„Die Welt besteht aus Atomen“

Und es gibt weniger Sorten von Atomen, als man lange Zeit glaubte!

M1 John Dalton ist berühmt



Abb. 1 John Dalton, CC-BY 4.0

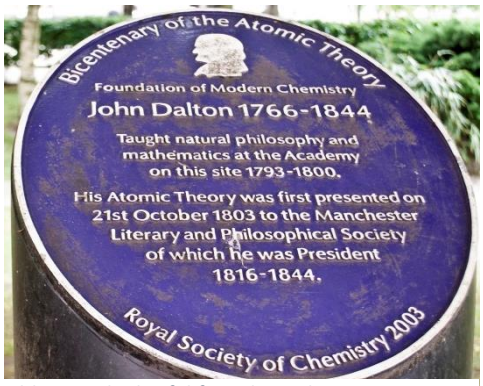
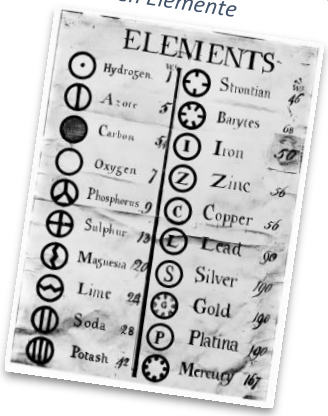


Abb. 2 Gedenktafel für John Dalton CC BY-SA 2.0,
https://www.flickr.com/photos/widdowquinn/4772313428/in/photostream/

Abb. 3: Daltons Symbole für die bekannten Elemente



John Dalton wird für seine Ideen als Gründer der „modernen Chemie“ geehrt. Lies M2 und versuche dies in einen Zusammenhang zu bringen.

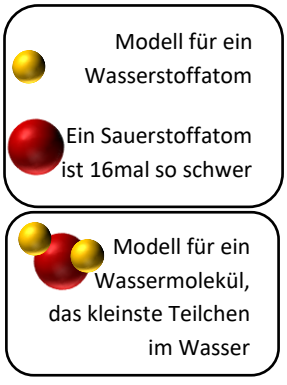
M2 Eine Idee von Atomen und Daltons Modell

Als der Nobelpreisträger Richard Feynman einmal gefragt wurde, wie er die wichtigsten Ergebnisse der Naturwissenschaft in nur einem Satz mitteilen würde, entschied er sich für “Die Welt besteht aus Atomen“.

Schon vor über 2000 Jahren glaubte man, dass jeder Stoff aus einer eigenen Sorte kleiner, nicht mehr zerlegbarer Teilchen zusammengesetzt sei, die der Grieche Demokrit folglich „Atome“ (altgriechisch *átomos*, unteilbar) nannte. Seltsam war allerdings, dass bei der chemischen Zerlegung aller Stoffe letztendlich immer wieder dieselben wenigen Stoffe herauskamen, die man Elemente nannte. Zudem stellt man fest, dass bei der Zerlegung eines Stoffes in seine Elemente diese immer in bestimmen Massenverhältnissen entstanden.

Eine Erklärung für diesen Sachverhalt lieferte 1803 der englische Lehrer und Naturforscher **John Dalton**. Nach seiner Vorstellung

- gibt es nicht beliebig viele verschiedenartige Atome, sondern nur genauso viele Atomsorten, wie es Elemente gibt.
- Ein Element besteht also immer aus einer Sorte von Atomen.
- Die Atome eines Elements unterscheiden sich in ihrer Masse und ihrer Größe.
- Verschiedene Sorten können Verbindungen bilden.
- In den Verbindungen sind die Atomsorten in bestimmten Verhältnissen verbunden.



Natürlich konnte auch John Dalton keine Atome sehen. Er stellte sich die Atome als kleine Kugeln vor und seine Aussagen waren modellhafte Annahmen, die Erklärungen für viele Beobachtungen lieferten.

