

Fragen zum Nachdenken

Welche Bedeutung haben diese Versuche für unsere Umwelt und Industrie?
 Für welche Bereiche brauchen wir diese Untersuchungen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr?
 Welche Möglichkeiten gibt es, Saiten zum Schwingen zu bringen?
 Was ist der Unterschied zwischen Tönen, Klängen und Geräuschen?
 Wo habt ihr schon draußen „Windharfenklänge“ gehört?
 Wie lassen sich die Beobachtungen an der Windharfe auf die Umströmung von Bauwerken übertragen?

Glossar

Ablösung

entsteht, wenn die Strömung der Körperoberfläche nicht folgt.

Anströmung

Relativbewegung zwischen Luft und Fluggerät. Sie wird durch die Anströmgeschwindigkeit nach Größe und Richtung angegeben. In ruhiger Luft ist sie gleich der Fluggeschwindigkeit. Im Windkanal ist dies der ungestörte Strömungszustand vor dem Modell.

Frequenz

Anzahl der periodischen Vorgänge in einer Zeitspanne.

Grundschwingung

Bei einer zusammengesetzten Schwingung die Schwingung mit der kleinsten Frequenz.

Interferenz

Überlagerung kohärenter, harmonischer Schwingungen.

Kármánsche Wirbelstraße

besteht aus zwei Reihen von Wirbeln mit entgegengesetztem Drehsinn, die sich abwechselnd rechts und links vom Körper ablösen.

Laminar

ist eine glatte Strömung, die keine Verwirbelungen hat.

Modellgesetze

müssen bei Modellversuchen beachtet werden, um die Modellergebnisse auf die Großausführung übertragen zu können. Wichtige Kenngrößen sind die Reynolds-, die Mach- und die Knudsenzahl.

Oberschwingungen

Bei einer zusammengesetzten Schwingung alle Teilschwingungen außer der Grundschwingung. Ihre Frequenzen sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz.

Reynoldszahl

Verhältnis von Trägheits- zu Reibungskräften in der Strömung. Sie ist ein Maß für die Stärke der Verwirbelung in einer Strömung.

Strömung

Bewegung des Mediums (fluid) in der nahen und weiteren Körperumgebung.

Strouhalzahl

Verhältnis von instationären zu stationären Trägheitskräften. Sie ist für unsere Versuche, bei denen Zylinder von Luft umströmt werden und bei denen die Reynoldszahlen zwischen 100 und 100.000 liegen, ungefähr konstant. $St \approx 0,2$.

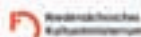
Turbulent

ist eine Strömung mit ungeordneter Durchmischung des Mediums, z.B. bei Wirbeln.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



ROBERT BOSCH STIFTUNG

Herausgeber:



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Göttingen
Bunsenstraße 10
D-37073 Göttingen

Text:
DLR_School_Lab Göttingen

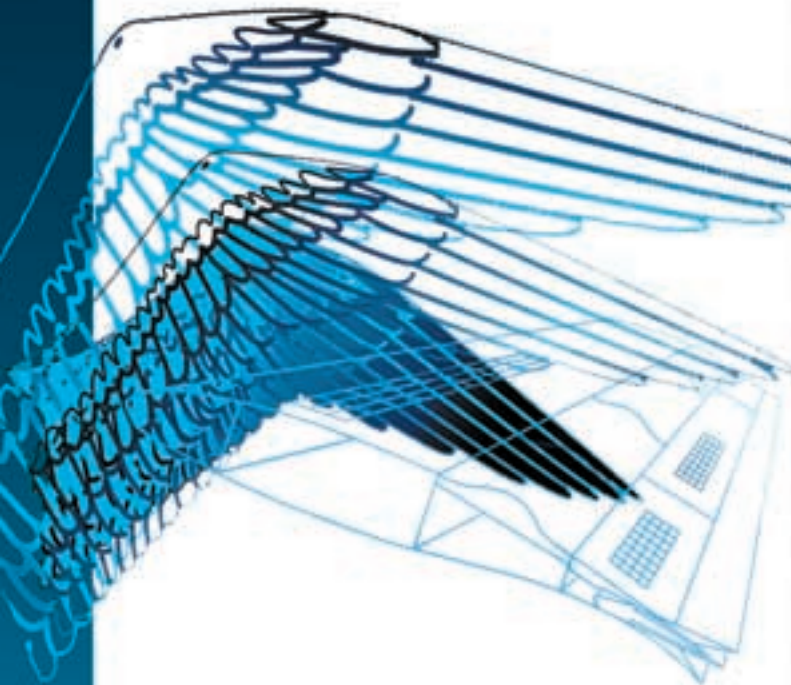
Gestaltung:
ziller design, Mülheim an der Ruhr

