

Zeitschrift: Pestalozzi-Kalender
Herausgeber: Pro Juventute
Band: 41 (1948)
Heft: [2]: Schüler

Artikel: Atome und Atomenergie
Autor: Müller, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-986932>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ATOME UND ATOMENERGIE.

Früheste Epochen der Menschheitsgeschichte werden bekanntlich durch Namen gekennzeichnet, die auf berühmte technische Errungenschaften des menschlichen Geistes hinweisen: Steinzeit, Eisenzeit, Bronzezeit. Unsere Grosseltern und Eltern lebten oder leben im Zeitalter der Maschine, des Motors, der Elektrizität. Mit uns aber, so wird man dereinst bestimmt sagen, hat auf wissenschaftlich-technischem Gebiet das Atomzeitalter begonnen.

Der Aufbau der Stoffe. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden durch Versuche die ersten zuverlässigen Erkenntnisse über den Aufbau der Materie gewonnen. Dank der unermüdlichen Forscherarbeit bedeutendster Männer der ganzen Welt wissen wir heute mit Sicherheit, dass alle Materie aus kleinsten Teilchen besteht. Sie heissen *Atome*, eigentlich zu Unrecht, denn der ursprünglichen Bedeutung des griechischen Wortes „*atomos* = unteilbar“ entspricht dies nach den neueren Forschungsergebnissen nicht mehr. Das Atom stellt die kleinste stoffliche Einheit des betreffenden chemischen Elementes dar. Die meisten Stoffe vereinigen allerdings in ihrer kleinsten stofflichen Einheit mehrere Atome, unter Umständen sehr viele, zu einem *Molekül* (*molecula* = kleine Masse). Ein Molekül Wasser z. B., das winzigste Wasser-, „Tröpfchen“, besteht aus 3 Atomen, nämlich 2 Wasserstoff-Atomen und 1 Sauerstoff-Atom (chem. Formel deshalb H_2O). – Aus verschiedensten Versuchen war zu schliessen, dass die Atome bzw. Moleküle ungeheuer klein und in ungeheurer Zahl vorhanden sein müssen. Es ist erwiesen, dass z. B. in 1 cm^3 Sauerstoff bei 0° Celsius und 1 Atmosphäre Druck bereits die unvorstellbar grosse Zahl von 54 Trillionen Atomen oder 27 Trillionen 2-atomige Sauerstoffmoleküle zusammengedrängt sind. Und dabei wiegt der ganze cm^3 Sauerstoff nur 0,001429 Gramm! Dividiert man diese Zahl somit durch 54 Trillionen (schreibe 54 mit 18 angehängten Nullen), so erhält man das Gewicht eines Sauerstoffatoms zu 26,6 Quadrillionstel Gramm = 0,000 000 000 000 000 000 000 0266 Gramm. Der Durchmes-

ser der Atome, die wir uns einmal als kleine Kügelchen vorstellen wollen, beträgt dabei ca. 1 Zehnmillionstel Millimeter! Vielleicht gewinnen wir eine etwas weniger blasse Vorstellung von der Zahl der Gasmoleküle in 1 cm^3 durch eine

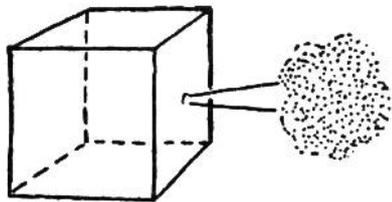


Fig. 1.

