

SCHRIFTEN DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

2

W. Walcher

# Das Atom als Energiequelle



N. G. ELWERT VERLAG, MARBURG

1952

Das Thema „Das Atom als Energiequelle“ mag den Anschein erwecken, als ob über jenen Komplex von Erscheinungen berichtet werden soll, der heute in aller Munde ist, über den wir täglich in den Zeitungen lesen können und der durch das Wort „Atomenergie“ gekennzeichnet werden kann. Dies ist nicht meine Absicht. Diese besteht im Gegenteil darin, zu zeigen, daß in allen Energiequellen die Atome die Energieerzeuger sind, daß also auch in den Energiequellen unseres täglichen Lebens — etwa im Streichholz, mit dem wir eine Zigarette entzünden — „Atomenergie“ produziert wird. Sobald wir nämlich den Begriff „Atomenergie“ in seiner einfachen Bedeutung untersuchen, erkennen wir, daß das Schlagwort „Atomenergie“, das uns von der Atombombe her geläufig ist, nur einen Teil der energieliefernden Vorgänge im Atom umfaßt, daß es also schlecht gewählt ist. Wollen wir ein Bild von den atomaren energieerzeugenden Vorgängen entwerfen, so werden wir uns zweckmäßig zuerst mit den Teilbegriffen vertraut machen. Was ist ein „Atom“ und was ist „Energie“? Wenn wir uns hierüber klar geworden sind, werden wir kurz Umschau zu halten haben, welches unsere Energiequellen sind, und erst dann können wir die Frage nach der Rolle der Atome bei der Energieerzeugung beantworten.

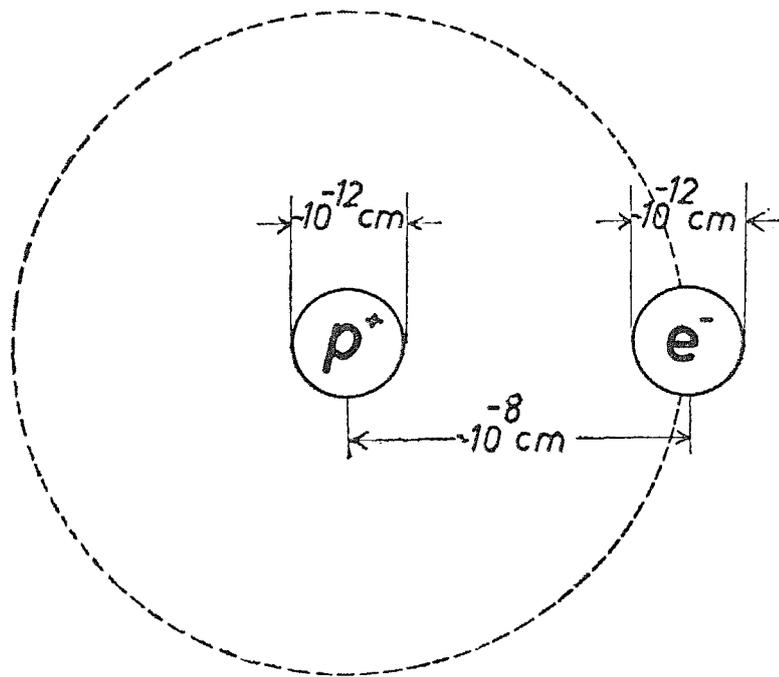


Fig. 1: Wasserstoffatom. Kern: 1 Proton, Ladungszahl  $Z = 1$ . Hülle: 1 Elektron, Atomgewicht  $A = 1$  (Einheit).

Beginnen wir mit einer kleinen Anatomie des Atoms.

Das Atom ist nach unserer heutigen Kenntnis nicht ein „Un-  
teilbares“; wir denken es uns aufgebaut wie ein kleines Planeten-  
system. Ein Zentralkörper, die Sonne, wird umkreist von einer An-  
zahl von Planeten. Die „Sonne“ nennen wir den Atomkern, die  
„Planeten“ sind die Elektronen; sie sind die kleinsten Einheiten  
der Elektrizität und gehören zu den Elementarteilchen, die wir hier  
einmal als unteilbare Bausteine hinnehmen wollen. Die Elektronen  
sind negativ geladen; der Atomkern hingegen trägt eine positive  
Ladung. Er ist aber kein Elementarteilchen, sondern auch ein zu-  
sammengesetztes Gebilde, aufgebaut aus zwei Sorten von Elemen-  
tarteilchen, den Protonen und den Neutronen. Die Protonen  
tragen eine ebenso große positive Ladung wie die Elektronen eine  
negative, die Neutronen sind, wie ihr Name sagt, elektrisch neutral.  
Die Massen — oder wie wir im täglichen Leben sagen, das Gewicht  
— von Proton und Neutron sind praktisch gleich groß, die Elektronen  
hingegen haben eine sehr viel kleinere Masse, und zwar ist die  
Elektronenmasse nahezu  $1/2000$  der Protonenmasse.

