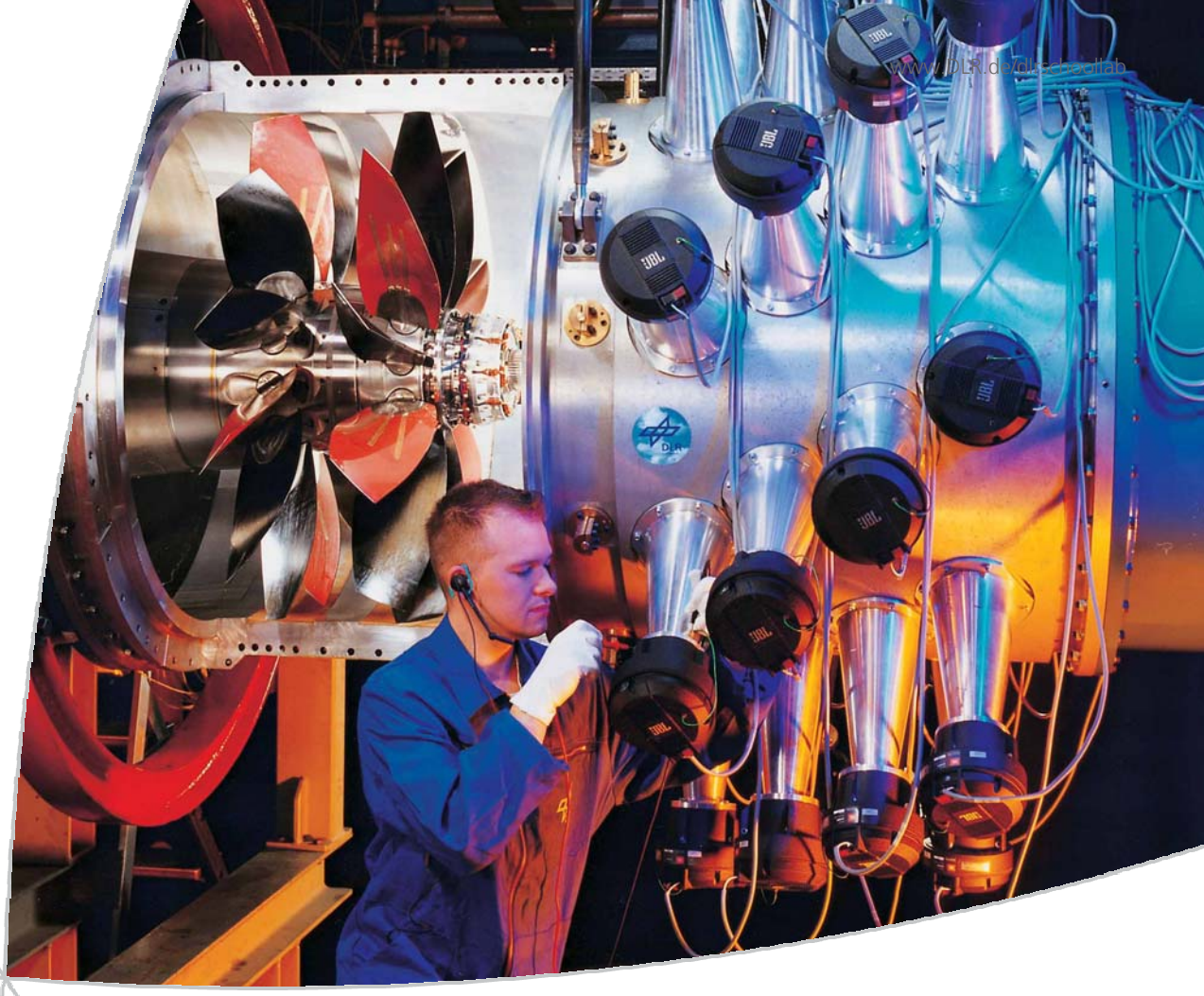

DLR_School_Lab
Köln

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. (Messt einmal beim Experiment die Lautstärke eures MP3-Players.) In lärmbelasteten 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.

