LÖSUNGSBEISPIELE ZUM THEMA

ATOMBAU

Autor: Katrin Schüßler

Herausgeber: Katrin Schüßler, Markus Emden und Elke Sumfleth

» **TEIL I:** Kern-Hülle-Modell .....

» **TEIL II:** Protonen und Neutronen .....

» **TEIL III:** Isotope .....

» **TEIL IV:** Schalen-Modell .....

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

University of Education

Müller-Reitz-Stiftung

ATOMBAU

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes lernst du verschiedene Vorstellungen über die kleinsten Teilchen der Materie kennen. Eine erste Vorstellung ist das Kugelteilchenmodell, in dem angenommen wird, dass Stoffe aus kleinsten, kugelförmigen Teilchen bestehen. Eine weitere Vorstellung ist das Atommodell von Dalton. Nach den Annahmen dieses Modells sind Atome die kleinsten Teilchen der Materie. Das Atommodell von Thomson geht davon aus, dass auch Atome noch aus kleineren Teilchen aufgebaut sind: In einer positiv geladenen Masse befinden sich negativ geladene Bausteine (Elektronen). Abschließend lernst du das Atommodell von Rutherford kennen: Es beruht auf der Annahme, dass Atome einen sehr kleinen Atomkern besitzen, in dem sich die positive Ladung und die Masse konzentrieren. Um den Atomkern herum befinden sich die Elektronen.

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

Schlecht gelaunt kommt Max von der Schule. Beim Essen erzählt er seiner Mutter und seiner Schwester Lisa, was ihm heute in der Schule passiert ist: „Es war so ungerecht!“, schimpft Max. „Heute hatten wir Physik und Herr Schulte hat ewig lang irgendwas über kleinste Teilchen erzählt. Aber das war voll langweilig, weil ich das alles schon wusste und Herr Schulte immer nur selbst redet und man nie was sagen darf.“

Max‘ Mutter sieht so aus, als würde sie gerne etwas zur Verteidigung von Herrn Schulte vorbringen, aber Lisa sagt: „Herrn Schultes Unterricht ist wirklich ganz furchtbar langweilig, Mama.“

„Und als Herr Schulte die Tafel vollgeschrieben hat, habe ich Louis und Merle, die in Physik neben mir sitzen, alles über die Teilchen und die Atome und Moleküle erzählt, was Sinan mir erklärt hat.“

Max‘ Mutter wirft ihm einen tadelnden Blick zu.

„Louis und Merle fanden das mit den Teilchen und den Atomen auch voll spannend und wir haben auch super leise geredet und Herrn Schulte gar nicht gestört“, verteidigt sich Max. „Aber als er selbst nicht mehr geredet hat und die anderen alle von der Tafel abgeschrieben haben, war es halt ganz leise und da hat Herr Schulte gehört, dass wir uns unterhalten haben, und hat sich voll aufgeregt.“

„Es ist ja auch sehr unhöflich sich während des Unterrichts zu unterhalten“, mahnt Max‘ Mutter.

„Während Herrn Schultes Unterricht reden doch alle“, unterstützt Lisa Max.

„Er hat uns auch gar nicht geglaubt, dass wir über Physik geredet haben“, beschwert Max sich weiter. „Und als er gemerkt hat, dass wir nicht von der Tafel abgeschrieben haben, hat er sich noch mehr aufgeregt … und uns ins Klassenbuch eingetragen … und wir müssen ein Referat machen … “, gesteht Max mit einem ängstlichen Seitenblick zu seiner Mutter.

„Voll übertrieben!“, sagt Lisa.

„Aber ich werde es ihm zeigen!“, verkündet Max kampflustig. „Herr Schulte behauptet, dass es noch kleinere Teilchen als die Atome gibt. Und dass die Atome irgendwie daraus aufgebaut sind. Keine Ahnung, was er meint … aber ich werde alles rausfinden und dann werde ich das weltbeste Referat über den Aufbau der Atome machen und dann kann Herr Schulte nichts mehr sagen. Und wenn ich alles weiß, muss ich ihm nie wieder zuhören!“

„Musst denn nur *du* ein Referat halten?“, fragt Max‘ Mutter nach.

„Nein!“, wehrt Max ab. „Louis und Merle natürlich auch, obwohl die ja eigentlich nur zugehört haben. Herr Schulte ist ja so gemein!“

„Dann könnt ihr das Referat doch zusammen machen“, schlägt Lisa vor.

„Machen wir ja auch“, antwortet Max. „Merle und Louis kommen gleich vorbei und dann finden wir alles raus.“

„Und die anderen Hausaufgaben?“, fragt Max‘ Mutter besorgt.

„Mach‘ ich später“, winkt Max ab.

Dann stapft er in sein Zimmer, um über die Atome zu recherchieren.

Eine Stunde später treffen Louis und Merle bei Max ein. Max hat mittlerweile ein bisschen im Internet recherchiert und festgestellt, dass er das mit dem weltbesten Referat alleine wohl nicht schaffen wird. Also hat er Sinan, den großen Bruder von Lisas bester Freundin Aylin gefragt, ob er ihm nochmal helfen kann. Zum Glück war Sinan zuhause und hat ein bisschen Zeit, um Max und seine Klassenkameraden bei ihrem Referat zu unterstützen.

Daher sitzen kurze Zeit später Merle, Louis, Max und Sinan im Wohnzimmer: „Wir müssen ein Referat über den Aufbau der Atome machen“, erklärt Max. „Herr Schulte behauptet nämlich, dass es noch kleinere Teilchen als die Atome gibt!“

„Max hat uns schon ganz viel von den Teilchen, Atomen und Molekülen erzählt“, sagt Merle ein bisschen schüchtern.

„Dann wisst ihr doch schon eine ganze Menge“, sagt Sinan. „Wobei soll ich euch denn jetzt noch helfen?“

„Wir müssen herausfinden, ob es wirklich noch kleinere Teilchen als die Atome gibt“, sagt Merle.

„Und das weiß ich leider nicht“, gesteht Max.

„Unser Referat soll darüber sein, wie die Atome aufgebaut sind und aus welchen Teilchen“, erklärt Louis.

„Gibt es denn noch kleinere Teilchen als die Atome?“, fragt Max etwas ungläubig.

„Ja, die gibt es“, bestätigt Sinan.

„Und kannst du uns das erklären?“, fragt Max.

„Kann ich“, antwortet Sinan. Max, Merle und Louis atmen erleichtert auf.

ATOMBAU

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

„Schon ganz früh haben sich die griechischen Philosophen gefragt, woraus die Stoffe um uns herum bestehen“, beginnt Sinan. „Einer von ihnen – Demokrit – entwickelte die Vorstellung, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen. Diese Vorstellung entspricht in etwa dem **Kugelteilchenmodell**, von dem ihr gerade berichtet habt. In diesem Modell gibt es für jeden Stoff ein eigenes, kleinstes Teilchen.

Wir können mit dem Kugelteilchenmodell allerdings nicht alle Phänomene erklären, die wir beobachten können“, erläutert Sinan. Louis und Max nicken eifrig. „Chemische Reaktionen lassen sich zum Beispiel im Kugelteilchenmodell nicht erklären. Weil man eine oder mehrere Sorten Teilchen für Edukte formuliert und dann andere Teilchen für Produkte, ohne dass man weiß, was mit den Teilchen vom Anfang eigentlich passiert.

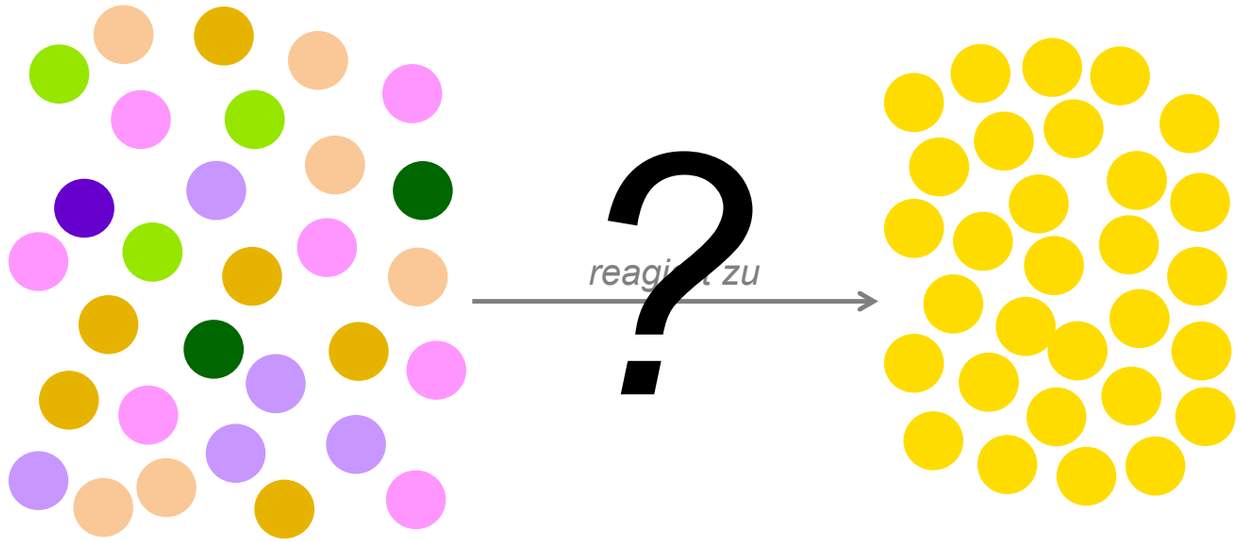


Bild 1: Chemische Reaktion im Kugelteilchenmodell

Deswegen dachten die Naturwissenschaftler weiter darüber nach, wie die Stoffe aufgebaut sein könnten“, erklärt Sinan.

Louis nickt immer noch eifrig. So richtig zufrieden war er mit der Darstellung der chemischen Reaktion im Teilchenmodell sowieso nicht. Das hatte ein bisschen was von Zauberei …

ATOMBAU

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

Fasse alle Informationen zum Kugelteilchenmodell zusammen, bevor du weiter liest.

„Mit der Zeit fanden Naturwissenschaftler dann mehr über die Stoffe und ihre kleinsten Teilchen heraus“, fährt Sinan fort. „Sie fanden heraus, dass man sich die Kugelteilchen als weiter teilbar vorstellen muss. Die noch kleineren Teilstücke, die sich die Naturwissenschaftler dabei vorstellten, bezeichneten sie als Atome.

Unglücklicherweise spricht man seitdem auch bei Atomen immer mal wieder von *kleinsten Teilchen*.“

„Das ist ja doof“, nuschelt Louis.

„Ja, das ist wirklich nicht so schön“, stimmt Sinan ihm zu und erklärt dann weiter: „Im Gegensatz zu den Kugelteilchen, wie sie Demokrit sich vorgestellt hat, gibt es aber nicht für jeden Stoff eine eigene Atomsorte, sondern nur eine begrenzte Anzahl.

Die verschiedenen Atomsorten, die es gibt, werden als Elemente bezeichnet“, erklärt Sinan. „Die einzelnen Atome können unterschiedlich zu Molekülen verknüpft werden; und die sind dann wiederum die kleinsten Bausteine der Stoffe.“

„Das weiß ich doch schon!“, unterbricht Max ihn. Aber Merle bringt ihn mit einem vorwurfsvollen Blick zum Schweigen.

„Diese Vorstellung über die Atome stammt von einem Mr. Dalton und wird daher **Dalton’sches Atommodell** genannt“, fährt Sinan fort.

„Deswegen können wir uns vorstellen, dass beispielsweise Wachs entsteht, wenn sich Wasserstoffatome und Kohlenstoffatome miteinander zu einem Molekül verbinden“, quasselt Max schon wieder dazwischen.

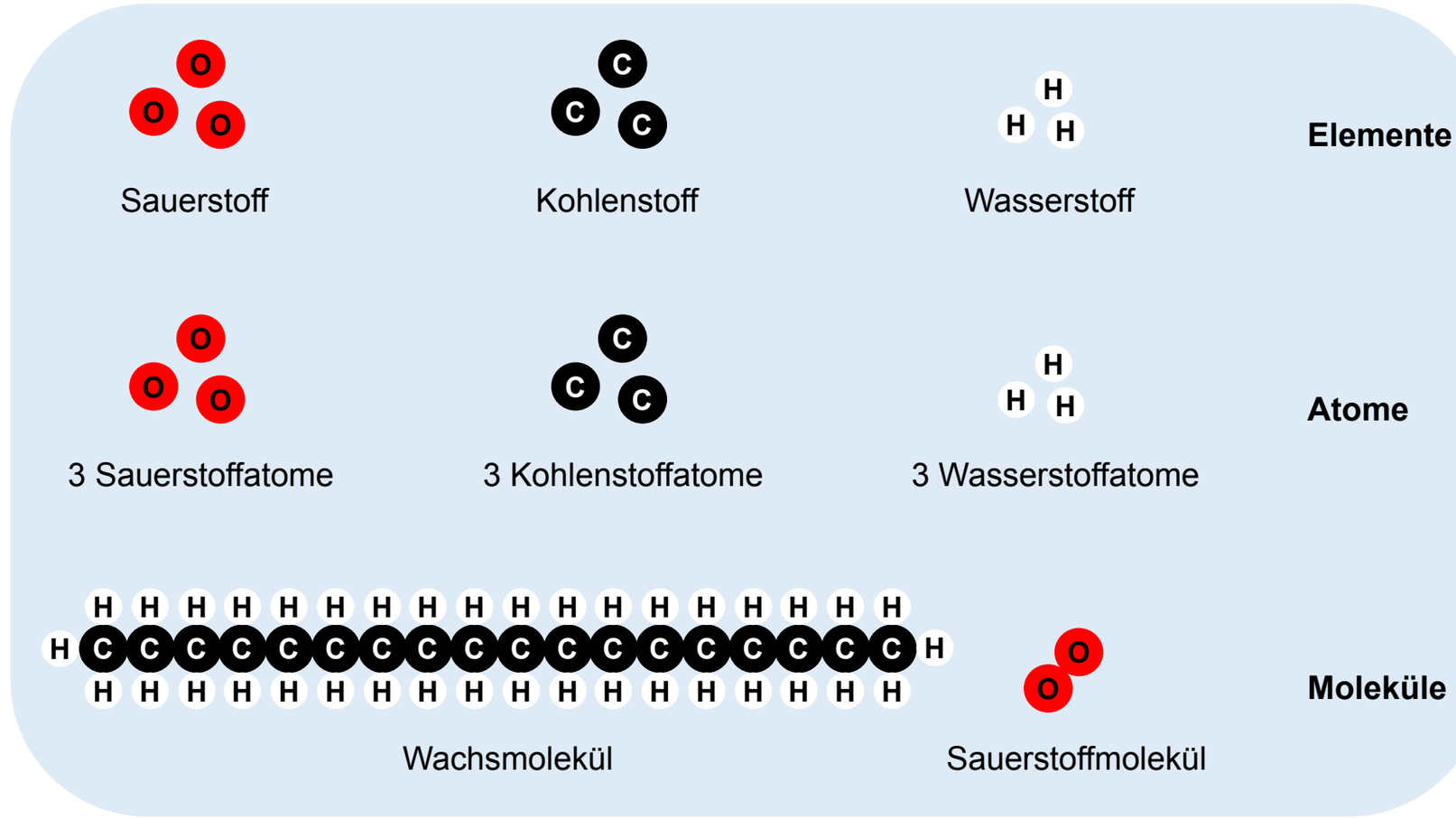


Bild 2: Elemente, Atome und Moleküle im Daltonmodell

Schnell wirft er einen Seitenblick auf Merle, aber die schreibt eifrig alles mit, daher ergänzt er noch: „Und beim Verbrennen kann dann das Wachsmolekül aus der Kerze mit Sauerstoffmolekülen aus der Luft zu Wassermolekülen und Kohlenstoffdioxidmolekülen reagieren."

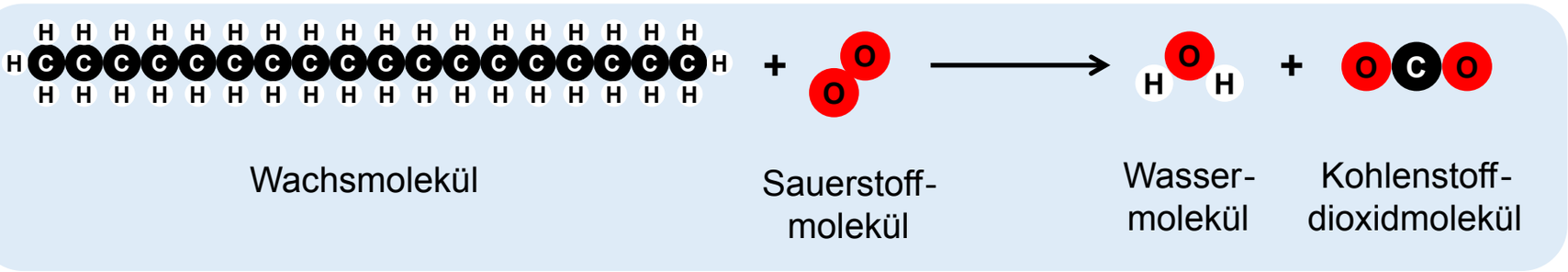


Bild 3: Verbrennung von Wachs im Daltonmodell

Fasse alle Informationen zum Dalton'schen Atommodell zusammen, bevor du weiter liest.

„Leider genügte auch Daltons Atommodell nicht, um alle Phänomene zu erklären, die die Naturwissenschaftler beobachten konnten“, fährt Sinan fort. „Ein paar Jahre später entdeckte ein Mr. Thomson nämlich ein noch kleineres Teilchen, das in allen Atomen vorkam. Mit einem seiner Experimente konnte er zeigen, dass dieses Teilchen *aus* dem Atom stammt und daher konnten Atome doch nicht die kleinsten Teilchen sein“, erklärt Sinan.

„Das Teilchen, das Mr. Thomson entdeckte, wird als **Elektron** bezeichnet“, fährt Sinan fort. „Das Elektron ist viel, viel kleiner als ein Atom und besitzt fast gar keine Masse.“

„Wie konnte dieser Mr. Thomson das Elektron denn finden, wenn es so unglaublich klein ist und nichts wiegt?“, fragt Merle.

„Elektronen tragen eine negative Ladung“, erklärt Sinan. „Das hat Mr. Thomson ausgenutzt, um es nachzuweisen. Wegen der negativen Ladung werden Elektronen mit $\mathbf{e}^-$ abgekürzt.“

Fasse alle Informationen zum Elektron zusammen, bevor du weiter liest.

„Und dann hat man gedacht die Stoffe bestehen aus Elektronen?“, fragt Max, während Louis und Merle sich hektisch Notizen machen.

„Naja“, schränkt Sinan ein, „Thomson nahm an, dass Elektronen ein Bestandteil der Atome sind.“

„So wie die Atome Bestandteil der Moleküle sind?“, fragt Max schon wieder dazwischen.

„So in der Art“, antwortet Sinan.

„Das ist ja wie bei diesen Holzpuppen, wenn immer da drin noch eine kleinere ist“, überlegt Merle. „Die Stoffe bestehen also aus Molekülen. Und die Moleküle bestehen wiederum aus Atomen. Und die Atome … “, überlegt Merle, „ … bestehen aus Elektronen?“

„Thomson nahm an, dass das Elektron nur *ein* Bestandteil der Atome ist“, wiederholt Sinan. „Da ein Atom an sich aber keine Ladung trägt, wusste er auch, dass es wohl noch einen zweiten Baustein geben muss, der die negative Ladung des Elektrons ausgleicht.“

„Etwas Positives“, ruft Louis. „Dann können sich das Minus vom Elektron und das Plus vom Positiven auslöschen.“

„Ja, klar!“, ruft Max. Auch Merle nickt zustimmend.

„Die Idee ist richtig“, bestätigt Sinan. „Auch Thomson ging davon aus, dass es in jedem Atom zwei Bestandteile geben muss: Das **negativ geladene Elektron** und irgendetwas, das die **positive Ladung trägt**. Wie das aussehen sollte, konnte er sich auch nicht genau erklären. Deswegen hat er einfach angenommen, dass der Rest, der übrigbleibt, wenn man die Elektronen aus dem Atom entfernt, insgesamt positiv geladen sein muss.“

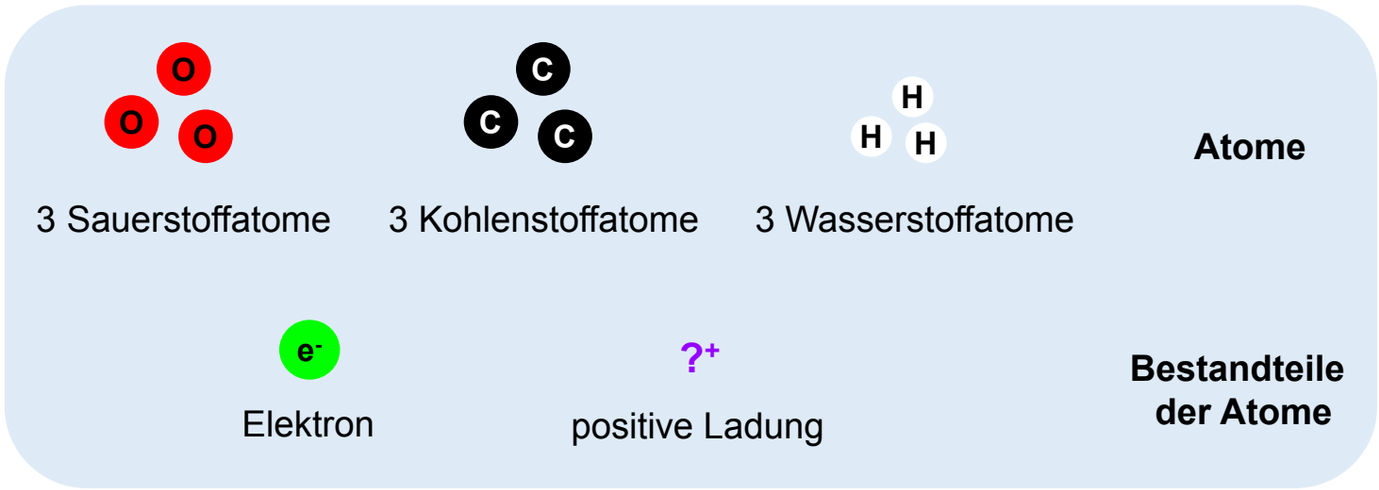


Bild 4: Bestandteile von Atomen

„Und dieses Elektron und dieser positive Rest machen dann zusammen ein Atom?“, fragt Louis zur Sicherheit noch mal nach.

„Hat Sinan doch gesagt“, antwortet Max sofort.

„Aber wie sieht das im Atom denn dann aus?“, fragt Louis verzweifelt weiter.

Da keiner der drei eine Idee hat, sehen sie Sinan erwartungsvoll an.

„Das hat sich Mr. **Thomson** auch gefragt“, berichtet Sinan. „Er stellte sich das **Atom** ein bisschen wie ein Rosinenbrötchen vor: Die Rosinen entsprechen den **Elektronen**: Sie sind in einen Teig eingebettet. Was dem Teig genau entspricht, wusste Thomson nicht, aber er nahm an, dass diese Substanz, die um die Elektronen herum ist, genauso viele **positive Ladungen** trägt, wie Elektronen vorhanden sind, damit sich die Ladungen gegenseitig ausgleichen konnten.“

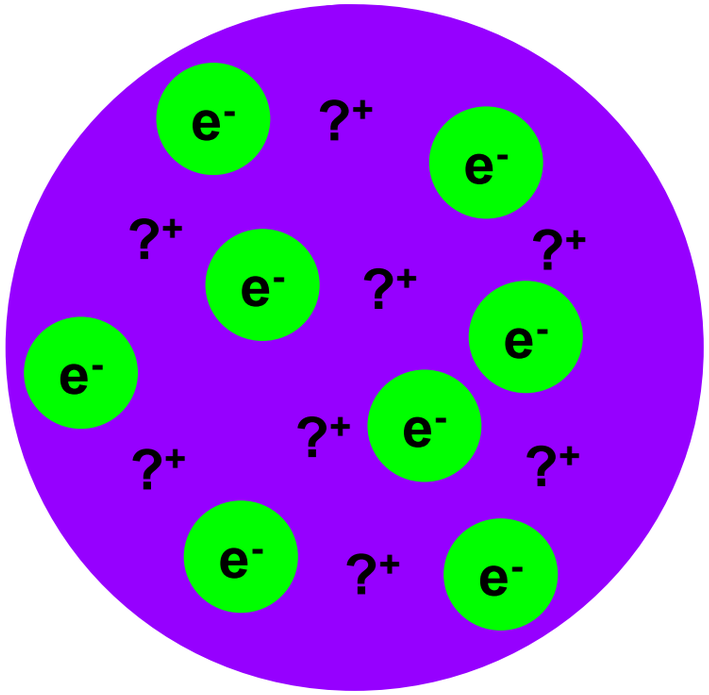


Bild 5: Thomsons Atommodell

„Hmhm“, macht Louis wenig überzeugt.

„Ein Atom besteht demnach immer aus gleich vielen Elektronen und positiven Ladungen, so dass das Atom insgesamt dann keine Ladung mehr trägt“, fährt Sinan fort.

„Also ist in jedem Atom für ein Elektron gleichzeitig irgendwas, das eine positive Ladung trägt“, überlegt Merle, „so dass in einem bestimmten Atom dann zum Beispiel sechs Elektronen und sechs positive Ladungen sind?“

Sinan nickt.

Fasse alle Informationen zu Thomsons Atommodell zusammen, bevor du weiter liest.

„Und ist das so, wie Mr. Thomson sich das vorgestellt hat?“, fragt auch Max nach.

Merle schreibt schon wieder hektisch.

„Thomson nahm an, dass es so sei“, antwortet Sinan. „Nachdem feststand, dass Atome doch aus kleineren Bausteinen aufgebaut sind, gab es verschiedene Theorien, wie diese Teilchen im Atom angeordnet sein könnten. Thomsons Modell ist *eine* Möglichkeit sich das zu erklären. Allerdings konnte weder Mr. Thomson beweisen, dass ein Atom so aufgebaut ist, wie er es sich vorgestellt hat, noch konnten andere Wissenschaftler beweisen, dass es nicht so ist.“

Max und Louis machen ein unzufriedenes Gesicht.

„Mittlerweile, weiß man schon etwas mehr darüber“, erklärt Sinan weiter. „Noch ein paar Jahre später führte nämlich ein anderer Naturwissenschaftler – Mr. Rutherford – einen weiteren wichtigen Versuch durch.

Er bezweifelte, dass Thomsons Atommodell ganz richtig war“, erklärt Sinan. „Zum Beispiel war ihm nicht so ganz klar, warum die positiv geladene Substanz bei den Atomen unterschiedlicher Elemente unterschiedlich viel positive Ladung tragen sollte, wenn überall derselbe *Teig* drin sein sollte. Auch ließ sich mit Thomsons Modell nicht so richtig gut erklären, warum die Atome der verschiedenen Elemente unterschiedlich groß sind.

Daher wollte Rutherford mehr über die Atome und den positiv geladenen Teil der Atome herausfinden“, fährt Sinan fort. „Hierzu arbeitete er mit einer sehr dünnen Goldfolie und einem Stoff, der positiv geladene Strahlung aussandte. Rutherford schoss diese positiv geladenen Strahlen auf die Goldfolie.

Entsprechend Thomsons Annahmen müsste ein Goldatom hauptsächlich aus einem **positiv geladenen Rest** bestehen“, erinnert Sinan, „in dem sich die klitzekleinen **Elektronen** verteilen.

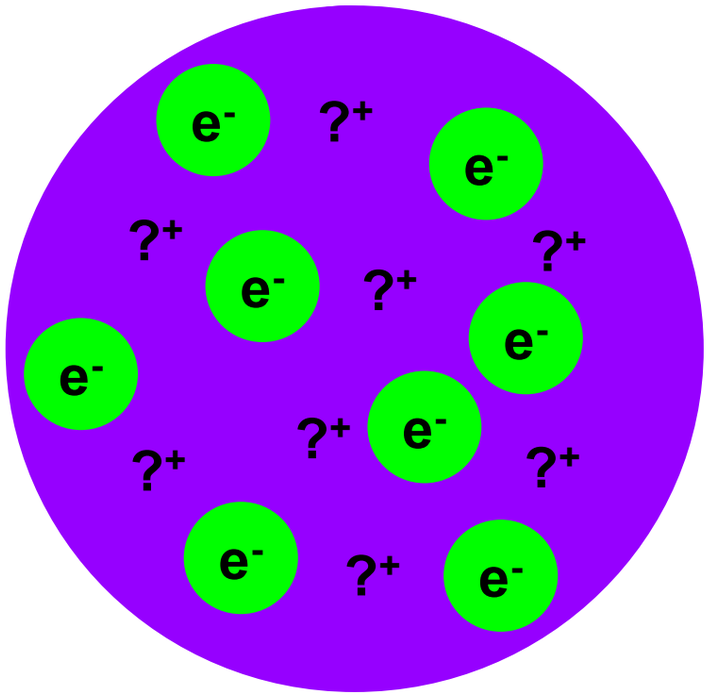


Bild 6: Goldatom im Thomsonmodell

Eine Goldfolie besteht wiederum aus Goldatomen“, fährt Sinan fort. „Und selbst eine sehr dünne Goldfolie, wie Rutherford sie verwendete, besteht nicht nur aus einer Schicht Atomen, sondern immer aus mehreren Atomschichten.“

„Aber wenn die Folie dünn ist, sind es nur wenige Atomschichten, oder?“, fragt Max dazwischen.

