

2

Die Erhaltung der Kraft

Die Physik und ihre Gesetze

Die Energie hat ihre Zeit gebraucht, um sich bemerkbar zu machen, und zwar selbst in den Gemächern der physikalischen Wissenschaft, die im 17. Jahrhundert anfang, sich ihr solides Haus zu bauen. Zu den berühmten ersten Konstrukteuren und Architekten zählten der Deutsche Gottfried Wilhelm Leibniz und der Brite Isaac Newton, die beide zwar von Bewegungen und ihren Ursachen handelten, es in ihren Texten aber unterließen, das Wort von der Energie aufzunehmen und einzuführen. Sie konzentrierten sich auf die unmittelbar spürbare Kraft und die etwa von den Muskeln ausgehenden Kräfte, wie es besonders deutlich in dem berühmten ersten Gesetz der Bewegung von materiellen Körpern nachzulesen ist, das Newton formuliert hat. Mit diesem Gesetz stellt er die antike Denktradition, die ihren Ursprung bei Aristoteles hat, auf den Kopf, um sich bei der Suche nach den Gesetzen neu orientieren zu können. Während der griechische Philosoph die heute fast naiv wirkende Ansicht vertreten hatte, dass ein physikalischer Körper – wie etwa ein Stein oder ein Speer – sich nur so lange bewegt, so lange eine äußere Kraft auf ihn einwirkt, stellte und hielt Newton fest, dass das Umgekehrte gilt. Ein mit konstanter

Geschwindigkeit ausgestatteter Körper behält seinen etwa rollenden, fliegenden oder fallenden Zustand bei, bis eine Kraft ihn daran hindert. Wenn etwa ein in die Luft geworfener oder getretener Ball auf seiner Flugbahn zum Halten kommt, ohne dass er auf eine Wand getroffen wäre, dann geschieht dies durch die Kraft, die beispielsweise ein Wind oder die atmosphärische Umgebung überhaupt auf ihn ausüben. In der Sprechweise der Energie führen die äußeren Elemente der Berührung die Energie der Bewegung (in diesem Falle des Balles) in die Zunahme ihrer Wärme über, auch wenn dies etwa durch eine Erhöhung der Temperatur weder leicht zu messen ist noch sich einfach und ohne gedankliche Mühe vorstellen lässt.

Newton und Leibniz

An dieser Stelle sollen drei Anmerkungen eingeschoben werden, die zum Verständnis von westlicher Wissenschaft gehören, auch wenn das nicht immer deutlich genug wird. Zum einen sprachen und sprechen sowohl die antiken als auch die modernen Physiker tatsächlich von Körpern – nicht zuletzt von Himmelskörpern –, wenn sie Objekte betrachten, die sich bewegen. Und damit meinen sie nicht belebte Organismen, wie man zunächst denken könnte, sondern tote Materie, worüber man ruhig staunen und sich Gedanken machen sollte, auch wenn hier nicht mehr dazu gesagt werden soll. Zum zweiten lässt sich selbst an dem schlichten Beispiel eines Balles, der hüpfend einen Hügel hinabrollt und unten dann liegen bleibt, unmittelbar er-

kennen, wie sehr sich Energie scheinbar mühelos wandeln kann – von der Lageenergie im Ausgangspunkt über die elastische Energie der Gummihülle und die kinetische Energie bei der Abwärtsbewegung bis zu der Wärmeenergie, die bei der Reibung am Boden und durch den Widerstand der Luft entsteht. Und diese Aufreihung könnte noch rasch komplizierter gemacht werden, wenn dem Ball ein Steinchen in den Weg gerät, Ball und Steinchen dann nach dem Zusammenstoßen, wobei Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen wird, zu springen beginnen und schließlich in einer Pfütze landen, deren Oberfläche jetzt in Wallung gerät. Und zum dritten rührt sich beim Betrachter doppelte Verwunderung. Er fragt sich einerseits, wieso Aristoteles so unzutreffend über mechanisches Bewegen und Vorwärtsskommen gedacht und geschrieben hat, denn es konnte ihm nicht verborgen bleiben, dass ein mit eigener Körperkraft geworfener Stein weiter fliegt, nachdem er die Wurfhand verlassen hat. Und er wundert sich andererseits, wieso man diesem in die theoretische Irre führenden Gedanken des griechischen Vordenkers in der europäischen Welt rund 2000 Jahre lang brav gefolgt ist, ohne sich kaum eigene Gedanken über die Ursachen von Bewegungen zu machen und die dabei wirkenden Kräfte ins Auge zu fassen. Natürlich gab es auf dem Weg über die Aufklärung bis zu Newton schon in mittelalterlichen Zeiten Kritik an der Theorie des griechischen Philosophen, schließlich flogen Kanonenkugeln noch weiter, nachdem sie sich aus dem Abschussrohr befreit hatten und auf ihrer Flugbahn dem Ziel zusteuerten. Aber erst Newton zeigte sich gegen Ende des 17. Jahrhunderts in der Lage, seine physikalische

