

Vorspann

Musik verbindet Menschen, bringt sie in Bewegung. Tausende Ohren tauchen ein - in ein Meer perfekter Wellen. Schallwellen wandern durch Raum und Zeit, sprechen Gefühle an.

Musik ist eine besondere Form der Kommunikation, die auch auf physikalischen Phänomenen beruht. Es ist spannend, diesen Phänomenen nachzugehen. Denn - der Erfindungsreichtum der Menschen sorgt seit jeher für jede Menge Klänge.

Wie breitet sich Schall aus?

Nirgendwo auf der Erde ist es still. Überall Geräusche in einer unbeschreiblichen Vielfalt.

Laute richtig einzuordnen will gelernt sein. Erst dann lässt sich sagen: Das Heulen stammt von einem Wolf, das Zwitschern von einem Vogel. Auch die Maschinenwelt hinterlässt typische akustische Spuren, oft ist es Lärm, der die Ohren attackiert.

Wer die absolute Ruhe sucht, muss den Planeten Erde verlassen. Apollomission Dezember 1972. Es ist die vorläufig letzte Mondlandung in der Geschichte der Raumfahrt. Völlig geräuschlos landet die Fähre. Die Schritte der Astronauten Eugene Cernan und Harrison Schmitt sind nicht zu hören. Überall gespenstische Stille. Nur per Funk können sich die Astronauten verständigen. Gelegenheit für ein Gesangsduett.

O-Ton Physikanten:

"Einen wunderschönen guten Tag, liebes Publikum. Ich darf Ihnen vorstellen: Professor Doktor Otto Liebermann."

"Danke schön. Und das ist mein geschätzter Kollege Herr Schwupp. Heute wollen wir in die weite Welt der Akustik eintauchen."

"Und machen dafür eine Reise nach ganz weit draußen. Liebes Publikum: die Flex im Weltall!"

"Nun, Sie sehen, wir haben den Winkelschleifer schon mal installiert. Des weiteren haben wir die Luft aus diesem Gefäß entfernt."

"Und uns so quasi ein kleines Weltall gebastelt."

"Sehr gut! Herr Schwupp, bitte schalten Sie doch jetzt mal den Winkelschleifer an."

"Sehr gerne."

"Sie hören?"

"Nichts!"

"Richtig, Sie hören, dass Sie nichts hören. Und das liegt daran, dass im Weltall und hier in unserem Vakuumcontainer keine Luft zur Übertragung des Schalls vorhanden ist."

"Ja, dann lassen wir die Luft doch mal wieder rein!"

"Ich bitte darum!"

"Sehen Sie? Jetzt kann man wieder was hören."

Wenn die Band „Juli“ beim Open Air auftritt, dann braucht sie jede Menge Luft. Denn ohne ein solches Medium ist die Übertragung von Schall nicht möglich. Es wäre still wie im Weltall.

Jedes Instrument erzeugt Schwingungen. Sie lösen Schallwellen aus, die sich in der umgebenden Luft ausbreiten. Es klingt etwas ernüchternd, aber physikalisch betrachtet ist Musik nur eine Folge von Druckwellen.

O-Ton Physikanten:

"Meine Damen und Herren, erleben Sie nun eine Druckwelle der besonderen Art."

"Tja, genau genommen handelt es sich hierbei um die Bewegung eines Luftwirbels. Schallwellen breiten sich ein wenig anders aus. Und das möchten wir Ihnen jetzt zeigen, wir haben nämlich ein Modell vorbereitet. Herr Schwupp, Sie spielen jetzt gleich ein Luftmolekül. Schall breitet sich aus, weil sich die Luftmoleküle gegenseitig anstoßen. Hopp, hier kommt eine Schallwelle!"

"Das heißt, die wird dann immer weitergereicht, von Luftmolekül zu Luftmolekül."

"Ja, könnte man so sagen. Genauer können wir es hier an unserem Modell sehen. Nun, stellen Sie sich einmal vor: Jede Windung dieser Feder würde einem Luftmolekül entsprechen. Ja, und dann sieht die Schallausbreitung folgendermaßen aus. Vielen Dank der Schwupp und gute Reise, mein Luftmolekülchen."