„Stimmt“, bestätigt Sinan.

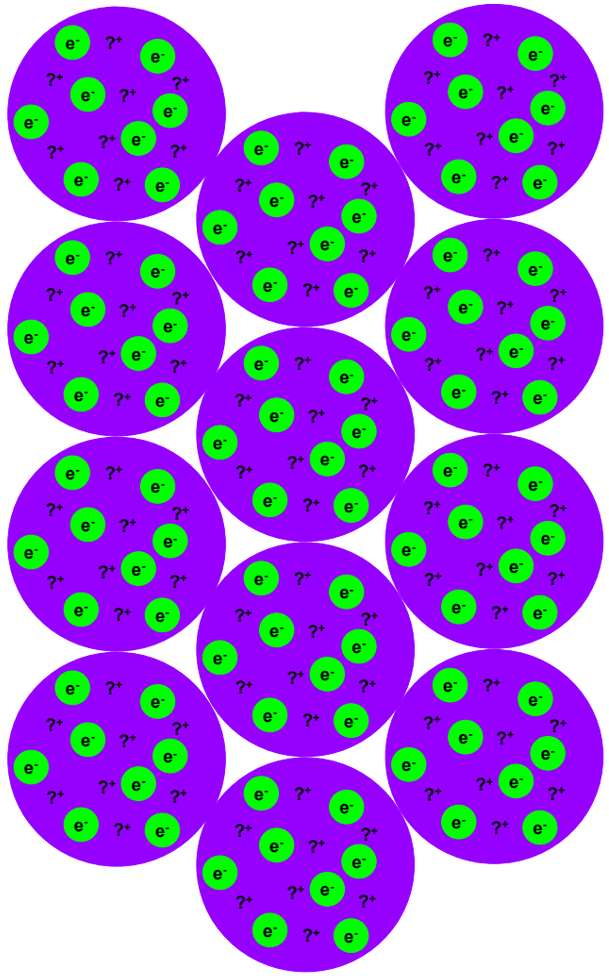


Bild 7: Goldfolie im Thomsonmodell

„Und warum ist dieser Mr. Rutherford überhaupt auf die Idee gekommen, diese positiv geladenen Strahlen auf die Goldfolie zu schießen?“, fragt Louis. „Wollte er gucken, ob die Folie kaputt geht oder was?“

„Warum sollte die kaputt gehen?“, fragt Max sofort empört nach. „Die ist doch aus Gold!“

„Rutherford wollte mehr darüber herausfinden, wo sich die positive Ladung im Atom befindet. Denn, dass es im Atom nur Elektronen und so einen positiv geladenen Teig geben sollte, konnte er sich eben nicht vorstellen. Das passte nicht zu den Ergebnissen aus anderen Versuchen“, erklärt Sinan.

„Die positiv geladenen Strahlen werden doch bestimmt auch von den positiv geladenen Teilen der Goldatome abgestoßen und fliegen dann wieder zurück“, mischt sich Merle in die Diskussion ein.

„Stimmt“, sagt Max. „Und es müssten alle Strahlen wieder von den Goldatomen abgestoßen werden, wenn da so viel positiver Teig ist.“

Sinan nickt zustimmend.

Louis sagt nichts und ärgert sich ein bisschen, dass Merle immer so schlau ist.

„Allerdings stimmt das nur, *wenn* die Atome wirklich so aufgebaut sind, wie Thomson es sich vorgestellt hat“, erläutert Sinan.

Merle wird ein bisschen rot und rutscht nervös auf ihrem Platz hin und her.

„Aber wir wissen ja gar nicht sicher, ob Thomsons Modell richtig ist“, schließt Sinan.

Fasse zusammen, welche Beobachtungen Max, Louis und Merle erwarten, bevor du weiter liest.

„Weil du es uns nicht verrätst“, brummelt Max.

„Was ist denn jetzt passiert bei diesem Versuch!“, quengelt Louis.

„Mr. Rutherford schoss eine ganze Menge positiv geladener Strahlen auf die Goldfolie“, berichtet Sinan.

„Rund um die Goldfolie herum hatte er einen Bogen aus Fotopapier gespannt. Dort, wo die positiven Strahlen auf das **Fotopapier** trafen, wurde es schwarz. Rutherford konnte also genau zeigen, wo die **positiv geladenen Strahlen**, die er auf die **Goldfolie** geschossen hat, am Ende auftrafen. Wenn ihr euch vorstellt, ihr blickt von oben auf den Versuchsaufbau, seht ihr etwa das hier:

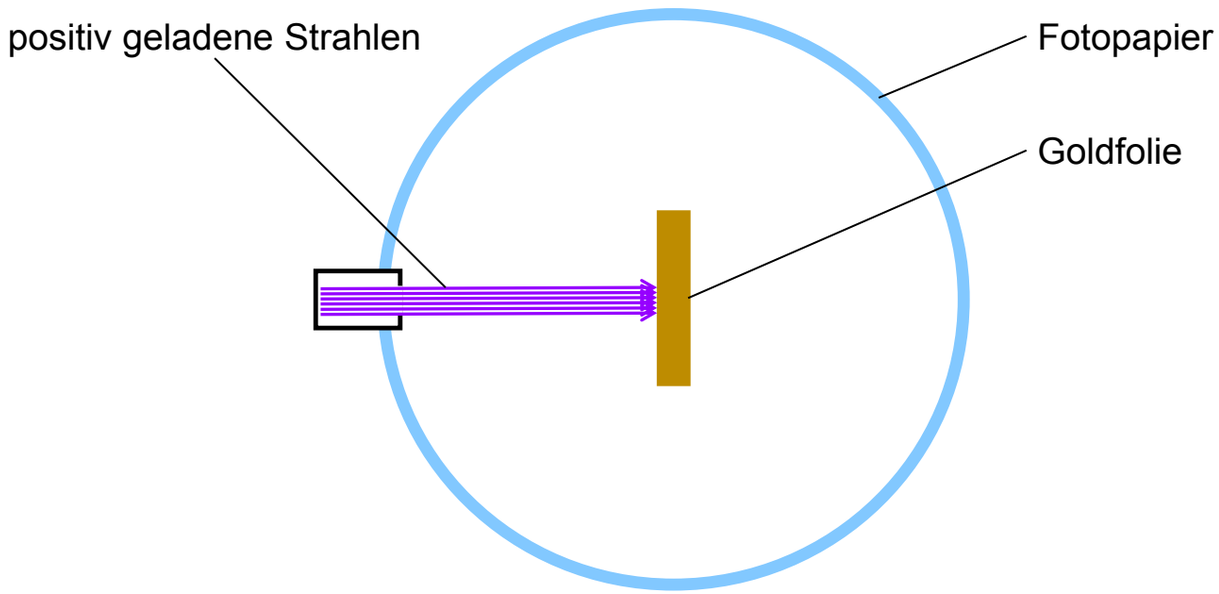
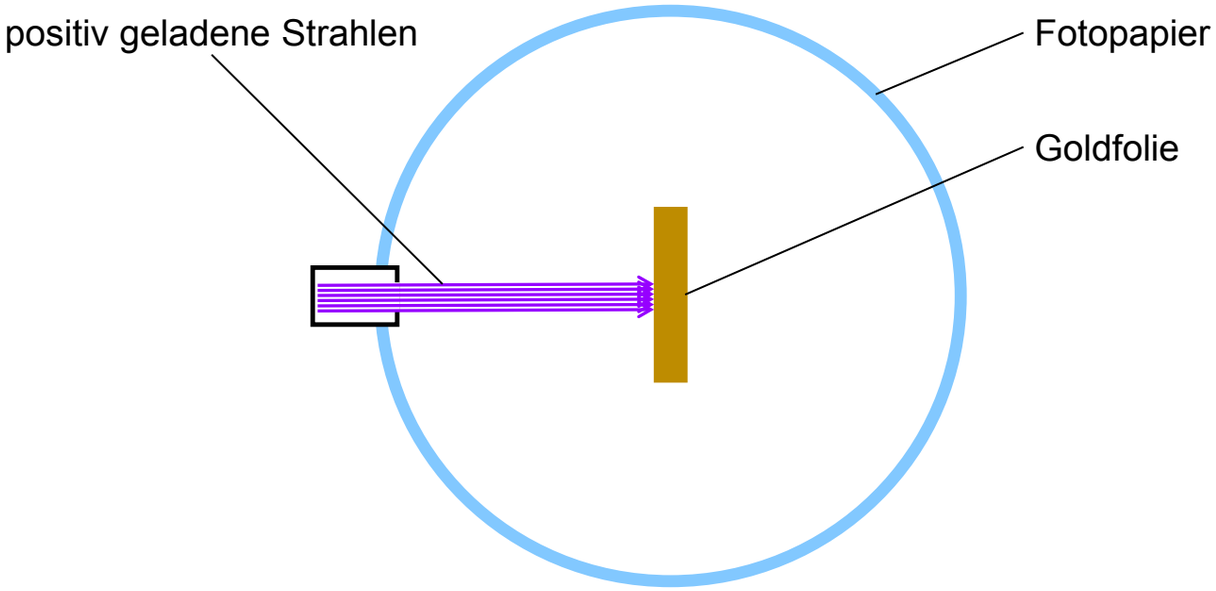


Bild 8: (von oben) Aufbau für Rutherfords Experiment

Beschreibe, wo die positiv geladenen Strahlen erwartungsgemäß auf das Fotopapier treffen müssten, bevor du weiter liest.



Nachdem er sein Experiment durchgeführt hatte, schaute er dann einfach nach, wo die Strahlen auf das Fotopapier getroffen sind“, berichtet Sinan. „Dabei fand er heraus, dass fast alle **positiv geladenen Strahlen** *hinter* der **Goldfolie** auf das **Fotopapier** trafen.“

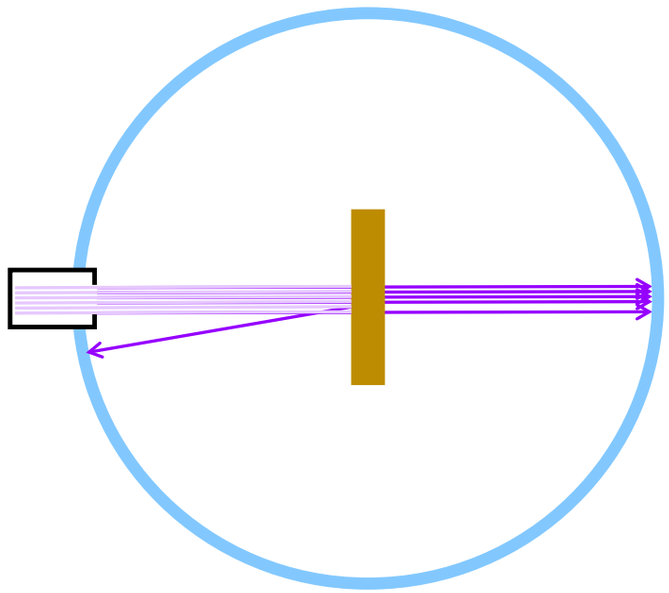


Bild 9: Rutherfords Beobachtung

„Nur der da links nicht“, sagt Louis.

„Also haben die Strahlen die Folie kaputt gemacht!“, vermutet Max.

Sinan schüttelt allerdings den Kopf: „Nein, die Folie hatte hinterher keine Einschusslöcher, sondern war völlig unbeschadet.“

Merle macht sich schon wieder hektisch Notizen. Louis und Max haben es lange aufgegeben sich Notizen zu machen und löchern lieber Sinan mit Fragen.

„Aber wie sollen denn die positiven Strahlen da durch gegangen sein, wenn die keine Löcher gemacht haben!“, fragt Louis fast ein bisschen verzweifelt.

„Vielleicht waren da so kleine Löcher, dass das gar nicht aufgefallen ist“, überlegt Max halbherzig.

„Es hat etwas mit Thomsons Modell zu tun“, setzt Sinan an.

Merle blickt kurz von ihrem Blatt auf: „Thomsons Modell ist bestimmt gar nicht richtig“, vermutet sie und schreibt dann schnell weiter.

„Zumindest lässt sich Rutherfords Beobachtung mit Thomsons Modell nicht erklären“, stimmt Sinan Merle zu. Louis und Max tauschen einen kurzen Blick und sehen dann Sinan erwartungsvoll an.

Sinan nickt zufrieden: „Durch seinen Versuch konnte Rutherford zeigen, dass die Atome nicht so aufgebaut sein können, wie Thomson es sich vorgestellt hatte. Denn wenn die Atome wirklich massive Kugeln wären, die größtenteils aus einem positiv geladenen *Teig* bestehen, hätten die positiv geladenen Strahlen niemals durch die Goldfolie hindurch gehen dürfen, sondern hätten alle abgestoßen werden müssen.“

Erläutere, warum Rutherfords Beobachtungen sich mit Thomsons Atommodell nicht erklären lassen, bevor du weiter liest.

„Und wie sind die Atome dann wirklich aufgebaut?“, fragt Louis ungeduldig.

„Lasst uns erstmal versuchen Rutherfords Beobachtung zu verstehen“, fordert Sinan sie auf. „Rutherford stellte fest, dass fast alle positiven Strahlen *hinter* der Goldfolie auf das Fotopapier treffen“, mit einem Seitenblick auf Max fügt er hinzu: „und dass die Goldfolie auch nach dem Versuch unbeschadet ist.“

„Dann müssen die positiven Strahlen ja irgendwie durch die Folie geflogen sein!“, überlegt Merle. „ … ohne dass die Folie dabei kaputt geht … “

Sinan nickt: „Wenn wir uns jetzt wieder vorstellen, dass die Goldfolie aus Atomen besteht, bedeutet das, dass es möglich sein muss, dass die positiv geladenen Teilchen durch die Atome hindurchtreten können; zumindest durch bestimmte Bereiche der Atome.“

Merle macht ein nachdenkliches Gesicht. Louis und Max sehen eher skeptisch aus.

„Wie soll das denn gehen?!“, beschwert Louis sich.

„Lasst uns mal die **positiv geladenen Strahlen** und die **Goldatome** genauer betrachten“, schlägt Sinan vor.

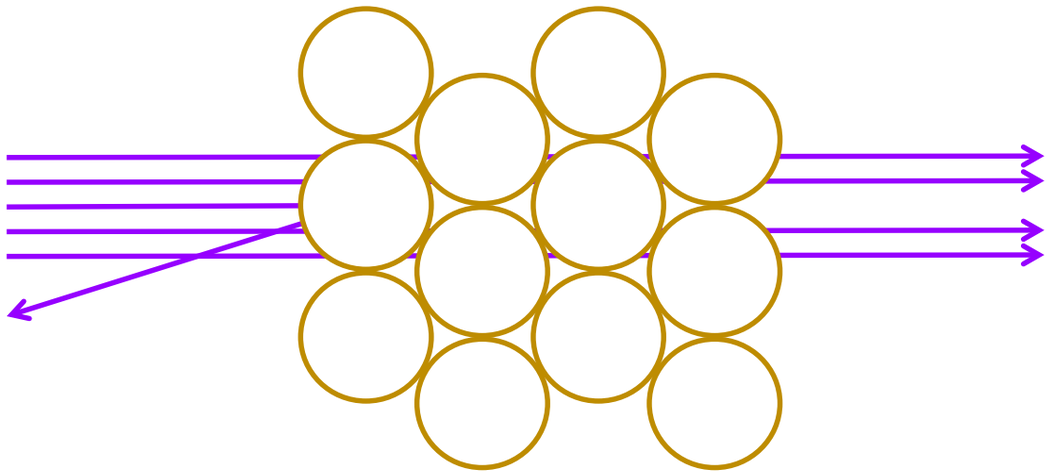


Bild 10: Rutherfords Beobachtung auf Atomebene

„Dieser **positiv geladene Strahl** muss irgendwie die **Goldfolie** durchquert haben“, erklärt Sinan und deutet auf den oberen Strahl. „Damit er von hier nach dort kommen konnte.

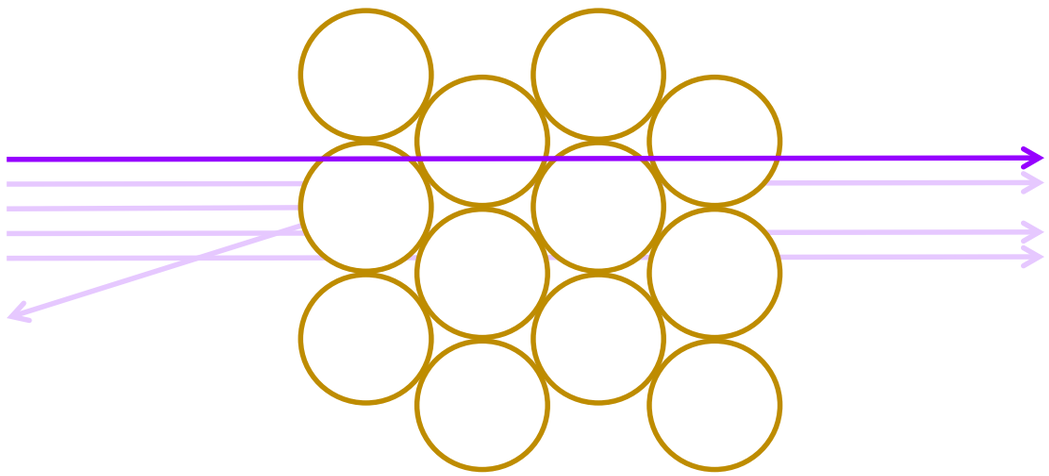


Bild 11: Weg eines positiv geladenen Strahls

„Der doch auch, oder?“, fragt Max und deutet auf einen zweiten, **positiv geladenen Strahl**.

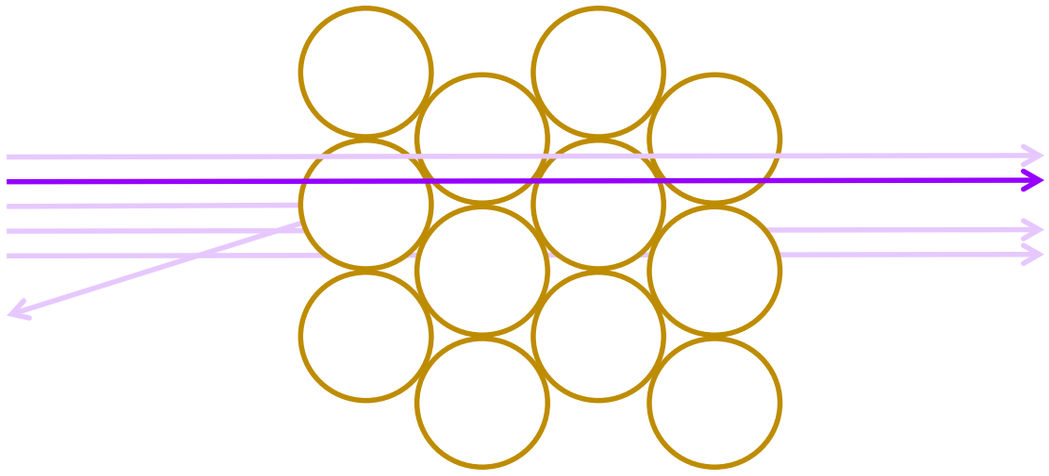


Bild 12: Weg eines zweiten, positiv geladenen Strahls

Sinan nickt.

„Eigentlich muss doch dann jeder **Strahl**, der hinter der Goldfolie auf das Fotopapier getroffen ist, durch die **Goldatome** hindurch geflogen sein, oder?“, fragt Louis.

„Genau“, bestätigt Sinan.

Merle versucht hektisch alles mitzuschreiben.

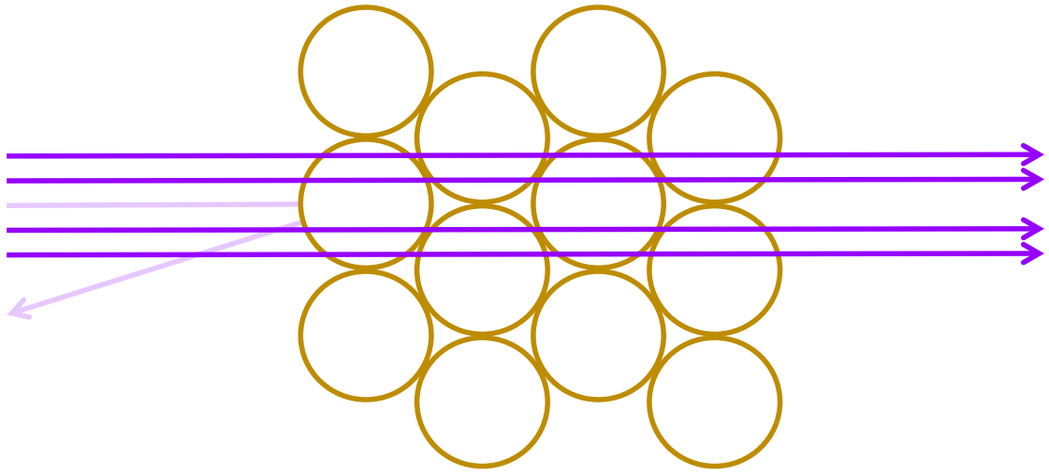


Bild 13: Weg der positiv geladenen Strahlen

„Außer der da?“, fragt Max weiter und deutet auf den **positiv geladenen Strahl**, der vor der **Goldfolie** auf das Fotopapier getroffen ist.

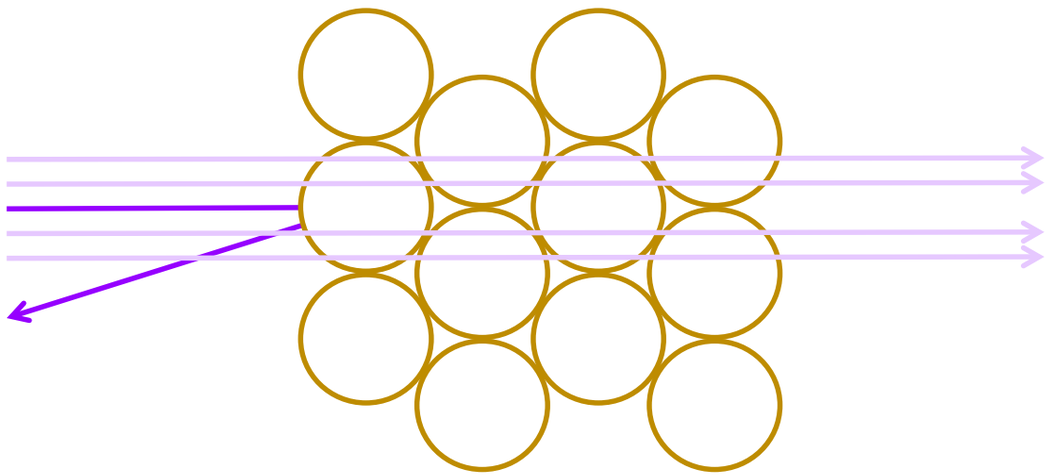


Bild 14: Weg eines positiv geladenen Strahls

„Warum soll es ausgerechnet *der* denn *nicht* geschafft haben?“, fragt Max wieder und sieht Sinan erwartungsvoll an.

„Warum haben es die anderen denn *geschafft*?!“, fragt Louis stattdessen.

„Eigentlich müssten doch alle **positiv geladenen Strahlen** von dem **positiv geladenen *Teig***, den Thomson annimmt, abgestoßen werden“, überlegt Merle und blättert dabei in ihren Notizen, „dann müssten die aber auch alle vor der Goldfolie auf dieses Fotopapier treffen.“

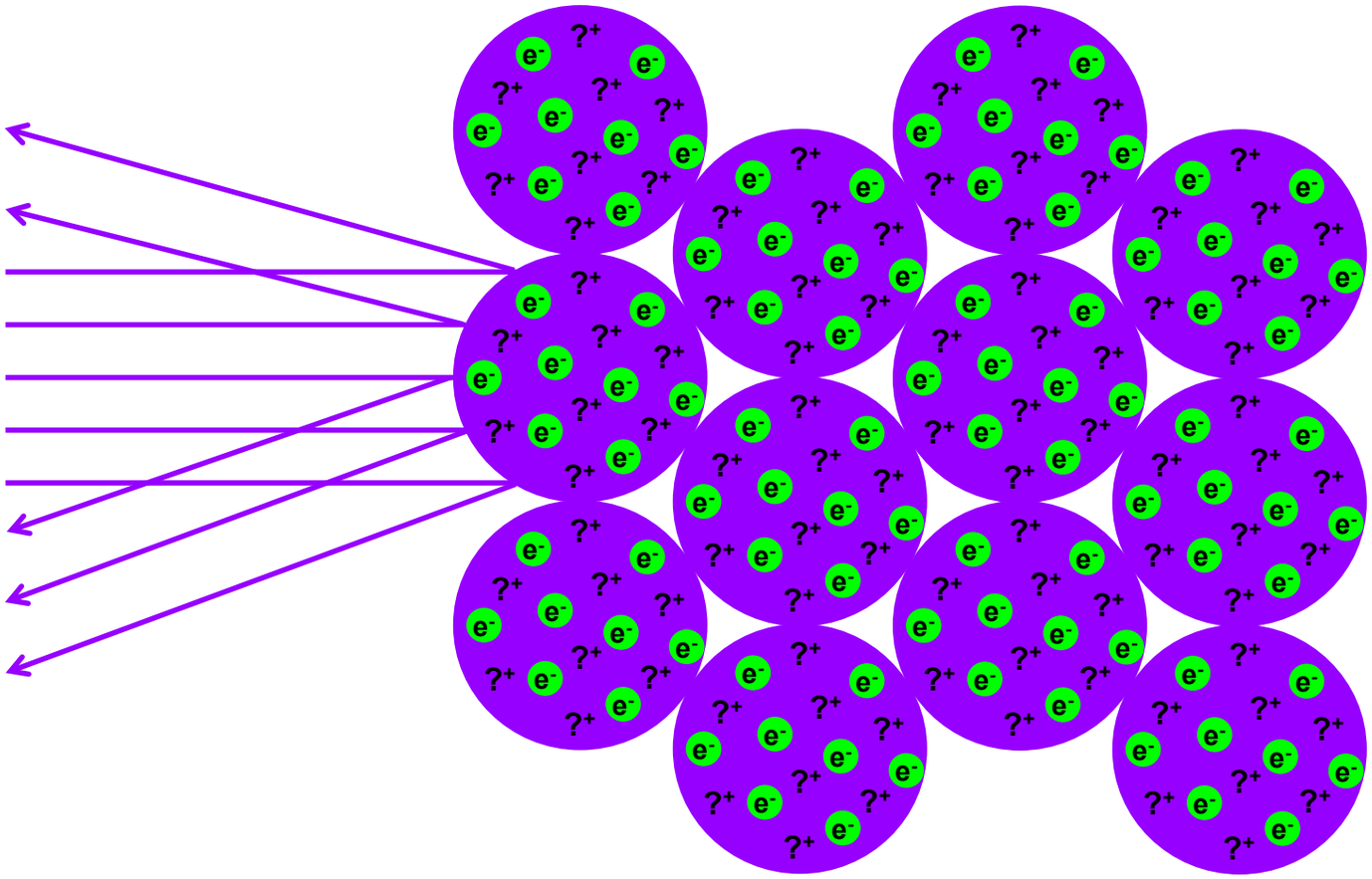


Bild 15: Rutherfords Experiment im Atommodell von Thomson

„Aber sie wurden ja nicht abgestoßen!“, beschwert Louis sich. „Irgendwie sind die ja auf die andere Seite gekommen!“

„Aber dann“, ruft Max ganz aufgeregt, „dann kann Thomson doch nicht recht gehabt haben!“

„Hab‘ ich doch eben schon gesagt“, nuschelt Merle. „Da, wo die positiv geladenen Strahlen durch die Goldfolie *hindurch* gehen, kann keine positive Ladung sein!“

Erläutere noch einmal, warum Rutherfords Beobachtungen nicht zu Thomsons Atommodell passen, bevor du weiter liest.

„Ganz genau diese Idee hatte Rutherford auch“, bestätigt Sinan. „Auf Grund seiner Beobachtungen entwickelte **Rutherford** ein eigenes **Atommodell**“, erklärt Sinan. „Er nahm an, dass die positive Ladung des Atoms sich nur in einem sehr kleinen Bereich des Atoms befinden könne. Rutherford stellte sich das Atom ein bisschen wie eine Kirsche vor: In der Mitte ist der Kern, in dem sich beim Atom die positive Ladung befindet, und außen herum das Fruchtfleisch, in diesem Bereich halten sich im Atom die Elektronen auf.

Rutherford sprach daher von einem **Atomkern**, in dem sich die **positive Ladung** befindet, und einer **Atomhülle**, die den Atomkern umgibt und in der sich die **Elektronen** aufhalten.

