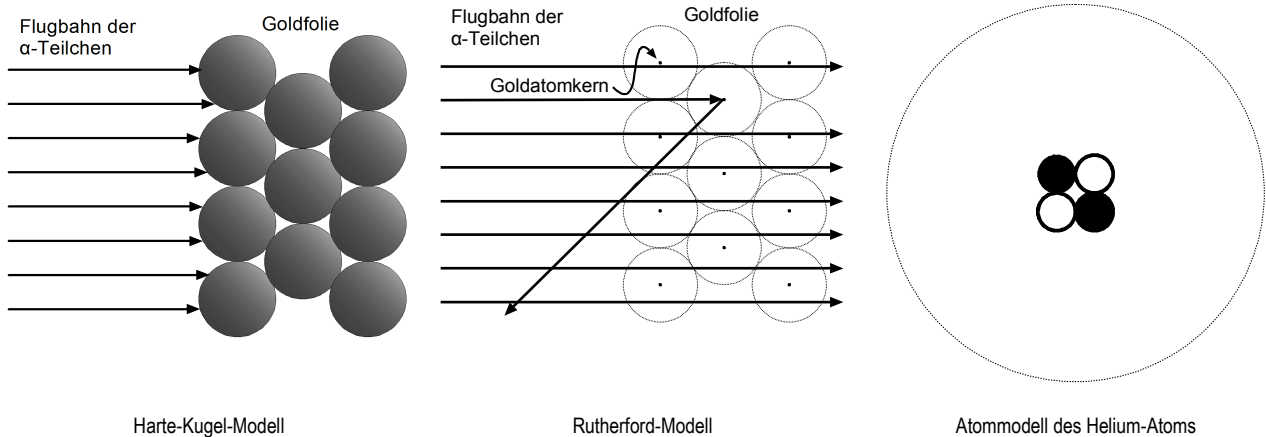


# 1 Aufbau des Atomkerns: So sieht es im Innern des Atoms aus

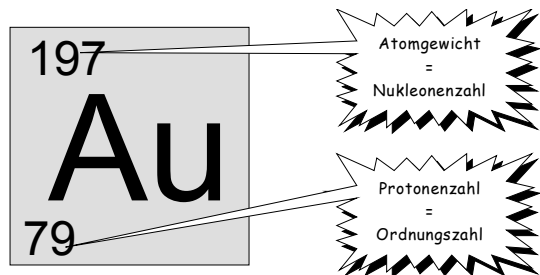
Vor ziemlich genau 100 Jahren machte der Britische Forscher Ernest Rutherford ein aufsehenerregendes Experiment: Er schoss mit winzigsten Teilchen, kleiner noch als Atome selbst, auf eine dünne Goldfolie. Zur Überraschung aller durchdrangen diese Alpha-Teilchen die Goldfolie nahezu ohne Widerstand, obwohl die Folie mindestens 2000 Atome dick sein sollte. Dies ließ nur einen einzigen Schluss zu: Atome mussten größtenteils aus „Nichts“ bestehen. Atome sind keine „Billardkugeln“, sondern sie sind praktisch vollkommen hohl.



Allerdings ließ sich auch beobachten, dass immer wieder einzelne  $\alpha$ -Teilchen auf einen harten, schweren aber immens kleinen Kern zu stoßen schienen, und von diesem abprallten. Dies veranlasste Rutherford, ein Atommodell aufzustellen, nachdem praktisch die gesamte Masse in einem winzigen Atomkern konzentriert ist, und das zum allergrößten Teil aus gar nichts besteht. Da Atome die kleinsten Bausteine der Materie sind, kann eben nichts „zwischen“ den Atomen sein, auch keine Luft.

**Protonen, Neutronen, Nukleonen.** Der Atomkern wiederum besteht aus zwei Teilchenarten: Aus elektrisch positiv geladenen Protonen und aus ungeladenen Neutronen. (Man sagt übrigens *nicht* „neutral geladen“. *Pfui!*) Da die Protonen gleichartig geladen sind, stoßen sie einander ab. Nur die Neutronen bewirken, dass alle Nukleonen – so heißen die Kernbestandteile – im Atomkern verbleiben und der nicht explodiert. Alle Nukleonen haben die gleiche Masse, wiegen also gleich viel. Da das Gewicht sehr gering ist, hat man eine eigene Gewichtseinheit eingeführt: Ein Proton wiegt 1 u. Das u ist die atomare Masseneinheit. Da ein Wasserstoffatom nur ein Proton im Kern trägt, wiegt ein Wasserstoffatom nur 1 u. Schau Dir das Modell des Helium-Atoms an: Der Atomkern enthält 4 Nukleonen, nämlich zwei Protonen und zwei Neutronen. Dieses Atom wiegt also 4 u.