Wie funktioniert das Gehör?

Ausgehend von mächtigen Lautsprechern eilen die Schallwellen von der Bühne zu den Fans - und das rasend schnell, mit einer Geschwindigkeit von 340 Meter pro Sekunde.

Die Ohrmuschel fängt den Schall wie ein Trichter auf und bündelt ihn im Gehörgang. Die Schallwellen bringen das Trommelfell zum Schwingen. Der Hammer nimmt diese Bewegungen auf und überträgt sie auf Amboss und Steigbügel. Die Hebelwirkung zwischen den Gehörknöchelchen erhöht den Druck am Eingang der Hörschnecke. Dadurch wird der Schall um das 20-30fache verstärkt.

Die Hörschnecke ist mit Flüssigkeit gefüllt. Viele tausend Haarzellen registrieren die Druckschwankungen in der Flüssigkeit.

Die Haarzellen setzen die mechanischen Reize in elektrische Signale um. Über den Hörnerv gelangen die Signale ins Gehirn. Dort werden sie verarbeitet. So kommen Geräusche und Klänge in den Kopf.

Frequenzanalyse von Klängen und Geräuschen

Im Studio gehen wir der Frage nach: Was steckt physikalisch hinter den auf- und absteigenden Tonfolgen einer Melodie?

Lautstärke und Frequenz des Audiosignals werden üblicherweise als so genannte Hüllkurve dargestellt. Ein reiner Grundton erscheint als schlichter Balken. Bei entsprechender Vergrößerung wird die Schwingungskurve sichtbar. Sie zeigt die Frequenz, die Zahl der Schwingungen pro Sekunde: Je tiefer der Ton, desto weniger Schwingungen pro Sekunde.

Es ist eine erstaunliche Leistung des Gehirns, dass es Stimmen und Instrumente am jeweiligen spezifischen Klang erkennt. Dieser Klang lässt sich in einem Frequenzspektrum sichtbar machen. So sieht es bei der Gitarre aus. Von links nach rechts die tiefen, mittleren und hohen Frequenzen.

Das Schlagzeug: Links die dumpfen Töne der Basstrommel, rechts die hell klingenden Becken.

Der Bass bewegt sich ganz im unteren Tonbereich. Die hohen Töne rechts fehlen weitgehend.

Klangspektren sind wie akustische Fingerabdrücke. Wer sie zu identifizieren weiß, erkennt nicht nur einzelne Instrumente, sondern auch den Sound einer Band.

Anders als Klänge haben Geräusche keine erkennbaren Strukturen. Das Rauschen des Wasserfalls enthält fast alle Frequenzen. Über der durchgehenden Hüllkurve sieht man das zugehörige Spektrum, die tiefen Töne unten und die hohen Töne oben. Das tiefe und kräftige Quaken ist an den grün-gelben Spuren zu erkennen. Ähnlich ist es beim Zwitschern des Vogels. Nur reicht der Frequenzbereich höher.

Geräusche werden erzeugt durch eine chaotische Mischung von Schwingungen. Die gelbe Farbe zeigt deutlich die tiefen Frequenzen der rasselnden Kette. Beim ICE dominieren der Antrieb und das Schleifen der Räder an den Schienen. Nur wenige Strukturen sind zu erkennen.

Die Tuba zeigt ein völlig anderes Spektrum. Einzelne Frequenzen sind als Linien zu sehen. Noch besser zu erkennen bei der Trompete.

Obertöne

Der Klang eines Instruments setzt sich zusammen aus Grundton und den zugehörigen Obertönen. Das sind Vielfache der Grundfrequenz. Je nach Intensität dieser Obertöne hat jedes Instrument seinen eigenen Klang. Bei der Tuba sind hauptsächlich die ersten sieben Obertöne beteiligt. Die Trompete hat dagegen sehr viel mehr Obertöne. Die für ein Instrument charakteristischen Obertöne sind natürlich bei allen gespielten Noten vorhanden.

Im Gegensatz zu Geräuschen beruhen Klänge auf regelmäßigen Schwingungen mit klar definierten Obertönen. Diese Schwingungen erzeugen die perfekten Wellen der Musik.