

Physikalische Grundlagen im Bergsport

Die Energie E:

Energieerhaltungssatz:

Energie kann nicht gewonnen und nicht vernichtet werden.
Sie kann nur umgewandelt werden.

Energieformen:

- **Lageenergie E_{pot}** (potentielle Energie):
Jeder Körper besitzt auf Grund seiner Lage Energie. $E = mgh$
- **Bewegungsenergie E_{kin}** (kinetische Energie):
Energie, die ein Körper auf Grund seiner Bewegung besitzt . $E = mv^2/2$
- **Wärmeenergie:**
„heißes Sicherungsgerät“
- **Deformationsenergie E_{def} :**
Materialdehnung/brüche, Knochenbrüche

Energieumwandlung beim Sturz:

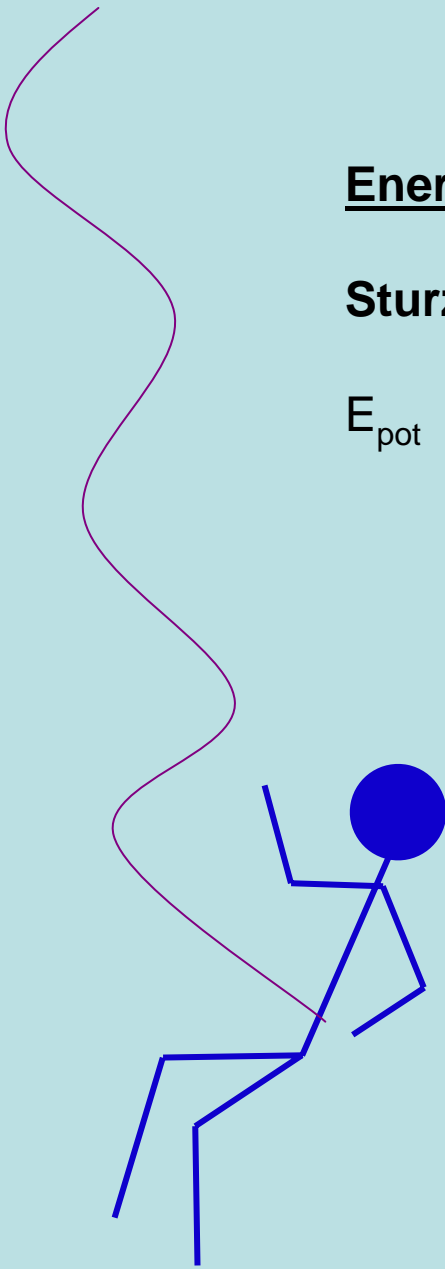
Sturzenergie

$$E_{\text{pot}} \rightarrow E_{\text{kin}} \rightarrow E_{\text{wärme}} + E_{\text{def}}$$

Beim Bremsen muss diese E_{def} so aufgenommen werden, dass der Sturz „angenehm“ ist

Einheit der Energie:

1 Joule (1J)



Die Kraft F:

- Schwerkraft (=„Gewicht“), F_g
- Reibungskraft, F_R
- Bremskraft
- Fangstoßkraft
- Bruchlast, Reißfestigkeit,.....

2. Newtonsches Axiom (Bewegungsgleichung):

Wenn auf einen Körper eine Kraft wirkt, wird er beschleunigt bzw. verzögert.

$$F = m \cdot a$$

Einheit der Kraft:

Newton

$$1\text{N} = 1 \text{ kg m/s}^2$$

$$1\text{kp}=10\text{N}$$

$$1\text{kN}=100\text{kp}$$

Die Fangstoßkraft:

Kraft, die während des Sturzabfanges im Seil auftritt.

Sie wirkt auf alle Glieder der Sicherungskette (eigener Körper, Partner, Sicherungsgerät, Zwischensicherung)

Max. Fangstoßkraft: entsteht im Augenblick der größten Seildehnung

Sicherungsgrundprinzip:

Kräfte auf ein Maß reduzieren, dass sie nicht zerstörerisch wirken.

... nicht wie weit man stürzt, sondern wie weich!

Belastung auf den Menschen:

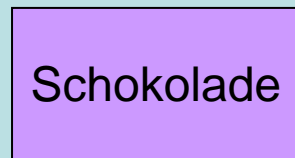
$$10g \rightarrow F = ma = 80\text{kg} \cdot 10 \cdot 10\text{m/s}^2 = 8000 \text{ N} = 8\text{kN}$$

Die Schwerkraft (=Erdbanziehungskraft, Gewicht):

Jeder Körper wird von der Erde angezogen.

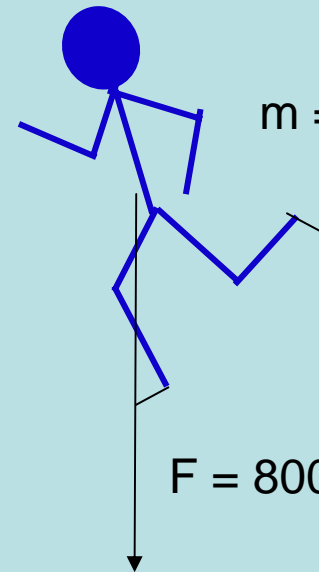
$$F = m \cdot g = m \cdot 10$$

Eine Masse von 0,1kg (100g) wird von der Erde mit 1N angezogen.



