

Experimente für die Tontechnik-Praxis

Ist es schlimm, wenn ein Stativ zwischen Schallquelle und Mikrofon steht?

Wie „klingt“ eigentlich ein Rednerpult?

Soll der Bassverstärker auf den Boden, oder besser auf Ohrhöhe?

Muss ich mein Snare-Mikro verzögern, was war nochmal ein Kammfilter, und welchen Sinn hat ein Grenzflächenmikrofon?

Warum wummert es hinter der Bühne?

Warum klemmen an den meisten Rednerpulten zwei Mikrofone, und was mache ich damit?

Warum rudern Leute zum Predigen auf einen See?

Warum stellen wir unsere Subwoofer links und rechts neben die Bühne?
Und ist das immer eine gute Idee?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Wir brauchen:

- 1 Seil
 - 1 Slinky
 - 1 Holzspieß
 - 1 Schnurtelefon
 - 2 verschieden große Teller
 - 2 Mikrofone
 - 1 Soundkarte
 - 2 Lautsprecher
- etwas Software, z.B. den “Room EQ Wizard”: www.roomeqwizard.com

Wir untersuchen:

- Schallwellen und Schallmedium
- Schallschatten, Reflexion und Richtwirkung, oder: wie breit ist ein Ton?
- Eine Quelle und zwei Empfänger: Interferenz
- Kammfilter und wie man sie los wird.
- Zwei Quellen und ein Empfänger: Interferenz und Korrelation

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”

Aha.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

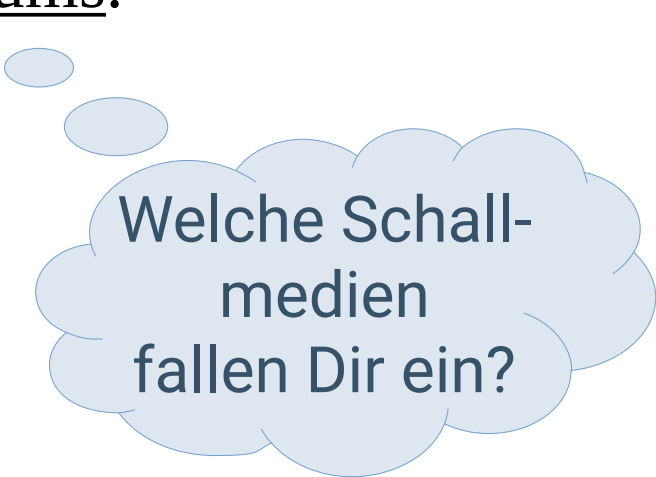
Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



Welche Schall-
medien
fallen Dir ein?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

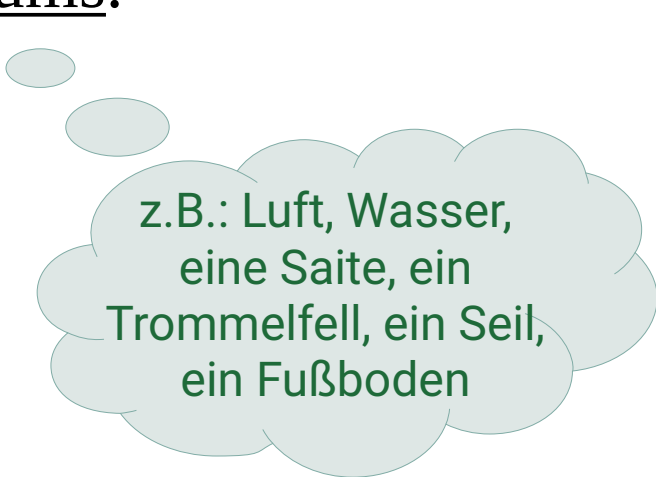
Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



z.B.: Luft, Wasser,
eine Saite, ein
Trommelfell, ein Seil,
ein Fußboden

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



Was verformt sich denn da?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

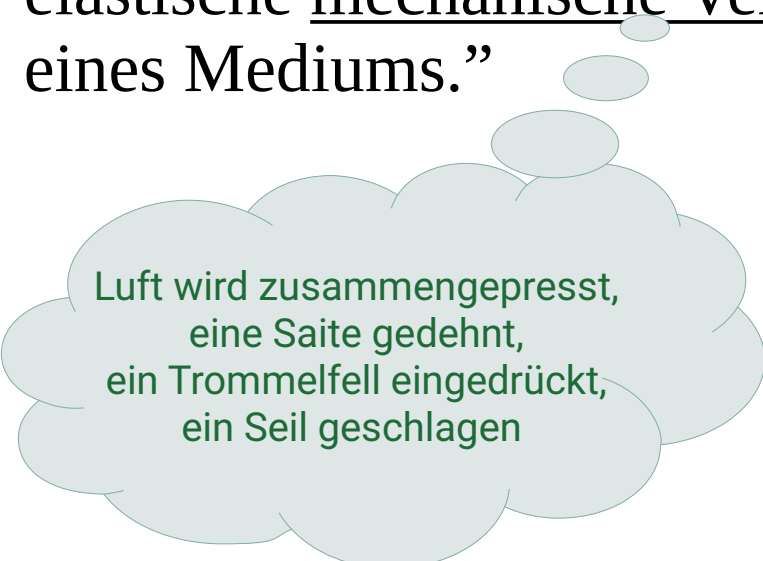
nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



Luft wird zusammengepresst,
eine Saite gedehnt,
ein Trommelfell eingedrückt,
ein Seil geschlagen