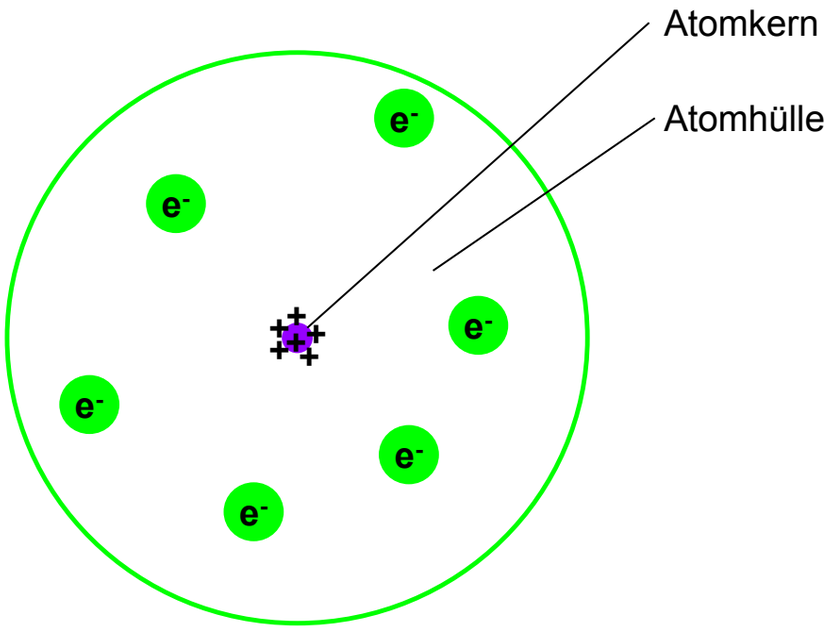


Bild 16: Atom im Rutherford Modell

Fasse alle Informationen zu Rutherfords Atommodell zusammen, bevor du weiter liest.

„Und ist das auch so?!“, fragt Max ungeduldig.

„Mit Rutherfords Modell lassen sich zumindest die Ergebnisse des Experiments erklären“, antwortet Sinan.

„Eine Goldfolie, die aus solchen Atomen aufgebaut ist“, fährt Sinan fort, „besteht in Rutherfords Modell dann aus großen Bereichen, die lediglich negative Ladungen und fast keine Masse enthalten.

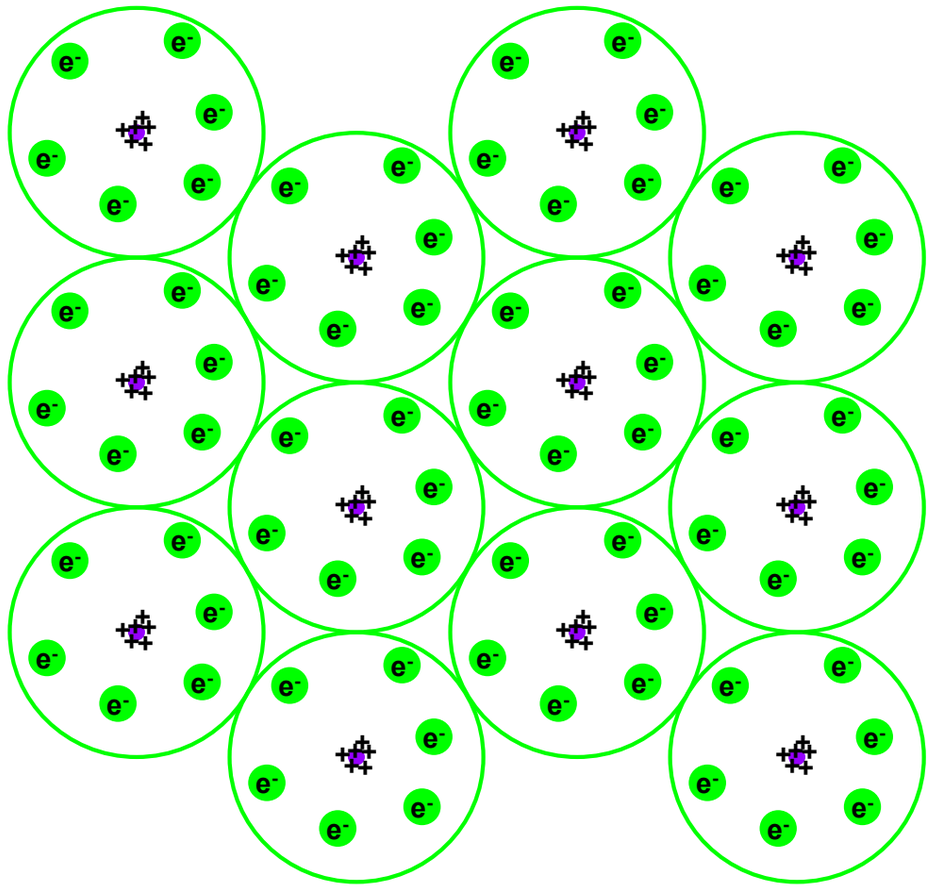


Bild 17: Goldfolie im Rutherfordmodell

Wenn wir uns jetzt wieder vorstellen, dass auf diese Folie positiv geladene Strahlen geschossen werden“, erklärt Sinan weiter, „lässt sich auch erklären, warum so viele positive Strahlen ungehindert durch die Folie hindurch gelangen konnten.“

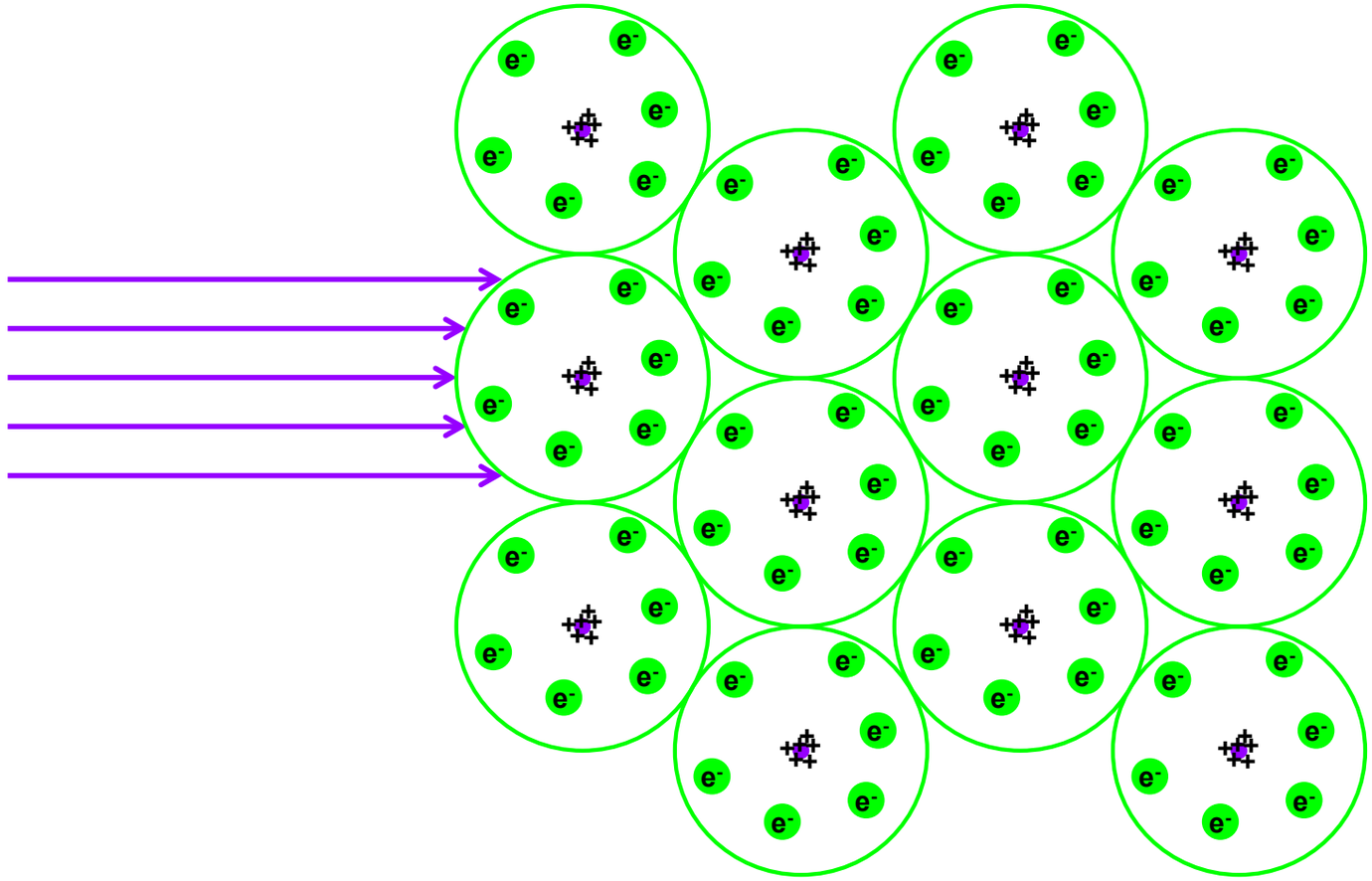


Bild 18: Rutherfords Experiment im Rutherfordmodell

„Warum denn?“, fragt Max, der noch keinen Vorteil in der neuen Vorstellung über den Aufbau der Atome sieht.

Merle schreibt schon wieder.

„Die **positiv geladenen Teilchen** werden nur dort von der Goldfolie zurückgeworfen, wo sie direkt auf **positive Ladung** treffen“, setzt Sinan an.

„Und bei Rutherfords Modell ist die positive Ladung nur im Kern“, überlegt Louis. „Und in der Atomhülle ist nur **negative Ladung**.“

„Und fast keine Masse“, ergänzt Merle.

„Also können die positiven Teilchen durch die Hüllen durch?“, fragt Max ungläubig.

„Richtig“, bestätigt Sinan und nickt.

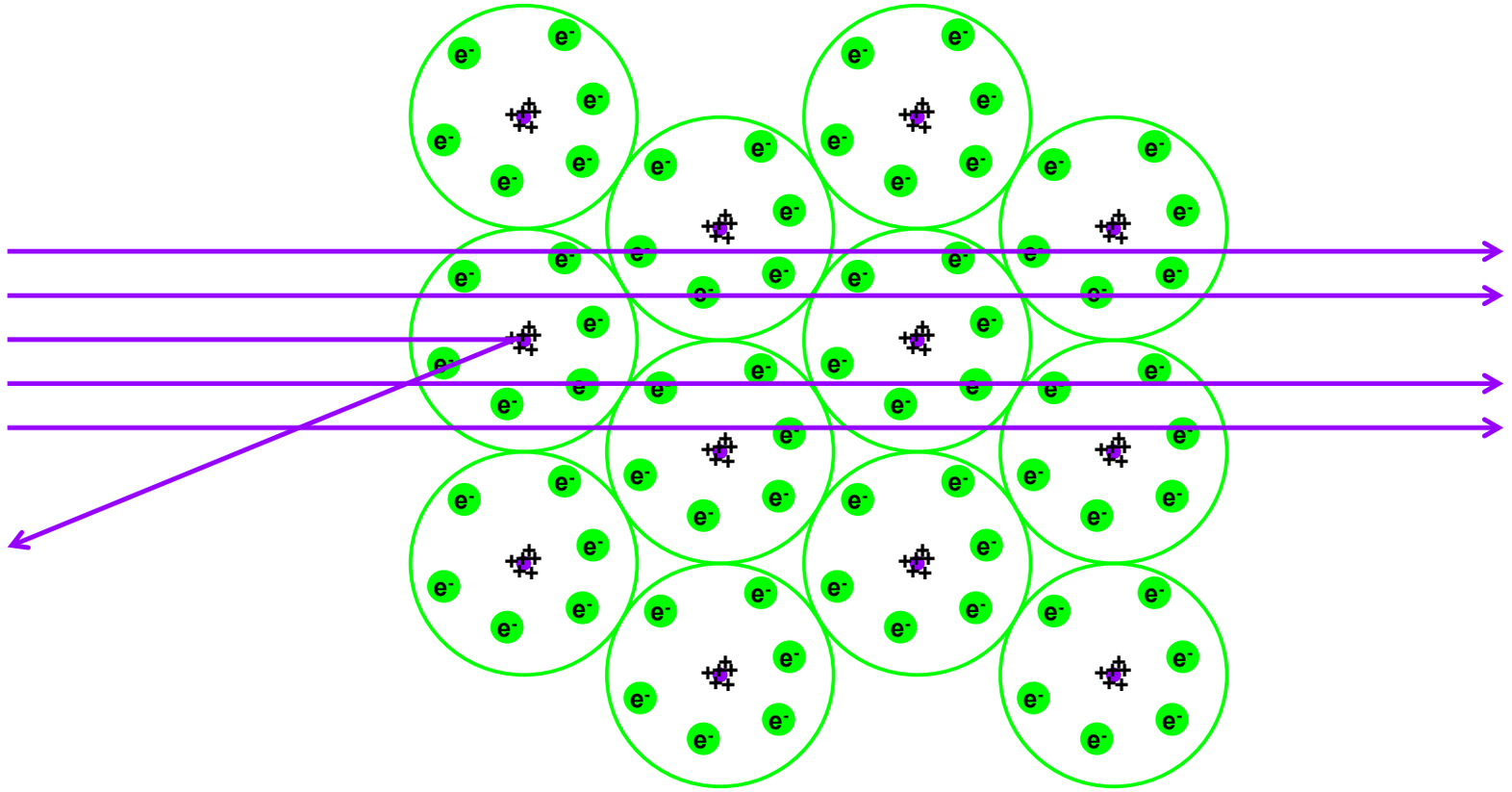


Bild 19: Weg der positiv geladenen Strahlen im Rutherfordmodell

„Ach so!“, ruft Max begeistert. „Und das hat dieser Mr. Rutherford alles rausgefunden?“

„Rutherford hat das Experiment gemacht und ein Atommodell entwickelt, mit dem sich die Beobachtungen erklären ließen“, antwortet Sinan.

„Also ein Atom besteht aus einem ganz, ganz kleinen Atomkern und einer ziemlich großen Atomhülle“, fasst Louis zusammen.

„In der Atomhülle sind die negativ geladenen Teilchen, die dieser Mr. Thomson gefunden hat“, ergänzt Max.

„Die Elektronen“, präzisiert Louis.

„Und im Atomkern ist die positive Ladung, damit das Atom insgesamt ungeladen ist“, fährt Max fort.

„Der Atomkern ist in Rutherfords Modell auch für die Masse des Atoms verantwortlich“, ergänzt Sinan. „Elektronen haben nämlich fast keine Masse.“

„Und so sind die Atome aufgebaut?“, fragt Louis. „Mit dem Kern und der Hülle?“

„Das nahm Rutherford an“, korrigiert Sinan.

„Aber es ist schon wieder gar nicht richtig, oder?“, fragt Max skeptisch.

„Oh, nein!“, jammert Louis.

„Ich denke, ihr müsst euch für heute mit Rutherfords Modell zufrieden geben“, sagt Sinan mit einem Blick auf Merle, die vor sich ein ziemliches Chaos aus hektisch beschriebenen Blättern verbreitet hat. „Und für euer Referat sollte das erst mal reichen.“

„Aber es stimmt nicht, oder?“, fragt Max schon wieder.

„Rutherfords Modell vom Aufbau der Atome ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu unserer heutigen Vorstellung zum Atombau“, wiederholt Sinan, „mit Rutherfords Modell lassen sich einige Dinge erklären; andere allerdings nicht. Daher haben sich Naturwissenschaftler auch nach ihm weiter mit der Frage nach dem Bau der Atome beschäftigt.“

„Also weißt du noch mehr, als du uns erzählt hast“, vermutet Max.

„Ja“, gesteht Sinan. „Aber das werde ich euch heute nicht mehr erzählen“, sagt er dann und steht auf.

Merle, Max und Louis bedanken sich bei ihm für seine Hilfe.

„Erzählst du es uns beim nächsten Mal?“, fragt Max, während er sich von Sinan verabschiedet.

Sinan lacht: „Vielleicht.“

TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Kugelteilchenmodell

2) Atom (Dalton)

3) Elektron

4) Atom (nach Thomson)

5) Atom (nach Rutherford)

6) Atomkern

7) Atomhülle

TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Kern-Hülle-Modell

1) **Kugelteilchenmodell:**
Modellvorstellung, in der angenommen wird, dass Stoffe aus kleinsten, kugelförmigen Teilchen bestehen.

2) **Atom (Dalton):**
Modellvorstellung, in der Atome als die kleinsten Teilchen der Materie angenommen werden. Verschiedene Elemente unterscheiden sich in ihrer Atomsorte. Atome können sich zu Molekülen verbinden.

3) **Elektron (e–):**
Negativ geladener Baustein der Atome, der fast keine Masse besitzt.

4) **Atom (nach Thomson):**
Modellvorstellung, in der davon ausgegangen wird, dass Atome aus einer positiv geladenen Masse bestehen, in die Elektronen eingebettet sind.

5) **Atom (nach Rutherford):**
Modellvorstellung, in der angenommen wird, dass Atome aus einem sehr kleinen Atomkern bestehen, in dem sich die positive Ladung und die Masse befinden. In der vergleichsweise großen Atomhülle, um den Atomkern herum, befinden sich die Elektronen.

6) **Atomkern:**
Aufenthaltsort der positiven Ladung und der Masse im Rutherford'schen Atommodell.

7) **Atomhülle:**
Aufenthaltsort der negativ geladenen Elektronen im Rutherford'schen Atommodell.



SUPER, DAS WAR TEIL I

Zum nächsten Teil:

» **TEIL II:** Protonen und Neutronen .....

» **TEIL III:** Isotope .....

» **TEIL IV:** Schalen-Modell .....

ATOMBAU

TEIL II: Protonen und Neutronen

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes kannst du wiederholen, dass es verschiedene Modelle gibt, um sich den Aufbau der Stoffe vorzustellen. Eine erste Vorstellung ist das Kugelteilchenmodell, in dem angenommen wird, dass Stoffe aus kleinsten, kugelförmigen Teilchen bestehen. Eine weitere Vorstellung ist das Atommodell von Dalton. Nach den Annahmen dieses Modells sind Atome die kleinsten Teilchen der Materie. Das Atommodell von Thomson geht davon aus, dass auch Atome aus noch kleineren Teilchen aufgebaut sind: In einer positiv geladenen Masse befinden sich negativ geladene Bausteine (Elektronen). Abschließend wiederholst du das Atommodell von Rutherford: Es beruht auf der Annahme, dass Atome aus einem sehr kleinen Atomkern bestehen, in dem sich die positive Ladung und die Masse konzentrieren. Um den Atomkern herum befinden sich die Elektronen.

Zusätzlich lernst du, dass sich im Kern der Atome positiv geladene Protonen (p^+) und ungeladene Neutronen (n^0) befinden. Im Periodensystem sind die Atome nach der Anzahl der Protonen im Atomkern angeordnet. Die Angabe über die Anzahl der Protonen wird daher als Ordnungszahl bezeichnet. Zusätzlich wird im Periodensystem die Masse des Atoms in u angegeben.

EINFÜHRUNG
BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN
TEIL II: Protonen und Neutronen

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL II: Protonen und Neutronen

Auch heute kommt Max nach der Physikstunde bei Herrn Schulte wieder schlecht gelaunt aus der Schule. Vorsichtig versucht seine Mutter während des Mittagessens herauszufinden, was vorgefallen ist. „Hast du mit deinem Lehrer über das Referat gesprochen?“, fragt sie.

In der letzten Woche hatte Max sich mit seinen Freunden Louis und Merle während der Physikstunde unterhalten und war dabei von Herrn Schulte erwischt worden. Als Strafe müssen alle drei ein Referat über den Aufbau der Atome halten.

„Ja“, brummt Max und spießt mit seiner Gabel eine Kartoffel auf. „Wir haben ihm gesagt, was wir rausgefunden haben“, berichtet Max dann, „aber er sagt, das reicht nicht!“

Max‘ Mutter macht ein besorgtes Gesicht, während Max die nächste Kartoffel massakriert.

„Er behauptet“, schimpft Max weiter, „zum Atom an sich hätten wir ja schon etwas herausgefunden, aber unsere Informationen zum Atomkern seien *nicht ausreichend*! Und dass wir das Referat besser vorbereiten müssten.“

„Vielleicht … “, setzt Max‘ Mutter vorsichtig an.

„Gleich treffe ich mich mit Merle und Louis. Wir werden *alles* über den Atomkern herausfinden!“, verkündet Max. „Und dann wird es das weltbeste Referat, das es je gegeben hat, und Herr Schulte muss uns eine Eins geben.“

Max‘ Mutter sieht immer noch ein wenig besorgt aus, sagt aber nichts. Nach einer Weile murmelt Max: „Hoffentlich hat Sinan wieder Zeit.“

Leider hat Max kein Glück. Als er bei seinen Nachbarn anruft, teilt Sinans jüngere Schwester Aylin ihm mit, dass Sinan in der Uni ist und erst spät zurückkommen wird. Ein bisschen verzweifelt ruft Max bei Louis an.

„Ihr könnt doch zu mir kommen“, bietet Louis an. „Oli ist hier, du weißt schon, die Studentin, die immer auf uns aufpasst, wenn mein Vater unterwegs ist. Sie kann uns bestimmt auch helfen.“

Max kann sich zwar nicht vorstellen, dass Olivia sich genauso gut mit den kleinsten Teilchen auskennt wie Sinan, stimmt aber trotzdem zu. Schaden kann’s ja nichts …

Einige Zeit später sitzen daher Louis, Merle und Max bei Louis zuhause im Wohnzimmer und sehen Olivia erwartungsvoll an.

„Ihr wollt also alles über den Aufbau der Atome wissen?“, fragt Olivia die drei.

„Darüber wissen wir schon einiges“, antwortet Merle.

„Über den Aufbau der Atome hat Sinan uns schon ganz viel erzählt“, sagt Max und berichtet dann: „Zuerst war da dieser Demokrit, der dachte, dass jeder Stoff sein eigenes kleinstes Teilchen hat. Das ist das **Kugelteilchenmodell**. Aber damit kann man keine chemischen Reaktionen erklären.

Deshalb forschte man weiter nach den kleinsten Teilchen“, fährt Max fort. „Irgendwann entwickelte dann Mr. **Dalton** sein **Atommodell**. Er nahm an, dass die kleinsten Teilchen, von denen Demokrit ausgegangen war, wiederum aus noch kleineren Teilchen bestanden. Diese Teilchen bezeichnete er als Atome. Er ging davon aus, dass es nur eine bestimmte Anzahl *unterschiedlicher* Atome gibt. Diese Atomsorten nennt man Elemente. Für die Elemente, die er kannte, zeichnete Mr. Dalton Kugeln und schrieb die Abkürzung für den Elementnamen hinein. Die Atome können, wenn sie fest miteinander verbunden sind, dann zusammen Moleküle bilden.“

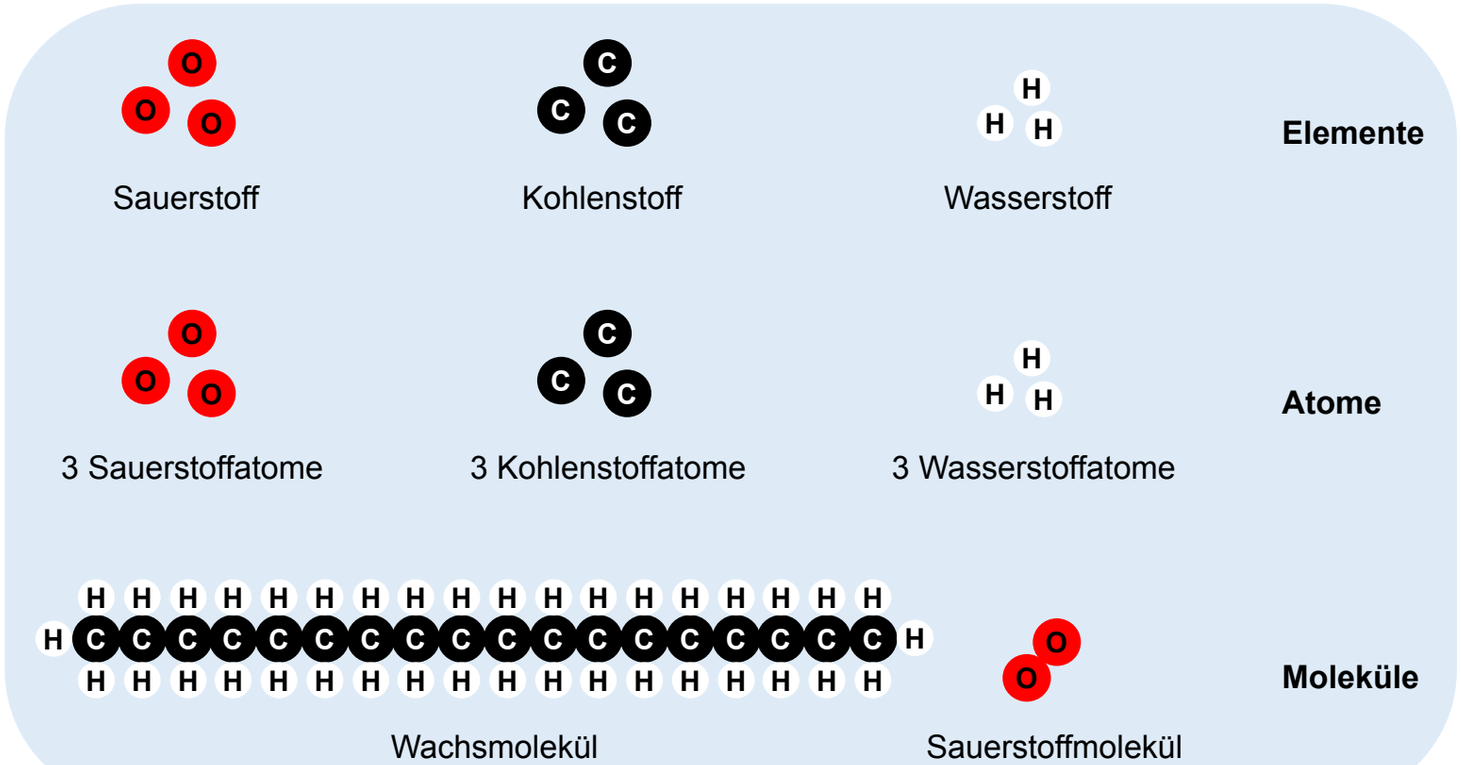


Bild 1: Übersicht über Elemente, Atome und Moleküle im Daltonmodell

„Trotzdem forschte man weiter nach den kleinsten Teilchen“, fährt Merle fort. „Mr. Thomson fand heraus, dass es ein negativ geladenes Teilchen gibt, das in allen Atomen vorkommt. Er bezeichnete es als **Elektron**.“

„Es hat fast keine Masse und wird oft mit **e**$^-$ abgekürzt“, ergänzt Louis, der das Gefühl hat, auch mal was sagen zu müssen.

„Weil das Elektron negativ geladen ist, das Atom selbst aber nicht, nahm man ab diesem Zeitpunkt an, dass Atome aus Elektronen und irgendwas positiv Geladenem bestehen müssen“, fügt Max hinzu.

„Mr. **Thomson** entwickelte sein eigenes **Atommodell**“, berichtet Louis. „Er nahm an, dass ein Atom ein bisschen wie ein Rosinenbrötchen aufgebaut ist. Die Elektronen sind die Rosinen und stecken in einer Art Teigmasse. Diese Substanz ist positiv geladen und verteilt sich um die Elektronen drum herum.“

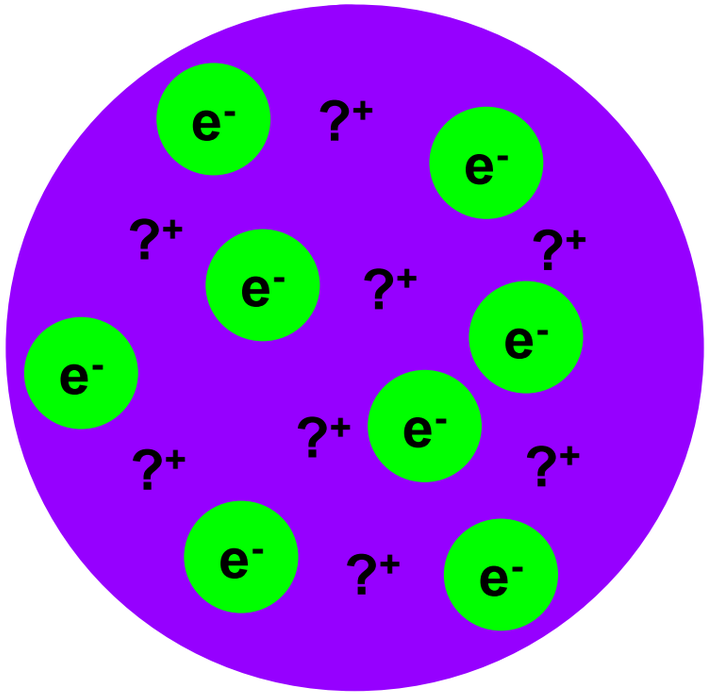


Bild 2: Atom im Thomsonmodell

„Aber Mr. Rutherford fand heraus, dass das so nicht sein kann“, sagt Merle. „Er untersuchte, was passiert, wenn man positiv geladene Strahlen auf eine Goldfolie schießt, und fand dabei heraus, dass fast alle positiv geladenen Strahlen hinter der Goldfolie landeten.“

„Obwohl die Goldfolie nicht kaputt geht!“, ergänzt Max, der sich das immer noch nur schwer vorstellen kann.

