

## MUSKELAPPARAT

### 1.) Grundlegendes zur Muskelkraft

**T** Hast Du schon einmal beobachtet, welche Massen so ein kleines Tier wie eine Ameise im Vergleich zu seinem Körpergewicht heben kann ?

Eine Ameise kann Lasten bis zum 50-fachen ihres Eigengewichtes heben, eine Biene das 24-fache, ein Grashüpfer das 15-fache, ein untrainierter Erwachsener hebt ( stemmt! ) mit Mühe die Hälfte seines Eigengewichtes. Ist der Mensch verglichen mit den kleinen Tieren ein Schwächling ? Wäre er so "stark" wie eine Ameise, müßte er bequem 50 seiner Artgenossen heben können! Mit diesem Problem, dass die Leistung kleiner Tiere nicht einfach auf andere Größenordnungen übertragen werden können, befasste sich schon vor etwa 350 Jahren Galileo Galilei.

**Die interessante Frage lautet also: "Wie ändert sich die Muskelkraft bei der Änderung der Größenordnung von Lebewesen ?"**

Muskeln bestehen aus einzelnen Fasern, die sich auf einen elektrischen Reiz hin zusammenziehen ( kontrahieren ). Sie folgen dabei dem Gesetz "Alles oder nichts", d.h. wenn eine Faser erregt wird, kontrahiert sie völlig ( siehe "NaWi im Unterricht - Ph", Heft 65 bzw. Schwaiger, "Größenordnungen in der Natur" ).

Dazu ist Energie notwendig, die der Muskelfaser zugeführt werden muß. Eine Muskelfaser hat einen Durchmesser von 10 - 100 µm und ihre Länge entspricht meist der des Gesamtmuskels. Die Muskelfaserdichte hat bei allen Tieren etwa den gleichen Wert und die maximale Kraft, die ein Muskel ausüben kann, liegt unabhängig von der Größe des Lebewesens ungefähr bei etwa **50 N / cm<sup>2</sup>**. Für die Gesamtkraft eines Muskels  $F_M$  gilt also :

$$F_M \sim A \sim L^2 \quad (L \dots \text{typische Abmessung})$$

Die Muskelkraft verschiedener Lebewesen kann als Vielfaches ihres Körpergewichtes  $F_G$  angegeben werden. Man bezeichnet dies als **relative Muskelkraft**  $F_{M,rel}$  :

$$F_{M,rel} = \frac{F_M}{F_G}$$

**F** Wie verändert sich die relative Muskelkraft  $F_{M,rel}$  eines Lebewesens mit Zunahme der typischen Abmessungen ?

.....

**F** Warum genügt es, zur Berechnung von  $F_{M,rel}$  die Masse des Tieres und die maximal hebbare Masse zu kennen ?

.....



**R** Berechne in der folgenden Tabelle  $F_{M,rel}$  und erkläre die Veränderung :

Tier	Masse	max. hebbare Masse	$F_{M,rel}$
Ameise	0,01 g	0,5 g	
Biene	0,07 g	1,7 g	
Grashüpfer	2 g	30 g	
Mensch	80 kg	50 kg	

**F** Was würde passieren, wenn man eine Ameise bei gleichbleibenden Proportionen auf Menschengröße vergrößern würde ? (  $L_{Ameise} \approx 1 \text{ cm}$ ,  $L_{Mensch} \approx 180 \text{ cm}$  )  
Hinweis:  $F_M \sim L^2$ ,  $F_G \sim L^3$  !

.....

**F** Versuche,  $F_M$  deiner Oberschenkelmuskeln abzuschätzen und notiere den Wert für spätere Überlegungen.

$$F_M = \dots\dots\dots$$

## 2.) Muskel und Hebel

**T** Die meisten Muskeln in den Extremitäten bilden zusammen mit den Knochen verschiedene Hebelarten. ( Man unterscheidet 3 Arten: Zweiseitiger Hebel, Einseitiger Hebel mit Kraftansatz innen, Einseitiger Hebel mit Kraftansatz außen.

**F** Wie lautet das Hebelgesetz ?

.....

Skizziere zwei Hebelarten auf der Rückseite und zeichne jeweils die im Hebelgesetz verwendeten Größen ein !

**E/P** Versuche mit einem geeigneten Experiment ( Aufbau eines einseitigen Hebels ) die Kraft  $F_M$  deines Bizeps herauszufinden. Verwende die Abmessungen deines Körpers !

**F** Finde heraus, was „Antagonisten“ sind und nenne 2 konkrete Beispiele an deinem Körper :

.....  
.....  
.....



### 3.) Bestimmung von Muskelkraft durch Sprungversuche

#### **E/P Oberschenkelmuskel durch Sprungversuche:**

Die Sprungkraft bzw. die **Muskelkraft der Beine** kann man mit einem einfachen Experiment abschätzen:

Markiere an einer Wand den höchsten Punkt, den du im Stehen erreichen kannst. Versuche anschließend möglichst hoch zu springen und markiere den höchsten erreichbaren Punkt. Mache mehrere Versuche und miß den durchschnittlichen Wert der **Sprunghöhe  $h$**  ( d.h. den Abstand der beiden Markierungen ). Ermittle dabei auch deine optimale **Hocktiefe  $s$** , d.h. wie weit du in die Hocke gehen musst, um am höchsten zu springen.

**Annahme:** Die **Muskelkraft  $F_B$**  deiner Beine wirkt annähernd konstant vom tiefsten Punkt der Hocke bis zu dem Augenblick, wo du den Boden verläßt, d.h. der Körper gestreckt ist.

Die dabei aufgebrauchte Arbeit  $W = F_B \cdot s$  (  $s$  .... Hocktiefe )

wird umgewandelt in Hubarbeit am Körper.  $\Delta E_{\text{Pot}} = m \cdot g \cdot (h + s)$

Aus dem Energieerhaltungssatz (  $W = \Delta E_{\text{Pot}}$  ) folgt also für die Muskelkraft  $F_B$  der Beine :

$$F_B = \frac{h + s}{s} \cdot m \cdot g = \dots\dots\dots$$

Berechne aus dem Experiment die Muskelkraft deiner Beine und vergleiche mit der vorher notierten Abschätzung !

**R/F** Aktueller Hochsprungweltrekord Herren ..... m , Frauen ..... m

Berechne die maximale Sprunghöhe für einen Spitzensportler (  $m = 70 \text{ kg}$  ) mit  $F_B = 2000 \text{ N}$  optimale Beschleunigungsstrecke ( Hocktiefe )  $s = 0,35 \text{ m}$ .

$h = \dots\dots\dots \text{ m}$

Vergleiche mit aktuellen Rekorden ! Findest du eine oder mehrere Erklärungen für die Differenz zwischen der berechneten Höhe und den Rekorden ?

.....

**H** Mehr über das Thema "Hochsprung" findest du z. B. in :

"Sport und Physik" aus der Reihe Basiswissen ab S. 10

"Größenordnungen in der Natur", E. Schwaiger, S. 77 ff

Spektrum 4 / 2003 S. 112 ff

.....

