

# 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 bestimmt ins Gespräch.*



Jörn Nettingsmeier (44), freischaffender Meister für Veranstaltungstechnik 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:** Schallausbreitung, Interferenz, Kammfilter, Mikrofonierung

Ton für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier  
[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)  
<https://luchtbeweging.nl>

# Schall und Hindernisse

Ein Hindernis, dass durch eintreffenden Schall nicht verformt wird (und dadurch an der Rückseite selbst keinen Schall abstrahlt), heißt **schallhart**.

Ein schallhartes Hindernis erzeugt einen **Schallschatten** für Frequenzen, deren Wellenlänge klein im Vergleich zur Fläche des Hindernisses ist.

Frequenzen, deren Wellenlänge groß im Vergleich zur Fläche des Hindernisses ist, laufen nahezu ungestört um das Hindernis herum (**Beugung**).

Ton für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier  
[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)  
<https://luchtbeweging.nl>

# Schall und Hindernisse

## Experiment:

Ich produziere mit dem Mund einen stimmhaften Zischlaut [z] in ein Mikrofon. Das Spektrum wird aufgenommen.

Nun wird eine Porzellan-Untertasse mit  $d_1 = 10 \text{ cm}$  zwischen Mund und Mikrofon gehalten. Wie sieht das Spektrum jetzt aus?

Was passiert mit einem Porzellan-Teller mit  $d_2 = 26 \text{ cm}$ ?

**Ton** für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)  
<https://luchtbeweging.nl>

# Schall und Hindernisse

Vorüberlegung:

Welche Frequenzen gehören zu den Wellenlängen  $d_1 = 10 \text{ cm}$  und  $d_2 = 26 \text{ cm}$ ?

$\lambda = c/f$  | stimmt die Formel?  $[m] = [m/s] / [1/s]$

| beide Seiten mit  $f$  multiplizieren

$\Leftrightarrow \lambda \cdot f = c$  | beide Seiten durch  $\lambda$  teilen

$\Leftrightarrow f = c/\lambda$

$$f_1 = [343 \text{ m/s}] / [0,1 \text{ m}] = 3430 \text{ Hz} = \underline{\underline{3,43 \text{ kHz}}}$$

$$f_2 = [343 \text{ m/s}] / [0,26 \text{ m}] = 1320 \text{ Hz} = \underline{\underline{1,32 \text{ kHz}}}$$

Ton für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)  
<https://luchtbeweging.nl>

# Interferenz

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

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

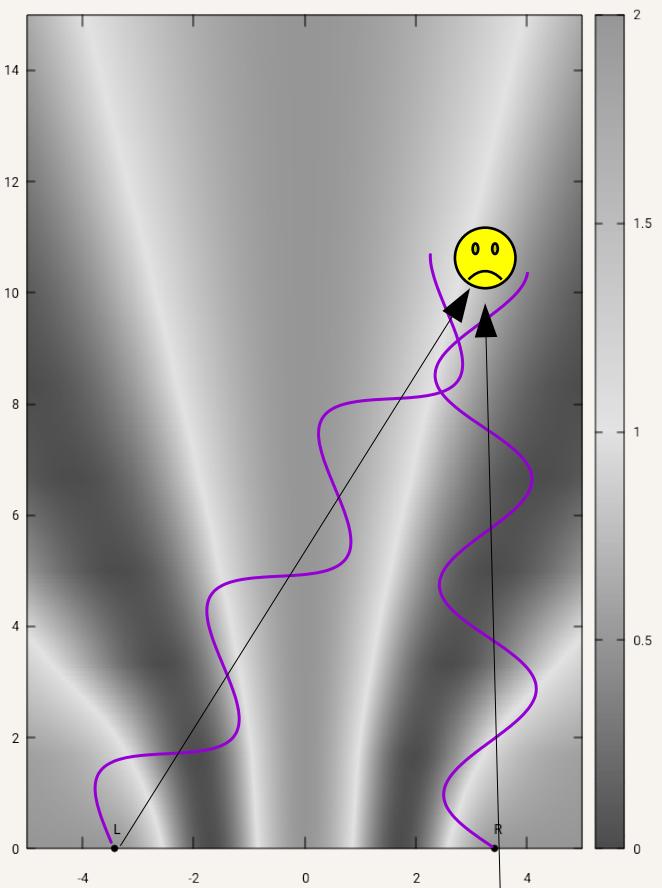
Zwei Schallwellen gleicher Frequenz entstehen z.B. in rechtem und linkem Subwoofer.

