

# Was bietet das DLR\_School\_Lab?

## Zielgruppe

Schüler/innen und Lehrkräfte der Mittel- und Oberstufe allgemeinbildender Schulen sowie alle interessierten Schüler/innen, die in Projekten arbeiten.

## Laborprogramm

Schüler/innen und Lehrer/innen führen High-Tech-Experimente mit fachlicher Unterstützung von Wissenschaftlern des DLR selbständig durch. Die Experimente werden von der Klasse in Kleingruppen im Wechsel durchgeführt. Vom halbtägigen Schnupperkurs bis zum mehrtägigen Intensivworkshop sind alle Varianten möglich.

Durch verschiedenartige Experimente und ausgestellte Materialien sollen Schüler/innen zu den einzelnen Themengebieten möglichst viele eigene Erfahrungen sammeln und Zusammenhänge begreifen. Aufgabenstellungen und Experimentdurchführungen werden den Kenntnissen angepasst. Dabei sollen nach Möglichkeit viele Bezüge zu Themen des Schulunterrichts und zur Erfahrungswelt der Schüler/innen hergestellt werden.

## Betriebszeiten des DLR\_School\_Lab

Montags bis freitags: 8.30 Uhr bis 16.00 Uhr

Bei Bedarf bietet unser Kooperationspartner XLAB-Göttinger Experimentallabor für junge Leute e.V., weitere Experimente aus den allgemeinen Naturwissenschaften an.

Bei mehrtägigen Aufenthalten bietet die Tourist-Information (Tel.: 05 51 / 4 99 80-0) der Stadt Göttingen attraktive Angebote für ein Rahmenprogramm an.

## Projekte

Spezielle Projekte, wie Segel- und Motorfliegen mit Wissenschaftlern des DLR, Flugmodellbau und ein Funklabor runden die experimentellen Angebote des DLR\_School\_Lab ab.

## Besichtigung der Windkanäle

Ergänzend zum Aufenthalt im DLR\_School\_Lab bieten wir die Möglichkeit, Windkanäle und Versuchsanlagen im DLR-Standort Göttingen zu besichtigen.

## Information und Anmeldung

Für alle Besuche im DLR\_School\_Lab würden wir uns auf Grund der großen Nachfrage über eine frühzeitige Anmeldung beim DLR\_School\_Lab-Team freuen.

Lehrer erhalten vor ihrem Besuch Informationsmaterial zu Experimenten aus den vorgestellten Themenbereichen: Kräfte, Strömungen, Wirbel, Schwingungen und Messtechnik. Bestimmte Themen können dann von der Lehrkraft schwerpunktmäßig ausgewählt und im Unterricht vorbereitet werden. Darüber hinaus bieten unsere Lehrerinformation didaktische Anknüpfungspunkte an mögliche Themen des Schulunterrichts, z. B. Mechanik, Akustik, Schwingungen, und Hintergrundinformationen zu den Experimenten.

Allgemeine Information: Tel.: 05 51 / 7 09-24 09

Terminabsprache: Tel.: 05 51 / 7 09-24 05

Pädagogische Leitung: Tel.: 05 51 / 7 09-21 32

Projektleitung: Tel.: 05 51 / 7 09-21 29

Internet: [www.schoollab.dlr.de](http://www.schoollab.dlr.de)

E-Mail: [schoollab@dlr.de](mailto:schoollab@dlr.de)

Fax: 05 51 / 7 09-21 01



Herausgeber:

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

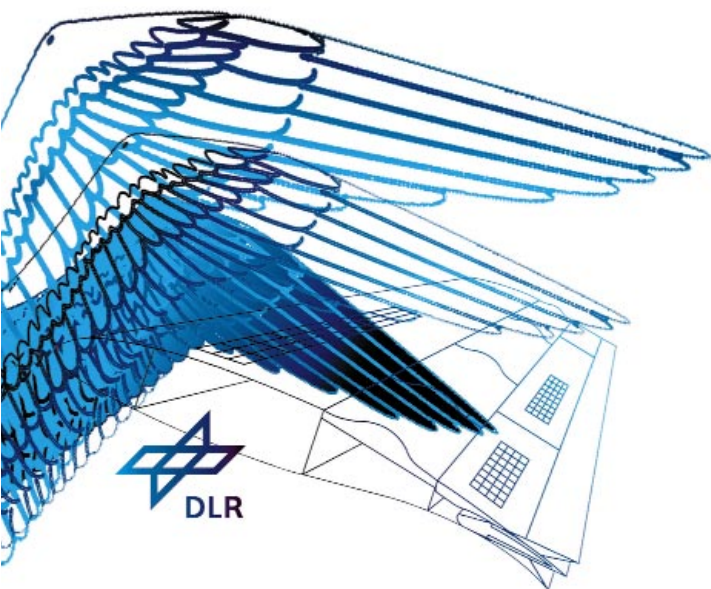
Standort Göttingen  
DLR\_School\_Lab  
Bunsenstraße 10  
D-37073 Göttingen

Bildnachweis: DLR

Gestaltung: ziller design,  
Mülheim an der Ruhr

Text: DLR und Dr. Harald Schlüter,  
Göttingen

Druck: Richard Thierbach GmbH,  
Mülheim an der Ruhr



# DLR\_School\_Lab

Ein Informationsdienst des  
Deutschen Zentrums für  
Luft- und Raumfahrt (DLR)  
[www.schoollab.dlr.de](http://www.schoollab.dlr.de)



Das DLR\_School\_Lab

## Forschung zum Anfassen

Das DLR ist das nationale Zentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Mit ca. 4.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verfügt das DLR über acht Standorte in Köln-Porz, Berlin, Bonn, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart.

Zahlreiche Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr fließen in die industrielle Produktion ein. Das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how leistet einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung des Industrie- und Technologie-Standortes Deutschland. In vielen Projekten stehen Umweltfragen im Mittelpunkt. Das DLR entwickelt Technologien für das Flugzeug von morgen: schadstoffarm, leise und sicher. Satellitendaten werden zur Erdbeobachtung und Klimaforschung ausgewertet.

Der DLR-Standort Göttingen verfügt über eine europäische und internationale Kompetenz für Strömungsmechanik und optische Messtechnik und betreibt weltweit einzigartige Windkanäle und Versuchsanlagen.

Das DLR betreibt in Göttingen das erste DLR\_School\_Lab, ein Experimentallabor für Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe allgemeinbildender Schulen, ergänzt damit den Physikunterricht und leistet einen Beitrag zur Nachwuchsförderung in den Naturwissenschaften.

# Raus aus der Schule – Rein ins Labor

Außerhalb von Schule und Elternhaus können Jugendliche im DLR Göttingen in einer authentischen Forschungssituation selbst experimentieren und die faszinierende Welt der Luft- und Raumfahrt kennenlernen. Gemeinsam mit den Wissenschaftlern des DLR werden spannende Fragen aus der Flug- und Strömungsphysik und aus unserer Alltagswelt beantwortet sowie Naturphänomene untersucht. Lehrerinnen und Lehrer erhalten Anregungen und Unterstützung zur Bereicherung des naturwissenschaftlichen Pflichtunterrichts sowie Vorschläge für die Gestaltung von fächerübergreifendem Wahlpflicht- und Projektunterricht.



## Schülerinnen und Schüler als Forscher

Hast du schon einmal gefragt, warum Flugzeuge fliegen, Rennwagen Spoiler haben oder wie Töne in einer Flöte entstehen? Dann hast du etwas mit Naturwissenschaftlern gemeinsam: Das Hinterfragen von Beobachtungen und Ereignissen, um sie zu verstehen und vielleicht nutzen zu können. Folge nun selbst den Spuren der Forscher und deren Erkenntnissen, die in technische Entwicklungen eingeflossen sind. Das DLR\_School\_Lab bietet dir Gelegenheit, in einer Reihe von Versuchen Fragestellungen nachzugehen, die Geschichte gemacht haben. Unsere Wissenschaftler werden dich durch die Experimente begleiten, die du eigenständig durchführen kannst.