Aufmerksamkeit in die entsprechende Richtung zu lenken und sich auf die Änderungen bei Bewegungsabläufen zu konzentrieren – Änderungen der Richtung oder Änderungen der Geschwindigkeit. Sie waren es, die erklärt werden mussten, und nicht die durchlaufenen Ortsveränderungen selbst. Als Ursache solch einer Beschleunigung, die Newton als Änderung der Geschwindigkeit definierte und berechenbar machte, identifizierte oder definierte er die Größe, die er Kraft (Force) nannte und die seitdem in der Physik als solche verstanden wird.

Eine Kraft verleiht der Masse eines Körpers eine Beschleunigung und beeinflusst die Richtung und die Höhe seiner Geschwindigkeit. So lautet das erste Gesetz der Bewegung, und es gilt nicht nur bis heute, auch wenn wissenschaftsfremde Kritiker dies nicht bemerken, und man kann nach wie vor alltagsrelevante Auswirkungen von Kräften damit berechnen, etwa wenn man mit seinem Auto gegen eine Wand fährt – und dabei hoffentlich unverletzt bleibt. Ein Fahrer übersteht den geschilderten Unfall übrigens am besten, wenn er angeschnallt ist, wie man weiß und wie vorgeschrieben ist, wobei die Gurte die gefährliche Vorwärtsbewegung der (menschlichen) Körper verhindern, die weitergeht, auch wenn im Auto abrupt die Bremse getreten wird.

Diese an sich ungehinderte Weiterbewegung der Insassen hat – nicht nur nebenbei – Newton als erster erklären können, indem er das, was heute Trägheit heißt, als eine Grundeigenschaft von Massen einführte. Diese Trägheit – lateinisch *inertia* – ist es auch, die es Körpern erlaubt, ihre Geschwindigkeit beizubehalten, wenn keine Kraft

mehr auf sie einwirkt, und wenn das Wort auch eher träge zu machen und wenig Spannung zu enthalten scheint, so steckt hierin doch einer der großen Erkenntnisfortschritte der Physik, der bis zu Albert Einstein nachwirkt. Wenn er nämlich 1905 seine legendäre und für jede Geschichte der Energie zentrale Einsicht ableitet, die als die berühmteste Formel der Welt gelten kann und sich durch wenige Symbole als $E=mc^2$ ausdrücken lässt, dann gelingt ihm diese Jahrhunderteinsicht, weil er sich die Frage gestellt und für uns auch beantwortet hat, ob und wie die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängt. (Kasten: $E=mc^2$)

$E=mc^2$

In der 1905 von Einstein vorgelegten Formel $E=mc^2$ stellt E die Energie eines Körpers mit der Masse m dar. Einsteins Einsicht besagt, dass in einer Masse Energie steckt, und zwar eine gewaltige Menge, die sich auch herausholen lässt, wie am Ende des Zweiten Weltkriegs – also ein halbes Jahrhundert später – überdeutlich wurde, als eine erste Atombombe gezündet werden konnte. Wie viel Energie eine gegebene Masse enthält, lässt sich mit Hilfe der konstanten Zahl c berechnen, die für die Lichtgeschwindigkeit steht und einen großen Wert darstellt – nämlich etwa 300.000 km/s. Das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ergibt dann in den dazugehörigen Einheiten (km/s)² den immensen Faktor von neunzig Milliarden, der den erstaunlichen Energiewert einer Masse zu berechnen erlaubt (Abb. 2.1).