„Mr. **Rutherford** entwickelte auf Grund seiner Beobachtung ein eigenes **Atommodell**“, berichtet Louis. „Bei seinem Atommodell gibt es einen ganz, ganz kleinen **Atomkern**, in dem die positive Ladung ist, und eine riesengroße **Atomhülle**, in der die Elektronen sind.“

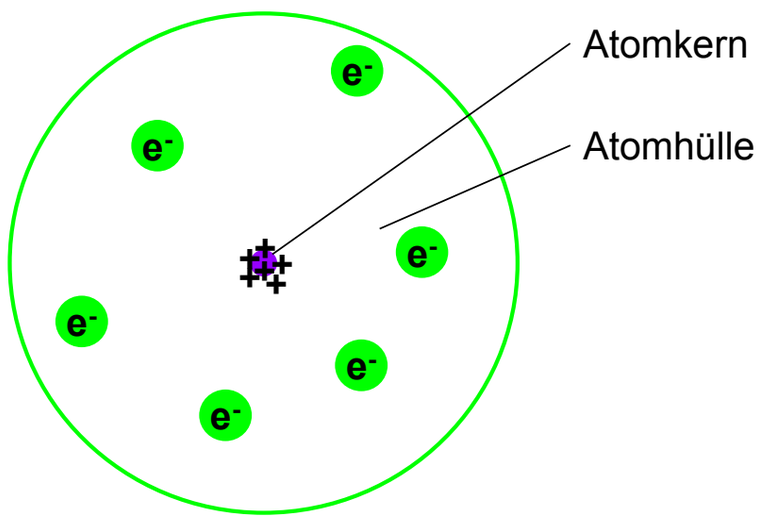


Bild 3: Atom im Rutherfordmodell

„Eigentlich ist der Atomkern im Verhältnis zur Atomhülle noch viel, viel kleiner, aber wenn man die ganzen Teilchen und ihre Abstände zueinander maßstabsgerecht darstellen wollte, könnte man ihn in der Zeichnung gar nicht mehr erkennen“, fügt Max hinzu.

„Bei seinem Experiment gingen fast alle positiven Strahlen durch die Goldfolie hindurch, weil sie von der Atomhülle nicht aufgehalten wurden“, erklärt Merle. „Nur die wenigen, positiv geladenen Strahlen, die direkt auf einen Kern trafen, wurden zurückgeworfen.“

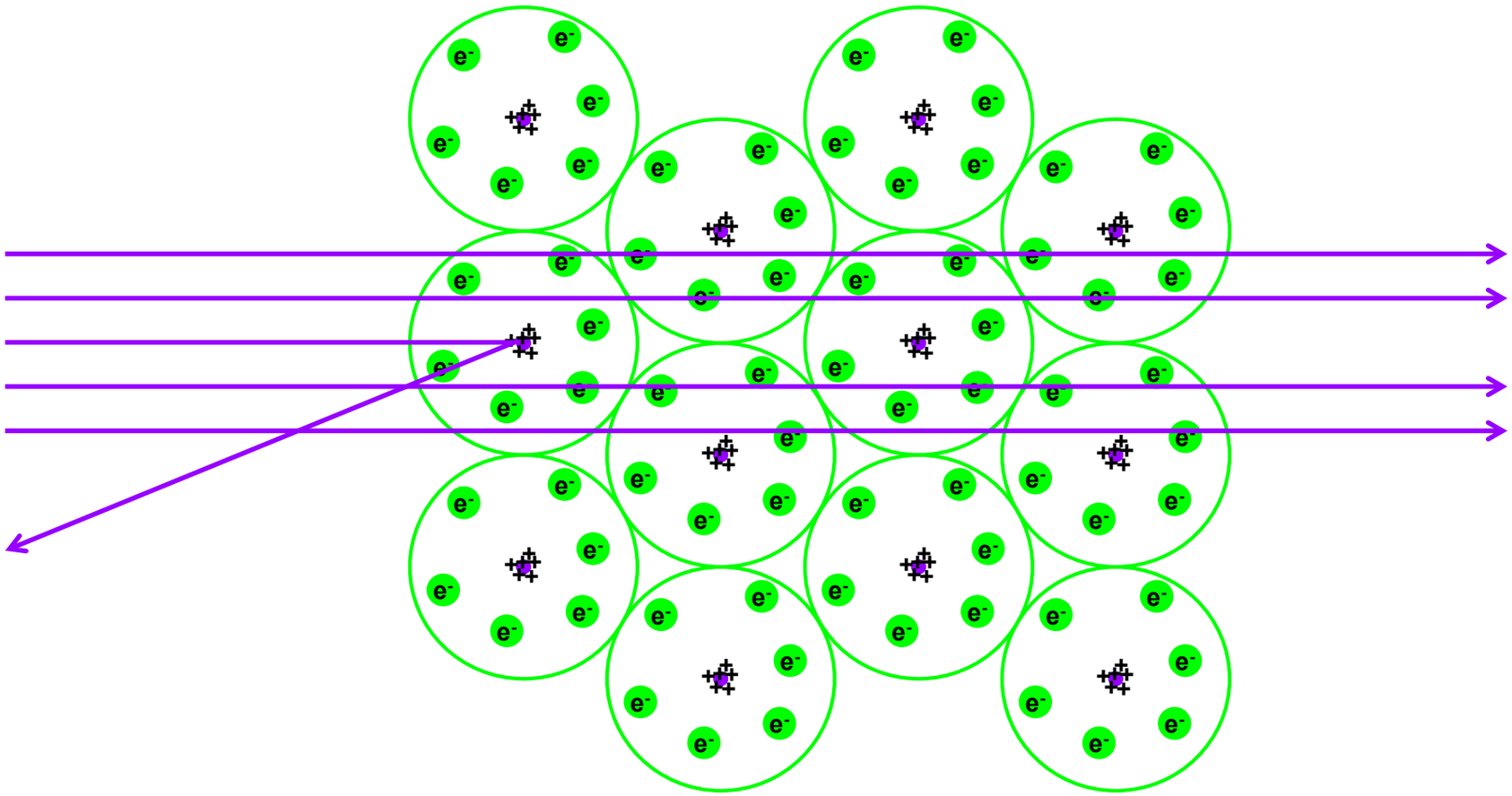


Bild 4: Auswertung des Experiments von Rutherford

„Wenn ihr das alles schon wisst“, sagt Olivia und lacht, „was soll ich euch denn dann noch erzählen?“

Max fühlt sich in seinem Verdacht bestätigt, dass Olivia sich mit Atomen nicht so wirklich gut auskennt. Trotzdem sagt er: „Herr Schulte meint, wir müssen mehr über den Atomkern herausfinden.“

„Ach so“, sagt Olivia.

„Sinan, Max‘ Nachbar“, erklärt Merle, „hat uns schon gesagt, dass es auch in den Jahren nach Rutherfords Experiment noch weitere Experimente und Theorien zum Aufbau der Atome gab.“

„Das stimmt“, bestätigt Olivia. „Dieser Sinan scheint sich ja wirklich gut auszukennen.“

„Er studiert an der Uni und wird mal Chemiker“, verkündet Max stolz.

„Was ist denn jetzt mit dem Atomkern?“, unterbricht Louis die beiden ungeduldig.

„Rutherford selbst hatte bereits einige Fragen zum Atomkern, die er mit seinem Modell nicht beantworten konnte“, erklärt Olivia. „Er glaubte zum Beispiel, dass es neben den negativ geladenen Elektronen noch kleine positiv geladene Teilchen geben müsste und dass diese sich im Atomkern befinden. Gleichzeitig hat er sich aber gefragt, wie mehrere positiv geladene Teilchen im Atomkern nebeneinander liegen können, obwohl die sich ja gegenseitig abstoßen müssten.

Das **positiv geladene Teilchen** wird **Proton** genannt und häufig mit $\mathbf{p}^+$ abgekürzt“, sagt Olivia.

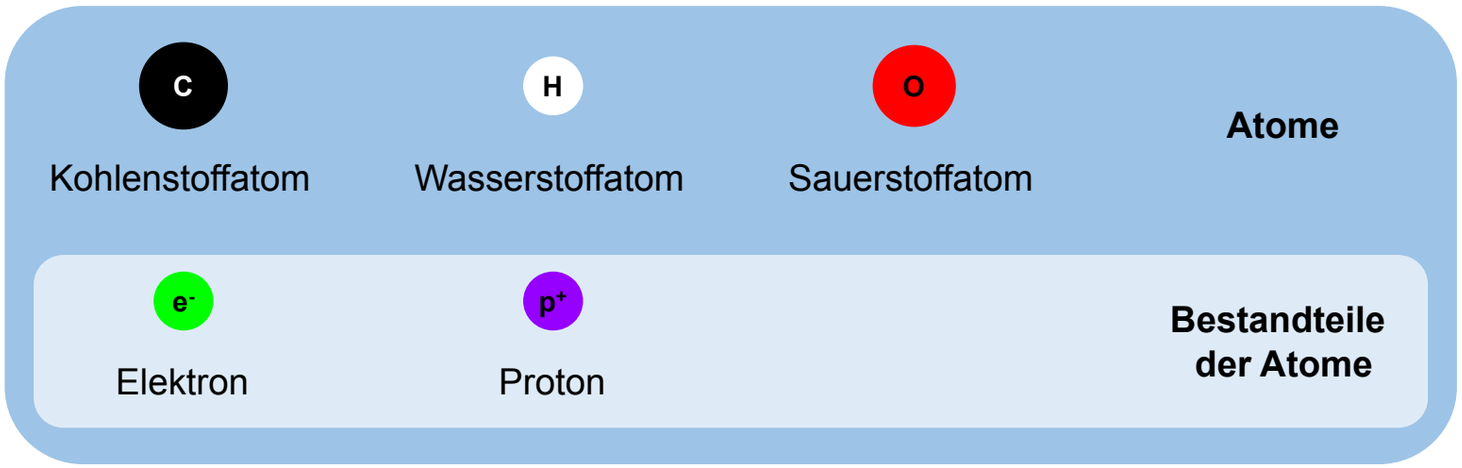


Bild 5: Übersicht über Atome und ihre Bausteine

„Aber warum müssen im Kern überhaupt mehrere … äh … Protonen sein?“, fragt Louis, obwohl er sich ein bisschen dumm vorkommt: „Reicht nicht eins?“

Darauf wissen auch Merle und Max keine Antwort, daher sehen die drei Olivia fragend an.

„Das hängt davon ab, wie viele Elektronen sich in der Atomhülle befinden“, antwortet Olivia. „Ein Atom, in dessen Atomhülle sich lediglich ein **Elektron** befindet, besitzt im Atomkern auch nur ein einziges **Proton**.“

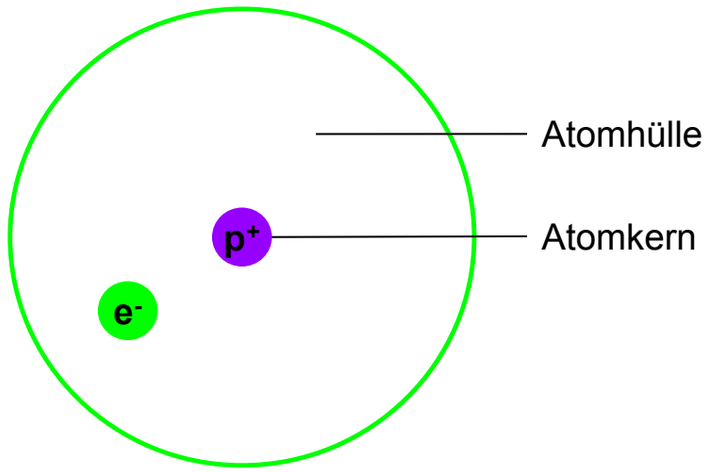


Bild 6: Aufbau eines Atoms aus einem Proton und einem Elektron

„Weil es dann ein Minus-Teilchen gibt und ein Plus-Teilchen und die beiden zusammen Null sind?“, fragt Max.

„Richtig“, bestätigt Olivia. „Das eine Elektron verfügt über eine negative Ladung, daher muss der Atomkern ein **Proton** enthalten, das mit seiner **positiven Ladung** die **negative Ladung** des **Elektrons** ausgleicht, so dass das Atom insgesamt ungeladen ist.“

ATOMBAU

TEIL II: Protonen und Neutronen

Gib an, über wie viele Protonen ein Atom, das zwei Elektronen in der Atomhülle aufweist, verfügt, bevor du weiter liest.

„Und wenn jetzt in der Atomhülle zum Beispiel zwei Elektronen wären“, schlägt Merle vor und schreibt dabei auf ihren Notizblock, „dann müssten im Atomkern auch zwei **Protonen** sein, damit die negativen Ladungen der **Elektronen** ausgeglichen werden können.

So oder?“, fragt sie dann und präsentiert den anderen ihre Überlegung.

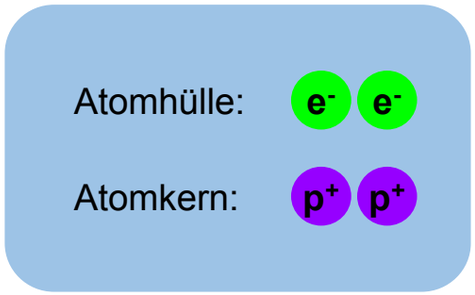


Bild 7: Bestandteile eines Atoms aus zwei Protonen und zwei Elektronen

Gib an, über wie viele Protonen ein Atom, das drei Elektronen in der Atomhülle aufweist, verfügt, bevor du weiter liest.

„Dann müsste ein Atom, das drei **Elektronen** in der Atomhülle hat, auch drei **Protonen** im Atomkern haben“, überlegt Max.

„Also, so!“, sagt Max dann und präsentiert seine eigene Liste:

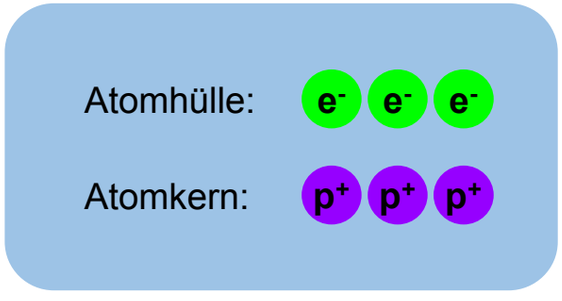


Bild 8: Bestandteile eines Atoms aus drei Protonen und drei Elektronen

Die anderen drei nicken.

„Es sind gleich viele **Elektronen** wie **Protonen**“, zählt Louis, „so dass sich die positiven und negativen Ladungen ausgleichen.“

„Und ein Atom mit vier Elektronen hat dann auch vier Protonen“, überlegt Max weiter.

„Und das nächst dickere Atom hat dann von beidem fünf“, überlegt Louis.

„Und dann sechs“, fährt Max fort.

„Und dann immer so weiter?“, fragt Louis.

Olivia nickt. „Dann geht es eine ganze Weile so weiter.“

„Aber jetzt müssten ja doch mehrere Protonen im Kern ganz dicht zusammen sein“, gibt Max zu bedenken. „Ich dachte, Mr. Rutherford ging davon aus, dass das nicht geht! Stoßen die sich jetzt ab oder nicht?“

„Mr. Rutherford nahm an, dass sich in einem Atomkern nicht *nur* mehrere Protonen aufhalten können. Er ging in seinem Modell daher davon aus, dass ein Atom aus einem Atomkern besteht, in dem sich die **Protonen** und **Teilchen ohne Ladung** aufhalten, und einer Atomhülle, in der sich die **Elektronen** aufhalten.

Wir müssen unsere Listen deswegen um eine weitere Sorte Kernteilchen ergänzen.

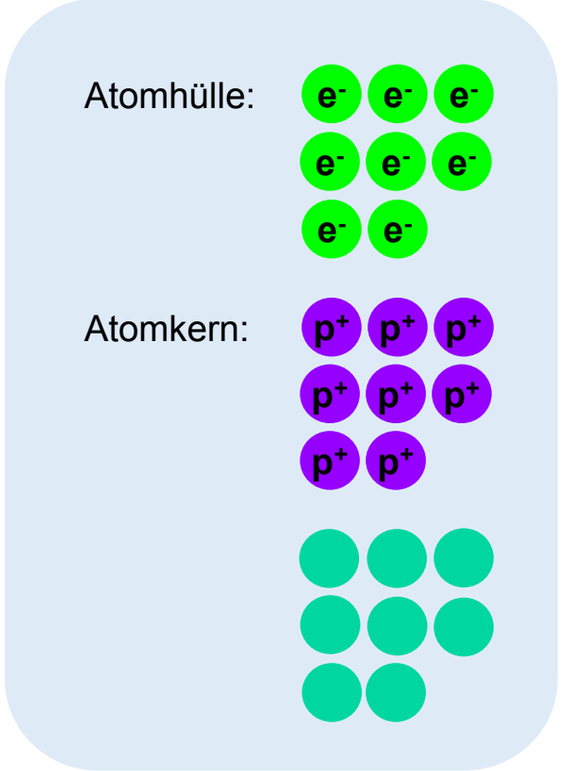


Bild 9: Bestandteile eines Atoms im Rutherfordmodell

Das **Teilchen ohne Ladung** wird **Neutron** genannt und häufig mit $\mathbf{n^0}$ abgekürzt.

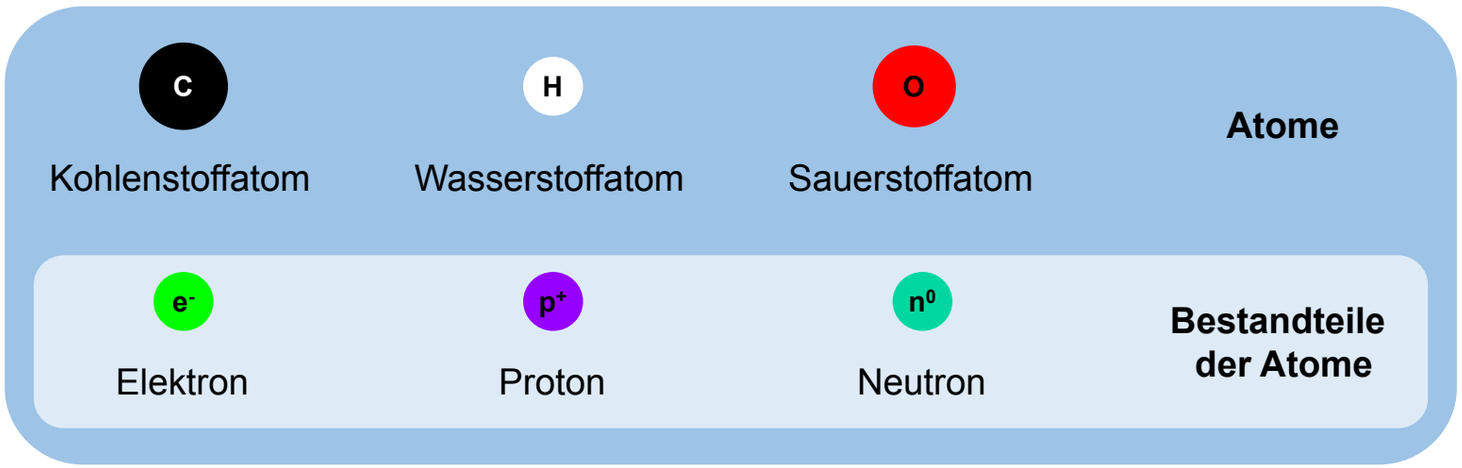


Bild 10: Übersicht über Atome und ihre Bausteine

Wenn wir uns jetzt vorstellen, wie ein Atom aufgebaut ist, mit all den Bestandteilen von unserer Liste“, erklärt Olivia, „sieht es etwa so aus:“

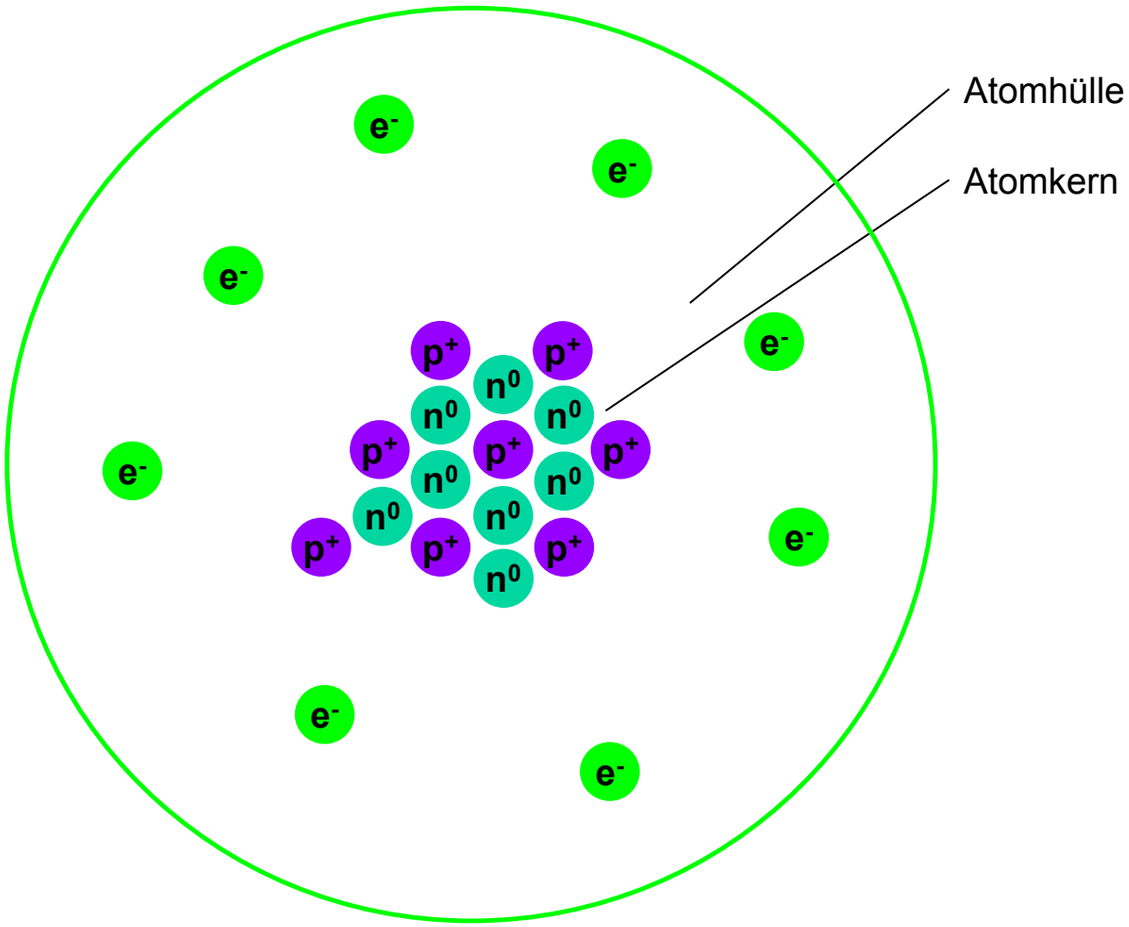


Bild 11: Atom im Rutherfordmodell

„Aber warum denn Teilchen ohne Ladung?“, fragt Louis.

„Weil Teilchen mit gleicher Ladung sich doch abstoßen“, erklärt Merle. „Wenn im Kern nur ganz viele positiv geladene Teilchen … diese Protonen … wären, würden die nicht zusammen bleiben, sondern auseinander rollen … oder fliegen … oder so.“

„Weil die die gleiche Ladung haben?“, fragt Louis noch mal nach.

Max und Merle nicken kräftig.

„Auch wenn man Protonen und Neutronen noch nicht direkt nachgewiesen hatte, nahm man zu Zeiten von Mr. Rutherford an, dass es diese beiden Kernteilchen geben müsste“, fährt Olivia fort.

Erläutere, warum Rutherford annahm, dass der Atomkern auch ungeladene Teilchen enthalten müsse, bevor du weiter liest.

„Wenn wir das Periodensystem der Elemente betrachten“, fährt Olivia fort, „finden wir ganz oben links, als erstes Element Wasserstoff. Das **Elementsymbol** für Wasserstoff ist ein großes **H**.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 12: Periodensystem

Das Wasserstoffatom ist das kleinste und leichteste Atom."

„Weil es nur ein Elektron und ein Proton hat?", quasselt Max dazwischen.

Olivia nickt. „Im Periodensystem wird neben dem Elementsymbol auch immer die Anzahl der Protonen angegeben. Das ist die Zahl links über dem Elementsymbol.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 13: Periodensystem

„Und deswegen steht da bei Wasserstoff eine eins", überlegt Louis.

„Weil die Atome im Periodensystem gemäß der Anzahl der Protonen im Kern angeordnet sind“, erklärt Olivia weiter, „nennen die Chemiker die Protonenanzahl auch **Ordnungszahl**.“

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 14: Ordnungszahl im Periodensystem

Gib an, nach welchem Prinzip die Atome im Periodensystem angeordnet sind, bevor du weiter liest.

„Weil man die Atome danach geordnet hat, wie viele Protonen sie haben?“, fragt Merle nach.

Olivia nickt.

„Erst Wasserstoff mit eins, dann Helium mit zwei, dann Lithium mit drei, dann Beryllium mit vier, und so weiter“, liest Louis vor und stottert ein bisschen bei den Elementnamen.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 15: Ordnungszahlen im Periodensystem

„Außerdem wird im Periodensystem noch die Masse eines Atoms angegeben“, erklärt Olivia.

„Also wie schwer ein Atom ist“, sagt Max.

„Mr. Dalton, den ihr vorhin schon erwähnt habt“, fährt Olivia fort, „hat die Masse der unterschiedlichen Atome bestimmt. Weil Atome aber so winzig sind, kann man ihre Masse natürlich nicht in Gramm oder Kilogramm angeben. Deswegen benutzte Dalton dafür eine eigene Einheit: die atomare Masseneinheit **Unit**. Man kürzt sie mit einem kleinen **u** ab, so wie wir sonst auch g für Gramm schreiben oder m für Meter.

Die **Atommasse** in u wird im Periodensystem links unter dem Elementnamen angegeben.“

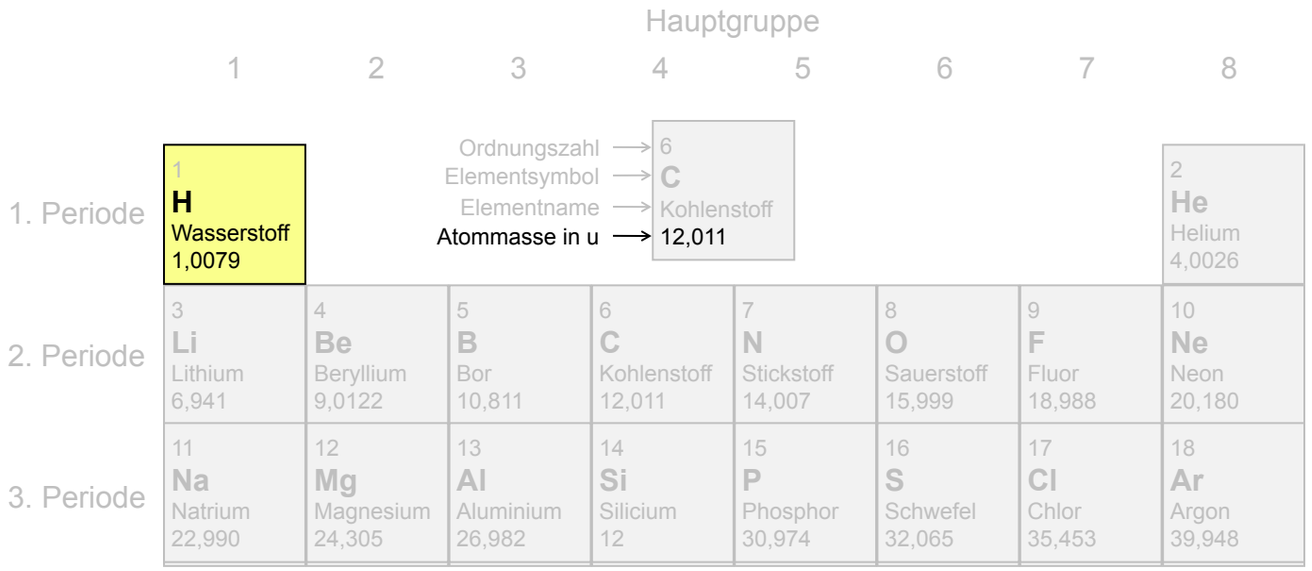


Bild 16: Atommasse im Periodensystem

„Also wiegt ein Wasserstoffatom einskommanullnullsiebenneun u“, liest Louis ab.

„Warum ist das Heliumatom denn so schwer?“, fragt Merle und deutet auf die 4,0026 u, die für Helium angegeben werden. „Wenn ein Wasserstoffatom 1,0079 u wiegt, müsste ein Heliumatom doch das Doppelte wiegen, weil es ja zwei Protonen und zwei Elektronen hat! Bei der Ordnungszahl steht ja auch zwei. Trotzdem wiegt es aber eher … ähm … das Vierfache!“

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 17: Periodensystem

„Man weiß, dass ein Proton ungefähr 1 u wiegt“, setzt Olivia an.

„Sinan hat gesagt, dass das Elektron fast nichts wiegt“, quasselt Max dazwischen.

„Genau“, sagt Olivia und nickt zustimmend, „ein **Elektron** hat fast keine eigene Masse. Erst knapp zweitausend Elektronen zusammen hätten das gleiche Gewicht wie ein Proton. Daher macht beim Wasserstoffatom das eine Proton im Kern eigentlich die gesamte Masse aus.“

„Weil das **Proton** knapp 1 u wiegt, wiegt dann auch das Wasserstoffatom etwa 1 u“, ruft Louis begeistert.

Bestandteile des Wasserstoffatoms	1 e^-	fast keine Masse
	1 p^+	≈ 1 u
		≈ 1 u
Masse des Wasserstoffatoms		1,0079 u

Bild 18: Berechnung der Atommasse eines Wasserstoffatoms

Olivia nickt wieder.

„Aber dann müsste das Heliumatom doch in etwa 2 u wiegen“, sagt Merle. „Weil es zwei Protonen hat!“

„Stimmt“, sagt Louis verwundert und kontrolliert noch mal im Periodensystem die Masse für ein Heliumatom. Aber da steht in Wirklichkeit: 4,0026 u …

„Aber warum ist das Heliumatom dann so schwer?“, wiederholt Max nachdenklich Merles Frage.