## Die Themenbereiche im DLR\_School\_Lab

Die Experimente des DLR\_School\_Lab haben wir in fünf Themenbereiche eingeteilt:

- **Kräfte**
- **Strömungen**
- **Wirbel**
- **Schwingungen**
- **Messtechnik**

Beim Experimentieren merkst du schnell, dass die einzelnen Themen eng miteinander verwoben sind. Diese Einteilung soll nur ein Schwerpunkt deiner Betrachtungsweise sein und als Orientierung dienen.

Die tiefere Behandlung der Physik des Fliegens ist in eine Reihe von Themen zur Strömungslehre eingebettet. So werden aktuelle Probleme aus der Forschung und praxisrelevante Beispiele aus dem Alltag thematisiert, z. B. „Wie entstehen große Wirbel auf Start- und Landebahnen?“, „Warum hat der Golfball Dellen?“ und „Wie schnell zerplatzt ein Luftballon?“. Auf diese Weise nutzt du gewonnene Erkenntnisse, die bei der Flugphysik von Bedeutung sind und kannst dir damit einen größeren Bereich von interessanten Phänomenen erschließen.

## Zusätzliche Angebote



Außerdem werden im Rahmen des DLR\_School\_Lab folgende Projekte angeboten:

- Lehrerfortbildung**
- Funklabor**
- Segelflug und Motorflug**
- Flugmodellbau**

Bist du neugierig geworden? Dann laden wir dich ein, die Welt der Strömungsphysik experimentell zu entdecken.

# Aerodynamischen Kräften auf der Spur

## Luftwiderstand unerwünscht

Fahrrad fahren bei starkem Rücken- oder Gegenwind hast du sicherlich schon als deutlichen Unterschied erlebt und doch haben sie eines gemeinsam: Es wirken aerodynamische Kräfte.

Bei schnellen Verkehrsmitteln wie Motorrad, Auto, ICE, Flugzeug oder Raumtransporter in der Startphase, muss Energie aufgewendet werden, um sich gegen die Widerstandskräfte fortzubewegen.

Diese aerodynamischen Kräfte haben eine wirtschaftliche Bedeutung und werden deshalb vom DLR in den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie erforscht. Wissenschaftler sind damit beschäftigt, die wirkenden Kräfte zu untersuchen und zu minimieren, um somit den Energieaufwand zu verringern.

Um den Einfluss der Luftkräfte auf bewegte Körper untersuchen zu können, haben sich Wissenschaftler systematische Experimente an Modellkörpern überlegt. Du wirst selber in Experimenten den Einfluss von Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit verschiedener Strömungskörper auf die Widerstandskraft untersuchen und Antwort auf folgende Fragen erhalten:

- Welchen Einfluss hat die Beschaffenheit des Körpers auf den Luftwiderstand?
- Wie lassen sich diese Kräfte beschreiben?

Dabei machst du Bekanntschaft mit dem sogenannten  $c_w$ -Wert, der den Strömungswiderstand von Körpern charakterisiert.

## Erwünschte Widerstandskräfte der Luft

Die bremsende Luftwiderstandskraft ist hingegen beim Fallschirm erwünscht. Raumgleiter in der Landephase nutzen den Luftwiderstand ebenfalls – dabei entstehen so hohe Temperaturen, dass dafür geeignete hitzebeständige Materialien im DLR entwickelt werden. Regentropfen würden erheblichen Schaden anrichten, wäre da nicht die Luftwiderstandskraft, die die Fallgeschwindigkeit der Regentropfen deutlich vermindert. Das ist ein weiterer Blickwinkel, unter dem du aerodynamische Kräfte im DLR\_School\_Lab betrachten kannst.

