

# Heissluftballon

## Prinzipien

---

### Gewichtskraft

Auf jeden Körper wirkt die **Gewichtskraft**, die nach unten gerichtet ist. Sie hängt nur von seiner Masse ab.

### Archimedisches Prinzip

Auf jeden Körper, der in ein flüssiges oder gasförmiges Medium eingetaucht ist, wirkt eine nach oben gerichtete **Auftriebskraft**. Die Auftriebskraft ist so gross wie die Gewichtskraft des verdrängten Mediums. Daher hängt die Grösse der Auftriebskraft nur vom Volumen des Körpers ab: Je grösser der eingetauchte Körper (je mehr Volumen), desto grösser ist die Auftriebskraft. Sie hängt nicht von der Masse des Körpers ab – auch schwere Körper erfahren eine Auftriebskraft.

Da die Gewichtskraft des verdrängten Mediums von seiner Masse abhängt, spielt hier auch die Dichte des Mediums mit hinein.

Ergänzung: Die Auftriebskraft entsteht durch den unterschiedlichen hydrostatischen Druck im Medium. Vereinfacht gesagt, ist der Druck wegen der Erdanziehung weiter oben geringer als weiter unten. Entsprechend wirkt von oben eine geringere Kraft auf den Körper als von unten, während sich die Kräfte seitlich aufheben; es resultiert eine Kraft nach oben – die Auftriebskraft.

### Steigen/Schweben/Sinken

Es hängt vom Verhältnis der Gewichtskraft zur Auftriebskraft ab, ob ein Körper steigt (Auftriebskraft > Gewichtskraft), sinkt (Auftriebskraft < Gewichtskraft) oder schwebt (Auftriebskraft = Gewichtskraft).

Da ich die Gewichtskraft des verdrängten Mediums mit der Gewichtskraft des Körpers vergleiche, kann ich genauso gut die Massen oder die Dichten vergleichen. So kommt man zu folgenden Aussagen:

- «Ein Körper schwimmt/steigt, wenn er leichter ist als das von ihm verdrängte Medium (leichter als eine gleich grosse Portion Luft/Wasser).»
- «Ein Körper schwimmt/steigt, wenn seine Dichte kleiner als die Dichte des Mediums ist.» Für die PS ist diese Aussage wegen des Dichtebegriffs (Masse pro Volumen) eher ungünstig.

### Mechanismen zur Änderung der Masse bzw. des Verhältnisses Masse zu Volumen (Dichte)

Thermische Ausdehnung (Volumen bleibt gleich, Masse ändert sich) → Heissluftballon

Gas mit geringerer Dichte (Volumen bleibt gleich, Masse ändert sich) → Gasballon

Kompression von Luft (Volumen ändert sich, Masse bleibt gleich) → Flaschentaucher (U-Boot, Schwimmblase Fisch)

## Was das Modell zeigen kann... oder auch nicht

| Beobachtung  | Deutung  | Mögliche SuS-Aussage   | Weitere Experimente  |
|--|--|--|--|
| Volumenänderung (Prozess des «Aufblasens» der Hülle beim Anheizen oder Zusammenfallens beim Abkühlen)  | Thermische Ausdehnung  | Warme Luft braucht mehr Platz als eine gleich schwere Menge kalter Luft.<br>Luft dehnt sich beim Erwärmen aus.   | Ballon über Flasche in heissem/kaltem Wasser<br>Zugeknöteter Ballon im Eisfach bzw. auf Heizung<br>Münze auf Flaschenhals, dann Flasche anwärmen<br>Usw.   |
| Steigen bzw. nicht Steigen des fertig «aufgeblasenen» Ballons: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je grösser und leichter der Ballon ist, desto eher steigt der Ballon.</li> <li>• Je heisser die Luft im Ballon im Vergleich zur Umgebung ist, desto eher steigt der Ballon.</li> </ul> | Wechselspiel zwischen der Gewichtskraft und der Auftriebskraft → wird meines Erachtens erst durch den Vergleich verschiedener Modelle erfahrbar, d.h. die Fehlversuche sind wichtig. | Siehe «Je-desto»-Aussagen bei Beobachtung oder NaTech 3/4 S. 9 Erarbeiten:<br><i>«Unten im Heissluftballon hat es Feuer, das die Luft im Ballon wärmt. Die warme Luft dehnt sich aus. Somit steigt der Ballon, weil nun weniger Gasteilchen im Ballon sind. Der Ballon ist deshalb leichter als die kalte Umgebungsluft.»</i><br>... hier könnte man noch anschliessen, dass die Umgebungsluft den leichteren Ballon nach oben wegdrückt (nach unten kann er ja nicht ausweichen). | Schwimmen und Sinken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdrängung im Wasser bei unterschiedlichen Körpern untersuchen.</li> <li>• Auftrieb unterschiedlich grösser Körper im Wasser spüren.</li> </ul> → Das verdrängte Wasser «will» zurück an seinen Platz und drückt XY nach oben. XY wird von der Erde angezogen und «will» nach unten. Es hängt vom Gewicht und der Grösse von XY ab, ob das Wasser oder XY gewinnt. |