„Vielleicht wegen dieser anderen … dieser ungeladenen Teilchen … “, überlegt Louis.

„Neutronen“, korrigiert Merle wieder.

„Was wiegt denn so ein Neutron?“, fragt Max Olivia.

„Ein Neutron wiegt in etwa so viel wie das Proton, also auch ungefähr 1 u“, erklärt Olivia. „Ihr könnt euch ein Neutron ein bisschen vorstellen, wie ein Teilchen, das entstünde, wenn ein Proton und ein Elektron sich verbinden.“

„Deswegen ist es ungeladen?“, fragt Max. „Weil das Plus und das Minus sich ausgelöscht haben?“

„Und weil das Elektron nichts wiegt … also fast nichts“, korrigiert sich Louis nach einem Blick auf Merles Notizen, „wiegt ein Neutron etwa so viel wie ein Proton.“

Olivia nickt.

„Ach so!“, ruft Merle, nachdem sie einen Satz zu Ende gekritzelt hat. „Wenn ein Heliumatom zwei **Protonen** hat, die beide 1 u wiegen, dann muss es noch zwei **Neutronen** haben, die auch jeweils 1 u wiegen, und deswegen wiegt das Heliumatom dann 4 u!“

Olivia nickt.

Bestandteile des Heliumatoms	2 e^-	fast keine Masse
	2 p^+	2 x ≈ 1 u
	2 n^0	2 x ≈ 1 u
		≈ 4 u
Masse des Heliumatoms		4,0026 u

Bild 19: Berechnung der Atommasse eines Heliumatoms

Erläutere, wie sich die Masse des Heliumatoms zusammensetzt, bevor du weiter liest.

„Und das nächste, dieses Lithium … “, überlegt Louis, „das hat drei Protonen und wiegt sechskommaneunviereins u … “

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 H Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → C Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 He Helium 4,0026
2. Periode	3 Li Lithium 6,941	4 Be Beryllium 9,0122	5 B Bor 10,811	6 C Kohlenstoff 12,011	7 N Stickstoff 14,007	8 O Sauerstoff 15,999	9 F Fluor 18,988	10 Ne Neon 20,180
3. Periode	11 Na Natrium 22,990	12 Mg Magnesium 24,305	13 Al Aluminium 26,982	14 Si Silicium 12	15 P Phosphor 30,974	16 S Schwefel 32,065	17 Cl Chlor 35,453	18 Ar Argon 39,948

Bild 20: Periodensystem mit Atommasse des Lithiumatoms

Entscheide, wie viele Neutronen ein Lithiumatom hat, bevor du weiter liest.

„Die drei **Elektronen** wiegen nix … , beziehungsweise fast nix … die drei **Protonen** wiegen jeweils 1 u, also 3 u“, rechnet Max. „Und die **Neutronen** … die wiegen auch jeweils 1 u … und fast 4 u fehlen noch … also insgesamt vier Neutronen … damit das Lithiumatom dann insgesamt fast 7 u wiegt!“

Bestandteile des Lithiumatoms	3 e^-	fast keine Masse
	3 p^+	3 x ≈ 1 u
	4 n^0	4 x ≈ 1 u
		≈ 7 u
Masse des Lithiumatoms		6,941 u

Bild 21: Berechnung der Atommasse eines Lithiumatoms

„Richtig“, bestätigt Olivia.

Fasse alle Informationen über die Teilchen, aus denen die Atome aufgebaut sind, zusammen, bevor du weiter liest.

„Dann wissen wir doch jetzt alles über den Atomkern, oder?“, fragt Louis. „Der Kern besteht aus Protonen und Neutronen. Die Protonen sind positiv geladen und die Neutronen sind nicht geladen.

Die Neutronen halten die Protonen zusammen und deswegen können die sich nicht gegenseitig abstoßen.“

„Ein Proton und ein Neutron wiegen jeweils ungefähr 1 u und zusammen machen sie die Masse des Atoms aus“, ergänzt Merle. „Weil: Die Elektronen wiegen fast nichts.“

„Und im Periodensystem sind die Elemente nach der Anzahl der Protonen sortiert“, fügt Max hinzu. „Das gibt die Ordnungszahl an. Die andere Zahl sagt, wie schwer das Atom ist.“

„Und mit den beiden Zahlen … der Ordnungszahl … und der Atommasse … kann man berechnen, wie viele Neutronen das Atom hat“, ergänzt Louis.

Zufrieden sehen die drei sich an.

„Wir haben also gerade festgestellt, dass die Atome unterschiedlicher Elemente unterschiedlich aufgebaut sind“, fasst Olivia zusammen.

Erkläre, wie sich die Atome der unterschiedlichen Elemente im Aufbau unterscheiden, bevor du weiter liest.

„Wie meinst du das?“, fragt Louis.

„Ein Wasserstoffatom ist ein Wasserstoffatom, weil sein Kern ein Proton enthält“, erläutert Olivia. „Sobald der Kern zwei Protonen enthält, ist es kein Wasserstoffatom mehr … “

„ … sondern ein Heliumatom“, sagt Louis.

„Und ein Atom mit drei Protonen ist ein Lithiumatom“, fährt Olivia fort.

„Also haben alle Wasserstoffatome ein Proton und alle Heliumatome zwei Protonen und alle Lithiumatome drei Protonen“, notiert Merle.

„Und wenn sie ein Proton mehr haben, sind sie ein Atom von einem anderen Element“, wiederholt Louis noch mal.

„Richtig“, bestätigt Olivia.

„Aha“, macht Louis.

„Und das ist alles, was man über den Atomkern wissen muss?“, fragt Max.

„Ich würde vorschlagen, dass ihr euch für heute damit zufrieden gebt“, schlägt Olivia vor. „Morgen könnte ich euch dann noch etwas mehr über den Atomkern erzählen, wenn ihr möchtet.“

„Also weißt du noch mehr!“, ruft Max. „Olivia scheint ja doch Ahnung von Atomen zu haben“, überlegt er im Stillen. „Obwohl Sinan wahrscheinlich noch mehr weiß … “

Olivia nickt: „Ja, ein bisschen mehr weiß ich schon noch über den Atomkern. Aber das werde ich euch erst morgen erklären“, sagt sie bestimmt. „Es ist ja schon ziemlich spät und Louis muss noch seine Englischhausaufgaben für morgen machen.“

Louis rutscht unbehaglich auf dem Sofa rum. „Das kann ich ja auch noch später machen“, nuschelt er halbherzig.

„Ich muss auch noch Englischhausaufgaben machen“, sagt Merle und wird ein bisschen rot.

Ein bisschen unzufrieden verabschiedet Max sich daher kurze Zeit später von Olivia, Louis und Merle. Eigentlich will er nicht bis morgen warten, bis er mehr über den Atomkern erfährt.

„Sinan hätte uns bestimmt direkt alles erklärt“, denkt er, während er auf sein Fahrrad steigt und nach Hause fährt.

TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: Protonen und Neutronen

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Proton

2) Neutron

3) Elementsymbol

4) Ordnungszahl

5) Atommasse

6) Unit

TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: Protonen und Neutronen

1) **Proton (p^+):**
   positiv geladener Baustein des Atomkerns.

2) **Neutron (n^0):**
   ungeladener Baustein des Atomkerns.

3) **Elementsymbol:**
   Abkürzung aus ein oder zwei Buchstaben, die in der Chemie für die Elemente steht.

4) **Ordnungszahl:**
   Gibt die Anzahl der Protonen im Atomkern eines Elements an.

5) **Atommasse:**
   Angabe der Masse eines Atoms eines Elements.

6) **Unit (u):**
   Einheit für die Angabe der Atommasse.



SUPER, DAS WAR TEIL II

Zum nächsten Teil:

- **TEIL III:** Isotope
- **TEIL IV:** Schalen-Modell

ATOMBAU

TEIL III: Isotope

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes kannst du wiederholen, dass es verschiedene Modelle gibt, um sich den Aufbau der Stoffe vorzustellen. Eine erste Vorstellung ist das Kugelteilchenmodell, in dem angenommen wird, dass Stoffe aus kleinsten, kugelförmigen Teilchen bestehen. Eine weitere Vorstellung ist das Atommodell von Dalton. Nach den Annahmen dieses Modells sind Atome die kleinsten Teilchen der Materie. Das Atommodell von Thomson geht davon aus, dass auch Atome aus noch kleineren Teilchen aufgebaut sind: In einer positiv geladenen Masse befinden sich negativ geladene Bausteine (Elektronen). Anschließend wiederholst du das Atommodell von Rutherford: Es beruht auf der Annahme, dass Atome aus einem sehr kleinen Atomkern bestehen, in dem sich die positive Ladung und die Masse konzentrieren. Im Atomkern befinden sich positiv geladene Protonen (p^+) und ungeladene Neutronen (n^0). Im Periodensystem sind die Atome nach der Anzahl der Protonen im Atomkern angeordnet. Die Angabe über die Anzahl der Protonen wird daher als Ordnungszahl bezeichnet. Zusätzlich wird im Periodensystem die Masse des Atoms in u angegeben. Um den Atomkern herum – in der Atomhülle – befinden sich die Elektronen.

Außerdem lernst du, dass Isotope Atome eines Elements sind, die sich lediglich in der Anzahl der Neutronen unterscheiden.

EINFÜHRUNG
BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN
TEIL III: Isotope

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL III: Isotope

Am nächsten Tag sind Max, Louis und Merle erneut bei Louis verabredet, um von Olivia noch mehr über den Atomkern zu erfahren. Max ist immer noch wild entschlossen alles über den Aufbau der Atome herauszufinden und seinen Physiklehrer Herrn Schulte mit dem Referat zu beeindrucken.

Während er mit dem Fahrrad zu Louis fährt, geht er im Kopf noch einmal alles durch, was er bereits über den Aufbau der Atome erfahren hat:

ATOMBAU

TEIL III: Isotope

Zunächst hat dieser Demokrit das Kugelteilchenmodell entwickelt. Es besagt, dass jeder Stoff sein eigenes kleinstes Teilchen hat. Leider kann man mit dem **Kugelteilchenmodell** chemische Reaktionen nicht erklären.

Danach kam das **Atommodell** von **Dalton**. Dalton nahm an, dass es noch kleinere Teilchen als Demokrits Kugelteilchen gäbe. Diese Teilchen bezeichnete er als Atome. Er ging davon aus, dass es nur eine begrenzte Anzahl unterschiedlicher Atome gibt. Die unterschiedlichen Atomsorten nannte er Elemente. Für die Atome der Elemente, die er kannte, zeichnete Mr. Dalton Kugeln und schrieb die Abkürzung für den Elementnamen hinein. Die Atome können, wenn sie fest miteinander verbunden sind, zusammen Moleküle bilden.

Atome und Moleküle sind bei Dalton die Bausteine, aus denen Stoffe aufgebaut sind.

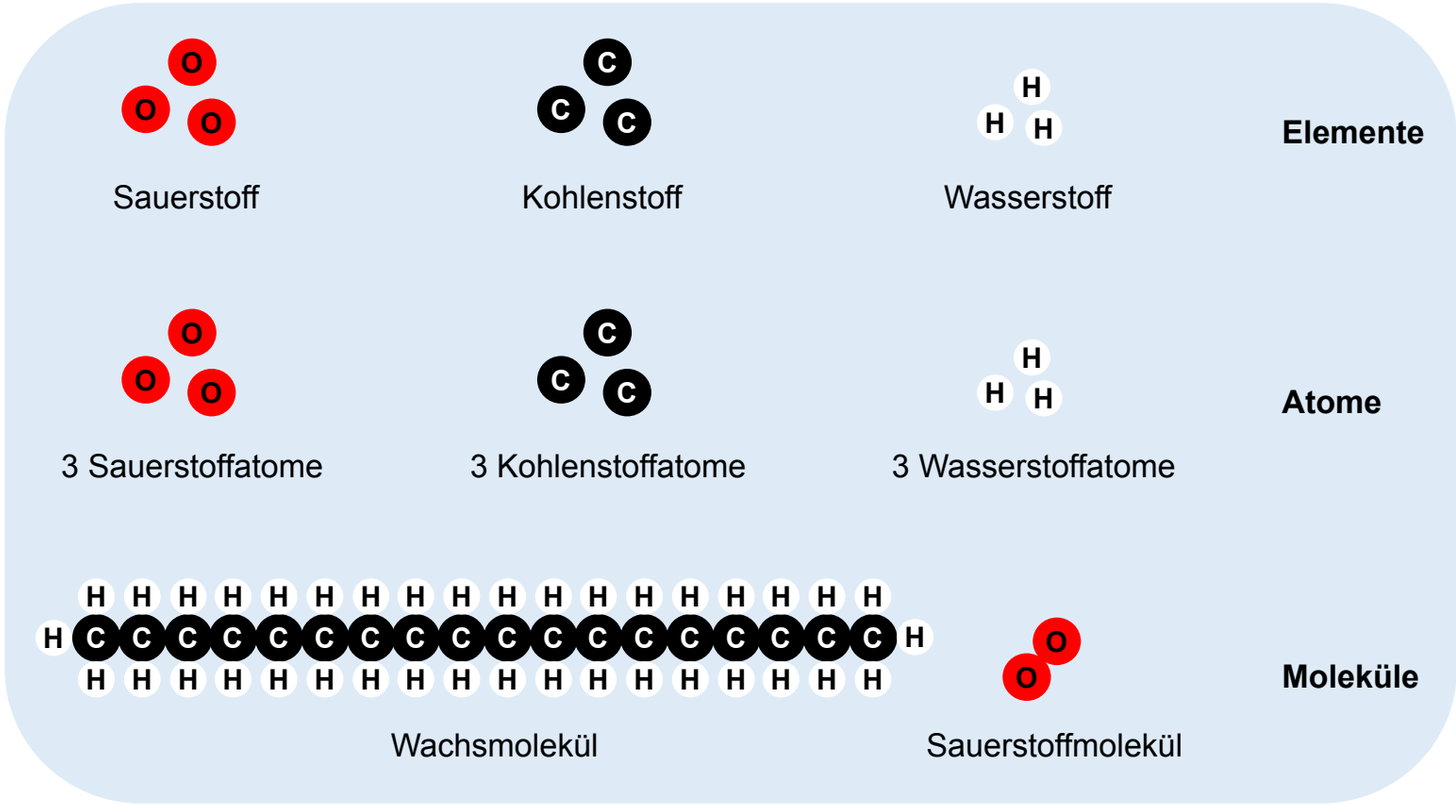


Bild 1: Übersicht über Elemente, Atome und Moleküle im Daltonmodell

Irgendwann später entdeckte Mr. Thomson ein noch kleineres Teilchen, das Bestandteil aller Atome ist. Ab diesem Zeitpunkt stand fest, dass auch die Atome aus noch kleineren Teilchen aufgebaut sein müssen. Das Teilchen, das Mr. Thomson entdeckt hat, wird **Elektron** genannt und mit **e**$^-$ abgekürzt. Elektronen sind negativ geladen und haben fast keine Masse.

ATOMBAU

TEIL III: Isotope

Ein paar Jahre später machte Mr. Rutherford ein Experiment, um mehr darüber herauszufinden, wie ein Atom aufgebaut ist. In seinem **Atommodell** beschrieb **Rutherford**, dass ein Atom in der Mitte einen sehr kleinen **Atomkern** hat, in dem sich die positive Ladung befindet, und außen herum ist die **Atomhülle**, in der sich die Elektronen aufhalten.

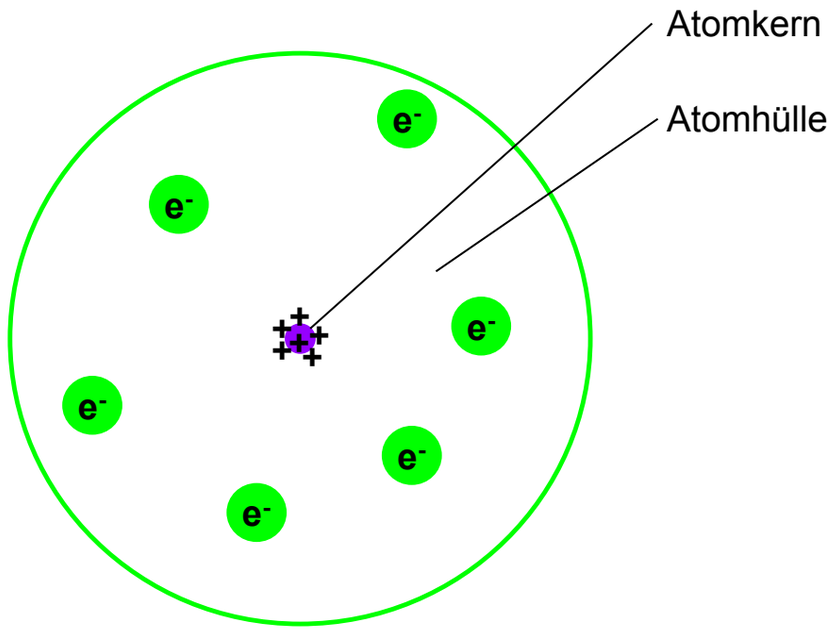


Bild 2: Atom im Rutherfordmodell

Allerdings war Rutherford mit seinem Modell selbst nicht ganz zufrieden. Er ging davon aus, dass die positive Ladung im Atom von positiv geladenen Teilchen stammt. Er bezweifelte aber, dass sich im Atomkern mehrere positiv geladene Teilchen nebeneinander aufhalten können, weil sich diese abstoßen müssten. Da der Atomkern aber stabil ist und nicht auseinanderfliegt, muss im Atomkern noch etwas anderes sein, das diese Abstoßung der Protonen ausgleicht. Rutherford ging daher davon aus, dass sich im Atomkern auch noch ungeladene Teilchen befinden. Die ungeladenen Teilchen halten sich zwischen den positiv geladenen Teilchen auf und gleichen dadurch die Abstoßung zwischen den Protonen aus.

Die **positiv geladenen Teilchen** werden **Protonen** genannt und mit $\mathbf{p^+}$ abgekürzt. Die **ungeladenen Teilchen** werden **Neutronen** genannt und mit $\mathbf{n^0}$ abgekürzt.

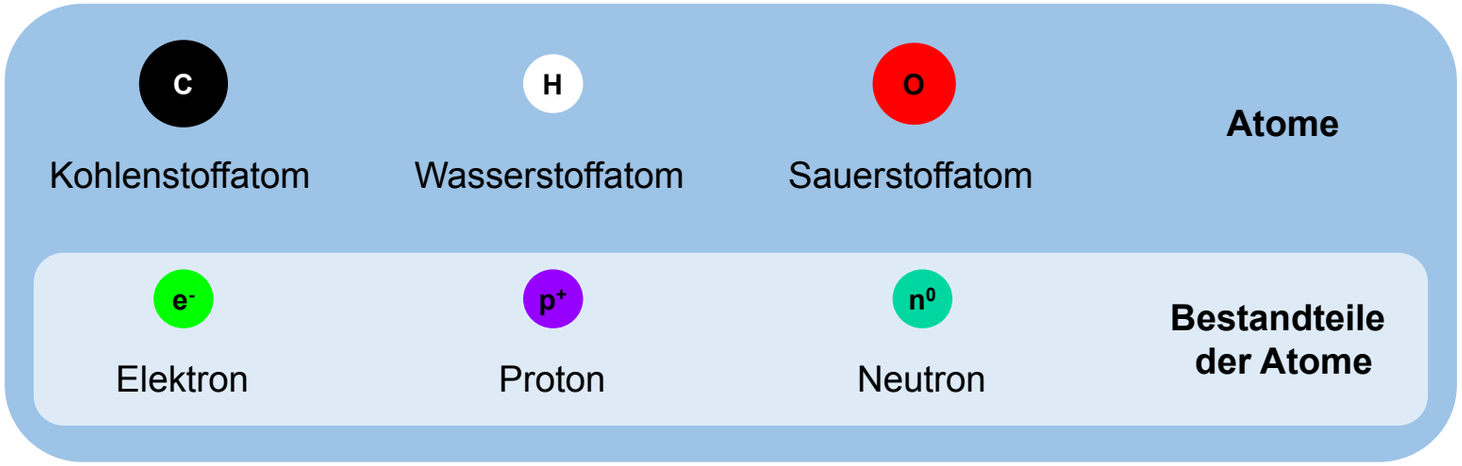


Bild 3: Bestandteile der Atome

ATOMBAU

TEIL III: Isotope

Jedes Atom enthält gleich viele positiv geladene Protonen wie negativ geladene Elektronen, so dass das Atom insgesamt elektrisch neutral ist.

Im **Periodensystem der Elemente** sind alle bekannten, unterschiedlichen Atomsorten aufgeführt. Atome unterschiedlicher Elemente unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen. Im Periodensystem sind die Atome der unterschiedlichen Elemente nach der Anzahl der Protonen in ihrem Atomkern sortiert.

Für die Atome jedes Elements gibt es ein **Elementsymbol**, mit dem der Name des Elements abgekürzt wird. Links oben, über dem Elementsymbol, steht die **Ordnungszahl** des Elements, die die Anzahl der Protonen in den Atomen dieses Elements angibt.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 4: Elementsymbol, Elementname und Ordnungszahl im Periodensystem

Außerdem wird im Periodensystem die **Atommasse** in **u** angegeben. Die Atommasse steht links unter dem Elementnamen.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 5: Atommasse im Periodensystem

Die Atommasse setzt sich zusammen aus der Masse der Teilchen, aus denen das Atom besteht. Da Elektronen fast gar keine Masse haben, können sie bei der Bestimmung der Masse eines Atoms vernachlässigt werden.

Protonen und Neutronen wiegen beide jeweils etwa 1 u.

Ein Atom, das aus zwei Protonen, zwei Elektronen und zwei Neutronen besteht, wiegt daher etwa 4 u.

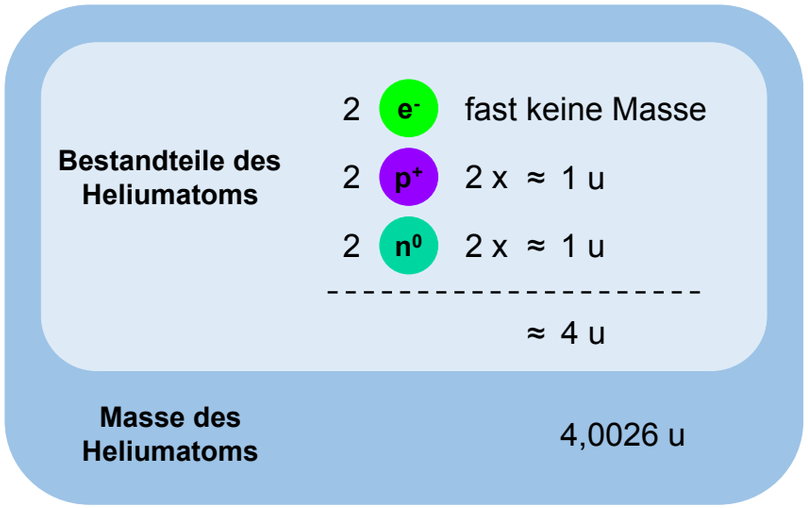


Bild 6: Berechnung der Atommasse eines Heliumatoms

Zumindest hat Olivia das behauptet … Aber Max hat gestern Abend noch ein bisschen im Internet recherchiert und dabei ist ihm etwas aufgefallen, das nicht zu Olivias Erklärungen passt … vielleicht weiß sie doch nicht so viel über Atome, wie sie behauptet …

Kurze Zeit später sitzen Merle, Louis, Max und Olivia bei Louis im Wohnzimmer. Max kann es gar nicht erwarten zu berichten, was er herausgefunden hat, und Olivia mit Fragen zu löchern.

„Du hast uns ja gestern erklärt, wie man die Masse von so einem Atom berechnet“, beginnt er, kaum dass alle sitzen. „Die Masse von den Protonen plus die Masse von den Neutronen“, wiederholt er. Olivia nickt. Merle blättert in ihren Notizen, die sie in der Zwischenzeit mit vier verschiedenen Textmarkern bunt unterstrichen hat, und nickt ebenfalls.

„Aber“, setzt Max an und macht dann eine kleine dramatische Pause, „warum sind die Atommassen bei manchen Atomen nur so halb?“, fährt er dann fort und deutet auf das Periodensystem, das vor ihm auf dem Tisch liegt.

„Hä?“, macht Louis und ärgert sich sofort über sich selbst, als Merle: „Was meinst du?“, fragt.

„Ich meine“, erläutert Max, während er mit dem Finger so ins Periodensystem deutet, dass niemand außer ihm etwas lesen kann, „wenn ein Proton genau 1 u wiegt und ein Neutron auch genau 1 u wiegt, dann müsste ein Heliumatom doch genau 4 u wiegen und das Lithiumatom genau 7 u und so weiter. Aber stattdessen wiegt das Heliumatom vierkommanullnullzweisechs u, das Lithiumatom wiegt sechskommaneunviereins u …

„Ja, aber die wiegen ja nicht ganz genau 1 u … “, gibt Merle zu bedenken.

„Aber auch wenn sie nur ungefähr 1 u wiegen, müsste die Masse doch ganz dicht bei ganzen Zahlen liegen“, beharrt Max. „Aber hier“, fährt er fort und deutet schon wieder in das Periodensystem, „bei diesem … Chloratom … steht 35,453 u … “

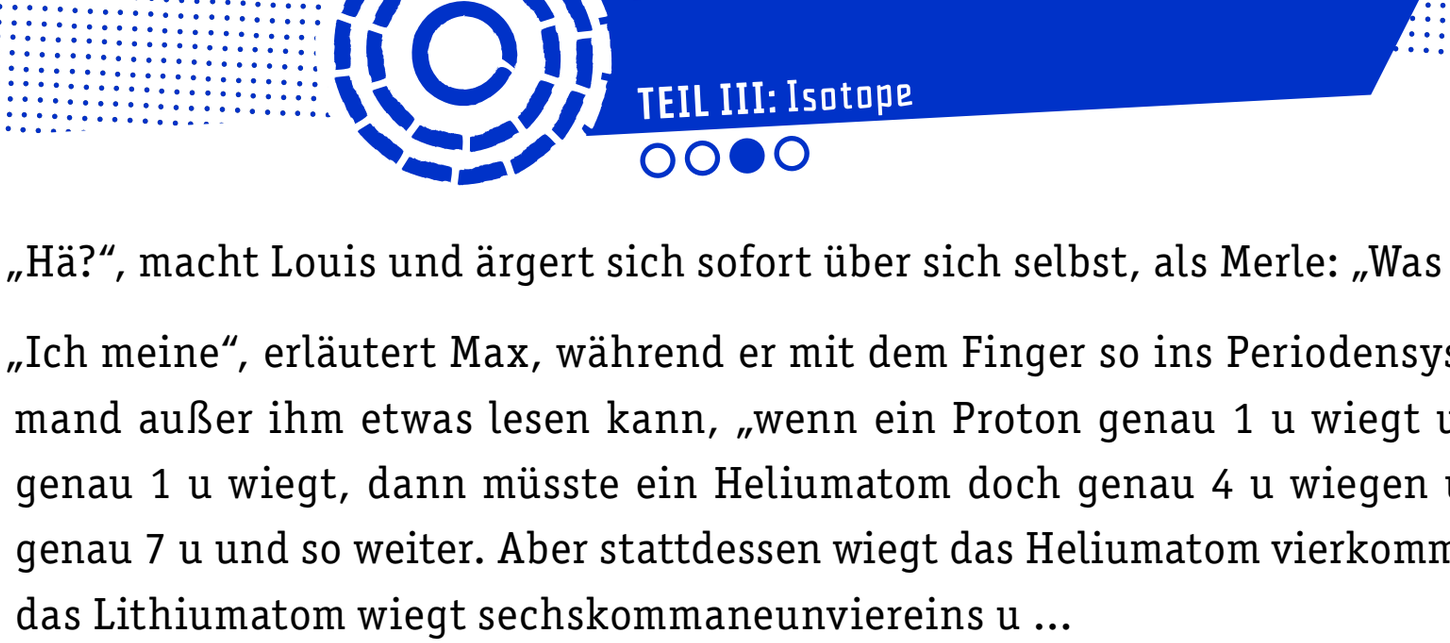


Bild 7: Atommasse des Chloratoms im Periodensystem

Merle macht ein überraschtes Gesicht. Louis schnappt erstmal Max das Periodensystem weg, um sich selbst davon zu überzeugen.

„Ist dann da nur ein halbes Neutron drin?“, fragt Louis irritiert.

Olivia schüttelt den Kopf.

„Warum ist das dann so?“, fragt Max und sieht Olivia erwartungsvoll an.

„Gibt es noch andere kleinste Teilchen?“, fragt Merle.

Olivia schüttelt den Kopf: „Damit hat das gar nichts zu tun“, erklärt sie.

„Aber wie soll das dann gehen?!“, fragt Louis unzufrieden.

Merle sieht über Louis Schulter, der immer noch das Periodensystem in der Hand hat. „Dieses Chloratom hat die Ordnungszahl siebzehn“, liest sie ab. „Also hat es siebzehn Protonen.“

„Und die wiegen alle ungefähr 1 u“, sagt Max.

„Dann hat das Chloratom auch siebzehn Elektronen“, überlegt Merle weiter.

„Ja, aber die wiegen doch fast nix!“, wirft Max ein.

„Wenn das Chloratom achtzehn Neutronen hätte, würde es 35 u wiegen“, rechnet Merle.

