



Der Wind als Musikant

Wind kann Brücken und Türme, Flugzeugtragflächen und Hochspannungsleitungen in heftige Schwingungen versetzen und sie im Extremfall sogar zerstören. Wie kann man das verhindern? Eine knifflige Aufgabe für Ingenieure.

Aber der Wind erzeugt auch geheimnisvolle Klänge, wenn er über die Windharfe, ein Saiteninstrument aus biblischen Zeiten, streicht. So eine Äolsharfe steht im DLR_School_Lab Göttingen. Was Schwingungen und Töne miteinander zu tun haben, könnt ihr hier erforschen.

Im Experiment mit der Äolsharfe kommt ihr dem Zusammenhang zwischen Luftwirbeln und Schwingungen auf die Spur: Wie entstehen sie, was bewirken sie. Und ihr lernt, was Ingenieure beachten müssen, damit es im Alltag nicht zu Resonanzkatastrophen kommt ...

Der Wind als Musikant

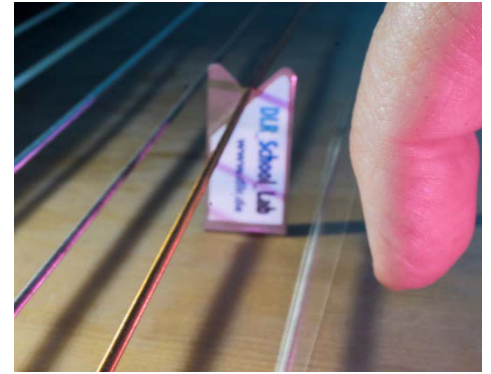
Das Lied des Windes

Äolsharfen sind uralt. Benannt sind sie nach Aeolus, dem griechischen Gott des Windes. Streicht der Wind über die Saiten, entstehen geheimnisvolle Klänge. Schon der biblische König David hörte sie um 1000 v. Chr., wenn der Nordwind um Mitternacht in seine Harfe blies. Auch die Artussage berichtet von großen Windharfen auf Felsen im Meer, deren Raunen die Feinde abschrecken sollte. In der Romantik waren Windharfen sehr beliebt, weil man in ihrer geisterhaft klingenden Musik Botschaften aus dem Kosmos vermutete.

Warum untersuchen wir ein Musikinstrument?

Wie die Äolsharfe im DLR_School_Lab bestehen Windharfen aus einem Resonanzkörper, über den mehrere Saiten gespannt sind. Obgleich man Äolsharfen schon seit 3000 Jahren kennt, versteht man erst seit hundert Jahren das physikalische Wirkprinzip hinter dem Sphärenklang. Da geht es um Wirbel, die abwechselnd links und rechts hinter der umströmten Saite entstehen. Bei der richtigen Frequenz der Wirbel fängt die Saite an zu schwingen.

Aber lassen sich Erkenntnisse aus Experimenten mit der Äolsharfe oder mit kleinen Modellen auf große Konstruktionen übertragen? Ja, denn es gibt da eine Formel, die die Wirbel

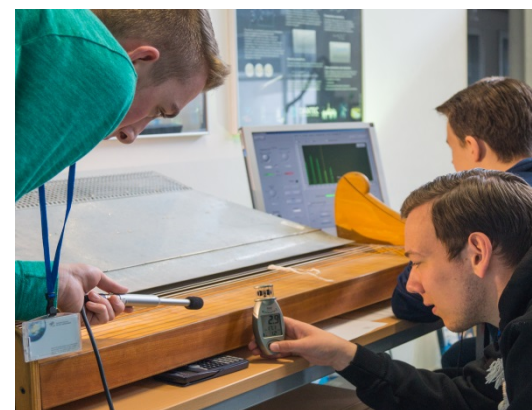


Sichtbare Schwingungen einer Saite.

in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Durchmesser des Objekts beschreiben. Damit können Ingenieure bei der Auslegung von Hochbauten bis hin zu Autoantennen schon im Entwurfsmodell darauf achten, dass es bei bestimmten Windanströmungen nicht zu gefährlichen Resonanzschwingungen kommt.

Windharfe im Experiment

Was für Schwingungen sind das eigentlich? Unsere Äolsharfe besteht aus einem hölzernen Klangkörper, der mit fünf gleich langen Saiten bespannt ist, die gestimmt werden können. Ein Gebläse strömt die Saiten mit konstanter

