

191 Photonen in der Sonne

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn der Energietransport vom Innern der Sonne nach außen angesprochen wird, sagt man oft, dass die einzelnen Photonen zigtausend Jahre brauchen, um von innen nach außen zu gelangen. Hier von individuellen Photonen zu sprechen, trifft die Sache aber nicht.

Gegenstand

„Ein Photon, also ein ‘Lichtteilchen’, das bei den Fusionsprozessen im Kern der Sonne entsteht, bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit, also mit 300.000 km/s – allerdings nur so lange, bis es auf ein Teilchen trifft und von diesem in eine andere Richtung gestreut wird. Im Inneren der Sonne ist die Materie außerordentlich dicht gepackt, ein Photon kann sich also nicht weit in eine Richtung bewegen, ohne wieder umgelenkt zu werden – oft sind es nur Bruchteile eines Millimeters. Nach außen hin wird diese Strecke dann allmählich etwas länger. Um nun zu berechnen, wie lange ein Photon benötigt, um durch zufällige Streuungen aus dem Inneren der Sonne an die Oberfläche zu gelangen, muss man einige Annahmen über den Aufbau der Sonne, beispielsweise über ihren exakten Dichteverlauf machen. Man kommt dann auf Werte, die zwischen 10 000 und 170 000 Jahren liegen.“

„You can calculate how long it would take one photon to ‘diffuse’ by scattering through the core to the bottom of the convection zone, and this has been done (it’s about 170 000 years).“

Mängel

Man klammert sich an das Photon, das Lichtteilchen, das kleine Gebilde, das Körperchen, oder Wellenschwänzchen, das durch die Gegend saust oder wackelt. Schon beim Elektron verursacht die Vorstellung, es handele sich um ein kleines Individuum manche Verständnisschwierigkeit. Man muss unverständliche Zusatzbehauptungen aufstellen („Elektronen sind ununterscheidbar“), um die Sprache, die man benutzt (und damit die Modellvorstellung), aufrecht erhalten zu können. Beim Photon ist es noch schlimmer. Einsteins Satz ist zwar berühmt und bekannt, aber anscheinend wird er nicht Ernst genommen und eher als ein Bonmot des großen Meisters abgetan [1]. Man beachte, dass seine Äußerung nicht etwa aus der Anfangszeit der Photonen stammt. Die Quantenelektrodynamik war längst geboren.

Worin besteht denn aber das Problem bei unseren Zitaten (die sehr typisch sind)? Dass sie nicht nur nahelegen, sondern eindeutig sagen, dass ein Photon aus der Reaktionszone im Innern der Sonne zur Oberfläche gelangt. „Ein“ Photon bedeutet nach allgemeinem Konsens über die Bedeutung der Formulierung: Ein Photon tritt seine Reise an und *dasselbe* Photon, *dasselbe Individuum*, kommt nach 100 000 Jahren in der Nähe der Oberfläche der Sonne an. Von der Vorsicht und den Vorbehalten der Quantenelektrodynamiker ist nichts beim Volk angekommen. Man hätte es gern, dass das Photon ein kleines Wesen ist, und so macht man es zum kleinen Wesen.

Die Sätze sollten einen schon deshalb zweifeln lassen, weil die Zahl der Photonen, die an der Sonnenoberfläche ankommen, ungefähr 3000 mal so groß ist wie die, die die Reise antreten.

Niemand scheint übrigens auf die Idee zu kommen, die Wärmeleitung in einem Kupferstab entsprechend zu beschreiben: Man würde dann sagen, dass ein Phonon, das sich mit Schallgeschwindigkeit bewegt, eine Minute braucht, um den 30 cm langen Wärmeleiter zu durchqueren.

Herkunft

Der photoelektrische Effekt scheint zu zeigen, dass Licht aus Teilchen besteht, und unter einem Teilchen versteht man ein Individuum. Diese Betrachtungsweise ist verführerisch eingängig. Alle Warnungen, weder die von Einstein, noch die der Bücher zur Quantenelektrodynamik, scheinen auf taube Ohren zu stoßen.

Wir tragen immer noch die Fesseln des mechanistischen Weltbildes, das bis zum Ende des 19. Jahrhundert so gute Dienste geleistet hat, mit uns herum. Tot geglaubte leben länger. In etwas allgemeinerer Form begegnet uns die Auffassung als eine Haltung, die Wissenschaftstheoretiker als Reduktionismus bezeichnen. Man glaubt, dass die Beschreibung der Welt einfacher wird, oder dass man besser versteht, wie der liebe Gott die Welt gemacht hat, wenn man die wahrnehmbaren Erscheinungen durch Atome beschreibt, die Atome durch Protonen, Neutronen, Elektronen, etc., die Protonen und Neutronen durch Quarks, etc. ad infinitum.

