

Atombau

1. Ausgangslage

Der Atombau steht am Anfang des Chemieunterrichts. Sie stecken also in einer Phase, in der Sie die Klasse für die Chemie gewinnen müssen. Aus diesen Gründen empfiehlt es sich, den Atombau so einfach wie möglich zu unterrichten. Die Schülerinnen und Schüler sollten folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Es lohnt sich die Konzepte der Chemie kennen zu lernen: mit einem einfachen Modell lässt sich die materielle Welt erklären.
- Die Valenzelektronen bestimmen die Chemie
- Mit Hilfe des Periodensystems lassen sich Atome im Schalenmodell zeichnen

Übersicht: Der rote Faden

- Das Atommodell von Dalton
- Das Experiment von Rutherford: Das Kern-Hülle-Modell
- Kräfte zwischen elektrischen Ladungen (Coulomb-Kräfte)
- Von den Ionisierungsenergien zum Schalenmodell
- Was das Periodensystem mit dem Bau der Atome zu tun hat
- Anwendungen, die den Schülern belegen, dass das Thema bedeutsam ist

Vorgehen im Unterricht

Hier sind nur die wichtigsten Stationen des Unterrichts aufgeführt. Im Word-Dokument Atombau.docx von Amadeus Bärtsch finden Sie eine umfassende Material- und Ideensammlung dazu, wie das Thema «Atombau» im Grundlagenfach unterrichtet werden kann:

<http://fdchemie.pbworks.com/w/page/135733476/Atombau>

Eine gute Alternative zum lehrerzentrierten Unterricht findet sich im Leitprogramm von J. v. d. Wildenberg, das eine selbständige Arbeit der Schülerinnen möglich macht:

<http://fdchemie.pbworks.com/w/page/135733476/Atombau>

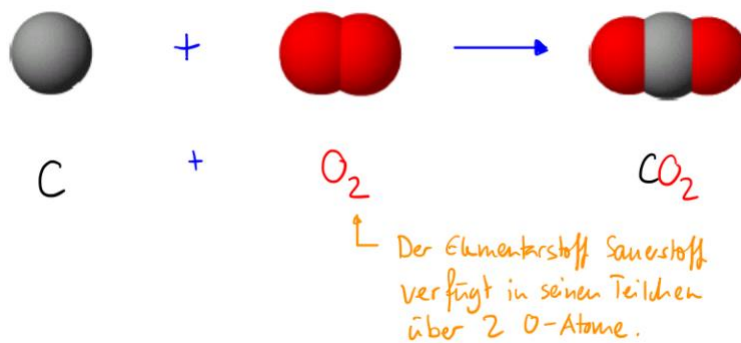
2. Das Atommodell von Dalton

Mit dem Atommodell von Dalton wird eingeführt, dass Materie aus Atomen aufgebaut ist. In unserer heutigen Sprache lassen sich die vier Hauptaussagen von John Daltons Atomhypothese mit folgenden Sätzen formulieren:

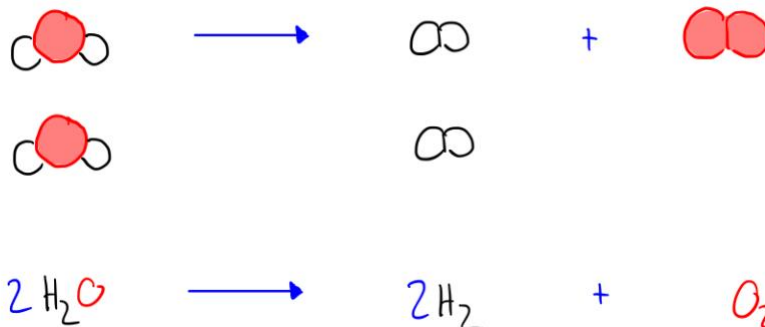
- Jeder Elementarstoff besteht aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen, den Atomen.
- Die Atome eines Elementarstoffes haben alle die gleiche Masse, die Atome unterschiedlicher Elementarstoffe haben damit auch unterschiedliche Massen.
- Atome können durch chemische Vorgänge weder vernichtet noch erzeugt werden.
- Bei chemischen Reaktionen werden die Atome der Ausgangsstoffe neu angeordnet, d.h. chemische Reaktionen sind Umgruppierungen von Atomen.