„Veranschaulichung“: In Fig. 1 haben wir einen cm^3 -Würfel gezeichnet, den wir uns mit einem beliebigen Gas (0° C ; 1 atm Druck) gefüllt denken. In der Seitenwand rechts haben wir ein kleines Löchlein angebracht, und wir wollen annehmen, dass immer nach einer

Sekunde auf Kommando 1 Million Moleküle wie ein Mückenschwarm aus dem Löchlein herauspuffen. Unsere Frage lautet nun: Wie lange dauert es, bis der letzte Millionen-Schwarm das Würfelchen verlassen hat? Antwort: 856 000 Jahre! —

Wie ist ein Atom aufgebaut? Eingehende Versuche haben ergeben, dass ein Atom immer aus zwei wesentlichen Teilen besteht, der sogenannten Elektronenhülle und dem zentral gelegenen Atom-Kern. Die Hülle wird von den Elektronen gebildet, die auf vorgeschriebenen Bahnen mit sehr grossen Geschwindigkeiten den Kern umkreisen. Alle Elektronen, die bis heute als unteilbare und gleichartige Gebilde gelten, besitzen unter sich gleiche Masse, die gegenüber der gesamten Masse des Atoms jedoch verschwindend klein ist, und tragen die kleinste bis jetzt festgestellte negative elektrische Ladung. Da nun aber jedes ungestörte Atom als ganzes elektrisch neutral ist, müssen irgendwo im Atom ebensoviele positive Ladungen vorhanden sein. Der Atom-Kern trägt dieselben.

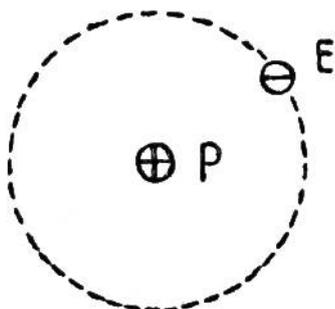
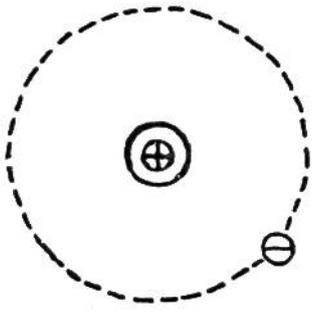


Fig 2.

Genaueste Untersuchungen ergaben ferner, dass die Atom-Massen der heute bekannten, beständigen 92 Elemente sich zueinander im wesentlichen wie ganze Zahlen verhalten. Das einfachste und leichteste Atom ist dasjenige des Elementes Wasserstoff (Fig. 2). Ein einziges Elektron bewegt sich um den eben-

so stark, aber positiv geladenen Kern dieses Atoms, den man kurz auch Proton nennt. Das Proton ist ebenfalls etwas Einheitliches; seine Masse können wir als Einheitsmasse für den Aufbau sämtlicher Atomkerne einführen. Der Wasserstoff-Kern, das Proton, ist gegenüber dem Durchmesser der Elektronenbahn, obschon er fast die Gesamtmasse in sich vereinigt, jedoch so ungeheuer klein, dass man die wahren Grössenverhältnisse in einer kleinen Zeichnung gar nie richtig wiedergeben kann. Der Kerndurchmesser ist ca. 100 000 mal kleiner als der Atomdurchmesser, d.h.: stellte z.B. der äussere Rand der Stadt Zürich, der grössten Schweizerstadt, die Elektronenbahn dar, so hätte man auf dem zentral gelegenen Paradeplatz den Atomkern als einen Apfel zu suchen! – Das nächst schwerere Atom ist dasjenige des Edelgases Helium. Sein Atom-Gewicht ist rund 4 mal so gross wie dasjenige des Wasserstoffs, und es besitzt 2 Elektronen in der Hülle. Woraus besteht nun dieser Atomkern? Bis zum Jahre 1930 glaubte man auf Grund gewisser Tatsachen (natürliche Radioaktivität), dass im Atomkern neben den Protonen auch Elektronen enthalten seien. Den Helium-Kern dachte man sich deshalb aus 4 Protonen und 2 Elektronen aufgebaut, so dass sich mit den 2 Elektronen in der Hülle tatsächlich ein elektrisch neutrales Helium-Atom mit der Masse 4 erklären liess. Mit der Zeit häuften sich jedoch die Schwierigkeiten, die eine derartige Annahme mit sich brachte, aus verschiedenen Gründen ganz beträchtlich. 1930–1932 entdeckten nun aber der Deutsche Bothe, die Franzosen Joliot-Curie und der Engländer Chadwick zur grössten Überraschung der wissenschaftlichen Welt ein sonderbares, neues „Elementarteilchen“, das Neutron. Seine Masse ist praktisch gleich derjenigen des Protons, aber es trägt keine elektrische Ladung. Mit dieser Entdeckung beginnt das Atomzeitalter. Seit dieser Entdeckung ist man sicher, dass ein Atomkern aus Protonen und Neutronen besteht, wobei die Protonenzahl gleich der Elektronenzahl der Hülle ist. Die zusätzlichen Neutronen bestimmen mit den Protonen zusammen die Gesamtmasse des Kerns. In den Fig. 3–5 stellen wir die 3 leichtesten Atome nach den heutigen Kenntnissen schematisch dar. In