Bestandteile des Chloratoms	17 e^-	fast keine Masse
	17 p^+	17 x ≈ 1 u
	18 n^0	18 x ≈ 1 u
		≈ 35 u
Masse des Chloratoms		35,453 u

Bild 8: Berechnung der Atommassen des Chloratoms bei achtzehn Neutronen

„Und wenn es zwanzig Neutronen hätte … “, setzt Olivia an.

„ … dann würde es 37 u wiegen … “, rechnet Merle weiter.

Bestandteile des Chloratoms	17 e^-	fast keine Masse
	17 p^+	17 x ≈ 1 u
	20 n^0	20 x ≈ 1 u
		≈ 37 u
Masse des Chloratoms		35,453 u

Bild 9: Berechnung der Atommassen des Chloratoms bei zwanzig Neutronen

„Aber es wiegt 35,453 u!“, sagt Max ungeduldig.

„Das geht doch gar nicht!“, jammert Louis.

„ … dann passt das weder zu einem Chloratom mit siebzehn Protonen und achtzehn Neutronen“, fährt Merle fort, „noch zu einem Chloratom mit siebzehn Protonen und neunzehn Neutronen.“

„Und auch nicht zu dem Chloratom mit siebzehn Protonen und zwanzig Neutronen“, ergänzt Louis.

Beschreibe das Problem, das Max, Merle und Louis entdeckt haben, bevor du weiter liest.

„Warum ist das mit der Masse von dem Chloratom so?“, fragt Max Olivia.

„Nicht alle Atome eines Elementes sind gleich schwer“, erklärt Olivia. Merle beginnt sofort sich Notizen zu machen.

„Wie soll das denn gehen?!“, fragt Louis. „Wenn die immer gleich viele Protonen und Elektronen haben müssen … “

„Ein Mr. Soddy hat sich genauer mit dem Atomkern beschäftigt“, setzt Olivia an.

„Nicht noch einer“, jammert Merle, während sie hektisch die erste Seite vollschreibt. „Was hat der denn *noch* rausgefunden?“

„Er hatte eine Idee, wie man eure Frage nach der Atommasse beantworten kann“, antwortet Olivia.

„Was hatte dieser Mr. Soddy denn für eine Idee?“, fragt Louis ungeduldig nach.

„Auch er hat sich gefragt, warum keine ganzen Zahlen für die Masse der Atome bestimmt werden konnten“, erläutert Olivia.

„Soddy nahm an, dass es etwas damit zu tun hat, dass man nicht ein einzelnes Atom auf die Waage legen kann, um seine Masse zu bestimmen“, fährt Olivia fort. „Bei der Bestimmung der Atommasse sind zwangsläufig immer viele Atome beteiligt. Soddy erklärte sich die erhobenen Werte dadurch, dass er sich unterschiedlich schwere Atome vorstellte, die sich in der untersuchten Probe befinden mussten. Da man bei Atomen eben nicht jedes Atom einzeln abwiegen kann, konnte man nur berechnen, wie schwer die Atome in der Probe durchschnittlich sind. Daher gibt es so krumme Werte.

Für Chlor bedeutet das, dass eine bestimmte Menge an Atomen in der Probe die Chloratome mit achtzehn Neutronen waren und dass der Rest an Atomen in der Probe Chloratome mit zwanzig Neutronen waren“, fährt Olivia fort.

„Ah so!“, ruft Louis. „Dann ist da zum Teil das leichte Chloratom drin und zum Teil das schwerere Chloratom und dadurch hat man dann einen Wert der so dazwischen liegt!“

„Das Mischverhältnis der beiden verschiedenen Chloratome ist 3 zu 1“, sagt Olivia. „Wenn ihr zufällig vier Chloratome betrachten würdet, wären drei davon wahrscheinlich leichte Chloratome und eins ein schweres Chloratom.“

„Dann ist der Mittelwert für vier Chloratome, 35,5 u“, rechnet Max. „Und das ist schon mal näher an 35,453 u als 35 u oder 37 u.“

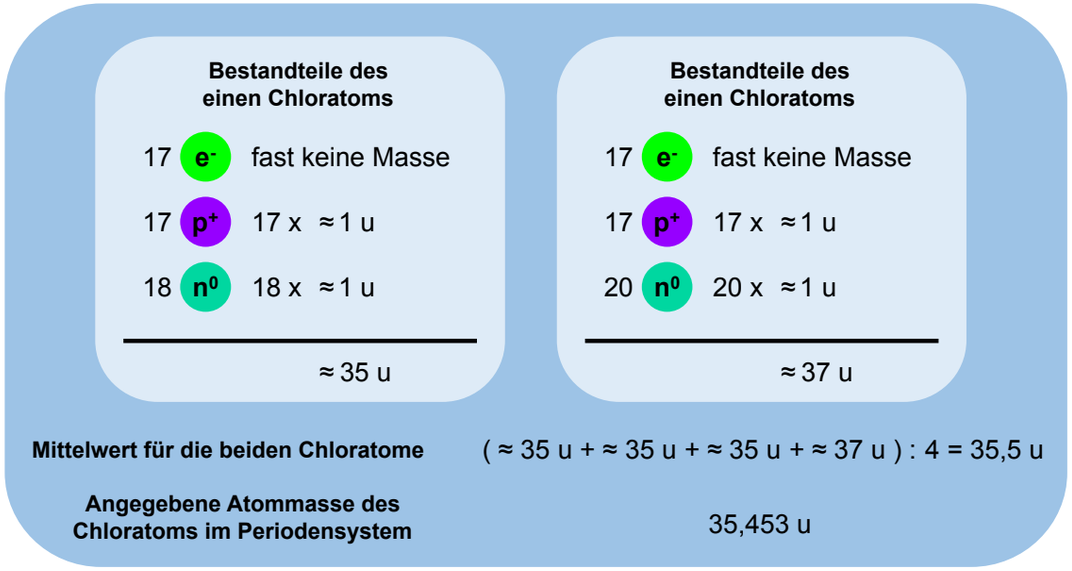


Bild 10: Berechnung des Mittelwerts der Chloratome

ATOMBAU

TEIL III: Isotope

„Chemiker bezeichnen Atome eines Elements, die sich nur in der Anzahl ihrer **Neutronen** unterscheiden, wie unsere beiden Chloratome hier, als **Isotope**“, erklärt Olivia.

Bestandteile des einen Chloratoms		Bestandteile des anderen Chloratoms	
17 e^-	fast keine Masse	17 e^-	fast keine Masse
17 p^+	17 x ≈ 1 u	17 p^+	17 x ≈ 1 u
18 n^0	18 x ≈ 1 u	20 n^0	20 x ≈ 1 u
	≈ 35 u		≈ 37 u

Bild 11: Chlorisotope

Erläutere Soddys Idee, wie es zu der ungeraden Atommasse für Chloratome, die wir im Periodensystem ablesen können, kommt, bevor du weiter liest.

„Gibt es das mit den … Isotopen … nur bei dem Chlor?“, fragt Merle neugierig.

„Nein, das muss es doch auch bei den anderen Atomen geben!“, ruft Max und deutet schon wieder auf das Periodensystem. „Wegen der krummen Zahlen!“

„Isotope gibt es bei vielen Elementen“, antwortet Olivia. „Bei Kohlenstoff und Wasserstoff gibt es zum Beispiel jeweils drei natürlich vorkommende Isotope.“

„Welche denn?“, fragt Louis.

„Es gibt Wasserstoffatome, die 1 u wiegen, Wasserstoffatome, die 2 u wiegen, und es gibt Wasserstoffatome, die 3 u wiegen“, berichtet Olivia.

Erläutere, wie diese drei Wasserstoffatome aufgebaut sind, bevor du weiter liest.

„Das eine hat ein **Proton** im Atomkern und ein **Elektron** in der Atomhülle“, überlegt Louis.

Bestandteile des Wasserstoffatoms

1	e^-	fast keine Masse
1	p^+	≈ 1 u
		≈ 1 u

Kern-Hülle-Modell des Wasserstoffatoms

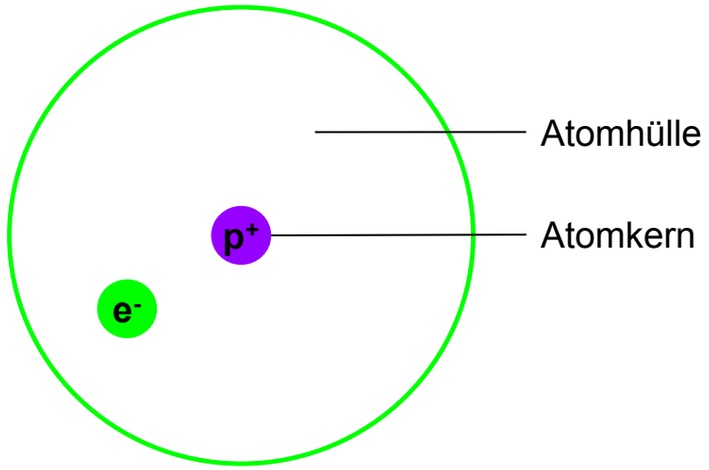


Bild 12: Darstellungen für ein Wasserstoffatom mit der Atommasse 1 u

„Das nächste hat bestimmt ein Proton und ein Neutron und wiegt daher 2 u!“, vermutet Max.

Bestandteile des Wasserstoffatoms

1	e^-		fast keine Masse
1	p^+	≈	1 u
1	n^0	≈	1 u
		≈	2 u

Kern-Hülle-Modell des Wasserstoffatoms

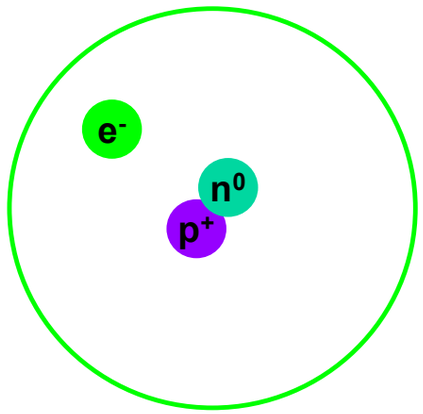


Bild 13: Darstellungen für ein Wasserstoffatom mit der Atommasse 2 u

„Aber was ist mit dem dritten?“, überlegt Max weiter, „ … hat das zwei Protonen und ein Neutron oder zwei Neutronen und ein Proton? Die würden ja beide 3 u wiegen … “, fragt er und sieht Olivia erwartungsvoll an.

„Aber ein Wasserstoffatom kann doch nicht zwei Protonen enthalten“, gibt Merle zu bedenken. „Dann wäre es doch ein Heliumatom.“

„Merle hat recht“, antwortet Olivia. „Ein Wasserstoffatom, kann immer nur ein Proton haben, weil es sonst kein Wasserstoffatom mehr ist.“

„Aber … “, beschwert sich Max.

„Also muss es ein Proton und zwei Neutronen haben!“, sagt Merle.

„Also hat so ein dickes Wasserstoffatom, das 3 u wiegt, im Kern ein **Proton** und zwei **Neutronen**?“, fragt Louis noch mal nach.

Olivia nickt.

Bestandteile des Wasserstoffatoms

1	e^-		fast keine Masse
1	p^+	≈	1 u
2	n^0	≈	2 u
		≈	3 u

Kern-Hülle-Modell des Wasserstoffatoms

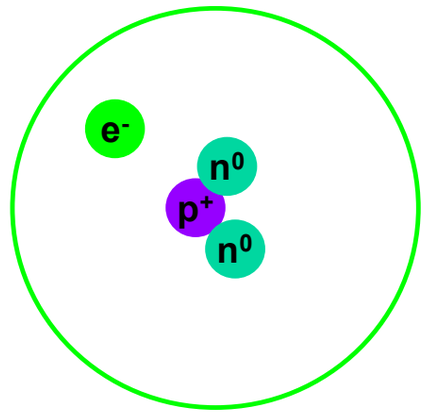


Bild 14: Darstellungen für ein Wasserstoffatom mit der Atommasse 3 u

„Aber warum?“, fragt Max.

„Warum es diese unterschiedlichen Wasserstoffisotope gibt, kann ich euch auch nicht sagen“, gesteht Olivia. „Die allermeisten Wasserstoffatome haben in ihrem Kern auch nur ein Proton und keine Neutronen. Nur ganz, ganz wenige Wasserstoffatome haben ein oder zwei Neutronen im Kern. Man muss über 8500 Wasserstoffatome haben, damit überhaupt die Chance besteht, dass eines mit wenigstens einem Neutron im Kern dabei ist.“

Erläutere, wie sich die drei Wasserstoffisotope voneinander unterscheiden, bevor du weiter liest.

„Und die Isotope haben trotzdem alle nur ein Elektron und ein Proton?“, fragt Max noch mal nach.

„Richtig“, bestätigt Olivia, „die drei Isotope des Wasserstoffs unterscheiden sich lediglich in der Anzahl der Neutronen. Die Anzahl der Protonen und Elektronen bleibt unverändert.“

„Sonst wäre das Atom ja geladen“, gibt Merle zu bedenken.

„Ach ja“, sagt Max.

„Und bei Kohlenstoff?“, fragt Max begeistert.

„Wo ist denn dieser Kohlenstoff im Periodensystem?“, fragt Louis.

„Das Elementsymbol für Kohlenstoff ist ein großes C“, weiß Max.

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 H Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → C Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 He Helium 4,0026
2. Periode	3 Li Lithium 6,941	4 Be Beryllium 9,0122	5 B Bor 10,811	6 C Kohlenstoff 12,011	7 N Stickstoff 14,007	8 O Sauerstoff 15,999	9 F Fluor 18,988	10 Ne Neon 20,180
3. Periode	11 Na Natrium 22,990	12 Mg Magnesium 24,305	13 Al Aluminium 26,982	14 Si Silicium 12	15 P Phosphor 30,974	16 S Schwefel 32,065	17 Cl Chlor 35,453	18 Ar Argon 39,948

Bild 15: Kohlenstoff im Periodensystem

Bestimme, mit Hilfe des Periodensystems, wie viele Protonen und Elektronen ein Kohlenstoffatom besitzt, bevor du weiter liest.

„Also die Ordnungszahl ist sechs“, liest Merle ab, als Louis endlich Kohlenstoff im Periodensystem gefunden hat. „Dann hat das Kohlenstoffatom also sechs Protonen.“

„Dann hat es auch sechs Elektronen“, ergänzt Max.

„Die Atommasse ist zwölfkommanulleinseins u“, liest Louis ab. „Also gibt es bestimmt ein Kohlenstoffatom, das sechs **Protonen**, sechs **Elektronen** und sechs **Neutronen** hat“, vermutet Louis.

Bestandteile des Kohlenstoffatoms	6 e^-	fast keine Masse
	6 p^+	6 x ≈ 1 u
	6 n^0	6 x ≈ 1 u
		≈ 12 u

Bild 16: Berechnung der Atommasse für Kohlenstoff

Zeichne das Kohlenstoffatom, das Louis beschrieben hat, im Kern-Hülle-Modell, bevor du weiter liest.

„Also sieht es so aus“, sagt Max und präsentiert eine Zeichnung.

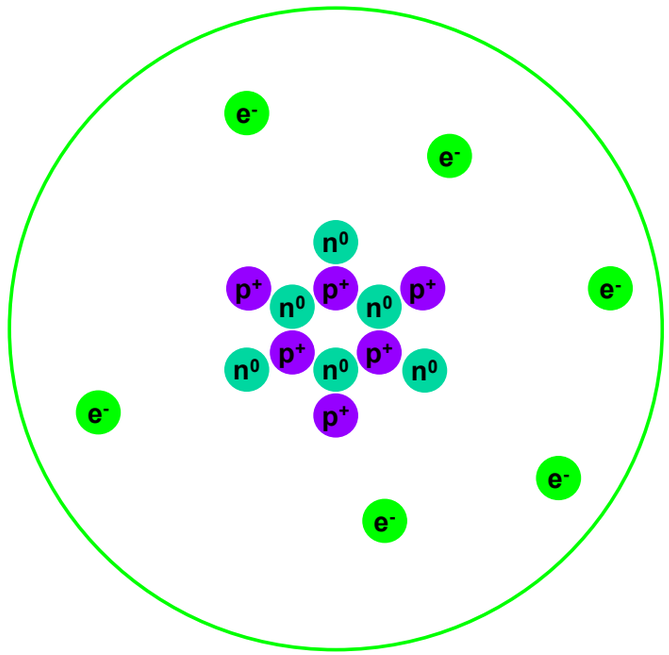


Bild 17: Kern-Hülle-Modell eines Kohlenstoffatoms

„Neben dem Kohlenstoffisotope, das 12 u wiegt, gibt es noch zwei weitere Kohlenstoffisotope“, berichtet Olivia. „Das eine wiegt 13 u, das andere wiegt 14 u. Chemiker sprechen von C12-, C13- und C14-Kohlenstoff, um die drei Isotope voneinander zu unterscheiden.“

Erläutere, wie sich die Atome der drei Kohlenstoffisotope im Aufbau voneinander unterscheiden, bevor du weiter liest.

„Dann hat das eine … Kohlenstoffisotop … sechs Elektronen, sechs Protonen und sieben Neutronen“, vermutet Louis.

„Das ist dann dieses C13“, ergänzt Max, „weil es 13 u wiegt.“

„Und das andere“, fährt Louis fort, „hat sechs **Elektronen**, sechs **Protonen** und acht **Neutronen**.“

„Das ist dann dieses C14“, ergänzt Max wieder, „weil es 14 u wiegt.“

C12		C13		C14	
6 e^-	fast keine Masse	6 e^-	fast keine Masse	6 e^-	fast keine Masse
6 p^+	6 x ≈ 1 u	6 p^+	6 x ≈ 1 u	6 p^+	6 x ≈ 1 u
6 n^0	6 x ≈ 1 u	7 n^0	7 x ≈ 1 u	8 n^0	8 x ≈ 1 u
	≈ 12 u		≈ 13 u		≈ 14 u

Bild 18: Berechnung der Atommassen der drei Kohlenstoffisotope

„Immer ein **Neutron** mehr“, sagt Max, während er den Aufbau der drei Kohlenstoffisotope zeichnet.

Stelle, mithilfe einer Zeichnung, den Aufbau der Atome der drei Kohlenstoffisotope dar, bevor du weiter liest.

„Also so“, sagt Max wieder und präsentiert erneut seine Zeichnung. „Eins mit sechs **Neutronen**, eins mit sieben und eins mit acht.“

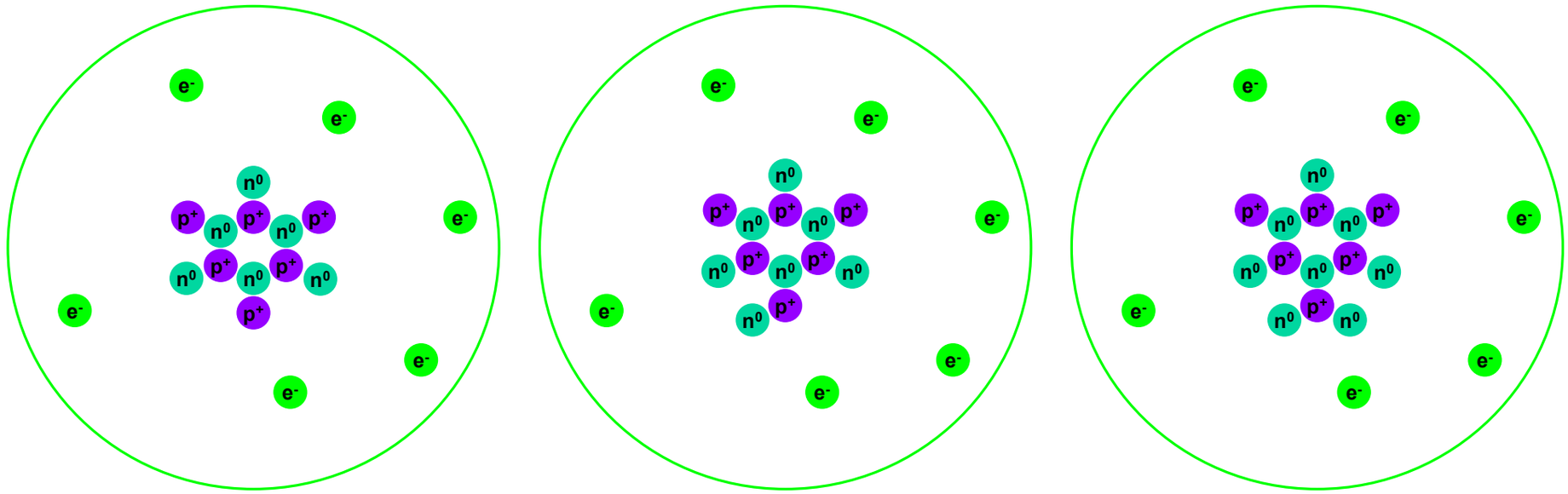


Bild 19: Kern-Hülle-Modelle der drei Kohlenstoffisotope

Olivia, Merle und Louis nicken zustimmend.

Überprüfe, ob deine Zeichnung mit Max‘ Zeichnung übereinstimmt. Korrigiere deine eigene Zeichnung, falls es notwendig ist, und erläutere, was an deiner Zeichnung falsch war, bevor du weiter liest.

„Aha“, macht Louis nach einer Weile. „Und das ist jetzt aber wirklich alles, was man über den Atomkern wissen muss?“, fragt er dann. „Dass es im Kern zwei Teilchensorten gibt, die positiv geladenen Protonen und die ungeladenen Neutronen … und dass die Atome eines Elements immer gleich viele Protonen und Elektronen haben, aber unterschiedlich viele Neutronen haben können.“

„Das heißt dann Isotope, wenn Atome von einem Element unterschiedlich viele Neutronen haben“, ergänzt Max.

„Und Isotope unterscheiden sich daher in der Atommasse“, fügt Merle hinzu, „Weil ein Proton und ein Neutron jeweils in etwa 1 u wiegen und ein Atom, das ein Neutron mehr hat, dann etwa 1 u schwerer ist.“

„Man kann natürlich immer noch mehr wissen“, antwortet Olivia. „Aber ich denke für euer Referat sollte das reichen.“

„Hoffentlich“, sagt Merle und sortiert ihre Notizen.

„Bei Herrn Schulte kann man nie wissen“, brummt Louis.

„Aber wir werden es ihm zeigen“, verkündet Max kampflustig. „Mit dem weltbesten Physikreferat, das es je gab.“

Die drei bedanken sich bei Olivia (Max ist wieder etwas überrascht, dass Olivia so viel Ahnung von den Atomen hat) und machen sich dann daran Merles Notizen durchzusehen, um ihr Referat vorzubereiten.

TESTE DEIN WISSEN

TEIL III: Isotope

Erkläre den Begriff Isotope kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest.

TESTE DEIN WISSEN

TEIL III: Isotope

Isotope:

Atome eines Elements, die über dieselbe Anzahl an Protonen im Kern verfügen und sich lediglich in der Anzahl der Neutronen unterscheiden.



SUPER, DAS WAR TEIL III

Zum nächsten Teil:

» **TEIL IV:** Schalen-Modell

ATOMBAU

TEIL IV: Schalen-Modell

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes kannst du wiederholen, dass es verschiedene Modelle gibt, um sich den Aufbau der Stoffe vorzustellen. Eine erste Vorstellung ist das Kugelteilchenmodell, in dem Stoffe aus kleinsten, kugelförmigen Teilchen bestehen. Das Atommodell von Dalton geht davon aus, dass Atome die kleinsten Teilchen der Materie sind. Das Atommodell von Thomson geht davon aus, dass auch Atome aus noch kleineren Teilchen aufgebaut sind. Im Atommodell von Rutherford bestehen Atome aus einem sehr kleinen Atomkern und einer sehr großen Atomhülle. In der Atomhülle befinden sich die Elektronen. Im Atomkern befinden sich positiv geladene Protonen (p^+) und ungeladene Neutronen (n^0). Atome eines Elements, die sich lediglich in der Anzahl der Neutronen unterscheiden, werden Isotope genannt.

Außerdem lernst du, dass sich die Elektronen – nach den Annahmen des Atommodels von Bohr – auf festen Bahnen um den Atomkern bewegen (Elektronenschale). Da die Elektronen, abhängig vom Abstand zum Kern, über unterschiedlich viel Energie verfügen, werden die Elektronenschalen, auf denen sie sich bewegen, auch als Energieniveaus bezeichnet. Durch Energiezufuhr können Elektronen von ihrem ursprünglichen Energieniveau (Grundzustand) auf ein höheres Energieniveau springen (angeregter Zustand).

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL IV: Schalen-Modell

Obwohl Max eigentlich gerne zur Schule geht, kommt er heute schon wieder schlecht gelaunt nach Hause. Als seine Mutter fragt, was passiert ist, brummt er zunächst nur: „Herr Schulte“. Nach einiger Zeit fügt er hinzu: „Heute haben wir Herrn Schulte nach Physik wieder gezeigt, was wir für unser Referat vorbereitet haben. Wir haben uns ganz viel Mühe gegeben und Olivia hat uns letzte Woche alles über den Atomkern ganz genau erklärt. Wir haben jetzt voll Ahnung davon! Und erst meinte Herr Schulte auch das wäre *in Ordnung*, aber dann meinte er am Schluss, dass wir uns auch über die Atomhülle *noch genauer* informieren müssten!“

„Aber es ist doch gut, dass Herr Schulte euch vorher noch Tipps gibt, wie ihr euer Referat verbessern könnt“, sagt Max‘ Mutter vorsichtig.

„Pah!“, macht Max und schubst versehentlich mit der Gabel ein paar Nudeln von seinem Teller. „Jedes Mal will Herr Schulte was anderes!“, regt er sich auf, während er die Nudeln auf dem Tisch mit der Gabel aufspießt: „Erst sollten wir rausfinden, woraus die Atome aufgebaut sind, dann sollten wir mehr über den Atomkern herausfinden und jetzt will er, dass wir mehr über die Atomhülle herausfinden. Das hätte er ja auch alles direkt beim ersten Mal sagen können!“

„Wenn ihr über die anderen Themen schon gut Bescheid wisst, ist das mit der Atomhülle doch bestimmt gar nicht mehr so viel Arbeit“, versucht Max‘ Mutter ihn zu motivieren. „Das schafft ihr auch noch.“
„Klar schaffen wir das“, erwidert Max. „Aber Herr Schulte nervt trotzdem.“

ATOMBAU

TEIL IV: Schalen-Modell

Zwei Stunden später sitzt Max mit seinen Freunden Louis und Merle wieder bei Max zuhause im Wohnzimmer, wo sie auf Sinan warten. Während sie warten, sortiert Merle ihre Notizen und fasst dabei zusammen, was sie schon wissen:

„Erst war da dieser Demokrit mit seinem **Kugelteilchenmodell**: Jeder Stoff hat seine eigenen kleinsten Teilchen, aus denen er aufgebaut ist.

Danach kam dieser **Dalton** mit seinem **Atommodell**“, fährt Merle fort. „Bei ihm gibt es eine begrenzte Anzahl Atomsorten, die er Elemente nennt. Die Atome können sich zu Molekülen verbinden, die dann die Bausteine der Stoffe sind.

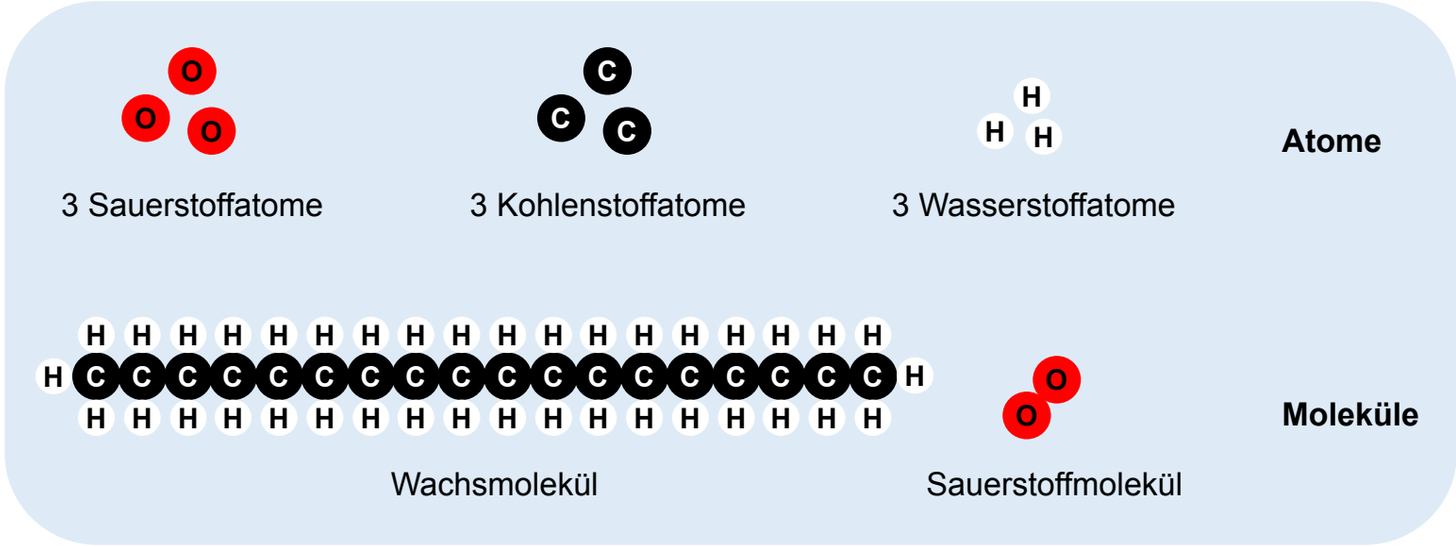


Bild 1: Übersicht über Atome und Moleküle im Daltonmodell

Merle macht eine kurze Pause und legt ein paar Blätter zur Seite, bevor sie fortfährt: „Dann entdeckte Thomson, dass es ein noch kleineres Teilchen gibt, das Bestandteil aller Atome ist."