**Periodensystem.** Im Periodensystem der Elemente werden alle Elemente aufgeführt. Jedes Element, ob Wasserstoff, Natrium oder Chlor, besteht aus einer einzigen Sorte von Atomen, und diese Atome haben die gleiche Anzahl an Protonen. Alle Heliumatome haben 2 Protonen im Kern, alle Goldatome schleppen 79 Protonen mit sich herum. Insgesamt aber enthält ein Goldatom 197 Nukleonen im Kern: 79 Protonen, der Rest sind Neutronen (also 118 Stück).

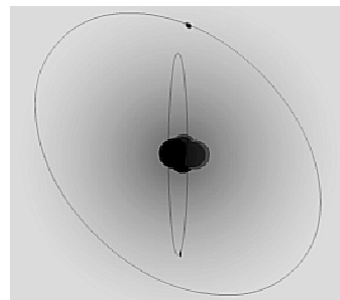


Wenn man ein in einer Kernfusionsreaktion ein Heliumatom (2 Protonen) mit einem Lithiumatom (3 Protonen) verschmelzen könnte, dann würde daraus ein Lithiumatom (5 Protonen) entstehen. Das allerdings kann nur bei unglaublich hohen Temperaturen und Drücken geschehen, wie sie beispielsweise im Inneren der Sonne herrschen. Daher können aus Atomen keine anderen Atomsorten werden. (Geschieht das doch, so nennt man das „Radioaktivität“ – dies ist aber eine Kernphysikalische Reaktion, und so etwas schmutziges machen die Chemiker nicht ;-)

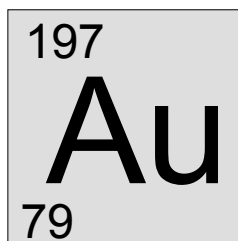
Nun kannst Du in den Übungsaufgaben daran gehen, Atomkerne zu „basteln“ und „auseinanderzunehmen“ – viel Vergnügen dabei!

## 2 Wiederkehrende Eigenschaften der Elemente – so ist das Periodensystem aufgebaut

**Wie Atome aufgebaut sind.** Atome sind winzig kleine Bausteine der Materie. Alle Materie besteht aus Atomen, und jedes chemische Element besteht aus seiner eigenen Sorte von Atomen. So gibt es Goldatome, Wasserstoffatome, Uranatome, Natriumatome... Alle Atome bestehen dabei aus nur drei unterschiedlichen, noch kleineren Elementarteilchen, nämlich den Protonen, den Neutronen und den Elektronen. Praktisch die gesamte Masse des Atoms steckt im ultrawinzigsten Atomkern, der aus den gleichschweren Protonen und Neutronen besteht. Da Protonen und Neutronen den Kern bilden, heißen Sie auch Nukleonen, von lat. *nucleus* – der Kern. Die Protonen sind elektrisch positiv geladen und stoßen sich ab (gleichnamige elektrische Ladungen stoßen einander ja bekanntlich gegenseitig ab!). Und damit der Atomkern nicht auseinanderfliegt, „kleben“ die Neutronen den Kern gewissermaßen zusammen. Die Anzahl der Protonen wird im links unter dem Elementsymbol angegeben: Damit verfügen alle Goldatome über 79 Protonen, denn das Elementsymbol für Gold ist  ${}_{79}\text{Au}$ . Damit die positive Ladung der Protonen im Kern ausgeglichen wird, besteht ein Atom auch aus genau der gleichen Anzahl von negativ geladenen Elektronen. Die Elektronen umschwirren den Kern wie ein Schwarm Motten die Glühbirne. Damit die Elektronen aber gewissermaßen nicht zusammenstoßen, gibt es in der Elektronenhülle um den Atomkern eine Ordnung: nämlich einzelne Bahnen, auf denen die Elektronen kreisen. Auf der innersten Bahn ist nur wenig Platz, so passen auf diese Bahn nur 2 Elektronen. Auf die nächste Bahn passen schon 8 Elektronen, auf die dritte Bahn 18 Elektronen. Wenn  $n$  die Nummer der Bahn ist, dann passen insgesamt  $z = 2 \cdot n^2$  Elektronen auf diese Bahn. Also kann die 4. Schale  $z = 2 \cdot 4^2 = 32$  Elektronen aufnehmen. (Warum passen also also 72 Elektronen auf die 6. Bahn, und auf welche Bahn passen 162 Elektronen?) Die Abbildung oben zeigt ein Atom mit seinen 4 innersten Bahnen.



