

Das Energieprinzip und die Uhr

Von Studienrat Dipl.-Ing. Ludwig Lehotzky, Staatsfachschule Karlsruhe

Unter „Energie“ eines Naturkörpers versteht man seine Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Die Energie kann in verschiedenen Formen erscheinen: als mechanische Energie bei der Bewegung, als thermische Energie (Wärmeenergie) bei der Erwärmung, als elektrische Energie bei elektrischer Aufladung usw.

Die wichtigste Form der Energie im täglichen Leben ist die mechanische Energie. Ein geschleuderter Stein ist imstande, beim Aufprallen auf eine Fensterscheibe diese zu zertrümmern. Dieses Arbeitsvermögen eines bewegten Körpers bezeichnet man als Wucht oder kinetische Energie. Für den Zahlenwert der kinetischen Energie ist es gleichgültig, ob ein schwerer Körper eine geringe Geschwindigkeit oder ein leichter Körper eine große Geschwindigkeit besitzt. Ein lehrreiches Beispiel hierfür ist die Gewehrkugel, die infolge ihrer hohen Geschwindigkeit große Zerstörungen anrichten kann, obwohl ihre Masse nur klein ist. Aber noch auf andere Weise kann jeder Körper befähigt werden, mechanische Arbeit zu leisten: indem man ihn vom Boden aufhebt; denn dann kann er wieder fallen gelassen werden und am Boden Zerstörungen anrichten. Dieses Arbeitsvermögen eines ruhenden, hochgehobenen Körpers bezeichnet man als Energie der Lage oder potentielle Energie. Sie kann den gleichen Wert haben, wenn man einen schweren Körper auf eine geringe Höhe oder einen leichten Körper auf eine große Höhe bringt.

Löst man diesen gehobenen Körper aus, so setzt er sich unter dem Einfluß der Schwerkraft in Bewegung, wobei sich seine Geschwindigkeit immer mehr steigert. Hierdurch entsteht eine kinetische Energie, die immer mehr wächst, während gleichzeitig infolge der geringer werdenden Höhe die potentielle Energie abnimmt. Sobald der Körper wieder am Boden angelangt ist, hat seine potentielle Energie den Wert Null erreicht, während gleichzeitig seine kinetische Energie den Höchstwert erreicht hat. Man erkennt hieraus leicht die Richtigkeit des Lehrsatzes der Mechanik, daß während dieses ganzen Versuches die Summe aus kinetischer und potentieller Energie einen konstanten Wert besitzt; dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, daß keine Reibungsverluste auftreten.

Dieses mechanische Gesetz zeigt sich sehr schön beim schwingenden Pendel: Im Umkehrpunkt des Pendels ist seine Geschwindigkeit und damit seine kinetische Energie gleich Null, dafür ist die Pendellinse in ihrer höchsten Lage und dementsprechend ihre potentielle Energie am größten. Bewegt sich nun das Pendel gegen die Mittellage, so wandelt sich die potentielle Energie in kinetische Energie um, da die Pendellinse an Höhe verliert, dafür aber an Geschwindigkeit gewinnt. In der Mittellage ist die potentielle Energie Null und dafür die kinetische Energie am größten. Infolge ihrer Massenträgheit bewegt sich die Pendellinse weiter, und nun beginnt wieder die potentielle Energie auf Kosten der kinetischen Energie zu wachsen. Dies geht so lange weiter, bis das Pendel seinen Umkehrpunkt auf der anderen Seite erreicht hat; dann ist wieder die kinetische Energie Null geworden und die potentielle Energie hat ihren Höchstpunkt erreicht. Aus dieser Wechselwirkung zwischen kinetischer und potentieller Energie entsteht die Schwingung des Pendels.

In einem elastischen Körper kann potentielle Energie auch durch Verbiegung des Körpers aufgespeichert werden: Eine eingespannte Feder schnellert beim Loslassen in ihre Ruhelage zurück und kann hierbei Arbeit leisten. Die Aufspeicherung potentieller Energie in einer Spiralfeder verwendet der Uhrmacher unter anderem bei der Unruh. Durch das Verdrehen der Unruh aus der Mittellage wird in der Spiralfeder eine elastische Kraft geweckt und so eine potentielle Energie aufgespeichert, die mit der Stärke der Spiralfeder und mit dem Verdrehungswinkel wächst. Im Umkehrpunkt der Unruh hat diese potentielle Energie ihren Höchstwert erreicht; nun beginnt unter der Wirkung der elastischen Kraft der Spiralfeder eine beschleunigte Bewegung der Unruh gegen die Mittellage. Hierbei vermindert sich die potentielle Energie in der Spirale und es entsteht eine kinetische Energie

