

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 5 (1950)
Heft: 2

Artikel: Sind Mesonen Urbausteine? : Der Atomkern und sein Aufbau nach neuesten Forschungen
Autor: Titze, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-653596>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.04.2026

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

zur Wärmeisolierung darstellen, sind ebensolche Sonderformen, wie jene dichtgeschlossene Federdecke der Schwimmvögel, durch die kein Wassertropfen durchdringen kann.

Die sogenannten *Konturfedern*, welche die dicht mit Federn bekleideten Hautbezirke bedecken, stehen reihenartig angeordnet an bestimmten Stellen, den sogenannten Federfluren, während die dazwischen liegenden Gebiete, die Federraine, nackt oder nur mit Dunen bedeckt bleiben. Das gesamte Federkleid der Vögel ist einem periodischen Wechsel unterworfen, ein Vorgang, den man als „Mausen“ bezeichnet. Während jedoch die „Herbst-

mauser“ das ganze Federkleid umfaßt, beruht die Frühlingsmauser, die zur Ausbildung des schöngefärbten Hochzeitskleides führt, meist nur auf einer Verfärbung des Gefieders.

Bei den Säugetieren haben sich dann, der anderen Lebensweise entsprechend, die Haare entwickelt. Die Ausbildung eines Feder- bzw. Haarkleides trug unter anderem wesentlich dazu bei, Vögel und Säuger weitgehend von der Außentemperatur unabhängig zu machen; Vertreter dieser beiden Wirbeltierklassen konnten als „Eigenwarme“ Gebiete mit ständigen tiefen Temperaturen, die hohen Breitenzonen unserer Erde, als ständigen Lebensraum erwählen.

Sind Mesonen Urbausteine?

Der Atomkern und sein Aufbau nach neuesten Forschungen

Von Dr. Hans Titze

Der Begriff des Atoms ist heute allgemein bekannt. Man weiß, daß das Atom der kleinstmögliche Bestandteil eines chemischen Elementes ist. Dieses Atom besteht aus einem positiv elektrisch geladenen Kern mit fast der gesamten Masse und einem oder mehr negativ elektrisch geladenen Elektronen sehr kleiner Masse. Während das Elektron wohl als Urbaustein, besser gesagt, als nicht aus anderen Teilchen zusammengesetzt, erkannt worden ist, besteht der Kern aus mehreren Einzelteilen, den Protonen und Neutronen. Hierbei besitzen die Protonen positive Ladungen, während die Neutronen ungeladen sind. Die Masse beider ist etwa gleich und entspricht der Masse des Wasserstoffatoms. Ein Sauerstoffatom mit dem Atomgewicht 16, also der 16fachen Masse eines Wasserstoffatoms, besitzt danach einen Kern mit 8 Protonen und 8 Neutronen, um welchen 8 Elektronen kreisen, ein Uranatom mit dem Atomgewicht 238 besitzt 92 Protonen, 146 Neutronen und 92 kreisende Elektronen. Da die Elektronen negativ und der Kern positiv elektrisch geladen sind, so ist einzusehen, daß beide im Atomgefüge zusammenhalten. Wir wissen ja, daß sich ungleichnamige Elektrizitäten anziehen. Es entstehen also ähnliche Verhältnisse wie im Planetensystem, wo die Anziehungskraft der Sonne im Zusammenhang mit der Eigenbewegung der Planeten die etwa kreisförmigen Planetenbahnen bewirkt und das ganze Planetensystem in sich zusammenhält. Auch ein Atom hält zusammen und ist nur durch Zuführung von äußerer Energie, in diesem Falle von chemischer, thermischer oder elektrischer Energie, in seinem Gefüge zu ändern.

Weniger einleuchtend ist nun, daß auch ein Atomkern zusammenhält. Denn dieser besteht ja aus einzelnen Bausteinen gleicher elektrischer Ladung. Diese müßten sich aber abstoßen, so daß eigentlich ein Atomkern gar nicht bestehen dürfte. Er tut es aber doch, und sein innerer Zusammenhalt ist sogar um das Hunderttausend- bis Millionenfache größer als derjenige des Kernes mit den Elektronen. Es müssen also noch andere Kräfte bestehen, die weit größer sind als die elektrischen. Dies sind die Kernkräfte. Wie muß man sich diese Kernkräfte vorstellen?