Bildnachweis:
DLR

Druck:
Richard Thierbach GmbH,
Mülheim an der Ruhr

DLR_School_Lab

Göttingen



Äolsharfe

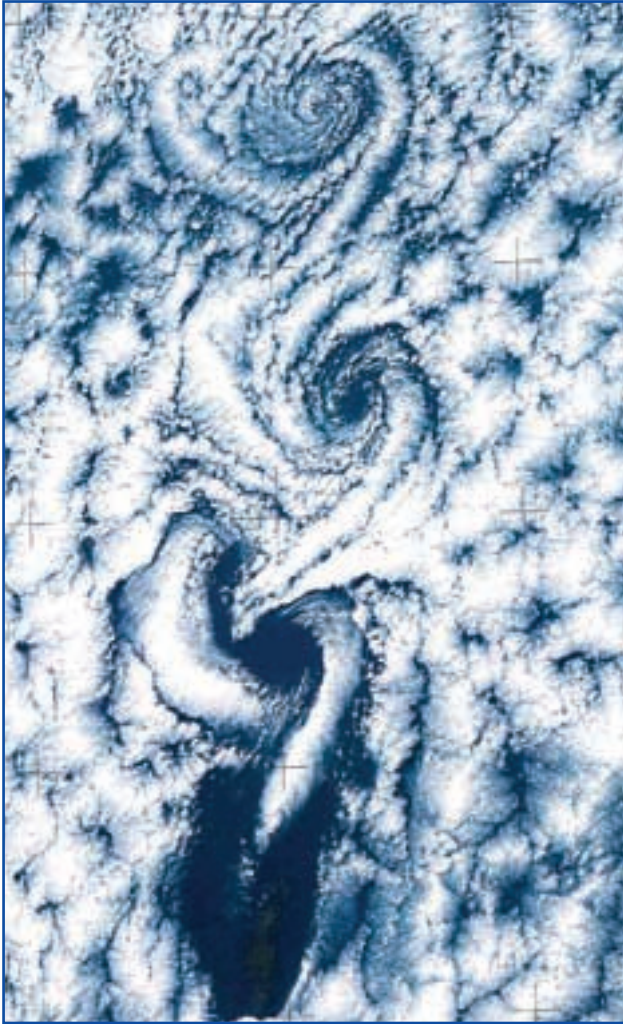
Der Wind als Musikant



Warum ist das Phänomen der Klangentstehung von so großer Bedeutung, dass sich Wissenschaftler des DLR damit befassen? Wind bringt nicht nur Instrumentensaiten zum Schwingen. Werden Bauwerke wie Brücken, Schornsteine, Rohrleitungen oder Telegrafleitungen vom Wind mit einer geeigneten Geschwindigkeit umströmt, kommt es zu Schwingungen. Das Schwingen kann sich so weit aufschaukeln, dass es zur Katastrophe führt. Das ist ein Grund, dieses Phänomen im DLR zu erforschen. Im DLR_School_Lab Göttingen könnt ihr dieses Phänomen an einer Äolsharfe, einem historischen Saiteninstrument, untersuchen.

www.schoollab.dlr.de

Historisches



Wolkenwirbel hinter der Insel Guadalupe (aus Geo 4/1997).

Die Äolsharfe, auch Windharfe genannt, ist ein Saiteninstrument, das durch den Wind zum Klingen gebracht wird. Äolsharfen wurden schon um 1000 v. Chr. erwähnt: König Davids Harfe „Chinor“ wurde um Mitternacht vom Nordwind gespielt (Talmud); Hermes baute eine Windharfe aus einem Schildkrötenpanzer, den er mit Sehnen bespannte (Homer); Windharfen auf Felsen im Meer sollten die Feinde erschrecken (Artussage). In der Mitte des 17. Jahrhunderts wurden Windharfen von Kircher neu entdeckt. Sie waren sehr beliebt und kommen in der Literatur der Romantik häufig vor, weil man in ihrer geheimnisvollen, geisterhaften Musik Botschaften aus dem Kosmos vermutete.

