



# **Solar Bag**

## die fliegende Wurst



Sonne betriebener Heissluftschlauch  
Archimedes einmal anders

## ***Was Du erhältst***

- 15m Solar Bag  
(hauchdünner, schwarzer HDPE Schlauch)
- 1 Rolle Faden (ca. 100m)

## ***Was Du sonst noch brauchst***

- Grosser Rasenplatz
- Sonne

## ***Weiteres Video***

(Steve Spangler)



## ***Wie funktioniert das?***

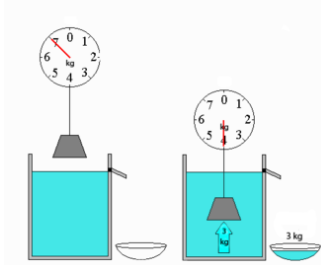
Achimedes von Syrakus war ein griechischer Mathematiker, Physiker, und Ingenieur. Er gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker der Antike. Seine Werke waren auch noch im 16. Und 17. Jahrhundert bei der Entwicklung der höheren Analyse von Bedeutung.

In diesem Teilgebiet der Mathematik finden sich Namen wie Isaac Newton und Leonard Euler und Begriffe wie Grenzwerte, Funktionen, Differential- und Integralrechnen. Wichtige Methoden in den Natur- und Ingenieurwissenschaften.

## Archimedisches Prinzip (Auftrieb)

Der statische Auftrieb eines Körpers in einem Medium ist genau so gross, wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Mediums.

$$F_{\text{Auftrieb}} = V_{\text{verdrängt}} * \text{Dichte}_{\text{Medium}} * g$$



## Der Solar Bag

Der Solar Bag ist ein schwarz eingefärbter, hauchdünner HDPE (High Density PolyEthylen) Schlauch. Gefüllt mit der Umgebungsluft ist der Schlauch «schwerer», hat eine höhere Dichte als die Umgebung. Wird die Luft im Schlauch von der Sonne aufgeheizt, wird das Volumen grösser und die Dichte kleiner. Sobald der Schlauch mehr Masse verdrängt als seine eigene, fängt er an zu schweben. Dasselbe Prinzip lässt auch einen Heissluftballon vom Boden abheben und fahren.

## ***Tips und Tricks***

- Der 15m Solar Bag kann auch halbiert werden.
- Zum Aufblasen wird der Schlauch einseitig verknotet. Das andere Ende öffnet man und füllt den Schlauch indem man losrennt und die Luft einströmen lässt. Siehe dazu das Video.
- Wenn der Schlauch satt mit Luft gefüllt ist, verknotet man auch das zweite Ende. Nun befestigt man den Faden, damit der Schlauch nicht davonfliegen kann!
- Die Sonne erhitzt nun, dank der schwarzen Farbe des Schlauchmaterials, die Luft im Innern des Solar Bags rasch. Das Volumen nimmt zu. Die Masse bleibt gleich. Die Dichte sinkt. Bald fliegt die «Wurst»
- Sollte der Schlauch irgendwo ein Loch haben, kann dieses mit Klebestreifen, wie man ihn im Büro verwendet, verschlossen werden.
- Nach der Verwendung wird der verknotete Schlauch einseitig geöffnet und die Luft vorsichtig entfernt. Den Schlauch zur Wiederverwendung lose zusammenfalten.

## Noch etwas Physik

*"Damit ein Körper im Wasser schwimmt, muss dieser leichter als Wasser sein."* Bei dieser Feststellung musst du als physikalisch vorgebildeter Mensch sofort protestieren und richtigstellen: *"Damit ein Körper im Wasser schwimmt, muss dessen Dichte kleiner sein als die Dichte von Wasser."*

Die bei Flüssigkeiten gemachte Beobachtung lässt sich nun auf das "Luftmeer" in dem wir leben übertragen: *"Damit ein Körper in der Luft aufsteigen kann, muss seine Dichte kleiner sein als die der Luft."*

Für ein genaueres Verständnis der Ballon-Physik muss man zwei physikalische Gesetzmäßigkeiten heranziehen: Das Gesetz über den Auftrieb von Archimedes und das allgemeine Gasgesetz. Wir wollen uns zunächst nochmal das Gesetz von Archimedes in Erinnerung rufen: Die Auftriebskraft  $F$  eines Ballons ist gleich dem Gewicht der verdrängten (äußeren) Luft. Formel siehe Seite 3.

