

Ton für Einsteiger*innen

Session 2/5: Schallausbreitung und Interferenz

Ein Lehrgang für Leute mit ersten Vorerfahrungen in der Tontechnik.
Tips & Tricks, Hintergrundwissen, Experimente, Demos und natürlich auch Themen

Bitte besorge Dir Mikrofon und Kamera, dann kommen wir besser ins Gespräch.



Jörg Nettingsmeier (44), freischaffender Meister für Veranstaltungstechnik und Tonmann, Amsterdam

Ich arbeite seit über 20 Jahren als Haus-Operator in Independent-Cubs, als technischer Leiter und Tourbetreuer, als Sounddesigner für Theater, Tanztheater, cirque nouveau, Installationskunst und Museen, sowie im Vorstand des Verbands Deutscher Tonmeister. Mehr über mich unter <https://luchtbeweging.nl>.

Themen heute: Schallsignale II, Vokalformanten II, Obertonspektren II, Schallausbreitung, Interferenz

vdt

Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Ton für
Einsteiger*innen
Session 2/5

Jörg Nettingsmeier

nettings@luchtbeweging.nl
<https://luchtbeweging.nl>

IGVW
4 EDUCATION



Ton für Einsteiger*innen

Session 2/5: Spektrum, Schallausbreitung und Interferenz

Ein Lehrgang für Leute mit ersten Vorerfahrungen in der Tontechnik.
Tips & Tricks, Hintergrundwissen, Experimente, Demos und natürlich auch Theorie.

Bitte besorge Dir Mikrofon und Kamera, dann kommen wir besser ins Gespräch.



Jörn Nettingsmeier (44), freischaffender Meister für Veranstaltungs-technik und Tonmann, Amsterdam

Ich arbeite seit über 20 Jahren als Haus-Operator in Independent-Clubs, als technischer Leiter und Tourbetreuer, als Sounddesigner für Theater, Tanztheater, cirque nouveau, Installationskunst und Museen, sowie im Vorstand des Verbands Deutscher Tonmeister. Mehr über mich unter <https://luchtbeweging.nl>.

Themen heute: Schallsignale II, Vokalformanten II, Obertonspektren II, Schallausbreitung, Interferenz

vdt

Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Ton für
Einsteiger*innen
Session 2/5

Jörn Nettingsmeier

nettings@luchtbeweging.nl
<https://luchtbeweging.nl>

IGVW
4 EDUCATION



Ton, Klang, Geräusch, Knall

Ein **Ton** im physikalischen Sinn enthält nur *eine* Frequenz.

Das Spektrum zeigt einen einzigen Peak.

Die Wellenform im Oszilloskop ist eine **Sinuskurve**.

vdt

Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Ton für
Einsteiger*innen
Session 2/5

Jörn Nettingsmeier

nettings@luchtbewegung.nl
<https://luchtbewegung.nl>

IGVW

4 EDUCATION



Ton, Klang, Geräusch, Knall

Ein ***Klang*** ist eine Kombination mehrerer Töne.

Das Spektrum zeigt mehrere Peaks.

Die Wellenform im Oszilloskop ist eine Überlagerung mehrerer Sinuskurven.

Je nachdem, wie die Teiltöne zeitlich zueinander angeordnet sind (d.h. abhängig von ihrer ***Phase***), kann ein Klang verschieden aussehen.

Phasenunterschiede nehmen wir mit dem Ohr normalerweise nicht wahr.

Ton, Klang, Geräusch, Knall

Ein **Geräusch** ist eine zufällige Mischung aus sehr vielen Tönen, deren Lautstärke sich sehr schnell ändert.

Die Wellenform im Oszilloskop ist chaotisch und wiederholt sich nicht.

Ein andauerndes, gleichmäßiges Geräusch nennt man **Rauschen**.

Das Spektrum zeigt sehr breite Peaks oder sogar eine gerade Linie.

Ton, Klang, Geräusch, Knall

Ein ***Knall*** ist ein sehr kurzes Geräusch.

Die Wellenform im Oszilloskop zeigt nur wenige Peaks (manchmal nur einen), sie wiederholt sich nicht.

Das Spektrum sieht aus wie beim Rauschen.

Ton, Klang, Geräusch, Knall

Experimente:

- Ton: Sinusgenerator im Oszilloskop und im Spektrum-Analyser
- Klang: Drei Sinusgeneratoren in Oszi und Analyser, verschiedene Delays
- Klang: Sägezahn (Streichinstrumente!), Rechteckschwingung
- Klang: Vokalformanten
- Klang: Gitarre
- Geräusch: Papier reißen, Zischlaute [f] [s] [tsch], „pink noise“, „white noise“
- Knall: Klatschen, Impulsgenerator, Plosivlaute [p] [t] [k]

Schallausbreitung

Schall breitet sich in Luft als *Longitudinalwelle* von Über- und Unterdruckzonen aus.

Die wichtigsten Kenngrößen sind

- Frequenz f , in Hertz [Hz] = [1 / s]
- Wellenlänge λ („lambda“), in Meter [m]
- Schallgeschwindigkeit c , in Meter pro Sekunde [m / s]

Schallausbreitung

Schall breitet sich in Luft als *Longitudinalwelle* von Über- und Unterdruckzonen aus.

Die wichtigsten Kenngrößen sind

- Frequenz f , in Hertz [Hz] = [1 / s]
- Wellenlänge λ („lambda“), in Meter [m]
- Schallgeschwindigkeit c , in Meter pro Sekunde [m / s]
- Es gilt $\lambda = c / f$

Schallausbreitung

$\lambda = c / f$ | multipliziere beiden Seiten mit f

$$\Leftrightarrow \lambda \cdot f = c$$

$$\Leftrightarrow c = \lambda \cdot f \quad |[m/s] = [m \cdot 1/s]$$

$c = \lambda \cdot f$ | teile beide Seiten durch λ

$$\Leftrightarrow c / \lambda = f$$

$$\Leftrightarrow f = c / \lambda \quad |[1/s] = [(m/s) / m]$$

Schallausbreitung

c ist 343 m/s bei 20 °C.

Wie lang ist eine Welle von 50 Hz (große Kickdrum)?

$$\begin{aligned}\lambda &= 343 \text{ m/s} / 50 \text{ Hz} \\ &= \underline{\underline{6,86 \text{ m}}}\end{aligned}$$

Wie lang ist eine Welle von 1000 Hz (höchster Bund einer E-Gitarre)?

$$\begin{aligned}\lambda &= 343 \text{ m/s} / 1000 \text{ Hz} \\ &= \underline{\underline{0,34 \text{ m}}}\end{aligned}$$

Interferenz

Zwei Schallwellen gleicher Frequenz können sich gegenseitig verstärken oder auch vollständig auslöschen.

Diesen Effekt nennt man konstruktive bzw. destruktive ***Interferenz***.

Zwei Schallwellen gleicher Frequenz entstehen z.B. in rechtem und linkem Subwoofer.

Schallausbreitung II

Eine Schallwelle kann auch mit ihrer eigenen Reflexion interferieren. Dies geschieht, wenn die Welle gerade ein halbes Mal zwischen zwei Begrenzungen passt (oder auch einmal, 1,5mal, 2mal...).

Das Ergebnis ist eine ***stehende Welle***.

Sie hat Schwingungsbäuche und -knoten. Steht man in einem Schwingungsbauch, ist die Frequenz sehr laut. In einem Knoten fehlt sie völlig.

https://en.wikipedia.org/wiki/Standing_wave

Schallausbreitung II

c ist 343 m/s bei 20 °C.

Welche Frequenz haben die ersten 4 Raummoden (längs) in einem 12m langen Club?

Vorüberlegung: die erste Mode entsteht bei einem Wandabstand von einer halben Wellenlänge.

$$f = c / \lambda$$

$$f_1 = 343 / (12 / 0,5) \text{ Hz} = 14,3 \text{ Hz} \quad f_2 = 343 / (12 / 1) \text{ Hz} = 28,6 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 343 / (12 / 1,5) = 28,6 \text{ Hz} \quad f_4 = 343 / (12 / 2) = 43,9 \text{ Hz}$$

Die tiefe E-Saite eines Basses liegt bei 41 Hz.

Interferenz II

Zwei Schallwellen mit ähnlichen Frequenzen wechseln zwischen Auslöschung und Verstärkung. Das Ergebnis ist ein Tremolo-Effekt, die ***Schwebung***.

Schwebungen nutzt man gern beim Stimmen von Instrumenten, weil das Tremolo leichter hörbar ist als die winzigen Tonhöhenunterschiede.

Interferenz III

Auch zwei elektrische Schallsignale können sich verstärken oder auslöschen. Das passiert z.B. dann, wenn man ein Instrument mit zwei Mikrofonen in verschiedenem Abstand aufnimmt.

Das Ergebnis dieser Interferenz ist ein ***Kammfilter***.

[Experiment: Kammfilter]

Wenn Dir das Seminar gefallen hat:

<https://tonmeister.org>

<https://www.facebook.com/VerbandDeutscherTonmeister/>

vdt

Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Ton für
Einsteiger*innen
Session 2/5

Jörn Nettingsmeier

nettings@luchtbewegung.nl
<https://luchtbewegung.nl>

IGVW
4 EDUCATION

 18/17