Bei der Besprechung des Atommodells von Dalton werden die Atome als Kugeln dargestellt. Dieses Thema bietet zudem eine gute Gelegenheit, das Aufstellen von Reaktionsgleichungen zu thematisieren (vgl. Skript Kapitel 3 | Reaktionen Unterstufe):

Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O₂) reagieren zu Kohlenstoffdioxid (CO₂)



Wasser (H₂O) reagiert zu Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂)



3. Das Atommodell von Rutherford

Hilft uns YouTube weiter?

Was halten Sie von diesen beiden Quellen?

<https://youtu.be/81kl-gmTSrA>

<https://youtu.be/joz09O3uN08>

Erwarten Sie nicht, dass die Schüler ohne Hilfe – allein aufgrund der Beobachtung – auf das Kern-Hülle-Modell kommen. Die Frage der Lehrperson: *Hat jemand eine Idee?* Klingt vor allem hilflos. Wenn man das Kern-Hülle-Modell nicht kennt, kommt man nicht alleine drauf. Auch renommierte Forscher haben die Erklärung für Beobachtungen häufig nicht in 5 Minuten nachdenken gefunden.

Ein erprobter Vorschlag mit einer Simulation

1. Voraussetzung

Atome bestehen aus Elementarteilchen

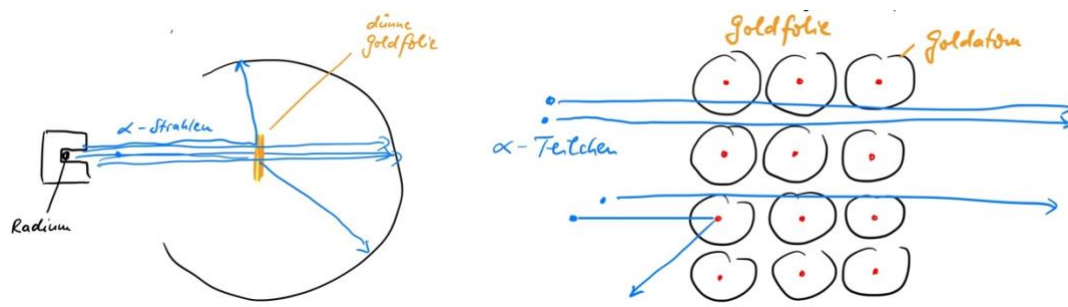
Elementarteilchen	Symbol	Masse in g	Masse
Proton	p^+	$1.675 \cdot 10^{-24}$	1.0087 u
Neutron	n	$1.673 \cdot 10^{-24}$	1.0073 u
Elektron	e^-	$0.00091 \cdot 10^{-24}$	0.00055 u

2. Animation mit Arbeitsblatt (selbstständige Arbeit)

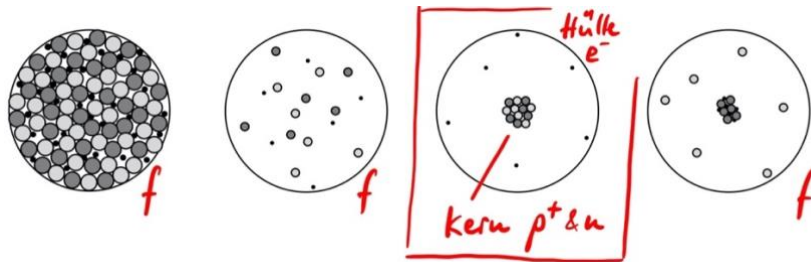
Simulation zum Versuch von Rutherford auf der [Webseite der Fachdidaktik](#).

3. Auswertung im Klassengespräch

Die Skizzen der Versuchsanordnung wird projiziert und die Flugbahn eingezeichnet.



Es werden Argumente für und gegen die 4 vorgeschlagenen Verteilungen der Elementarteilchen gesammelt.



Damit die Besprechung nicht zu lang wird, sollten die obenstehenden Skizzen zwar diskutiert, die Überlegungen aber nicht alle schriftlich festgehalten werden. Nur die zentralen Sätze, die unten eingerahmt sind, müssen gemeinsam aufgeschrieben werden.