Um dieses besser zu verstehen, muß noch eine andere Erkenntnis kurz vorher beschrieben werden. Dies ist eine Erkenntnis, die unser ganzes Weltbild grundlegend geändert hat. Einstein hat aus seiner speziellen Relativitätstheorie die Folgerung gezogen, daß Energie und Materie ineinander verwandelt werden können. Man kann danach aus Materie Energie und umgekehrt erzeugen. Dieser zunächst nur theoretisch abgeleitete Satz ist in der Atomphysik glänzend bestätigt worden. Er besagt also, daß genau wie eine Energieform, beispielsweise Wärme, in mechanische Energie in einer Dampfmaschine, die Materie selbst in irgendeine Form der Energie umgewandelt werden kann und umgekehrt. Dies bedeutet die grundlegende Erkenntnis, daß die beiden für uns Menschen so sehr verschieden erscheinenden Begriffe Materie und Energie physikalisch nur zwei Erscheinungsformen einer und derselben Sache sind. Dies ist eine Erkenntnis, die darauf schließen läßt, daß auch andere uns bisher unvereinbar erscheinende Dinge im Grunde nur verschiedene Erscheinungsformen sein können.

In der Atomphysik hat diese Theorie sofort erklären können, warum ein zusammengesetzter Atomkern eine etwas kleinere Masse besitzt, als die Summe der einzelnen Protonen und Neutronen ausmacht. Das Atomgewicht des Sauerstoffkernes ist 16. Er besteht, wie wir bereits wissen, aus 8 Protonen und 8 Neutronen. Diese haben aber zusammen eine Masse von $16.1,008 = 16,128$, also um 0,128 mehr als der Sauerstoffkern. Es geht also etwas Masse bei der Zusammensetzung verloren. Dieser Massendefekt von 0,128 ist nun ein Maß für die Energie, mit der der Kern zusammengehalten wird.

Diese Tatsache gibt uns die Größe der Energie an, die die Kernkräfte verursachen, allerdings gibt sie keine klare Antwort, wie man sich diesen Zusammenhalt vorstellen kann. Man hat nun die Behauptung aufgestellt, daß der Zusammenhalt durch einen dauernden Austausch von Kräften zwischen den Protonen und Neutronen entsteht. Man stellt sich dies so vor, daß ein Austauschteilchen aus dem Proton neu gebildet wird und dieses Teilchen von einem Neutron wieder aufgenommen wird und umgekehrt. Dieser Austausch und die Erzeugung und Vernichtung von Teilchen ergibt eine Impulsübertragung und muß sich daher als Kraft auswirken. Die Masse dieser Teilchen wurden nun von Yukawa berechnet, und man erhielt eine Masse, die etwas über 200mal so groß sein sollte wie die eines Elektrons, also etwa ein Siebentel derjenigen des Wasserstoffkernes. Es war nun ein großer Triumph der Wissenschaft, als dieses Teilchen zwei Jahre nach der theoretischen Berechnung in der kosmischen Strahlung tatsächlich entdeckt wurde. Es wurde das Meson¹⁾ genannt. Inzwischen hat man viele Mesonen in der Höhenstrahlung festgestellt, solche verschiedener Ladung, auch verschiedener Massen. Es gibt positive Mesonen, negative Mesonen und ungeladene Mesonen. Als Austauschteilchen im Atom müßte demnach ein positives Meson entstehen, wenn ein Teilchen zwischen Proton und Neutron ausgetauscht wird, da hierbei die positive Ladung von einem Teilchen auf andere übertragen wird, dagegen muß beim Austausch zwischen Protonen oder zwischen Neutronen ein neutrales Meson entstehen, da hierbei die Ladung sich nicht ändert.

