

## Kann man Masse in Energie „umwandeln“ und zurück?

Eine Betrachtung von Dr. Manfred Pohl

Sehr häufig begegnet man unter Fachkollegen der Auffassung, man könne Energie in Masse „umwandeln“ und zurück. Ich bin der Überzeugung, daß es einen solchen physikalischen Vorgang nicht geben kann. Ein junger Physiker argumentierte dereinst auf meinen Einwand, die Umwandlung von Masse in Energie und zurück sei „milliardenfach“ bestätigt. Nun, die unkommentierte Behauptung mit Kraftausdrücken wie „milliardenfach“ kann wohl nicht als Beweis genügen. Milliardenfach ist auch gar nicht erforderlich. Es genügte schon ein einziger Beweis, der aber ist bisher ausgeblieben.

Der vorliegende Beitrag soll zeigen, daß man Masse nicht in Energie umwandeln kann. Auch der umgekehrte Vorgang ist nicht möglich. Die Begründung für diese Auffassung soll einer öffentlichen Diskussion zugeführt werden.

Häufig wird bei der Behandlung dieser Frage davon ausgegangen, daß es eine sogenannte *reine*, also eine *masselose* Energie gibt, die man aus einer Masse erzeugen könne. Und genau da liegt nach meiner Auffassung der Fehler: Energie ohne Masse gibt es nicht. Ein Wissenschaftsjournalist operierte mir gegenüber mit dem Argument, daß doch bei der Spannenergie einer Feder die Masse keine Rolle spiele und resümierte: „Also doch Energie ohne Masse.“

Nun, ich übergab ihm dazu die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der Spannenergie einer Feder nach dem Hookeschen Gesetz. Vorab aber bat ich ihn, eine ganz populärwissenschaftliche Überlegung anzustellen. Er solle doch einmal die Spannenergie zweier Federn vergleichen. Die erste ist die Spiralfeder aus dem Fahrwerk einer E-Lok, einer Feder also, die man ohne Hilfe einer zweiten Person nicht anzuheben vermag. Die zweite ist die Spiralfeder aus einem Kugelschreiber, einer Feder also, die beim ungeschickten Anfassen davonspringt, so daß man sie kaum wiederfinden wird. Kann man die Spannenergie dieser beiden Federn beurteilen, ohne ihre Masse in die Überlegung einzubeziehen? Noch ein logisch folgender Gedanke: Wenn die Masse der Feder keine Rolle spielt, könnte man auch versuchen, die Spannenergie einer Feder zu beurteilen, deren Masse null ist, einer Feder also, die gar nicht vorhanden ist. Man sieht sicher ohne Mühe, daß dies alles Gedankenspiele sind, die unüberwindliche logische Defizite enthalten und keinen physikalischen Sinn haben.

Die Ursache für diese und andere Fehlhaltungen sehe ich in einem unzulänglichen Materiebegriff. An vielen Stellen in der Fachliteratur findet man die Darstellung vor, die Energie gehöre nicht zur Materie, sie wird aus der Materie herausgelöst und ihr gegenübergestellt. Eine bekannte Enzyklopädie schreibt zum Beispiel, die Physik befasse sich mit der Erforschung von *Materie und Energie*, als wäre Energie etwas anderes als Materie. Dies führt letztendlich zu der Auffassung, man könne das eine in das andere überführen.

Zur Klärung des Problems der sogenannten *reinen*, also *masselosen* Energie kann man beispielsweise die Energiegleichung der mechanischen Energie zu Hilfe nehmen:

$$E_{ges} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$v$ ,  $g$  und  $h$  sind in dieser Gleichung von Null verschiedene Werte,  $g$  ist die Erdbeschleunigung. Aus der Gleichung geht hervor, daß stets ist die Energie Null ist, wenn die Masse Null ist. Das heißt, es gibt keine Energie ohne Masse. Und Masse ohne Energie kann es deshalb auch nicht geben.