### Bemerkungen

Viele Studierende geben an, dass das Modell den «statischen Auftrieb» zeige. Die Auftriebskraft macht man meines Erachtens jedoch besser im Wasser erfahrbar, dort kann man sie wirklich spüren oder sogar mit einem Gummiband als einfachem Kraftmesser «messen» (siehe oben «Experimente» bzw. «Klassenkiste»). Meines Erachtens ist das Modell im Thema «Auftrieb» vor allem geeignet, um einen Transfer vom Schwimmen-Sinken auf Luft zu machen. Hier ist gewinnbringend, das Verhältnis von Masse zu Volumen in den Blick zu nehmen: Der Ballon muss möglichst gross und dabei möglichst leicht sein, damit er steigt.

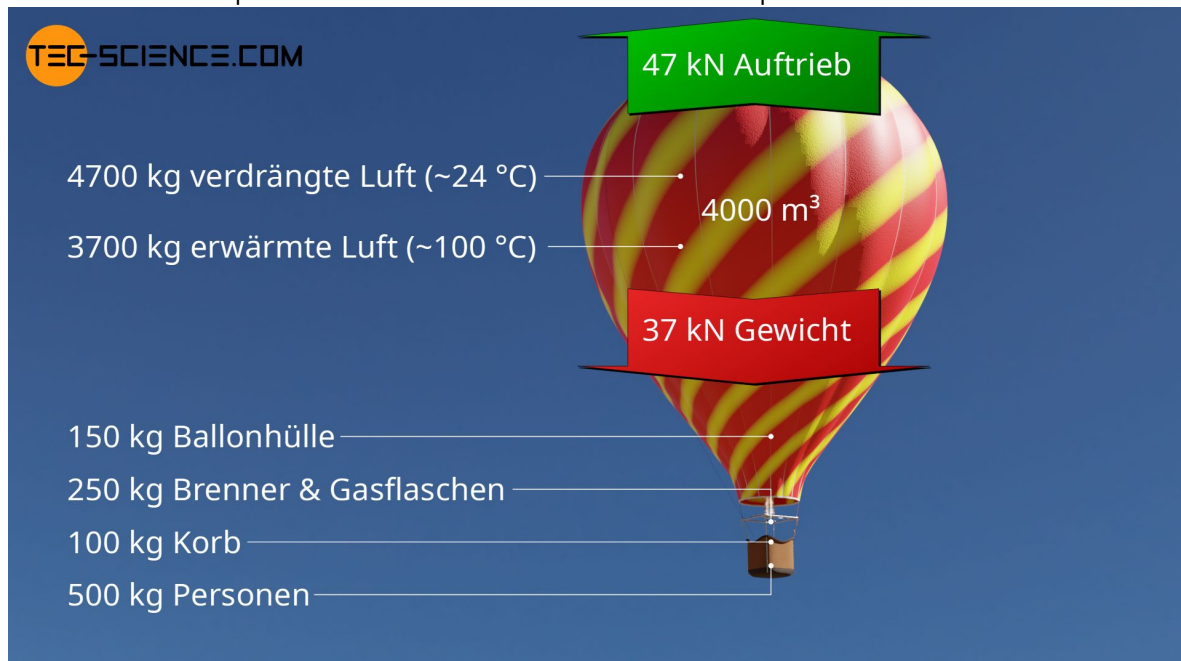
Schwimmen-Sinken mit den Teilphänomenen Verdrängung und Auftrieb ist im NaTech und im LP21 leider nicht explizit thematisiert. Folgerichtig behandelt das NaTech den Heissluftballon im Thema warme/kalte Luft und begnügt sich mit der oben zitierten etwas vagen Aussage.

Nichtsdestotrotz ist «heisse Luft steigt» keine ausreichende Erklärung. Studierende sollten erklären können, warum heisse Luft steigt, und bei den Primar-SuS zumindest das Verständnis im Sinne der zitierten NaTech-Erklärung anstreben.

Mögliche Fehlvorstellungen von Studierenden:

- Sie beschreiben, dass die Auftriebskraft bzw. «der Auftrieb» nur bei leichten Körpern entsteht, also wenn das Objekt tatsächlich steigt. → richtig: unabhängig von Masse, immer in einem Fluidum
- Verwechslung Auftriebskraft mit – richtig - resultierender Kraft (= Auftriebskraft minus Gewichtskraft)
- Heisse Luft wird in den Ballon geblasen. → richtig: Luft im Ballon wird durch Brenner erwärmt. Dabei tritt ein Teil der Luft aus der Ballonhülle aus, weil warme Luft mehr Platz braucht, der im «aufgeblasenen» Ballon aber nicht zur Verfügung steht.

Eine Skizze mit Kraftpfeilen unterstützt das Verständnis: hier mit beispielhaften Zahlen



<https://www.tec-science.com/de/mechanik/gase-und-fluessigkeiten/wie-funktioniert-ein-heissluftballon-auftrieb-in-gasen/>

Heissluftballon in NaTech 3-4 (am Rande): Kap. Stoffe: Luft, TB S. 9:

