

Der rauchende Schülerwindkanal

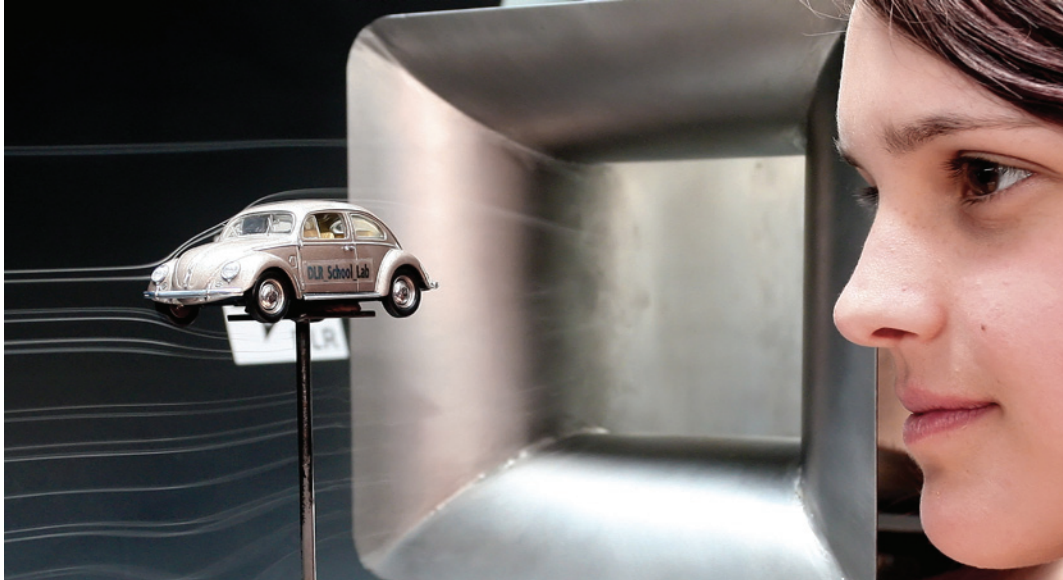


Abb. 1: Visualisierung der Strömung und deren Turbulenzen im Windkanal.

Einleitung

Wie funktioniert eigentlich ein Windkanal? Und wie untersucht man damit, ob ein Flugzeug fliegen kann? Hier ein Windkanal zum Selbstbauen – ein spannendes Thema zum Beispiel für eine Projektwoche oder den Technikunterricht!

Bezug zur Forschung

Windkanäle gehören seit über 100 Jahren zum „Handwerkszeug“ der Strömungsmechaniker. Das sind die Expertinnen und Experten, die sich mit der Aerodynamik von Flugzeugen befassen. Um das Jahr 1900 herum entwickelte der Göttinger Physiker Ludwig Prandtl mit einem Team die ersten Vorläufer unserer heutigen Windkanäle. Seitdem sind sie nicht mehr aus dem Flugzeugbau wegzudenken. Aber auch Autos, Hochgeschwindigkeitszüge und selbst Bauwerke werden in Windkanälen auf ihre aerodynamischen Eigenschaften getestet.

Dabei spielen nicht nur die auftretenden Kräfte eine Rolle, sondern auch die Umströmung und die Bildung von Wirbeln. Die Messungen erfolgen mittels Sensoren, die auf z.B. Flügel aufgeklebt werden. Da solche Sensoren aber häufig die Luftströmung um das Untersuchungsobjekt beeinflussen und stören, verwendet man heute meist berührungslose Messverfahren.

Dabei werden kleinste fluoreszierende Teilchen in die Strömung gebracht und mittels Laserlicht beleuchtet oder es werden spezielle Farben auf die Tragflächen eines Flugzeugmodells aufgetragen, die dann die Druckverhältnisse oder auch Temperaturverteilungen anzeigen.

So weit geht unser Experiment natürlich nicht – aber es vermittelt doch spannende Einblicke in die interessante Windkanal-Technik.

Das Experiment

Um eigene Untersuchungen im Windkanal durchzuführen, bauen wir einen eigenen Mini-Windkanal. Damit die Experimente gelingen, sind aber einige Feinheiten entscheidend.