Die Dichte der Luft bei Normalbedingungen ( $\vartheta=0^{\circ}\text{C}$  und  $p=1013\text{hPa}$ ) ist  $\rho_0=1,3\text{kg/m}^3$ .

Wird also z.B.  $1\text{m}^3$  Luft bei Normalbedingungen verdrängt, so entsteht eine Auftriebskraft von  $F_A=1,3\text{kg/m}^3 \cdot 10\text{N/kg}=13\text{N}$

### **Bedingung für das Abheben eines Ballons**

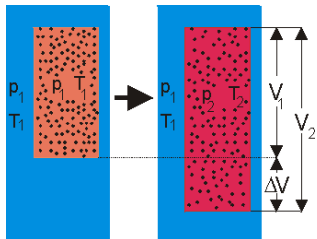
Damit der Ballon abhebt, muss die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft sein. Bei der festgelegten Zählrichtung muss also die resultierende Kraft  $F_{\text{res}}$  größer Null sein.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{Auftrieb}} - F_{\text{Gewichtskraft}} > 0$$

Die Gewichtskraft des Ballons setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen:

- die Gewichtskraft der Ballonhülle
- die Gewichtskraft von Korb und Zuladung
- die Gewichtskraft der Gasfüllung im Ballon

## Der Trick bei den Heißluftballons



Neben der Füllung eines abgeschlossenen Ballons mit einem Gas geringerer Dichte (Gasballon) gibt es auch noch die Möglichkeit, die Luft im Ballon zu erwärmen (Heißluftballon). Wie du weißt, nimmt Luft bei höherer Temperatur (und gleichem Druck) ein größeres Volumen ein und hat somit eine geringere Dichte. Um die Verhältnisse beim Heißluftballon auch quantitativ erfassen zu können benötigen wir das allgemeine Gasgesetz. Dieses lautet

$$p \cdot V / T = \text{const.} \quad \text{oder} \quad p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$$

Wird die Luft im Ballon ( $p_1, V_1, T_1$ ) erwärmt, so geht sie in den neuen Zustand ( $p_2, V_2, T_2$ ) über. Da der Heißluftballon offen ist, gilt  $p_1 = p_2 = p_a$ . Damit vereinfacht sich die allgemeine Gasgleichung und

man kann nun das neue Volumen des heißen Gases nach dem so genannten Gesetz von Gay und Lussac berechnen:  $V_2 = V_1 \cdot T_2/T_1$

Aus dem Ballon entweicht also heiße Luft mit dem Volumen

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \cdot T_2/T_1 - V_1 = V_1 \cdot (T_2/T_1 - 1)$$

Durch Umwandlung der Gasgleichung ergibt sich:

$$F_{\text{res}} = (\rho_0 - T_0/T_i \cdot \rho_0) \cdot V \cdot g = (1 - T_0/T_i) \cdot \rho_0 \cdot V \cdot g$$

**Aufgabe:** Welches Volumen muss ein Heissluftballon haben, wenn die Aussentemperatur 20°C beträgt und die Innentemperatur auf 80°C erhitzt wird und eine Last von 1000kg gehoben werden soll?

$$V = F / (g \cdot (1 - T_0/T_i) \cdot \rho_0)$$

$$V = 1000 \text{ kg} / (1 - (20/60 \cdot 1.3 \text{ kg/m}^3)) = 1760 \text{ m}^3$$

Wäre der Ballon eine Kugel, so ergäbe dies einen Durchmesser von über 10m.

$$V = \frac{3}{4} \cdot r^3 \cdot \pi$$