Erkläre folgende Aussagen mit Daltons Modell:

- *Wiegt man alle Stoffe vor und nach einer Reaktion, so geht keine Masse verloren.*
- *Zerlegt man Wasser in seine elementaren Bestandteile, erhält man immer ein Verhältnis von 16g Sauerstoff zu 2g Wasserstoff.*

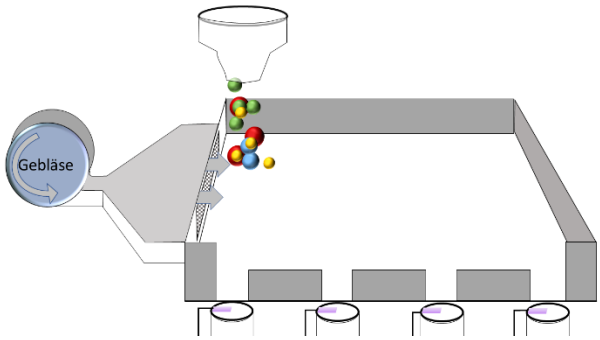
Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

M3 Massen und Größen von Atomen – was wir heute wissen

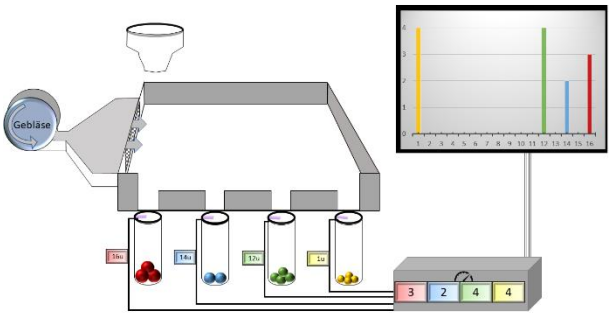
Da man in der Zwischenzeit sehr viel über die Atome herausgefunden hat, erscheint uns Daltons Modell in keiner Weise mehr eigentümlich!

Heute weiß man z. B., dass es 118 Elemente gibt. Alles Lebendige auf der Erde kommt aber mit wesentlich weniger Sorten von Atomen aus. So bestehen wir Menschen hauptsächlich aus den verschiedensten Verbindungen von Kohlenstoff-, Sauerstoff-, Wasserstoff und Stickstoffatomen.

Modell eines Massenspektrometers



Die Probe aus verschiedenen Kugeln wird in das Modellgerät gegeben



Die Probe ist sortiert und gezählt.

Mit einem Massenspektrometer kann man die Massen dieser und anderer Atomsorten bestimmen. Weil Atome so wenig wiegen, gibt man ihre Masse nicht in Gramm (g,) sondern in der Einheit mass unit (u) an. Wie Dalton annahm, sind Wasserstoffatome tatsächlich die leichtesten Atome und wiegen etwa 1u.

Betrachte online die Folienserie mit dem Modell eines Massenspektrometers
Zeichne oben den Weg der Kugeln ein.

- *Erkläre, was in den „Zylindern“ passiert und was das Gerät daneben und der Bildschirm anzeigen.*
- *Erkläre, wie man es schafft, die Massen von derart kleinen Teilchen wie Atomen zu bestimmen.*
- *Vervollständige die Tabelle „Erste Übersicht über die Elemente und Atomsorten“*

Und noch was: Als man übrigens in anderen Versuchen erkannte, dass Atome zerbrechen können, hat man nach und nach verstanden, dass sie alle aus noch kleineren Bausteinen bestehen. Daher passt das Wort eigentlich gar nicht mehr, aber man hat es dennoch behalten. Später im Chemieunterricht lernst du mehr über den Aufbau der Atome.