**Ton** für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

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

# Interferenz

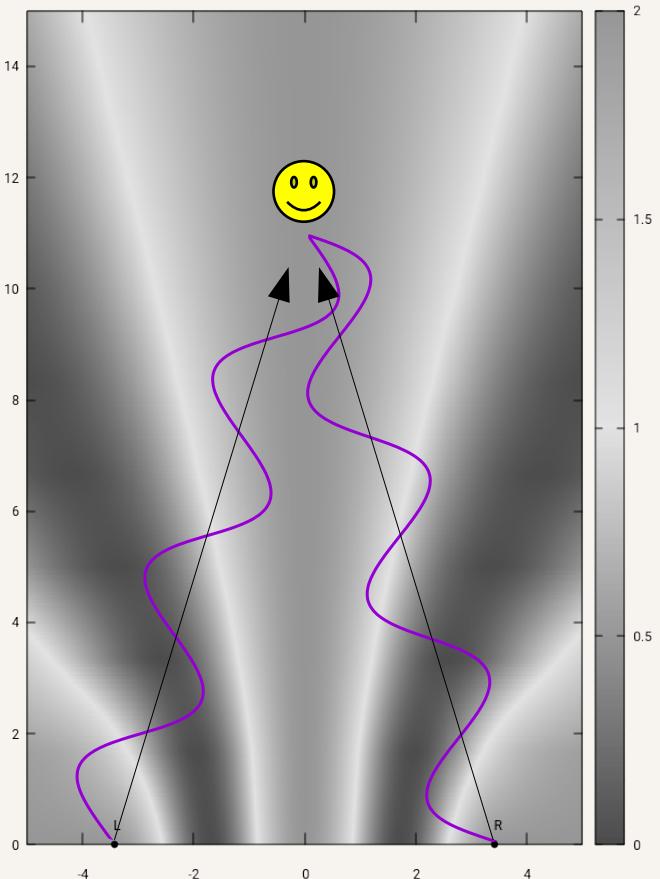


## *Destruktive Interferenz (Auslöschung):*

Die Weglängen unterscheiden sich um eine halbe Wellenlänge. Lautsprecher L produziert ein Druckmaximum dort, wo Lautsprecher R ein Minimum produziert.

Ergebnis: der Ton wird an dieser Stelle nicht gehört (in der Praxis beobachtet man Dämpfungen von bis zu 15 dB).

# Interferenz



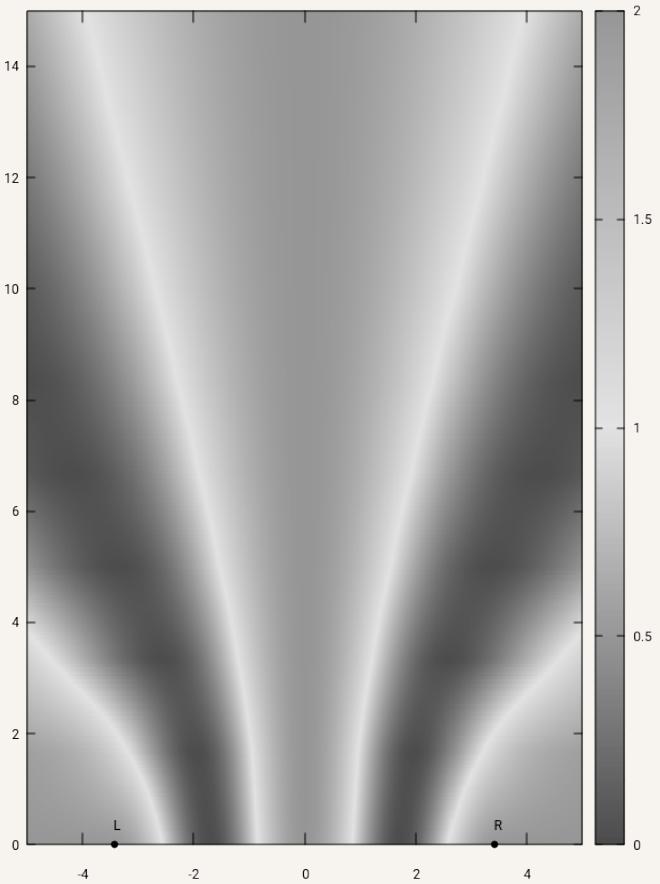
## Konstruktive Interferenz (Verstärkung)

