

## Aktive Lärmkontrolle

### Lärm mit Lärm bekämpfen

Musik, die unserem Geschmack entspricht, finden wir toll. Je lauter, desto besser. Unser Nachbar empfindet das möglicherweise als unerträgliche Zumutung. Andererseits kann uns ein Geräusch von der Lautstärke unserer Lieblingsmusik sehr stören. Ob wir ein Geräusch als angenehm oder unangenehm einstufen hängt also stark von unserem Empfinden ab.

Wer ständig Lärm ausgesetzt ist, kann krank werden. (Misst einmal beim Experiment die Lautstärke eures MP3-Players.) In lärm-belasteten Gegenden kann man schalldämmende Fenster einbauen. Fühlen wir uns vom Schnarchen eines Zimmernachbarn um die Nachtruhe gebracht, können wir uns die Ohren verstopfen. Diese Methoden sind Beispiele für passiven Schallschutz.

### Krach machen

In diesem Experiment wirst Du Lärm aktiv verringern, indem Du noch mehr Lärm erzeugst. Dazu müssen wir aber zuerst einige physikalische Grundlagen behandeln.

Schall ist eine räumliche und zeitliche Druckschwankung, die sich in Form von Wellen ausbreitet. Moleküle (z. B. der Luft) geraten in Schwingung und stoßen Ihre Nachbarn an, die dann wiederum die Nachbarn anstoßen.

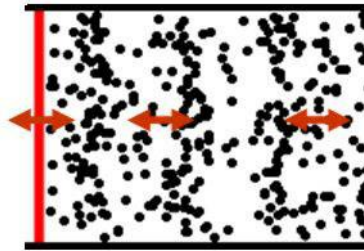


Abb. 1: In einer Schallwelle gibt es Bereiche höherer und geringerer Teilchendichte (Bereiche höheren und geringeren Luftdrucks).

Eine einfache Sinus-Welle entsteht zum Beispiel, wenn wir eine Stimmgabel anschlagen.

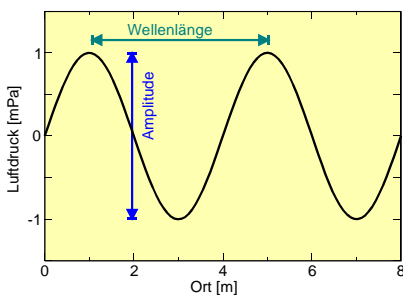


Abb. 2: Sinusschwingung

Je stärker die Stimmgabel ausschlägt, (je größer die Druckunterschiede sind) desto lauter ist der Ton, den wir hören. Dieser Ausschlag wird als Amplitude bezeichnet.

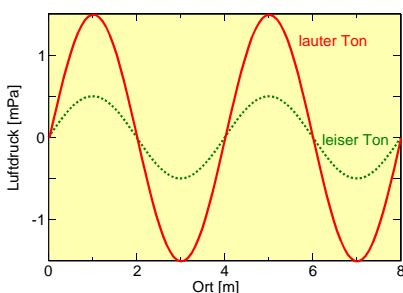


Abb. 3: Lauter und leiser Ton

Man nennt den Abstand zwischen zwei Wellenbergen Wellenlänge. Die Schallwelle legt während einer Schwingung die Strecke einer Wellenlänge zurück. Die Wellenlänge bestimmt die Tonhöhe, die man auch in Schwingungen pro Sekunde (Hz) angibt.

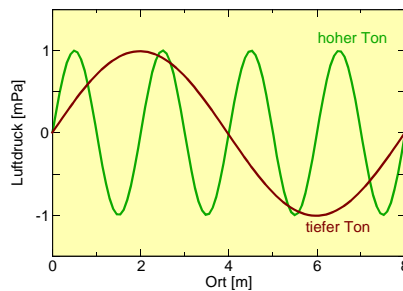


Abb. 4: Hoher und tiefer Ton

Legen wir mehrere Wellen übereinander, addieren sich ihre Amplituden. Diese Überlagerung von Wellen wird Interferenz genannt.

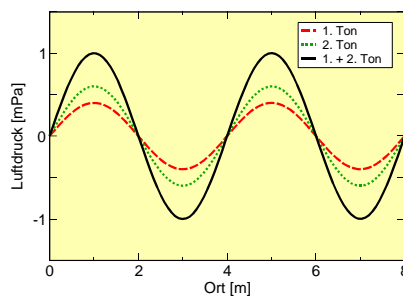


Abb. 5: Verstärkung von Wellen durch Interferenz

Haben alle Wellen die gleiche Wellenlänge und liegen sie so übereinander wie in Abb. 5, verstärkt sich der Ton. Wir hören ihn lauter.