4. Das Wesentliche betonen und festhalten

Kern-Hülle-Modell

- Die Protonen und Neutronen bilden zusammen einen winzigen Kern
- Die Elektronen bilden die Hülle und nehmen viel Raum ein
- Zwischen den Elektronen ist keine Materie

Welche Lernziele können mit diesem Vorschlag erreicht werden?

Simulation für Details nach der Einführung des Kern-Hülle-Modells

<https://phet.colorado.edu/de/simulation/rutherford-scattering> mit Begleitmaterial auf <http://fdchemie.pbworks.com/w/page/135733476/Atombau>.

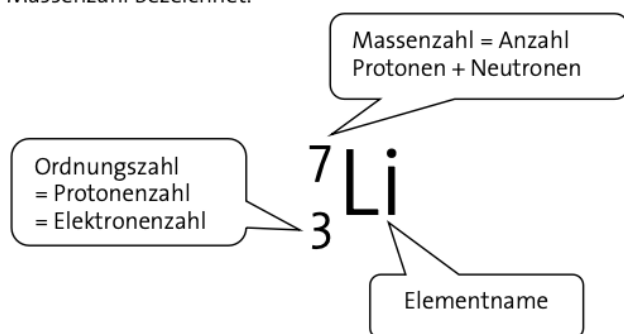
4. Isotope

In einer Übung bestimmen die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe des Periodensystems die Anzahl Protonen, Neutronen und Elektronen, die sich in den gegebenen Atomen befinden. Bei Chlor stossen sie dabei auf ein Problem.

2.6.2 Massenzahl

Die Anzahl der Neutronen ist (in gewissen Grenzen) unabhängig von der Anzahl der Protonen. Neutronen und Protonen werden aufgrund ihrer Funktion unter dem Oberbegriff „Nukleonen“ (nucleus (lat.) = Kern) zusammengefasst.

Die Summe der Protonen und Neutronen im Atomkern wird als Massenzahl bezeichnet.



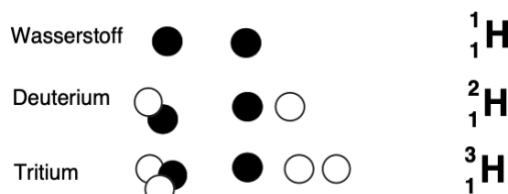
	Wasserstoff	Kohlenstoff	Chrom	Chlor
Element-symbol	H	C	Cr	Cl
Ordnungszahl	1	6	24	17
Protonenzahl	1	6	24	17
Neutronenzahl	0	6	28	$\frac{18}{19}$?
Elektronenzahl	1	6	24	17
Masse in u	$\sim 1u$	12u	52u	35,5u

Definition der Isotope aus einem Schulbuch: «Nuklide des gleichen Elements, die sich in ihrer Neutronenzahl und damit in ihrer Atommasse unterscheiden, werden isotope Nuklide oder kurz Isotope genannt. (griech. isos, gleich; topos, Ort)» (Markus Stieger, Elemente, Klett und Balmer, Zug, 2018)

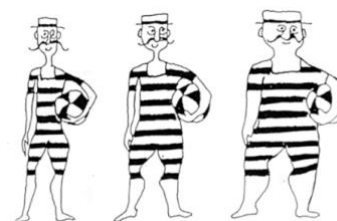
Diese Formulierung ist wenig fassbar. Formulieren Sie eine prägnantere Definition:

Beispiele machen Definitionen verständlicher und einprägsamer.

Wasserstoff weist 3 Isotope auf. Die Neutronen haben fast keinen Einfluss auf die Reaktivität.



Die drei Brüder besitzen den gleichen Familiennamen, unterscheiden sich jedoch in ihrer Masse. Sie sind Isotope, die sich nur im «Fettanteil» voneinander unterscheiden.



Quelle: Abbildung der 3 Brüder aus Januschewsky, Chemie 1 Oberstufe, Ueberreuter, Wien, S. 35 (1989)

5. Kräfte zwischen elektrischen Ladungen (Coulomb-Kräfte)

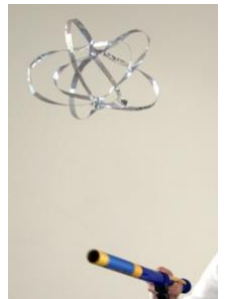
Einleitung: Die Lehrperson zeigt die Bedeutung des Themas auf, z.B.: «Am Ende der Stunde werden Sie verstehen, warum ein Luftballon nach dem Reiben an einer Glasscheibe haftet.»