Aus dem Elementsymbol im Periodensystem lässt sich ableiten, dass ein Goldatom über 79 Protonen im Kern verfügt, und über 197 Nukleonen insgesamt (das heißt: Im Kern befinden sich  $197 - 79 = 118$  Neutronen).



**Periodischen Eigenschaften der Elemente.** In der rechten Tabelle sind die Atome sortiert nach der Anzahl der Protonen. Dabei fällt eine merkwürdige, wiederkehrende Folge von Eigenschaften auf: „reaktives Gas – Edelgas – reaktives Metall – Leichtmetall...“ Die Eigenschaften der Elemente und ihrer Atome scheinen nicht regellos verteilt zu sein, sondern im Chaos der Elemente scheint es eine Ordnung zu geben! Beginnt man bei Nummer 1 (Wasserstoff) zu zählen, so beginnt die Reihe der Eigenschaften beim 9. Element (Fluor) wieder von vorne. Bei Nummer 3 (Lithium) beginnend hat man die erste Periode von 8 Elementen des Periodensystems, also die erste volle 8er-Reihe (vergleicht das in Eurem eigenen Periodensystem). Untereinander stehen dann immer Elemente mit ähnlichen Eigenschaften: Die Alkalimetalle, die Erdalkalimetalle, die Halogene und die Edelgase. Innerhalb einer Gruppe ähneln sich die Eigenschaften der Elemente oder sie verändern sich von Element zu Element in charakteristischer Weise:

Nr.	Nukl	Element	Eigenschaft
1	1	Wasserstoff	reaktives Gas
2	4	Helium	Edelgas
3	6	Lithium	Alkalimetall
4	9	Beryllium	Erdalkalimetall
5	10	Bor	Nichtmetall
6	12	Kohlenstoff	Nichtmetall
7	14	Stickstoff	Nichtmetall
8	16	Sauerstoff	Nichtmetall
9	19	Fluor	reaktives Gas
10	20	Neon	Edelgas
11	23	Natrium	Alkalimetall
12	24	Magnesium	Erdalkalimetall
13	27	Aluminium	Leichtmetall
14	28	Silicium	Nichtmetall
15	31	Phosphor	Nichtmetall
16	32	Schwefel	Nichtmetall
17	35	Chlor	reaktives Gas
18	40	Argon	Edelgas
19	39	Kalium	Alkalimetall
20	40	Calcium	Erdalkalimetall

Halogen	Farbe	Schmp.	Siedep.	Aggregatzustand
Fluor	farblos	-220°C	-188°C	gasförmig
Chlor	blassgelb	-101°C	-34°C	gasförmig
Brom	tiefbraun	-7,2°C	59°C	flüssig
Iod	?	?	?	?

Nun kannst Du an die Übungsaufgaben und Periodensystem auf Elemente-Safari gehen – viel Vergnügen dabei!

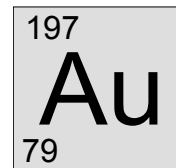
### 3 Elektronenkonfiguration: Die Besetzung der Schalen bei Hauptgruppenelementen



**Wie Atome aufgebaut sind.** Atome sind winzig kleine Bausteine der Materie. Alle Materie besteht aus Atomen, und jedes chemische Element besteht aus seiner eigenen Sorte von Atomen. Alle Atome bestehen dabei aus einem ultrawinzigem Atomkern und einer Elektronenhülle. Die Elektronen sind ebenfalls winzige Teilchen; sie umschwirren den Kern wie ein Schwarm blutrünstiger Moskitos den Urwaldforscher.

**Der Aufbau der Elektronenhülle.** Damit die Elektronen gewissermaßen nicht zusammenstoßen, gibt es in der Elektronenhülle um den Atomkern eine Ordnung: nämlich einzelne Bahnen, auf denen die Elektronen kreisen. Auf der innersten Bahn ist nur wenig Platz, so passen auf diese Bahn nur 2 Elektronen. Auf die nächste Bahn passen schon 8 Elektronen, auf die dritte Bahn 18 Elektronen und auf die vierte 32. Die Abbildung oben zeigt ein Atom mit seinen 4 innersten Bahnen.

