

## Luftexperiment:

*„Die Postkarte einfach entlang der gestrichelten Linien zu einer Kartonbrücke falten und unter ihr durchblasen. Warum fliegt die Brücke trotz einer sportlich-kräftigen Brise nicht davon?“*

## Erklärung:

Die physikalischen Grundlagen zu diesem Versuch wurden von dem Schweizer Mathematiker Daniel Bernoulli bereits im Jahr 1738 entdeckt. Er bemerkte, dass in Flüssigkeiten (wie z. B. Wasser, Öl, Cola, Bier...) oder Gasen (z. B. Luft, Wasserdampf, Erdgas...) der Druck umso kleiner wird, je schneller sie sich bewegen. Physiker kennen diese Erscheinung als Bernoulli-Gleichung in folgender Form:

**$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstant}$ .**

Dabei ist  $p$  der Druck (Kraft pro Fläche),  $\rho$  die Dichte (Masse pro Volumen) und  $v$  die Geschwindigkeit der Flüssigkeit bzw. des Gases.

Aus dieser Gleichung lässt sich die Faustregel „je schneller, desto geringer der Druck“ ableiten. Damit wird die Erklärung, warum die Kartonbrücke nicht wegfliegt, wenn man unter ihr durchbläst, einfach:

Dazu betrachten wir zuerst, was mit der Luft oberhalb der Kartonbrücke geschieht, und im Anschluss daran, was sich im Gegensatz dazu unter der Kartonbrücke abspielt.

Bläst man unter der Brücke hindurch, so ändert sich über ihr zunächst gar nichts. Die Luft bleibt wie zuvor still stehen und strömt nicht in eine bestimmte Richtung. Es herrscht also oberhalb der Kartonbrücke der normale Luftdruck von etwa 1 bar (=100 000 N/m<sup>2</sup>). 1 bar ist ziemlich viel und entspricht etwa dem Druck, der durch die Gewichtskraft entsteht, wenn ein Objekt mit 150 kg auf die Fläche der Postkarte verteilt wird (oder zehn 100-g-Tafeln Schokolade auf der Fläche von 1 cm x 1 cm). Normalerweise fällt er uns nicht auf, da er praktisch allgegenwärtig ist. Druckänderungen bemerken wir jedoch schon: Beim Tauchen im Schwimmbad nimmt der Druck mit zunehmender Tauchtiefe zu und macht sich als „Druck auf den Ohren“ bemerkbar. Man muss übrigens 10 m tief tauchen, um einen Druckunterschied von zusätzlich 1 bar zu spüren. Ähnliches geschieht im Flugzeug, wenn dieses aufsteigt. Nur nimmt dort der Druck mit zunehmender Höhe ab.

Nun aber zurück zur Brücke und zu dem, was sich unter ihr abspielt. Unter der Brücke wird die Luft durchgeblasen. Das bedeutet, dass sie sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt und zwar umso schneller, je kräftiger man bläst. Und genau da kommt das Bernoulli-Gesetz ins Spiel: Je schneller sich die Luft bewegt, desto geringer wird der Druck im Vergleich zur Oberseite. Dies hat zur Folge, dass die Luft von oben stärker auf die Brücke drückt als von unten (ganz so wie beim Tauchen das Wasser von außen stärker gegen das Trommelfell drückt als die Luft im Innenohr). Die Brücke wird also von der Luft nach unten gedrückt und fliegt nicht, wie man im ersten Moment denken könnte, einfach weg.

Das Bernoulli-Gesetz hat weitreichende Konsequenzen. Es ist letztlich dafür verantwortlich, dass bei starkem Wind Hausdächer abgedeckt werden, aber auch z. B. für den Auftrieb bei Flugzeugen. Die einfach aufgebaute Wasserstrahlpumpe nutzt das Bernoulli-Gesetz ebenso aus.

Noch eine kurze Bemerkung zu Luftdruck und Wasser. Wie bereits erwähnt, muss man etwa 10 m tief tauchen, bis man eine Druckdifferenz von 1 bar spürt. Anders ausgedrückt bedeutet

das, dass eine 10 m hohe Wassersäule aufgrund ihrer Gewichtskraft gerade den Druck von 1 bar erzeugt. Füllt man nun ein Glas (oder einen Eimer oder Ähnliches) ganz mit Wasser, sodass keine Luft mehr enthalten ist, deckt es mit einer dünnen Platte (z. B. Postkarte, Bierdeckel, ...) zu und stellt es dann über Kopf, sodass die Öffnung nach unten zeigt, so fällt weder die Platte nach unten, noch fließt das Wasser heraus (siehe Abbildung). Die Erklärung ist klar: Das Wasser (solange die Säule kleiner als 10 m ist) erzeugt einen Druck, der kleiner ist als der Luftdruck. Die Luft der Umgebung drückt also die Platte samt Wasser stärker nach oben, als die Gewichtskraft das Ganze nach unten zieht.