Materialien und Hilfsmittel

Das Gebläse:

Ein Windkanal braucht logischerweise Wind – also eine gerichtete Luftströmung. Als Gebläse kann man PC-Lüfter nehmen oder einen starken Föhn, der aber eine Kaltluft-Einstellung benötigt (heiße Luft aus dem Föhn würde die Strohhalme schmelzen oder verformen, auf die wir gleich zu sprechen kommen).

Sicherheitshinweis:

Lüfter oder Gebläse immer mit einem Drahtkäfig ummanteln, da sie aus sich drehenden Rotorblättern bestehen, die schwere Schnittverletzungen verursachen können!

Der Korpus:

Große Windkanäle sind richtige Bauwerke aus Holz, Metall oder Beton. Für den Windkanal zum Selbstbauen kann man ein einfaches Rohr nehmen – am besten eignet sich ein Regenfallrohr (gibt es im Baumarkt). Auf der einen Seite strömt dann die Luft hinein, auf der anderen heraus – und dort am Ausgang führt ihr die Versuche durch.

Die Beruhigungskammer mit Sieben und Gittern:

Die Luft, die vom Gebläse durch das Rohr geschickt wird, ist zunächst turbulent, also verwirbelt. Damit ihr gute Ergebnisse erzielt, muss sie „beruhigt“ werden. Feiner Maschendraht, Fliegengitter oder feinmaschiges Kupfernetz (alles im Baumarkt erhältlich) sorgen dafür, dass die Luftteilchen auf gleiche Geschwindigkeit gebracht werden. Ein Bündel von Strohhalmen reduziert außerdem die Verwirbelung der Luft.

Wie kann man die Strömung sichtbar machen?

Drei Ideen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad sollen hier vorgestellt werden:

Die einfachste Möglichkeit erste Untersuchungen durchzuführen bieten dünne Wollfäden mit ca. 5-10 cm Länge, die an einem dünnen Draht festgeknotet werden. Ohne einen Gegenstand in der Strömung sollte der Wollfaden nicht flattern, sondern gerade und ruhig in der Strömung liegen. Bringt man das Untersuchungsobjekt in die Strömung, wird sich der Wollfaden an den Körper anlegen oder durch Flattern Wirbel anzeigen.

Das Gleiche kann man auch mit einem oder mehreren Räucherstäbchen erreichen. Die Rauchfäden machen Wirbel und Turbulenzen sichtbar.

Die beste, aber auch komplizierteste Methode: Man bringt Glycerin bzw. Nebelfluid (Diskonebel) mit Hilfe eines heißen Drahts zum Verdampfen.

Materialien und Hilfsmittel

Besorgt euch zunächst das Baumaterial und die Werkzeuge:

KG-Rohr 150 x 600 mm (Abwasserrohr)	<input type="checkbox"/>
Feiner Maschendraht, Fliegengitter oder feinmaschiges Kupfernetz (mindestens doppelter Rohr-Durchmesser)	<input type="checkbox"/>
Sperrholz oder Abdeckkappe (muss Durchmesser des Rohres haben)	<input type="checkbox"/>
1 Packung Strohhalme	<input type="checkbox"/>
1 Rolle Tesafilm	<input type="checkbox"/>
Sprühkleber	<input type="checkbox"/>
Föhn mit Kaltluftfunktion oder Computerlüfter	<input type="checkbox"/>
Konstantan-Draht mit Klemmen und Netzgerät (meist in Schulen vorhanden)	<input type="checkbox"/>

Je nach Versuchsaufbau:

Wollfäden	<input type="checkbox"/>
Räucherstäbchen	<input type="checkbox"/>
Glycerin bzw. Nebelfluid (Diskonebel)	<input type="checkbox"/>

Werkzeuge:

Schere

Akkuschrauber

Holzbohrer 4 mm

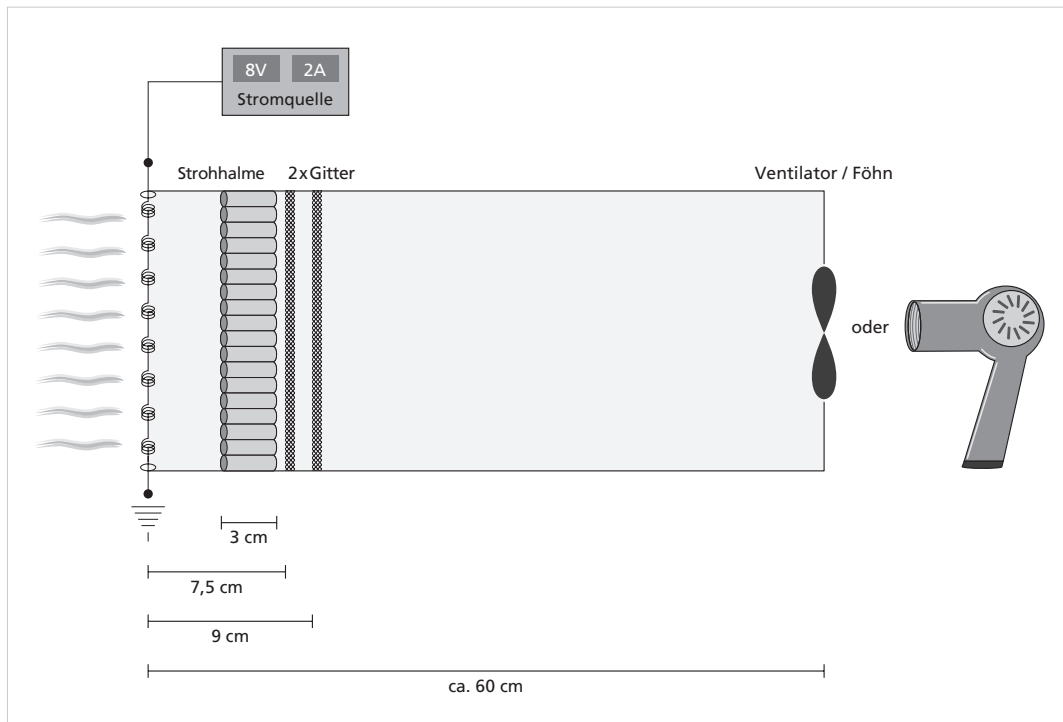
Heißklebepistole

Stichsäge

Edding

Cuttermesser

Vorbereitung und Aufbau



1. Rohr

Ein ca. 60 cm langes Abwasserrohr bildet den Grundkörper, der zum Windkanal wird.



2. Gleichrichter (aus Strohhalmen)

**Material:**

- Strohhalme
- Sprühkleber
- Tesafilm

Werkzeug:

- Cuttermesser

Step 1:

10 Strohhalme nebeneinander auf den Tisch legen und mit Sprühkleber besprühen.

Danach weitere 10 Strohhalme auf die ersten 10 Strohhalme legen und mit Sprühkleber besprühen.

Diesen Vorgang wiederholen, bis ein Paket von 10 x 10 Strohhalmen entsteht.

Man sollte 2 bis 3 Pakete mit je 10 x 10 Strohhalme herstellen.



Step 2:

Die Strohalm-Pakete mit Tesafilm umwickeln. Hinweis: Der Tesafilm ist wichtig, da man sonst die Strohhalme nicht richtig schneiden kann.



Step 3:

Die Strohhalmpakete nun mit dem Cuttermesser in 3 cm lange Stücke schneiden.



Step 4:

Die 3 cm langen Strohhalmpakete in einem Kreis anordnen. Zum Teil müssen auch Pakete auseinander geschnitten werden, damit sie in entstehende Lücken passen und einen Kreis ergeben. Anschließend den Kreis außen herum mit Tesafilm stabilisieren.

Hinweis: Der „Strohalm-Kreis“ muss exakt in das Rohr passen! Er dient als „Gleichrichter“.

3. Siebe

**Material:**

- Feiner Maschendraht, Fliegengitter oder feinmaschiges Kupfernetz

Werkzeuge:

- Schere
- Edding

Das Rohr auf das Netz stellen und mit dem Edding zwei Mal nebeneinander den Umriss aufzeichnen. Dann mit der Schere die beiden runden Netze ausschneiden.