Dieselbe Aussage erhält man aus der Analyse der Einsteinschen Gleichung der Masse-Energie-Äquivalenz:

$$E = m \cdot c^2$$

Hierin ist  $c$  eine Naturkonstante, die Vakuumlichtgeschwindigkeit. Auch hier ist zu erkennen, die Energie Null, wenn die Masse Null ist und umgekehrt. Ist die Masse von null verschieden, so ist auch eine zu ihr äquivalente Energie vorhanden.

Könnte man Masse in Energie „umwandeln“, so hieße das, durch Annullierung einer Erscheinungsform der Materie eine andere zu erhalten, und hier hieße es, Masse verschwindet, daraus entsteht Energie (die keine Masse beinhaltet!), im umgekehrten Fall verschwindet Energie, aus ihr entsteht Masse (die frei von Energie ist!).

Folgende Überlegung zeigt die Fragwürdigkeit eines solchen Vorganges.

Ausgangspunkt ist der Energieerhaltungssatz: In einem geschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant, wenn nicht aus dem System Energie nach außen abgeführt oder dem System von außen Energie zugeführt wird:

$$E_{ges} = const. \quad (1)$$

Teilt man diese Gesamtenergie des Systems in zwei beliebige Teile auf, etwa

$$E_{ges} = E + E_1, \quad (2)$$

so ist folglich wegen (1) in diesem geschlossenen System

$$E + E_1 = const. \quad (3)$$

Ich folge nun der angenommenen Behauptung, man könne Energie in Masse umwandeln: Es werde der Energieanteil  $E_1$  in die Masse  $m$  umgewandelt:

$$E_1 \Rightarrow m \quad (4)$$

Unter dieser Annahme wäre nun der Energieanteil  $E_1$  nicht mehr vorhanden, er wäre annulliert worden, an seiner Stelle ist die Masse  $m$  entstanden. Verwendet man nun die Annahme (4) in der Gleichung (3), so erhält man als unmittelbare Folge

$$E + m = const. \quad (5)$$

Schaut man auf die Gleichung (5), stellt man fest, daß darin bereits die Maßeinheiten Probleme bereiten. Ganz allgemein kann man Größen mit verschiedenen Maßeinheiten nicht addieren oder voneinander subtrahieren. So kann man auch  $J$  und  $kg$  nicht addieren. Sonst müßte man auch einen Meter und eine Sekunde addieren können. Das alles ist aber völliger Unsinn.

Ich will nun vorübergehend über diesen Mangel hinwegsehen und dennoch an der Behauptung festhalten, man könne eine solche Umwandlung ausführen. Dann wäre, wie Gleichung (5) ausweist, **die Summe von Energie und Masse** konstant. Das bedeutet, daß eine größere Masse eine kleinere Energie enthält und eine kleinere Masse eine größere.

Entsprechend der Masse-Energie-Äquivalenz ergibt sich aber eine ganz andere Aussage mit einem völlig anderen Ergebnis.

Die Masse-Energie-Äquivalenz lautet

$$E = m \cdot c^2. \quad (6)$$

Hierin ist  $c$  die Naturkonstante *Vakuumlichtgeschwindigkeit*. Diese Beziehung ist durch Albert Einstein im Jahre 1905 theoretisch hergeleitet worden und in der Folge durch eine Vielzahl an experimentellen Untersuchungen praktisch nachgewiesen. Zweifel an dieser Aussage bestehen nicht.

Das bedeutet folglich, daß

$$\frac{E}{m} = c^2 = \text{const} \quad (7)$$

ist. Das aber heißt, **das Verhältnis von Energie zu Masse** ist konstant (**nicht die Summe!**). Also eine Vergrößerung der Masse führt zur Erhöhung der Energie und umgekehrt. Dies ist aber eine gänzlich andere Aussage wie in Gleichung (5), in der die Summe  $E + m = \text{const}$  sein soll, in der sich dann auch bei Vergrößerung der Masse eine kleinere Energie ergeben müßte.