Erste Übersicht über die Elemente und die Atomsorten

Name des Elements	Wasserstoff	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff
Modell der Atomsorte				
Ein Atom der Sorte wiegt				

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

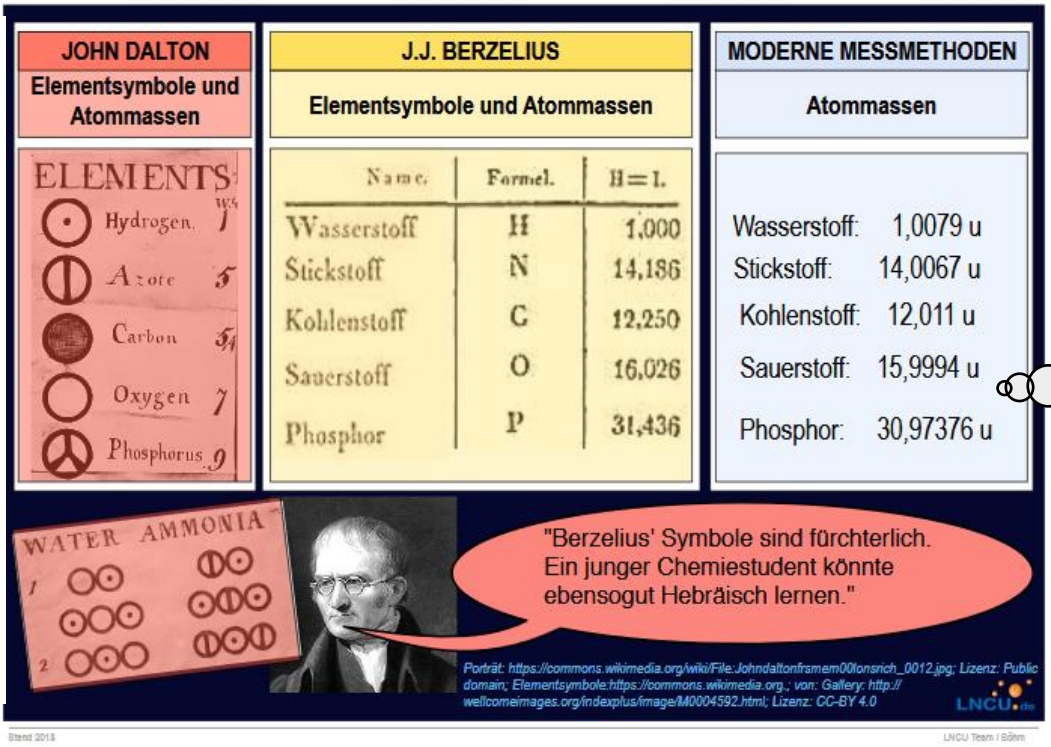
„Die Welt besteht aus Atomen“

Und es gibt weniger Sorten von Atomen, als man lange Zeit glaubte!