Simulation mit einem Arbeitsblatt: Dieses wird von den Schülerinnen und Schülern individuell bearbeitet. Als Grundlage für ein solches Arbeitsblatt eignet sich [die PHET-Simulation zu den Coulomb-Kräften](#).

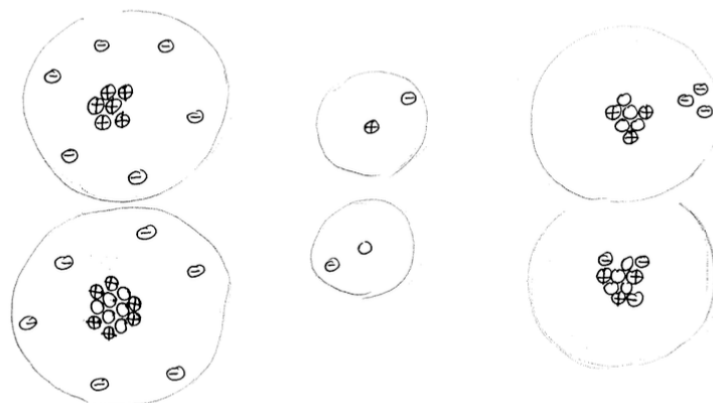
Experiment: Ein Lappen wird an einem PVC- und an einem Plexiglas-Stab gerieben. Der PVC-Stab wird positiv, der Plexiglas-Stab negativ geladen.

Auswertung: Das Wesentliche wird betont und festgehalten in Form einer Skizze und mit einer «Take-Home-Message». *Sie haben das Experiment gesehen. Machen Sie einen Vorschlag für die Skizze und die «Take-Home-Message».*

Hinweis: Flying Stick bei www.pearl.ch kaufen. Das Spiel mit den Schwebefiguren eignet sich beispielsweise bestens als Einstieg in die nächste Lektion.



Aufgabe: Welche Darstellungen sind falsch und wie könnten sie verbessert werden?



Die Aufgabe gibt Anlass zu einer Diskussion über Kernkräfte, die Stabilität von Atomkernen, Wasserstoffisotope und das Problem, dass die Elektronen in den Kern stürzen sollten.

6. Ionisierungsenergien

Die Struktur der Elektronenhülle kann aus den Ionisierungsenergien abgeleitet werden.