„Danach wusste man", unterbricht Louis sie, „dass die Atome gar nicht die kleinsten Teilchen sind, sondern dass es noch kleinere Teilchen als die Atome gibt."

Merle nickt und fährt dann fort: „Das Teilchen, das Mr. Thomson entdeckt hat, wird **Elektron** genannt und mit **e**$^-$ abgekürzt. Elektronen sind negativ geladen und haben fast keine Masse.

Später entwickelte **Rutherford** ein **Atommodell**, nach dem jedes Atom aus einem **Atomkern** und einer **Atomhülle** besteht“, fasst Merle weiter zusammen. „Er ging davon aus, dass es außer den **negativ geladenen Elektronen** noch positiv geladene und ungeladene Bausteine der Atome geben müsse.

Die **positiv geladenen Teilchen** werden **Protonen** genannt und mit **p^+** abgekürzt. Die **ungeladenen Teilchen** werden **Neutronen** genannt und mit **n^0** abgekürzt.

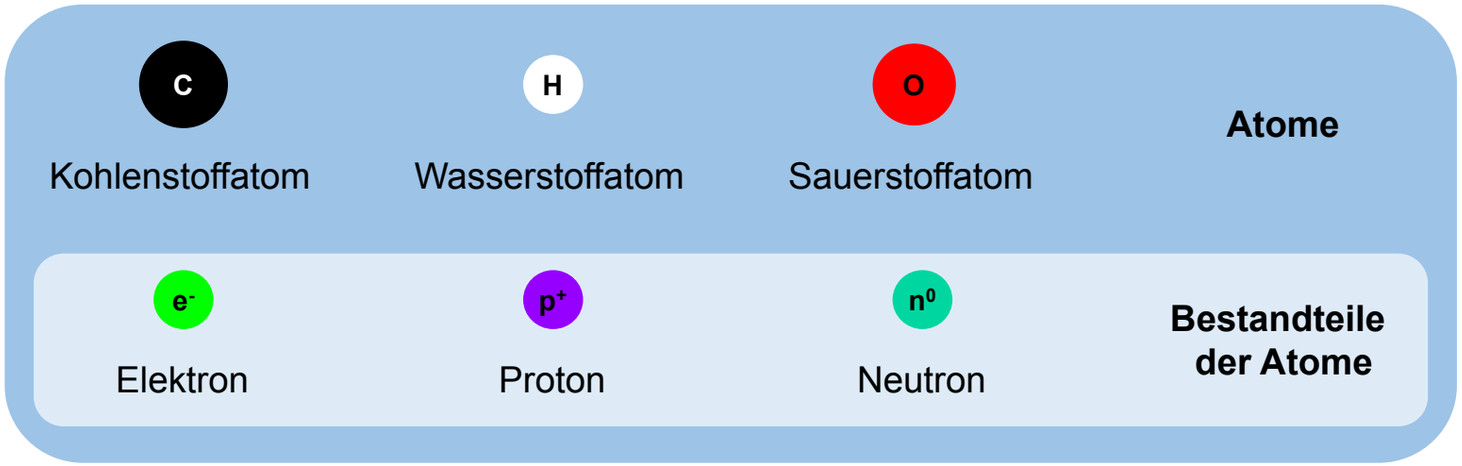


Bild 2: Bestandteile der Atome

Rutherford nahm an“, fährt Merle fort, „dass sich im Atomkern die **Protonen** und die **Neutronen** befinden und sich in der Atomhülle die **Elektronen** bewegen.“

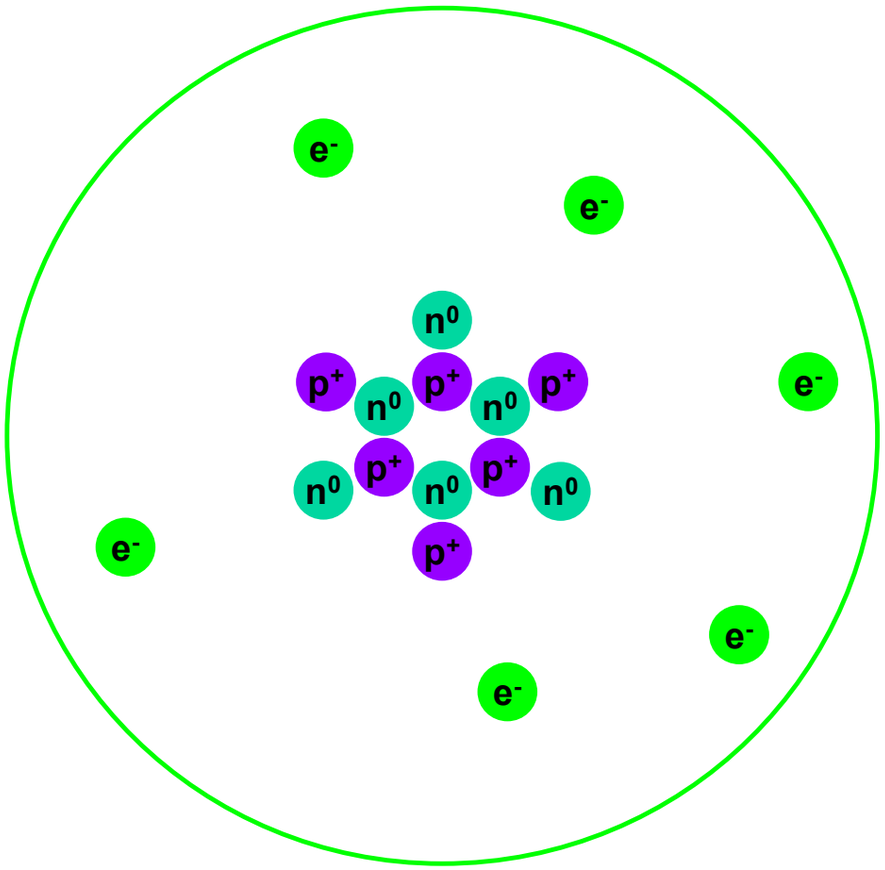


Bild 3: Aufbau eines Atoms im Rutherfordmodell

„Jedes Atom enthält gleich viele positiv geladene Protonen wie negativ geladene Elektronen“, ergänzt Max, „so dass das Atom insgesamt elektrisch neutral ist.“

„Im **Periodensystem der Elemente** werden alle bekannten, unterschiedlichen Atomsorten aufgeführt“, fasst Merle weiter zusammen. „Da sich die Elemente durch ihre Anzahl an Protonen unterscheiden lassen, werden sie im Periodensystem nach aufsteigender Protonenzahl geordnet.

Die Anzahl der Protonen wird daher auch **Ordnungszahl** genannt. Sie wird über dem **Elementsymbol** angegeben, das den Namen des Elements abkürzt.“

	Hauptgruppe 1	2	3	4	5	6	7	8
1. Periode	1 **H** Wasserstoff 1,0079			Ordnungszahl → 6 Elementsymbol → **C** Elementname → Kohlenstoff Atommasse in u → 12,011				2 **He** Helium 4,0026
2. Periode	3 **Li** Lithium 6,941	4 **Be** Beryllium 9,0122	5 **B** Bor 10,811	6 **C** Kohlenstoff 12,011	7 **N** Stickstoff 14,007	8 **O** Sauerstoff 15,999	9 **F** Fluor 18,988	10 **Ne** Neon 20,180
3. Periode	11 **Na** Natrium 22,990	12 **Mg** Magnesium 24,305	13 **Al** Aluminium 26,982	14 **Si** Silicium 12	15 **P** Phosphor 30,974	16 **S** Schwefel 32,065	17 **Cl** Chlor 35,453	18 **Ar** Argon 39,948

Bild 4: Elementsymbol, Elementname und Ordnungszahl im Periodensystem

„Außerdem wird im Periodensystem die **Atommasse**, also das Gewicht der Atome, in **u** angegeben“, fügt Louis hinzu. „Die Atommasse steht unter dem Elementnamen.“

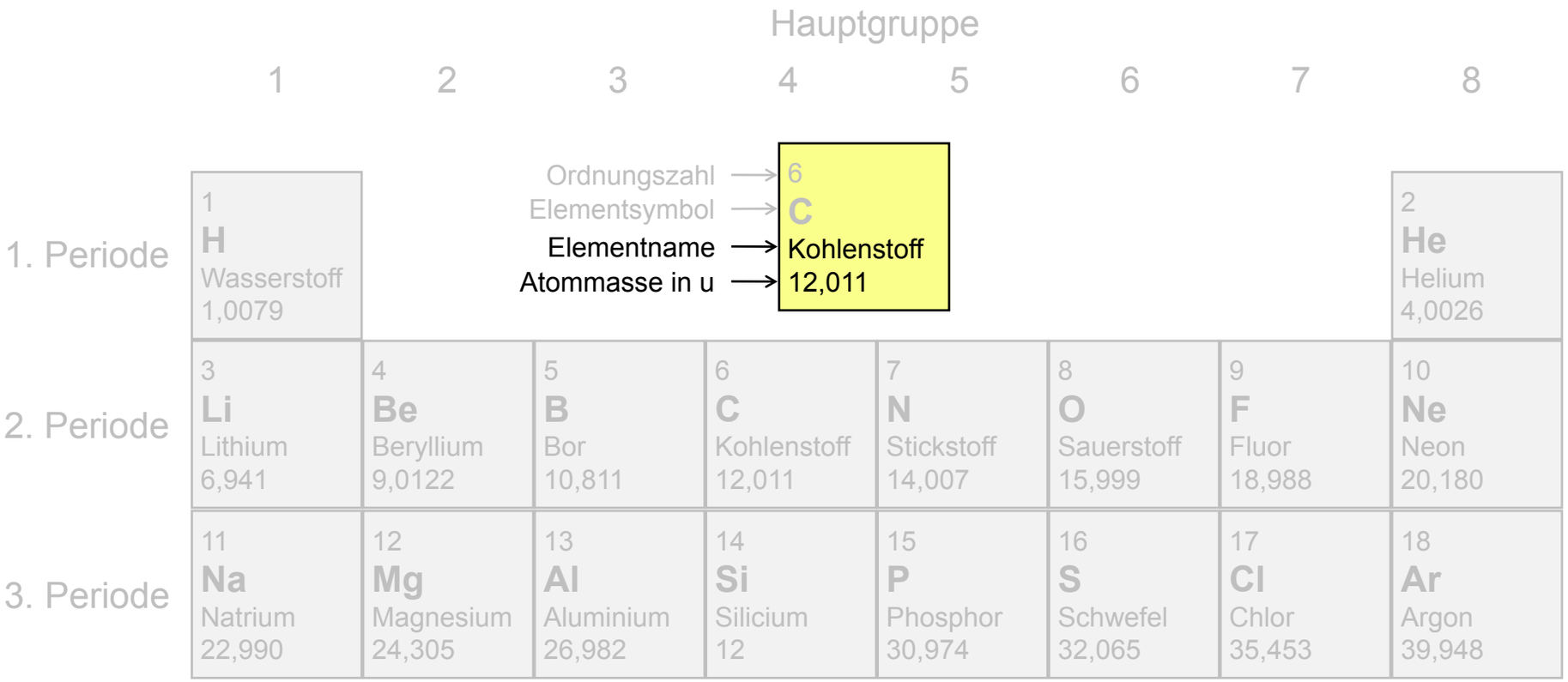


Bild 5: Atommasse im Periodensystem

„Die Atommasse setzt sich zusammen aus der Masse der Teilchen, aus denen das Atom besteht. Da Elektronen fast gar keine Masse haben, können sie bei der Bestimmung der Masse eines Atoms vernachlässigt werden“, fährt Merle fort.

„Protonen und Neutronen wiegen beide jeweils etwa 1 u“, ergänzt Louis wieder. „Ein Heliumatom, das aus zwei **Protonen**, zwei **Elektronen** und zwei **Neutronen** besteht, wiegt daher etwa 4 u.“

Bestandteile des Heliumatoms	2	e^-	fast keine Masse
	2	p^+	2 x ≈ 1 u
	2	n^0	2 x ≈ 1 u
			≈ 4 u
Masse des Heliumatoms			4,0026 u

Bild 6: Berechnung der Atommasse eines Heliumatoms

„Viele Stoffe bestehen aus verschiedenen Atomen des gleichen Elements, die sich aber in der Anzahl der **Neutronen** unterscheiden“, fügt Max hinzu. „Diese werden als **Isotope** bezeichnet.“

Bestandteile des einen Chloratoms			Bestandteile des anderen Chloratoms		
17	e^-	fast keine Masse	17	e^-	fast keine Masse
17	p^+	17 x ≈ 1 u	17	p^+	17 x ≈ 1 u
18	n^0	18 x ≈ 1 u	20	n^0	20 x ≈ 1 u
		≈ 35 u			≈ 37 u

Bild 7: Beispiel für zwei Chlorisotope

„Die Atommasse“, fährt Merle fort, „die im Periodensystem für die Atome angegeben wird, ist ein Mittelwert, der sich aus den Massen der Isotope und ihrer jeweiligen Häufigkeit ergibt.“

Bestandteile des einen Chloratoms		**Bestandteile des einen Chloratoms**	
17 e^-	fast keine Masse	17 e^-	fast keine Masse
17 p^+	17 x ≈ 1 u	17 p^+	17 x ≈ 1 u
18 n^0	18 x ≈ 1 u	20 n^0	20 x ≈ 1 u
	≈ 35 u		≈ 37 u
Mittelwert für die beiden Chloratome	(≈ 35 u + ≈ 35 u + ≈ 35 u + ≈ 37 u) : 4 = 35,5 u		
Angegebene Atommasse des Chloratoms im Periodensystem	35,453 u		

Bild 8: Mittelwertberechnung

Max nickt entschlossen. Er will gerade etwas sagen, als es an der Haustür klingelt. „Das ist bestimmt Sinan!“, sagt Max und flitzt zur Haustür.

Kurz darauf kehrt er mit Sinan zusammen ins Wohnzimmer zurück. „Ihr wollt also noch mehr über den Aufbau der Atome erfahren“, sagt Sinan, während er es sich in einem Sessel gemütlich macht.

„Wir müssen mehr über die Atomhülle erfahren“, erklärt Max.

„Olivia hat uns letzte Woche schon ganz viel über Protonen und Neutronen und Isotope erklärt“, berichtet Louis.

„Olivia?“, fragt Sinan interessiert.

„Du hattest ja keine Zeit“, antwortet Max.

„Sie passt immer auf uns auf, wenn mein Vater nicht da ist“, erklärt Louis.

„Sie weiß auch ganz viel über Atome“, fügt Merle hinzu.

„Aber wir haben sie immer nur nach dem Atomkern gefragt“, berichtet Max, der nicht merkt, dass Sinan scheinbar noch eine Frage zu Olivia hat, „und jetzt müssen wir mehr über die Atomhülle rausfinden.“

„Im Moment wissen wir eigentlich nur das, was du uns letztes Mal über die Atomhülle erzählt hast“, sagt Louis.

„Im Atommodell von Rutherford ist die Atomhülle um den Atomkern herum und in der Atomhülle sind die Elektronen“, wiederholt Merle.

„Du weißt doch bestimmt noch mehr über die Atomhülle, oder?“, fragt Max Sinan.

Sinan nickt.

„Bei den Zeichnungen, die wir bisher genutzt haben, kann man leicht auf die Idee kommen, dass die **Protonen**, **Neutronen** und **Elektronen** immer an einer festen Stelle im Atom liegen“, beginnt Sinan.

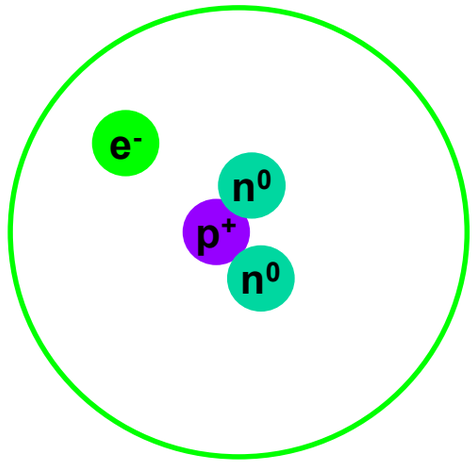


Bild 9: Wasserstoffatom (3 u) im Rutherfordmodell

Max und Louis nicken, Merle fragt: „Aber das ist nicht so?“

„Allerdings“, fährt Sinan fort, „wusste bereits Thomson, dass Elektronen nie irgendwo *rumliegen*, sondern sich ununterbrochen bewegen. Wir müssen uns unsere Bilder also immer als Momentaufnahmen vorstellen, die nur einen Augenblick darstellen können.“

„Und im nächsten Moment sind die Elektronen dann schon wieder woanders hingewuselt?“, fragt Louis nach.

Sinan nickt.

„Aber das ist doch kein Problem“, meint Max. „In der Atomhülle haben die doch genug Platz, um sich zu bewegen.“

„Naja, ein **Elektron**, das sich kreuz und quer überall durch die Atomhülle bewegt“, gibt Sinan zu bedenken, „müsste ja irgendwann auch mal auf den Atomkern treffen … “

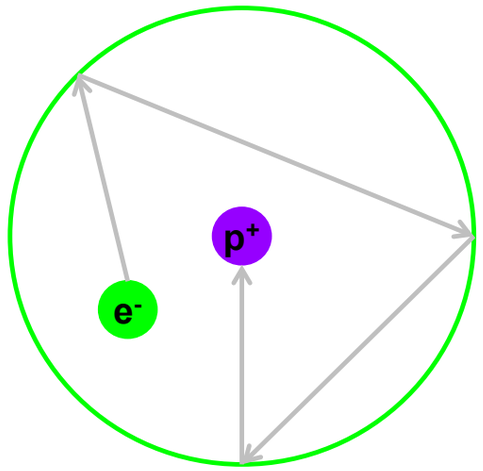


Bild 10: angenommene Bewegung eines Elektrons

„ … und dann wird aus dem Elektron und dem Proton im Kern ein Neutron?“, fragt Louis aufgeregt und führt den Gedanken sofort weiter: „Es müsste also immer mal wieder vorkommen, dass ein Atom, das gerade noch ein Wasserstoffatom war, plötzlich nur noch ein Neutron ist. Oder ein Atom das gerade noch ein Berylliumatom war, plötzlich zum Lithiumatom wird.“

„Krass“, ruft Max.

Sinan beruhigt die beiden allerdings sofort wieder: „Das könnte man annehmen, aber in der Wirklichkeit passiert das alles nicht.

Ein Wasserstoffatom bleibt immer ein Wasserstoffatom“, fährt Sinan fort, „und Berylliumatome bleiben immer Berylliumatome.“

Louis macht ein enttäuschtes Gesicht. Merle hört auf zu schreiben und streicht dafür jetzt hektisch das durch, was sie zuletzt notiert hat.

„Dann dürfen die Elektronen also nicht in den Kern rein … “, überlegt Max.

„Aber werden die nicht angezogen?“, fragt Louis. „Ich meine, wenn die Elektronen minus sind und die Protonen plus, dann müssten die sich doch anziehen, oder?“ Jetzt wo er darüber nachdenkt, kann er nicht verstehen, warum die Elektronen und die Protonen nicht ähnlich wie zwei Magnete zusammenhängen sollten.

„Natürlich ziehen die **Protonen** und die **Elektronen** sich gegenseitig an“, erklärt Sinan, „sonst würden die Elektronen eines Atoms nicht bei *ihrem* Atomkern bleiben, sondern könnten sich einfach von ihm entfernen.“

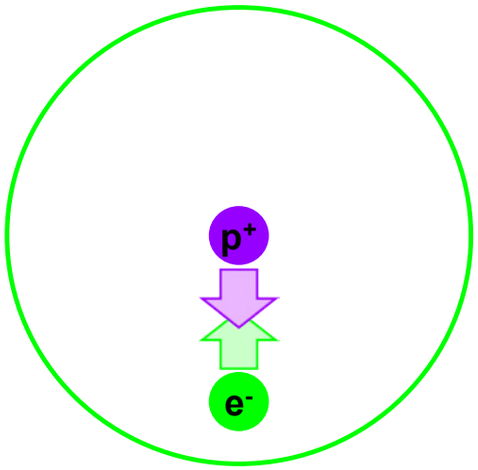


Bild 11: Gegenseitige Anziehung von Elektron und Proton

Fasse alle Informationen, die du über das Verhältnis von Elektronen und Protonen hast, zusammen, bevor du weiter liest.

„Hmhm“, macht Max und macht ein nachdenkliches Gesicht. „Aber“, sagt er dann, „wie kann es denn sein, dass das Elektron vom Proton angezogen wird, und es sich trotzdem in der ganzen Atomhülle bewegen kann. Wenn ich irgendwie festgehalten werde, kann ich jedenfalls nicht mehr rumrennen.“

„Vielleicht“, überlegt Louis. „Ist es wie bei einem Hund, mit dem man an der Leine Gassi geht. Wegen der Leine kann er zwar nicht weglaufen, aber trotzdem rennt er die ganze Zeit hin und her.

So könnte es doch beim Elektron auch sein: Wegen der Anziehung kann es nicht aus der Atomhülle raus, aber innerhalb der Atomhülle, kann es hin- und herwuseln.“

„Aber“, erwidert Merle, „wenn das Elektron wie ein Hund an der Leine wäre, könnte es doch in den Atomkern fliegen. Der Hund kann ja auch zu dem hinrennen, der die Leine hält.“

„Stimmt“, gibt Louis zu und macht jetzt ebenfalls ein nachdenkliches Gesicht.

Einen Moment grübeln alle drei darüber nach, wie es möglich ist, dass die Elektronen sich bewegen, obwohl sie von den Protonen im Atomkern angezogen werden, und sie trotz ihrer Bewegung niemals in den Atomkern geraten.

„Das Elektron muss ja irgendwie festgehalten werden“, beginnt Max irgendwann wieder.

„Aber wir haben doch gesagt, dass es sich bewegt“, wirft Merle mit Blick auf ihre Notizen ein. „Dann kann es doch nicht festgehalten werden.“

„Genauso ist es aber“, antwortet Sinan. „Da das Elektron vom Atomkern angezogen wird, kann das Elektron sich nicht weiter vom Atomkern entfernen und trotzdem kann es sich innerhalb der Atomhülle bewegen.“

„Aber wie soll das denn gehen?“, fragt Merle skeptisch.

„Vielleicht … “, sagt Louis aufgeregt, „ … vielleicht schwingen Elektronen so auf ihrer Position wie die Teilchen.“

Sinan schüttelt den Kopf: „Mit Bewegung ist hier eine wirkliche Bewegung durch den Raum gemeint, nicht nur eine Schwingung um eine Position.“

„Also die müssen immer gleich weit weg vom Atomkern sein, sich aber trotzdem bewegen?“, fragt Max noch mal nach.

„Das geht nicht“, beschwert Louis sich.

Merle zeichnet hektisch: „Vielleicht geht es ja doch“, überlegt sie. „Beim Reiten sitzen die kleinen Kinder, die noch nicht alleine reiten können, immer auf einem Pferd, das an der Lounge geführt wird. Dann steht in der Mitte jemand und hält die Lounge und das Pferd läuft im Kreis um diese Person herum und kann nicht weglaufen.“

„Ach so!“, ruft Max begeistert. „Wenn das Pferd im Kreis läuft, ist der Abstand zum Mittelpunkt immer gleich groß! Wegen des Seils kann das Pferd zwar nicht weiter von der Person in der Mitte weg, aber im Kreis laufen geht natürlich trotzdem.“

Sinan nickt zufrieden: „Das ist eine gute Idee. Allerdings haben wir beim Pferd das gleiche Problem wie bei dem Hund an der Leine, mit dem Louis einen Vergleich gezogen hat: Das Pferd kann grundsätzlich ja auch in die Mitte des Kreises laufen.

Daher würde ich vorschlagen, dass wir uns die Elektronen eher wie die Satelliten vorstellen, die um die Erde kreisen. Die Satelliten werden zwar nicht mit einem Seil festgehalten, aber auf Grund der Erdanziehungskraft können sie sich auch nicht weiter von der Erde entfernen. Daher kreisen sie ununterbrochen auf einer kreisförmigen Bahn um die Erde.“

„Und das machen die Elektronen auch?“, fragt Merle nach, während Louis „In der Grundschule wollte ich immer Astronaut werden“ nuschelt.

„Davon ging Niels Bohr zumindest aus“, stimmt Sinan zu. „Er wusste, dass die **Elektronen** sich bewegen, aber gleichzeitig vom Atomkern angezogen werden und sich deswegen nicht weiter von ihm entfernen können. Daher sah er die einzige Möglichkeit, dies zu erklären, in einer kreisenden Bewegung um den Atomkern herum.“

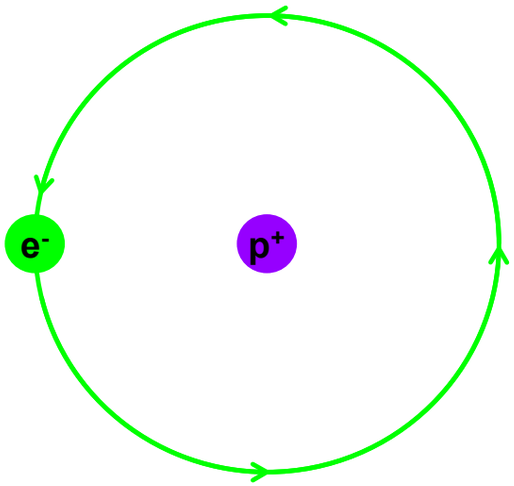


Bild 12: kreisförmige Umlaufbahn des Elektrons um den Atomkern

„Aber“, sagt Louis und blickt fragend von einem zum anderen, „das erklärt doch nicht, warum die nicht in den Atomkern reingehen, oder?“

Max sagt spontan: „Nö“, während Merle ihre Notizen durchsieht.

„Das hat etwas mit der Bewegung zu tun“, erklärt Sinan. „Denkt noch mal an die Satelliten: Solange die Satelliten genügend Schwung haben, kreisen sie um die Erde.

Der Schwung, den die Satelliten haben, verhindert auch, dass sie plötzlich einfach vom Himmel fallen. Das ist ein bisschen wie bei einer Achterbahn: Wenn man den Looping schnell genug fährt, fällt man nicht runter.“

„Und die Elektronen können das auch alles?“, fragt Max begeistert.

„Bohr ging davon aus, dass die Elektronen sich ebenfalls auf einer kreisförmigen Umlaufbahn so schnell um den Atomkern herum bewegen, dass sie nicht in den Atomkern stürzen“, erklärt Sinan, „gleichzeitig reicht die Energie der Elektronen nicht aus, um ihre Umlaufbahn zu verlassen.“

„Also fliegt ein **Elektron** immer mit der gleichen Geschwindigkeit so im Kreis um den Atomkern rum ohne langsamer zu werden?“, fragt Louis noch mal nach.

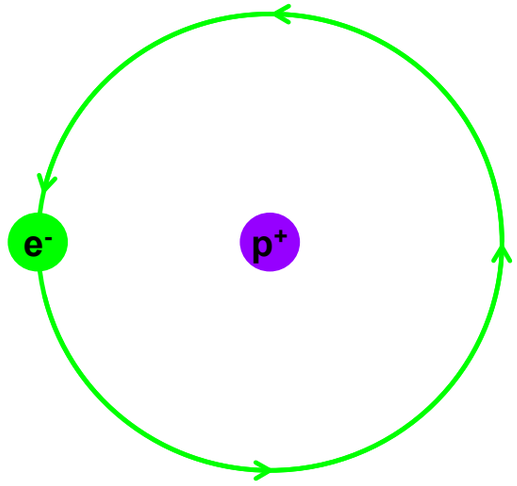


Bild 13: kreisförmige Umlaufbahn des Elektrons um den Atomkern

Sinan nickt.

„Bohr experimentierte viel mit Wasserstoff, um mehr über die Bewegung der Elektronen zu erfahren, und entwickelte so seine Theorie mit der kreisförmigen Umlaufbahn“, erklärt Sinan.

„Er wusste, dass Energie benötigt wird, wenn eine Bewegung ausgeführt werden soll“, fährt Sinan fort. „Bohr nahm daher an, dass ein Elektron, das sich in der Atomhülle bewegt, über eine bestimmte Energie verfügen muss, die es ihm ermöglicht auf seiner Bahn zu bleiben.

Ein Elektron“, fährt Sinan fort, „das auf einer etwas größeren Bahn etwas weiter außen um den Atomkern kreist, bräuchte dafür etwas mehr Energie.“

„Warum?“, fragt Max sofort.

„Denk noch mal an die Satelliten“, fordert Sinan ihn auf: „Damit ein Satellit überhaupt von der Erde in seine Bahn gelangt, benötigt er Treibstoff. Je nachdem, wie weit die Bahn des Satelliten von der Erde entfernt ist, desto mehr Treibstoff benötigt er, um zu dieser Bahn zu gelangen.“

„Ach so!“, sagt Louis.