Die Atome der verschiedenen Elemente erhalten wir durch Zu-  
sammenfügen einer passenden Zahl solcher Elementarteilchen. Aus  
Protonen und etwa gleich vielen Neutronen bauen wir zunächst den

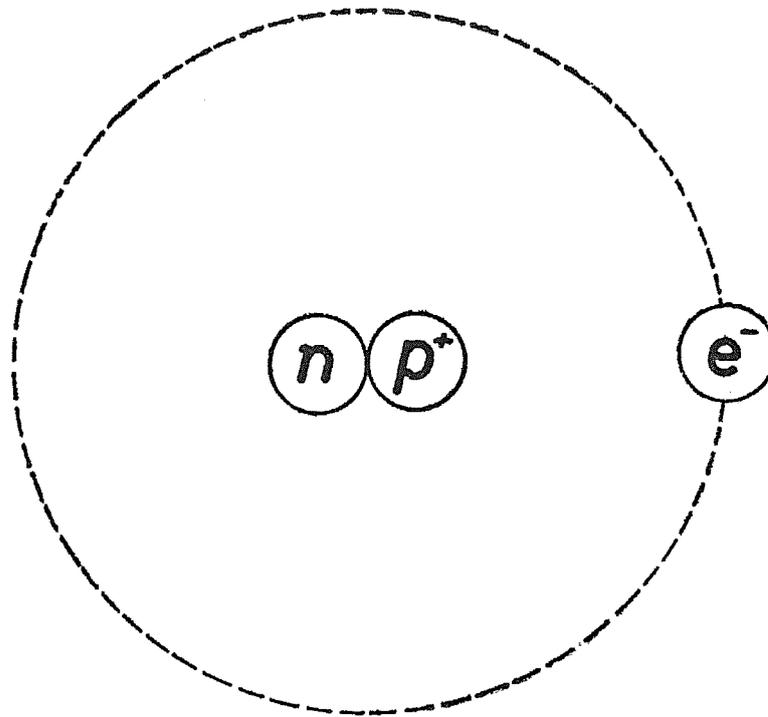


Fig. 2: „Schweres“ Wasserstoff-Atom. Kern: 1 Proton, 1 Neutron,  $Z = 1$ . Hülle: 1 Elektron.  $A = 2$ .

Kern auf, dann bringen wir so viel Elektronen auf Kreis- oder Ellipsenbahnen hinzu, daß das ganze Gebilde, das wir nun Atom nennen, elektrisch neutral wird.

Der einfachste Fall ist das Wasserstoffatom (Fig. 1). Es besteht aus einem Proton als Kern und einem Elektron als Planet. Der Abstand zwischen beiden ist etwa 10 000 mal so groß wie der Durchmesser von Proton und Elektron, die beide ungefähr dieselbe Größe haben; er beträgt etwa 1/100 000 000 Zentimeter.

Dieses Aufbauprinzip können wir weiter verfolgen: Wir bauen uns das nächstschwerere Atom auf. Es ist der berühmte schwere Wasserstoff (Fig. 2). Wir fügen zum Kern des Wasserstoffatoms, also zum Proton, ein Neutron hinzu und erhalten einen Kern, der doppelt so schwer wie der Wasserstoffkern ist, aber noch die gleiche Ladung trägt. Wir brauchen also an der Hülle unseres neuen Atoms nichts zu ändern, und da die Hülle die chemischen Eigenschaften unserer Atome bestimmt, ist unser neues Atom ein doppelt schweres Wasserstoffatom, oder wie wir sagen, ein Wasserstoffatom mit dem Atomgewicht 2, indem wir das gewöhnliche Wasserstoffatom als Atomgewichtseinheit nehmen. Wir haben damit ein „Isotop“ des Wasserstoffs erhalten.