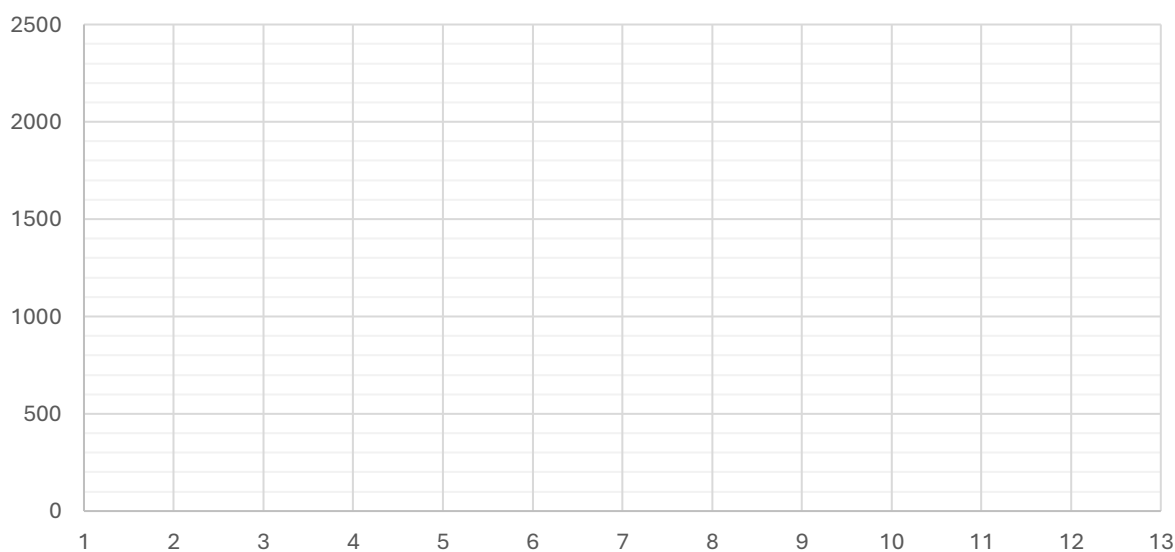
Nr	Symbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	H	13.6																			
2	He	24.6	54.4																		
3	Li	5.4	75.6	122.5																	
4	Be	9.3	18.2	153.9	217.7																
5	B	8.3	25.2	37.9	259.4	340.2															
6	C	11.3	24.4	47.9	64.5	392.1	490.0														
7	N	14.5	29.6	47.5	77.5	97.9	552.1	667.0													
8	O	13.6	35.1	54.9	77.4	113.9	138.1	739.3	871.4												
9	F	17.4	35.0	62.7	87.1	114.2	157.2	185.2	953.7	1'103.1											
10	Ne	21.6	41.0	63.5	97.1	126.2	157.9	207.3	239.0	1'195.8	1'362.2										
11	Na	5.1	47.3	71.6	98.9	138.4	172.2	208.5	264.2	299.9	1'465.1	1'648.7									
12	Mg	7.6	15.0	80.1	109.2	141.3	186.5	224.9	265.9	328.0	367.5	1'761.8	1'962.6								
13	Al	6.0	18.8	28.4	120.0	153.7	190.5	241.4	284.6	330.2	398.6	442.1	2'085.9	2'304.0							
14	Si	8.1	16.3	33.5	45.1	166.8	205.0	246.5	303.2	351.1	404.4	476.1	523.5	2'437.7	2'673.1						
15	P	10.5	19.7	30.2	51.4	65.0	220.4	263.2	309.4	371.7	424.5	479.6	560.4	611.9	2'816.9	3'069.8					
16	S	10.4	23.3	34.8	47.3	72.7	88.0	280.9	328.2	379.1	447.1	504.8	564.6	651.6	707.1	3'223.8	3'494.0				
17	Cl	13.0	23.8	39.6	53.5	67.8	97.0	114.2	348.3	400.1	455.6	529.3	592.0	656.7	749.7	809.4	3'658.4	3'946.2			
18	Ar	15.8	27.6	40.7	59.8	75.0	91.0	124.3	143.5	422.4	478.7	539.0	618.2	686.0	755.7	854.8	918.0	4'120.8	4'426.1		
19	K	4.3	31.6	45.7	60.9	82.7	100.0	117.6	154.9	175.8	503.4	564.1	629.1	714.0	787.1	861.8	968.0	1'034.0	4'611.0	4'934.0	
20	Ca	6.1	11.9	50.9	67.1	84.4	108.8	127.7	147.2	188.5	211.3	591.3	656.4	726.0	816.6	895.1	974.0	1'087.0	1'157.0	5'129.0	5'469.7

Ionisierungsenergien in Elektronenvolt (eV) für die ersten 20 Atomsorten des Periodensystems.

1 eV entspricht der Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen der Spannung 1 Volt erhält (1 eV $\approx$ 95,8 kJ·mol⁻¹)

Input: Die Ionisierungsenergie muss aufgebracht werden, wenn ein Elektron entfernt wird. Die Lehrperson stellt die Ionisierungsenergien im Aluminiumatom graphisch dar. Ich würde die Graphik von Hand machen, damit die Schülerinnen sehen, wie die Darstellung aus den Messwerten entsteht und dass eine schnelle Skizze und nicht ein genaues Diagramm gesucht ist. Auch Bor eignet sich als Input.

Ionisierungsenergien aller 13 Elektronen des Aluminium-Atoms



Beobachtung:

- Die Energien nehmen von links nach rechts zu
- Für die ersten 3 Elektronen braucht es wenig, für 8 Elektronen braucht es mehr und für 2 Elektronen braucht es sehr viel Energie, um sie zu entfernen. Was könnte der Grund sein?

