

## Die Leistung



### Lernziele

- Sie wissen, wie die Leistung definiert ist, können sie von der Arbeit unterscheiden und berechnen.
- Sie kennen die Einheit Kilowattstunde (kWh) und können sie mit Watt in Verbindung setzen

## Einstiegsexperiment: Treppenlaufen

- 1) Machen Sie Zweiergruppen.
- 2) Zählen Sie, wie viele Treppenstufen es vom Erdgeschoss in den zweiten Stock hat. Anzahl Treppenstufen:  
 $n =$
- 3) Messen Sie die Höhe einer Stufe  
 $h =$
- 4) Person 1 rennt so schnell wie möglich vom Erdgeschoss in den zweiten Stock.
- 5) Person 2 stoppt die dafür benötigte Zeit.
- 6) Wiederholen Sie Punkt 4 & 5 mit getauschten Rollen.
- 7) Notieren Sie Ihre Ergebnisse



|          | Zeit für den Treppenlauf | Verrichtete Arbeit | Erbrachte Leistung |
|----------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Person 1 |                          |                    |                    |
| Person 2 |                          |                    |                    |

Ob Sie im Zickzack den Berg hochspazieren, oder ihn auf direktem Weg hochrennen – die Arbeit bleibt gleich gross. Was sich in diesen zwei Beispielen jedoch unterscheidet, ist die Zeit. Im ersten Fall braucht man vermutlich länger, bis man oben ist. Vermutlich ist man auch weniger erschöpft, wenn man einen Berg hochspaziert, als wenn man ihn hochrennt.

Der Physiker, die Physikerin spricht in diesem Zusammenhang von **der Leistung P**.

Die Leistung sagt aus, wie viel Arbeit, in einer gewissen Zeitspanne verrichten wird. Somit gilt:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Dabei ist  $\Delta W$  die verrichtete Arbeit und  $\Delta t$  die dafür benötigte Zeit.

Die Einheit der Leistung  $P$  (wobei  $P$  für Englisch „power“ steht) ist

$$[P] = \frac{[W]}{[t]} = \frac{J}{s} = \frac{\frac{kg \cdot m^2}{s^2}}{s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^3} = W(\text{Watt})$$

und ist nach dem schottischen Techniker James Watt benannt.

## Repetition

| Arbeitsform           | Formel   |
|-----------------------|--|
| Hubarbeit             | $W_{hub} = m \cdot g \cdot h$                                    |
| Beschleunigungsarbeit | $W_{beschl} = m \cdot a \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ |
| Reibungsarbeit        | $W_{reib} = F_{reib} \cdot s$                                    |

### Beispiel 1

Dominik wiegt 70 kg. Er wandert von Dornach hoch zum Gempen. Dabei legt er rund 400 Höhenmeter zurück. Er braucht dafür 2 Stunden.

Wie gross war seine durchschnittliche Leistung?

Geg:  $m = 70 \text{ kg}$ ,  $h = 400 \text{ m}$ ,  $t = 2 \text{ h} = 7200 \text{ s}$

Ges: P

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{m * g * h}{\Delta t} = \frac{70 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 400 \text{ m}}{7200 \text{ s}} = 38.15 \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^3} = 38.15 \text{ W}$$

### Beispiel 2

Nun rennt Dominik zum Gempen hoch. Er braucht dafür 1 Stunde.

Wie gross war seine durchschnittliche Leistung?

Geg:  $m = 70 \text{ kg}$ ,  $h = 400 \text{ m}$ ,  $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$

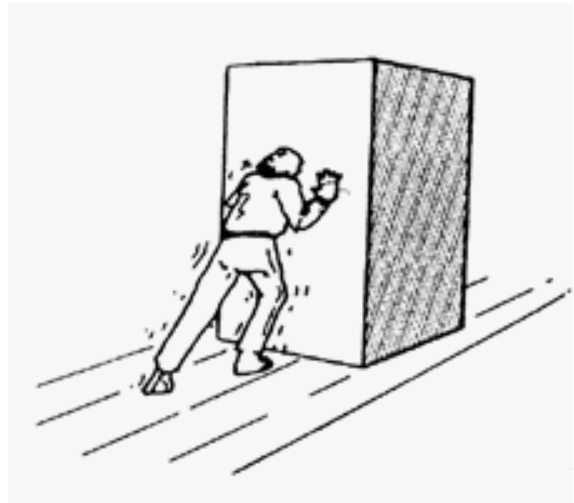
Ges: P

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{m * g * h}{\Delta t} = \frac{70 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 400 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 76.3 \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^3} = 76.3 \text{ W}$$

## Leistung bei konstanter Kraft

Wenn wir uns die Leistung bei Bewegungen mit Reibung anschauen, fällt etwas auf:

$$P = \frac{\Delta W_{\text{reib}}}{\Delta t} = \frac{F_{\text{reib}} \cdot s}{t} = F_{\text{reib}} \cdot \frac{s}{t} =$$



Beispiel: Sie schieben einen Schrank mit einer Geschwindigkeit von  $1 \frac{m}{s}$  über den Boden. Dabei beträgt die Reibungskraft 500N. Wie gross ist Ihre Leistung?