## Aerodynamik der Auftriebskräfte

Ganz andere Nutzungsmöglichkeiten von aerodynamischen Kräften bietet die Auftriebskraft. Sie ist Voraussetzung für das Fliegen von Vögeln, Flugzeugen,

Hubschraubern und den Antrieb von Segelbooten. Die Natur dient dem Ingenieur als Vorbild, der ihre Prinzipien auf die Technik überträgt. Bionik: Biologie und Technik entwickeln durch interdisziplinäre Zusammenarbeit zukunftsweisende Technologien. Als Vorbild für die technische Anwendung biologischer Phänomene dient die Struktur der Haifischhaut bei der Oberfläche von Flugzeugen zur Verringerung des Luftwiderstandes. Das Deckgefieder von Vögeln dient dem Flugzeugbauer als Vorbild für die Konstruktion automatischer Flügelklappen, um



das unerwünschte Abreißen der Strömung am Tragflügel zu verhindern. Im DLR\_School\_Lab ermöglicht dir ein mechanisches Vogelmodell grundlegende Einblicke in die Welt des Vogelflugs.

Du kannst auftretende Luftkräfte an mitgebrachten oder im „Flugmodellbau“ gebauten Flugmodellen selbst vermessen und die Modelle, z. B. anhand des Gleitwinkels, quantitativ miteinander vergleichen. Der Einfluss von Profilierung und Wölbung von Flugzeugtragflächen wird durch die experimentelle Aufnahme von Polardiagrammen veranschaulicht.

## Aerodynamische Kräfte mit besonderer Wirkung

Aerodynamische Kräfte haben oft verblüffende Wirkungen, die du im Alltag beobachten kannst:

- Zwischen zwei nebeneinander fahrenden Lkw oder zwei aneinander vorbei fahrenden Zügen entsteht ein gefährlicher Sog.
- Beim Sturm werden Ziegel vom Dach gesaugt.
- Ein Tischtennisball schwebt stabil in der freien Luftströmung eines Föns.

Zahlreiche Handexperimente geben dir Anlass zum Staunen, Nachdenken und zur experimentellen Untersuchung deiner eigenen Hypothesen.

# Strömungen im Blickfeld

## Etwas genauer hingeschaut

Im Jahre 1897 wandert ein junger Physikstudent am Ufer der Leine entlang und beobachtet dabei aufmerksam das fließende Gewässer. Ihm fällt auf, dass an verengten oder flachen Stellen des Flussbettes das Wasser schneller und oft turbulent fließt. Hinter größeren Steinen oder Brückenpfeilern entstehen Gebiete, in denen das Wasser ruht oder sogar entgegen der Strömungsrichtung fließt. Die Strömungen des Flusses sieht er am besten, wenn auf der Oberfläche kleine Blätter oder Holzstücke schwimmen und deren Bewegungen genauere Aufschlüsse über das Strömungsverhalten geben.

Diese Beobachtungen faszinieren und beschäftigen den Physikstudenten sehr und veranlassen ihn später, Umströmungen von Körperprofilen in einem speziell entwickelten Wasserumlaufkanal unter Zugabe von Aluminiumspänen systematisch zu untersuchen.

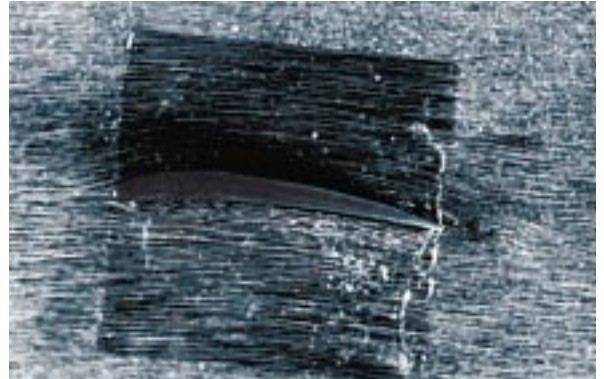
## Aus der Leidenschaft eines Wissenschaftlers entsteht eine Institution

Eine Wanderung am Fluss könnte die Motivation Ludwig Prandtls\*, der schon mit 26 Jahren Professor wurde, gewesen sein, ein solches Experiment tatsächlich zu entwickeln.