Die Anzahl der Elektronen in einem Atom ist gleich der Ordnungszahl des Elements, die man links unten neben das Elementsymbol schreibt. Beispiel:  ${}^3\text{Li}$  hat 3 Elektronen in der Hülle. Es ist auch ganz offensichtlich, dass 3 Elektronen nicht mehr in die 1. Schale passen (berechne die Anzahl  $z$  der Elektronen, die in die erste Schale passen!) Tatsächlich ist es so: Beim Wasserstoffatom  ${}^1\text{H}$  ist das eine Elektron in der ersten, innersten Schale. Beim Helium  ${}^2\text{He}$  tritt ein weiteres Elektron hinzu, damit ist die Schale voll. Deswegen stehen in der ersten Periode („Zeile“) des Periodensystems auch 2 Elemente! Preisfrage: Wie viele Elemente müssen demnach in der 2. Periode stehen..? (Bitte erst selbst rechnen, dann weiter lesen!)



Da  $2 \cdot 2^2 = 8$  ist, enthält die 2. Periode 8 Elemente. Und diese Elektronen werden von  ${}^3\text{Li}$  über  ${}^4\text{Be}$ ,  ${}^5\text{B}$  usw. – **schau das in Deinem Periodensystem nach!** – der Reihe nach in die zweite Schale eingebaut. Von einem Hauptgruppenelement zum nächsten wird genau ein Elektron auf der äußersten Schale hinzugefügt. → Prüfe: Welche Gemeinsamkeit haben alle Elemente der I. Hauptgruppe? (H, Li, Na, K, Rb, ...)

*Alle Elemente der 1. Hauptgruppe haben auf ihrer äußersten Schale jeweils nur ein einziges ...*

→ Welche Gemeinsamkeit haben die Elemente der II. und III. Hauptgruppe?

Unter der Elektronenkonfiguration eines Elements versteht man die Anzahl der Elektronen auf den Schalen seiner Atome. Für  ${}_{11}\text{Na}$  lautet sie:  ${}_{11}\text{Na}$ : 2 8 1 Stelle jetzt – ohne auf das Blatt zu sehen die Elektronenkonfiguration für  ${}^8\text{C}$ ,  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{17}\text{Cl}$ ,  ${}^{18}\text{Ar}$  und  ${}^{19}\text{K}$  auf.

- Für  ${}^8\text{C}$  lautet sie:  ${}^8\text{C}$ : 2 6 (logo... !)
- Für  ${}^{12}\text{Mg}$  lautet sie:  ${}^{12}\text{Mg}$ : 2 8 2 (warum? nachrechnen!)
- Für  ${}^{17}\text{Cl}$  lautet sie:  ${}^{17}\text{Cl}$ : 2 8 7 (das ist jetzt logisch, oder?)
- Für  ${}^{18}\text{Ar}$  lautet sie:  ${}^{18}\text{Ar}$ : 2 8 8 (und das sowieso...)
- Für  ${}^{19}\text{K}$  lautete sie:  ${}^{19}\text{K}$ : 2 8 8 1 !? Nicht  ${}^{19}\text{K}$ : 2 8 9 ??? Was für'n \*\*\*!?

Es ist klar, dass Kalium als Element der ersten Hauptgruppe 1 Elektron auf der äußersten Schale besitzen muss – jedoch ist die 3. Schale des Kaliums noch gar nicht voll! Auch  ${}^{20}\text{Ca}$ , das nächste Element, baut das Elektron auf der 4. Schale ein, nicht aber auf der noch nicht vollen 3. Schale. (Dies geschieht erst bei den so 10 genannten Nebengruppenelementen  ${}^{21}\text{Sc}$  bis  ${}^{30}\text{Zn}$ . Die Nebengruppenelemente haben jeweils 2 Außenelektronen, wie die Erdalkalimetalle.)

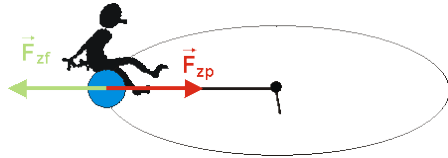
Daraus ergeben sich *vereinfachte* Regeln für die Elektronenkonfiguration der Hauptgruppenelemente:

1. Die Hauptgruppe eines Elements gibt an, wie viele Elektronen seine Atome auf der **äußersten** Schale haben.
2. Die restlichen Elektronen füllen die übrigen Schalen von innen nach außen auf.

Nun kannst Du in den Übungsaufgaben daran gehen, Elektronen in einem Atom nach diesen Regeln zu verteilen – Viel Vergnügen dabei!