M4 Symbole für einzelne Atome und Verbindungen daraus

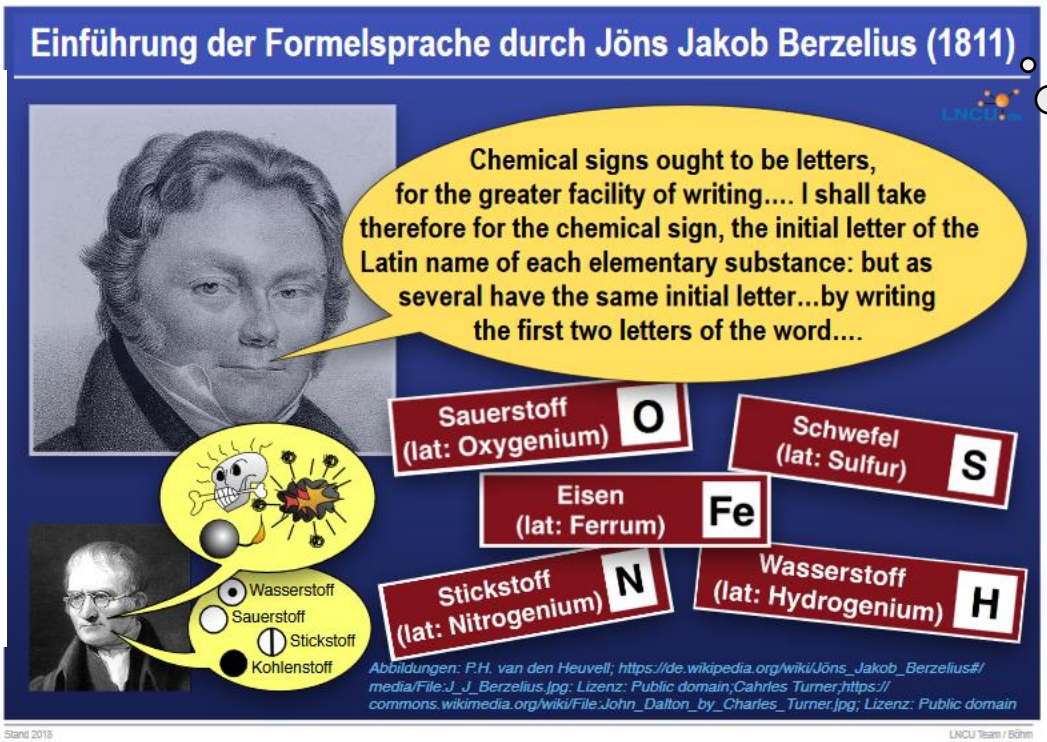
John Dalton hatte bereits Vorschläge für eine Schreibweise gemacht, mit der man Atome oder Verbindungen daraus notieren kann. **Jöns Jakob Berzelius** führte wenig später die chemische Symbolsprache mit den Buchstaben für die chemischen Elemente ein, die wir heute noch benutzen. Dalton fand dies wenig erfreulich. Aber das System von Berzelius, der übrigens schon ohne Massenspektrometer viele Atommassen sehr genau bestimmen konnte, setzte sich durch.

J. Dalton über die Idee von J. J. Berzelius zur Symbolsprache
A. Böhm im Team LNCU 2018



Was bedeuten dann wohl so Abkürzungen wie H_2O oder CO_2?

J. Dalton und J. J. Berzelius zur Symbolsprache
A. Böhm im Team LNCU 2018



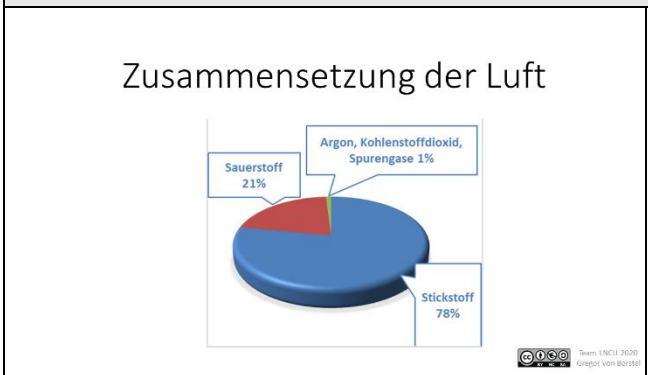
Da kann Dalton noch so fluchen, Berzelius System ist praktischer. Erkläre, warum!

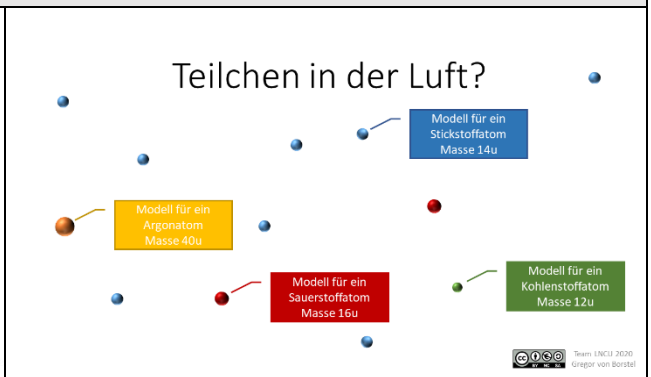
Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