Da nun aber in der obigen Ableitung die Ausdrücke (1), (2) und (3) unbestreitbar richtig sind, muß sich der Fehler somit im Ausdruck (4) befinden, in welchem die „Umwandlung“ von Energie in Masse postuliert wurde. **Dieser Schritt ist also nicht möglich.** Einen solchen Vorgang gibt es in der Natur nicht. Man kann das eine nicht in das andere „umwandeln“, heißt, das eine zugunsten des anderen aufheben. Man kann eben  $J$  nicht in  $kg$  umwandeln oder umgekehrt, genauso, wie man beispielsweise  $kWh$  nicht in  $m^2$  „umwandeln“ kann. Das ist physikalisch betrachtet Unsinn. Deshalb kann man offenkundig aussagen:

**Das Ergebnis der Gleichung (5) ist falsch.**

Kehren wir nun zu den Maßeinheiten zurück, die wir oben vorübergehend außeracht gelassen hatten, und analysieren sie genauer.

Masse und Energie sind nicht addierbar. Es sind zwei wesensunterschiedliche Entitäten, von denen, wie bereits weiter oben festgestellt, die eine nicht ohne die andere vorhanden sein kann, was aus der Gleichung (6) hervorgegangen war: Wenn die Masse  $m = 0$  ist, so ist auch  $E = 0$ . Ist aber  $E \neq 0$ , so ist auch  $m \neq 0$ , das heißt, es gibt keine Masse ohne Energie und keine Energie ohne Masse.

Diese beiden Entitäten haben verschiedene Maßeinheiten. Die Maßeinheit der Masse ist das Kilogramm ( $kg$ ):

$$[m] = kg$$

Die Maßeinheit der Energie ist das Joule ( $m \cdot kg^2/s^2$ ):

$$[E] = \frac{m \cdot kg^2}{s^2}$$

Physikalische Kategorien mit verschiedenen Maßeinheiten kann man nicht addieren. Was ergäbe die Addition eines Kilogramms mit einem Joule? Man müßte schreiben

$$1 \text{ kg} + 1 \frac{m \cdot kg^2}{s^2} = ?$$

Diese „Summe“ ist nicht erklärbar. Setzt man hingegen die Maßeinheiten in die Masse-Energie-Äquivalenz ein, so erhält man

$$[E = m \cdot c^2]; \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = kg \cdot \frac{m^2}{s^2} .$$

Wie man sieht, ist dies ein korrektes Ergebnis.

Schauen wir auf ein anderes Beispiel aus der Elektrotechnik: Das Verhältnis von Spannung zu Strom ist der Widerstand. Die Maßeinheiten der Größen sind das Volt, das Ampere und das Ohm:

$$\left[ \frac{U}{I} = R \right]; \frac{V}{A} = \Omega.$$

Niemand vom Fach käme auf die Idee, Spannung und Strom zu addieren ( $U + I = ?$ ), denn es wäre ohne Sinn.

Beim Einsetzen der Einheiten aus dem MKSA-System in die Gleichung

$$\left[ \frac{U}{I} = R \right]; 1V = 1 \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3}; 1\Omega = 1 \frac{kg \cdot m^2}{A^2 \cdot s^3}$$

erhält man ebenfalls ein völlig korrektes Ergebnis, während die Summe

$$1 \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^3} + 1 A = ?$$

ohne physikalischen Inhalt ist.

Genauso verhält es sich mit der Masse und der Energie. Man kann verschiedene physikalische Kategorien nur so zueinander in Beziehung setzen, wie es ihren natürlichen Eigenschaften entspricht. Verletzt man dieses Prinzip, so erhält man keine oder unbrauchbare Ergebnisse.

### **Fazit:**

Es ist unmöglich, Energie in Masse „umzuwandeln“. Auch der umgekehrte Vorgang ist physikalisch nicht ausführbar. Beide Entitäten sind zwei Erscheinungsformen ein und derselben Realität, der Materie. Es kann die eine nicht ohne die andere auftreten. Wo Energie ist, ist auch Masse, und wo Masse ist, ist auch Energie. Das ist eine Grundaussage der Masse-Energie-Äquivalenz.

[Schließen](#)