

# Energie, Arbeit

**W [J], [Nm]**

## Allgemeines

Wir bezahlen die Elektrizitätswerke für die, in unsere Haushaltungen gelieferte Energie. Diese Energiekosten sind umso höher, je mehr Leistung wir aus dem Versorgungsnetz beziehen und je länger die Zeit ist, während welcher wir diese Leistung beziehen. Die Energie ist also proportional zur Leistung und zur Zeit. Die Einheit der Energie  $W$  ist das Joule J. Kraftwerke verrechnen die Energie in kWh. Anstelle von Energie  $W$  spricht man auch oft von Arbeit  $W$ . Man versteht unter beiden Begriffen dasselbe.

$$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

<b>Energie, Arbeit</b>	<b>W</b>	[ J, Ws, Wh ]
<b>Leistung</b>	<b>P</b>	[ W ]
<b>Spannung</b>	<b>U</b>	[ V ]
<b>Strom</b>	<b>I</b>	[ A ]
<b>Zeit</b>	<b>t</b>	[ s, h ]

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

$$[ 1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kWs} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Ws} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J} ]$$

## Mechanische Arbeit

Die mechanische Arbeit ist das Produkt aus Kraft mal Weg. Liegen Kraft und Weg nicht auf derselben Geraden, so darf zur Berechnung der Arbeit nur die Teilkraft in Wegrichtung berücksichtigt werden. Potenzielle Energie (z.B. die Energie in einem Stausee) ist proportional zur Höhe  $h$ , zur Masse  $m$  und zur Erdbeschleunigung  $g$ .

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \varphi$$

$$W = m \cdot g \cdot h$$

<b>Arbeit</b>	<b>W</b>	[ J ]	<b>Höhe</b>	<b>h</b>	[ m ]
<b>Masse</b>	<b>m</b>	[ kg ]	<b>Strecke</b>	<b>s</b>	[ m ]
<b>Kraft</b>	<b>F</b>	[ N ]			
<b>Winkel</b>	<b><math>\varphi</math></b>	[ ° ]	(Winkel zwischen F und s)		

$$\text{Erdbeschleunigung } g \quad ( 9.81 \text{ m} / \text{s}^2 )$$

## Energieumwandlung

Elektrische Energie wird sehr oft in andere Energieformen umgewandelt. Sehr häufig ist die Umwandlung in mechanische Bewegungsenergie (Motor) oder durch eine Heizung Wärmeenergie (Wärmemenge)  $Q$ .

**Um die Masse von 1 kg Wasser um 1 Kelvin zu erwärmen, benötigt man die Wärmemenge  $Q$  von 4.186 kJ**

## Wirkungsgrad

Die Umwandlung von einer Energieform in eine andere Energieform ist immer mit Verlusten verbunden. So wird z.B. beim Erwärmen von Wasser mit elektrischer Energie immer auch ein Teil der Energie an die Umgebung abgegeben (Verluste).

Ein Maß für die Qualität dieser Umwandlung ist der Wirkungsgrad:

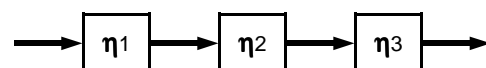
$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{abgegebene Arbeit}}{\text{aufgenommene Arbeit}}$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{auf}} = \frac{P_{ab}}{P_{auf}}$$

<b>Wirkungsgrad</b>	<b><math>\eta</math></b>	[einheitenlos]
<b>abgegebene Arbeit</b>	<b><math>W_{ab}</math></b>	[ J ]
<b>aufgenommene Arbeit</b>	<b><math>W_{auf}</math></b>	[ J ]
<b>abgegebene Leistung</b>	<b><math>P_{ab}</math></b>	[ W ]
<b>aufgenommene Leistung</b>	<b><math>P_{auf}</math></b>	[ W ]

Der Wirkungsgrad ist immer kleiner als 1 respektive kleiner als 100%.

Sind mehrere Systeme mit unterschiedlichen Wirkungsgraden in Reihe geschaltet, so ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad als Produkt der Einzelwirkungsgrade:



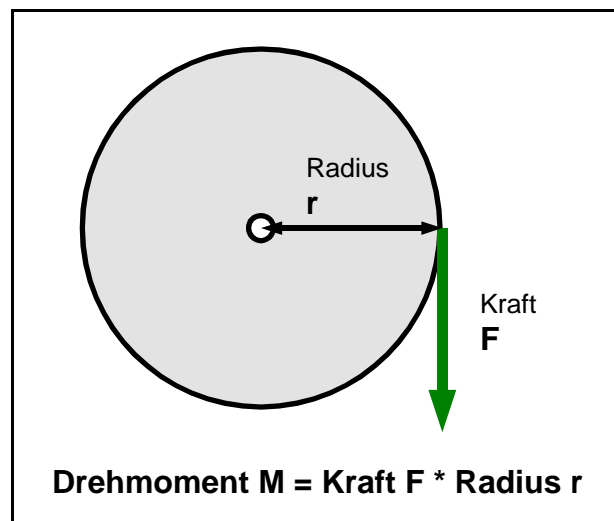
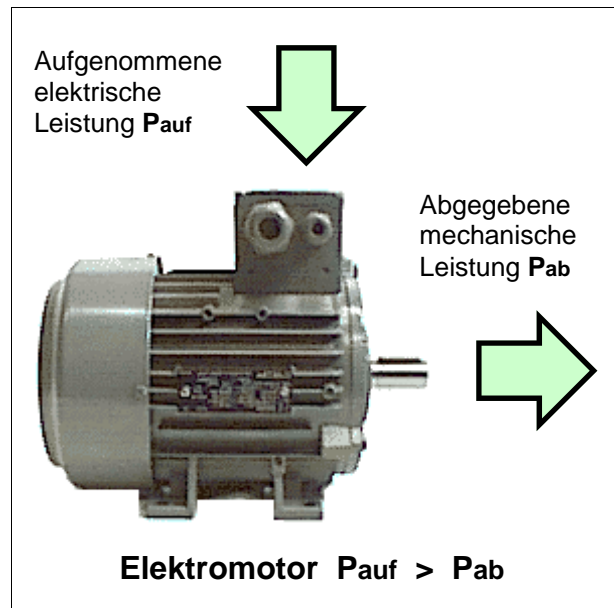
$$\eta_{\text{ges}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

## Elektromotoren und Drehmoment

Bei Elektromotoren ist die auf der Welle abgegebene Leistung von Bedeutung. Auf Typenschildern wird meistens diese mechanische Leistung angegeben. Die aufgenommene Leistung  $P_{auf}$  ist grösser als die abgegebene Leistung  $P_{ab}$ , da der Motor nicht einen 100% Wirkungsgrad hat.

Im Maschinenbau wird das Drehmoment zur Berechnung der Leistung von Antriebselementen verwendet. In der Praxis wird das Drehmoment von einem Motor erzeugt und meist über Wellen, Kupplungen und Zahnradgetriebe auf eine Arbeitsmaschine oder auch auf die Räder eines Fahrzeuges übertragen.

Wirkt eine Kraft auf einen drehbaren starren Körper, so erzeugt sie ein Drehmoment. Unter einem Drehmoment versteht man das Produkt aus einer Kraft und dem senkrechten Abstand ihrer Wirkungslinie vom Drehpunkt. Die Einheit für das Drehmoment ist Newtonmeter (Nm).



$$M = F \cdot r$$

$$P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$$

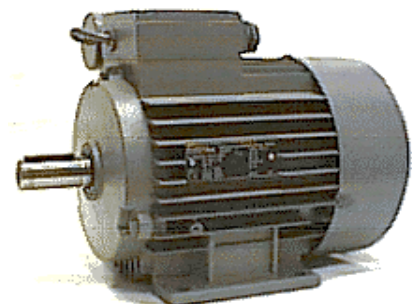
Drehmoment	$M$	[Nm]
Leistung	$P$	[W]
Radius	$r$	[m]
Kraft	$F$	[N]
Frequenz	$f$	[Hz, 1/s]

(Frequenz = Anzahl Umdrehungen pro Sekunde)

### Beispiel: Einphasenmotor für 230V

Einphasenmotor: 0,18 kW, Drehzahl: 2880min<sup>-1</sup>, Spannung: 230V

Berechnen Sie das Drehmoment, die Leistungsaufnahme und die Stromaufnahme bei einem Wirkungsgrad von 78%.



**Übungsaufgaben zum Thema Energie und Wirkungsgrad**

- 1.)** Eine Glühlampe wird täglich während 5.5 Stunden an 230V mit einer Stromstärke von 0.326A betrieben. Was kostet die verbrauchte Energie pro Woche, wenn der Stromlieferant für 1kWh 21Rp berechnet?
- 2.)** Ein Wasserkraftwerk hat eine Fallhöhe von 21m bei einem Wasserstrom von 3.5m<sup>3</sup> pro Sekunde. Welche Leistung wirkt auf die Turbine?
- 3.)** Ein Güterzug mit 28 Wagen zu je 22t soll in 10min eine Steigung von 310m überwinden. (Reibung nicht berücksichtigen). Welche Arbeit muss eine Lokomotive aufbringen und wie gross ist die mittlere Leistung?
- 4.)** Auf einer Herdplatte werden 3l Wasser von 15°C zum Kochen gebracht. Wirkungsgrad der Herdplatte zusammen mit der Pfanne beträgt 65%.
- a.)** Was kostet diese Energie, wenn die kWh mit 21Rp berechnet wird?
  - b.)** Wie lange könnte mit dieser Energie eine Glühlampe 230V/40W betrieben werden?
- 5.)** Mit einer Hebebühne wurde eine Last um 2.2m gehoben. Dabei wurde die Arbeit von 88kJ abgegeben. Welche Kraft wurde durch die Hebebühne verrichtet?

