



## Am Flügel haften geblieben?

Kannst Du durch eine Flasche pusten? Teste es aus und finde heraus, warum sich Rotorflügel von Windenergieanlagen drehen.

### Was zu tun ist:

Bereite das benötigte Material vor. Hierfür brauchst Du mindestens ein Teelicht, Zündhölzer und eine große runde Flasche. Um mit der Wirkung des Coanda-Effekts ein wenig herum experimentieren zu können, kannst Du auch noch andere Aufbewahrungsgegenstände mit runder und eckiger Grundfläche bereitstellen: Töpfe, Kannen, Vorratsgläser.

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Stelle eine Flasche auf.
2. Dahinter stellst Du ein Teelicht oder eine Kerze möglichst nah zur Kerze auf.
3. Stelle Dich nun exakt vor die Flasche, sodass die Kerze genau dahintersteht. Dein Mund sollte dabei möglichst in Höhe der Kerzenflamme sein.
4. Puste nun kräftig „durch die Flasche“ die Kerze.
5. Was passiert? Notiere Deine Beobachtungen.
6. Nun positioniere noch eine zweite Kerze hinter die erste, sodass Dein Mund, die Flasche und die Kerzen in einer Linie fluchten.
7. Puste wieder kräftig „durch die Flasche“.
8. Was passiert? Notiere Deine Beobachtungen.
9. Versuche nun verschiedene Aufbewahrungsgegenstände mit runder, aber auch eckiger oder ovaler Grundfläche statt der Flasche aufzustellen und probiere aus, ob Du das gleiche Ergebnis wie mit der runden Flasche erhältst. Notiere Deine Beobachtungen.

## Um was gehts?

Hast Du Dich eigentlich schon mal gefragt, wie der Wind die Windenergieanlagen in Drehung versetzt? Funktioniert das noch genauso wie bei den alten Windmühlen, die man aus Holland und von der Küste kennt? Dort pustet der Wind kräftig gegen die Flügel und schubst sie dadurch vorwärts. Da erscheint es schon komisch, dass die Flügel der modernen Windenergieanlagen so dünn sind, oder? In diesem Experiment kannst Du testen, was genau die Flügel drehen lässt. Tipp: Es hat irgendwas mit Herrn Coanda zu tun.

## Materialbedarf

- 2 Teelichter oder Kerzen
- Zündhölzer oder Feuerzeug
- 1 große runde Flasche
- Andere runde und eckige Aufbewahrungsgegenstände zum Vergleich (Vorratsglas, Topf, Teekanne)

**Arbeitszeit:** 5 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊

## Wie soll das aussehen?



→ Bereitstellen der Materialien



→ Aufstellen in einer Linie



→ „Durch die Flasche“ pusten

**Bitte drauf achten!** Achte bitte darauf, dass beim Anzünden der Kerzen keine leicht brennbaren Stoffe in der Nähe sind.

## Warum ist das so?

Deine Beobachtung zeigt, dass der Luftstrahl, der durch Dein Pusten erzeugt wird, auf die Flasche trifft und dort der Rundung der Flasche folgt. Die Luft strömt nicht gerade an der Flasche vorbei, sondern streicht um die Flasche. Hinter der Flasche trifft sie auf die Kerze, die dadurch ausgelöscht wird.

Dieses Wirkprinzip wird durch den sogenannten Coanda-Effekt\* erklärt. Das Prinzip besagt, dass Luft die Tendenz besitzt, an einer Oberfläche anzuliegen und daher beim Vorbeiströmen deren Krümmung zu folgen. Dieser Effekt tritt aufgrund der Reibung der Luftschichten aneinander auf. Gäbe es keine Reibung, würde die über die Krümmung der Flasche geblasene Luft glatt abfließen.

Dieser Effekt wird im Übrigen auch bei Strömungen von Flüssigkeiten beobachtet.

*\*Der rumänische Flugzeugingenieur Henri Coanda entdeckte bereits 1910 beim Bau seines ersten Flugzeuges, dass die heißen Gase seines „Thermojets“ der Rumpfkontur folgten und daran entlangströmten. Leider zerstörten diese seine Erfindung. Dennoch kann dieser Effekt an anderer Stelle in der Flugzeugtechnologie und so auch bei der Rotorentwicklung von Windkraftanlagen genutzt werden.*

## Wo wird das angewendet?

Rotorflügel, Flugzeugflügel.

Der Coanda-Effekt wird bei Flugzeugflügeln und Rotorblättern in Kombination mit dem Bernoulli-Effekt von Windkraftanlagen zur Erhöhung des Auftriebes genutzt.

Dabei hebt die vorbeiströmende Luft das Rotorblatt in Relation zu der Generatorachse an. Nach dem Bernoulli-Prinzip wird die Luft beim Auftreffen auf die Flügelvorderseite wie in einem Flaschenhals verdichtet und dadurch zum schnelleren Fließen gezwungen. Die dadurch an der Rotorober- und -unterseite entstehende Druckdifferenz erzeugt den gewünschten Auftrieb – zum Teil.

Wie schon bei der Wirkungsweise des Coanda-Effekts beschrieben, besitzt die Luft die Tendenz, beim Vorbeiströmen der Krümmung zu folgen. Daraus folgt, dass die Luft an der Oberseite des Tragflügels nach unten gesogen wird und dadurch über dem Flügel ein Unterdruck entsteht.

Die zwei Forscher David Anderson und Scott Eberhard stellten richtig, dass nicht allein der Bernoulli-Effekt, sondern auch der Coanda-Effekt sowie der Anstellwinkel des Flügels seinen Einfluss auf den Auftrieb hat (weiterführende Literatur dazu: das von den beiden geschriebene Werk *Understanding Flight* (McGraw Hill)).