewicht: 39,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: K ₂ O und KCl	Ca Atomgewicht: 40,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: CaO und CaCl ₂	As Atomgewicht: 74,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: AsH ₃ und AsCl ₃	Se Atomgewicht: 78,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H ₂ Se und SeCl ₂	Br Atomgewicht: 79,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HBr und NaBr												
Rb Atomgewicht: 85,5 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Rb ₂ O und RbCl	Sr Atomgewicht: 87,6 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SrO und SrCl ₂	In Atomgewicht: 114,8 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: In ₂ O ₃ und InCl ₃	Sn Atomgewicht: 118,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SnH ₄ und SnCl ₄	Sb Atomgewicht: 121,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SbH ₃ und SbCl ₃	Te Atomgewicht: 127,6 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H ₂ Te und TeCl ₂	I Atomgewicht: 126,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HI und NaI										

Abb. 5: Voraussagen und Entdeckungen.¹⁶

Gallium und Germanium

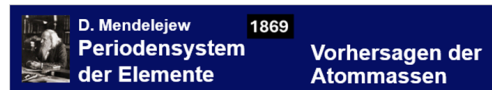
Die chemischen Eigenschaften und die Atommasse des Elements **Gallium** stimmten sehr genau mit Mendelejews Vorhersagen für die Position unter Aluminium überein, die noch frei war. Die einzige Ausnahme stellte die von Lecoq bestimmte Dichte von 4,7 g/cm³ dar. Mendelejew hatte 5,9 g/cm³ vorhergesagt.

Mendelejew reagierte auf diesen Widerspruch zu seinen Vorhersagen recht arrogant. Er teilte dem Franzosen in einem Brief mit, dieser habe bei der Bestimmung der Dichte offensichtlich nicht sauber gearbeitet und solle das Experiment mit neuem Material wiederholen. Die erneute Dichtebestimmung mit einer sorgfältig gereinigten Materialprobe lieferte dann tatsächlich die von Mendelejew vorhergesagten Werte.



Inwiefern Mendelejews Vorhersagen zum **Germanium** passten, kannst Du selbst überprüfen:

Weitere Vorhersagen



Vorläufiger Name nach Mendelejew und Name nach der Entdeckung	Vorherage Mendelejews	tatsächlich ermittelt	Entdeckungsjahr und Namensherkunft
„Eka-Bor“ (Scandium)	44 u	44,956 u	1879 benannt nach Skandinavien, entdeckt von L.F. Nilson, einem schwedischen Chemiker
„Eka-Aluminium“ (Gallium)	68 u	69,723 u	1875 benannt nach Gallium für Frankreich, entdeckt von Paul Emile Lecoq Nilson, einem französischen Chemiker
„Eka-Silicium“ (Germanium)	72 u	72,631 u	1886 benannt nach Germanium für Deutschland, entdeckt von Clemens Winkler, einem deutschen Chemiker
„Eka-Mangan“ (Technetium)	100 u	99 u	1937 benannt nach gr. technetos [künstlich], da es das erste künstlich hergestellte Element war
„Tri-Mangan“ (Rhenium)	190 u	186,207 u	1925 benannt nach Rhein (lat. Rhenus), da eine der Entdeckerinnen (Iida Noddack) vom Niederhein stammt
„Dvi-Tellur“ (Polonium)	212 u	209,98 u	1902 benannt zu Ehren der Entdeckerin Marie Curies nach Polen, ihrem Herkunftsland
„Dvi-Caesium“ (Francium)	220 u	223 u	1939 benannt nach Frankreich, dem Herkunftsland der Entdeckerin Marguerite Perey

Abb. 7: Mendelejews Voraussagen im Abgleich.²⁰

Die Edelgase fügen sich ein

Die sogenannten Edelgase wurden erst ab 1894 kurz hintereinander entdeckt, als Forscher wie William Ramsay und John Rayleigh in der Luft bisher unbekannte, sehr reaktionsträge Gase wie Argon, Neon, Krypton und Xenon nachwiesen. Auch wenn diese Elemente kaum mit anderen Stoffen reagieren, lassen sie sich doch in das Periodensystem einordnen.