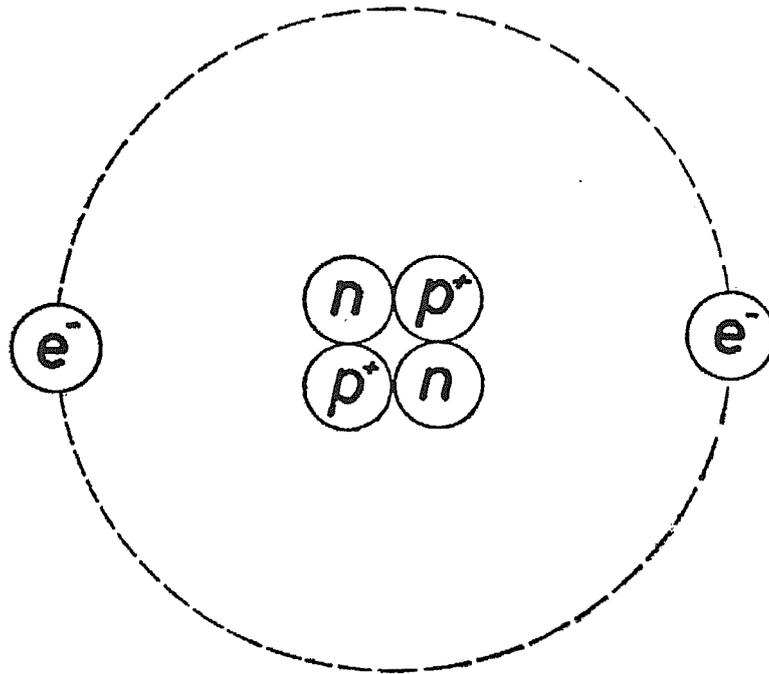


Fig. 3: Heliumatom. Kern: 2 Protonen, 2 Neutronen,  $Z = 2$ . Hülle: 2 Elektronen.  $A = 4$ .

Schreiten wir im Aufbau unserer Atome fort und fügen einen Kern aus zwei Protonen und zwei Neutronen zusammen, so müssen wir in die „Elektronenschale“ 2 Elektronen setzen, um ein neutrales Atom zu erhalten. Es ist das Helium-Atom (Fig. 3). Seine Kernladungszahl ist also 2, sein Atomgewicht 4, wobei wir anmerken, daß für das Atomgewicht nur die Zahl der Protonen und Neutronen verantwortlich ist, weil die Elektronen ein so kleines Atomgewicht ( $1/2000$ ) haben. Der Kern des Heliumatoms begegnet uns beim radioaktiven Zerfall, er wird dort  $\alpha$ -Teilchen genannt.

So können wir fortschreiten und nacheinander alle Atome der uns bekannten Elemente aufbauen: Aus 3 Protonen und 3 Neutronen im Kern, 3 Elektronen in der Hülle erhalten wir ein Lithiumatom mit dem Atomgewicht 6 (Fig. 4a), hätten wir hingegen 4 Neutronen genommen, so würden wir das Lithiumisotop mit dem Atomgewicht 7 erhalten haben (Fig. 4b). Mit 92 Protonen und 143 Neutronen im Kern, 92 Elektronen „planeten“ entsteht das Uranisotop mit dem Atomgewicht 235, das bei der Entwicklung der Atombombe eine große Rolle gespielt hat.

Wir dürfen unsere Betrachtungen über das Atom nicht abschließen, ohne auf ein weiteres Aufbauprinzip eingegangen zu sein. Wenn wir zwei Atome genügend nahe zusammenführen, so bilden

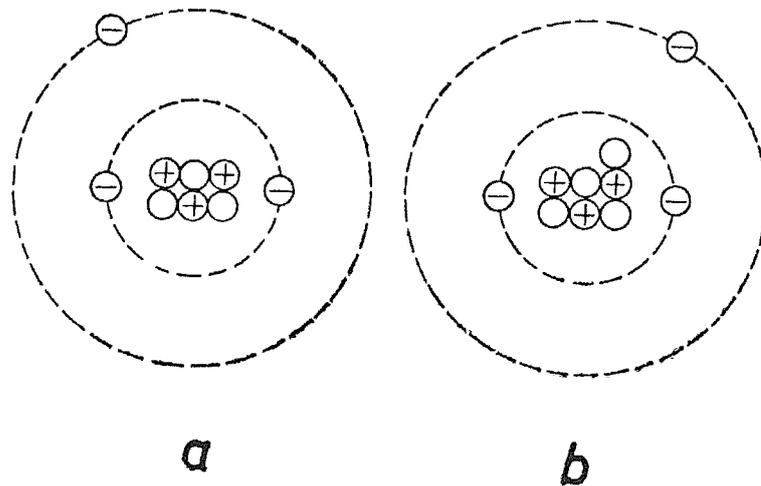


Fig. 4: Lithium-Atom, a und b Isotope.

a) Kern:  $3p + 3n$ ; Hülle:  $3e^-$ ;  $Z = 3$ ,  $A = 6$ .

b) Kern:  $3p + 4n$ ; Hülle:  $3e^-$ ;  $Z = 3$ ,  $A = 7$ .

sich aus den getrennten Elektronenhüllen durch Umlagerung der Elektronen teilweise gemeinsame Hüllen und das hat zur Folge, daß die beiden Atome als Molekül vereinigt bleiben. Aus so gebildeten zweiatomigen Molekülen (vgl. die schematische Fig. 5) bestehen der Sauerstoff und der Stickstoff unserer Luft, oder das Wasserstoffgas, das etwa 50% unseres Leuchtgases ausmacht.