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

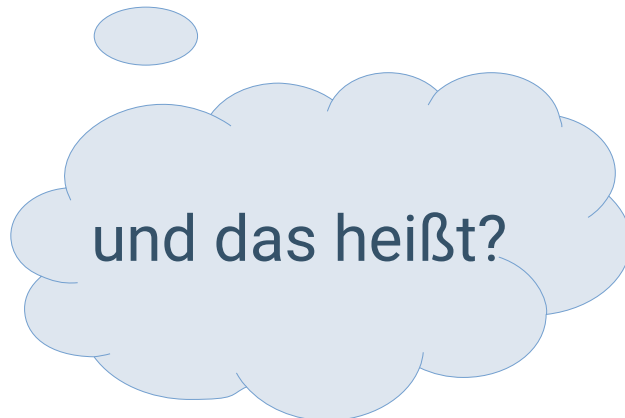
Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”

Die Verformung ist nur vorübergehend.
Gegenteil:
„plastische Verformung“
(=kaputt)

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”

Demo: Holzspieß

Verformung ist nur
übergehend.
Gegenteil:
„plastische Verformung“
(=kaputt)

Jörn Nettingsmeier

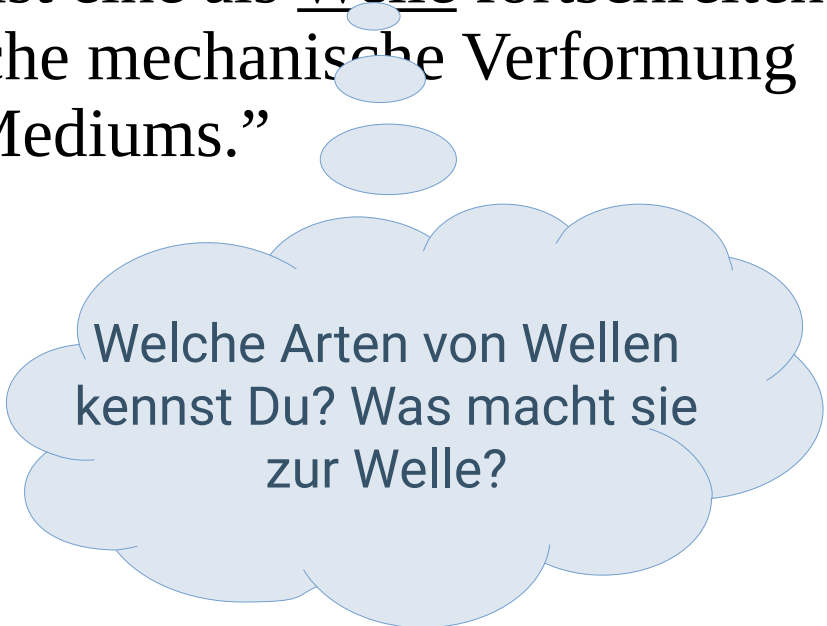
freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”



Welche Arten von Wellen kennst Du? Was macht sie zur Welle?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

“Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.”

Wellen übertragen Energie, ohne dass Materie übertragen wird.
Eine Welle ist eine *Störung*, die ein Medium aus dem Gleichgewicht bringt.
Wellen können *stehen* oder *wandern*.

Jörn Nettingsmeier

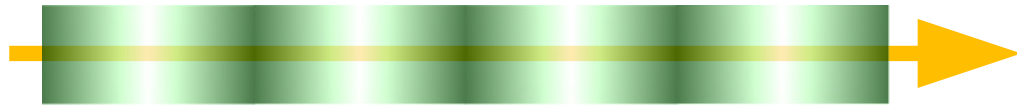
freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Schall in Luft breitet sich als Folge von Über- und Unterdruck-Zonen aus:



Das nennt man eine Längs- oder Longitudinalwelle (= schwingt in Ausbreitungsrichtung).

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Schall in Luft breitet sich als Folge von Über- und Unterdruck-Zonen aus:



Das nennt man Längs- oder Longitudinalwelle (= schwingungsbildlich in Ausbreitungsrichtung).

Jörn Nettingsmeier

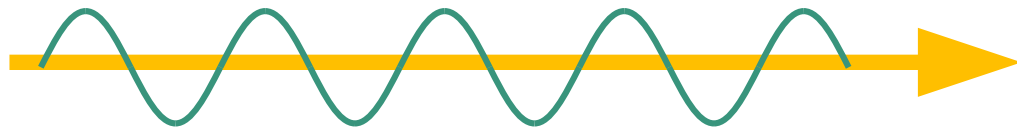
freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

In Diagrammen (und Audio-Programmen) tut man meist so, als sei Schall eine Transversalwelle



(schwingt quer zur Ausbreitungsrichtung).

Das ist aber nur die Darstellung der Signalform (Spannung oder Sample-Wert).

