

“Flitzteilchen“ in gigantischer Anzahl und “Geisterteilchen”

Von Gunther Geipel

Ein Blick auf zwei Arten von Elementarteilchen – Photonen und Neutrinos - soll verdeutlichen, wie großartig und geheimnisvoll die Welt der kleinsten Teilchen ist.

Photonen: masselose “Flitzteilchen“ in gigantischer Anzahl

Photonen sind die Elementarteilchen des Lichts. Sie sind masselos. Ständig sind sie mit dem Riesentempo der Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum 299.792 458 Meter pro Sekunde, d.h. 299.792,458 Kilometer pro Sekunde; in lichtdurchlässiger Materie je nach Stoff etwas langsamer) unterwegs. Einen „Ruhezustand“ kennen sie überhaupt nicht.

Aber nicht nur das für uns sichtbare Licht wird durch die Photonen vermittelt. Licht ist nämlich „nur“ der für unser Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung. Photonen sind Energie – weiter nichts. Aber damit doch ungeheuer viel! Photonen vermitteln die elektromagnetische Kraft. Durch den Austausch von Photonen sind Atomkern und Elektronen miteinander verbunden. Und dadurch entsteht die „feste Materie“, die einerseits Illusion ist (denn alles ist nur Energieaustausch) und die doch zugleich auch Realität ist, wie uns z.B. die Beule am Kopf beweist, die wir uns an einem „festen“ Gegenstand geholt haben.

„Jegliche elektromagnetische Strahlung, von Radiowellen bis zur Gammastrahlung, ist in Photonen quantisiert. Das bedeutet, die kleinste Menge an elektromagnetischer Strahlung bestimmter Frequenz ist ein Photon. Photonen haben eine unendliche natürliche Lebensdauer, können aber bei einer Vielzahl physikalischer Prozesse erzeugt oder vernichtet werden.“¹

„Die Photonen sind nicht nur sehr wichtige Teilchen in der Natur, sie sind auch die in unserer Welt am häufigsten vorkommenden. Im Jahre 1965 entdeckten die Astrophysiker Arno Penzias und Robert Wilson eine seltsame Strahlung, die von allen Richtungen des Weltraums gleichmäßig auf die Erdoberfläche einfällt. Es handelte sich um Photonen mit einer Energie von nur etwa 0,00002 eV. Heute weiß man, daß diese Strahlung überall im Weltraum, auch im Raum zwischen den Galaxien, vorhanden ist. Die Galaxien, Sterne und Planeten schwimmen gewissermaßen in einem See von Photonen. Etwa 400 Photonen gibt es im Mittel pro Kubikzentimeter. Die Anzahl der Photonen im Universum ist damit viel größer als die Anzahl der anderen Elementarteilchen (Elektronen, Atomkernteilchen). Es gibt etwa eine Milliarde mal mehr Photonen als Elektronen oder Kernteilchen.“² Man kann sogar genau sagen, wie viele Photonen allein schon durch die Hintergrundstrahlung durchschnittlich in jedem Kubikzentimeter des Universums vorhanden sind: „Die kosmische Hintergrundstrahlung füllt jeden Kubikzentimeter des heutigen Kosmos mit recht genau 411 Photonen.“³ In einem Liter des uns umgebenden Raumes befinden sich also durchschnittlich 400.000 Photonen, im Kubikmeter folglich 400 Millionen.

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Photon> (Zugriff 7.8.2014)

² Fritzsche, Harald: Eine Formel verändert die Welt. Newton, Einstein und die Relativitätstheorie, München/Zürich ⁶2001, S. 87

³ <https://www.spektrum.de/magazin/deuterium-und-der-fruehe-kosmos/823645>

Und in dem hellen Raum, in dem Sie diese Seiten lesen, sind es bedeutend mehr. Pro Quadratmeter und Sekunde treffen $3,6 \times 10^{21}$ Photonen von der Sonne auf die Erde.⁴ „Wenn ein Teelicht leuchtet, entstehen in der Flamme jede Sekunde etwa 10^{20} Photonen.“⁵ Allein zwischen Ihrem Gesicht und dem Text, den Sie eben lesen, befinden sich viele Millionen dieser kleinen „Flitzteilchen“!