Wenn wir nun wissen, was ein Atom ist, können wir uns ins Gedächtnis zurückrufen, was Energie ist. Mit dem Wort „Energie“ bezeichnen wir die Fähigkeit eines Körpers oder eines ganzen Systems von Körpern, Arbeit zu leisten. Beispiele werden uns dies klarer beleuchten. Wenn wir einen Stein vom Boden auf den Tisch heben, so müssen wir eine Arbeit leisten, die wir wieder gewinnen können, wenn der Stein auf den Boden, also in umgekehrter Richtung zurückgeführt wird; der Stein ist also in der „gehobenen Lage“ auf dem Tisch fähig, Arbeit zu leisten, und diesen Tatbestand drücken wir so aus, daß wir sagen, der Stein besitzt eine bestimmte Energie; im Beispiel ist es die Energie der Lage oder potentielle Energie. Wir setzen nun die Energie gleich der Arbeit, die wir gewinnen können und sind damit in der Lage, die Energie in Arbeitseinheiten zu messen. Aus dem täglichen Leben ist uns zum Beispiel von der Elektrizitätsrechnung die Kilowattstunde als Arbeits- oder Energieeinheit geläufig.

Lassen wir den Stein vom Tisch frei zu Boden fallen, so ist er in der Lage, zum Beispiel eine auf dem Boden liegende Glas-

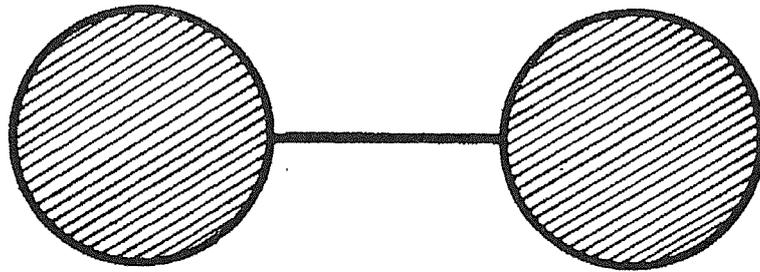


Fig. 5: Molekül aus 2 Atomen.

scheibe zu zertrümmern, also Arbeit zu leisten. Ihm wohnt also ebenfalls Energie inne, und zwar Energie der Bewegung oder kinetische Energie. Je größer die Geschwindigkeit des Körpers, desto größer seine kinetische Energie, in Formeln  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$ .

Die mannigfachen Formen, in denen wir täglich Energie verbrauchen, sind uns zu geläufig, als daß wir daran erinnern müßten. Unsere gesamte technische Zivilisation ist nichts anderes als eine geschickte Verwertung, Ausnutzung und Verwandlung der verschiedensten Energieformen. Wir wollen auch nicht vergessen, daß wir uns durch unsere Nahrung die Energiemengen zuführen, die wir zum Leben, also zu jeder Bewegung verbrauchen, und daß die Pflanze ihre Lebensenergie nicht nur aus den Nährstoffen, sondern auch von der Sonnenstrahlung bezieht, die wir in diesem Zusammenhang als besondere Energieform herausstellen wollen.

Fragen wir nun nach den Quellen der Energie, die uns zur Verfügung stehen, so sehen wir sehr bald, daß wir immer wieder auf eine besondere Energieform hingeführt werden, nämlich die Wärme, und daß der eigentliche Energieerzeugungsvorgang die Verbrennung ist. In der Dampfmaschine verbrennen wir die Kohle, im Verbrennungsmotor unseres Kraftwagens das Öl. Die Wasserkraftmaschine nutzt hochgelegene Wasserspeicher aus; sie werden gefüllt durch die Sonnenstrahlung, die im Tiefland Wasser verdampft und in die Höhen der Atmosphäre führt, von wo sie als Niederschläge in größeren Höhen aufgefangen werden. Die Sonnenstrahlung hat also das Wasser gehoben, das uns beim Herabfallen Arbeit leistet, und auch die Sonnenstrahlung entspringt einem Verbrennungsvorgang von Sonnenmaterie, auf den wir später zu sprechen kommen werden.

Mit dieser neu gewonnenen Erkenntnis, daß der eigentliche Energieerzeugungsvorgang die Verbrennung ist, verlagert sich also unsere Frage nach der Energieerzeugung ganz spezifisch auf die Verbrennungsvorgänge und die Wärme erzeugung, so daß uns als letztes — ehe wir in unser eigentliches Thema: „Das Atom als Energiequelle“ eintreten können — noch zu klären bleibt: Was ist Wärme, genauer was ist warm und kalt. Für den „Grad der Wärme“ hat der Physiker eine meßbare Größe eingeführt: Die Temperatur; jeder kennt diesen Begriff; aber wodurch unterscheidet sich ein warmer von einem kalten Körper?