Schüler experimentieren am historischen Prandtl-Kanal.

Im DLR\_School\_Lab haben wir diesen historischen Kanal in Verbindung mit modernerameratechnik nachgebaut. Damit hast du die Möglichkeit, elementare Strömungsphänomene an unterschiedlichen Körperprofilen zu entdecken. Durch zahllose Anordnungsmöglichkeiten vorhandener und selbst hergestellter Profile kannst du kreativ arbeiten.



Umströmung eines Profils bei kleinem Anstellwinkel im Prandtl-Kanal.



Umströmung eines Tragflügels im Seifenfilmkanal.

## Eigene Erfahrungen erweitern

Du lernst technische Verfahren zur Strömungssichtbarmachung, wie z. B. den Einsatz

- einer einfachen Fadensonde
- des Wasserumlaufkanal nach Prandtl
- des Seifenfilmkanals mit Lichtinterferenzen
- eines Laserlichtschnittverfahrens

kennen, die auch in der Gegenwart zur Erforschung von Problemstellungen in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden.

## Der Service des DLR\_School\_Lab

Experimentell gewonnene Strömungsbilder und Messergebnisse werden zur Auswertung im DLR-Computer gespeichert und wir übertragen diese Daten zur möglichen Nachbereitung im Schulunterricht auf eine CD-ROM.

\* Gründer der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) in Göttingen (1907) – einem Vorläufer des heutigen DLR.

# Viel Wirbel ums Fliegen



Flugzeug mit Randwirbeln.

Die Entstehung von Wirbelschleppen im Speziellen und von Wirbeln im Allgemeinen, ist ein zentrales Thema von Forschungsaufträgen der Luftfahrtindustrie an das DLR, z.B. bei der Entwicklung von Großraumflugzeugen.

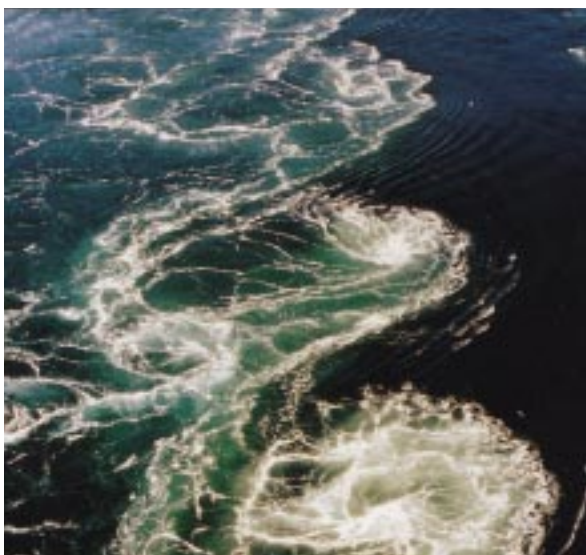


Wirbelschlepe eines landenden Flugzeugs – mit rotem Rauch eingefärbt.

## Wenn Flugzeuge Wirbel schleppen

Hast du dir schon einmal darüber Gedanken gemacht, warum Flugzeuge in festgelegten zeitlichen Abständen starten und landen?

An den Enden der Flugzeugtragflächen entstehen Wirbel, in denen so viel Energie steckt, dass sie längere Zeit in der Luft über der Start- und Landebahn erhalten bleiben. Sie stellen eine ernst zu nehmende Gefahr für kurzzeitig nachfolgende Flugzeuge dar. Um die Sicherheit beim Starten und Landen zu gewährleisten, muss genügend Abstand zum vorausfliegenden Flugzeug gehalten werden. Die Wirbel hinter den Tragflächen der Flugzeuge werden Wirbelschlepe genannt und sind unerwünscht. Außerdem tragen sie erheblich zur Erhöhung des Luftwiderstands bei und erhöhen damit den Energieverbrauch.



