

Experiment 02: Wasserbrücken

mehrfach vorhanden (15x)

Stand: 27.07.2016 // v15

Phänomen

Zwei, mit Wasser benetzte, Tischtennisbälle haften zusammen. Zwischen ihnen bilden sich Wasserbrücken aus.

Einleitung (für Schüler_innen)

Feuchter Sand hält zusammen, weil sich zwischen den Sandkörnern Wasserbrücken ausbilden. Mit diesem Experiment soll untersucht werden, wie belastbar diese Wasserbrücken sind.

Material pro Schülergruppe

- Becher (mit Wasser)
- 2 Tischtennisbälle

Zusätzlich benötigtes Material

- Für Messaufgabe a):
 - Lineal
 - 2 Stativstangen
 - Klebeband



Vorbereitung

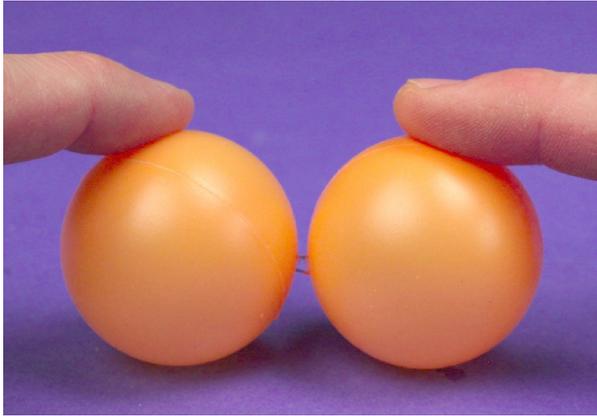
Becher zu ca. $\frac{3}{4}$ mit Wasser füllen.

Durchführung

Die Tischtennisbälle werden kurz ins Wasser getaucht und so nah aneinander gelegt, dass sie sich berühren. Dabei sollte ein Tropfen Wasser zwischen den Tischtennisbällen anhaften. Die Tischtennisbälle haften jetzt aneinander – sie sind durch eine *Wasserbrücke* miteinander verbunden. Vereinfachend kann zum Benetzen der Tischtennisbälle auch etwas Wasser auf den Tisch getropft werden, womit die Bälle benetzt werden. Um zu verhindern, dass die Tischtennisbälle am Tisch haften, sollte darauf geachtet werden, dass die Tischtennisbälle nicht unten mit Wasser benetzt sind.

Nun wird versucht, die Tischtennisbälle wenige Millimeter auseinander zu ziehen. Dabei ist zu beobachten, dass die Wasserbrücke erhalten bleibt, aber dünner wird. Wenn die Tischtennisbälle losgelassen werden, bewegen sie sich selbstständig wieder aufeinander zu.

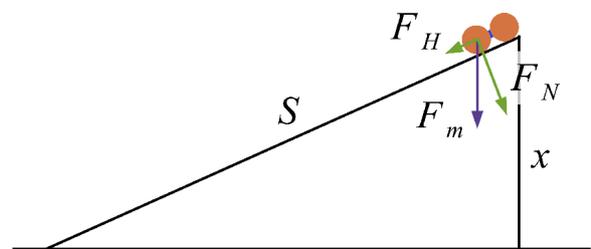
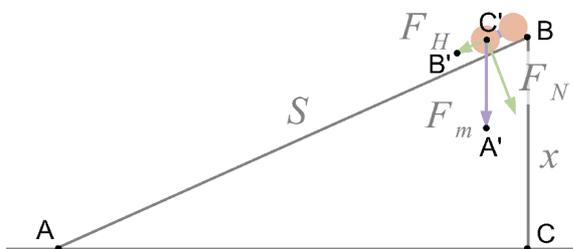
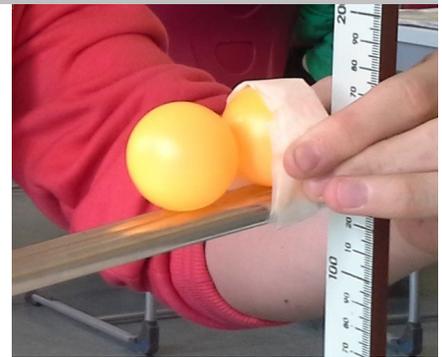
Experiment 02: Wasserbrücken