Lernaufgabe zur Tabelle mit den Ionisierungsenergien

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----|------------------------|----|-----------------------|----|----------------------|----|---------------------------|----|-----------------------|-----|-------------------------|-----|-------------------------|-----|----------------------|-----|------------------------|-----|-------------------------|----|-------------------------|----|------------------------|----|------------------------|----|--------------------------|----|-----------------------|----|-------------------|----|----------------------|----|-----------------------|----|--------------------|----|--------------------|
| 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
Silizium | 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
Zirkon | 41 | Nb
Niobium | 42 | Mo
Molybdän | 43 | Tc
Technetium | 44 | Ru
Ruthenium | 45 | Rh
Rhenium | 46 | Pd
Palladium | 47 | Sig
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
Baryum | 57 | La
Lanthan | 58 | Ce
Cerium | 59 | Pr
Praseodym | 60 | Nd
Neodym | 72 | Hf
Hafnium | 73 | Ta
Tantalum | 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 | Ac
Actinium | 90 | Th
Thorium | 91 | Pa
Protactinium | 92 | U
Uranium | 103 | Db
Dubnium | 104 | Sg
Seaborgium | 105 | Bh
Bohrium | 106 | Hs
Hassium | 107 | Mt
Meitnerium | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Lanthaniden
(Metalle der seltenen Erden)</p> <p>Actiniden (Uran-Metalle)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

-
- | Ordnungszahl | Ionisierungsenergie [eV] |
|--------------|--------------------------|
| 1 | 13.6 |
| 2 | 24.8 |
| 3 | 5.4 |
| 4 | 9.7 |
| 5 | 8.4 |
| 6 | 11.4 |
| 7 | 14.5 |
| 8 | 13.6 |
| 9 | 17.5 |
| 10 | 21.5 |
| 11 | 5.1 |
| 12 | 7.6 |
| 13 | 5.9 |
| 14 | 8.1 |
| 15 | 10.5 |
| 16 | 10.4 |
| 17 | 13.0 |
| 18 | 15.8 |
| 19 | 4.4 |
| 20 | 6.1 |

7. Was das Periodensystem über den Atombau aussagt

Ziel des Unterrichts

Mit Hilfe des Periodensystems kann das Schalenmodell gezeichnet werden. Die Tabelle mit den Ionisierungsenergien wurde für die Einführung des Schalenmodells verwendet, spielt aber im weiteren Unterricht keine Rolle mehr.

Die Zeile im PSE heisst *Periode* und entspricht der Schale. Die K-Schale ist nach dem Kern benannt. Die Fortsetzung im Alphabet gibt die Buchstaben für die weiteren Schalen.

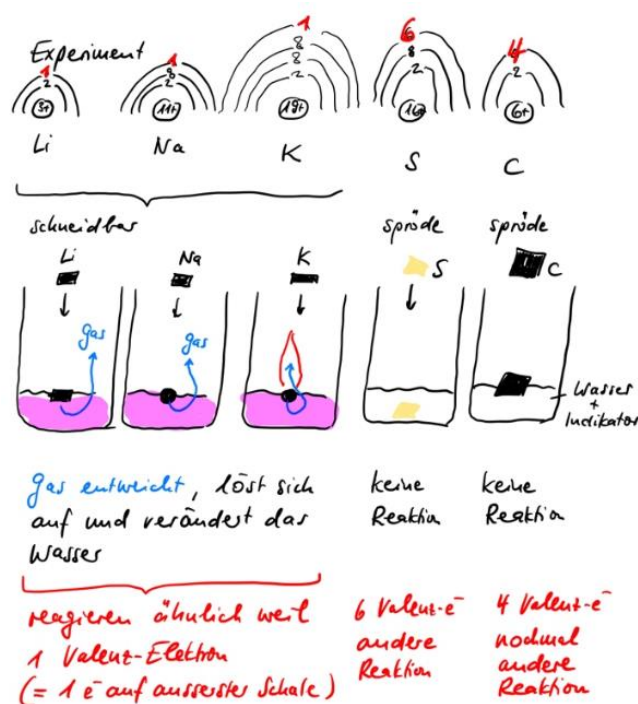
Die Spalte heisst *Gruppe*. Elementarstoffe einer Gruppe besitzen ähnliche chemischen Eigenschaften und haben dieselbe Anzahl Elektronen auf der äussersten Schale.

