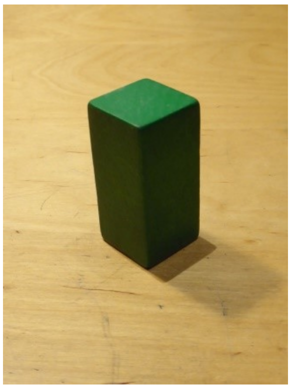
Größenänderung bei Tieren *Vergleich: Maus – Mensch*

Vergleicht man die Eigenschaften von kleinen und großen Tieren, so fällt auf, dass es durch reine Vergrößerung nicht alle Eigenschaften direkt übertragbar sind. Ameisen können das 3–fache ihres Körpergewichts tragen, wir nur 1/3 unseres Körpergewichts (im Normalfall). Ist das normal oder eine Sonderleistung der Ameisen?

Nehmen wir die Daten einer MAUS	Vergleich mit einem kleinen MENSCHEN (ca. 3 Jahre alt)	**Faktor etwa**
Länge: 10 cm	Länge: 100 cm	**10**
Oberfläche: 10 dm^2	Oberfläche: 1000 dm^2	**100**
Volumen: 20 ml	Volumen: 20 Liter	**1000**
Gewicht: 20 g	Gewicht: 20 kg	**1000**
Lebenserwartung: 2–3 Jahre	Lebenserwartung: 30 Jahre (in der Wildnis!)	**10**
Herzfrequenz: 450–550 Schläge pro Minute	Herzfrequenz: 60 Schläge pro Minute	**1/10**
kann heben: 30 g	kann heben: 5 kg	200

Während wir die Länge noch mit 10 multiplizieren können, müssen wir beim Gewicht schon mit fast 1000 multiplizieren. Die Lebenserwartung lässt sich wieder mit 10 multiplizieren, die Herzfrequenz muss durch 10 dividiert werden.



Wieso ist das so?

Um das ein bisschen zu vereinfachen, nehmen wir einmal an, der kleine Mensch ist ein Quader mit Höhe 100 cm, Breite 25 cm und Tiefe 20 cm

Dann lassen sich das Volumen und die Oberfläche wie folgt berechnen:

Volumen: $10\ dm \cdot 2{,}5\ dm \cdot 2\ dm = 50\ dm^3$
Setzen wir nun die Längeneinheit mit L = 10 dm fest, so ergibt sich für das Volumen:
$V = L \cdot 0{,}25L \cdot 0{,}20L = \mathbf{0{,}05 \cdot L^3}$

Genauso ergibt sich die Oberfläche aus den 6 Seitenflächen:
Oberfläche = $10 \cdot 2{,}5 \cdot 2 + 10 \cdot 2 \cdot 2 + 2{,}5 \cdot 2 \cdot 2 = 100\ dm^2$ und mit der Abkürzung L=10 dm ergibt sich:
$O = \mathbf{L^2}$

Daraus kann man die folgenden Größen ableiten, wenn die Länge L in dm (!) angegeben wird:

Grundgrößen	**Maus (L=1 dm)**	**Mensch (L=10 dm)**	**Elefant (L=40 dm)**
Länge L [dm]	1 dm	10 dm	40 dm
Volumen $L^3 \cdot 0{,}05$ [dm^3]	0,05 dm^3	50 dm^3	3200 dm^3
Masse $L^3 \cdot 0{,}05$ [kg]	0,05 kg = 50 g	50 kg	3200 kg
Oberfläche L^2 [dm^2]	1 dm^2	100 dm^2 =1 m^2	2208 dm^2 = 22 m^2
Wärmeleistung $L^2 \cdot 0{,}5$ [Watt]	0,5 Watt	50 Watt	800 Watt
Herzmasse $L^3 \cdot 0{,}0003$ [kg]	0,3 g	0,3 kg	19,2 kg
Tagesbedarf $L^2 \cdot 0{,}01$ [kg]	0,010 kg	1 kg	16 kg (=160 kg Heu)
Muskelquerschnitt $L^2 \cdot 0{,}001$ [dm^2]	0,001 dm^2 =0,1cm^2	0,1 dm^2 =10cm^2	1,6 dm^2 =160 cm^2

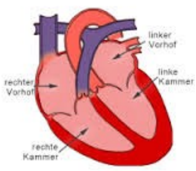
Jetzt können wir auch noch die einzelnen Größen in Relation zueinander setzen und dividieren:

Relationen	**Maus**	**Mensch**	**Elefant**
Herzschlagzahl ist prop. Wärmeleistung/Herzvolumen ➔ 10 / L	10 Hertz	1 Hertz	0,25 Hertz
Fressvolumen pro Masse ist prop. Tagesbedarf/Masse ➔ 20% / L	20%	2%	0,5% (5% bei Heu)
relative Tragekraft in % des Eigengewichts ist prop. Muskelquerschnitt/Masse ➔ 100 % / L	100%	10%	2,5%

Was folgt daraus:

Die Maus kann das 1,5–fache ihres Körpergewichtes heben, also 30g. Bei der Vergrößerung auf Menschengröße würden die Muskeln den 100–fachen Muskel−Querschnitt haben und daher das 100–fache heben können – also 100· 30g = **3 kg.** Ein dreijähriges Kind kann aber schon 5 kg heben – hier sind die Muskeln notwendigerweise besser organisiert.

Betrachten wir den **Blutkreislauf**. Im Ruhezustand transportiert das Blut hauptsächlich die Körperwärme an die Oberfläche, um dort die Gewebe durch Zufuhr von Wärme auf konstanter Temperatur zu halten. Da die Wärmeabgabe proportional zur Oberfläche des Körpers und somit proportional L^2 ist, ist die zu transportierende Blutmenge ebenfalls proportional L^2. Da die Größe des Herzens proportional der Körpergröße L ist, ist sein Volumen proportional zu L^3. Die Anzahl der Herzschläge pro Zeiteinheit ergibt sich durch Division des Blutbedarfes ($\propto L^2$) durch das Herzvolumen ($\propto L^3$) und man erhält für die Herzfrequenz $f \propto 1/L$. **Je kleiner ein Tier, desto schneller muss das Herz schlagen**. Dies ist bei Tieren verschiedenster Größe bestätigt.



Interessanterweise nimmt die **Lebensdauer** eines Tieres in ähnlicher Weise **mit zunehmender Körpergröße** zu. Die einzige Ausnahme bildet hier der Mensch mit 70 Jahren Lebensdauer gegenüber etwa 30 Jahren, die sich auf Grund der Körpergröße ergäben. Der Grund dafür ist, dass der Mensch eine wesentlich bessere medizinische Versorgung erfährt, als etwa Maus oder Hase.

Die **Anzahl der Herzschläge** im Leben ergibt sich als Produkt aus Frequenz und Lebensdauer. Diese ist **unabhängig von der Körpergröße** ungefähr 600 Millionen Schläge.

Wie sieht es mit dem **Nahrungsbedarf** aus?

Die Nahrung wird hauptsächlich dazu benutzt, die Wärme für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur von 37° C zu produzieren. Wobei die Wärmeabgabe proportional zu L^2 ist. Vergleicht man das mit dem Körpergewicht, so ergibt sich aus der Division Körpergewicht geteilt durch Wärmeabgabe: $L^3/L^2 = L$.

Der **kleine Mensch** braucht ca. ½ kg Lebensmittel pro Tag, dividiert man das durch das Körpergewicht von 15 kg, so ergibt sich 3,3% des Körpergewichts.

Die **Maus** hat ein Körpergewicht, das 1/1000 des Körpergewichts des Menschen ist. Also 15 g. Andererseits ist die Wärmeabgabe 1/100 des kleinen Menschen, weil die Oberfläche 1/100 der Oberfläche des Menschen ist. Also 0,5 kg / 100 = 5g.

Die Maus braucht für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur also 5g Nahrung, das ist in Bezug auf das Körpergewicht von 15g ein Drittel des Körpergewichts – also 33% des Körpergewichts (das ist das 10–fache des Prozentsatzes des kleinen Menschen!)

Daraus ergibt sich, dass das Verkleinern der Tiere nicht mehr so weiter gehen kann. Die **Ameise** mit weniger als 1 cm Körperlänge müsste 333% ihres Körpergewichts täglich fressen. Das geht nicht

➔Daher ist die Ameise nicht mehr gleichwarm – sondern **wechselwarm**!

Wie sieht es mit dem **freien Fall** aus?
Die Endgeschwindigkeit beim freien Fall ist proportional dem Gewicht dividiert durch den Körperquerschnitt (proportional $L^3/L^2= L$). Daher für kleine Tiere nicht lebensbedrohend.

Wie sieht es mit der **Wasserbenetzung** (und Oberflächenspannung) aus ?
Für uns und die Wasserläufer kein Problem aber für die Wespen, die im Zuckerwasser ertrinken!