## Wirbel: Aus Analogien lernen

Nicht nur beim Fliegen von Flugzeugen entstehen Wirbel. Auch an Fahnenmasten entstehen Luftwirbel, die die Fahnen zum Flattern bringen. Solche Wirbelstraßen lassen sich auch sehr deutlich im Wasser beobachten, wie z.B. am norwegischen Fjord Saltstraumen.

Drehst du den Wasserhahn an einem Schlauch langsam auf, so strömt das Wasser zunächst mit glattem Strahl. Bei zunehmender Strömungsgeschwindigkeit schlägt der Strahl plötzlich in eine ungeordnete Strömung um. Es entstehen Turbulenzen. Wie bei Strömungen in Rohrleitungen, Blutgefäßen und Atmungssystemen, spielen diese Turbulenzen bei der Umströmung von Tragflügeln eine wichtige Rolle. Spannende Zusammenhänge, die im DLR\_School\_Lab erklärt und vertieft werden.

Wirbelstraße beim Einströmen von Meerwasser in den Fjord Saltstraumen (Norwegen).

# Aeroelastik: Flugzeugflattern, Gebäudeschwingungen und Tonerzeugung

## Schwingungen und Sicherheit

Im Jahre 1940 stürzte die neu errichtete Hängebrücke „Tacoma Narrows Bridge“ im US-Bundesstaat Washington ein – allein unter dem Einfluss eines Windes der Stärke acht.



Große-Belt Brücke.

Was sich unglaublich anhört, kannst du an einem einfachen Modell experimentell selbst erforschen. Du siehst, welche Bedeutung die Form des Bauwerkquerschnittes für die Dämpfung der Schwingungen und damit für die Stabilität und Sicherheit hat.

Wind kann Brücken, Hochspannungsleitungen, Türme oder

Antennen in heftige Schwingungen versetzen und sie zerstören. Die Erforschung der Wechselwirkungen zwischen elastischen Strukturen und ihrer Umströmung sowie der damit verbundenen Probleme gehört zu den Kompetenzbereichen des DLR. Wenn du einmal hohe Türme, Schornsteine oder Autoantennen genau betrachtest, kannst du feststellen, dass Erkenntnisse aus diesem Forschungsgebiet ihre Anwendung gefunden haben.



Autoantenne mit spiralförmiger Umwicklung.



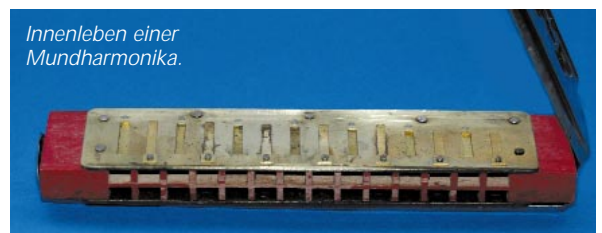
Segelflugzeug mit Schwingungserregern im Testflug.



Tragfläche mit Schwingungserreger im Labor.

Bei Flugzeugen können selbsterregte Schwingungen auftreten, wenn die Fluggeschwindigkeit eines Flugzeugs eine kritische Grenze überschreitet. Dabei wachsen die Ausschläge der elastischen Verformungen immer weiter an und können damit in Sekundenschnelle zum Bruch eines Flügels führen, wenn die gefährliche Anfachung nicht, z. B. durch das Abreißen der Strömung, gebremst wird. Ein Grund, das „Flattern“ zum DLR-Forschungsthema zu machen und seine Ursachen intensiv zu ergründen. Für sicheres Fliegen müssen Flugzeuge so gebaut werden, dass das Flattern im späteren Betrieb ausgeschlossen werden kann.

## Musik und Resonanzschwingungen



Innenleben einer Mundharmonika.

Der heulende Wind und einige Musikinstrumente, wie z. B. die Klarinette und die Mundharmonika, erzeugen Töne nach dem gleichen Prinzip: In einem Luftstrom entstehen durch die Rückkopplung von Zungenschwingung und Strömungsablösung periodische Druckschwankungen, die eine Luftsäule als Resonator zu hörbaren Luftschwingungen anregen.