HYDROGEN H Atomgewicht: 1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H_2O und HCl																
METALL Li Atomgewicht: 6,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Li_2O und $LiCl$	METALL Be Atomgewicht: 9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: BeO und $BeCl_2$	HALBMETALL B Atomgewicht: 10,8 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: B_2O_3 und BCl_3	NONMETALL C Atomgewicht: 12 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: CO_2 und CH_4 und CCl_4	NONMETALL N Atomgewicht: 14 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: NH_3 und NCl_3	NONMETALL O Atomgewicht: 16 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H_2O	NONMETALL F Atomgewicht: 19 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HF und NaF										
METALL Na Atomgewicht: 23 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Na_2O und $NaCl$	METALL Mg Atomgewicht: 24,3 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: MgO und $MgCl_2$	METALL Al Atomgewicht: 26,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Al_2O_3 und $AlCl_3$	HALBMETALL Si Atomgewicht: 28,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SiO_2 und $SiCl_4$	NONMETALL P Atomgewicht: 31 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: PH_3 und PCl_3	NONMETALL S Atomgewicht: 32,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H_2S und SO_2	NONMETALL Cl Atomgewicht: 35,4 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HCl und $NaCl$										
METALL K Atomgewicht: 39,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: K_2O und KCl	METALL Ca Atomgewicht: 40,1 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: CaO und $CaCl_2$	METALL Ga Atomgewicht: 69,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Ga_2O_3 und $GaCl_3$	HALBMETALL Ge Atomgewicht: 72,6 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: GeH_4 und $GeCl_4$	NONMETALL As Atomgewicht: 74,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: AsH_3 und $AsCl_3$	HALBMETALL Se Atomgewicht: 78,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H_2Se und $SeCl_2$	NONMETALL Br Atomgewicht: 79,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HBr und $NaBr$										
METALL Rb Atomgewicht: 85,5 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: Rb_2O und $RbCl$	METALL Sr Atomgewicht: 87,6 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SrO und $SrCl_2$	METALL In Atomgewicht: 114,8 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: In_2O_3 und $InCl_3$	HALBMETALL Sn Atomgewicht: 118,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SnH_4 und $SnCl_4$	HALBMETALL Sb Atomgewicht: 121,7 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: SbH_3 und $SbCl_3$	HALBMETALL Te Atomgewicht: 127,6 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: H_2Te und $TeCl_2$	NONMETALL I Atomgewicht: 126,9 u Formel der wichtigsten typischen Verbindungen: HI und NaI										

NONMETALL
Xe
 Atomgewicht: 131,3 u
 Formel der wichtigsten
 typischen Verbindungen:
 keine, da extrem
 reaktionsträge

NONMETALL
Ne
 Atomgewicht: 20,2 u
 Formel der wichtigsten
 typischen Verbindungen:
 keine, da extrem
 reaktionsträge

NONMETALL
Ar
 Atomgewicht: 39,9 u
 Formel der wichtigsten
 typischen Verbindungen:
 keine, da extrem
 reaktionsträge

NONMETALL
Kr
 Atomgewicht: 83,8 u
 Formel der wichtigsten
 typischen Verbindungen:
 keine, da extrem
 reaktionsträge

NONMETALL
He
 Atomgewicht: 4,0 u
 Formel der wichtigsten
 typischen Verbindungen:
 keine, da extrem
 reaktionsträge

Abb. 8: Die sogenannten Edelgase fügen sich ein.²¹

Interessantes zur Namensgebung

Ende des 19. Jahrhunderts war Europa geprägt von Nationalismus und sogar Krieg zwischen den Ländern – besonders zwischen Frankreich und dem deutschen Kaiserreich. Die Entdeckung und Benennung neuer Elemente bot Wissenschaftlern die Möglichkeit, ihre Nation symbolisch zu repräsentieren und den eigenen wissenschaftlichen Beitrag herauszustellen.

Aus diesem Grund benannte der Franzose Lecoq 1875 das entdeckte Element Gallium wohl nach dem lateinischen Namen für Frankreich („Gallia“), während der Deutsche Clemens Winkler 1886 sein Element Germanium als Anspielung auf „Germania“, den lateinischen Begriff für Deutschland, auswählte.