4. Siebe und „Strohalm-Gleichrichter“ einbauen

Material

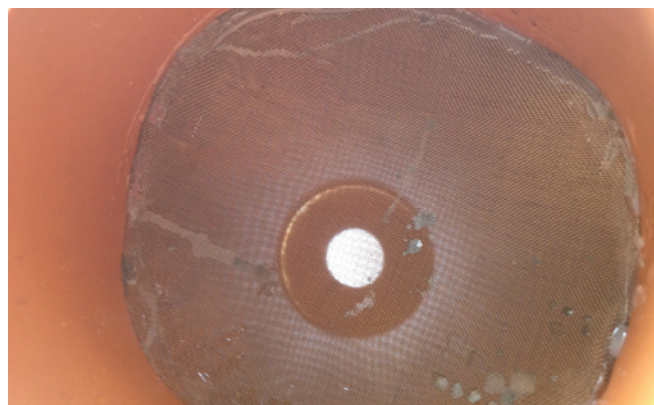
- Die 2 runden Netze
- Das runde Bündel aus Strohhalmen, also der Gleichrichter

Werkzeuge:

- Heißklebepistole

Step 1:

Das erste Sieb muss in 9 cm Tiefe mit der Heißklebepistole im Rohr befestigt werden, das zweite in 7,5 cm Tiefe (immer vom Ausgang her gemessen).



Step 2:

Der „Strohalm-Gleichrichter“ wird vom Rand aus gesehen in 4 cm Tiefe mit Heißkleber befestigt – wieder vom Ausgang her gemessen.



5. Abdeckung

Material:

- Sperrholz oder KG Blindstopfen für Abwasserrohre

Werkzeuge:

- Stichsäge
- Akkuschauber
- Bohrer
- Heißkleber

Step 1:

Als Abdeckung und Halterung für das Gebläse (z.B. Föhn) eignet sich am besten der KG Blindstopfen. Alternativ geht auch Sperrholz (dabei das KG Rohr auf das Sperrholz stellen und mit dem Edding den Umriss nachzeichnen, anschließend den aufgezeichneten Kreis mit der Stichsäge ausschneiden).

Step 2:

Auf die Mitte des KG Blindstopfens oder der Sperrholz-Abdeckplatte den Föhn oder Ventilator mit der Öffnung stellen und den Umriss mit dem Edding nachzeichnen. Danach muss man ein Loch in die Mitte des aufgezeichneten Kreises bohren, damit man mit der Stichsäge den Kreis ausschneiden kann. Anschließend wird der Blindstopfen auf das Rohr gesteckt bzw. die fertige Abdeckplatte mit Heißkleber am Ende des Rohres befestigt.



6. Rauchfäden

Für die anspruchsvolle Variante, bei der die Strömung mittels Konstantan-Draht und „Diskonebel“ sichtbar gemacht wird, folgende Anleitung:

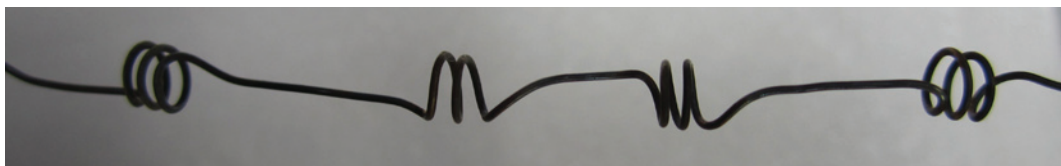
Material:

- Konstantan-Draht (0,5 mm stark)
- Klemmen und Stecker

Werkzeug:

- Zange
- Spannungsgerät von 0 bis 12V bei 0 bis 5 A

Ein ca. 50 cm langer Konstantan-Draht wird so um einen Holz- oder Metallstab mit 1 mm Dicke gewickelt, dass der Draht im Abstand von jeweils 1 cm immer 3 Windungen erhält. In diese Windungen wird später das Nebelfluid/Glycerin geträufelt.



Am Ende des Windkanals wird oben und unten jeweils 1 Loch gebohrt, in das dann Steckerbuchsen für Bananenstecker eingeklebt werden. Der Draht wird mit den Buchsen so verlötet, dass er unter leichter Spannung steht. Von außen werden Bananenstecker in die Buchsen gesteckt und mit einem Spannungsgerät verbunden.

