

---

Ein Ding ist symmetrisch, wenn wir etwas mit ihm machen können, sodass es danach genauso aussieht wie zuvor.

Hermann Weyl (1885–1955)

## Liebe Leserin, lieber Leser,

fragte man nach der Geburtsstunde der modernen Physik, so wäre der 23. Juli des Jahres 1847 ein passendes Datum. Hermann von Helmholtz (1821–1894), damals noch ohne „von“, verkündet vor der Berliner Physikalischen Gesellschaft den Satz von der Erhaltung der Energie. (Im damaligen Sprachgebrauch sprach man von „Kraft“.) Das war neu vor 170 Jahren. Energieerhaltung galt, wenn überhaupt, nur näherungsweise, sprich bei Abwesenheit von Reibung und sonstigen (z. B. elektrischen) Widerständen. Erst durch Hinzunahme der Wärme als einer Sonderform von Energie mauserte sich der Energieerhaltungssatz zu einem unumstößlichen Naturgesetz. Physiker sind heilfroh über alles, das sich im Wechsel der Tage nicht ändert. Der Energieerhaltungssatz ist ein solcher Fels in der Brandung.

Für die Masse gibt es keinen Erhaltungssatz, obwohl man das lange Zeit glaubte. Das  $E$  auf der linken Seite von Einsteins  $E = m \cdot c^2$ , ist fundamentaler<sup>1</sup> als das  $m$  auf der rechten, die Masse!

Die Feststellung, Energie könne nicht verschwinden, ist kein Freibrief, sie zu vergeuden. Durch Reibung, Wärmeerzeugung<sup>2</sup>, vermindert sich nämlich im Laufe der Zeit ihr Wert, der Anteil an nutzbarer Energie, solche, die Arbeit verrichten kann. Helmholtz prägte für letztere den Begriff der freien Energie. Für freie Energie, also arbeitsfähige, gibt's keinen Erhaltungssatz,

---

<sup>1</sup>W. I. Lenin sah dies partout nicht ein. Er witterte im „Energetismus“ eine physikalisch verbrämte Spielart des Idealismus. Was hätte er erst von der platonisch-abstrakten Welt der Quantenphysik gehalten ...?

<sup>2</sup>Wird hochwertiger Windstrom als minderwertige Wärme gespeichert, so ist das physikalisch gesehen Vergeudung. In der Geburtsstadt des großen Physikers kann man eine überdimensionale „Thermoskanne“ bewundern, wo genau dies geschieht. Mit dem Windstrom, der dort entwertet wird, hätte man Maschinen antreiben können, mit der Wärme kann man bloß noch heizen, was man nicht müsste, wären die Häuser (ideal) wärmeisoliert. Merke: Man muss nur wegen des Lüftens heizen.

weshalb man sorgsam damit umgehen sollte. Es besteht zwar kein unmittelbarer Anlass zur Panik, dennoch sei darauf hingewiesen, dass 99,9% der kosmischen Photonen ihr Arbeitsvermögen bereits eingebüßt haben. (Wärmefreie) Sonnenstrahlen sind die Ausnahme im Universum!

Die Sonne passiert im Juli die Zwillinge. Das Sternbild steht für ein mustergültiges Brüderpaar: Castor ( $\alpha$  Geminorum) und Pollux (gr. Polydeukes,  $\beta$  Geminorum), die Dioskuren. Ihrer beider Mutter war Leda. Diese ward von Zeus verführt, welcher sich der arglos Badenden in Gestalt eines Schwanes genähert haben soll, wovon die Kunstgeschichte bis heute zehrt. Das Techtelmechtel blieb nicht ohne Folgen: Pollux. Dieser, ein Halbgott, war unsterblich. Der Halbbruder, Castor, aber war rein irdisch und sterblich. Als Castor im Kampfe fiel und in die Unterwelt musste, weigerte sich Pollux allein im Olymp zu wohnen. Er soll Vater Zeus erweicht und die Hälfte seiner Unsterblichkeit an den geliebten Bruder abgegeben haben. Warum diese Sage aus der Antike hier und heute aufgetischt wird? Nun, vor 2 1/2 Tausend Jahren, es war Mitte Juli, wurde in Rom, auf dem Forum Romanum, der Dioskuren-Tempel geweiht. Wann ist schon Gelegenheit, auf ein Ereignis mit astronomischem Bezug hinzuweisen, das sich zum 2500-ten Male jährt?

Und nun noch etwas rein Astronomisches: Am 8. Juli 1992, vor einem Vierteljahrhundert, schoss Shoemaker-Levy 9 nahe am Jupiter vorbei, zu nahe! Der Komet verkräftete dies nicht. Die Gezeiten zerissen ihn in mindestens 21 Einzelteile. Zwei Jahre darauf, wieder im Juli, schlugen diese zum Ergötzen aller Schaulustigen hienieden nacheinander in den Jupiter ein. Man kann nur hoffen, dass es dort kein höheres Leben gab.