Wenn die Wellen gegeneinander um genau eine halbe Wellenlänge verschoben sind und außerdem dieselbe Amplitude haben, werden sie sich vollständig aufheben. Die „Wellenberge“ der einen Welle füllen dann genau die „Wellentäler“ der anderen aus. Diesen Gegenschall-Effekt werden wir genauer untersuchen.

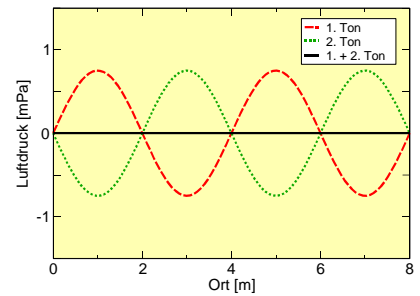


Abb. 6: Auslöschung durch Überlagerung

In der Praxis sind reine Töne selten. Meist überlagern sich Tönen der unterschiedlichsten Amplituden und Wellenlängen. Das können wir erkennen, wenn wir z. B. den Vokal „a“ als Oszillogramm darstellen.

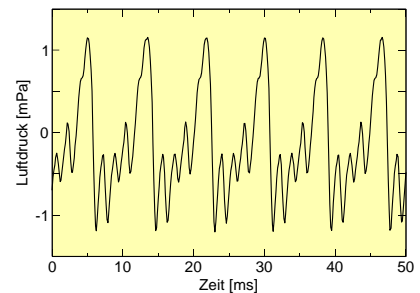


Abb. 7: Oszillogramm des Vokals „a“

Mit einem Computerprogramm können wir analysieren, aus welchen Frequenzen der Klang zusammengesetzt ist. Wir erhalten ein Frequenzspektrum, wie ihr das auch vom Equalizer eurer Stereoanlage kennt.

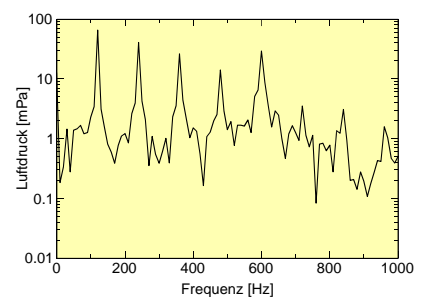


Abb. 8: Frequenzspektrum des Vokals „a“

## Unser Versuch

Zunächst untersuchen wir verschiedene Töne und Klänge und vergleichen Schallspektren und Lautstärken.



Abb. 9: Strömungskanal. In dem würfelförmigen Aufsatz ist der Lautsprecher für den Gegenschall untergebracht.

In unserer Versuchsapparatur, einem Strömungskanal, erzeugt ein Propeller ein unangenehmes, komplexes Geräusch (Abb. 11). Es entsteht dadurch, dass die Luftwirbel, die die Rotorblätter hinter sich herziehen, gegen regelmäßig angebrachte Metall-Streben (Statoren) prallen. So ahmen wir die Geräuschentwicklung in einem Flugzeugtriebwerk nach.

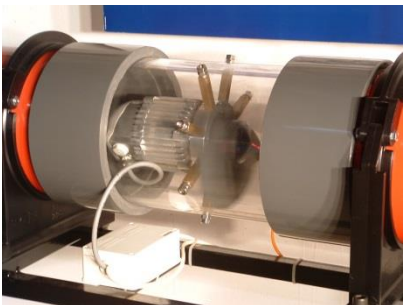


Abb. 10: Propeller und Statoren des Strömungskanals.

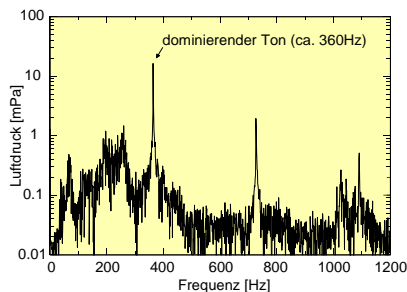


Abb. 11: Frequenzspektrum des Triebwerklärms

## Gezielt gegensteuern

Wir stellen fest, dass in dem Frequenz-Gemisch unseres Triebwerklärms eine Frequenz besonders hervortritt (in Abb. 11 bei 360 Hz). Dieser Ton und seine erste harmonisch Oberschwingung (720 Hz) machen den größten Teil des Lärms aus.

Wir werden diesen Ton verschwinden lassen, indem wir einen Gegenton erzeugen und über einen Lautsprecher in den Strömungskanal einspielen. Der Erfolg ist deutlich zu hören.