⊕ = Proton

● = Neutron

⊖ = Elektron

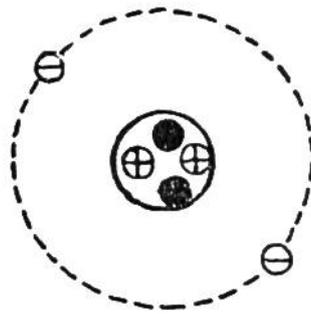


Fig. 4: Helium.

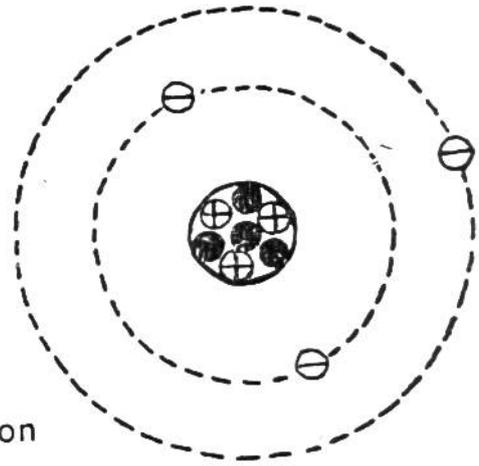


Fig. 5: Lithium.

Fig. 3: Wasserstoff.

dieser Weise hat man sich die 92 verschiedenen Atome aufgebaut zu denken, wobei beim schwersten, dem Uran, 92 Elektronen die Hülle, 92 Protonen + 146 Neutronen den Kern bilden. —

Für das Verständnis des künstlich erzeugten Kernzerfalls (sog. „Atomzertrümmerung“) ist es von grösster Wichtigkeit zu wissen, dass gewisse Kerne dazu neigen, weitere Neutronen kurze oder längere Zeit aufzunehmen, wodurch der elektrische Charakter des ganzen Atoms und damit seine chemischen Eigenschaften in keiner Weise geändert werden; d. h., ein und dasselbe chemische Element kann aus zwei oder mehreren Atom-Sorten verschiedener Masse gebildet werden (sog. isotope Elemente). Mit solchen Kernveränderungen sind nun stets Energieänderungen im Kern verbunden, und zwar in dem Sinne, dass, besonders bei den schweren Elementen, beim Einbau von weiteren Neutronen der Kern in einen unsicheren Zustand versetzt wird, den er unter Umständen unter gewaltiger Energieabgabe verlässt. (Zum Vergleich denke man an eine auf einer Fingerspitze senkrecht balancierende, schwere Stange, die infolge einer kleinsten Störung (= Aufnahme eines Neutrons) aus dieser unsicheren Gleichgewichtslage stürzt und beim Auffallen etwas zerstören kann.) Der Kern zerplatzt dann unter gleichzeitiger Aussendung von Protonen oder Neutronen in Bruchstücke. Diese besitzen, genau wie ein schnell fliegendes Geschoss, Energien, die die-

jenigen, welche von den heftigsten chemischen Reaktionen her bekannt sind, um mehr als das 10 000-fache übersteigen.