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

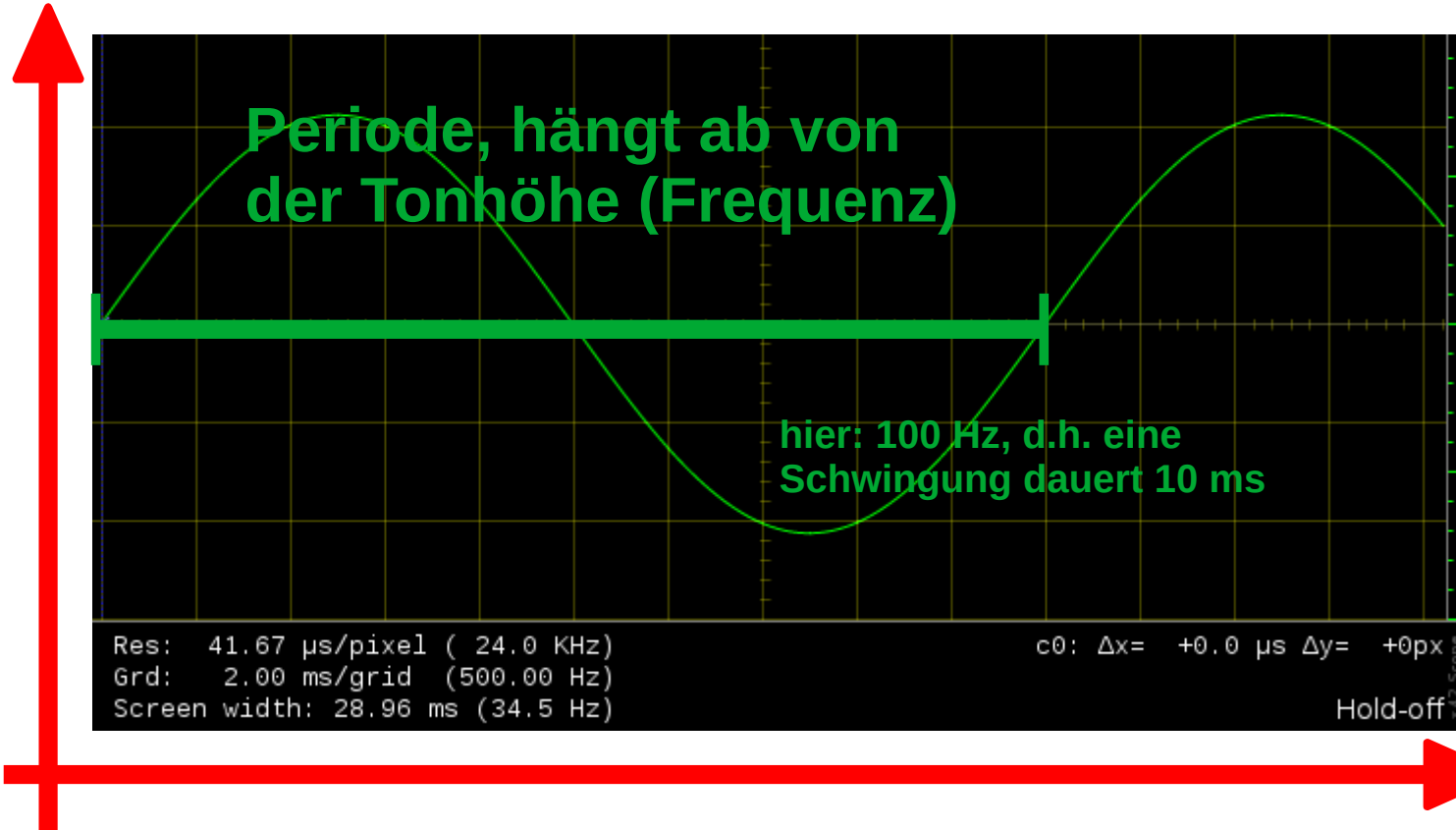
Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

U (Spannung)



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

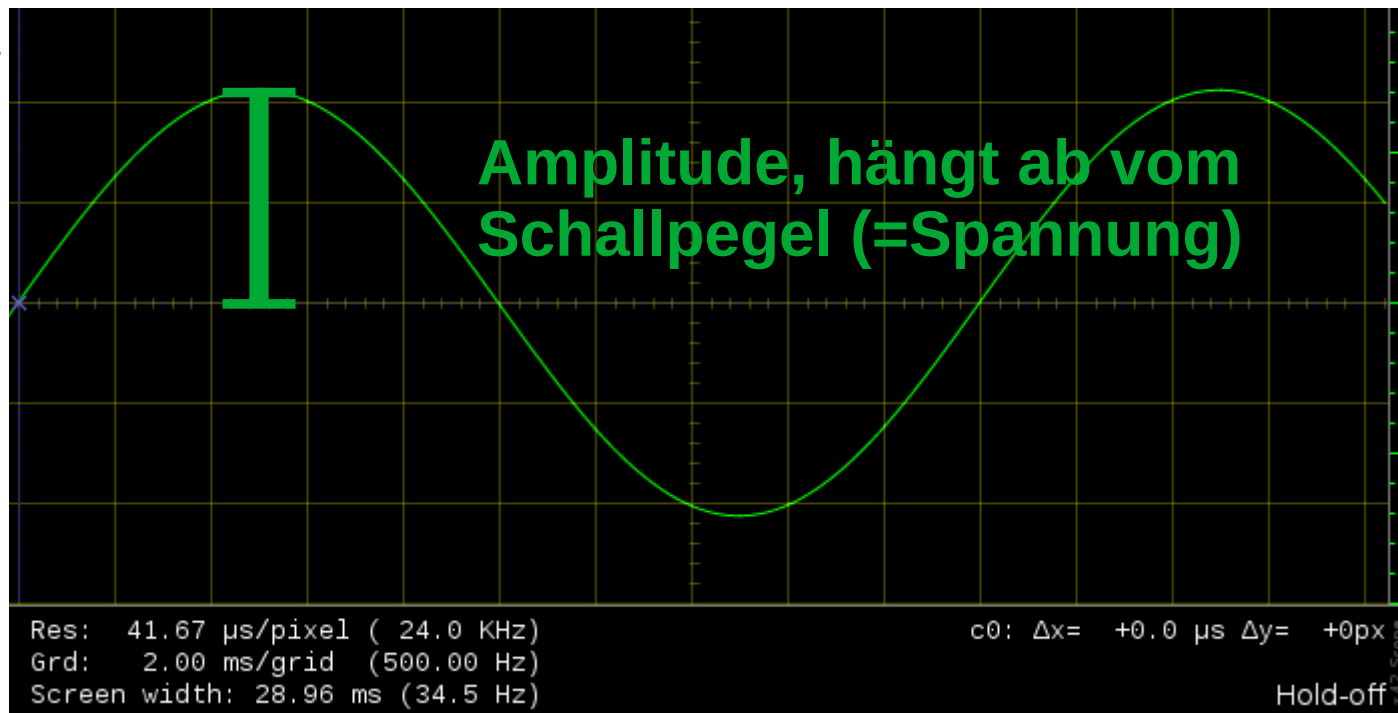
BiW/vdt



T
(Zeit)

SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

U (Spannung)



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

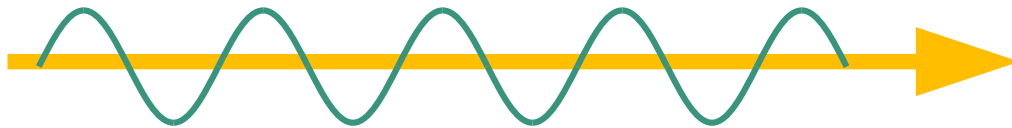
BiW/vdt



T
(Zeit)

Für alle Wellen gilt:

Ausbreitungsgeschwindigkeit = Wellenlänge x Frequenz



oder

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{c} & = & \boldsymbol{\lambda} \cdot \mathbf{f} \\ [\text{m/s}] & = & [\text{m}] \cdot [\text{Hz} \mid 1/\text{s}] \end{array}$$

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Für alle Wellen gilt:

Ausbreitungsgeschwindigkeit = Wellenlänge x Frequenz



Demo: Wellenlängen

oder

$$\begin{array}{rclcl} \mathbf{c} & = & \mathbf{\lambda} & \cdot & \mathbf{f} \\ [\text{m/s}] & = & [\text{m}] & \cdot & [\text{Hz} \mid 1/\text{s}] \end{array}$$

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Für alle Wellen gilt:

Ausbreitungsgeschwindigkeit = Wellenlänge x Frequenz



Experiment: Schallschatten

oder

$$\mathbf{c} = \lambda \cdot \mathbf{f}$$
$$[\text{m/s}] = [\text{m}] \cdot [\text{Hz} \mid 1/\text{s}]$$

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



Ein Schallschatten bildet sich hinter **schallharten** Hindernissen.

Die Ausprägung des Schattens ist abhängig von der Größe des Gegenstands im Verhältnis zur Wellenlänge.

Tiefe Töne, deren Wellenlänge größer ist als das Hindernis, werden um das Hindernis herum **gebeugt**.

Erst wenn das Hindernis größer ist als die Wellenlänge, entsteht ein messbarer Schallschatten.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Also: welche Auswirkung hat ein Mikrofon- oder Beckenstativ zwischen Instrument und Mikrofon?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

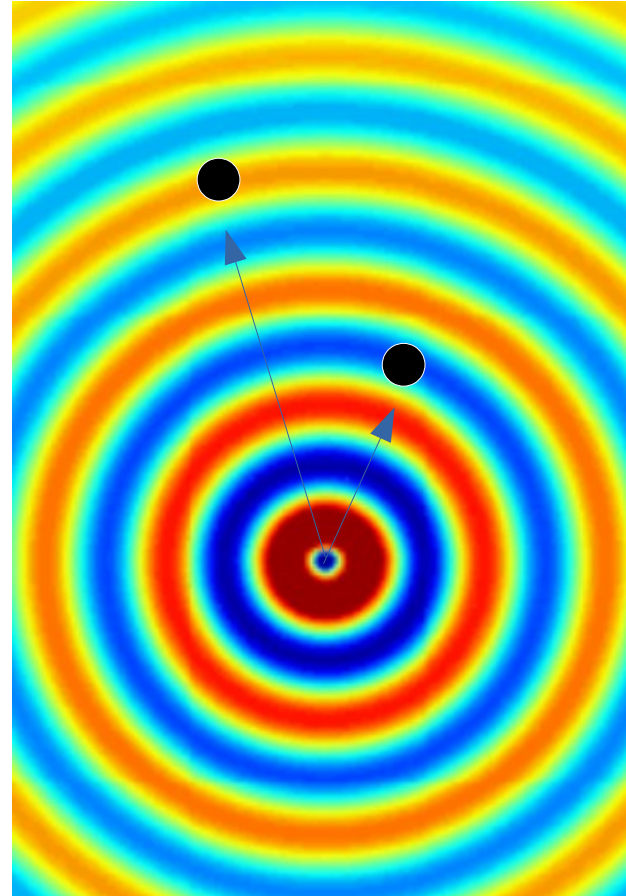


SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Ein übliches Problem
aus der Praxis:

Eine Quelle wird von zwei
Mikrofonen aufgenommen.

Was passiert?



24

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

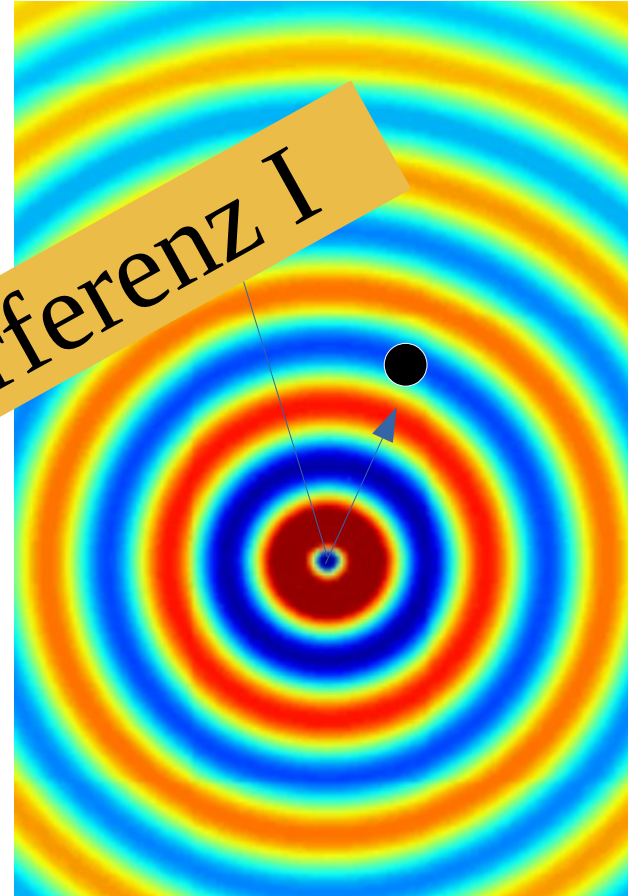
vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Ein übliches Problem
aus der Praxis:

Eine Quelle wird von zwei
Mikrofonen aufgenommen

Experiment: Interferenz I

Was passiert?