$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$

$F = 1 \text{ N}$



$m = 80 \text{ kg}$

$F = 800 \text{ N}$

Der Weg s:

Sturzhöhe, ausgegebenes Seil, Bremsweg, Seildehnung

Je kürzer der Bremsweg bzw. Zeitraum, der zur **Energie-Umwandlung** zur Verfügung steht, desto höher werden die auftretenden Kräfte)

$$E = F \cdot s$$

↑
Doppelter Bremsweg = $\frac{1}{2}$ Fangstoßkraft

Dämpfung:

Ziel: Weg verlängern → Seil, dynamisches Sichern, Schockabsorber, Schuhe, Helm, ...

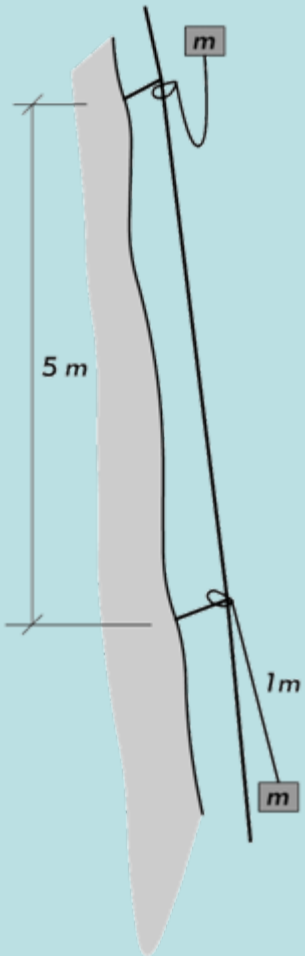
Sturz im Klettersteig:

Annahme: Der Kletterer befindet sich 5m oberhalb der letzten Verankerung.

- a) er ist nur mit einem **1m langen Seil** (Energieseil) gesichert
(Reepschnur hat nicht „genug“ Dehnung um die Energie aufzunehmen und reißt sofort)
- b) er benutzt ein **Klettersteigset**

Bei den Berechnungen wird der Mensch als *starrer Körper* angenommen und nimmt somit keine Energie auf, ebenso wird der *Luftwiderstand* vernachlässigt.

a) Ohne Klettersteigset:



Kraft, die die Verankerung und somit auch das Seil beim Sturz aufnehmen muss:

Nach ca. 6m (5+1) beginnt der Stoßabfang durch die Dehnung des Seils (Ann. 6%).

Die Masse wird durch Dehnung des Seils von ihrer maximalen Geschwindigkeit v_{\max} auf $v=0$ abgebremst.

$$v = g \cdot t$$

$$h = \frac{g}{2} t^2 \longrightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2hg}$$

Geschwindigkeit nach einem 6m Sturz:

$$v = \sqrt{2 \cdot 6m \cdot 10 \frac{m}{s^2}} \approx 11 \frac{m}{s} \approx \underline{\underline{40 \frac{km}{h}}}$$

Dehnung (x % bedeutet auf 1m Seil hat man x cm Dehnung)

$$s_D = \frac{a}{2} t^2$$

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

$$s_D = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a}$$

$$2as_D = v^2$$

$$a = \frac{v^2}{2s_D} = \frac{2hg}{2s_D} = \frac{hg}{s_D}$$

$$F = m \cdot a = \frac{m \cdot h \cdot g}{s_D}$$

Bsp.:

$$m = 80\text{kg}, \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad h = 6\text{m} (= 5 + 1), \quad s_D = 6\text{cm} (= 6\%)$$

$$F = \frac{80\text{kg} \cdot 6\text{m} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,06\text{m}}$$

$$\underline{\underline{F = 80.000 \text{ N}}}$$

b) Mit Klettersteigset:

wie viel m Seil muss mind. durch die Bremse durchlaufen, damit das Seil nicht reißt?

Fangstoßkraft: ca. 8 kN

$$F = 8000 \text{ N}, \quad m = 80 \text{ kg}, \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad h = 6 \text{ m} (= 5 + 1)$$

$$F = \frac{m \cdot h \cdot g}{s_D}$$

$$s_D = \frac{m \cdot h \cdot g}{F} = \frac{80 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{8000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{6}{10} \text{ m} = \underline{\underline{0,6 \text{ m}}}$$

Damit das Seil nicht reißt, müssen also mind. 60 cm Seil (inkl. Dehnung) durch die Bremse laufen bis die Geschwindigkeit $v=0$ ist. Die Reibung in der Bremse ist so zu konzipieren (Seildurchmesser, Windungen,...), dass dies möglich ist.