Zuvor müsst Ihr natürlich alle benötigten Geräte miteinander verbinden (Abb. 12, 13). Bitte nicht erschrecken oder verwirren lassen: wir beraten Euch gern beim Verkabeln.

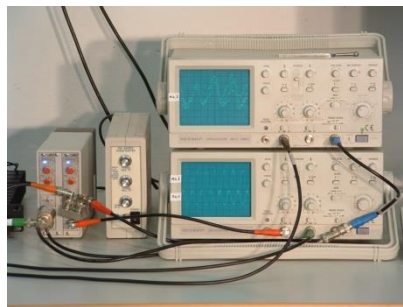


Abb. 12: Mess- und Regelgeräte für den Gegenschall-Versuch: links zwei Bandpassfilter, daneben der Phasenschieber und zwei Oszilloskope.

## Anwendungen

Für Flugzeugturbinen wird das Verfahren zurzeit nur im Testbetrieb angewendet, denn es ist nicht praktikabel, mit Lautsprechern in Triebwerke zu dröhnen. Vielmehr versucht man, durch geschickte Umlenkung des Schallweges im Triebwerk selbst einen Gegenschalleffekt zu erreichen.

Bereits im Einsatz ist Gegenschall aber schon bei Klimaanlage, in Flugzeugkabinen und Autos. Auch Doppelverglaste Fensterscheiben, bei denen eine Scheibe als Lautsprecher zu Abstrahlung von Gegenschall eingerichtet ist, sind bereits serienreif.

Erfolgreich zur Lärminderung eingesetzt wird Gegenschall auch in Kopfhörersystemen. Du kannst ein solches Modell selbst ausprobieren.

## Webseiten

<http://www.falstad.com/mathphysics.html>

[http://www.dlr.de/at/desktopdefault.aspx/tabid-9004/15550\\_read-38383/](http://www.dlr.de/at/desktopdefault.aspx/tabid-9004/15550_read-38383/)

<http://www.ksta.de/porz/wissenschaft-laerm-soll-mit-laerm-reduziert-werden.15187570.16999688.html>

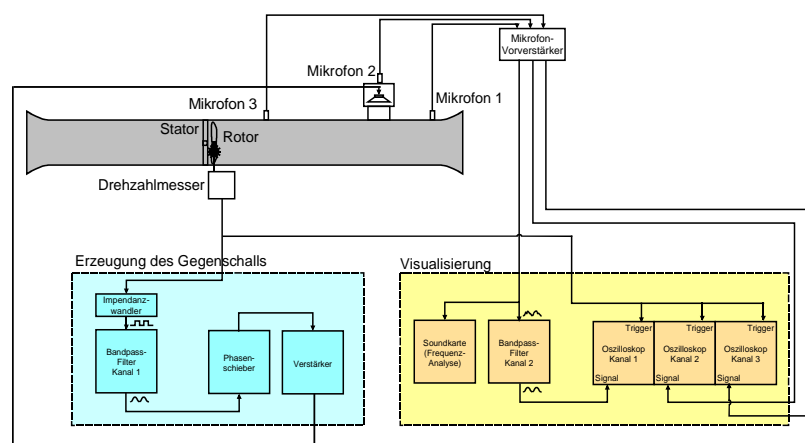


Abb. 13: Verkabelungsplan

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

## DLR Köln

Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr, Energie und Sicherheit sind die Forschungsfelder, die im DLR Köln in neun Forschungseinrichtungen bearbeitet werden. Das Rückgrat der Forschung und Entwicklung bilden Großversuchsanlagen, wie Windkanäle, Triebwerks- und Materialprüfstände und ein Hochflussdichte-Sonnenofen. Auf dem 55 Hektar großen Gelände ist neben den Forschungs- und Zentraleinrichtungen des DLR auch das Astronautenzentrum EAC der Europäischen Weltraumbehörde ESA angesiedelt. Das DLR beschäftigt in Köln-Porz rund 1.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**

**DLR\_School\_Lab Köln**  
Linder Höhe  
51147 Köln

Leitung: Dr. Richard Bräucker  
Telefon: 02203 601-3093  
Telefax: 02203 601-13093  
E-Mail: schoollab-koeln@dlr.de  
Internet: www.DLR.de/dlrschoollab

### Hinweise zum Experiment:

Jahrgangsstufe: 9 bis 13  
Gruppengröße: 5 bis 6  
Dauer: 50 Minuten  
Inhaltlicher Bezug:  
Physik