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

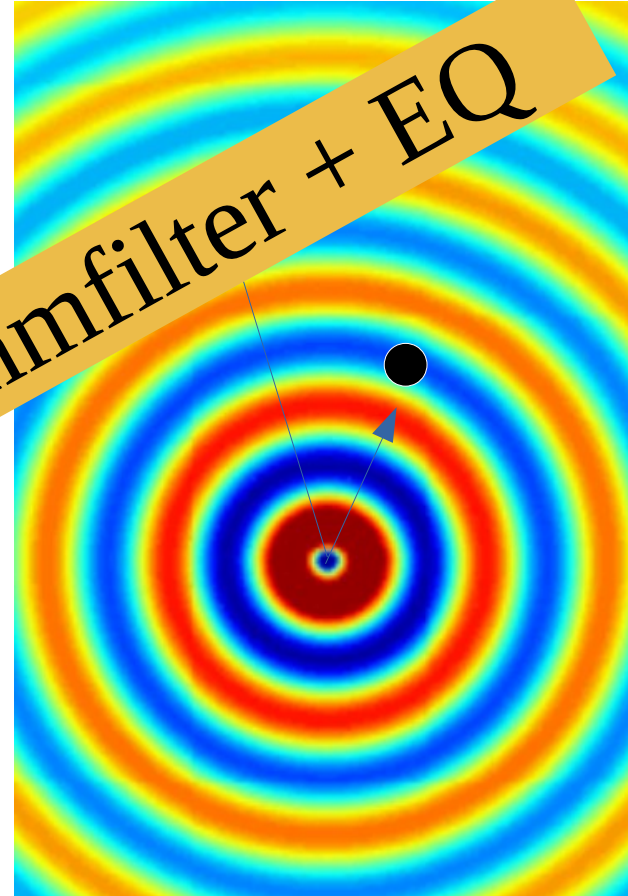
SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Ein übliches Problem
aus der Praxis:

Eine Quelle wird von zwei
Mikrofonen aufgenommen

Experiment: Kammfilter + EQ

Was passiert?



26

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

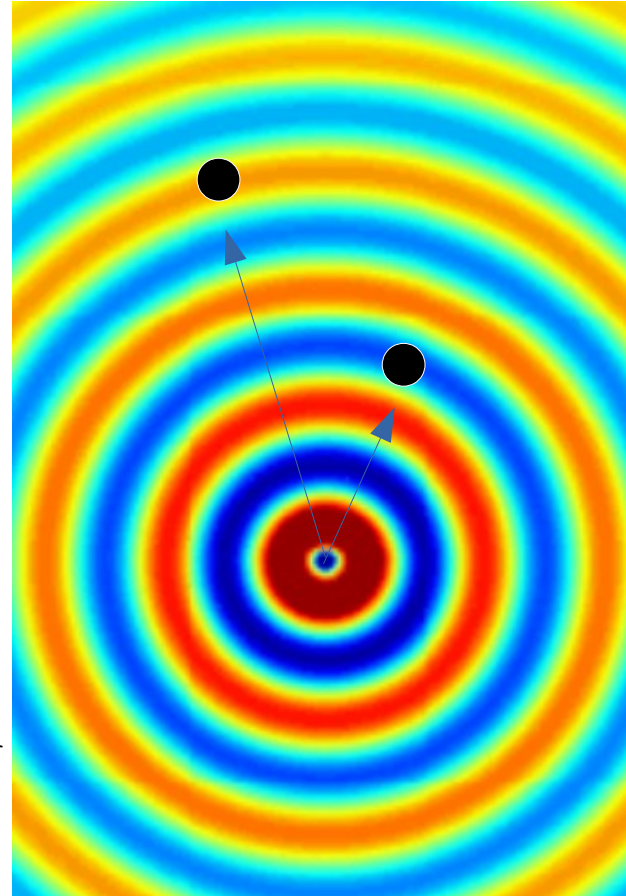
nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Wenn der Laufzeitunterschied nicht ausgeglichen wird, entsteht ein Kammfilter: Töne, die mit genau entgegengesetzter Phase an den Mikrofonen eintreffen, werden vollständig ausgelöscht.

Diese verlorenen Anteile kann man nicht wiederherstellen!



