

Ballons oder Luftschiffe können aufgrund des aerostatischen Auftriebs in der Luft bleiben. Der **aerodynamische Auftrieb** ermöglicht dagegen den Flug von Vögeln und Flugzeugen. Die hier wirkende Auftriebskraft entsteht erst bei geeigneter relativer Bewegung des Flugobjekts gegenüber der umgebenden Luft. Zur Erklärung wird unter anderem das **Gesetz von Bernoulli**, das den Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Druck beschreibt, herangezogen.

Die folgenden Versuche zeigen Phänomene auch in strömenden Flüssigkeiten und dienen im Wesentlichen der Überprüfung und des Nachweises.

Material

Aufbau 1

- zwei Holzkugeln (ca. 10 cm Durchmesser)
alternativ: zwei Äpfel
- zwei lange Schnüre, ein Strohhalm

Aufbau 3

- ein Blasrohr mit CD
- eine Postkarte

Aufbau 2

- zwei Esslöffel
- Waschbecken mit Wasserhahn

Aufbau 4

- ein Tischtennisball
- ein Fön

Aufbau 1, Durchführung

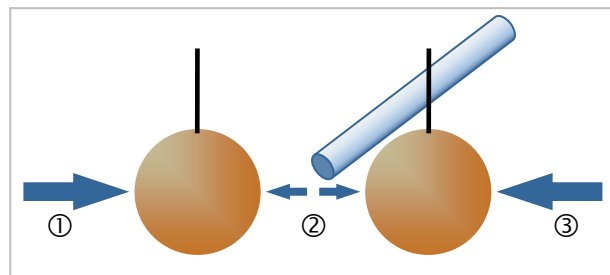
Die Holzkugeln werden über die Schnüre so an der Decke aufgehängt, dass sie einen gegenseitigen Abstand von ca. 1 cm besitzen. Blase nun kräftig mit dem Strohhalm in den Zwischenraum der Kugeln.



Arbeitsauftrag 1

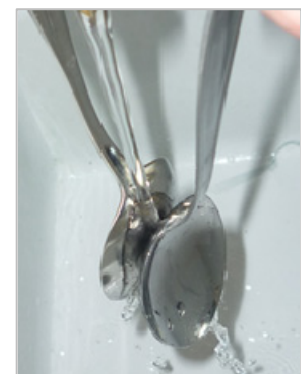
Erkläre deine Beobachtung mithilfe nebenstehender Zeichnung:

Beschrifte und ergänze dazu diese in den Bereichen ①, ② und ③, so dass die Strömungsgeschwindigkeiten, die nach dem Gesetz von Bernoulli zugehörigen Druckverhältnisse und die dann wirkenden Kräfte ersichtlich sind.



Aufbau 2, Durchführung

Die beiden Löffel werden so gehalten, dass sich ihre gewölbten Seiten in einem geringen Abstand gegenüberstehen. Durch diesen Spalt lässt du dann einen Wasserstrahl strömen.

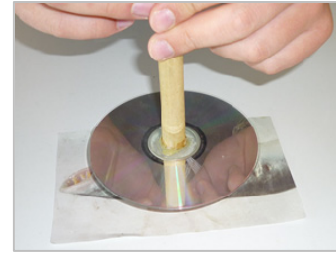


Arbeitsaufträge 2

- (1) Bei aufmerksamer Durchführung des Löffelversuchs kann man ein „Klappern“ der Löffel hören. Dieser Ton kann während des Versuchs in der Tonhöhe variiert werden. Erläutere, von welchen Bedingungen die Frequenz des Tons abhängt.
- (2) Du kannst mit der ausströmenden Luft eines gefüllten Luftballons einen Pfeifton erzeugen. Die Vorgänge bei einem pfeifenden Luftballon entsprechen aus physikalischer Sicht sehr gut dem durchgeführten Löffelversuch. Erläutere die Analogie der beiden Versuche.

Aufbau 3, Durchführung

Das dünne Papprohr ist mit ausreichend Heißkleber mittig auf die CD geklebt. Bringe die CD knapp über die Postkarte, die auf dem Tisch liegt. Blase dann kräftig in das freie Ende des Rohrs.



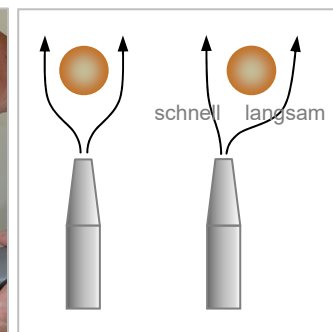
Arbeitsaufträge 3

- (1) Erkläre deine Beobachtung.
- (2) Erkläre folgende Phänomene in Anlehnung an den vorstehenden Versuch mit der CD:
 - a) Bei Zugluft fällt eine Türe zu und wird nicht aufgerissen.
 - b) Ein Duschvorhang wird während des Duschens häufig „lästig“, denn kaum dreht die Person unter der Dusche das warme Wasser auf, kommt ihr der Vorhang entgegen.

Aufbau 4, Durchführung

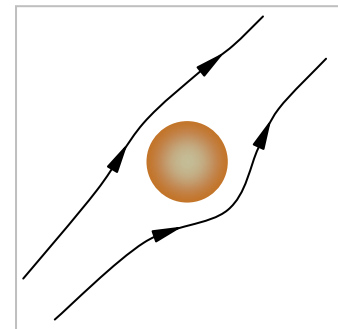
Hebe den Fön so, dass sein Luftstrom nach oben zeigt. Lege nun vorsichtig den Tischtennisball in den Luftstrom.

Versuche auch, den Ball in einer schrägen Luftströmung zu halten.



Arbeitsaufträge 4

- (1) Erläutere mithilfe der obigen Zeichnung, warum der Tischtennisball eine stabile Lage in der Mitte der Strömung hat. Überlege dazu, was mit dem Ball passiert, wenn er etwas aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt wird.
- (2) Am Tischtennisball greifen zu jeder Zeit die Gewichtskraft F_G , die Luftwiderstandskraft F_W und eine Auftriebskraft F_A an. Überlege, welche Beziehung zwischen diesen Kräften für den Gleichgewichtsfall gelten muss, und zeichne für diesen Fall die drei Kräfte mit ihren Richtungen in die nebenstehende Skizze (schräge Luftströmung) ein. (Tipp: Kräfteparallelogramm!)



Hinweise, Literatur und Links

- 📱 Simulierte Strömungsbilder (auch unter Darstellung von Druck, Geschwindigkeit) können z. B. in der Smartphone-App [WindTunnel Free](#) (Android, iOS) betrachtet werden (siehe auch [Smartphone-Hinweise](#)).
- 📖 Der theoretische Hintergrund zum aerodynamischen Auftrieb, dem Gesetz von Bernoulli sowie der Auftriebsgleichung von Kutta-Joukowski findet sich in
 - [Warum fliegt ein Flugzeug Grundlagen.ppt](#) (Handreichung “Technik erleben“, S. 35)
 - [Fliegen Aerodynamischer Auftrieb.ppt](#) (Kurzfassung)
 - für OberstufenschülerInnen:
 - [Fliegen Aerodynamischer Auftrieb Herleitung Bernoulli.pdf](#) bzw.
 - [Fliegen Aerodynamischer Auftrieb Herleitung Kutta-Joukowski.pdf](#)
- 📖 Zahlreiche Hinweise und Anregungen, auch zu Literatur und Links siehe [Handreichung “Technik erleben“](#), S. 34ff