Betrachten wir unsere Zimmerluft. Sie kann „warm“ oder „kalt“ sein. Was ist das? Unsere Luft besteht aus einer ungeheuer großen Zahl von Sauerstoff- und Stickstoffmolekülen. In jedem Kubikmeter Luft sind etwa  $10^{25}$  — das ist eine 1 mit 25 Nullen — solcher Moleküle enthalten; sie schwirren durcheinander wie die Bienen in einem Bienenschwarm, sie stoßen zusammen und stoßen gegen die Wände des Raumes. Sie haben also eine Geschwindigkeit und damit „kinetische Energie.“ Die Wärmeenergie eines Gases — ebenso die eines flüssigen oder festen Körpers — ist somit nichts anderes als die gesamte kinetische Energie seiner Moleküle. Je größer die kinetische Energie der Moleküle ist, desto höher ist die Temperatur des Körpers und umgekehrt. Wir haben damit die für alle weiteren Betrachtungen fundamentale Proportionalität zwischen Temperatur und mittlerer kinetischer Energie der Moleküle kennengelernt. Ich sage „mittlere kinetische Energie“, weil nicht alle Moleküle die gleiche Energie haben, es gibt schnellere und langsamere. Durch die gegenseitigen Stöße werden sie aber ihre Energie immer so ausgleichen, daß sie sich um einen mittleren Wert gruppiert. Hat allerdings ein Molekül eine erheblich höhere Energie, als diesem Mittelwert entspricht, so wird es bei den Stößen seine Energie an die große Masse der Moleküle abgeben, deren mittlere Energie und damit die Temperatur des Körpers erhöhen.

Und damit sind wir nun beim zentralen Punkt unserer Betrachtungen angelangt. Wenn es uns gelingt, einzelne Moleküle oder Atome mit besonders großer kinetischer Energie zu erzeugen, so werden diese das Gas — wir wollen in unsere Betrachtungen der Einfachheit halber nur Gase einbeziehen, für Flüssigkeiten und feste Körper gelten ganz analoge Überlegungen — „aufheizen“, seine Temperatur erhöhen, oder, wie man zu sagen pflegt, „Wärme erzeugen“. Da alle unsere Energiequellen — wie wir oben sahen — letzten Endes „Verbrennungsmaschinen“ sind, also Wärmekraftmaschinen, in denen „Wärme erzeugt“ wird, ziehen wir den Schluß,

daß beim Verbrennungsvorgang Atome oder Moleküle so hohe kinetische Energie erhalten, daß sie in der geschilderten Weise das ganze Gas aufzuheizen vermögen.

Sehen wir zu, wie sich der Verbrennungsvorgang abspielt. Wir wählen ein einfaches Beispiel, nämlich die Verbrennung von Leuchtgas. Leuchtgas enthält 50% Wasserstoffgas, weshalb wir uns auf die Betrachtung dieses Bestandteils beschränken können. Der andere „Reaktionspartner“ ist Sauerstoff, der aus der Luft in genügender Menge zur Verfügung steht. Nehmen wir also ein solches Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff, dann werden Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle zusammenstoßen (Fig. 6) und es passiert zunächst gar nichts. Wir müssen ein „Zündholz“ haben, das die Energie der Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle etwas erhöht; dann werden erst die Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle miteinander reagieren. Bei der größeren Energie des Zusammenpralls werden die Elektronenhüllen der Moleküle ineinander eindringen, es finden Umlagerungen statt und es bilden sich zwei neue Moleküle, nämlich ein Wassermolekül und ein Sauerstoffatom. Diese beiden werden aber mit einer gegenüber der kinetischen Energie vor dem Zusammenprall 60 mal größeren kinetischen Energie auseinanderfliegen und damit sind wir am Ziel: Übertragung der kinetischen Energie auf das ganze Gas, also Erwärmung solange die Verbrennungsreaktion dauert. Wegen der Erwärmung können wir das „Zündholz“ wegnehmen, die „Verbrennung“ läuft allein weiter, bis aller Wasserstoff oder Sauerstoff (je nach Überschuß) verbraucht ist.

Wir wissen, daß eine solche Verbrennung „geregelt“ oder „explosionsartig“ verlaufen kann. Es ist nur eine Frage unseres technischen Geschickes, ob der Prozeß in der einen oder anderen Weise verläuft.

Wenn wir eine Verbrennung betrachten so sehen wir Leuchterscheinungen. Bei der Umlagerung in den Elektronenhüllen entsteht also nicht nur Energie in Form von kinetischer Energie der Reaktionspartner, sondern auch Strahlungsenergie; wir werden später diese beiden Formen wiederfinden.