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

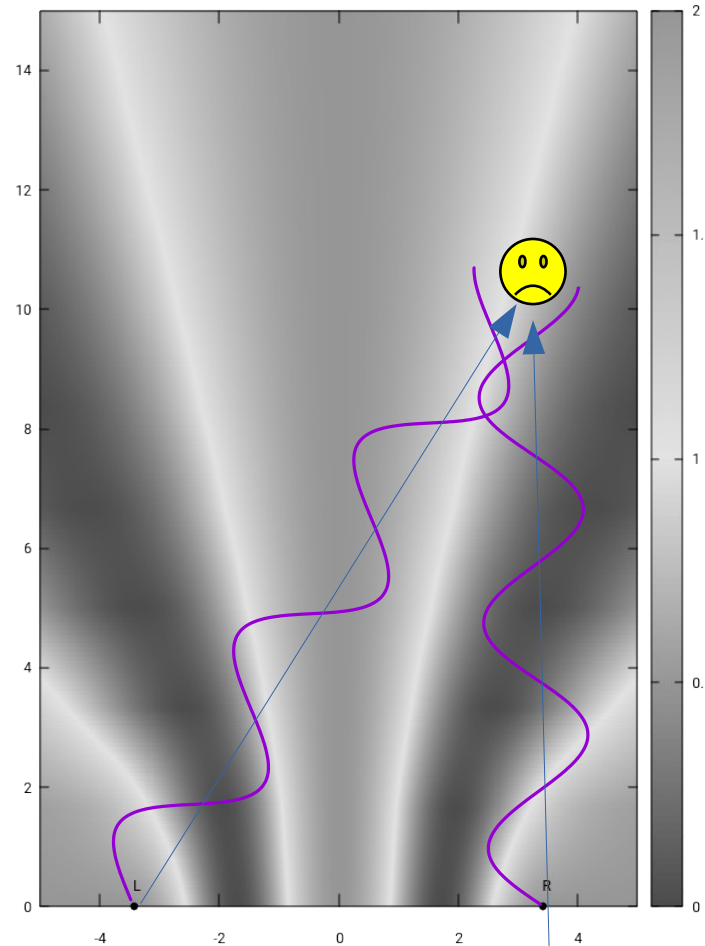
SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Und anders herum:

Zwei Quellen (hier: Subwoofer) wirken auf einen Empfänger.

Was passiert?

Fall 1: destruktive Interferenz



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

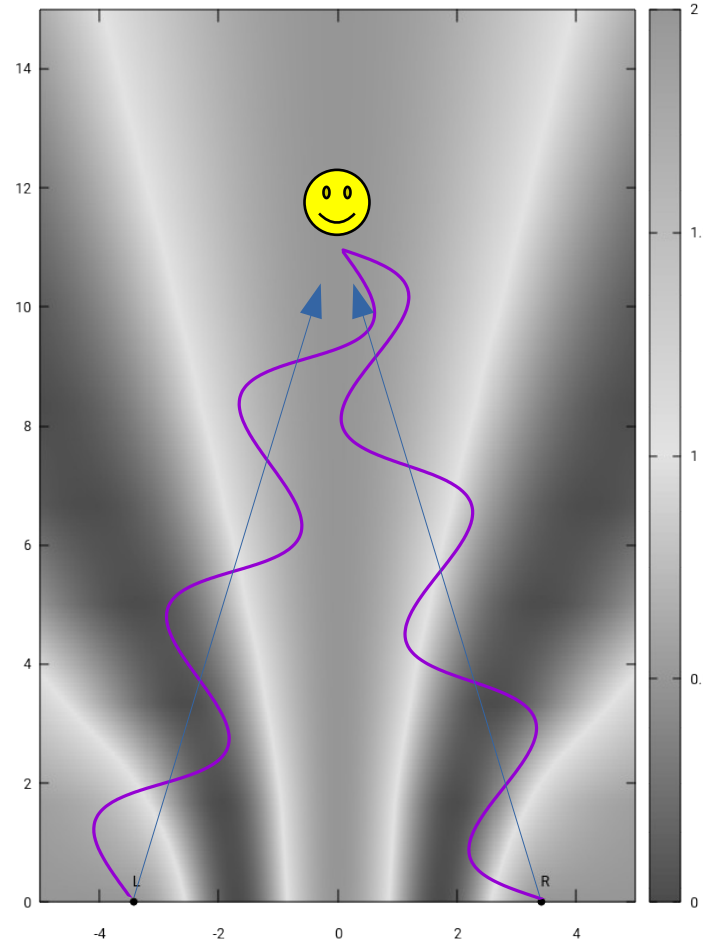


Und anders herum:

Zwei Quellen (hier: Subwoofer) wirken auf einen Empfänger.

Was passiert?

Fall 2: konstruktive Interferenz



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



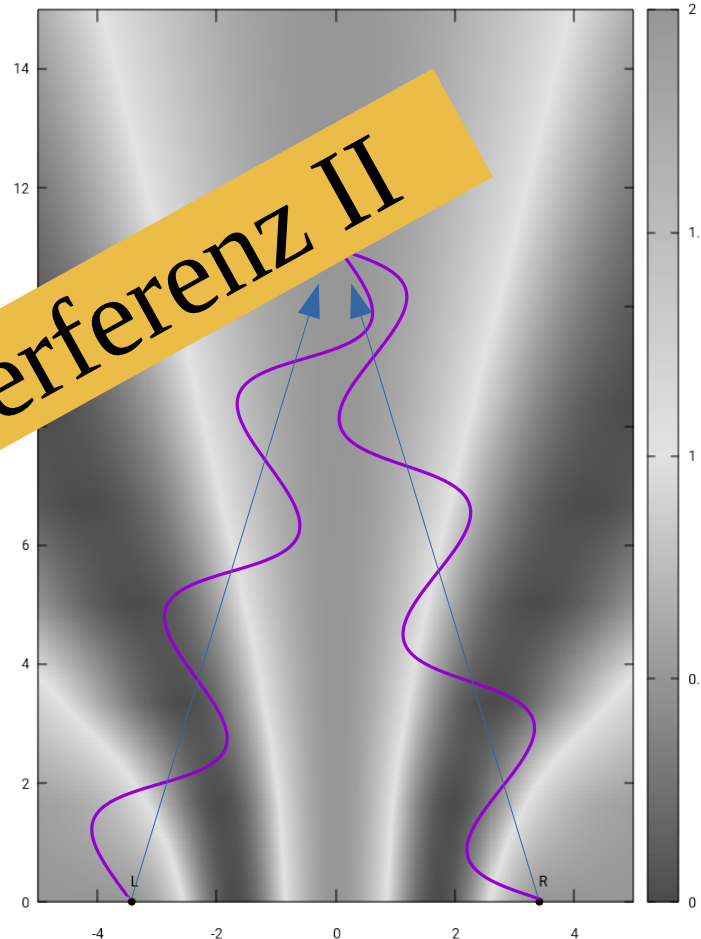
Und anders herum:

Zwei Quellen (hier: Subwoofer)
wirken auf einen Empfänger.