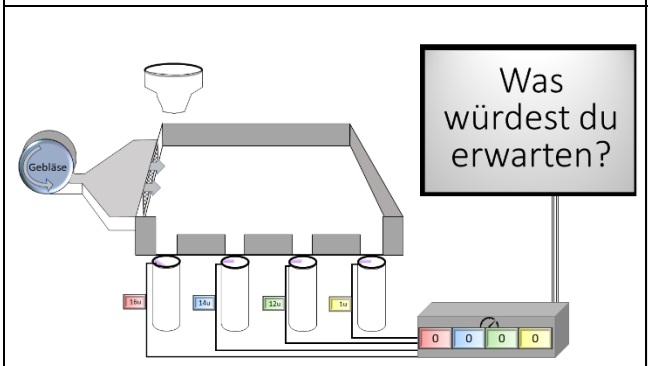
M5 Die Teilchen der Luft

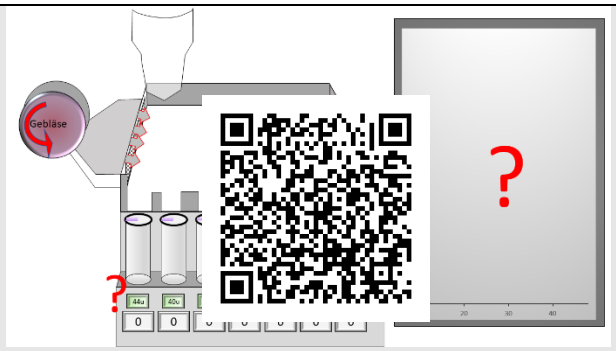
Sauerstoff, Stickstoff und andere Gase wie Argon oder Kohlenstoffdioxid bilden zusammen unsere „Luft“. Was würdest du erwarten, wenn wir eine Luftprobe durch unser Modell des Massenspektrometers schicken?

Luftprobe im Modell unseres Massenspektrometers









Betrachte online die Folienserie mit dem Modell zur Untersuchung der Luft im Massenspektrometer.

- *Notiere, ob sich das Modell mit deinen Erwartungen deckt*
- *Das Modell spiegelt reale Messergebnisse vereinfach wider. Erkläre, was man daraus schießen kann.*
- *Fülle die Tabelle in M6*

Weitergedacht

Erkläre, warum man für Argon kein Legosteinmodell braucht bzw. wie ein Legostein für ein Argonatom aussehen müssten.

Ein Sauerstoffatom hat „zwei Verbindungstellen“, ein Wasserstoffatom hat „eine Verbindungsstelle“. Inwiefern zeigt das Legomodell dies?

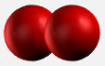
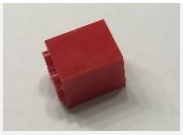
Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

„Die Welt besteht aus Atomen“

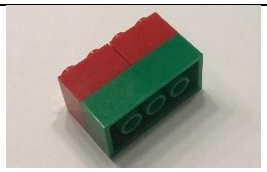
Und es gibt weniger Sorten von Atomen, als man lange Zeit glaubte!

M6 Atome und Verbindungen daraus kann man unterschiedlich veranschaulichen

Beispiele für Elemente:

Stoffbezeichnung	Argon	Sauerstoff	Stickstoff	Wasserstoff	Kohlenstoff
Symbol für ein Atom	Ar	O	N	H	C
bei 25°C …	ist Argon gasförmig. Einzelne Argonatome fliegen umher.	… ist Sauerstoff gasförmig. Je zwei Sauerstoffatome sind miteinander verbunden und fliegen paarweise als „Molekül“ umher.	… ist Stickstoff gasförmig. Je ____ Stickstoffatome sind miteinander verbunden und fliegen als „Molekül“ umher.	… ist Wasserstoff gasförmig. Je ___ Wassersstoffatome sind miteinander verbunden und bilden ein _____	… ist Kohlenstoff fest. Im „Graphit“ (-> Bleistiftmine) sind unzählige Kohlenstoffatome miteinander verbunden.
Modell mit Kugeln als Atomen					
Will man Verbindungen darstellen, ist ein Legosteinmodell mitunter hilfreich. Die Legosteine bilden zwar nicht immer die korrekten Größenverhältnisse der Atome ab. Dafür erkennt man, wie sie sich in bestimmten Verhältnissen verbinden.					
Legomodell für die Teilchendarstellung	-				
Formel für ein Stoffteilchen		O_2		H_2	C