Fassen wir noch einmal zusammen: Beim Verbrennungsvorgang stoßen zwei Atome oder Moleküle zusammen. Während der Dauer ihrer engsten Berührung finden Umgruppierungen und damit verbunden Umlagerungen in den Elektronenhüllen statt. Bei dieser Umlagerung verwandelt sich Lagerungs- oder potentielle Energie in kinetische Energie der nach dem Zusammenstoß auseinanderfliegenden Atome bzw. Moleküle. Diese kinetische Energie nach dem

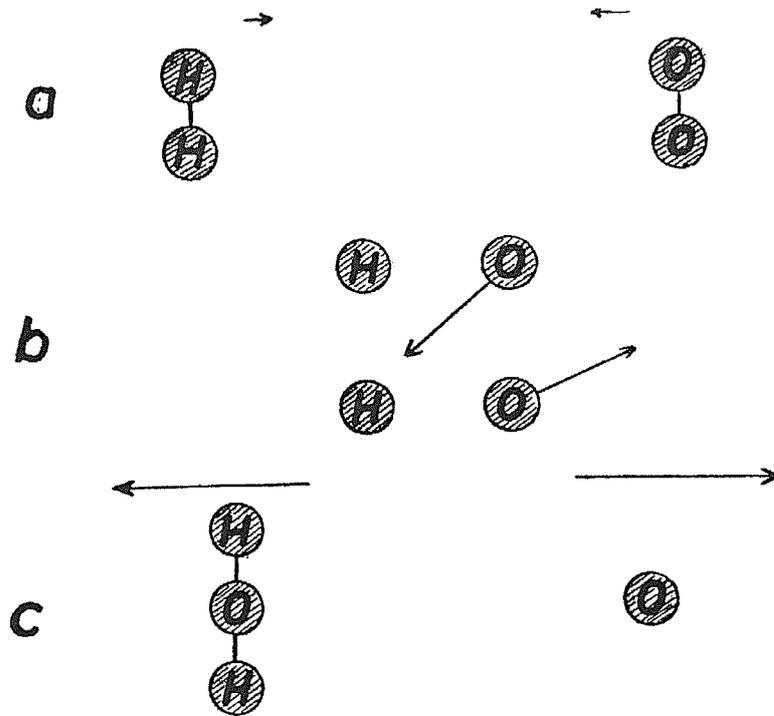


Fig. 6: Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff:  
 a) vor dem Zusammenstoß, kleine kinetische Energie;  
 b) Zusammenstoß: innere Umlagerung, Lagerungsenergie = potentielle Energie wird frei;  
 c) nach dem Zusammenstoß, große kinetische Energie.

Stoß beträgt ein Vielfaches derjenigen vor dem Stoß. Dieser hohe Überschuß an kinetischer Energie überträgt sich auf die Molekülgesamtheit — das Gas — und tritt als Erwärmung — Temperaturerhöhung — in Erscheinung. Das erwärmte Gas kann eine Wärmekraftmaschine betreiben; Quelle der Energie ist aber das Atom und zwar hier, beim Verbrennungsvorgang, die Lagerungsenergie der Elektronenhülle.

Wir können daher mit vollem Recht behaupten, daß wir unsere Öfen mit Atomenergie heizen, daß unsere Hausfrauen mit Atomenergie kochen, daß wir unsere Automobile und Kraftmaschinen mit Atomenergie betreiben; und unsere Graecisten könnten, ohne einen Fehler zu begehen, in den von ihnen herausgegebenen Sagen des klassischen Altertums berichten, daß Prometheus vom Olymp die Atomenergie geraubt hätte.

Die Energieerzeugungsprozesse, die wir bisher kennengelernt haben, waren Umlagerungsprozesse in der Elektronenhülle des Atoms. Nun besitzt aber unser Atom auch einen Kern, der aus mehr oder weniger Protonen und Neutronen aufgebaut ist, und wir werden uns mit Recht die Frage vorlegen, ob nicht bei inneren Umlagerungsvorgängen beim Zusammenstoß von Atomkernen ebenfalls Energie frei werden kann. Die so gewonnene Energie müßte naturgemäß ebenfalls als „Atomenergie“ bezeichnet werden, wäre aber schärfer als subatomare oder Kernenergie zu benennen.

Dies ist nun in der Tat so. Aber ebenso wie ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff bei Zimmertemperatur nicht zu brennen anfängt, weil die Energie, mit der Wasserstoffmoleküle und Sauerstoffmoleküle zusammenstoßen, nicht zu einer Durchdringung der Elektronenhüllen ausreicht, reichen normale Temperaturen nicht aus, um Kernreaktionen in Gang zu bringen.

Wir betrachten wieder ein einfaches Beispiel. Zwei Wasserstoffatome, bestehend aus Kern = 1 Proton und Hülle = 1 Elektron, sollen zusammenstoßen. Selbst wenn ihre kinetische Energie den höchsten im Laboratorium erzeugbaren Temperaturen entspräche, würden die Kerne nicht einmal „Tuchföhlung“ nehmen wegen der starken Abstoßungskraft, die die beiden Protonen voneinander fernhält. Erst bei Temperaturen von 20 000 000 Grad würden genügend Wasserstoffatome — oder sagen wir jetzt besser Protonen, weil sie ihre Elektronen bei so hohen Temperaturen längst verloren haben — eine so große Energie besitzen, daß eine enge Vereinigung zustande käme. Durch eine Art Umlagerungsprozeß würde in dem Compoundgebilde Energie freigesetzt in der Weise, daß wieder zwei Partner mit viel größerer kinetischer Energie als vor dem Zusammenstoß auseinanderfliegen würden. In dem betrachteten Beispiel würde der Umlagerungsprozeß sich so abspielen, daß aus den beiden Protonen ein schwerer Wasserstoffkern und ein positives Elektron hoher Energie entstehen.

Vergleichen wir nun einmal den Energiegewinn bei dem Hüllenprozeß und dem Kernprozeß, so finden wir: 1 Kilogramm Knallgas (1 Gewichtsteil Wasserstoffgas, 8 Gewichtsteile Sauerstoffgas) liefert eine Energie von 8 Kilowattstunden, während 1 Kilogramm Wasserstoff nach der obigen Kernreaktion „verbrannt“, eine Energie von 30 000 Kilowattstunden liefern würde. Dabei ist diese Reaktion die schlechtest denkbare: Die Reaktion, bei der wir einen Lithiumkern und einen Wasserstoffkern vereinigen (Fig. 7) und nach der Umlagerung zwei Heliumkerne hoher kinetischer Energie er-

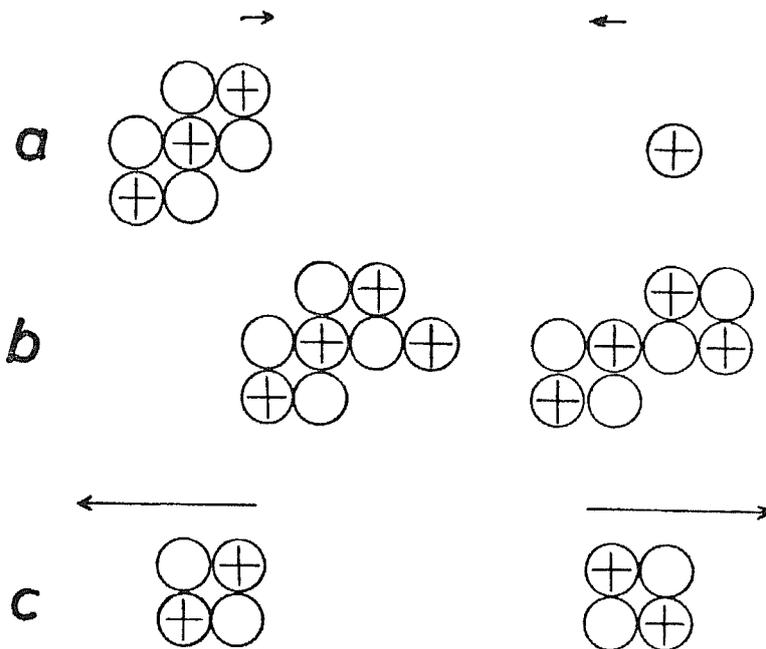


Fig. 7: Verbrennung = Reaktion eines Lithiumkerns (Atomgewicht 7) mit einem Wasserstoffkern (Proton, Atomgewicht 1):

- a) vor dem Zusammenstoß, kleine kinetische Energie;
- b) Zusammenstoß, innere Umlagerung (schematisch), Lagerungsenergie = potentielle Energie wird frei;
- c) nach dem Zusammenstoß, große kinetische Energie.

halten, würde zum Beispiel 60 Millionen Kilowattstunden pro Kilogramm eines Gemisches aus etwa 7 Gewichtsteilen Lithium und 1 Gewichtsteil atomaren Wasserstoffes erzeugen. Ganz allgemein können wir feststellen, daß bei solchen subatomaren Energieerzeugungsprozessen viele Millionen mal so viel Energie entsteht wie bei den Prozessen in der Elektronenhülle des Atoms.

Derartige Prozesse spielen sich in großem Maßstab in den Sternen ab, sie sind die Energiequellen unserer Sonne. Sie heizen die Sonne und sorgen dafür, daß sie über Jahrtausende ihre lebenspendenden Strahlen in den Weltraum schickt. Sie sind also letztlich auch unsere ausschließlichen Energiequellen, denn Kohle und Öl, deren wir uns als Brennstoffe bedienen, sind nichts anderes als über geologische Zeiträume konservierte Sonnenstrahlung.