Was passiert?

Experiment: Interferenz II

Fall 2: konstruktive Interferenz



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

vdt Verband Deutscher
Tonmeister e.V.

Bei zwei Mikrofonen, die dieselbe Quelle aufnehmen, entsteht die Interferenz im analogen oder digitalen Signalweg:

Spannungspegel oder Sample-Werte verstärken (gleiches Vorzeichen) oder löschen sich aus (entgegengesetztes Vorzeichen).

Bei zwei Quellen, die auf denselben Ort (Hörer*in, Mikrofon) einwirken, entsteht die Interferenz in der Luft: Druckzonen verstärken oder gleichen sich aus.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Bei zwei Mikrofonen, die dieselbe Quelle aufnehmen, entsteht die Interferenz im analogen oder digitalen Signalweg:

Spannungspegel oder Sample-Werte addieren sich (gleiches Vorzeichen) oder löschen sich gegenseitig aus (gegengesetztes Vorzeichen).

Bei zwei Quellen an denselben Ort (Hörer*in, Mikrofon) entstehen, entsteht die Interferenz in der Luft: Druckknoten verstärken oder gleichen sich aus.

Experiment: wie klingt?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Experiment: Interferenz III

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Auch hier bestimmt die Größe der reflektierenden Fläche, ab welcher Frequenz die Reflexion wirksam wird.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt



Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Auch hier bestimmt die Größe der reflektierenden Fläche, ab welcher Frequenz die Reflexion wirksam wird.

Also: wie klingt ein Rednerpult?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Auch hier bestimmt die Größe der reflektierenden Fläche, ab welcher Frequenz die Reflexion wirksam wird.

Also: wie klingt ein Rednerpult?

Und welchen Sinn hat ein Grenzflächenmikrofon?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Die zweite Quelle kann auch eine Reflexion sein.

Auch hier bestimmt die Größe der reflektierenden Fläche, ab welcher Frequenz die Reflexion wirksam wird.

Also: wie klingt ein Rednerpult?

Und welchen Sinn hat ein Grenzflächenmikrofon?

Soll der Bassverstärker auf Ohrhöhe oder auf den Boden?

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

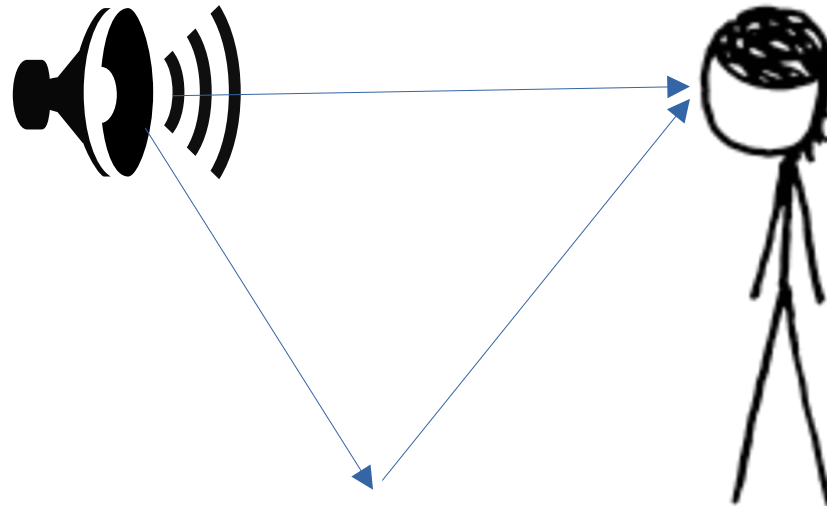
SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung

Auslöschung passiert, wenn der Abstand genau
 $N + \frac{1}{2}$ Wellenlängen

beträgt. Der Bassverstärker ist auf Ohrhöhe (ca. 1,50 m).
Die Bassistin steht 2 m vor dem Amp.

Wegunterschied:

$$2 \times 1,80 \text{ m} - 2 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$$