## 4 Besetzung der äußersten Schale der Hauptgruppenelementen und die Valenzstrichschreibweise

**Wie Atome aufgebaut sind.** Atome sind winzig kleine Bausteine der Materie. Alle Materie besteht aus Atomen, und jedes chemische Element besteht aus seiner eigenen Sorte von Atomen. Alle Atome bestehen dabei aus einem ultrawinzigem Atomkern und einer Elektronenhülle. Die Elektronen sind ebenfalls winzige Teilchen; sie umschwirren den Kern wie ein Schwarm Fliegen die Hinterlassenschaften eines Hundes.



**Was das Atom zusammenhält.** Der Atomkern trägt eine positive elektrische Ladung, die Elektronen sind elektrisch negativ geladen. Elektrisch positiv und negativ geladene Teilchen ziehen einander an. Die elektrische Anziehungskraft ( $F_{zp}$ ) ist jene geheimnisvolle Kraft, die beispielsweise Papierschnitzel an einen Plastikschnellhefter zieht. Elektrisch positiv geladene Teilchen stoßen einander gegenseitig ab, genauso elektrisch negativ geladene Teilchen. Da die Elektronen nun um den Atomkern kreisförmig herumflitzen, werden sie von der Fliehkraft ( $F_{zf}$ ) auf ihrer Bahn gehalten.

**Der Aufbau der Elektronenhülle.** Damit die Elektronen gewissermaßen nicht zusammenstoßen, gibt es in der Elektronenhülle um den Atomkern eine Ordnung: nämlich einzelne Bahnen, auf denen die Elektronen kreisen. Auf der innersten Bahn ist nur wenig Platz, so passen auf diese Bahn nur 2 Elektronen. Auf die nächste Bahn passen schon 8 Elektronen, auf die dritte Bahn 18 Elektronen und auf die vierte 32. Die Abbildung oben zeigt ein Atom mit seinen 4 innersten Bahnen.

Die Verteilung der Elektronen in der Elektronenhülle eines Atoms ist nicht ganz einfach. Zum Glück kann man sich mit einigen wenigen Regeln Vieles zusammenreimen.

1. Alle Atome eines Elements haben die gleiche Anzahl an Elektronen. Man schreibt die die Elektronenzahl ganz klein links neben das Atomsymbol im Periodensystem. Beispiel:  ${}_3\text{Li}$ ,  ${}_6\text{C}$ ,  ${}_{79}\text{Au}$  (Schau das bitte in Deinem Periodensystem nach!)
2. Die Zeile („Reihe“) im Periodensystem, in dem eine Element steht, gibt an, über wie viele Schalen die Atome eines Elements verfügen. (Wasserstoff: 1 Schale, Kohlenstoff: 2 Schalen, Gold: 6 Schalen.)
3. Die Hauptgruppe gibt gleichzeitig die Anzahl der Elektronen auf der äußersten Schale an. So hat Lithium 1 Elektron auf seiner äußersten (nämlich der zweiten) Schale. Und Phosphor verfügt über drei Elektronen auf seiner äußersten, nämlich dritten Schale.

Preisfrage: Welches ist die äußerste Schale des Elements Blei (Symbol: Pb) und wie viele Elektronen enthält sie? (Lösung am Ende des Blattes.) Die Hauptgruppe gibt also an, wie viele Elektronen ein Atom auf der äußersten Schale trägt. Übrigens ist das der Grund, warum sich die Alkalimetalle, Erdalkalimetalle oder die Halogene in den chemischen Eigenschaften untereinander so ähneln: Ihre Atome enthalten auf der äußersten Schale die gleiche Anzahl an Außenelektronen!

Für chemische Reaktionen sind daher in erster Linie auch die Außenelektronen von Bedeutung. Dies wird durch die folgende Schreibweise zum Ausdruck gebracht. Man sieht: Die Außenelektronen werden durch Punkte angedeutet, die im Viereck um das Elementsymbol herum angeordnet werden. Ist auf alle 4 Positionen ein Elektron gesetzt, so werden Seiten doppelt besetzt. Eine doppelte Besetzung, also quasi ein „Paar“ an Elektronen wird durch einen Strich markiert. Preisfrage: Wie sieht dann die Valenzstrichschreibweise von Na, H und He aus?

Element	Hauptgruppe	Anzahl Außenelektronen	Schreibweise
Li	I	1	Li·
Be	II	2	·Be·
B	III	3	·B·
C	IV	4	·C·
N	V	5	·N·
O	VI	6	·O·
F	VII	7	·F·
Ne	VIII	8	?

Nun kannst Du in den Übungsaufgaben daran gehen, Elektronen in einem Atom nach diesen Regeln zu verteilen – Viel Vergnügen dabei!