Die Weglängen sind gleich oder der Unterschied ist ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge. Beide Wellen erreichen den Hörort *in Phase*, d.h. produzieren dort das gleiche.

In der Zeichnung links ist der Druck bei beiden Wellen Null (=Normaldruck) und wird dann gemeinsam ansteigen.

Ergebnis: die beiden Lautsprecher sind zusammen 6 dB lauter als ein einzelner.

# Interferenz



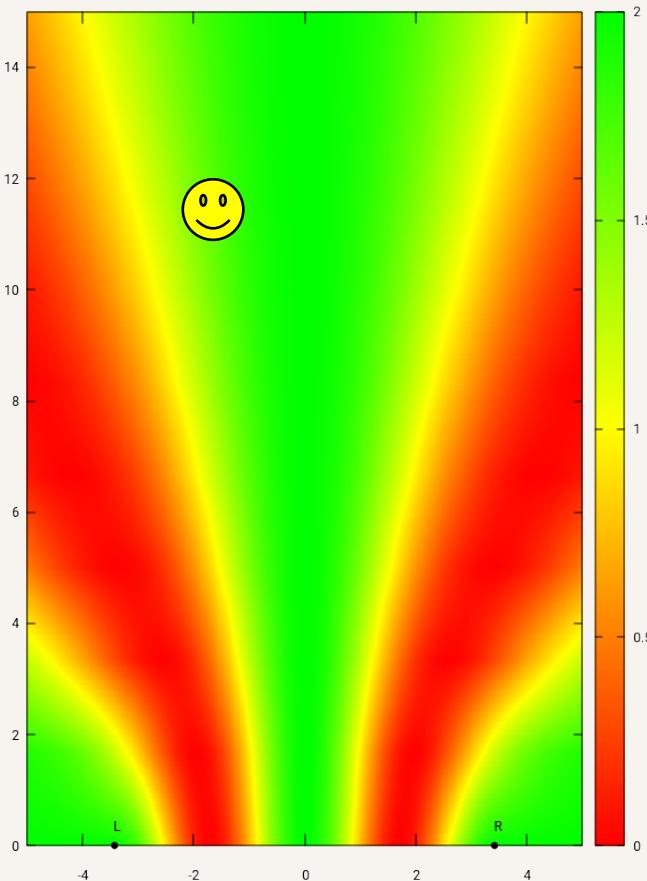
Man kann sich für jeden Ort im Raum bei einer gegebenen Frequenz überlegen, ob die Subwoofer mit- oder gegeneinander arbeiten.

**Ton** für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

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

# Interferenz



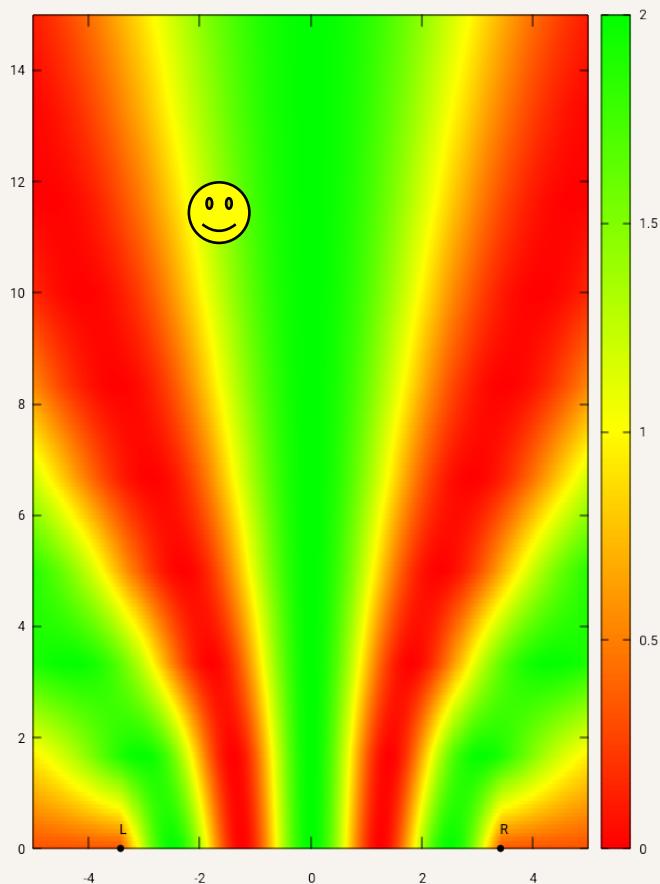
Ein typischer Club:  
Lautsprecher L und R ca. 7 m auseinander,  
Raumtiefe ca. 15 m, Frequenz 50 Hz.

In den grünen Bereichen arbeiten die beiden Subwoofer zusammen, sind also 6 dB lauter als ein einzelner.

In den gelben Bereichen sind sie  $120^\circ$  phasenverschoben und klingen wie ein einzelner.

In den roten Bereichen sind sie  $180^\circ$  phasenverschoben und die Direktsignale löschen sich vollständig aus.

# Interferenz



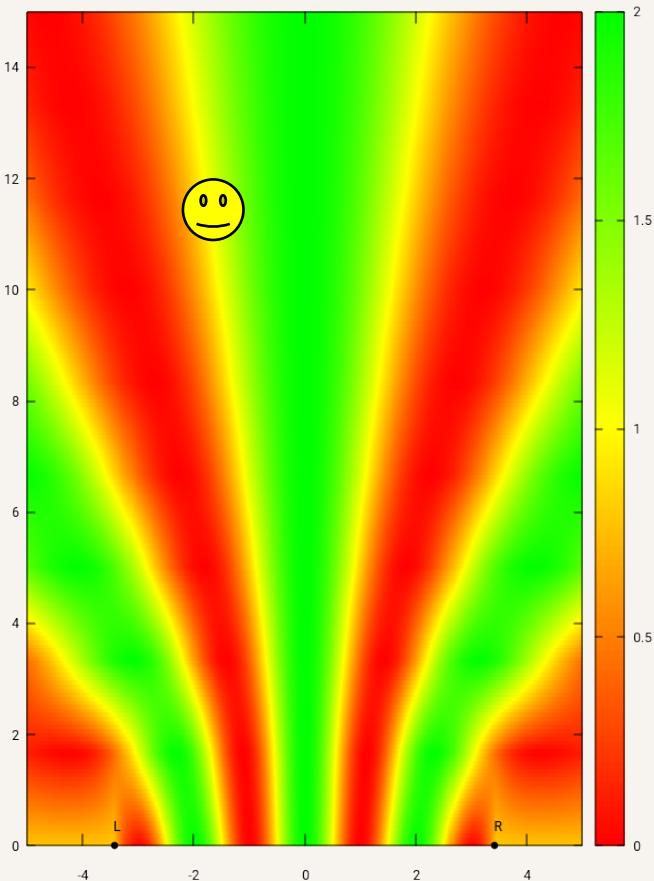
Ein typischer Club:  
Lautsprecher L und R ca. 7 m auseinander,  
Raumtiefe ca. 15 m, Frequenz 80 Hz.

In den grünen Bereichen arbeiten die beiden Subwoofer zusammen, sind also 6 dB lauter als ein einzelner.

In den gelben Bereichen sind sie  $120^\circ$  phasenverschoben und klingen wie ein einzelner.

In den roten Bereichen sind sie  $180^\circ$  phasenverschoben und die Direktsignale löschen sich vollständig aus.

# Interferenz



Ein typischer Club:  
Lautsprecher L und R ca. 7 m auseinander,  
Raumtiefe ca. 15 m, Frequenz 100 Hz.