Kernreaktionen und Atombombe. Jedem ist der Begriff der chemischen Reaktion bekannt. Entzünden wir durch einen Funken ein Gemisch von 2 Volumteilen Wasserstoff und 1 Volumteil Sauerstoff (Knallgas), so entsteht mit starkem Explosionsknall Wasser. Die Energie, die bei diesem Vorgang frei wird, kommt daher, dass sich die daran beteiligten Atome des Gasgemischs vor der Entzündung in einem unsicheren Zustand befinden, den sie unter Energieabgabe (Explosion) verlassen, um nachher eine energieärmere Gruppierung zu bilden. Nun haben wir aber bereits gehört, dass auch in den Atomkernen durch Aufnahme von Neutronen solche energieverändernde Umstellungen seiner Bausteine eintreten können. Die Neutronen zeigen die Eigenschaft, dass sie als elektrisch ungeladene Teilchen leicht in die unmittelbare Nachbarschaft von Kernen vordringen, besonders wenn sie sich langsam bewegen, von diesen aufgenommen werden und so in der Folge die bereits erwähnte Zersplitterung des Kerns einleiten können. Der Italiener Fermi entdeckte als erster diese Kernreaktionen. Die grossen Energien, welche die einzelnen Kerntrümmer nach dem Zerplatzen besitzen, werden bei einem einzelnen gespaltenen Atomkern nie augenfällig in Erscheinung treten. Das muss hingegen der Fall sein, wenn es gelingt, die ungeheure Zahl von Atomkernen z.B. in 5 kg Uran auf einen Schlag zum Zerplatzen zu bringen. Dazu ist aber notwendig, dass alle Uranatome fast gleichzeitig Gelegenheit erhalten, ein langsames Neutron einzufangen, d.h. eine sehr ergiebige Neutronenquelle ist notwendig. – Im Jahre 1939, also kurz vor Ausbruch des grossen Krieges, entdeckten die beiden Deutschen Hahn und Strassmann, dass das sehr seltene Uran-Isotop mit der Masse 235 (92 Protonen + 143 Neutronen im Kern), und nur dieses, durch Aufnahme eines langsamen Neutrons in sehr energiereiche Trümmer zerplatzt, unter denen – dies ist das Wichtigste – sich mehrere Neutronen befinden. Gelingt es, diese wieder zu verlangsamten, so können sie weitere benachbarte Uran-235-

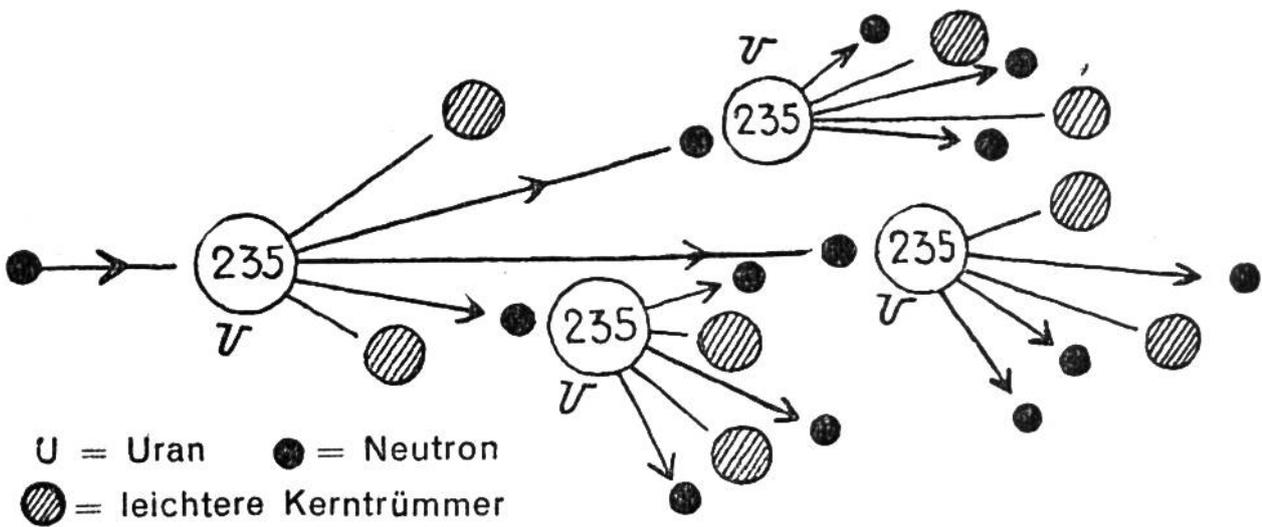


Fig. 6. Kettenreaktion.