„Bei den Elektronen kannst du es dir genauso vorstellen: „Ein **Elektron**, das sich auf einer Bahn nah am Atomkern befindet, benötigt weniger Energie, als ein **Elektron**, das sich auf einer weiter entfernten Bahn befindet“, fährt Sinan fort. „Weil wir uns im Moment ja nur für die Atomhülle interessieren und nicht für den Atomkern, zeichne ich den Atomkern mal nicht ganz so detailliert ein.“

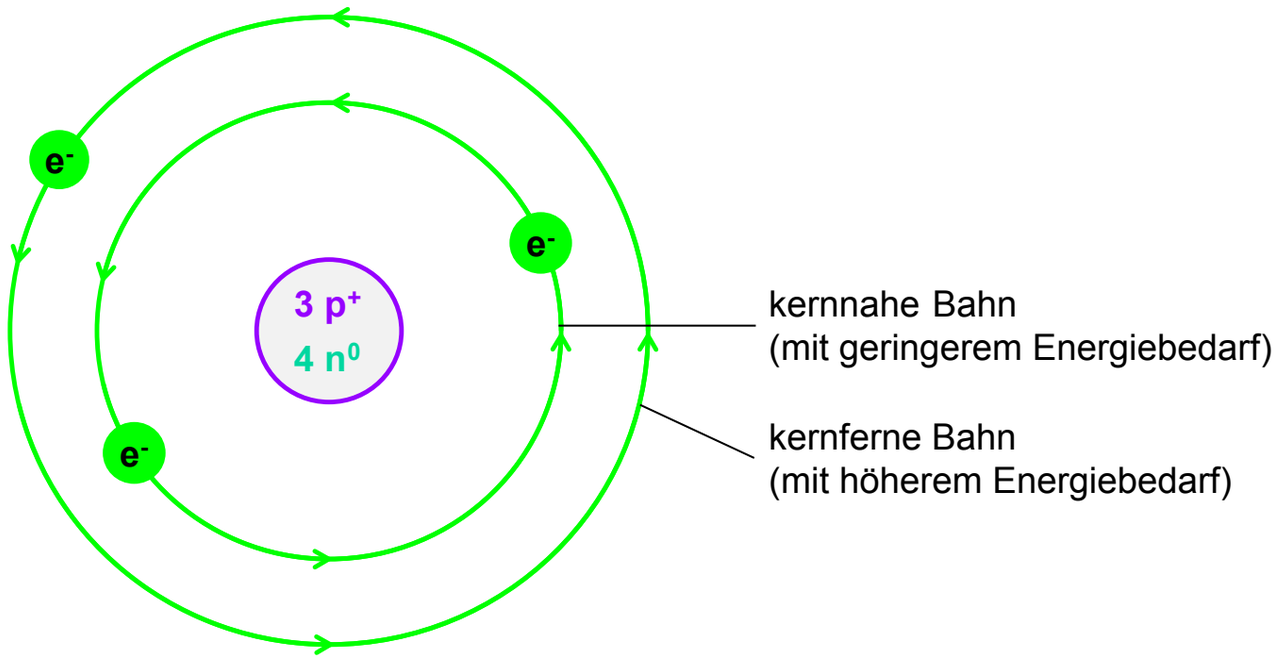


Bild 14: Elektronenschalen mit unterschiedlicher Entfernung zum Atomkern

„Diese Bahnen, auf denen sich die **Elektronen** um den Atomkern bewegen können, werden in **Bohrs Atommodell** als **Elektronenschalen** bezeichnet“, erklärt Sinan weiter.

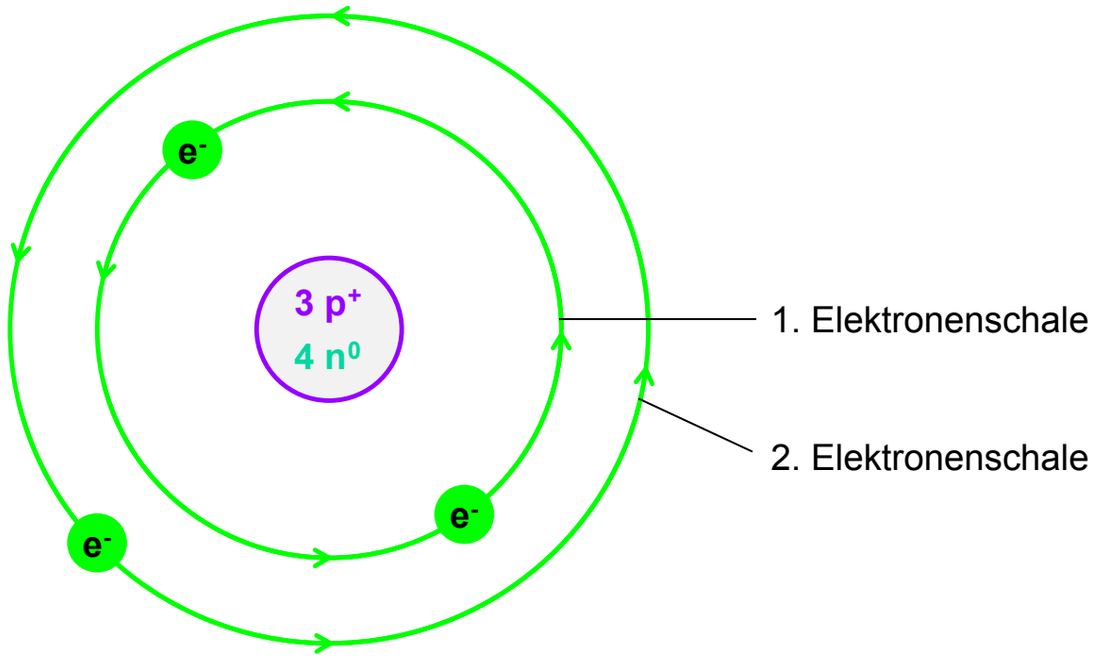


Bild 15: Elektronenschalen

„Weil die Elektronen auf den verschiedenen Elektronenschalen unterschiedlich viel Energie benötigen, um sich auf ihnen zu halten, wird auch häufig von **Energieniveaus** gesprochen“, fügt Sinan hinzu.

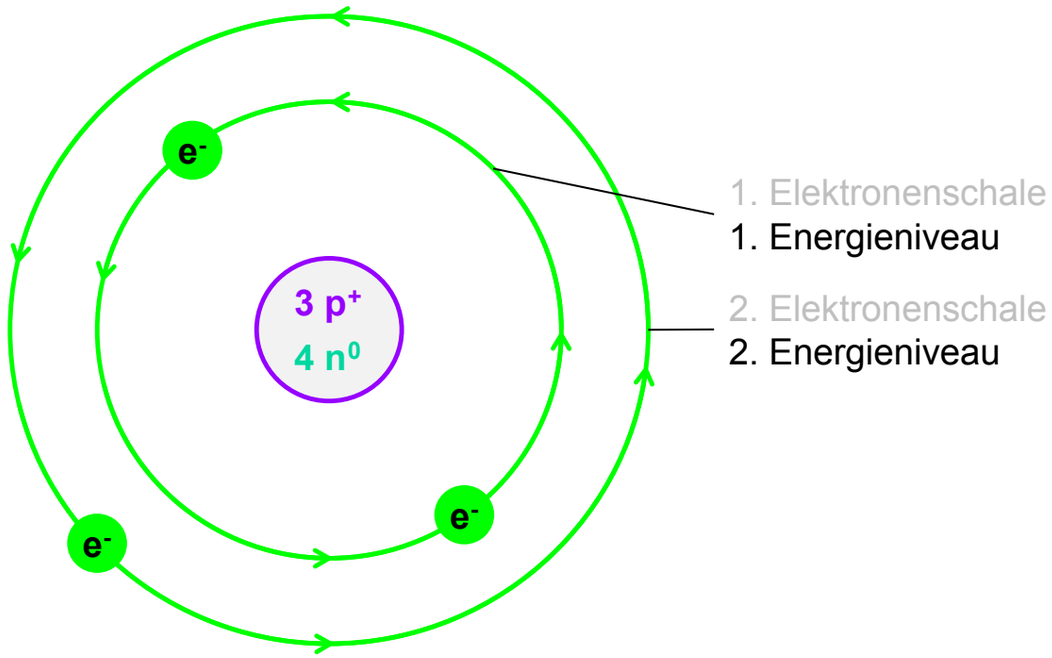


Bild 16: Energieniveaus

„Also hat ein Elektron, das hier auf dieser … Elektronenschale sitzt … “, fragt Merle und deutet auf die äußerste Elektronenschale.

„ … du meinst wohl *flitzt*, denn es bewegt sich doch“, unterbricht Max sie und grinst breit.

„Also hat ein **Elektron**“, setzt Merle erneut an, „das hier auf dieser Elektronenschale … *flitzt*“, und mit einem Seitenblick auf Max fährt sie fort, „mehr **Energie** hat als ein **Elektron**, das hier auf der innersten Elektronenschale sitzt … ehm … flitzt?“

„Richtig“, bestätigt Sinan. „Ich zeichne hier neben das Atom mal diese beiden Kästchen. Ihr könnt sie euch vorstellen, wie die Anzeige für die Akkuleistung eurer Handys: Je mehr blaue Füllung der Kasten hat, desto mehr Energie hat das Elektron.“

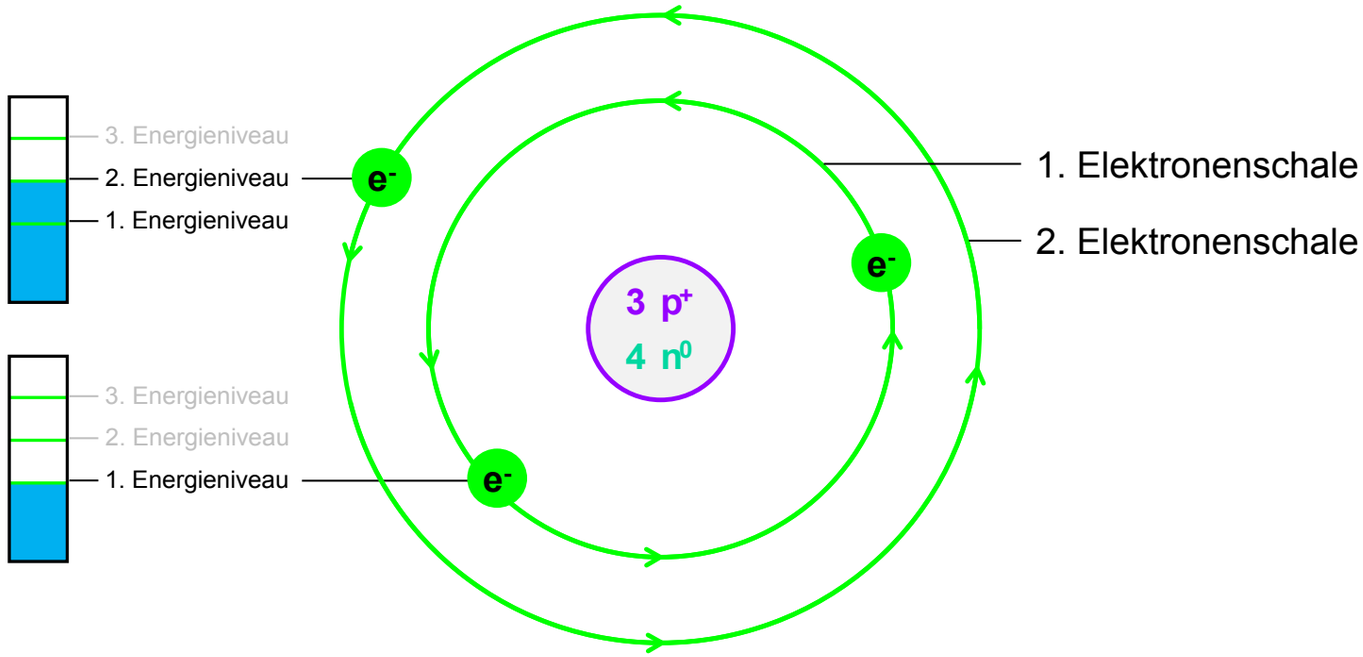


Bild 17: unterschiedliche Energie der Elektronen auf verschiedenen Elektronenschalen

„Und das hat dieser Herr Bohr herausgefunden?“, fragt Louis.

„Das ist das Atommodell, das er sich überlegt hat“, schränkt Sinan ein. „Mit Hilfe seiner Experimente konnte er außerdem zeigen, dass Elektronen sich nicht in jedem beliebigen Abstand zum Atomkern aufhalten können, sondern dass sie nur bestimmte Energieniveaus einnehmen können.“

„Wie meinst du das?“, fragt Max.

„Bohr bestrahlte Wasserstoffatome mit unterschiedlich viel Energie“, berichtet Sinan. „Nur bei bestimmten **Energiemengen** war es ihm möglich das **Elektron** des Wasserstoffatoms von der Elektronenschale, auf der es sich normalerweise aufhält, auf eine Elektronenschale darüber anzuheben.

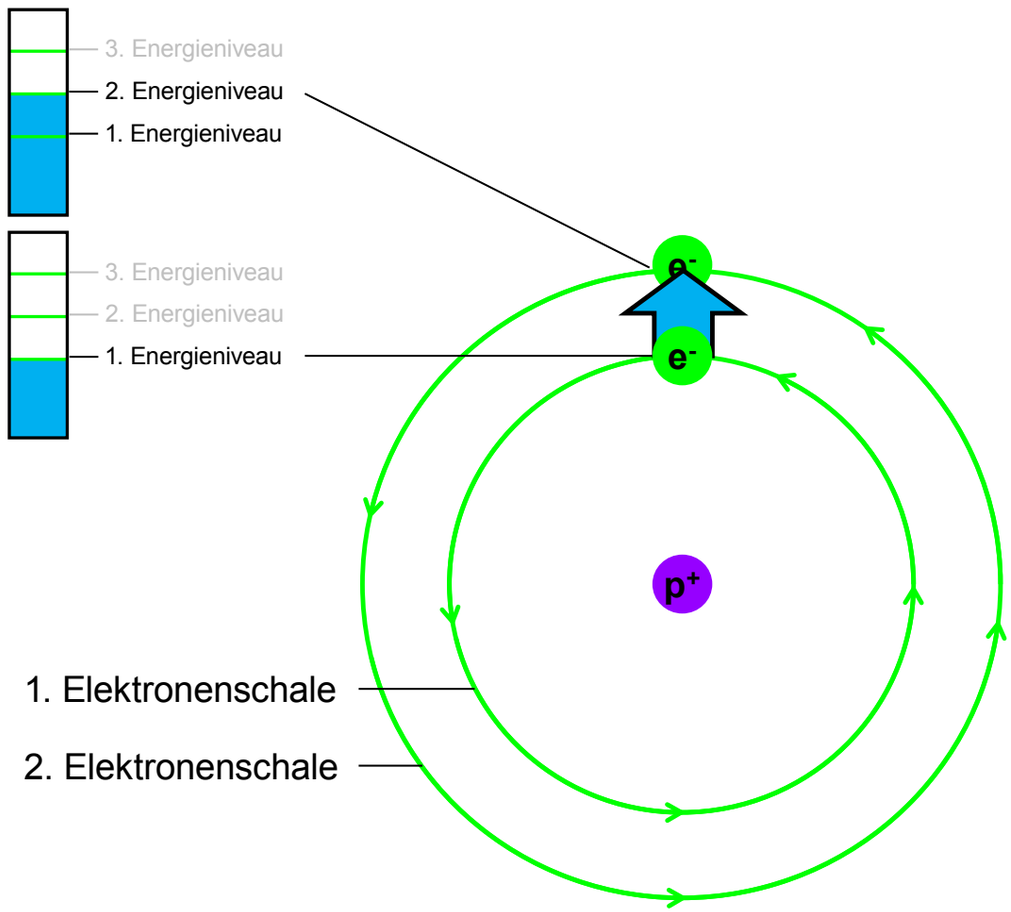


Bild 18: Elektronensprung

Wenn das Elektron sich auf *seiner* Schale aufhält, befindet es sich im **Grundzustand**, der Aufenthalt in einer Schale darüber wird als **angeregter Zustand** bezeichnet“, erläutert Sinan. „Um vom Grundzustand in den angeregten Zustand zu gelangen, benötigt ein Elektron eine bestimmte Menge Energie. Der blaue Kasten muss also aufgefüllt werden – und zwar genau bis zur nächsten Markierung.

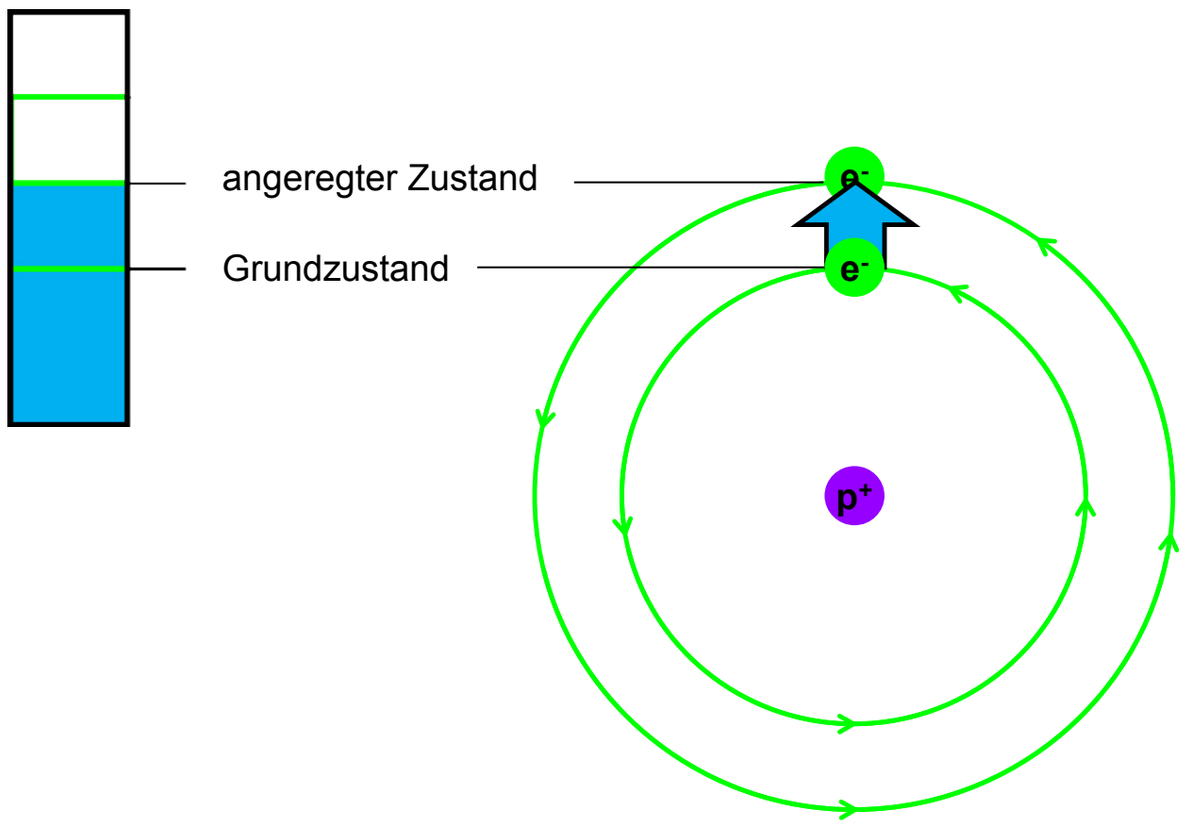


Bild 19: Energiedifferenz zwischen Grundzustand und angeregtem Zustand

Wenn Bohr dem Elektron die richtige Menge Energie zuführte, bewegte es sich vom Grundzustand in den angeregten Zustand“, fährt Sinan fort. „Wenn er allerdings auch nur ein bisschen weniger Energie einsetzte, geschah nichts.

Aus dieser Beobachtung schloss er, dass sich das Elektron nur entweder hier, auf der Elektronenschale direkt am Atomkern, oder hier, auf der Elektronenschale im höheren Energieniveau darüber, aufhalten kann.“

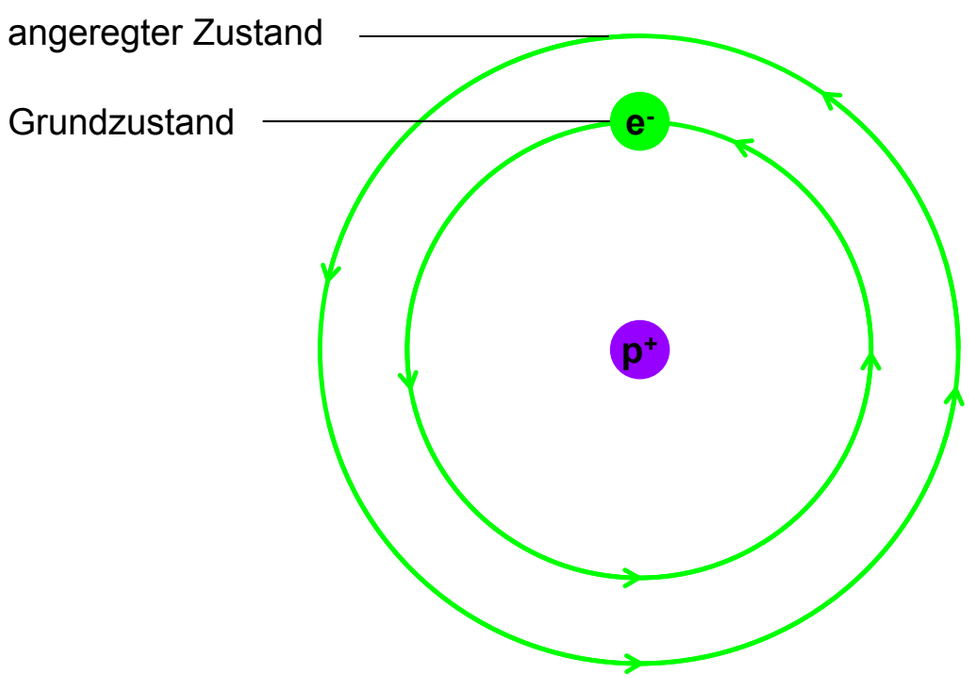


Bild 20: mögliche Aufenthaltsorte des Elektrons

„Aber nicht dazwischen?“, fragt Louis.

Sinan nickt: „Genau. Ein Elektron, kann sich entweder im Grundzustand, also auf *seiner* Elektronenschale näher am Atomkern, oder im angeregten Zustand, also auf einer höheren Elektronenschale, befinden. Aber zwischen zwei Elektronenschalen kann sich das Elektron nicht aufhalten.“

Fasse alle Informationen über die Bewegung der Elektronen zusammen, bevor du weiter liest.

„Und wenn ein **Elektron** nur ein bisschen mehr **Energie** hat, als es für seine Elektronenschale braucht“, fragt Max, „aber nicht genug für die nächste Elektronenschale?“

„Dann bleibt es in seinem Grundzustand auf dem unteren Energieniveau“, antwortet Sinan.

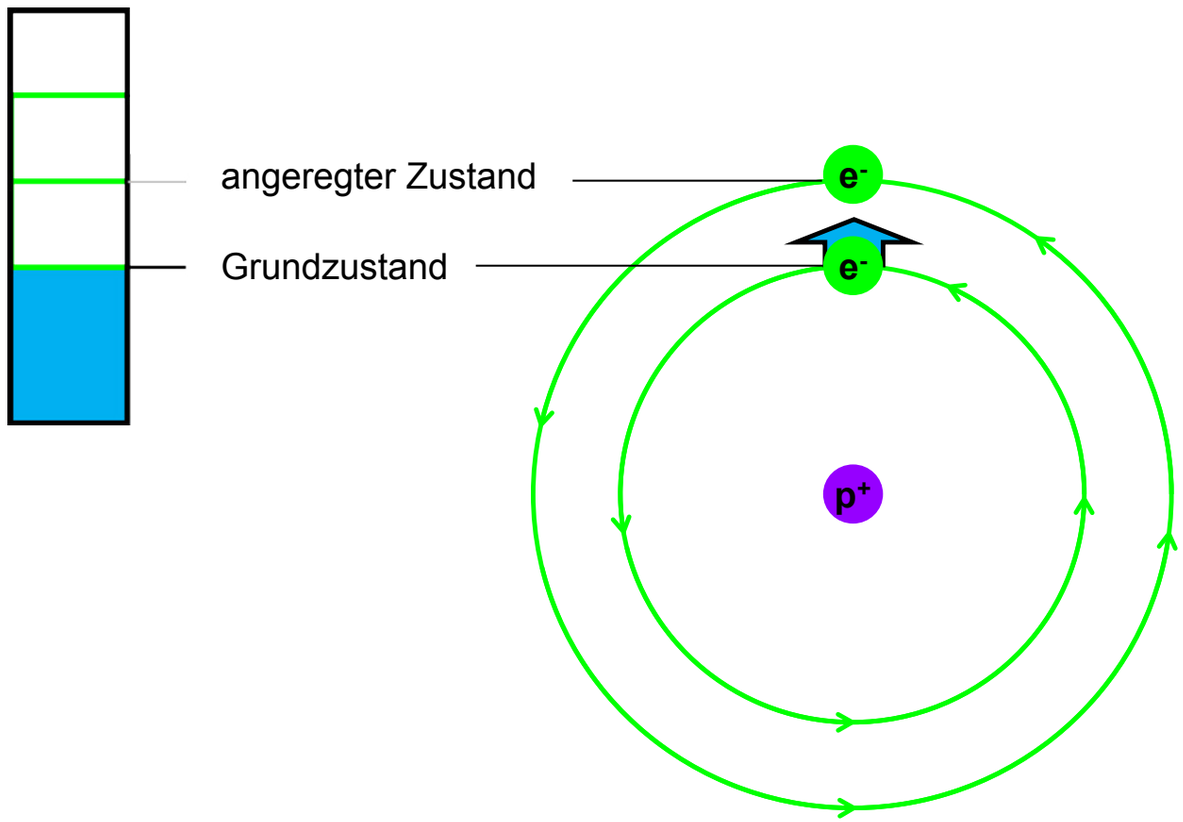


Bild 21: zu geringe Energiezufuhr für einen Elektronensprung

Max sieht ein bisschen enttäuscht aus.

„Auch nicht, wenn es *fast* genug Energie hätte?“, fragt Louis weiter.

„Nein auch dann nicht“, sagt Sinan und lacht. „Du kannst es dir vielleicht ein bisschen vorstellen wie bei einer Treppe: Entweder du hebst deinen Fuß hoch genug, um ihn auf die nächste Stufe zu setzen, oder du stolperst zurück auf die Stufe, auf der du dich gerade befindest.“

„Hmhm“, macht Louis.

„Und *das* ist jetzt das tolle Neue an diesem Atommodell von Bohr?“, fragt Max ein bisschen enttäuscht. „Dass die Elektronen sich nur auf diesen Elektronenschalen befinden können?“

„Das ist die Grundidee von Bohr“, stimmt Sinan zu. „Man hat allerdings noch etwas weiter daran geforscht und noch mehr herausgefunden“, fügt er dann hinzu.

„Nicht noch mehr!“, stöhnt Louis; und auch Merle, die gerade festgestellt hat, dass sie nur noch eine unbeschriebene Seite auf ihrem Notizblock hat, wirkt ein bisschen gestresst.

„Dann erklär uns das lieber auch noch“, sagt Max, der nichts davon bemerkt hat, „sonst schimpft Herr Schulte wieder.“

„Heute habe ich leider keine Zeit mehr“, sagt Sinan mit einem Blick auf die Uhr.

„Warum?“, fragt Max, der auch auf die Uhr geguckt hat und festgestellt hat, dass es erst sechs Uhr ist.

„Ich habe noch eine Verabredung“, sagt Sinan und grinst.

„Ahaaa!“, macht Max und grinst noch breiter.

„Danke, dass du uns geholfen hast, Sinan!“, sagt Merle, der Max‘ Grinsen ein bisschen peinlich ist.

„Danke Sinan“, sagt auch Louis.

Während Max Sinan zur Tür bringt, murmelt Louis noch: „Warum grinsen immer alle so, wenn sie eine Verabredung haben? Oli hat heute auch eine Verabredung und hat die ganze Zeit rumgenervt.“

Merle wirft Louis über ihre Notizen hinweg einen vorwurfsvollen Blick zu, aber Louis bemerkt das nicht, weil Max gerade zurückkommt.

TESTE DEIN WISSEN

TEIL IV: Schalen-Modell

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Elektronenschale

2) Atom (Bohr)

3) Energieniveau

4) Grundzustand

5) Angeregter Zustand

TESTE DEIN WISSEN

TEIL IV: Schalen-Modell

1) **Elektronenschale:**
   Bahn um den Atomkern, auf der sich ein Elektron bewegt.

2) **Atom (Bohr):**
   Ein Atom besteht aus einem Atomkern, indem sich die Protonen und Neutronen befinden, und aus einer Atomhülle, in der sich die Elektronen auf verschiedenen, festen Bahnen (Elektronenschalen) um den Kern bewegen.

3) **Energieniveau:**
   Abhängig vom Abstand zum Atomkern ist für die Bewegung auf einer bestimmten Bahn um den Atomkern eine bestimmte Energie notwendig, daher werden Elektronenschalen auch als Energieniveaus bezeichnet.

4) **Grundzustand:**
   Zustand, in dem sich das Elektron auf seiner Schale befindet.

5) **Angeregter Zustand:**
   Zustand, den das Elektron durch Energiezufuhr erreicht. Im angeregten Zustand besetzt das Elektron ein Energieniveau, das über dem Grundzustand liegt – also weiter weg vom Kern ist.

SUPER, DAS WAR TEIL IV

Weitere THEMENBEREICHE:

STOFFE

REDOXREAKTION

ALKANE

WASSER

SALZE

SÄUREN

MODELL-VORSTELLUNGEN

ERKENNTNIS-GEWINNUNG