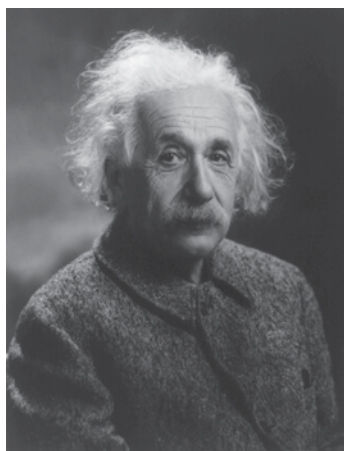


Abb. 2.1 Albert Einstein um 1947. (Bildquelle: Library of Congress; © Orren Jack Turner)

Diese Darstellung braucht noch etwas Zeit, um in das 20. Jahrhundert zu gelangen, zumal sie in den Tagen von Newton, der seine Einsichten in England zum Ende des 17. Jahrhunderts in lateinischer Sprache publizierte, noch in den Kinderschuhen steckte. Seine keineswegs für Laien gedachten Texte wurden zum Beispiel in Deutschland von dem Philosophen Leibniz gelesen, dem dabei auffiel, dass Newton eine Fragestellung wohl entgangen zu sein schien. Leibniz fragte sich nämlich, wie mechanische Wirkungen überhaupt zustande kommen und wie sie sich übertragen lassen. Was passiert mit den im Getriebe der Dinge agierenden Kräften, wenn verschiedene Objekte (erneut die als Körper bezeichneten Gegenstände) zusammenstoßen und es dabei zu Änderungen ihrer Bewegungen kommt?

An welcher Größe genau lässt sich der Effekt von mechanischen Stößen festmachen?

Heute kann man in Physikbüchern die Antworten finden, die mit den Begriffen Impuls und Energie gegeben werden, aber Leibniz musste eigene Gedanken zur Lösung entwickeln, und er versuchte es, indem er in seine Überlegungen die Begriffe einer aktiven und einer lebendigen Kraft einführte – *vis activa* und *vis viva* in der lateinischen Sprache der Gelehrten, die heute alle Englisch können –, aus denen jeweils eingreifende Handlungen entspringen konnten, wobei die lebendige Kraft sich höchst konkret in der aktuellen Bewegung eines Körpers zeigte. Bei Leibniz tauchte zudem der Gedanke auf, dass der physikalischen Kraft auch eine psychische Dimension zukommt – schließlich kennen Menschen sie aus eigener innerer Erfahrung –, aber vor allem ist seine Einsicht zu bestaunen, dass die „Kraftsumme im All“ konstant ist, wie Rudolf Eisner den Philosophen und Universalgelehrten in seinem „Wörterbuch der philosophischen Begriffe“ von 1904 zitiert. Solch eine universale Feststellung weist schon mehr als deutlich auf den Satz von der Erhaltung der Energie hin, auch wenn sich dieser Ausdruck bei Leibniz selbst nicht findet.

Die industrielle Revolution

Die „Energie“ tritt zum ersten Mal als physikalischer Begriff im Jahre 1800 auf, und zwar bei dem Briten Thomas Young, der in der Geschichte seiner Wissenschaft vor allem durch Versuche bekannt geworden ist, die sich mit der Natur des Lichtes befassten und die dazugehörigen

Erscheinungen auf Wellenbewegungen zurückführten. Doch Youngs Bemühungen, die lebendige Kraft von Leibniz durch eine Energie der sich bewegenden Körper zu ersetzen, liefen zunächst und auch noch einige Zeit danach ins Leere, wie sich etwa daran ablesen lässt, dass Meyers Konversationslexikon aus dem Jahre 1844 den Begriff noch nicht kennt und die Redaktion sich erst in der Ausgabe von 1889 dazu bequemt, die „Energie“ als Stichwort aufzunehmen, aber nur, um sie als „Kraft“ und „Wirkungsvermögen“ zu umschreiben und mit Hilfe dieser Größen zu definieren. Es brauchte weitere zehn Jahre, bis endlich in dem *Brockhaus Konversations-Lexikon*, das am Ende des 19. Jahrhunderts erscheint, genauer zu lesen ist, was Energie in physikalischer Hinsicht meint, nämlich „die Fähigkeit eines Körpers, eine mechanische Arbeit zu leisten“, was die Autoren auch kurz als seine „Wirkungsfähigkeit“ bezeichnen. Der insgesamt eine halbe Seite einnehmende Artikel zur Energie beginnt dabei mit ihrer offenbar jedem zeitgenössischen Nutzer des Lexikons vertrauten „sittlichen Bedeutung“, die als die Fähigkeit einer Person verstanden wird, ihren „Willen mit der That kräftig zu beweisen“, eben energisch und „thatkräftig“ vorzugehen, wie auch heute noch gesagt und verstanden wird.