Beispiele für Verbindungen aus mehreren Atomsorten:

Stoffbezeichnung	Kohlenstoffdioxid	Wasser
Modell mit Kugeln als Atomen		
Bei 25°C …	… ist Kohlenstoffdioxid gasförmig. Das Gas besteht aus „Molekülen“, in denen zwei Sauerstoffatome und ein Kohlenstoffatom verbunden sind.	.. ist Wasser ein Flüssigkeit. In der Flüssigkeit hängen unzählige „Wassermoleküle“ aus jeweils zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom so aneinander, dass sie sich immer noch frei drehen und bewegen können.
Legomodell für die Teilchendarstellung bei 25°C		
Formel für ein Stoffteilchen		

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Übung – wie viele Atome sind in 12g Kohlenstoff?

In 12g Kohlenstoff sind genauso viele Kohlenstoffatome enthalten, wie Sauerstoffatome in 16g Sauerstoff oder Wasserstoffatome in 1g Wasserstoff – nämlich 602.200.000.000.000.000.000.000 Stück.

1. Erkläre, warum es die gleiche Anzahl an Atomen sein muss.
2. Stell dir vor, du wolltest alle Atome in 12g Kohlenstoff als Punkt an die Tafel malen. Schätze mal, wie lange du dafür brauchst. Schau dir dann meine Schätzung an.



Das ist wohl leicht untertrieben!

Stellen wir uns vor, ich hätte echt viel Kreide und Platz und könnte in jeder Sekunde 5 Punkte an die Tafel malen, die jeweils ein Kohlenstoffatom darstellen sollen. Mal schauen, wie lange das dauert, wenn ich ausnahmsweise mal auf Schlafen und Essen für eine Weile verzichte:

In 1 Sekunde schaffe ich 5 Punkte, … in 1 Minute also 60 x 5 = 300. In einer Stunde wären es 60 x 300 = 1800 und an einem 1 Tag 24 x 1800 = 43 200. In 1 Woche könnte ich bereits 302400 und in einem Jahr 15.768.000 Punkte malen!

Wenn ich das 40 Jahre durchziehe (ich werde alt 😊), sind es schon 40 x 15.768.000 = 63.072.000. Das ist doch eine Zahl mit einer 6 und vielen Nullen!

Äh … aber in 4 Millionen Jahren sind das dann erst 63.072.000 x 1.000.000 = 63.072.000.000.000 … und selbst in 4 Milliarden Jahren nur 63.072.000.000.000 x 1.000.000 = 63.072.000.000.000.000.000. Da fehlt noch was! Und das Weltall ist erst 13 Milliarden Jahre alt.

Ich glaube, ich lass es!

Du siehst, es sind echt viele Atome in 12 g Kohlenstoff oder 1g Wasserstoff! Übrigens nennen die Chemikerinnen und Chemiker so einen Haufen von 602300000000000000000000000000000000000000000000 ein „mol“.

Übung –Was bedeutet „Atome verbinden sich n bestimmten Verhältnissen“?

Ein Chemiker namens Boyle hat zahlreiche Versuche zur Verbrennung von Kohlenstoff mit Sauerstoff gemacht. Er wog in ein Gefäß 20g Kohlenstoff ein, gab 32g Sauerstoff hinzu und erhitze es, so dass es zur Reaktion kam. Danach waren immer noch unverbrannter Kohlenstoff im Gefäß.

1. Stelle ein Reaktionsschema in Worten für die Reaktion auf, die Boyle hervorrief.
2. Erkläre, warum Kohlenstoff übrigblieb.
3. Schlage eine Menge an Kohlenstoff und Sauerstoff vor, die man ohne Rest zur Reaktion bringen könnte. Begründe deinen Vorschlag.

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.