Atome (U_{235}) zum Zerfall bringen, wodurch in kürzester Zeit ein lawinenartiges Anschwellen der Kernreaktionen, eine sogenannte Kettenreaktion stattfindet (Fig. 6). Die Temperatur, die infolge der sehr rasch bewegten Bruchstücke entsteht, ist ausserordentlich hoch und übersteigt ganz wesentlich die Temperatur der Sonnenoberfläche (6000° C). Bei der vollständigen Spaltung von 1 kg U_{235} werden in Form von Wärme ca. 16 Milliarden Kilokalorien frei, was (im Bruchteil einer Sekunde entwickelt!) der Verbrennungswärme von 2 Millionen kg hochwertiger Kohle gleichkommt. Aus diesem U_{235} wurden die ersten Atombomben (Hiroshima und Nagasaki, 6. und 9. August 1945) zusammengestellt. Wie die Bombe zur gewünschten Zeit gezündet wird und welches die langwierigen und gefährlichen Fabrikationsprozesse sind, das sind heute noch streng gehütete Geheimnisse.

Die Atomenergie-Maschine. Eine technische Auswertung der gewaltigen, in den Uran-Atomkernen schlummernden Energie-Vorräte konnte nur in Frage kommen, wenn es gelang, den zeitlichen Ablauf einer solchen Kettenreaktion zu verlangsamen und zu regulieren. Es sei vorweggenommen, dass bereits seit Winter 1942 in Chicago eine solche Uran-Maschine mit ca. 1000 Kilowatt Leistung in Dauerbetrieb steht. Seither sind weitere Anlagen bis zu 600 000 Kilowatt (= Leistung von 400 vollbelasteten elektrischen SBB-Lokomotiven) er-

stellt worden. Die geniale Ausführung solch steuerbarer Maschinen ist auf Grund folgender Überlegungen möglich geworden: Für die Herstellung der Atombombe war, zwecks schlagartiger Explosion aller Atomkerne, wie wir gehört haben, das reine U_{235} nötig. Dessen Gewinnung ist aber ausserordentlich schwierig und erfordert so grosse Geldmittel, dass sie für technische Zwecke gar nicht in Frage kommen kann. Man sollte also das gewöhnliche Uran, das aber zur Hauptsache aus U_{238} und nur ganz wenig U_{235} besteht, verwenden können. Dieses U_{235} wäre im natürlichen Uran somit für die Kettenreaktion und damit als Energielieferant vorhanden. Aber das U_{238} ist nun der „Spielverderber“. Es verschluckt nämlich sofort die durch U_{235} gebildeten Neutronen, und die Kettenreaktion hört alsbald auf und damit auch die Energieerzeugung. Dabei entsteht aus dem U_{238} allerdings das bisher unbekannte Element Plutonium. Die glänzende Idee bestand nun darin, die im natürlichen Uran von den wenigen U_{235} -Kernen gebildeten Neutronen sofort nach ihrer Entstehung aus dem Uran wegzuführen, sie ausserhalb desselben zu verlangsamen, um sie dann erneut auf Uran loszulassen usw. Als solcher „Verlangsamer“ oder Moderator eignet sich besonders gut reiner Graphit (Kohlenstoff), an dessen Atomen die Neutronen durch wiederholten Zusammenstoss mit der

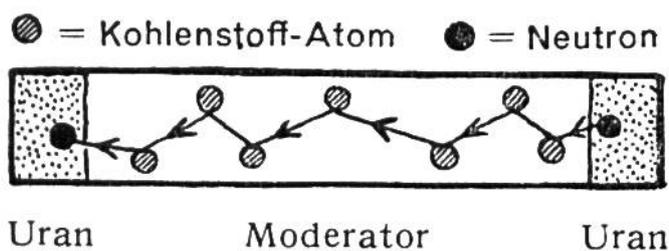


Fig. 7.