Mit anderen Worten, die Energie setzt sich als populäres und verständliches Wort im Verlauf der 19. Jahrhundert durch, und einer der Gründe dafür muss in der historischen Entwicklung zu suchen sein, die als Industrielle Revolution bezeichnet wird und die im späten 18. Jahrhundert mit dem Schwerpunkt in England begonnen und anschließend zu einer dauerhaften Umgestaltung der Arbeitsbedingungen und Lebensumstände von Menschen geführt hat.

So klar und eindeutig konstatiert werden kann, dass die Industrielle Revolution sich erst in Westeuropa, dann in den USA und noch später auch in Asien bemerkbar machte, dass sie darüber hinaus mit einer stark beschleunigten Entwicklung der wissenschaftlich fundierten Technik und der dazugehörigen Produktivität ökonomischer Abläufe einherging und von einem nachhaltigen Wachstum der Bevölkerung begleitet war, so unklar und vage bleiben zahlreiche Versuche von Historikern, die entsprechenden Phänomene und Entwicklungen in einer allgemeinen Theorie der Industrialisierung zusammenzufassen und verständlich werden zu lassen. Doch wenn es unter diesem Aspekt auch ratsam erscheint, keinen weiteren Entwurf einer umfassenden Deutung der Industrialisierung zu unternehmen, so kann doch unter dem hier maßgeblichen Aspekt der Energie festgehalten werden, dass die in diesem Rahmen angesprochene soziale und kulturelle Dynamik, die zu einer *Verwandlung der Welt* führte, wie Jürgen Osterhammel sein Buch über das 19. Jahrhundert betitelt, ihre Quelle in der Energie fand, die damals mannigfaltig betrachtet und ergriffen wurde. Im frühen 19. Jahrhundert beginnt – so eine historisch offenkundige Tatsache – das Zeitalter der fossilen Brennstoffe, deren Einsatz die Verwendung von tierischer und menschlicher Muskelkraft abzusenden und fast aufzuheben gelingt. Mit den neuen Trägern wird die Energie jetzt „zu einem Leitmotiv des ganzen Jahrhunderts“, in dem erkannt, begriffen und umgesetzt wird, dass jedes Wirtschaften die Zufuhr von geeigneter Energie erfordert, deren selbst kurzfristiges Ausbleiben zu gefährlichen Engpässen für eine Gesellschaft führen kann, die über die wachsende Ökonomie mit ihren Annehmlichkeiten und anderen

Vorteilen rasch Einfluss auf die menschliche Kultur und das zivile Leben insgesamt nehmen.

Entsprechend lässt sich konstatieren, dass die Physik „um die Mitte des [19] Jahrhunderts eine umfassende Wissenschaft von der Energie geworden“ war, die im Folgenden wenigstens mit einigen wenigen Strichen skizziert werden soll.

Die Rolle der Dampfmaschine

Wer sich den historischen Begriff der industriellen Revolution veranschaulichen will, kann mit der herausragenden Erfindung dieser Zeit beginnen, die bis in die Neuzeit fasziniert und zum Beispiel in dem Film „Die Feuerzangenbowle“ von einem Lehrer namens Bömmel unnachahmlich erläutert wird (wie heute durch einen Mausklick bei You Tube zu betrachten und genießen ist). Gemeint ist die Dampfmaschine, die zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit Energie unabhängig von ortsfesten geographischen Vorgaben wie Wasserfälle oder Winde in geeigneter Form liefern konnte. Die Dampfmaschine wird zumeist mit dem Engländer James Watt in Verbindung gebracht, der im 18. Jahrhundert gelebt und gegen Ende seines Lebens tatsächlich ein Patent auf seine *steam engine* erwerben konnte. Der Name „Watt“ wird heute vielfach benutzt und ausgesprochen, wenn dies auch eher versteckt und unbemerkt geschieht, nämlich in der Mitte des Wortes „Kilowattstunde“, mit der die Energie bezeichnet und berechnet wird, mit der Haushalte in geeigneter Form – nämlich als

Unzerstörbar

Die Energie und ihre Geschichte

Fischer, E.P.

2014, X, 282 S. 18 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-37734-1