Ab und zu beteuert man zwar, es handle sich hier nur um ein Modell, das Teilchen-Modell, aber das ist wohl eher nur ein Lippenbekenntnis. Denn wenn man davon überzeugt wäre, dass es nur ein Modell ist, so würde man anders von den Photonen sprechen. Ein Modell heißt immer: „Es ist so wie...“. Zum Beispiele wie ein Körperchen. Tatsächlich gibt es ja Situationen, Prozesse, Zustände, in denen sich die Strahlung wie aus Körperchen bestehend verhält, auch wenn diese nicht zu häufig sind.

Die Vorstellung, die Welt bestehe aus kleinen Individuen, scheint beruhigend zu sein: Es ist im Kleinen wie im Großen, d.h. wie in der Welt der alltäglichen menschlichen Erfahrung.

Manch einem Physiker scheint auch das Verständnis dafür abhanden gekommen zu sein, was man einem Neuling, einem, der die Physik lernen will, zumuten kann. Es scheint unterstellt zu werden, die herumflitzenden Individuen sind das Einzige, was für die Erklärung der physischen Welt akzeptabel ist. Tatsächlich hat aber der Unindoktrinierte gar nicht das Problem, das der Physiker unterstellt: Er hat kein Problem damit, von einer Wolke zu sprechen, die sich am Himmel bewegt, und er findet es natürlich, dass, wenn man die Wolkenbewegung lange genug verfolgt, die ursprüngliche Wolke nicht mehr existiert, und sich stattdessen eine andere gebildet hat. Er hat kein Problem mit dem Begriff Individuum und der Nichtunterscheidbarkeit. Das wird ihm durch eine gewisse Lehrtradition erst eingeredet.

Entsorgung

Um den Energietransport in der Sonne zu beschreiben, muss man nicht unbedingt die Quantenelektrodynamik bemühen. Aber man sage zumindest, dass Absorptions- und Emissionsprozesse stattfinden, sodass nicht die Idee von sich hindurchdrängelnden Individuen entsteht. Man weise darauf hin, dass derselbe Prozess in der Troposphäre stattfindet und zur Abkühlung der Erde beiträgt, nur ins Infrarote übersetzt.

Man weise auch darauf hin, dass die gewöhnliche Wärmeleitung von ganz ähnlicher Art ist, nur mit Phononen statt Photonen. Dabei lernt man gleich zweierlei: etwas über die Photonen und etwas über die Phononen.

Für viele Zwecke würde es aber reichen zu sagen, dass eine Temperaturstörung im Innern der Sonne 100 000 Jahre braucht, um sich an der Oberfläche der Sonne auszuwirken. Oder man sagt es genauer: Der Energietransport geschieht mit elektromagnetischer Strahlung. Man erklärt, dass es sich um Strahlung handelt, die nahezu im thermodynamischen Gleichgewicht ist, also Schwarzkörperstrahlung; dass deren Temperatur von innen nach außen abnimmt; dass der Temperaturgradient sehr klein ist, dass er es aber ist, der den Strom verursacht; dass der Transport dissipativ ist; dass auf dem Weg die Entropie um einen Faktor 3000 zunimmt (gleich dem Verhältnis der Temperaturen).

Wenn man es unbedingt in Photonen ausdrücken will: Die werden absorbiert und neue werden emittiert usw. Aber man mache sich keine Illusionen. Zu sagen, dass sie sich von einem Atom zum anderen bewegen ist schon leichtsinnig.

Und wenn es einem gerade in den Kram passt, kann man auch eine kleine Bemerkung wissenschaftstheoretischer Art machen. Man erklärt, was eine Theorie ist: eine mathematische Beschreibung der Welt. Und dass eine Theorie nicht falsch oder richtig ist, sondern nur für einen gegebenen Zweck mehr oder weniger passend.

[1] Albert Einstein schrieb 1951 in einem Brief an seinen Freund Michele Besso:

„Die ganzen 50 Jahre bewusster Grübeleien haben mich der Antwort der Frage ‚Was sind Lichtquanten‘ nicht näher gebracht. Heute glaubt zwar jeder Lump, er wisse es, aber er täuscht sich...“