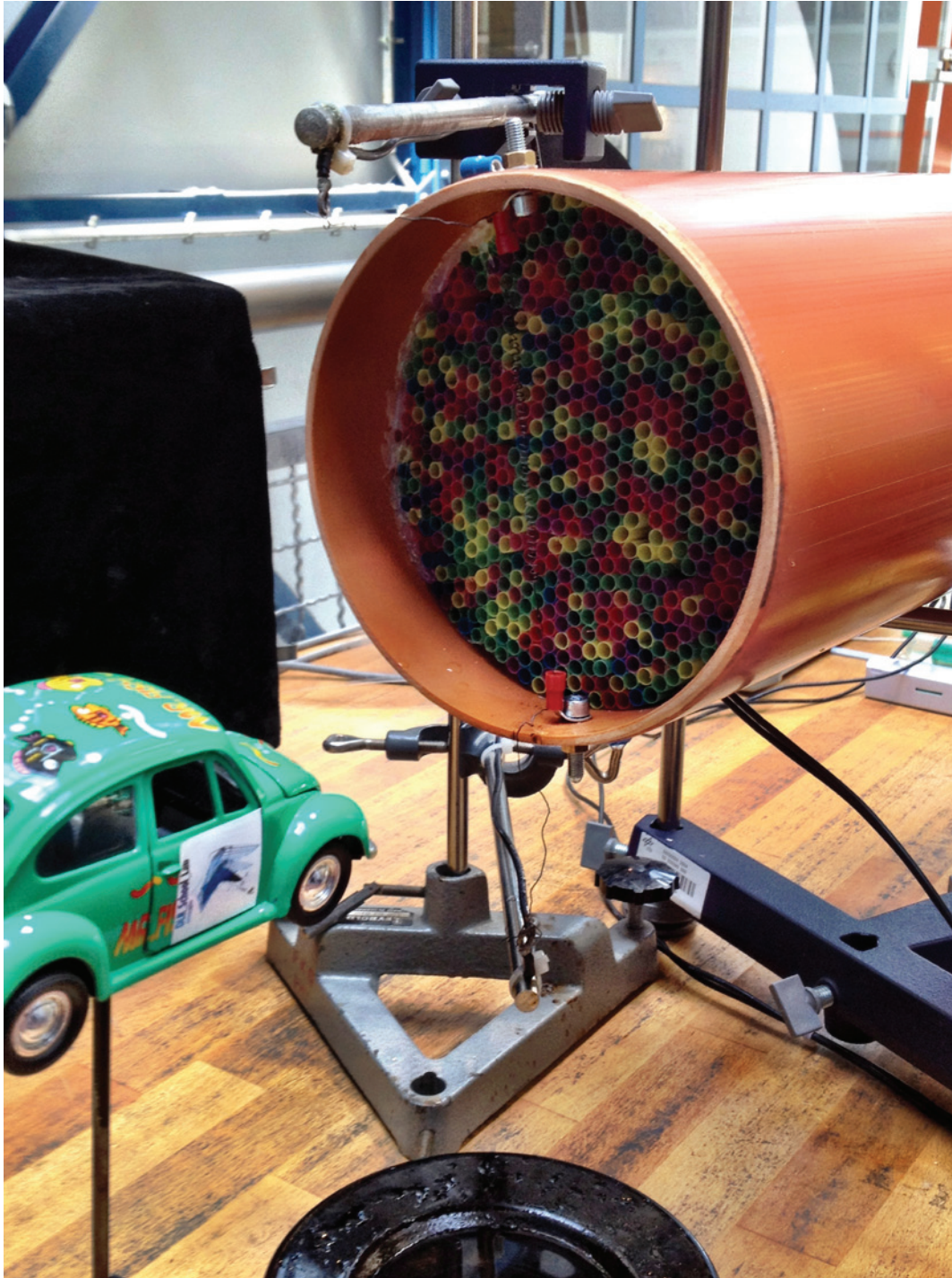
Sicherheitshinweis:

Achtung! Folgende Punkte sind unbedingt zu befolgen:

- Nur einen Konstantan-Draht verwenden, da sonst ein Kurzschluss im Spannungsgerät auftritt und das Gerät zerstört werden kann!
- Nur Niederspannungsgeräte bis 12 V verwenden!
- Da der Draht heiß wird, besteht Verbrennungsgefahr!