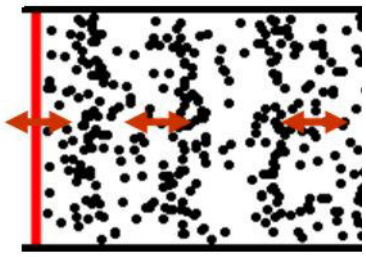

Abb. 1: In einer Schallwelle gibt es Bereiche höherer und geringerer Teilchendichte (Bereiche höheren und geringeren Luftdrucks).

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

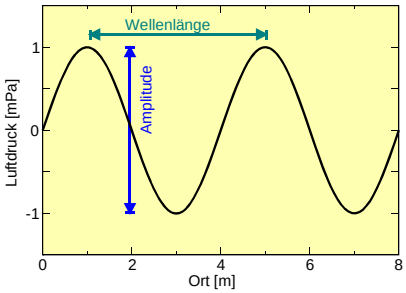

Abb. 2: Sinusschwingung

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

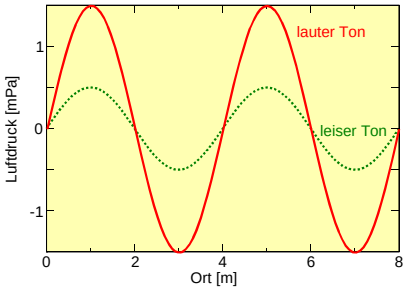

Abb. 3: Lauter und leiser Ton

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.

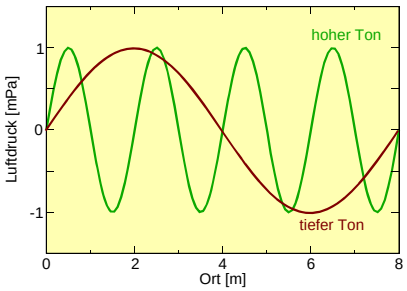

Abb. 4: Hoher und tiefer Ton

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

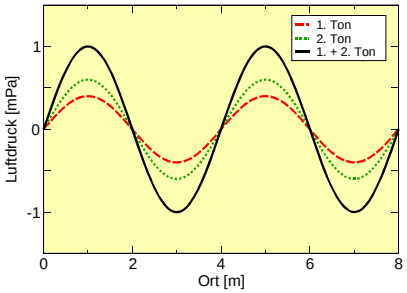

Abb. 5: Verstärkung von Wellen durch Interferenz

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.

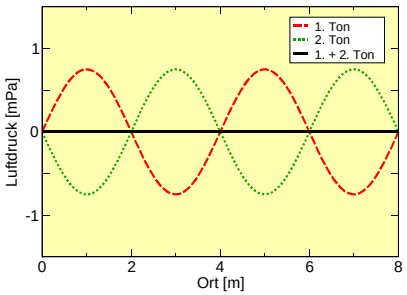

Abb. 6: Auslöschung durch Überlagerung

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.

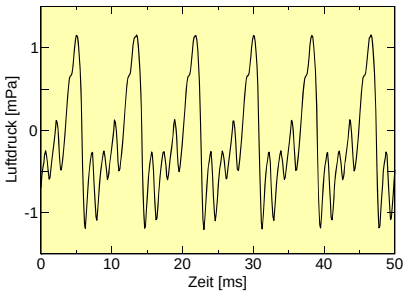

Abb. 7: Oszillogramm des Vokals „a"

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

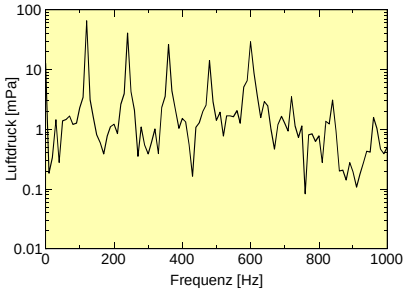

Abb. 8: Frequenzspektrum des Vokals „a"

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.

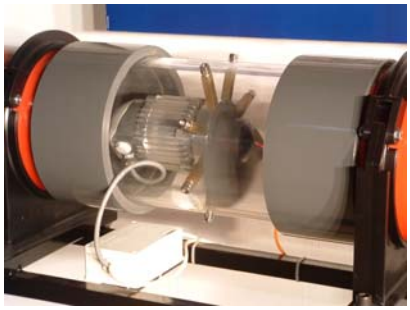

Abb. 10: Propeller und Statoren des Strömungskanals.

