

Physikalische Begriffe

EINHEITEN IN TECHNIK UND PHYSIK

NÄHRWERTINFORMATION		
100 g enthalten:	1 Portion (40 g Vitalis / 60 ml Milch 1,5 % Fett)	
Energie	1868 kJ	867 kJ
	445 kcal	207 kcal
Fett	15 g	7,1 g
- davon gesättigte Fettsäuren	5,2 g	2,6 g
Kohlenhydrate	63 g	28 g
- davon Zucker	24 g	12 g

Abb. 259 | Heute wird auf allen verpackten Lebensmitteln, wie etwa Müsli, auch der Energiegehalt deklariert. Angegeben sind zwei Werte: 445 kcal und 1868 kJ, die jedoch das Gleiche bedeuten. Aus der Sicht der Physik ist 1868 kJ die korrekte Angabe. kcal (Kilokalorien, oft fälschlicherweise auch als Kalorien bezeichnet) dagegen ist eine veraltete, aber in der Bevölkerung immer noch gebräuchliche Einheit. Aus diesem Grund werden die Werte in kcal meistens ebenfalls angegeben.

HINWEISE

180 ist eine Zahl. 180 kJ dagegen bezeichnet eine bestimmte Menge Energie. Sie entspricht dem Energiegehalt von 100 ml eines bekannten Süssgetränks.

Die Angabe kJ macht aus einer Zahl eine Energiemenge. In der Physik werden solche Angaben auch als Masseinheiten (kurz: Einheiten) bezeichnet. Was nun kompliziert klingt, ist in Tat und Wahrheit alltäglich. 1,87 ist eine nichtssagende Zahl. 1,87 Franken hingegen war 2014 der Preis für 1 l Diesel. Wie im Alltag spielen Einheiten auch in der Technik und der Physik eine zentrale Rolle.

SI-SYSTEM

Früher wurden viele verschiedene Einheiten verwendet, z. B. Zoll, Elle, Fuss, Pfund, Gallone, Unze, Quäntchen u. a. Diese Einheiten waren nicht dezimal aufgebaut. Ein Pfund bestand aus 16 Unzen, eine Unze wiederum aus 2 Lot, die ihrerseits wiederum aus je 4 Quäntchen bestanden. Zusätzlich gab es auch regionale Unterschiede in der Festlegung dieser Einheiten.

Bereits 1790 wurde die französische Akademie der Wissenschaften von der französischen Nationalversammlung beauftragt, ein einheitliches System für Masse und Gewichte zu entwickeln. 1960 wurde das heute gebräuchliche Internationale Einheitensystem (französisch *Système international d'unités*, kurz: SI) ins Leben gerufen. Es definiert alle in Technik und Physik gebräuchlichen Masseinheiten.

BASISGRÖSSEN UND BASISEINHEITEN

Masseinheiten stehen immer im Zusammenhang mit sogenannten Grössen. Dabei handelt es sich entweder um eine Basisgrösse oder um eine abgeleitete Grösse. Die Anzahl der Basisgrössen ist klein:

Basisgrösse	Grössensymbol	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	lv	Candela	cd

Abb. 260 | Basisgrössen

Im Gegensatz zu allen anderen Grössen können Basisgrössen nicht aus anderen abgeleitet werden. Umgekehrt lassen sich aber alle übrigen Grössen durch Basisgrössen ausdrücken. Man muss festlegen, was man unter 1 Meter, 1 Sekunde usw. versteht.

Geschwindigkeit

$$v = \frac{s}{t}$$

Die verwendeten Abkürzungen für die Grössen sind teilweise aus dem Englischen abgeleitet: v = velocity (= Geschwindigkeit), s = Strecke, t = time.

Beschleunigung

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

(wobei mit Δ eine Differenz bezeichnet wird)

Die Einheiten lassen sich aus den Grössen ableiten: m/s werden dividiert durch s, woraus m / s × s entsteht. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden Ausdrücke wie s × s kurz als s² dargestellt. Die Einheit für Beschleunigung ist somit m/s².