Mögliche Arbeitsaufträge

- a) **Messen der Haltekraft:** Es soll die Haltekraft der Wasserbrücken bestimmt werden. Dazu kann mit dem folgenden Aufbau mehrfach wiederholend gemessen und im Anschluss ein Mittelwert errechnet werden:

Es wird eine Rollbahn gebaut, indem zwei Stativstangen mit Klebeband zusammengeklebt werden. Ein Tischtennisball wird auf dieser Rollbahn befestigt. Ein zweiter Tischtennisball wird mit einem Wassertropfen an den ersten gehaftet. Das obere Ende der Rollbahn kann nun langsam angehoben werden, solange bis die Wasserbrücke reißt und der zweite Ball losrollt. Dabei kann die Höhe mit einem Lineal gemessen werden (siehe Foto).



Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke ABC und A'B'C' (siehe Abbildung oben) folgt:

$$\frac{x}{S} = \frac{F_H}{F_m} \quad \frac{F_m \cdot x}{S} = F_H$$

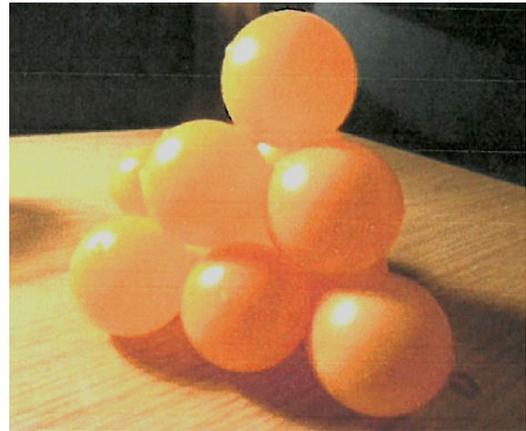
- x : Höhe der Wasserbrücke
- S : Entfernung bis zur Wasserbrücke vom Auflagepunkt (entspricht ungefähr der Länge der Stangen)
- F_m : Gewichtskraft des beweglichen Tischtennisballs
- F_N : Normalkraft des beweglichen Tischtennisballs
- F_H : Hangabtriebskraft des beweglichen Tischtennisballs entspricht Haltekraft der Wasserbrücke

Experiment 02: Wasserbrücken

Bei dieser Betrachtung werden Faktoren, wie die Rollreibung, sowie elektrostatische Kräfte von den Tischtennisbällen vernachlässigt.

Als weiterführende Idee kann die Oberflächenspannung des Wassers durch Zusätze wie Seife verändert werden und damit auch das Verhalten der Wasserbrücken.

- b) **Bauen einer Pyramide aus benetzten Tischtennisbällen:** Um die Haltekraft direkt sichtbar zu machen, kann mit Hilfe der Tischtennisbälle auch eine Pyramide gebaut werden (siehe Foto).



Hinweise

Schlechte Benetzung der Tischtennisbälle: Um die Benetzung zu verbessern, sollte darauf geachtet werden, dass sich kein Fettfilm (Hautfett) auf den Bällen ablegt – eine Reinigung mit Seife oder Alkohol kann hier Abhilfe schaffen.

Zusammenhang mit:

→ *Experiment 01: Sandtürme bauen*

Fachlicher Hintergrund

Die Oberflächenspannung des Wassers bewirkt, dass die Oberfläche eines Wassertropfens möglichst klein wird. In diesem Experiment wirkt zusätzlich die Adhäsionskraft zwischen Wasser und Tischtennisball (Anziehungskraft), die dafür sorgt, dass ein Wassertropfen den Tischtennisball benetzt. Das Ergebnis dieser beiden Kräfte sind die sichtbaren Wasserbrücken.

Werden nun die nassen Tischtennisbälle auseinandergezogen, vergrößert sich die Oberfläche der Wasserbrücke. Sobald die Tischtennisbälle dann losgelassen werden, bewirkt die Oberflächenspannung, dass sie wieder zusammengezogen werden.

