

## Versuch mit Teebeuteln:

*„Teebeutel entfalten, Inhalt entfernen, verbleibendes Tütchen als große Säule auf einen feuerfesten Untergrund stellen und anzünden. 3-2-1-Lift-off: Die Mission zum Mars kann beginnen! Warum fliegt der Teebeutel?“*

### Erklärung:

Zündet man den Teebeutel oben an, so erwärmt sich in der Umgebung der brennenden Stelle die Luft sehr stark. Durch die Erwärmung dehnt sich die Luft aus. Das gilt ganz allgemein, sofern die Luft nicht in einem Behälter eingeschlossen ist. In einem Behälter (z. B. einem Auto- oder Fahrradreifen) dagegen, steigt mit der Erwärmung der Luft der Druck an. Das liegt daran, dass die Luft sich eigentlich ausdehnen will, es aber aufgrund des begrenzten Volumens nicht kann. Beide Phänomene (Ausdehnung oder Druckanstieg bei Erwärmung) werden durch die Gasgleichung beschrieben. Sie lautet

$$p = n k_B T .$$

Dabei sind  $p$  der Druck (Kraft pro Fläche),  $n$  die Teilchendichte (Anzahl der Luftteilchen pro Volumen) und  $T$  die Temperatur.  $k_B$  ist die sogenannte Boltzmann-Konstante und hat einen festen Wert, der für alle Gase gilt.

Unter Berücksichtigung dieser Gleichung wird klar, dass heiße Luft im Vergleich zu kalter Luft bei gleichem Druck (z. B. Normal-Luftdruck  $p=1$  bar; mehr zu Luftdruck findet sich in der Erklärung zum Versuch Luftexperiment) eine geringere Teilchendichte hat. Geringere Teilchendichte bedeutet aber automatisch geringere Dichte (Masse pro Volumen), da die Teilchen unabhängig von der Temperatur die gleiche Masse besitzen. Heiße Luft ist also leichter als kalte Luft. Ganz ähnlich wie z. B. ein leichtes Stück Holz im Wasser an die Wasseroberfläche gedrückt wird, steigt deshalb heiße Luft in der Umgebung von kalter Luft nach oben. Man kann das Aufsteigen heißer Luft auch leicht nachprüfen, indem man seine Hand (in genügend großem Abstand!) über eine heiße Stelle (Heizung, Herdplatte, Feuer ...) hält. Dann spürt man, wie die heiße Luft nach oben steigt, an die Hand gelangt und diese erwärmt. In gleichem Abstand neben oder unter der heißen Stelle ist die Erwärmung der Hand im Gegensatz dazu viel geringer.

Wenn die Luft am oberen brennenden Ende des Teebeutels aufsteigt, dann strömt von unten Luft nach, um den frei werdenden Platz einzunehmen (siehe Abbildung). Die nachströmende Kaltluft streift dabei an der Wand des Teebeutels entlang und übt über die Reibung eine nach oben gerichtete Kraft auf ihn aus. Sobald der Teebeutel so weit abgebrannt ist, dass die Kraft durch die Reibung der aufsteigenden Kaltluft größer ist als seine Gewichtskraft, steigt dieser wie eine Rakete nach oben.

Thermik ist äußerst wichtig für die Luftzirkulation und damit für das Wetter. Segelflieger und Vögel nutzen die aufsteigende Luft, um in der Luft zu gleiten. Auch in einem Heißluftballon wird ausgenutzt, dass heiße Luft leichter ist als kalte und es somit zum Auftrieb kommt.