Was ist nun dieses Meson? Es ist natürlich vom Standpunkt des Erkenntnistheoretikers nicht erwünscht, statt eines, zweier oder vielleicht dreier Urbausteine nun gleich ein halbes Dutzend und mehr zu haben. Denn die Höhenstrahlung

hat nicht nur mehrere Arten von Mesonen außer den bereits bekannten Protonen, Neutronen und Elektronen entdecken lassen, sondern auch das Positron, das Gegenstück zum Elektron, und aus bestimmten Erwägungen muß man noch ein weiteres Teilchen annehmen, das nur eine sehr geringe Masse hat und keine Ladung besitzt, das Neutrino; und das Photon, das Lichtquant müßte man auch noch dazurechnen. So sind jetzt eine große Zahl von Urbausteinen bekannt, und man kann mit Recht sagen, je mehr solcher Teilchen entdeckt werden, um so unwahrscheinlicher ist es, daß es wirklich Urbausteine, d. h. nicht zusammengesetzte Teilchen sind.

Man muß daher die Frage stellen: Ist das Meson überhaupt als Urbaustein anzusehen oder ist es denkbar, daß es aus anderen bekannten Teilchen zusammengesetzt gedacht werden kann?

Fermi und Yang haben nun in allerneuester Zeit den Versuch gemacht, zunächst mathematisch nachzuweisen, daß die Darstellung von Mesonen als Zusammensetzung aus zwei andern Partikeln möglich ist. Um mitzuteilen, welche Partikel hierfür in Frage kommen, sei noch eine kurze Vorüberlegung erlaubt. Dem Physiker mußte es auffallen, daß die Urbausteine eine Sonderbarkeit besitzen. Sie sind in einem gewissen Sinne unsymmetrisch. Dies ist leicht zu verstehen. Das Proton ist nämlich, wie wir bereits wissen, positiv elektrisch geladen und besitzt eine Masse von etwa 1, während das Elektron wohl dieselbe Ladung im entgegengesetzten Sinne, aber nur eine Masse von etwa $\frac{1}{1835}$ derjenigen des Protons besitzt. Es ist nicht einzusehen, warum die positive Ladung an eine größere Masse gebunden sein soll als die negative. Und so mußte der Gedanke auftauchen, ob es nicht auch negative geladene Partikel mit der Masse 1 und positiv geladene Partikel mit der Masse eines Elektrons gäbe. Dies würde zwar die Symmetrie in der Materie wieder herstellen, bedeutet aber eine weitere Vergrößerung der Zahl der Urbausteine, die man in Kauf nehmen müßte. In der Tat konnte man nur ein positives Elektron in der Höhenstrahlung entdecken, das man Positron nannte. Es war positiv geladen und hatte die Masse des Elektrons. Allerdings stellte es sich heraus, daß es nur kurze Zeit bestehen kann und bald wieder von anderen Partikeln, meist Elektronen, „eingefangen“ wird, woraus ein Lichtstrahl¹⁾ entsteht oder, wie man sich in der Atomphysik ausdrückt, ein Photon. Aber die Tatsache seiner Existenz war

¹⁾ Hierunter soll nicht nur das sichtbare Licht, sondern jeder elektromagnetische Strahl als auch γ -Strahlen verstanden sein.

¹⁾ Vielfach auch Mesotron.

erwiesen. Und so ist auch die Vermutung durchaus begründet, daß es auch negative Protonen geben kann. Man spricht hier ganz allgemein von einer Antimaterie und ordnet dem Elektron das Positron, dem Proton ein Antiproton und dem Neutron ein Antineutron zu.