Aus heutiger Sicht kann man diese Praxis kritisch sehen. Die Idee, wissenschaftliche Entdeckungen für nationale Selbstdarstellung oder sogar Rivalität zu nutzen, wirkt nach heutigen Maßstäben

 1869 Periodensystem der Elemente			Mendelejews Voraussage	Beobachtete Eigenschaften nach der Entdeckung durch Winkler (1886)
Atommasse	Ca. 72	72,6		
Schmelzpunkt	Hoch	958 °C		
Dichte	5,5 g/cm³	5,36 g/cm³		
Erhitzen an der Luft	XO ₂	GeO ₂		
Dichte des Oxids	4,7 g/cm³	4,7 g/cm³		
Chlorid	XCl ₄	GeCl ₄		
Dichte des Chlorids	1,9 g/cm³	1,88 g/cm³		

Entdeckung von Germanium
Symbol: Ge
 1886
durch Clemens Winkler

Abb. 6: Daten zum Germanium ¹⁹

rückblickend überholt. Wissenschaft lebt von internationalem Austausch und Zusammenarbeit.

Fun fact: Lecoq wurde unterstellt, er habe sich mit dem Namen möglicherweise auch selbst ein Denkmal setzen wollen, da der lateinische Name für le coq (Hahn) gallus ist.

Eine besondere Ehrung

Hier eine zunehmend vollständigere Darstellung des Periodensystems der Elemente. Sie beinhaltet auch zwei nicht selbstverständliche Ehrungen.

Periodensystem der Elemente – die sogenannten Hauptgruppen

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 H Wasserstoff							2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium	5 B Bor	6 C Kohlenstoff	7 N Stickstoff	8 O Sauerstoff	9 F Fluor	10 Ne Neon
11 Na Natrium	12 Mg Magnesium	13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphor	16 S Schwefel	17 Cl Chlor	18 Ar Argon
19 K Kalium	20 Ca Calcium	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsen	34 Se Selen	35 Br Brom	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	49 In Indium	50 Sn Zinn	51 Sb Antimon	52 Te Tellur	53 I Jod	54 Xe Xenon
55 Cs Cäsium	56 Ba Barium	81 Tl Thallium	82 Pb Blei	83 Bi Bismut	84 Po Polonium	85 At Astat	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	113 Uut Ununtrium	114 Fl Fluorovium	115 Uup Ununpentium	116 Lv Livermorium	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium

Mit Symbolen, Namen, Atommassen und Atomz

Galerie 4: Das PSE und eine besondere Ehrung. ²²



Wie es zu den Ähnlichkeiten der Elemente einer „Gruppe“ kommt und warum sich heutzutage evtl. noch zu entdeckende Elemente nicht an beliebiger Stelle einreihen können, werden wir bald erklären können.

Einzelnachweise

- Dieser KI-Assistent wurden mit Teachino erstellt. Lehrkräfte können eigene Übungen auf <https://www.teachino.io> kreieren.
- Andreas Böhm, 2022
- Gregor von Borstel, 2023
- Ronny Helfensteller und Gisela Boeck. Frauen von Chemikern – mehr als eine Randnotiz in den Biografien berühmter Forscher. Der Umgang mit Genderfragen im Chemieunterricht, *Chemkon* 28.7 (2021): 294–298
- Andreas Böhm, 2022, Bildquelle: <https://archive.org/details/lehrbuchderchem05unkngoog/page/n20/mode/2up>, public domain
- Wladimir Reschetilowski, 150 Jahre Periodensystem der Elemente – ein historischer Rückblick, (Hrsg.) GDCh 2019, online verfügbar unter http://www.gdch.de/fileadmin/downloads/GDCh/Preise_und_Auszeichnungen/PDF/hoebrrps.pdf, letzter Zugriff 29.07.2025
- Andreas Böhm und Gregor von Borstel 2025, Bildquelle https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Periodensystem_Mendelejew_s.jpg, public domain
- Wladimir Reschetilowski, a. a. O., S. 12
- Gregor von Borstel, 2025
- Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2024
- Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2024
- Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2025

- 13 Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2025
- 14 Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2025
- 15 Andreas Böhm, Gregor von Borstel, 2025
- 16 Andreas Böhm und Gregor von Borstel, 2002 bis 2025
- 17 Andreas Böhm und Gregor von Borstel, 2002 bis 2025
- 18 Andreas Böhm und Gregor von Borstel, 2025
- 19 Andreas Böhm, 2024
- 20 Andreas Böhm, 2024
- 21 Andreas Böhm und Gregor von Borstel, 2002 – 2025
- 22 Andreas Böhm und Gregor von Borstel, 2024, 2025. Foto Glenn Seaborg ©1996 – 2014 American Academy of Achievement. All Rights Reserved, Vorlage PSE Saehrimnir, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>>, via Wikimedia Commons