## Niesen im Berner Oberland

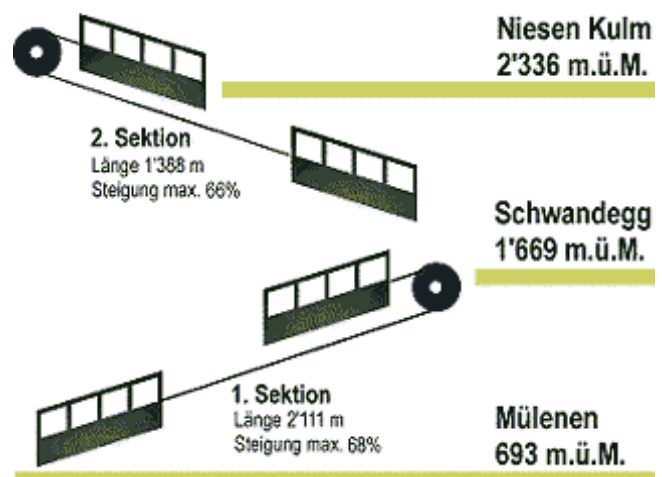
1856 wurde ein erstes Gasthaus auf Niesen Kulm erbaut, also 50 Jahre vor der Bahn. Sämtliche Nahrungsmittel mussten hinaufgetragen werden. Die Gäste bestiegen den Niesen zu Fuss. Wohlhabende liessen sich von Pferden und Maultieren oder sogar von Sesseln, die von vier Männern getragen wurden, auf den Niesen bringen. 1859 verdiente ein Träger acht Franken im Tag, um die 1'700 m Höhendifferenz von Wimmis auf den Niesen zu bewältigen, ein Mietpferd kostete 15–20 Franken, eine stattliche Summe in der damaligen Zeit.

Berge zum reinen Vergnügen zu besteigen wurde erst im 19. Jahrhundert entdeckt. Vorher glaubte man, die Berge seien Wohnorte von bösen Geistern und Drachen (Drunengalm ist ein weiterer Berg in der Nienenkette und «Drunen» bedeutet Drachen).

Laut dem Verband Seilbahn Schweiz (SBS) ist die Niesenbahn die längste Standseilbahn der Welt. 11'674 Stufen hat die Treppe entlang dem Geleise der Niesenbahn. Das ist gemäss dem «Guinness Buch der Rekorde» die längste Treppe der Welt. Leider müssen wir Ihnen das Betreten strikte verbieten – es sei denn, Sie gehören zu unserem Wartungsteam.

1990 wurde der Niesen-Treppenlauf durchgeführt. Der Orientierungsläufer Aebersold war der Schnellste: Er benötigte lediglich 52.26.33 Minuten. Zum Vergleich: Die Bahn benötigt für diese Strecke 28 Minuten. Und für den Wanderer wird von der Talstation in Mülenen eine Zeit von 5 Stunden bis auf den Gipfel angegeben.

Quelle: <http://www.niesen.ch>



### Energieverbrauch beim Niesen Treppenlauf von Mülenen auf den Niesen Kulm

- 1.) Wie viel Energie musste der Läufer Aebersold beim Niesenrun aufbringen, wenn nur die potentielle Energie berücksichtigt wird, und wir annehmen, dass sein Gewicht 71kg betrug?
- 2.) Welchen Betrag müssten wir für diese Energie im Haushalt bezahlen, wenn eine kWh 21Rp kostet?
- 3.) Wie gross war die mittlere Leistung, die der Läufer erbrachte?
- 4.) Wie lange könnte man mit dieser Energie eine Haushaltlampe 230V/100W betreiben? Wie lange eine LED mit  $U = 2.1V$  und einem Strom von 12mA?
- 5.) Welche Energie muss ein Wanderer unter den gleichen Bedingungen aufbringen wenn er mit Rucksack 82kg wiegt und 5Std braucht? Wie gross wäre seine mittlere Leistung?

**Wirkungsgrad eines elektrischen Wasserkochers bestimmen****Aufgabe:**

Bestimmen Sie den Wirkungsgrad eines elektrischen Wasserkochers. Gehen Sie systematisch vor und planen Sie Ihre Arbeitsschritte genau!

1. Legen Sie das Vorgehen und die Arbeitsschritte für diese Wirkungsgrad-Messung fest.
2. Erstellen Sie ein Messprotokoll
3. Führen Sie diese Messung durch.

**Vorgehen, Formeln, Messinstrumente:****Messprotokoll Wirkungsgrad:**