Jörn Nettingsmeier

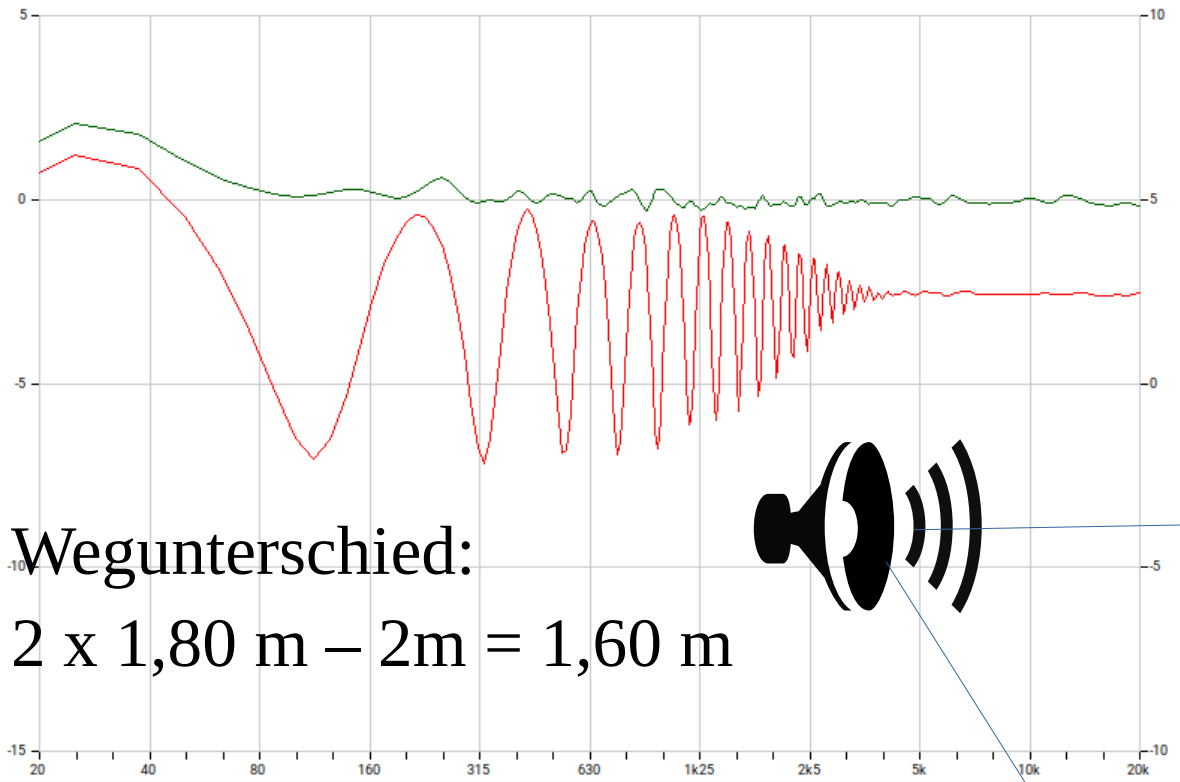
freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

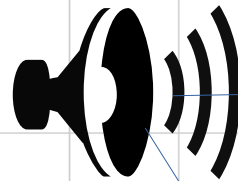
nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung



Wegunterschied:
 $2 \times 1,80 \text{ m} - 2 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

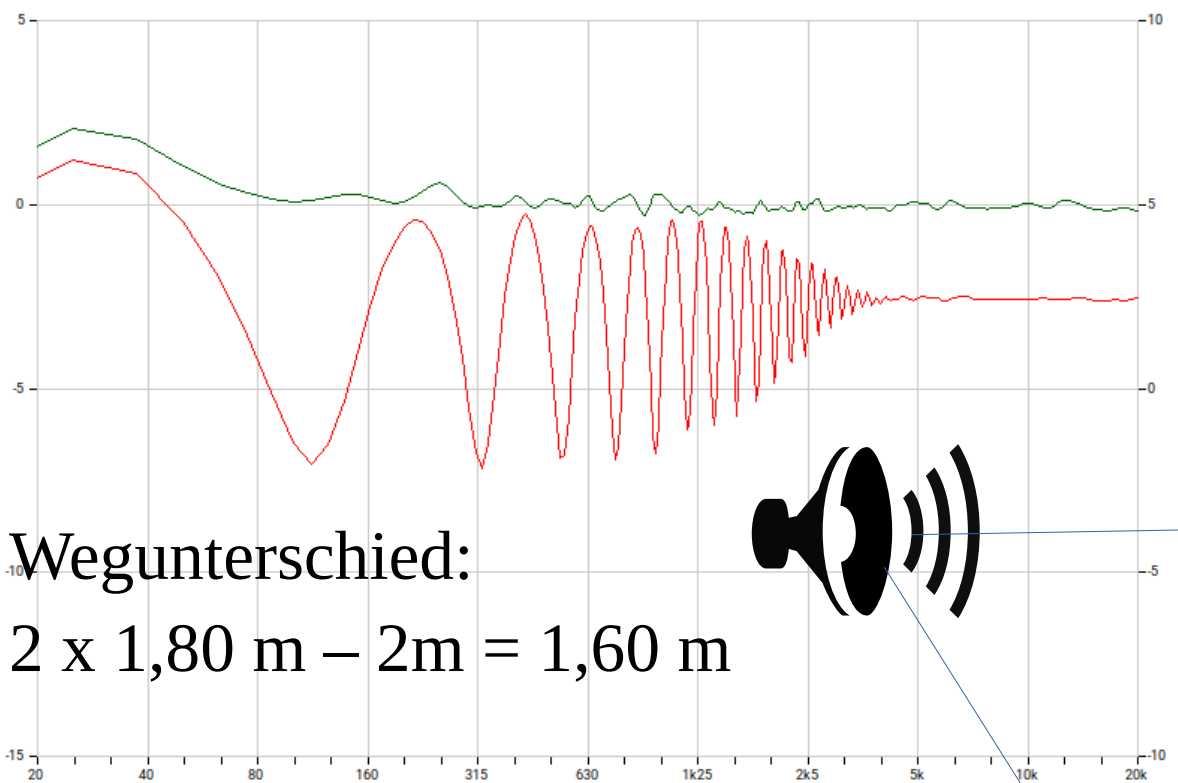
Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

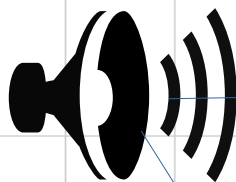
BiW/vdt



SQQ7: Schallwellen und Schallausbreitung



Wegunterschied:
 $2 \times 1,80 \text{ m} - 2 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$



Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

Vielen Dank!

Das war ein Modul aus dem SQQ7 “Tonspezialist*in” der IG VW. Kurse gibts aktuell bei der EurAka Baden-Baden sowie bei der SAE.

Ich freue mich auf eure Fragen.

Jörn Nettingsmeier

freischaffender Tonmeister
und Meister für
Veranstaltungstechnik

Tuinbowstraat 180
1097 ZB Amsterdam
Nederland

nettings@luchtbeweging.nl

BiW/vdt