Solche Wasserbrücken sind der Grund dafür, dass feuchter Sand zusammenhält und sich damit Sandburgen bauen lassen. Je mehr Wasserbrücken entstehen, desto fester ist eine solche Sandburg. Dies lässt sich auch im *Experiment 01: Sandtürme bauen* sehen. Allerdings darf nicht zu viel Wasser im Sand sein, weil sonst keine Brücken mehr entstehen, sondern der gesamte Sand von Wasser umgeben ist und dann keine Minimierung der Oberfläche stattfinden kann. Eine Sandburg unter Wasser zerfließt einfach zu einem Sandhaufen, genauso wie trockener Sand an der Luft zerfließt.

Beispielmesswerte

$S = 71 \text{ cm} = 0,71 \text{ m}$ (Länge der Stangen)

$x_1 = 10 \text{ cm}$ $x_2 = 12 \text{ cm}$ $x_3 = 12 \text{ cm}$ (Höhe der Wasserbrücke, dreimal gemessen)

$x_{\text{Mittelwert}} \approx 10,6 \text{ cm} = 0,106 \text{ m}$ (Mittelwert aus den drei Messungen)

$m_{\text{Tischtennisball}} = 1,7 \text{ g}$ (Masse Tischtennisball)

$F_m = 0,0017 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 0,0167 \text{ N}$ (Gewichtskraft Tischtennisball)

Formel: $F_H = \frac{F_m \cdot x}{S}$

Eingesetzt: $F_H = \frac{0,0167 \text{ N} \cdot 0,106 \text{ m}}{0,71 \text{ m}} \approx 0,0025 \text{ N} = 2,5 \text{ mN}$

Experiment 02: Wasserbrücken

Alltagsbezug / Anwendungen / Kontexte

Die **Oberflächenspannung** des Wassers ist die Ursache für die Ausbildung von Wasserbrücken.

Rahmenlehrplanbezug

Teilchenmodell und Energiebetrachtung – Wie sich Teilchen im Verbund verhalten und warum eine Anziehung ein energetisch günstigerer Zustand ist.

Kräftezerlegung / schiefe Ebene – Dieses Experiment bietet sich als praktische Anwendung für die Kräftezerlegung an der schiefen Ebene an, wo die Kraftzerlegung nötig ist um die Aufgabe zu lösen.

Adhäsion und Kohäsion – Die Adhäsion des Wassers wird hier sichtbar und messbar.

Lagerungshinweise / Instandhaltung

Bei geschickter Stapelung passen die Tischtennisbälle alle genau in den mitgelieferten Druckverschlussbeutel.

Weiteres Material auf: www.niliphex.de

Video *Wasserbrücken zwischen zwei Glaskugeln – Grains de Bâtisseurs* (2013): chap 7 / exp n°4 "le pont capillaire entre deux billes" (frz., Dauer 0:52)

<https://www.youtube.com/watch?v=hqXrB4e7-oo>

(letzter Zugriff: 22.04.2016); ShortLink: <http://v.gd/XdMtDL>



Video *Kette aus Styroporkugeln mit Wasserbrücken – Grains de Bâtisseurs* (2013): chap 7 / exp n°6 "la chaînette de billes de polystyrène" (frz., Dauer 1:29)

<https://www.youtube.com/watch?v=SRoY5adeUeo>

(letzter Zugriff: 22.04.2016); ShortLink: <http://v.gd/z8lkoR>



Video *Tischtennisballpyramide erklärt – Jérôme Combes* (2010): *Jérôme et le sable #5*, (frz., Dauer 7:10)

<http://www.universcience.tv/video-jerome-et-le-sable-5-2197.html>

(letzter Zugriff: 22.04.2016); ShortLink: <http://v.gd/1dLGoI>



GEFÖRDERT VON

GESAMTMETALL
Die Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie

think
INO.
Die Initiative für
Ingenieurwachstum

sdw
Stiftung der Deutschen Wirtschaft
Wir stiften Chancen!

Entwickelt von Joachim S. Haupt und der

Didaktik der Physik
AG Nordmeier

Freie Universität  Berlin

Lizenz der Inhalte von NiliPhEx:



– CC0 1.0 – gemeinfrei / bedingungslos