Übrigens: Das Licht ist nicht nur in seiner Teilchen-Erscheinung überaus interessant. Der Welle-Teilchen-Dualismus der gesamten Materie wurde am Licht entdeckt. Dass man an ihm je nach Beobachtungsvorgang Eigenschaften von Wellen oder Teilchen nachweisen konnte, hat eine regelrechte Weltbild-Revolution ausgelöst.

Und eine zweite umwälzende Entdeckung hängt eng mit dem Licht zusammen. Albert Einstein konnte die Lichtkonstanz (im Vakuum eben die o.g. 299.792,458 Kilometer pro Sekunde) nachweisen – und damit die Relativität von Raum und Zeit.

Neutrinos als „Geisterteilchen“

Nehmen wir nun das Teilchen in den Blick, das dem Neutron vom Namen her sehr ähnelt, aber doch ganz andere Eigenschaften besitzt: das Neutrino. Obwohl sein Name „kleines Neutron“ bedeutet, hat es mit dem Neutron recht wenig gemein. Anders als das aus mehreren Bausteinen gebildete Neutron ist das Neutrino eine „Soloteilchen“, ein echtes Elementarteilchen also. Das Neutrino ist von einigen Eigenschaften her eher mit dem Elektron verwandt, aber anders als dieses ist es elektrisch neutral, was dann ja auch zu seinem Namen geführt hat.

„Vorhergesagt wurden die Teilchen in den 1930er Jahren von Wolfgang Pauli. Dieser musste die Existenz eines elektrisch neutralen Teilchens annehmen, um die Impuls- und Energieerhaltung bei der Beschreibung eines radioaktiven Zerfalls, des Beta-Zerfalls, zu retten. Der experimentelle Nachweis gelang aber erst 1956 in der Nähe eines US-amerikanischen Atomkraftwerkes. Dort – aber auch im Inneren der Sonne – werden die Teilchen in Hülle und Fülle produziert.“⁶

Wie die Photonen bewegen sich die Neutrinos ständig mit Lichtgeschwindigkeit. Die Zahl der Neutrinos, die uns umgibt, ist schwindelerregend: Es wäre schon gewaltig zu sagen, in jeder Sekunde kommen 65 Milliarden Neutrinos von der Sonne auf der Erde. Aber diese Aussage muss richtig heißen: pro Quadratmeter kommen jede Sekunde so viele! Pro Sekunde auf den Quadratmeter also 10.000×65 Milliarden oder $6,5 \times 10^{14}$ Neutrinos!

Man nennt das Neutrino auch „Geisterteilchen“, weil es feste Materie durchdringen kann ohne „anzustoßen“, d.h. ohne „starke Wechselwirkung“ mit anderen Elementarteilchen. Neutrinoreaktionen laufen also nur über die schwache Wechselwirkung ab. Ein Strahl von Neutrinos geht deshalb bei entsprechender Energie z. B. durch die ganze Erde fast

⁴https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/html/PhAllF.html

⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Elementarteilchen>; Zugriff 19.7.2014

⁶ <http://www.weltdrphysik.de/gebiet/teilchen/bausteine/neutrinos/>

ungeschwächt hindurch. Im Jahr 2012 ist es erstmals gelungen, eine Nachricht mit Hilfe von Neutrinos durch feste Materie zu senden.

Es gibt 3 Arten von Neutrinos: Elektron-Neutrinos, Myon-Neutrinos und Tau-Neutrinos. Und auf ihrer Reise können sich Neutrinos in ihrem Masse-Energie-Verhältnis ändern und sich damit so verwandeln, dass sie anders ankommen als sie abgereist sind, also als andere Neutrino-Art. Man nennt diesen Vorgang Neutrino-Oszillation. *„Lange Zeit wurden Neutrinos als masselos angesehen. Studien aus den letzten Jahrzehnten zeigen jedoch, dass sich die drei Neutrinotypen ineinander umwandeln können. Diese Neutrino-Oszillation ist nur bei massebehafteten Teilchen möglich.“*⁷ Dabei ist die Neutrino-Masse schon eine erstaunliche Größe - oder besser Kleinheit -: weniger als eine Hunderttausendstel der Elektronenmasse – und die ist ja auch schon eine „sehr kleine Kleinheit“!

Wer wollte angesichts dieser großartigen und doch so kleinen Teilchen, die wir Photonen und Neutrinos nennen und die uns ständig in gigantischer Zahl umgeben und durchdringen, nicht ihren großen Schöpfer bestaunen und ehren?!

⁷ <http://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/bausteine/neutrinos/>