Laue Sommernächte und allen Hiergebliebenen klare Sicht vom Saturn bis zum Stachel des Skorpions wünscht

Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im Juli

Am 3. Juli durchschreitet die Erde den sonnenfernsten Punkt, das Aphel, ihrer leicht elliptischen Bahn. Sie ist dann 5 Millionen Kilometer weiter von der Sonne entfernt als Anfang Januar. Eigentlich wäre jetzt die Gelegenheit, in eine neue Kaltzeit aufzubrechen, wenn da nicht der momentan hohe Kohlendioxidgehalt der Luft wäre ...

Venus ist Morgenstern und geht kurz vor 3 Uhr MESZ in der Frühe auf.

Jupiter herrscht am Abendhimmel. Am Monatsende zieht er sich bereits vor Mitternacht zurück.

Saturn ist noch oppositionell, d. h. er bewegt sich unter den Sternen des Schlangenträgers rückläufig – also auf den Skorpion zu. Kulmination ist am Monatsende bereits gegen 22 Uhr MESZ. In der Nacht vom 6. auf den 7. Juli zieht der Mond drei Grad nördlich an ihm vorbei. Der rote Stern, eine Stunde westlich vom Saturn, ist nicht der Mars (Ares), es ist der Antares!

## Energie und Zeit

Energie, freie, regiert die Welt, nicht das Geld! Aber, was ist das: Energie? Dem Physiker ist sie unheimlich. Angenommen, er hebt ein Buch auf vom Boden und legt es auf den Tisch. Das Buch hat nun höhere potentielle Energie. Doch, was hat sich geändert am Buch? Man sieht ihm den Zugewinn nicht an.

Wie Galilei (1564–1642) durch Experimente am schiefen Turm zu Pisa und an schiefen Ebenen zuhause herausfand, wandelt sich beim Fallen potentielle Energie *peu à peu* und nahezu verlustfrei in kinetische um, Bewegungsenergie. Das Quadrat der Geschwindigkeit wächst mit dem durchfallenen bzw. durchrollten Höhenunterschied an – unabhängig von Masse oder Material der Kugeln. Die Summe aus beiden Energien bleibt konstant. Galilei befand außerdem, das „Buch der Natur [sei] in der Sprache der Mathematik“ verfasst. Es war der Gang der Physik in die Abstraktion, die platonische Welt der Symbole und Symmetrien, die Erkenntnis und technischen Fortschritt ermöglichte, aber vielen missfällt – darunter große Geister wie Goethe und Lenin.

Seit 99 Jahren weiß man, warum Energie weder entstehen, noch verschwinden kann. Es hat mit der **H o m o g e n i t ä t d e r Z e i t** zu tun! – Welch eine Wendung? Holen wir ein wenig aus. Die Gesetze der Physik, welche den Wandel steuern, sie sind selbst nicht der Zeit unterworfen. Sie zeichnen auch keinen Zeitpunkt aus. Ein physikalisches Experiment muss – unter gleichen Bedingungen – immer auch ein vergleichbares Ergebnis zeitigen, egal, ob es von Pythagoras (um 570 bis ca. 490 v. Chr.), Galileo Galilei oder Hermann von Helmholtz ausgeführt wurde. Entsprechendes gilt für Raum und Richtung. Die „Physik“ gilt im Himmel wie auf Erden, und sie kümmert nicht die Himmelsrichtung.

Verschiebungen in Zeit und Raum, auch Drehungen, sie fallen unter „Symmetrioperationen“. Sie ändern nichts. Laut Hermann Weyl (1885–1955), einem Mathematiker, der 1933 Göttingen verließ, ist ein „Ding [...] symmetrisch, wenn wir etwas mit ihm machen können, sodass es danach genauso aussieht wie zuvor.“ Idealfall Kugel: Sie bleibt dieselbe, egal, um welche Achse man sie dreht und um wieviel Grad. Tausche ich jeden Punkt der Kugeloberfläche mit seinem Gegenüber, bleibt auch alles beim alten. Die fünf Platonischen Körper hingegen sind von minderer Symmetrie. Von bloß sechs-zähliger Rotationssymmetrie ist der Schneekristall. Moleküle können bei Spiegelung ihre chemischen Eigenschaften bewahren oder auch nicht (D-/L-Glukose). Nicht nur ein Ding, auch ein abstraktes Gebilde wie die Maxwell'schen Gleichungen des Elektromagnetismus, besitzt innere Symmetrie<sup>3</sup>. Das Gefeit-Sein gegen gewisse Symmetrioperationen erlaubt dem Gruppentheoretiker, Theorien formal zu klassifizieren<sup>4</sup>.