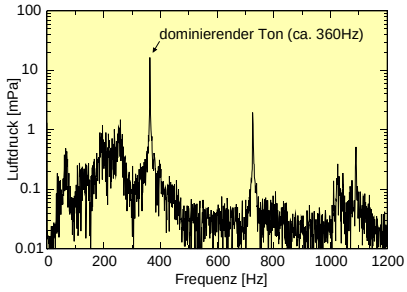

Abb. 11: Frequenzspektrum des Triebwerklärms

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.

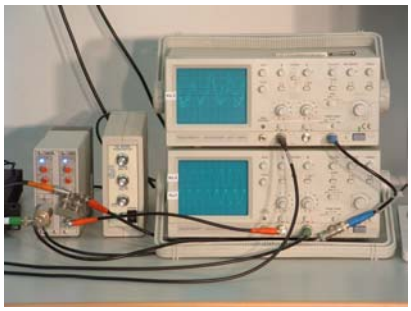

Abb. 12: Mess- und Regelgeräte für den Gegenschall-Versuch: links zwei Bandpassfilter, daneben der Phasenschieber und zwei Oszilloskope.

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 Klimaanlagen, in Flugzeugkabinen und Autos. Auch Doppelverglaste Fensterscheiben, bei denen eine Scheibe als Lautsprecher zu Abstrahlung von Gegenschall eingerichtet ist, sind bereits serienreif.

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

Webseiten

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

http://www.kettering.edu/~drussell/Demos.html

http://www.ba.dlr.de/sm/at/tf/dlr_laerm.html

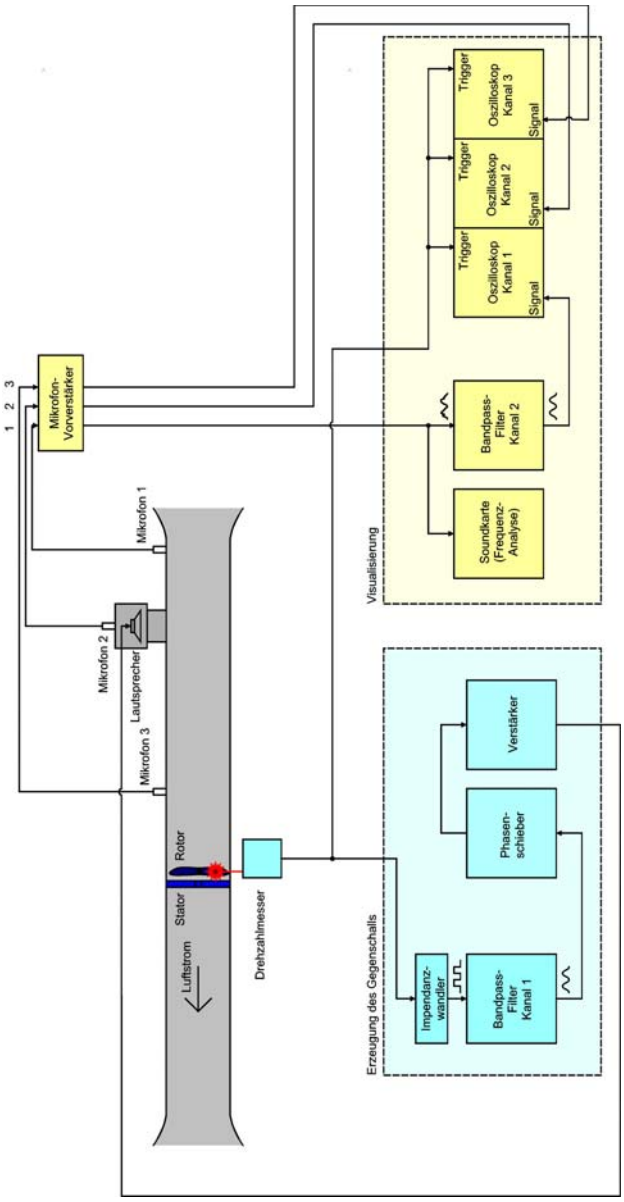

Abb. 13: Verkabelungsplan

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, Verkehr und Energie 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 sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

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

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
www.schollab.DLR.de/koeln