Geg:  $v = 1 \frac{m}{s}$ ,  $F_r = 500N$

Ges: P

$$P = F_{\text{reib}} \cdot v = 500N \cdot 1 \frac{m}{s} = 500 \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot 1 \frac{m}{s} = 500 \frac{kg \cdot m^2}{s^3} = 500 W$$

## Aufgabe 1

Ein 50kg schwerer Bub möchte seine Leistungsfähigkeit testen. Dazu rennt er so schnell er kann von Parterre in den 15m darüber liegenden vierten Stock und stoppt als benötigte Zeit 25s. Berechnen Sie die "Hubleistung", die der Bub dabei aufbringt.

## Aufgabe 2

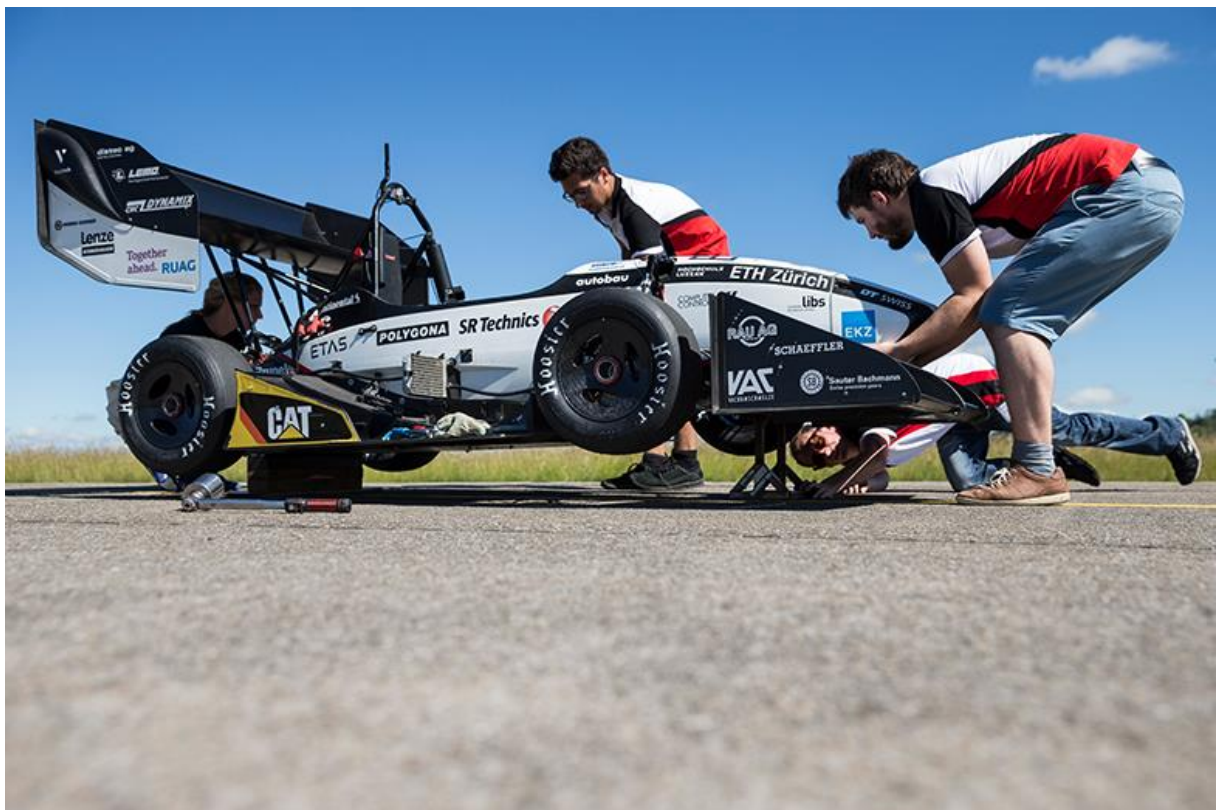


Abbildung 1 Weltrekord Fahrzeug «Grimsel» (Quelle: <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2016/06/grimself-bricht-weltrekord.html>)

Der Elektro-Rennwagen «grimself» hat im Sommer 2016 den Beschleunigungsweltrekord für Elektroautos gebrochen. In 1,513s beschleunigte das Fahrzeug von 0 auf 100.0 km/h. Dank Einsatz von Kohlefaser-Werkstoffen wiegt «grimself» gerade einmal 168 Kilogramm. Den Wagen entwickelt und den Rekord aufgestellt haben Studierende der ETH Zürich und der Hochschule Luzern. Berechnen Sie die Leistung des Motors unter Annahme, dass die FahrerIn 60kg wog.