In den grünen Bereichen arbeiten die beiden Subwoofer zusammen, sind also 6 dB lauter als ein einzelner.

In den gelben Bereichen sind sie  $120^\circ$  phasenverschoben und klingen wie ein einzelner.

In den roten Bereichen sind sie  $180^\circ$  phasenverschoben und die Direktsignale löschen sich vollständig aus.

# Interferenz

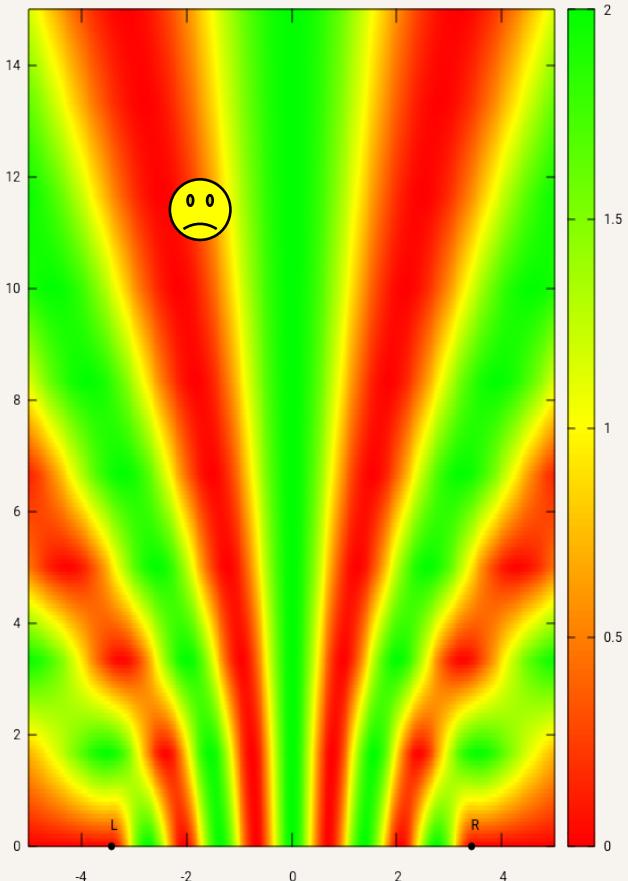
Ein typischer Club:

Lautsprecher L und R ca. 7 m auseinander,  
Raumtiefe ca. 15 m, Frequenz 125 Hz.

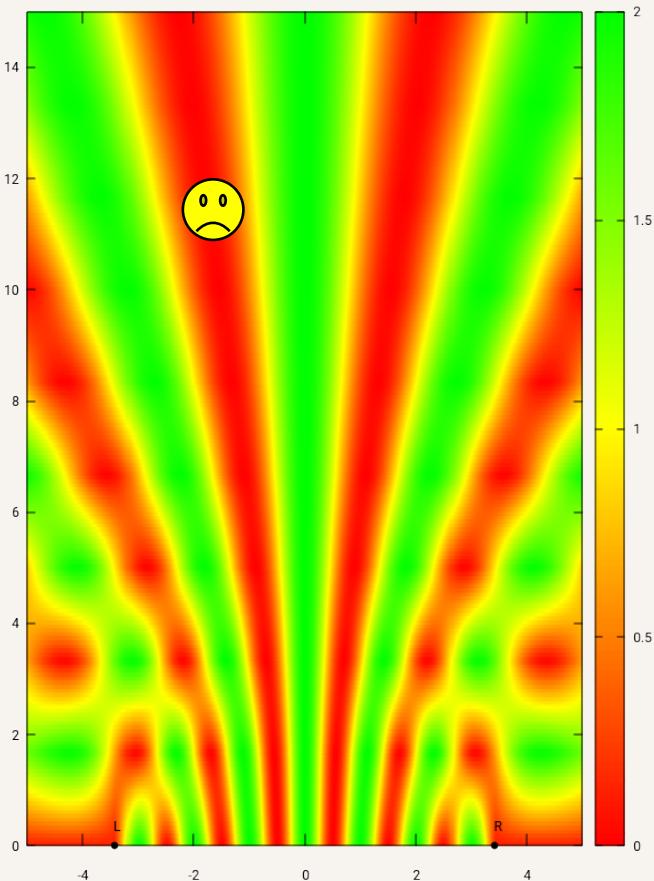
In den grünen Bereichen arbeiten die beiden Subwoofer zusammen, sind also 6 dB lauter als ein einzelner.