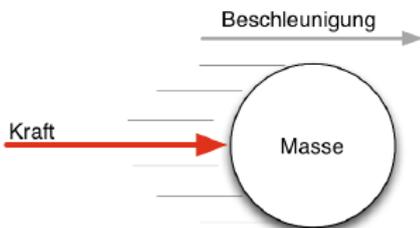


Abb. 261 | Um einen Gegenstand (= eine Masse) in Bewegung zu versetzen (= zu beschleunigen), muss eine Kraft aufgewendet werden. Die Grösse der benötigten Kraft hängt ab von der Masse und der zu erreichenden Beschleunigung. Je grösser die Masse ist, desto mehr Kraft muss aufgewendet werden. Das Gleiche gilt für die Beschleunigung. Je grösser diese sein soll, desto mehr Kraftaufwand ist nötig. Die aufzuwendende Kraft verhält sich somit proportional zur Masse und zur Beschleunigung:

$$F = m \times a$$

Aus der Beziehung der Grössen lassen sich die Einheiten ableiten:

m: kg, a: m/s², zusammengesetzt: kgm/s²

Weil kgm/s² ein sperriger Begriff ist, wird er normalerweise durch N ersetzt, dies zu Ehren von Isaac Newton, einem der berühmtesten Physiker.

ABGELEITETE GRÖSSEN

Die Geschwindigkeit ist beispielsweise eine abgeleitete Grösse. Sie bezeichnet die zurückgelegte Strecke in einem bestimmten Zeitintervall und ist aus den Basisgrössen Strecke (s) und Zeit (t) mit den Einheiten m und s abgeleitet. Dementsprechend lautet die Einheit für die Geschwindigkeit m/s (Meter pro Sekunde). Sie spiegelt damit den Zusammenhang zwischen den Grössen wider: Geschwindigkeit = Länge pro Zeit.

Eine im Alltag ebenfalls gängige Grösse, die wir oft selbst erfahren, ist die Beschleunigung. Wird z. B. ein Fahrrad beschleunigt, so wird es schneller. Oder wird beim Fussball ein Elfmeter geschossen, wird der Ball aus dem Stand hinaus auf eine hohe Geschwindigkeit gebracht. Beschleunigung (englisch «acceleration», abgekürzt a) ist somit eine Änderung der Geschwindigkeit pro Zeit.

Wer Fahrrad fährt oder Fussball spielt, spürt, dass eine Beschleunigung Kraft erfordert, die wir mit unseren Muskeln leisten müssen. So wie unsere Muskelkraft auf den Ball oder das Fahrrad einwirkt, wirkt eine andere allgegenwärtige Kraft auf uns ein: die Erdanziehungskraft. Sie bewirkt, dass Gegenstände herunterfallen.

EINHEITEN FÜR ENERGIE UND LEISTUNG

ENERGIE

Durch die Beschleunigung eines Gegenstands wird Energie auf diesen übertragen. Wir können das selbst testen, indem wir uns der Erdbeschleunigung aussetzen und z. B. von einem 0,5 m hohen Stuhl auf den Boden springen. Wenn wir unten ankommen, müssen wir Muskelarbeit leisten – man könnte auch sagen: Energie aufwenden, um unseren Körper abzubremesen. Und wie wir leicht testen können, steigt dieser Aufwand mit zunehmender Fallhöhe (bitte nicht übertreiben).

Doch nicht nur die Höhe ist massgebend für den Energiegehalt eines fallenden Gegenstands, sondern auch die Masse. Einen Fussball, der aus 5 m Höhe auf uns herunterfällt, können wir leicht auffangen. Ein tonnenschwerer Felsbrocken aus der gleichen Höhe würde uns dagegen erschlagen.

Es sind somit drei Faktoren, die den Energiegehalt eines fallenden Gegenstands beeinflussen: die Erdbeschleunigung, die Fallhöhe und seine Masse:

$$E = m \times g \times h$$

Das Zeichen für Energie ist E, und weil die Erdbeschleunigung eine besondere und wichtige Konstante ist, hat sie einen eigenen Buchstaben (g) erhalten.