der Unruhmasse, die mit zunehmender Geschwindigkeit der Unruh wächst. In der Mittellage der Unruh ist die potentielle Energie Null geworden, während die kinetische Energie ihren Höchstwert erreicht hat. Wie beim Pendel erfolgt nun infolge der Massenträgheit der Unruh ein Weiterschwingen derselben, wobei wieder die kinetische Energie abnimmt und die potentielle Energie wächst, bis der andere Umkehrpunkt erreicht ist.

Ginge der Austausch von kinetischer und potentieller Energie ohne Verluste vor sich, so wären die Auslenkungswinkel nach beiden Seiten stets gleich groß; der einmal in Bewegung gesetzte Gangregler würde in alle Ewigkeit fortschwingen. Tatsächlich werden aber bei einem selbst überlassenen Gangregler die Schwingungen infolge der Reibungsverluste immer kleiner, bis sie ganz aufhören. Die mechanische Energie nimmt also ständig ab und wird endlich Null.

In der Uhr müssen die Reibungsverluste des Gangreglers durch einen regelmäßigen Antrieb ausgeglichen werden. Man speichert beim Aufziehen der Uhr mechanische Energie als Energie der Lage (beim Gewicht) oder als elastische Energie (bei der Zugfeder) auf; diese Energie wird zum Teil dazu verwendet, um den Gangregler in Bewegung zu halten, zum Teil dient sie aber zur Deckung der Reibungsverluste in den Lagern und an den Zähnen des Laufwerkes. Auch hier findet also ein Verbrauch mechanischer Energie statt, bis Gewicht oder Feder abgelaufen sind und so die mechanische Energie verschwunden erscheint.

Bei allen Bewegungsvorgängen in der Natur bringt die Reibung nach einiger Zeit den bewegten Körper zum Stillstand; daher zeigt sich überall dieses Verschwinden der mechanischen Energie. Kann man Energie auf diese Weise wirklich vernichtet werden? Die Antwort hierauf gab vor genau hundert Jahren ein deutscher Arzt und Naturforscher, Julius Robert Mayer. Energie geht nie verloren, sie wird nur umgewandelt, um in anderer Form wieder zu erscheinen. Vermindert sich z. B. die mechanische Energie infolge der Reibung, so tritt an ihrer Stelle eine Wärmeenergie auf, die sich als Erwärmung des Körpers zeigt. Mechanische und thermische Energie sind gleichwertig; sie lassen sich ineinander überführen. Die Summe aus diesen beiden Energieformen ist es, die bei einem Bewegungsvorgang mit Reibung einen gleichbleibenden Wert hat. Mayer berechnete in der Verfolgung dieses Gedankens das mechanische Wärmeäquivalent, das ist die mechanische Arbeit, die zur Erzeugung der Einheit der Wärmemenge nötig ist. Die Richtigkeit dieser Berechnung wurde durch die Erwärmung eines längere Zeit umgerührten Wassers nachgewiesen.

Die erste Anregung zu seinen Arbeiten erhielt Mayer als Schiffsarzt aus der Beobachtung, daß in den Tropen das aus Aderlässen gewonnene Blut heller sei als in nördlichen Ländern. Er deutete dies Erscheinung dahin, daß in den Tropen infolge der höheren Außentemperatur nicht der ganze Sauerstoff der Luft verbrannt werde, sondern daß es der überschüssige Sauerstoff sei, der das Blut heller färbt. Er bestete also ein direkter Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und dem Energieverbrauch des menschlichen Körpers. Bei weiteren Nachdenken wurde ihm klar, daß dies eine Folge des Gesetzes von der Erhaltung der Energie sei und daß dieses Gesetz für alle Arten von Energie gelten müsse, gleichgültig, ob es sich um mechanische, thermische, chemische oder elektrische Energie handle. Wenn aber diese Energien in ihrer Summe erhalten blieben, mußten sie gleichwertig sein und sich ineinander nach streng mathematischen Gesetzen überführen lassen. So ist es Julius Robert Mayer, der durch seine genialen Idee die Grundlage für die moderne Technik gelegt hat; denn die Hauptaufgabe der Technik ist ja die Umwandlung der Energie von einer Form in eine andere.