

201 Masse und Materie

ZUSAMMENFASSUNG

Die Masse ist eine physikalische Größe, die eine Eigenschaft eines Körpers oder Teilchens misst. Masse ohne den Körper oder das Teilchen gibt es nicht.

Gegenstand

„Ein Schwarzes Loch unterscheidet sich dramatisch von Sternen jeder anderen Art. Andere Sterne enthalten sowohl Materie als auch Masse. Ein Schwarzes Loch dagegen ist körperlose Masse, Masse ohne Materie.

...

Im Zentrum des Schwarzen Loches ist der Punkt des *Zusammenbruchs*. Dort wird die Materie, die einst den Stern bildete, aus ihrer Existenz herausgequetscht. In diesem Zusammenbruch verschwindet Materie, mit all ihren Teilchen, Drücken, und Eigenschaften. Es bleibt reine, materiefreie Masse übrig.“

„Ein Teil der Materie wird dabei in Energie umgewandelt.“

„Transport von Materie, Ladung und Energie....“

Mängel

Ich möchte keinen Beitrag zu der Jahrhunderte andauernden philosophischen Diskussion des Begriffs Materie leisten. Mich interessiert hier auch nicht die Abgrenzung, die in Begriffspaaren wie „Geist und Materie“, „Materie und Feld“, „Licht und Materie“ zum Ausdruck kommt. Es geht mir um eine schlichtere Frage.

Materie ist ein Teil der realen Welt, etwas das nicht vom Menschen erfunden wurde, das auch existierte, wenn keiner einen Namen dafür erdacht hätte.

Die Masse dagegen ist eine physikalische Größe, eine Variable im Sinn der Mathematik, vom Menschen eingeführt, um bestimmte Eigenschaften von Objekten zu beschreiben, nämlich ihre Schwere und ihre Trägheit.

Wer sich dieser einfachen Feststellung anschließen kann, wird erkennen, dass die Zitate nicht nur ungeschickt sind. Sie sind logisch nicht stimmig; sie haben keinen Sinn. Reine Masse ist sinnlos. Die Masse ist ein Maß. Das Maß ohne das Gebilde, an dem sie gemessen wird, ist sinnlos.

Ein Sack Kartoffeln hat ein bestimmtes Gewicht. Das Gewicht ohne die Kartoffeln ist sinnlos.

Derartige gibt es nur in der Märchenwelt: Das Grinsen der Katze ohne die Katze in *Alice im Wunderland* [1], – aber das ging bekanntlich auch nur für einen kurzen Moment, und Alice ist auch entsprechend überrascht.

Allzu sehr wird man sich über die zitierten Sätze allerdings nicht wundern, falls einem schon aufgefallen ist, dass oft gesagt wird, Licht sei Energie, oder Photonen seien Energiequanten.

Mit meinen Studenten mache ich gern das folgende Spielchen. „Wir stellen uns ein Elektron vor; direkt vor uns, in Ruhe“. (Niemand scheint ein Problem damit zu haben, dass das der Quantenphysik widerspricht). „Wir wollen nun dem Elektron seine elektrische Ladung wegnehmen, nur in Gedanken. Könnt Ihr Euch das vorstellen?“, „Ja, können wir; da haben wir dann ein ungeladenes Elektron.“ (Man sollte ihm jetzt eigentlich einen anderen Namen geben, wir lassen es aber beim Namen Elektron, denn aus einem solchen ist ja das neue Gebilde entstanden.) Ich frage weiter: „Das Elektron hat einen Spin, man kann sich grob vorstellen, dass es rotiert. Wir wollen ihm nun den Spin wegnehmen. Könnt Ihr Euch das vorstellen?“ „Ja, können wir; das ist dann ein Elektron ohne Ladung, das nicht rotiert.“ Ich überspringe weitere das Elektron charakterisierende extensive Größen, wie etwa die leptonische Ladung, und komme gleich zur Masse: „Wir wollen dem Elektron nun die Masse wegnehmen. Könnt Ihr Euch das vorstellen?“ „Nein, das geht nicht. Dann bleibt ja vom Elektron nichts mehr übrig.“ „Aber wir könnten ihm vielleicht seinen Drehimpuls zurückgeben und dafür die Masse wegnehmen. Geht das?“ „Nein, was soll denn da noch rotieren.“ etc., etc.*

Was man bei diesem Spiel wegnimmt, sind immer extensive Größen. Genauer: man macht ihre Werte in Gedanken zu null.

Ich würde mich nicht wundern, wenn es den Leser geschüttelt hätte beim Lesen dieser Zeilen, aber trotzdem: Geben sie nicht etwas wieder, was eine gewisse Plausibilität hat?

Das Erstaunliche ist, wie viel man wegnehmen kann, ohne dass sich unser Geist dagegen sträubt. Bei der Masse scheint es aber ein Ende zu haben: Man hat das Gefühl, man macht nicht nur den Wert einer Größe zu null, sondern man nimmt das betrachtete Objekt selbst weg, das Eigentliche des Elektrons, vielleicht auch seine Seele. Im Fall der Teilchen, wie dem Elektron, scheint man die Seele immer in der Masse, genauer: in der Ruhmasse, anzusiedeln.

Herkunft

Es ist sicher etwas Metaphysik im Spiel. Ich kann nur Vermutungen darüber anstellen, was in den Köpfen mancher meiner Kollegen vor sich geht.

Vielleicht das Folgende: Ein Körper, ein Teilchen, ein Stück Materie ist ein Individuum. Es ist mehr, als das Ensemble der Werte seiner physikalischen Größen. Die Menge dieses metaphysischen Zeuges wird, so wahrscheinlich die Vorstellung, gemessen durch die Masse. Wenn diese verändert wird, so ist der Körper nicht mehr derselbe wie vorher. Er bleibt derselbe, wenn sein Impuls sich ändert oder sein Drehimpuls oder seine Entropie, und vielleicht auch seine Ladung, nicht aber wenn sich seine Masse ändert. Die Masse misst die Menge der Materie, und die Materie ist etwas, was über die physikalischen Größen hinausgeht.

Daher wohl auch die Entscheidung der Teilchenphysiker mit Masse die Ruhmasse zu bezeichnen, also das, was sich bei Änderung des Bewegungszustandes nicht ändert.

Entsorgung

Man unterscheide sorgfältig zwischen Objekt und physikalischer Größe, oder zwischen „Ding und Maß“. Man versuche, in die Masse nicht etwas hinein zu interpretieren, was mehr ist als ein Maß für eine Eigenschaft.

* Nimmt man statt des Elektrons einen makroskopischen Körper, so scheint man an dieser Stelle weniger Probleme zu haben. Jeder kennt die masselose Feder eines Federschwingers oder den masselosen Faden eines Pendels. Man benutzt diese Konstruktionen genau so unbekümmert wie den widerstandslosen elektrischen Leiter oder den reibungsfrei rollenden Wagen. Offenbar verhält man sich an dieser Stelle viel aufgeklärter als beim masselosen Elektron. Interessant ist das Spiel übrigens auch wenn man es mit einem Photon macht.

[1] Alice's Adventures in Wonderland, by Lewis Carroll:

“All right,” said the Cat; and this time it vanished quite slowly, beginning with the end of the tail, and ending with the grin, which remained some time after the rest of it had gone.

“Well ! I've often seen a cat without a grin,” thought Alice ; “but a grin without a cat! It's the most curious thing I ever saw in all my life!”