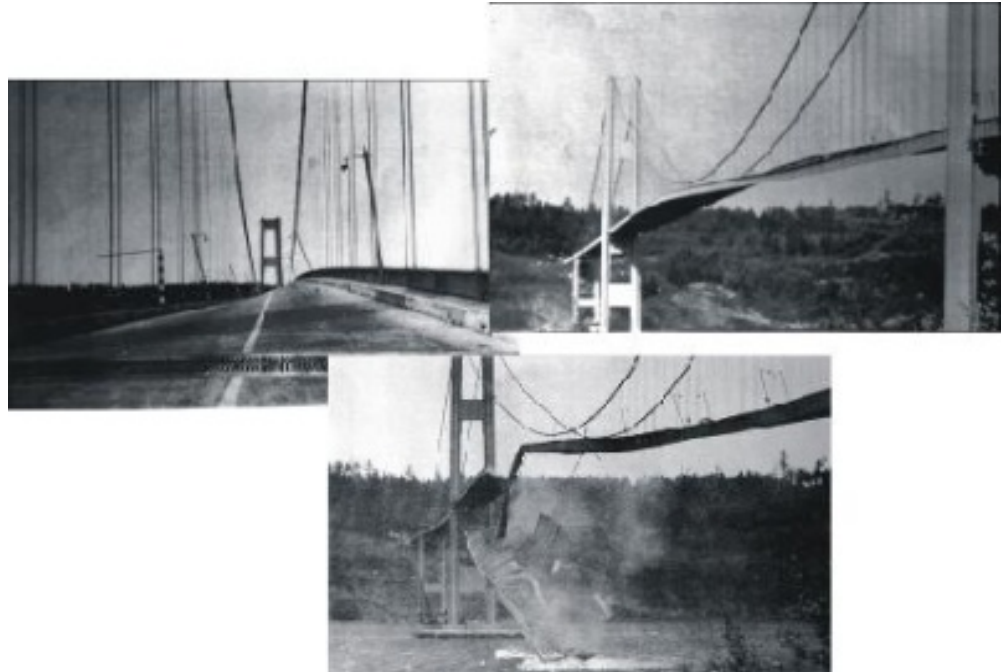


Äolsharfe: Messung der Schwingungsfrequenz in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit eines Gebläses



Wolkenwirbelstraße bei der Insel Socorro (Mexiko): Der Wind umströmt die Insel und bildet hinter ihr typische Verwirbelungsmuster, erkennbar an den Wolkenformationen.

Die Tacoma-Narrows Brücke wurde von 1938 bis 1940 erbaut. Sie war berühmt durch ihr Auf- und Abschwingen und wurde so zur Touristenattraktion. Man nannte sie daher auch "Galloping Gertie". Am 7. November geriet die Brücke wieder, durch Wind angeregt, in Schwingungen. Durch die besondere Konstruktion, die Windrichtung und Stärke wurde der Effekt verstärkt. So stürzte die Brücke nach nur 4 Monaten Betrieb ein.



Geschwindigkeit an. Ein Tonabnehmer nimmt die Schwingungen der Saiten auf und leitet sie als elektrisches Signal an ein digitales Oszilloskop und den Computer weiter. Das Oszilloskop zeigt das „Bild“ der Töne und friert es ein. Periodendauer und Grundfrequenz der Schwingungen könnt ihr ablesen.

Töne im Visier

Mit dem „Spectrum Analyzer“ kann man die Schwingungen noch genauer untersuchen: Er zeigt das ganze Spektrum der Einzelschwingungen der Saite, also Grundton und Obertöne. Was das Gehirn zu einem Klang „verschmilzt“, ist in Wirklichkeit eine Überlagerung von vielen einzelnen Schwingungen. Diese Zusammensetzung aller Schwingungen bewirkt letztlich den typischen Klang der Äolsharfe – angeregt durch den Wind. Im Experiment kannst du den Unterschied zwischen Tönen, Klängen und Geräuschen untersuchen.

Achtung: Schwingungen!

Wie kommt es nun zu den starken Schwingungen von Bauwerken bei Wind? Wird ein Hindernis umströmt, entstehen dabei Wirbel, oft abwechselnd links und rechts, wie wenn man einen Löffel durch eine Tasse Kaffee zieht. Das regelmäßige

Ablösen von Wirbeln erzeugt Wechselkräfte, die bei der Äols-harfe die Saiten zum Schwingen anregen, wobei die Frequenz durch die Anströmgeschwindigkeit und den Durchmesser der Saite festgelegt ist. Liegt nun aber die Frequenz der Wirbelablösung in der Nähe einer der Eigenfrequenzen einer Saite, so liegt Resonanz vor: Die Schwingung verstärkt sich bis zu einer jeweiligen Maximalamplitude: Wir hören einen Ton.



Wind bringt die Saite hörbar zum Schwingen.

Mehr Sicherheit für uns alle

Und so wie bei bestimmten Anströmgeschwindigkeiten die Eigenfrequenzen der Harfensaiten angeregt werden, können auch technische Konstruktionen in Resonanz schwingen – je nach Abmessung, Form und verwendetem Material. Das ist etwa so, als ob in einem Auto bei Tempo 80 das Handschuhfach klappert und bei Tempo 90 der Rückspiegel zu wackeln beginnt. Hauptsache, dass die Schwingungen sich nicht aufschaukeln, bis die Tür abfällt ...



Fragen zum Nachdenken

- Welche Möglichkeiten gibt es, Saiten zum Schwingen zu bringen?
- Wie lassen sich die Beobachtungen an der Windharfe auf die Umströmung von Bauwerken übertragen?
- Welche Bedeutung haben diese Versuche für unsere Umwelt und Industrie?
- Für welche Bereiche brauchen wir diese Untersuchungen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr?

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C

DLR Göttingen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) konzentriert seine Aktivitäten in den Schwerpunkten Luftfahrt und Verkehr an den Standorten Göttingen und Braunschweig. Das DLR Göttingen, 1907 als Modellversuchsanstalt der späteren Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) gegründet, beschäftigt circa 460 MitarbeiterFachleute in der grundlagen- wie anwendungsorientierten Luftfahrtforschung.

Hinweise zum Experiment:

Alter: 12 bis 18 Jahre

Gruppengröße: 5 bis 6

Dauer: 60 Minuten

Inhalts-Bezug: Sicherheit technischer Konstruktionen
(Wirbel-induzierte Schwingungen)



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

DLR_School_Lab Göttingen
Bunsenstr. 10
37073 Göttingen
Leitung: Dr. Oliver Boguhn
Telefon: 0551 709-2409
Telefax: 0551 709-2439
E-Mail: schoollab-goettingen@dlr.de
www.dlr.de/schoollab/goettingen