Fertig!!

So könnte dann der selbstgebaute Schüler-Windkanal aussehen:



Durchführung der Experimente

Die Strömung und deren Turbulenzen kann man nun auf verschiedene Weise sichtbar machen – wie oben erwähnt mittels Wollfäden, Räucherstäbchen oder Konstantan-Draht und Glycerin oder Nebelfluid. Bei der letzten Variante folgendermaßen vorgehen: Benetzt die Schlaufen des Konstantan-Drahtes mit Glycerin oder Nebelfluid und legt eine Spannung von 7-9 V und ca. 2 A an. Je nach Drahtlänge, Windgeschwindigkeit und weiteren Faktoren können die Werte etwas variieren.



Der Windkanal sollte eine Geschwindigkeit von 0,5 bis 1 m/s erreichen, damit kann man die besten Rauchfäden erzeugen.

Welche Methode ihr auch immer wählt – jetzt geht es ans eigentliche Experimentieren:

Stellt nacheinander verschiedene Objekte an den Ausgang des Windkanals und beobachtet die Umströmung. Wie verläuft sie um die Objekte herum? Erkennt man Unterschiede – etwa wenn man verschiedene Spielzeug-Autos testet? Wo entstehen Wirbel und ändern sie sich, wenn man am Objekt etwas verändert? Neben Modell-Autos und -Flugzeugen könnt ihr auch mal ganz andere Dinge untersuchen – etwa Tischtennis- und Golfbälle, aber auch Würfel und vieles mehr.

Weiterführende Links

Windkanäle der DLR_School_Labs:

http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1843/2631_read-33300/

http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-7011/11625_read-27625/

http://www.dlr.de/schoollab/en/desktopdefault.aspx/tabid-4964/14529_read-13951/



Beispiel: Wanderheuschrecken im Windkanal

http://www.dlr.de/dlr/presse/desktopdefault.aspx/tabid-10307/470_read-3382/year-all/#gallery/5624

http://www.dlr.de/as/desktopdefault.aspx/tabid-192/402_read-1625/

Historisches:

http://www.dlr.de/100Jahre/desktopdefault.aspx/tabid-3302/5151_read-7462/



HINWEIS

Die hier beschriebenen Mitmach-Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Sie können jedoch auch bei ordnungsgemäßer Durchführung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Die hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente sind ausschließlich für den Einsatz im Schulunterricht vorgesehen. Ihre Durchführung sollte in jedem Fall durch eine Lehrkraft betreut werden. Die Richtlinien zur Sicherheit im Schulunterricht sind dabei einzuhalten.

Das DLR kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Durchführbarkeit der hier beschriebenen Experimente geben. Das DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die bei Durchführung der hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente entstehen.

Informationen für Lehrer

Fächer

Technik, Physik, Biologie, Naturwissenschaftliches Arbeiten, Naturkunde, MINT

Alter/Schwierigkeitsgrad

Der Bau eines Windkanals eignet sich für alle Altersstufen. Bei Bau und Betrieb – insbesondere beim Gebläse und dessen Stromversorgung – ist Hilfe und Aufsicht notwendig.

Lernziele

Durch den Bau des Windkanals lernen die Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Werkzeug, erfahren die Wirkung von Optimierungen und beschäftigen sich über einen längeren Zeitraum mit einem Thema. Sie sollen erkennen, dass grundlegende physikalische Prinzipien mit einfachen Mitteln demonstrierbar sind und dass ein Windkanal vielfältig eingesetzt werden kann. Dabei sind der Fantasie beim Experimentieren in allen Altersstufen und allen naturwissenschaftlichen Fächern keine Grenzen gesetzt. Insbesondere für Projektwochen ist dies ein hervorragendes Thema – bis hin zur stolzen Präsentation der Schülerinnen und Schüler, wenn sie „ihren“ Windkanal zum Abschluss im laufenden Betrieb demonstrieren.

Kontakt

schoollab-goettingen@dlr.de