Spektrum
DER WISSENSCHAFT

KOMPAKT

THEMEN AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Ob A wie Astronomie oder Z wie Zellbiologie: Unsere **Spektrum KOMPAKT**-Digitalpublikationen stellen Ihnen alle wichtigen Fakten zu ausgesuchten Themen als PDF-Download zur Verfügung – schnell, verständlich und informativ!

€ 4,99
je Ausgabe

Bestellmöglichkeit und mehr als 160 weitere Ausgaben:
www.spektrum.de/kompakt

UNSPLASH / SAMUEL ZELLER (HTTPS://UNSPLASH.COM/PHOTOS/WATWFK3WSWM) /
CC0 (HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/PUBLICDOMAIN/ZERO/1.0/LEGALCODE

SIMON KUMM & SUSANNE SCHLIE (WWW.FLORIAN-FREISTETTER.DE/BILDER.HTML) / CC BY-SA 3.0 (CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-SA/3.0/LEGALCODE)

FREISTETTERS FORMELWELT
SEGENSREICHER BETAZERFALL

Ob morgen die Sonne scheint, sagt einem – vielleicht – der Wetterdienst. Aber warum scheint sie überhaupt? Um das zu verstehen, braucht man eine besondere Art von Formeln.

Florian Freistetter ist Astronom, Autor und Wissenschaftskabarettist bei den »Science Busters«.

spektrum.de/artikel/1580898

Manche Formeln sehen aus wie Mathematik, sind aber genau genommen keine. Zum Beispiel handelt dieser Ausdruck nicht von Zahlen, sondern von den Bausteinen eines Atomkerns:

$$ {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + e^{+} + \nu_{e} $$

Hier dargestellt ist der Beta-plus-Zerfall. Ein Proton wandelt sich in ein Neutron um, wobei gleichzeitig ein Positron und ein Elektron-Neutrino entstehen. Ausdrücke dieser Art findet man überall in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik. In gewissem Sinn beschreiben sie das, was die Alchemisten des Mittelalters vergeblich zu bewerkstelligen versuchten: die Umwandlung von Elementen.

Ein Atom besteht aus einem Atomkern, der aus Protonen und Neutronen aufgebaut ist, und einer Hülle aus Elektronen. Die Anzahl der Protonen bestimmt dabei, um welches chemische Element es sich handelt. So ist ein Atomkern mit zwei Protonen immer Helium; Kohlenstoff dagegen hat stets sechs Protonen.

Die Zahl der Neutronen im Atomkern eines Elements kann dagegen variieren. 98,9 Prozent aller Kohlenstoffatome haben sechs Protonen und sechs Neutronen. Neben diesem Kohlenstoff-12 gibt es aber auch ein Isotop, das acht Neutronen im Kern hat und daher Kohlenstoff-14 oder kurz C-14 heißt.

Es ist allerdings nicht stabil, sondern radioaktiv mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren. Beim Zerfall eines C-14-Atoms wandelt sich ein Neutron in seinem Atomkern in ein Proton um und gibt dabei ein Elektron und ein Antineutrino ab. Das ist genau die Umkehrung des Prozesses, der in der Gleichung oben beschrieben wird – ein Beta-minus-Zerfall. Da der Atomkern nach dem Zerfall nun sieben anstatt sechs Protonen besitzt, handelt es sich nicht mehr um Kohlenstoff, sondern um Stickstoff: Ein chemisches Element hat sich in ein anderes umgewandelt.

Die Kraft, die für den radioaktiven Zerfall verantwortlich ist, bleibt uns im Alltag verborgen. Es handelt sich um die schwache Kernkraft. Im Gegensatz zur Gravitation oder dem Elektromagnetismus, deren Reichweite unendlich groß ist und deren Auswirkungen wir jeden Tag am eigenen Körper spüren können, wirkt sie nur auf den winzigen Skalen der Atomkerne.

Trotzdem ist sie für unsere Existenz unerlässlich. Denn ohne den Betazerfall würde unsere Sonne nicht scheinen. Damit unser Stern in seinem Inneren Licht und Wärme freisetzen kann, müssen dort jeweils vier Wasserstoffatomkerne zu einem Heliumkern (He-4) verschmelzen.

Diese Kernfusionsreaktion, die auch in der Wasserstoffbombe und vielleicht irgendwann in einem Fusionskraftwerk stattfindet, verläuft in mehreren Schritten. Zunächst entsteht aus zwei Wasserstoffatomkernen der Kern eines Deuteriumatoms. Wasserstoff ist das simpelste chemische Element überhaupt; sein Atomkern besteht nur aus einem einzigen Proton. Deuterium dagegen ist ein Isotop des Wasserstoffs, das neben dem Proton auch ein Neutron besitzt.

Aus den zwei Protonen kann also nur dann der Kern eines Deuteriumatoms entstehen, wenn eines von ihnen sich in ein Neutron umwandelt. Genau das passiert beim Beta-plus-Zerfall. Würde der nicht stattfinden, dann entstünde im Inneren der Sonne kein Deuterium – und kein Helium, denn das entsteht in den nächsten Schritten aus zwei Deuteriumkernen.

Weil die schwache Kernkraft so schwach ist, läuft der Beta-plus-Zerfall sehr langsam ab. Aber genau das ist gut für uns, denn nur deswegen kann die Sonne so lange leuchten. Sie setzt schon seit 4,5 Milliarden Jahren Energie frei und wird das mindestens noch weitere 5 bis 6 Milliarden Jahre tun.

Ohne die schwache Kernkraft und den radioaktiven Betazerfall wäre es bei uns auf der Erde schon lange dunkel geworden – oder gar nicht erst hell.