Wir haben gehört, daß die Prozesse an Atomkernen erst bei außerordentlich hohen Temperaturen — wie sie im Inneren von

Sternen herrschen — wirksam werden; diese müssen also erst einmal vorhanden sein. Wo aber ist das „Zündholz“, das unser Wasserstoffgas auf so hohe Temperaturen bringt? Auch hier wird die Antwort so lauten, daß das Atom selbst die Energiequelle ist.

Denken wir uns am Anfang das All und gleichmäßig darin verteilt Protonen und Elektronen, die uns bekannten Elementarteilchen. Sie werden sich zu Wasserstoffatomen vereinigen und den Raum gleichmäßig erfüllen. Tritt nunmehr an einer Stelle durch eine Schwankung eine etwas höhere Dichte unseres Wasserstoffgases auf, so wird infolge der Gravitation, einer der Masse unserer Atomkerne innewohnenden Eigenschaft, in diese Verdichtung immer mehr Wasserstoff eingesaugt werden. Bei diesem Einsaugen erhalten die Atome wie ein infolge der Gravitation auf die Erde fallender Stein kinetische Energie, die sie durch Stöße den anderen Atomen des Haufens mitteilen, so daß also der Haufen langsam aufgeheizt wird. Diese Temperaturerhöhung geht so lange weiter, bis unsere Kernprozesse auftreten und den Materiehaufen immer schneller höher heizen. Ein ungefähres Gleichgewicht stellt sich schließlich durch die nunmehr einsetzende und dauernd wachsende thermische Ausdehnung und Ausstrahlung ein.

So sind es also zwei Arten von Prozessen, die für die Energieerzeugung in Sternen verantwortlich sind und die im Atom selbst — in der gravitierenden Masse und in der Lagerungs- oder potentiellen Energie der Kernbausteine — ihren Ursprung haben.

Ich würde mein Thema nicht erschöpfen, wenn ich nicht zum Schluß noch auf jene „Atomenergie“ eingehen würde, die wir bereits heute im Laboratorium nutzbar machen können, und die zuerst den zu weit greifenden Namen erhalten hat. Hier beruht die Energieerzeugung auf der Spaltung der schwersten Kerne, also etwa des Urans. Wenn wir einen Urankern, und zwar den eines besonderen Uranisotops mit dem Atomgewicht 235, das im natürlichen Uran nur zu 0,7% vorhanden ist, mit einem Neutron beschießen, dessen Energie nicht größer als die eines Luftmoleküls bei Zimmertemperatur zu sein braucht, zerbricht dieser Kern in zwei etwa gleich große Stücke. Das Zerbrechen kommt allerdings mehr dem Zerspringen einer Bombe gleich: die beiden Bruchstücke fliegen mit ungeheurer Energie auseinander und „heizen“ dadurch die Materie, in die das Uran eingebettet ist. 24 Millionen Kilowattstunden können auf diese Weise bei der „Verbrennung“ von 1 Kilogramm Uran 235 gewonnen werden; viele Kunstgriffe müssen angewendet werden, wenn der Prozeß zu einem „Brenner“ und nicht zu einer „Bombe“ werden soll.

Es liegt nicht in meiner Absicht, die vielseitigen physikalischen Vorgänge in einem solchen Uranbrenner aufzuzeigen; auch dieses Beispiel sollte demonstrieren, wie durch Vereinigung zweier atomarer oder besser subatomarer Gebilde von kleiner kinetischer Energie durch einen inneren Umlagerungsprozeß zwei atomare Gebilde von hoher kinetischer Energie entstanden sind.

★

Wenn wir noch einmal zurückblicken, so sehen wir deutlich, wie alle Energie der Lageänderung von Elementarteilchen in atomaren oder subatomaren (Atomkern) Gebilden, oder in einem früheren Stadium der Weltentwicklung der allgemeinen Massenanziehung oder Gravitation entspringt. Seit Milliarden von Jahren gestaltet subatomare Energie den Kosmos. Seit Jahrtausenden baut und zerstört der Mensch mit atomarer Energie Kulturen und Epochen, seit einem Jahrzehnt hat er den Zugang zur kosmischen Macht der subatomaren Energie. Prometheus raubte den Göttern das Feuer; die Physiker haben ihnen ein sehr viel gefährlicheres Zündholz entwendet. Prometheus wurde an den Felsen geschmiedet, weil die Menschen sein Geschenk nicht zum Guten zu nutzen wußten. Werden wir Heutigen das Feuer der Kernenergie besser zu nutzen wissen? Es wäre müßig, die Physiker an die Klippen schmieden zu wollen; wir sitzen alle in einem Boot und dieses ist die ganze Erde.