Man erfährt mehr, wechselt man das Bezugssystem. Ein physikalisches Gesetz sollte so formuliert sein, dass es immer gilt, d. h. unabhängig vom Bewegungszustand des Betrachters. Springt beispielsweise der Bahnhofsvorsteher auf den superschnellen Einstein-Zug auf, so läuft der damit verbundene Perspektivwechsel formal-geometrisch auf eine Art Drehung in einem vierdimensionalen Pseudoraum hinaus, dem Minkowski-Raum.

In der Fundamentalphysik gewinnen quasi „ästhetische“ Symmetrieüberlegungen (zum Entsetzen von Goethe und Lenin) an Bedeutung: Sie engen die mögliche Gestalt physikalischer Gesetze ein und helfen bei deren Erraten! Wer Sinn für Symmetrie hat, sieht einer Gleichung an, ob sie richtig sein kann oder falsch sein muss.

Dass die physikalischen Erhaltungssätze für Energie, Impuls und Drehimpuls allein aus kontinuierlichen Symmetrien von Zeit und Raum, wie Homogenität und Isotropie, erwachsen, fand 1918 die Göttinger Mathematikerin Emmy Noether (1882–1935) heraus. Es war eine der größten Errungenschaften menschlichen Geistes überhaupt! Wer jetzt noch gegen Energieerhaltung argumentiert, weiß, dass er sich mit der Zeit selbst anlegt und nicht nur mit

---

<sup>3</sup>Die Tatsache, dass die Newton'sche Mechanik, was die Symmetrieeigenschaften ihrer mathematischen Struktur anbelangt, unvereinbar mit der Elektrodynamik ist, hatte Einstein bewogen, die Mechanik entsprechend umzuformulieren, was die Lichtgeschwindigkeit zur absoluten Größe erhob, unabhängig vom Bewegungszustand des Beobachters. Symmetrieüberlegungen, keine Notwendigkeit, standen am Anfang der Einstein'schen Revolution!

<sup>4</sup>In einer Symmetriegruppe finden Objekte zueinander, die ansonsten rein gar nichts miteinander zu tun haben.

Herrn Helmholtz.

Raum und Zeit sind, wie wir wissen, über die fixierte Lichtgeschwindigkeit verbandelt – was räumlich, was zeitlich, es wird zur Ansichtssache und hängt vom Bewegungszustand des Betrachters ab –, weshalb in Einsteins Spezieller Relativitätstheorie Energie- und Impulserhaltung nicht mehr getrennt voneinander existieren<sup>5</sup>.

Wenn sich physikalische Gesetze in Symmetrien gründen, ist dann nicht „Symmetrie“ das Primäre? Aber ist sie mehr als die Symmetrie des Nichts, der leeren (zig-dimensionalen) Raum-Zeit? Die Dinge darin, sie brechen vielleicht ein wenig die ursprüngliche Symmetrie, mehr nicht.

Unser Thema „Energie und Zeit“ ist damit nicht erschöpft: (A) Dass Energie im Laufe der Zeit an Wert (Arbeitsfähigkeit) immer nur verliert<sup>6</sup>, nie hinzugewinnt, weist der Zeit die Richtung. (B) Dass das Produkt aus Energie und Zeit von der Dimension einer Wirkung ist, bedeutet quantenphysikalisch: Beide lassen sich nicht losgelöst voneinander exakt bestimmen. Quetscht man die Zeit, wird die Energie unbestimmt. Insbesondere lässt sie sich nicht auf Null festnageln. Falls wirklich mal Nichts sein sollte, ist im nächsten Moment – 1/Nichts! Im Quantenvakuum brodelts! Das ist die moderne Entsprechung der mittelalterlichen Vorstellung vom „Horror vacui“, der Angst der Natur vor dem Nichts. (C) Und *last not least* unser Buch: Mit der Höhe ändert sich nicht nur die potentielle Energie, es ändert sich – der Leser ahnt es bereits – die Zeit! Eine (flache) Uhr in Höhe von des Buches Oberkante tickt schneller<sup>7</sup> als die gleiche Uhr neben dem Buch auf dem Tisch. Das ist natürlich unnatürlich. Natürlich wäre der freie Fall mit identisch tickenden Uhren. Das aber weiß der Tisch zu verhindern, indem er Buch und Uhren unablässig vom Erdmittelpunkt weg „stößt“ – wie es der Boden einer Rakete täte, die mit 1 g irgendwo im All, weit weg von der Erde, beschleunigte. Richard Feynman hat die Ununterscheidbarkeit der Situationen in seinen berühmten „Lectures“ thematisiert und mit ein paar Strichzeichnungen illustriert.

Es sieht so aus, als erforderte dieses Thema mehr an „Energie und Zeit“.

---

<sup>5</sup>Die Energie wird durch die *zeitartige* Komponente des Energie-Impuls-Vektors repräsentiert.

<sup>6</sup>Je hektischer die Energieumwandlung, desto höher die Verluste! Nur unendlich langsam arbeitende Maschinen sind maximal energieeffizient.

<sup>7</sup>In einem Weltalter dürfte eine Tausendstelsekunde an Unterschied zusammenkommen.