Aus der oben beschriebenen Beziehung der drei Grössen lässt sich nun auch die Einheit für die Energie eines fallenden Körpers ermitteln:

$$\text{kg} \times \text{m} / \text{s}^2 \times \text{m} = \text{kgm}^2 / \text{s}^2$$

Wie sich leicht erahnen lässt, ist eine solche Einheit eher unpraktisch. Sie lässt sich aber abkürzen durch Ersetzen von m × g durch F:

$$\text{kgm}^2 / \text{s}^2 = \text{Nm}$$



Abb. 262 | Elektrische Energie wird in kWh (Kilowattstunden) gemessen. Kilowattstunden basieren auf Wattsekunden (Ws):
 $1 \text{ kWh} = 1 \times 1000 \times 1 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ Ws}$
 Kilowattstunden sind praktisch im Alltag, haben aber den Nachteil, dass die hineingerechneten Stunden nicht dezimal sind. Wattsekunden dagegen eignen sich besser für Berechnungen in der Physik, insbesondere wenn verschiedene Einheiten ineinander umgerechnet werden, denn:
 $1 \text{ Wattsekunde} = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ Newtonmeter}$
 oder $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$.



Abb. 263 | Die Angaben auf der Verpackung von Leuchtmitteln beziehen sich auf deren Leistung bzw. auf die Energie, die sie in einer Sekunde konsumieren. Lumen ist ein Mass für die Helligkeit der Lampe.

Die Anwendung von Nm oder $\text{kgm}^2 / \text{s}^2$ ist sinnvoll und nachvollziehbar für mechanische Energie. Bei anderen Energieformen wie Wärme oder Elektrizität dagegen ist dies nicht so naheliegend. So wurden für andere Energieformen andere Einheiten vorgeschlagen, insbesondere das Joule (kurz: J, ausgesprochen «Tschuul») für Wärme und chemische Bindungsenergie und die Wattsekunde für die Elektrizität. Wattsekunde und Joule sind aber immerhin so festgelegt, dass sie die gleiche Menge an Energie bezeichnen. So gilt:

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

LEISTUNG

Die physikalischen Grössen Leistung (P) und Energie (E) werden oft verwechselt.

Leistung ist ein Mass für den Energieaufwand oder die geleistete Arbeit in einer bestimmten Zeit. Wenn jemand eine hohe Arbeitsleistung erbringt, bedeutet dies, dass er oder sie in wenig Zeit viel Arbeit erledigt.

Leistung bezieht sich aber nicht nur auf mechanische Arbeit. Sie wird z. B. auch bei Fahrzeugen oder bei Elektrogeräten, etwa Lichtquellen, deklariert. Wenn nun aber auf einer Lichtquelle die Angabe «18 W» steht, sagt dies noch gar nichts über die Energie aus, die tatsächlich verbraucht bzw. in Licht umgewandelt wird. Die Lichtquelle konsumiert erst dann elektrische Energie, wenn sie auch eingeschaltet wird. Und wie viel es am Ende sein wird, hängt einerseits von der Leistungsaufnahme, z. B. 18 W, andererseits aber auch von der Betriebsdauer ab:

$$E = P \times t$$

Diese Sichtweise lässt sich auch umdrehen. Man kann Leistung auch als Energiekonsum pro Zeit sehen:

$$P = E / t$$

Daraus lässt sich die Einheit der Leistung ableiten:

$$P = E / t \rightarrow \text{Ws} / \text{s} \rightarrow \text{W}$$

Richtig, aber nicht gebräuchlich wäre auch J / s oder Nm / s .

Pferdestärken und Kalorien

Noch immer verbreitet sind Einheiten wie Pferdestärken (PS) oder Kalorien. Sowohl kcal als auch PS sind keine offiziellen Angaben für Energie (kcal) oder Leistung (PS). Sie werden aufgeführt, weil sie immer noch verwendet werden.