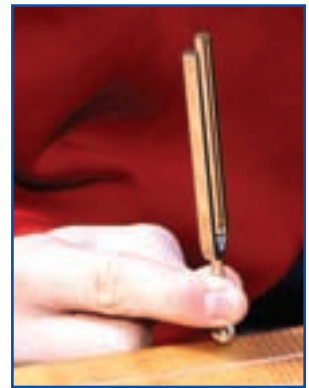
Wie die Äolsharfe im DLR_School_Lab bestehen Windharfen heute aus einem Resonanzkörper, über den mehrere Darm-, Messing- oder Kunststoffsaiten gespannt sind, die alle gleich lang aber verschieden dick sind. Obgleich man schon seit 3000 Jahren Äolsharfen kennt und weiß, dass sie vom Wind zum Klingen gebracht werden, hat Cenek Strouhal (1850 bis 1923) erst im letzten Jahrhundert eine physikalische Erklärung für die Entstehung der Klänge gefunden, nachdem Theodore von Kármán (1881 bis 1963) 1911 die nach ihm benannte Wirbelstraße entdeckte und auch mathematisch nachwies.

Warum kann ein Musikinstrument von euch im DLR_School_Lab untersucht werden?

An der Äolsharfe im DLR_School_Lab könnt ihr die Ursache für das Klingen entdecken und ausprobieren, von welchen Größen die Klangerzeugung abhängt.



Schwingung einer Stimmgabel.



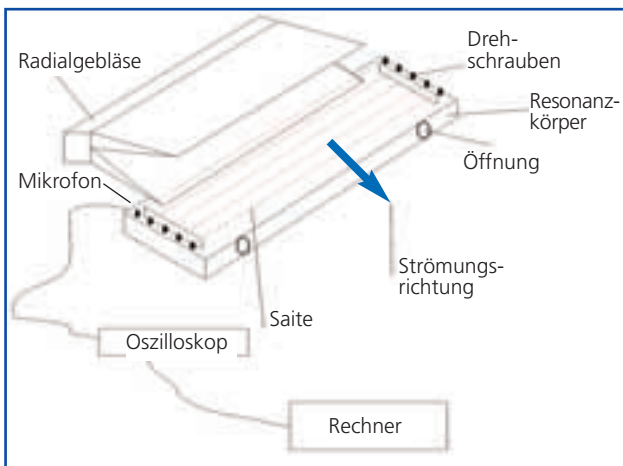
Die Strömungsforscher haben mit dem Modellgesetz eine Möglichkeit entwickelt, die am kleinen Modell gemachten Erfahrungen unter bestimmten Bedingungen auf viel größere Dinge zu übertragen. Das ist für Ingenieure wichtig. Sie müssen beim Planen von Gebäuden, Schornsteinen, Autoantennen und Brücken die Bedingungen für unerwünschte Schwingungen vermeiden.



Tacoma Narrows Bridge Washington State

Versuchsaufbau und technische Gegebenheiten

Unsere Äolsharfe besteht aus einem hölzernen Klangkörper, der mit 10 gleichlangen Saiten bespannt ist, die gestimmt werden können. Mit einem Mikrofon, das neben dem Schallloch steckt, werden die Klänge im Innern des Klangkörpers aufgenommen und über das digitale Oszilloskop mit dem Computer verbunden. Der Modus „Oszilloskop“ zeigt das Bild der Töne, lässt es einfrieren und Periodendauer und Grundfrequenz ablesen. Der Modus „Spectrum Analyser“ zeigt als Ergebnis einer Fourier – Analyse die vorkommenden Frequenzen von Grundton und Obertönen.



Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus.

Das Gebläse, das über einen Stelltrentrafo reguliert werden kann, strömt die Saiten über die ganze Länge mit ungefähr konstanter Geschwindigkeit an.

Die Windgeschwindigkeit lässt sich regulieren und mit Hilfe eines Windmasters bestimmen. Das ermöglicht, die Wirbelablösefrequenz mit Hilfe der Strouhalzahl zu berechnen.



Messen der Windgeschwindigkeit.



SchülerInnen messen eine Saitenschwingung der Äolsharfe.