Im DLR\_School\_Lab kannst du weitere Mechanismen der Tonerzeugung durch Luftströmungen an einer Windharfe (Aolsharfe) und dem Modell einer Mundharmonika kennen lernen. An diesen Beispielen siehst du, dass strömungsphysikalische Phänomene uns häufig im Alltag begegnen.

# Messtechnik als Mittel zum Erkennen



Links: Akustischer Hohlspiegel zur Lärmquellenortung am Auto.

Rechts: Ultra-Hochgeschwindigkeits-Videokamera im Einsatz.

## Fragen an die Forscherinnen und Forscher

- Willst du einmal die Entstehung eines Überschallknalls sehen?
- Wie würdest du vorgehen, wenn du bestimmen solltest, wie die Einspritzung von Treibstoff in einen Verbrennungsmotor verbessert werden kann?
- Was liegt näher, als von der perfekt entwickelten Natur zu lernen, wenn es um das Fliegen geht? Aber wie würdest du die biomechanische Analyse von Flügelbewegungen, z. B. bei Insekten, vornehmen?
- Die periodische Wirbelablösung an bewegten Profilen ist ein aktuelles Thema der Forschung. Dein Auge kann solche Vorgänge aber nicht erfassen. Welche Messtechnik würdest du zur Analyse der Vorgänge einsetzen?
- Wie lassen sich die Quellen für Windgeräusche eines fahrenden Autos herausfinden? Eine komplexe Aufgabenstellung für die Autoindustrie, um die Lärmentstehung zu verringern und den Energieverbrauch zu senken.

## Die Grenzen unserer Sinne

Unsere Sinnesorgane sind sehr leistungsfähig, haben aber auch ihre Grenzen. Die Forschung entwickelt technische Hilfsmittel, die mehr erfassen können als wir mit unseren Sinnen. Nimm z. B. die DLR-Broschüren zur Hand und suche Hilfsmittel heraus, die der Forscher in der Luftfahrt-, Raumfahrt-, Energie- oder Verkehrsforschung einsetzt, um etwas zu sehen, zu hören oder zu orten, was er ohne sie nicht erfahren könnte. Die Entwicklung solcher Hilfsmittel ist eine zentrale Aufgabe des

DLR. So dient die internationale Raumstation (ISS) als Forschungslabor dazu, unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit oder ohne Einfluss der Atmosphäre ganz neue Erkenntnisse in der Medizin oder Biologie zu gewinnen.

## Erweiterung unserer Wahrnehmung

Die im DLR entwickelte Ultra-Hochgeschwindigkeits-Videokamera ist in der Lage, sehr schnelle Strömungsvorgänge zu analysieren. Im DLR\_School\_Lab wirst du diese einzigartige Technik einsetzen, um z. B. das Zerplatzen eines Luftballons in einzelnen Bildern mit einem zeitlichen Abstand von einem siebzigmillionsten Teil einer Sekunde darzustellen. In weiteren Anwendungen untersuchst du mit einer Stroboskop-Videokamera periodische Bewegungs- und Strömungsvorgänge, wie z.B. den Einspritzvorgang bei einem Verbrennungsmotor. Mit Hilfe eines Hohlspiegels kannst du eine Ortung von Windgeräuschen oder Lärmquellen an verschiedenen Modellen vornehmen.

Strömungs- und Bewegungsvorgänge sichtbar zu machen, ist eine von vielen Aufgaben, die im DLR zur Entwicklung hochtechnisierter Hilfsmittel in der Forschung führt. Diese Vorgänge als Messwerte zu erfassen, sie zu quantifizieren, um sie verstehen zu können, ist eine weitere Aufgabenstellung an die Wissenschaftler.

Du wirst verschiedene Verfahren zur messtechnischen Erfassung von Daten bei Strömungsvorgängen und zur optischen Analyse von Strömungsphänomenen im DLR\_School\_Lab anwenden.