In den gelben Bereichen sind sie  $120^\circ$  phasenverschoben und klingen wie ein einzelner.

In den roten Bereichen sind sie  $180^\circ$  phasenverschoben und die Direktsignale löschen sich vollständig aus.



# Interferenz



Ein typischer Club:  
Lautsprecher L und R ca. 7 m auseinander,  
Raumtiefe ca. 15 m, Frequenz 160 Hz.

In den grünen Bereichen arbeiten die beiden Subwoofer zusammen, sind also 6 dB lauter als ein einzelner.

In den gelben Bereichen sind sie  $120^\circ$  phasenverschoben und klingen wie ein einzelner.

In den roten Bereichen sind sie  $180^\circ$  phasenverschoben und die Direktsignale löschen sich vollständig aus.

# 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.

Die Schwebungsfrequenz ist gleich der Differenz der beiden Ausgangsfrequenzen:

$$f_{\text{Schwebung}} = |f_1 - f_2|$$

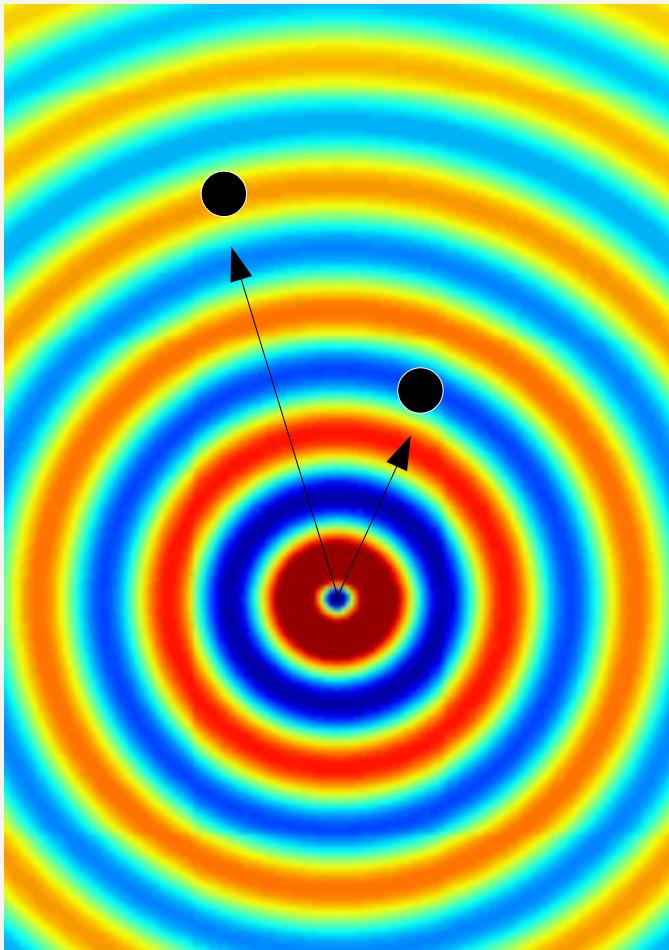
Experiment: Gitarre mit Flageoletts (Obertönen) stimmen.

Ton für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

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

# 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

# Mikrofonierungstipps

- Kammfilter beachten [gibt's in der Nähe andere Mikrofone?] - 3:1-Regel
- Bodenreflexion beachten!
- Richtwirkung beachten! [mehr dazu beim nächsten Mal]

Ton für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

[nettings@luchtbeweging.nl](mailto:nettings@luchtbeweging.nl)  
<https://luchtbeweging.nl>

# Wenn Dir das Seminar gefallen hat:

<https://tonmeister.org>

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

**Ton** für  
Einsteiger\*innen  
Session 3/5

Jörn Nettingsmeier

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