1	1																	2	2							
H	Wasserstoff																	He	Helium							
3	4																	5	6	7	8	9	10			
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne			
Lithium	Beryllium																	Bor	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Fluor	Neon			
11	12																	13	14	15	16	17	18			
Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar			
Natrium	Magnesium																	Aluminium	Silicium	Phosphor	Schwefel	Chlor	Argon			
19	20	21																	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36									
Kalium	Calcium	Scandium	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr									
			Titan	Vanadium	Chrom	Mangan	Eisen	Kobalt	Nickel	Kupfer	Zink	Gallium	Germanium	Arsen	Selen	Brom	Krypton									
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe									
Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirkon	Niob	Molybdän	Technetium	Ruthenium	Rhodium	Palladium	Silber	Cadmium	Indium	Zinn	Antimon	Tellur	Iod	Xenon									
55	56	57	58	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86								
Cs	Ba	La	bis 71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
Cäsium	Barium	Lanthan		Hafnium	Tantal	Wolfram	Rhenium	Osmium	Iridium	Platin	Gold	Quecksilber	Thallium	Blei	Wismut	Polonium	Astat	Radon								
87	88	89	90	104	105	106	107	108	109																	
Fr	Ra	Ac	bis 103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																	
Francium	Radium	Actinium		Rutherfordium	Dubnium	Seaborgium	Bohrium	Hassium	Meitnerium																	

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

Experiment: Alkalimetalle, Schwefel und Kohlenstoff in Wasser

- 1) Die Schülerinnen erhalten den Auftrag, mit Hilfe des Periodensystems das Schalenmodell von Li, Na, K, S und C zu zeichnen.
- 2) Anschliessend wird das Experiment demonstriert und die Beobachtung werden notiert.
Vorsicht: Die Oxidschicht von Kalium kann zu Explosionen und üblen Verbrennungen führen!
- 3) Diskussion: Warum ist die Reaktivität derart verschieden? Erkenntnis: Die Valenzelektronen bestimmen die Reaktivität. Elemente einer (Haupt-)Gruppe reagieren ähnlich, weil sie dieselbe Zahl an Valenzelektronen besitzen.

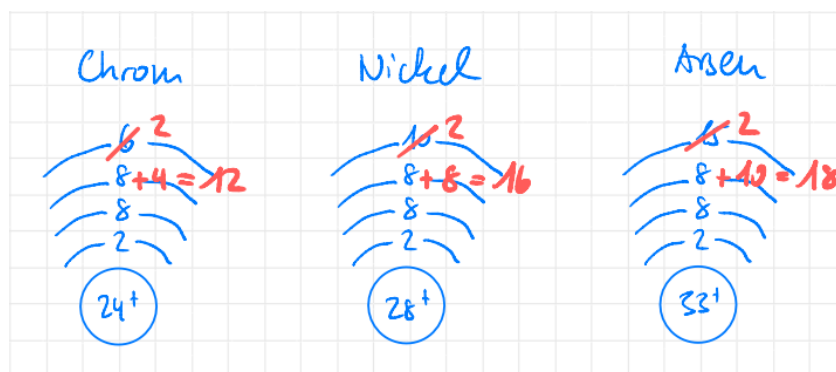


Übergangsmetalle

Auftrag: Zeichnen Sie Aluminium (Al) und Gallium (Ga) im Schalenmodell.

Besprechung: Weil Al und Ga in derselben Gruppe stehen, müssen sie 3 Valenzelektronen besitzen. Die Übergangsmetalle sind eingeschoben. In der 3. Schale finden zunächst 8 Elektronen Platz. Dann erhält die 4. Schale 2 Elektronen und erst anschliessend wird die 3. Schale vollständig mit Elektronen aufgefüllt.

Aufgabe: Zeichnen Sie Cr, Ni, Fe, As und Ag im Schalenmodell



Schalenmodell aus dem Periodensystem ableiten

Ausgezeichneter [Erklärfilm von Martina Zürcher](#), Kantonsschule Zug eignet sich prima als Zusammenfassung, als Lektionseinstieg, als Input für eine Übung oder als Prüfungsvorbereitung

Übung zum Periodensystem

Was halten Sie von [dieser Übung](#)? Wann würden Sie sie einsetzen?