

Akustischer Strahlungsnachweis

(Idee von Dana Backman, SETI-Institut)

Auch wenn sich Lichtwellen und Schallwellen in vielerlei Hinsicht unterscheiden, der Wellencharakter ist ihnen gemeinsam. Entsprechend lassen sich Vergleiche anstellen. Nahe kommen uns diese Wellenphänomene über das Sehen von Farben und das Hören von Tönen. Mischungen von Farben und Tönen (gleichzeitige Wahrnehmung) oder das Nebeneinander von Farben oder Nacheinander von Tönen empfinden wir ganz verschieden.

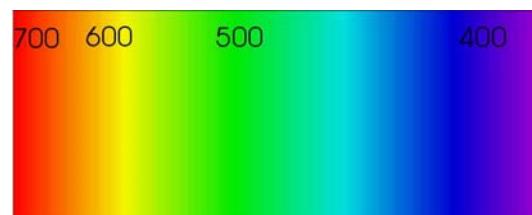


Information – Physik

Elektromagnetische Wellen mit Längen von 380 nm – 780 nm (Frequenzen von 384 – 789 THz) erscheinen uns als (sichtbares) Licht. Für unsere Augen verborgen schließt sich daran der Infrarot- und der Ultraviolettbereich an.

Die Bereiche der so genannten Spektralfarben (Farbempfindung von Licht bestimmter Wellenlängen) können wie folgt angegeben werden:

Rot: 630-750 (780) nm, Orange: 590-630 nm, Gelb: 570-590 nm, Grün: 495-570 nm, Blau: 435-495 nm, Violett: 380 nm-435 nm.



Hörbare Schallwellen haben Frequenzen zwischen 16 Hz und 20 kHz. Diese liegen also weit unterhalb der Lichtfrequenzen. Ein mit Hörfrequenz gepulstes Lichtsignal, welches mit Hilfe einer Solarzelle in einen pulsierenden Stromfluss umgewandelt wird, kann mit Hilfe eines Aktivlautsprechers (Lautsprecher + Verstärker) hörbar gemacht werden.

Information – Musik

Ein Ton bildet mit dem Grundton ein musikalisches Intervall, welches sich durch ein bestimmtes Frequenzverhältnis ($f_{\text{Ton}} : f_{\text{Grundton}}$) auszeichnet.

Die Intervalle sind die Prime (1:1), die Sekunde (9:8), die Terz (5:4), die Quarte (4:3), die Quinte (3:2), die Sexte (5:3), die Septime (15:8) und die Oktave (2:1).

Quinte und Quarte sind Wohlklänge, Sekunde und Septime empfinden wir als Missklänge (Dissonanzen).





Experimente und Aufgaben

Hilfsmittel

- Solarzelle (mit z. B. Klinkenstecker)
- Aktivlautsprecher (mit z. B. Klinkenbuchse)
- Fernbedienung
- Computer am Internet zur Datenrecherche oder Lexikon

Experiment

Man untersuche das NIR-Licht einer Fernbedienung mittels einer Solarzelle, die mit einem Aktivlautsprecher verbunden ist (Bild rechts), der die Lichtpulse in hörbare Schallfrequenzen umsetzt. Was stellst du fest? Versuche eine Erklärung.

Aufgabe 1

Informiere dich über die Frequenzbereiche des Sehens mit dem des Hörens, und vergleiche diese.

Aufgabe 2

Was ist eine Oktave? Wie viele Oktaven umfasst der Bereich des Hörens?

Wie groß ist der Frequenzbereich des sichtbaren Lichts und des IR-Bereichs, wenn man diese Bereiche mit dem musikalischen Intervall der Oktave vergleicht?

Aufgabe 3

Zwischen welchen Lichtfarben besteht im übertragenen Sinne ein Wohlklang und zwischen welchen ein Missklang?



Frequenzanalogie: Licht hörbar machen – Ergebnisse

Zum Experiment

Das Signal der Fernbedienung wird hörbar. Die Solarzelle ist noch für die NIR-Strahlung der Fernbedienung empfindlich. Das Lichtsignal wird in eine elektrisches Signal und dieses in ein Schallsignal umgewandelt. Die Frequenz der Signalfolge (Pulsfolge) liegt im hörbaren Frequenzbereich.

Zu Aufgabe 1

Der Frequenzbereich des Sehens (380 nm bis 780 nm) reicht von ca. $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz bis ca. $7,9 \cdot 10^{14}$ Hz. Hörbare Schallwellen haben Frequenzen zwischen 16 Hz und 20 kHz. Die Frequenz-bereiche sind deutlich verschieden.

Zu Aufgabe 2

Zwei Töne mit dem Frequenzverhältnis zwischen tiefem und hohem Ton von 1:2 erscheinen uns ähnlich. Sie bilden eine Oktave.

Der Frequenzbereich des Hörens (16 Hz – 20 kHz) umfasst **rund 10 Oktaven**.

$$16 \cdot 2 \approx 20.000$$

$$16 \cdot 2^x = 20.000 \rightarrow x?$$

$$\log_2(20.000 / 16) \approx \log_2(1250) = \log_{10}(1250) / \log_{10}(2) \approx \log_{10}(1250) / 0,3 \approx 10,3$$

Der Frequenzbereich des Sehens enthält etwa eine Oktave (3,8 : 7,9).

Der Frequenzbereich des Infraroten (ca. 0,8 – 350 µm), d. h. von ca. $8,6 \cdot 10^{11}$ Hz bis ca. $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz umfasst **rund 9 Oktaven**.

$$8,6 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \approx 3,8 \cdot 10^{14}$$

$$\log_2(3,8 \cdot 10^{14} / 8,6 \cdot 10^{11}) \approx \log_2(442) = \log_{10}(442) / \log_{10}(2) \approx \log_{10}(442) / 0,3 \approx 8,8$$

Zu Aufgabe 3

Wohlklang Quinte: 3 : 2

Grundton Rot (710 nm/ $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz) \rightarrow ($6,34 \cdot 10^{14}$ Hz/473 nm) Ton Blau

Wohlklang Quarte: 4 : 3

Grundton Rot (710 nm/ $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz) \rightarrow ($7,03 \cdot 10^{14}$ Hz/426 nm) Ton Violett-Blau

Missklang Septime: 15 : 8

Grundton Rot (710 nm/ $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz) \rightarrow ($7,91 \cdot 10^{14}$ Hz/379 nm) Ton Tiefviolett

Missklang Sekunde: 9 : 8

Grundton Rot (710 nm/ $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz) \rightarrow ($4,75 \cdot 10^{14}$ Hz/632 nm) Ton Rot-Orange