Zeit einfach verlangsamt werden (Fig. 7). Wenn es schliesslich noch gelingt, die Zahl der verlangsamteten Neutronen vor ihrer weiteren U_{235} -Spaltung auf dem Weg durch den

Moderator durch Stoffe wie Borstahl zu regulieren (dieser verschluckt die Neutronen), so muss eine steuerbare Atomenergie-Maschine möglich sein. – Eine solche „Maschine“, welche die Kernenergie immer in Form von Wärme abgibt, ist somit im Prinzip wie im Aussehen sehr einfach gebaut: In einem mächtigen Graphitblock von ca. $5 \times 5 \times 5$ m sind in bestimmten Abständen Stäbe aus natürlichem Uran eingebettet. Das Ganze wird wiederum mit Borstahlstäben durchsetzt, die als

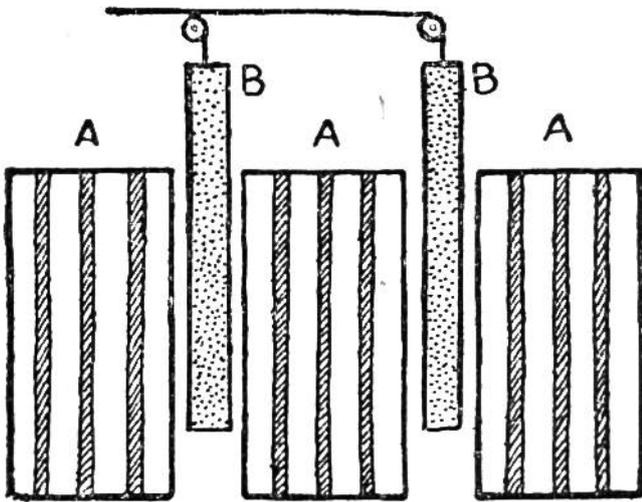


Fig. 8.
A = Uran-Graphit-Block;
B = Borstahl.

Regulatoren dienen und nach Belieben mehr oder weniger tief in den Block eingesenkt werden können (Fig. 8). Die Maschine beginnt von selbst zu arbeiten, da das zur ersten Kernreaktion nötige Neutron in der Atmosphäre (Höhenstrahlung) zur Verfügung steht. Die ganze Umgebung einer solchen Anlage muss durch dicke Wasser- und Betonwände sehr gut gegen die starke radioaktive Strahlung der Maschine geschützt werden, da diese sonst verheerende Wirkungen auf alle Lebewesen ausüben würde.

Man kann beweisen, dass ein solches „Urankraftwerk“ nur funktioniert, wenn der Block eine minimale Grösse überschreitet. Von einer derartigen Energiequelle in Taschenformat kann deshalb nicht die Rede sein. Das bedeutet, dass die Atomenergie-Werke nur für Gross-Anlagen, allenfalls noch für Schiffe, niemals aber für den Betrieb von Flug- oder Strassenfahrzeugen in Frage kommen. In welchem Masse die Uran-Maschine unsere Energiewirtschaft in Zukunft bestimmen wird, hängt weitgehend von den Beschaffungsmöglichkeiten des Rohstoffes Uran ab. Das Schreckgespenst, das hinter all diesen friedlichen Zukunftsplänen lauert, heisst Atombombe; denn über dem Ganzen lastet ein Fluch: wer nämlich die Atomenergiemaschine besitzt, stellt automatisch, wie wir gehört haben, ansehnliche Mengen von Plutonium her, welches sich aber neuerdings ebenso wie das U_{235} zur Herstellung der Atombombe eignet.

Dr. Fritz Müller