ENERGIE

Schlüsselenergie

Viele Abläufe funktionieren nur, wenn elektrische Energie vorhanden ist. Der volle Brennstofftank beispielsweise – sei dies bei einer Ölheizung oder beim Auto – nützt nichts, wenn die elektrische Energie für die Zündung des Verbrennungsprozesses fehlt. Man spricht bei der elektrischen Energie deshalb auch von einer «Schlüsselenergie». Damit man bei der Versorgung dieser wichtigen Schlüsselenergie nicht von begrenzten Energieträgern wie Kohle, Gas oder anderen umstrittenen Technologien wie Kernenergie abhängig ist, gewinnen erneuerbare Energiequellen an Bedeutung; dazu gehören die Nutzung von Wasserkraft, Sonnenstrahlung oder Windenergie. Diese Themen lassen sich im Technischen Gestalten und im Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft angehen.

GESCHICHTE

Mit der Nutzung des Feuers begann der Mensch zusätzliche Energiequellen zur Verbesserung der Lebensbedingungen zu entdecken. Weil eine wirksame Nutzung des Feuers aber noch nicht möglich war, blieben menschliche und tierische Arbeitskraft für lange Zeit die primären Energiequellen.

Bautechnische Leistungen basierten auf Muskelkraft, der Verbesserung von Werkzeugen und mechanischen Hilfsmitteln wie Keil, Hebel, Rad, Rolle, schiefer Ebene oder Tretmühle. Menschliche Arbeitskraft war aufgrund weitverbreiteter Sklaverei billig. Auch deshalb fehlten Impulse zur Entwicklung einer Energietechnik. Vor etwa 2000 Jahren wurden dann erstmals Wasserräder eingesetzt.

Die Konstruktion von Windrädern war schwieriger und erfolgte erstmals im 8. Jahrhundert. Die technische Entwicklung von Wasserrädern und Windmühlen war die Voraussetzung für die Mechanisierung von Produktionsgängen wie Sägen, Herstellen von Papier oder die Erzeugung und Bearbeitung von Eisen. Die Erfindung der Dampfmaschine bedeutete dann einen entscheidenden energietechnischen Durchbruch für die Produktion. Holz und Steinkohle waren Ende des 18. Jahrhunderts die wichtigsten Energieträger; ab 1900 begann das elektrische Zeitalter.

ENERGIEBEGRIFF

«Enèrgeia» (aus dem Griechischen) bedeutet «Wirkende Kraft»; sie ist unsichtbar und kann nur an ihren Wirkungen erkannt werden. «Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten», sagen Physiker. Energie kann in vielerlei Erscheinungsformen auftreten: mechanische, chemische oder elektrische Energie, Wärme-, Strahlungs- und Kernenergie. Zwischen den Erscheinungsformen finden Energiewandlungen statt: beispielsweise im Kraftwerk von chemischer Energie (Kohle) über Wärmeenergie (Kessel) und mechanische Energie (Turbine) in elektrische Energie. Nach dem ersten Hauptsatz der Wärmelehre kann Energie nicht erzeugt, sondern nur umgewandelt werden. Allerdings löst dieses naturwissenschaftliche Grundgesetz bei Lernenden einigermaßen Verwirrung aus: «Energie wird doch produziert», fragen sie. Aus physikalischer Sicht wird Energie aber lediglich umgewandelt in eine minderwertige, aber nutzbare Energie.

ENERGIEWANDLUNG

Um die in nuklearen, regenerativen und fossilen Energieträgern enthaltenen Energieformen für den Menschen nutzbar zu machen, müssen sie in eine andere Energieform umgewandelt werden, z. B. in elektrische Energie (Strom). Bei der Kernenergie, den nachwachsenden und fossilen Brennstoffen sowie bei der Geo- und Solarthermie ist eine direkte Umwandlung in elektrische Energie nicht möglich. Die Umwandlung von thermischer in mechanische Energie erfolgt in der Turbine und die Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie im Generator. Wasser und Windkraft können direkt einen Generator antreiben, und Fotovoltaik erzeugt direkt elektrische Energie.