Fermi und Yang geben nun an, daß sich ein positiv geladenes Meson zusammensetzen könnte aus einem Proton und einem Antineutron und rechnen diesen Fall genauer durch. Ein negatives Meson entstünde dementsprechend aus einem Antiproton und einem Neutron und ein neutrales Meson aus einem Proton und Antiproton bzw. Neutron und Antineutron. In symbolischer Form kann dies folgendermaßen geschrieben werden

$$\begin{aligned} \pi &= P + NA & \pi &= PA + N \\ \pi &= P + PA & \text{oder} & N + NA \end{aligned}$$

wo π das Meson, P das Proton und N das Neutron bezeichnet. Der Zeiger A gibt an, daß es ein Antikörper ist. Es darf einen nun nicht verwundern, daß bei dieser Zusammensetzung die Summe der Massen der einzelnen Partikel nicht gleich der Masse des Mesons ist. Die Masse der Protonen und Neutronen, ebenso wie die der Antiprotonen und Antineutronen ist rund 1. Das Meson hat aber nur etwa den siebenten Teil der Masse eines einzigen Protons. Das Meson müßte eigentlich bei einer Zusammensetzung die doppelte Masse eines Protons haben. Daß dies nicht stimmt, hat denselben Grund wie die schon erwähnten Massendefekte bei der Zusammensetzung mehrerer Neutronen und Protonen im Atomkern. Die Bindungsenergie der beiden Partikel muß also so groß sein, daß ihr Massenäquivalent gleich der Differenz der zweifachen Protonenmasse und der Mesonenmasse ist.

Eine solche Bindungsenergie kann nur zwischen einem gewöhnlichen und einem Antipartikel auftreten. Man muß annehmen, daß sie in diesem Falle anziehend, bei gewöhnlichen Partikeln aber abstoßend wirkt. Die Rechnung ist, wie Fermi und Yang selbst angeben, noch ziemlich roh und enthält mehrere Vernachlässigungen, um sie nicht zu kompliziert zu machen. Das Wesentliche aber ist hierbei, daß tatsächlich sich bei der Durchrechnung eine Lösung ergibt und daß der Vergleich mit der Yukawa-Theorie von den Kernkräften gute Übereinstimmung zeigt.

Die Möglichkeit, daß das Meson also aus zwei anderen Urbausteinen zusammengesetzt gedacht werden kann, ist danach durchaus gegeben. Die Bedeutung dieser Erkenntnis liegt auf der Hand. Die Zusammensetzung von Teilchen aus andern würde die Zahl der Urbausteine wieder erheblich herabsetzen. Dies würde der allgemeinen Erkenntnis

Das kleine Porträt



*Der Rauhhaarige Rosenkäfer (*Tropinota hirta*), ein kleinerer, sehr häufiger Verwandter des bekannten, goldgrün schimmernden Rosenkäfers, ist im Frühsommer auf Blüten aller Art, sowohl auf Wiesenblumen wie auch auf blühenden Sträuchern anzutreffen. (Photo: O. Bakule)*

in der Naturwissenschaft entsprechen, daß das Einfachste auch das Wahrscheinlichste ist.

Zunächst ist diese Erkenntnis nur mathematisch abgeleitet worden und ergibt also nur die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit einer Zusammensetzung. Wir können dies als eine Voraussage auffassen, wie auch die Yukawa-Theorie von den Kernkräften eine Voraussage war, die zwei Jahre später durch Beobachtung bestätigt wurde. Wir wissen nur, es geht aller Voraussicht nach, es fehlt aber noch die Bestätigung. Die Frage ist nur, ob eine Bestätigung dieser Voraussage durch ein Experiment möglich ist. Die Höhenstrahlung hat uns diesbezüglich schon viele Überraschungen gezeigt, sie hat uns die Zwillingsbildung (Elektron und Positron) aus einem Photon gebracht, sie hat uns das Positron überhaupt erst entdecken lassen, sie hat uns die Mesonen feststellen lassen. Vielleicht wird sie uns auch die Entstehung der Mesonen bei irgendeiner Gelegenheit deutlicher vor Augen führen. Jedenfalls ist es ein glücklicher Gedanke gewesen, eine solche Rechnung durchzuführen. Er hat die Erkenntnis wieder um einen großen Schritt weitergebracht, und es ist noch nicht abzusehen, welche weiteren Folgerungen sich daraus ergeben können.