### Aufgabe 3

Je schneller man mit dem Auto fährt, desto grösser wird der Luftwiderstand. Der Zusammenhang ist jedoch nicht proportional. In der unteren Grafik sehen Sie den Luftwiderstand eines VW-Golfs für verschiedene Geschwindigkeiten.


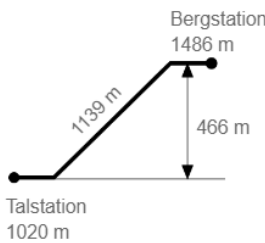


Berechnen Sie, welche Leistung der Motor des Autos bei 100 km/h, 150 km/h und 200 km/h erbringt. Lesen Sie dazu in der Grafik die zu jeweiligen Widerstandswerte ab.



### Aufgabe 4

Sie sind in Elm am Skifahren. Die technischen Angaben zur Gondelbahn sehen Sie unten abgebildet. Berechnen Sie daraus die Förderleistung der Gondel in Watt. Gehen Sie von einem Durchschnittsgewicht von 80 kg pro Person (inkl. Skiausrüstung) aus. Vernachlässigen Sie die Reibung.

|                 |  |
|-----------------|--|
| Liftname        | Elm-Ämpächli   |
| Typ             | <br>6er Gondelbahn (Ein-Seil-Umlaufbahn)  |
| Skigebiet       | <b>Elm im Sernftal</b><br>Europa » Schweiz » Ostschweiz » Glarus » Sernftal  |
| Baujahr         | 1996   |
| Höhe/Länge      | <br>Talstation<br>1020 m<br>Bergstation<br>1486 m<br>1139 m (Incline length)<br>466 m (Vertical rise) |
| Geschwindigkeit | 5,50 Meter pro Sekunde   |
| Fahrzeit        | ca. 3:50 Minuten   |
| Förderleistung  | 1900 Personen pro Stunde   |

### Aufgabe 5

Ein Haarföhn hat die Leistung 1600W. Angela braucht rund 7.5 Minuten, um ihre Haare zu trocknen. Wie viele Personen mit durchschnittlich 70 kg Masse müssten im Roche-Turm, dem höchsten Hochhaus der Schweiz, auf das 178 m hohe Dach steigen, um die gleiche Arbeit zu leisten wie Angelas Föhn?



## Aufgabe 6

In der folgenden Tabelle sehen Sie den Kalorienverbrauch pro Stunde in verschiedenen Sportarten für eine Person mit 60kg. 1 Kalorie entspricht 4.1868 Joule.

Beispiel Schwimmen: Der Körper verrichtet beim Schwimmen 480kcal = 2009.66kJ pro Stunde an Arbeit. Die Leistung berechnet sich somit

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{2009.66 \text{ kJ}}{1 \text{ h}} = \frac{2009.66 \cdot 10^3 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 558.239 \text{ W}$$

Berechnen Sie die Leistungen der restlichen Sportarten.

*Tabelle 1: Kalorienverbrauch einer Person mit 60kg bei verschiedenen Sportarten (Quelle: <https://www.sportunterricht.ch/Theorie/Energie/kalorienverbrauch.php>)*

| Sportart            | Kalorienverbrauch [ $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ ] | Leistung [W] |
|---------------------|--|--------------|
| Schwimmen (50m/min) | 480  | 558          |
| Skilanglauf         | 1140   |              |
| Laufen (17km/h)     | 900  |              |
| Basketball          | 972  |              |

## Kilowattstunde (kWh)

Der Stromzähler in Ihrer Wohnung misst die verbrauchte Energie nicht in Joule, sondern in Kilowattstunde. Er gibt also an, wie viel elektrische Energie man «verbraucht» hat. Bei Kilowattstunden handelt es sich also nicht um eine Leistung, sondern um bezogene Energie (die dann in Arbeit umgewandelt wird). Jede verbrauchte Kilowattstunde kostet rund 30 Rappen.



1kWh=

Wenn man einen Haarföhn mit 1000 Watt (1kW) eine Stunde lang benutzen, hat er 1kWh verbraucht.

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = P \cdot t = 1000W \cdot 1h = 1000Wh = 1kWh$$

Um ein besseres Gefühl dafür zu bekommen, was 1kWh ist, wollen wir vergleichen, wie lange verschiedene Geräte brauchen, bis eine Kilowattstunde verbraucht ist.

| Gerät        | Leistung [W] | Dauer bis 1kWh verbraucht ist |
|--------------|--------------|-------------------------------|
| Laptop       | 20           | 50h                           |
| Fernseher    | 65           | 15.4h                         |
| Gaming PC    | 500          | 2h                            |
| Staubsauger  | 900          | 1.1h                          |
| Föhn         | 1600         | 37.5 min                      |
| Wasserkocher | 2000         | 30 min                        |
|              |              |                               |
|              |              |                               |

Welche Geräte brauchen Sie oft? Recherchieren Sie die Leistung des Gerätes und fügen Sie es der Liste hinzu.